بررسی درصد بهینه الیاف فولادی و تاثیرات آنها بر دوام بتن های سبک

علی قدس
مربی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان
Ghodscivil@gmail.com

ساناز چهکندی
مربی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

همایون نوایی
مربی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران

چکیده

در سال‌های اخیر تحقیقات بسیار بر روی بهسازی تولید بتن با کارآیی و مقاومت بالا متمرکز شده است که برای رسیدن به این هدف راه‌های مختلفی از جمله استفاده از تکنولوژی الیاف در ساخت بتن پیشنهاد شده است. الیاف از جمله مصالحی هستند که امروزه به عنوان ماده تقویت کننده به بتن اضافه می‌شوند. با درنظر گرفتن وزن کم و مقاومت خوب این مصالح، می‌توان با استفاده درصد مناسبی از آنها در بتن سبکدانه به مقاطع کوچکتر با مقاومت بیشتر دست یافت که در این مقاله، سعی بر آن است تا اثرات الیاف فولادی بر دوام و همچنین درصد بهینه الیاف در بتن سبک مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرد. یکی از آزمایشات دوام، تروخشک شدن می‌باشد که در این مقاله مورد استفاده قرار می‌گیرد همچنین با بررسی خواص دینامیکی بتن‌های سبک ساخته شده با لیکا و پامیس تفتان و مقایسه آن با بتن سبک که با الیاف فولادی، مسلح شده‌اند می‌توان به درصد بهینه الیاف در بتن دست یافت. نتایج آزمایشگاهی به صورت گراف و نمودار آورده شده است.

کلمات کلیدی: الیاف فولادی، خواص مکانیکی، بتن سبک، کارآیی، دوام

۱- مقدمه

عواملی همچون سیل و زلزله در بعضی مناطق به دلیل تلفات انسانی و مسائل آواربرداری و زیست محیطی سبب شده‌اند تا سبک‌سازی و بهینه‌سازی به عنوان مسائل به روز و مهم محافل علمی دنیا مطرح شوند. لذا با توجه به این مطلب و نیز افزایش روز افزون ساخت و ساز، نیاز به ساخت بتن سبک بیشتر و محسوس‌تر به نظر می‌آید. از این‌رو پژوهشگران و محققان به استفاده از مصالح سبک‌دانه در بتن رو آورده‌اند. بتن سبک سازه‌ای باید دارای مقاومت و وزن مخصوص کافی باشد به طوریکه بتوان از آن دراعضای باربر سازه‌ای استفاده نمود. این نوع بتن اغلب دارای وزن مخصوص بین ۱۴۰۰ تا ۱۹۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب بوده وحداقل مقاومت فشاری تعریف شده برای آن معادل ۱۷۰ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع می‌باشد. این مقاومت فشاری و کششی کم از مشکلات بتن سبک است که یکی از روش‌های غلبه بر این مشکل مسلح نمودن بتن به درصد مناسب الیاف می‌باشد [۱].

۲- مشخصات اجزای تشکیل دهنده بتن

سیمان: در این پژوهش برای ساخت نمونه‌های بتنی از سیمان پرتلند نوع I استفاده شده‌است. چگالی دانه‌ای و انبوهی این سیمان به ترتیب برابر ۳/۱۲ و ۱/۰۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب می باشد.

سنگدانه‌ها: برای ساخت نمونه های بتنی در این پژوهش از سبکدانه‌های لیکا (شکل۱) و پامیس (شکل۲) استفاده شده‌است.

شکل ۱- سنگدانه لیکا

شکل ۲- سنگدانه پامیس

آب: برای به عمل آوردن بتن و ساخت نمونه‌ها، از آب موجود در شبکه آبرسانی شهری استفاده شده است.

الیاف فولادی: الیاف فولادی استفاده شده در این پژوهش دارای مشخصات فنی زیر است:
مقدار وزن ظاهری ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ کیلو گرم بر متر مکعب، دانسیته واقعی برابر۷۸۰۰ کیلو گرم بر متر مکعب، و مقاومت کششی حداقل ۱۰۰ مگاپاسکال. این الیاف دارای طول ۳۲ میلیمتر، عرض۱میلیمتر و ضخامت ۰/۳۷ میلیمتر می‌باشند. (شکل۳)

شکل۳- الیاف فولادی مورد استفاده در پژوهش

۳- مقادیر اجزاء تشکیل دهنده طرح مخلوط بتن سبک

نسبت های اختلاط اجزاء مطابق استاندارد ACI ۲۱۱-۱-۹۱ تعیین گردید و برای تخمین مقادیر سنگدانه‌های سبک از روش حجم مطلق استفاده شد. مقادیر اجزاء مخلوطهای بتنی سبک ساخته شده در جدول ۱ ارائه گردیده‌است.

جدول ۱- مقادیر اجزاء مخلوطهای بتن سبک

شماره طرح	W/C	درشت دانه kg/m^3	ریز دانه kg/m^3	آب kg/m^3	نوع الیاف	درصد حجمی الیاف	C(سیمان) kg/m^3
۱	./۴۵	۲۰۸ لیکا	۴۵۱ لیکا	۱۸۰	–	۰	۴۰۰
۲	./۴۵	۳۷۱/۴پامیس	۴۳۶ پامیس	۱۸۰	–	۰	۴۰۰
۳	./۴۵	۲۰۸لیکا	۴۵۱ لیکا	۱۸۰	فولادی	۱	۴۰۰
۴	./۴۵	۲۰۸لیکا	۴۵۱ لیکا	۱۸۰	فولادی	۰/۵	۴۰۰
۵	./۴۵	۲۰۸لیکا	۴۵۱ لیکا	۱۸۰	فولادی	۰/۳	۴۰۰
۶	./۴۵	۳۷۱/۴پامیس	۴۳۶ پامیس	۱۸۰	فولادی	۱	۴۰۰
۷	./۴۵	۳۷۱/۴پامیس	۴۳۶ پامیس	۱۸۰	فولادی	۰/۵	۴۰۰
۸	./۴۵	۳۷۱/۴پامیس	۴۳۶ پامیس	۱۸۰	فولادی	۰/۳	۴۰۰
۹	۰/۳۳	۱/ ۲۶۳ پامیس	۱۱۰۱/۱ پامیس	۱۳۲		–	۴۰۰
۱۰	۰/۳۳	۱/ ۲۶۳ پامیس	۱۰۸۴/۹ پامیس	۱۳۲		–	۴۰۰
۱۱	۰/۳۳	۱/ ۲۶۳ پامیس	۱۱۰۱/۱ پامیس	۱۳۲	فولادی	۰/۳	۴۰۰
۱۲	۰/۳۳	۱/ ۲۶۳ پامیس	۱۰۸۴/۹ پامیس	۱۳۲	فولادی	۰/۳	۴۰۰

٤- آزمایش‌های انجام شده در این پژوهش و نحوه ساخت نمونه ها

٤-۱- آزمایش تعیین مدول الاستیسیته دینامیکی

این آزمایش یکی از آزمایشهای غیر تخریبی می‌باشد که در این پروژه مورداستفاده قرارگرفته‌است. برای انجام این آزمایش از دستگاه پاندیت (شکل ۴) استفاده شد. طریقه کار با دستگاه به این صورت می‌باشد که با فرستادن امواج از میان نمونه مورد نظر، مدت زمان عبور موج از نمونه اندازه‌گیری می‌شود که این زمان با توجه به میزان تراکم، چگالی بتن متغیر است. سپس با استفاده از فرمول ذیل مدول الاستیسیته محاسبه می‌شود [۲].

$$E_d = \rho\, v^2 (1+\sigma)(1-2\sigma)/(1-\sigma)$$

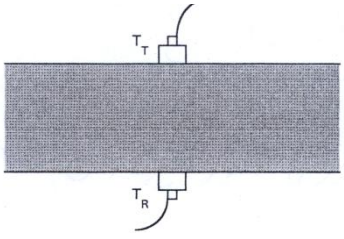
ρ = چگالی (kg/m3)

V= سرعت عبوری موج

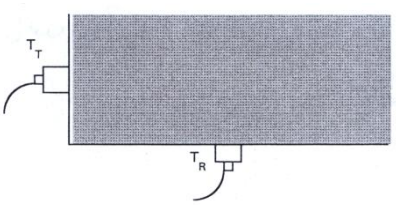
σ = ضریب پواسون

شکل۴- دستگاه PUNDIT مورد استفاده در پژوهش

برای اندازه گیری زمان انتقال از سه روش استفاده می شود، مستقیم (شکل ۵-الف)، نیمه مستقیم(شکل ۵-ب) و انتقال سطحی (شکل ۵-ج). از بین سه روش مطرح شده، دقت شیوه انتقال سطحی از همه کمتر است، زیرا انرژی پالس به داخل بتن هدایت می شود. اضافه بر این در این روش طول عبور پالس بخوبی تعریف نشده است. (شکل۵- ج) در این پژوهش از روش مستقیم استفاده شده است.



(الف)- روش انتقال مستقیم



(ب)- روش انتقال نیمه مستقیم

(ج)- روش انتقال سطحی

٤-۲- آزمایش تر و خشک شدن

یکی از آزمایشات مورد استفاده در این پروژه آزمایش تر و خشک می‌باشد بدین‌صورت که نمونه‌ها ساخته شده را به مدت ۲۴ ساعت در محیط مرطوب (آب) قرارداده و سپس به مدت ۲۴ ساعت نمونه ها را در محیط آزمایشگاه قرار داده تا خشک شود. آزمایش تر و خشک شدن به طور پیوسته به مدت ۱۲۰ روز انجام شده است.

٤-۳- نحوه ساخت نمونه ها

نمونه‌های بتنی در شرایط محیطی استاندارد در آزمایشگاه و با استفاده ازآب موجود در شبکه آبرسانی شهری ساخته شد. برای مخلوط کردن مصالح ابتدا سنگدانه‌ها را در میکسر ریخته و سپس الیاف و بعد سیمان و آب به مخلوط اضافه می‌شوند [۴، ۵].

برای هر مقاومت ۳ عدد نمونه بتنی ۱۰cm*۱۰cm برای انجام آزمایش پاندیت آماده گردید. از آزمایش تعیین مدول الاستیسیته دینامیکی (بخش ۴-۱) برای تعیین درصد بهینه الیاف طرح اختلاط‌های ۱ تا ۸ در زمانهای ۷، ۱۴ و ۲۸ روز استفاده شده است و از آزمایش تر و خشک شدن برای طرح اختلاط های ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ با توجه به بخش ۴-۲ در زمانهای ۷، ۱۴، ۲۸ و ۱۲۰ روز استفاده شده است.

۵- نتایج

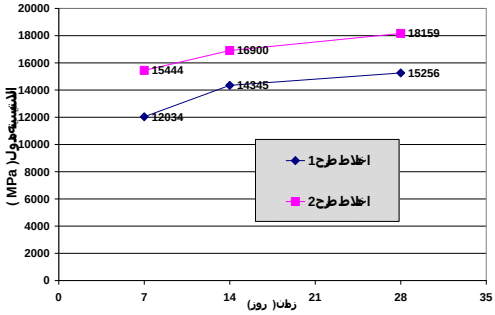
۵-۱- ارائه نتایج آزمایشات انجام شده

مدول‌الاستیسیته طرح های اختلاط در جدول ۲ و به صورت نمودار از ۱ تا ۶ و نتایج آزمایش های تر و خشک کردن در جدول۳ و به صورت نمودار از ۷ تا ۱۱ آورده شده است.

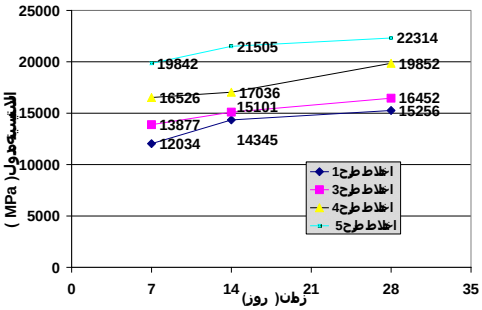
جدول ۲- مدول الاستیسیته مخلوطهای بتن سبک

شماره طرح	مدول الاستیسیته Mpa		
	۷-۱۴-۲۸ روز		
۱	۱۲۰۳۴	۱۴۳۴۵	۱۵۲۵۶
۲	۱۵۴۴۴	۱۶۹۰۰	۱۸۱۵۹
۳	۱۳۸۷۷	۱۵۱۰۱	۱۶۴۵۲
۴	۱۶۵۲۶	۱۷۰۳۶	۱۹۸۵۲
۵	۱۹۸۴۲	۲۱۵۰۵	۲۲۳۱۴
۶	۱۵۳۵۷	۱۷۰۱۰	۱۹۰۰۰
۷	۱۸۰۸۰	۲۱۴۰۶	۲۳۶۴۴
۸	۲۱۶۷۶	۲۳۶۳۶	۲۵۰۷۰

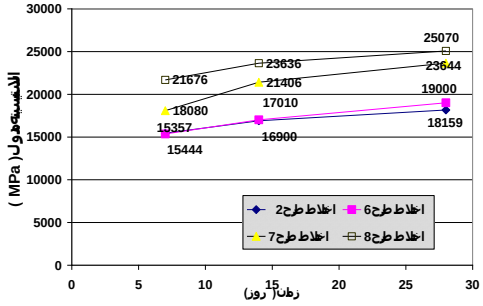
۲-۵ - نمودار های مربوطه



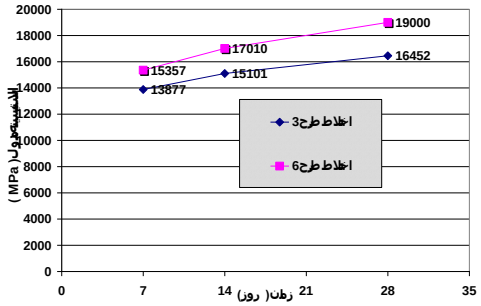
نمودار۱- تغییرات مدول الاستیسیته بتن بدون الیاف



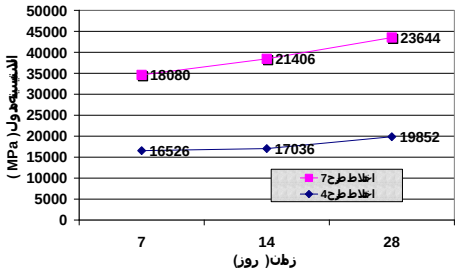
نمودار۲- مقایسه بتن الیافی لیکا با بتن شاهد



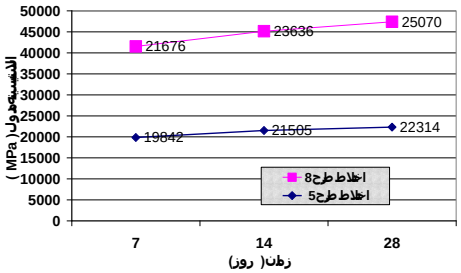
نمودار۳- مقایسه بتن الیافی پامیس با بتن شاهد



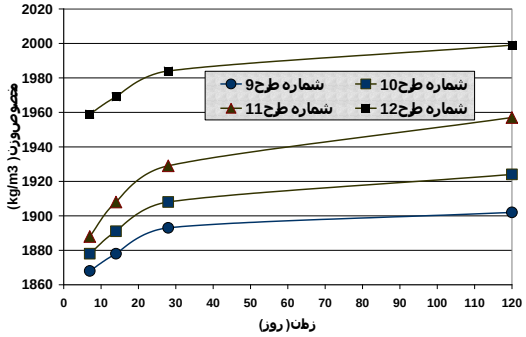
نمودار۴- مقایسه بتن ۱٪ الیاف لیکا و پامیس



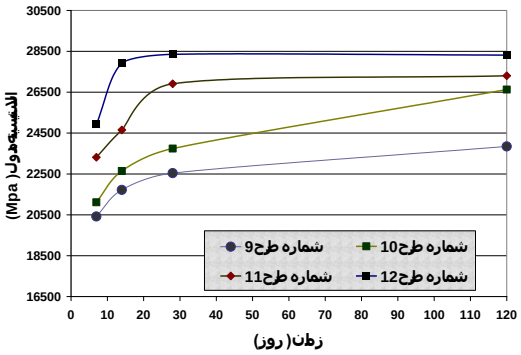
نمودار۵- مقایسه بتن ۰٫۵٪ الیاف لیکا و پامیس



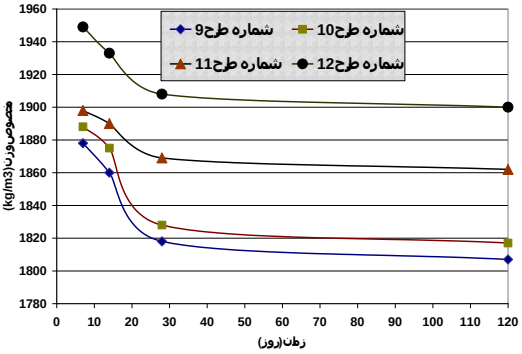
نمودار۶- مقایسه بتن ۰٫۳٪ الیاف لیکا و پامیس



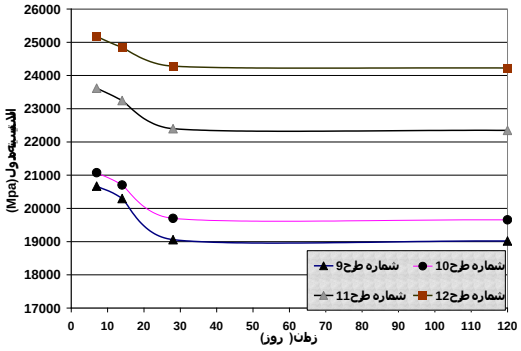
نمودار۷- نتایج تغییرات وزن مخصوص نمونه های شاهد



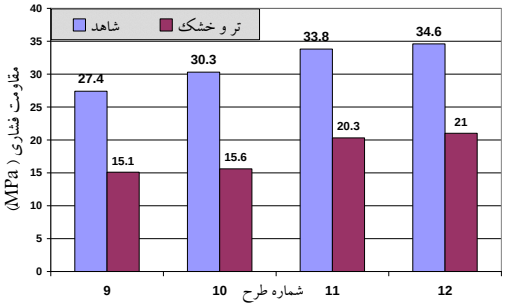
نمودار۸– نتایج تغییرات مدول الاستیسیته نمونه های شاهد



نمودار۹– نتایج تغییرات وزن مخصوص نمونه های تر و خشک



نمودار۱۰– نتایج تغییرات مدول الاستیسیته نمونه های تر و خشک



نمودار۱۱– مقایسه نتایج تغییرات مقاومت فشاری ۱۲۰ روزه نمونه های تر و خشک

٦– بررسی نتایج آزمایشات انجام شده

با توجه به نمودارهای ۱، ۴، ۵ و۶ مشاهده می‌شود که مدول دینامیکی بتن الیافی حاوی پامیس بیشتر از بتن الیافی حاوی لیکا می‌باشد که دلیل آن چگالی بیشتر سنگدانه‌های پامیس می‌باشد. همچنین با توجه به درصد بالای به کار رفته الیاف در بتن (۱٪) انتظار می‌رود تا مدول دینامیکی افزایش پیدا کند ولی با توجه به نمودار های ۲و۳ مشاهده می‌شود که مدول دینامیکی بتن با ۱٪ الیاف تغییر خاصی نسبت به بتن بدون الیاف نداشته که دلیل آن درصد بالای الیاف فولادی و ایجاد خلل و فرج و محبوس ماندن هوا در آن می‌باشد. همچنین با مقایسه بتن با ۰٫۵٪ و ۰٫۳٪ الیاف مشاهده می‌شود مدول دینامیکی برای بتن با ۰٫۳٪ الیاف افزایش یافته که دلیل آن افزایش فولاد (چگالی نمونه) و تراکم بتن در اثر کاهش خلل و فرج می‌باشد که نشان‌دهنده درصد بهینه الیاف در بتن می‌باشد و همچنین در نمودار ۷ برای بتن شاهد مشاهده می شود که وزن مخصوص بتن برای طرح های شماره ۱۱ و۱۲ که مربوط به بتن الیاف فولادی است بیشتر از سایر طرح ها می‌باشد و همچنین در نمودار ۸ برای بتن شاهد مشاهده می شود که مدول الاستیسیته برای طرح های شماره ۱۱ و۱۲ بیشترین مقدار را دارا می‌باشد که دلیل آن وجود الیاف فولادی در بتن می باشد. در نمودار ۹ و ۱۰ برای نمونه های تر وخشک شده مشاهده می شود که با توجه به اینکه برای طرح های ۱۱ و ۱۲ مدول الاستیسیته و وزن مخصوص بتن الیاف فولادی بیشترین مقدار است ولی در اثر تر و خشک شدن مدول الاستیسیته و وزن مخصوص در حال کاهش می‌باشد که این کاهش در طرح های ۱۱ و۱۲ در مقایسه با طرح های ۹ و۱۰ کمتر است. همچنین در نمودار ۱۱ نیز با توجه به بالا بودن مقاومت فشاری بتن الیاف فولادی در طرح های ۱۱ و۱۲ باز هم کاهش مقاومتی کمتری را نسبت به طرح های ۹ و۱۰ در اثر تر وخشک شدن مشاهده می کنیم (به دلایل ذکر شده در بالا).

میزان کاهش مدول الاستیسیته و وزن مخصوص و مقاومت فشاری در اثر آزمایش تر وخشک شدن برای نمونه های ۱۲۰ روزه در جدول ۴ به صورت در صد آمده است.

جدول ۴ – کاهش مدول الاستیسیته و وزن مخصوص و مقاومت فشاری بر حسب درصد برای نمونه های ۱۲۰روزه

شماره طرح	طرح۹	طرح ۱۰	طرح۱۱	طرح ۱۲
مدول الاستیسیته	-۲۰/۲	-۲۶/۲	-۱۸/۱	-۱۴/۵
وزن مخصوص	-۵/۱	-۵/۵	-۴/۸	-۴/۹
مقاومت فشاری	-۴۵	-۴۸	-۴۰	-۴۰

۷- نتیجه گیری کلی

۱- با توجه به آزمایش پاندیت، درصد بهینه طرح اختلاط الیاف فولادی در بتن مربوط به ۰۳٪ الیاف (که در آن، بتن دارای تراکم بالا (چگالی) و در نتیجه مقاومت و دوام بیشتری است) می‌باشد و همچنین استفاده از سنگدانه‌های پامیس به جای لیکا با توجه به مدول بالاتر پامیس توصیه می‌شود.

۲- نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، کاهش وزن مخصوص و مدول الاستیسیته و مقاومت فشاری بتن الیاف فولادی در اثر آزمایش تر وخشک کردن کمتر از بتن معمولی می‌باشد که علت این امر اثر الیاف فولادی در بتن می‌باشد که باعث مسلح شدن بتن و افزایش دوام، نفوذ پذیری کمتر و مقاومت بیشتر در بتن می‌شود.

۸- مراجع

۱- صدرالدینی مهرجردی، ن.، شناخت طرح و کاربرد بتن سبک در ساختمان، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۶۲.

2-bayasi, z., and kaiser, H., Steel fiber as crack arrestors in concrete, The Indian concrete journal , vol. 7(3), 2001, pp 12-26.

۳- تدین‌فر، غ.، قلی‌زاده، م.، تاثیر آب مغناطیسی برروی پارامتر های مقاومتی بتن، اولین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه، جلد ۱، صفحه ۳۳، ۱۳۸۰.

۴- عشقی، س.، آزمایش‌های بتن سخت شده، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ۷۲.

5- Sohrabi, M.R., Thin layered systems for the repair & protection of concrete structures, Ph.D. Thesis, University of Newcastle Upon, 1996.

۶- مهتاکومار، مونته ئیرو، ریز ساختارخواص و اجرای بتن (تکنولوژی بتن پیشرفته)، ترجمه علی اکبر رمضانیانپور و پرویز قدوسی و اسماعیل گنجیان، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۸۳.

4-bayasi, z., and kaiser, H., Steel fiber as crack arrestors in concrete, The Indian concrete journal, vol.123(4), 2001, pp 211-221.

۷- باقری، ع.، قدوسی، پ.، پرهیزگار، ط.، کاربرد الیاف در بتن و فرآورده های سیمانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ۳۰۰.

۸- وادل، دوبرووکسلی.، دستنامه اجرای بتن، مترجم اکبر رمضانیانپور، شاپور طاحونی، منصور پیرایش، تهران، علم و ادب، ۱۳۸۰.

۹- نویل، آ.، بتن شناسی و خواص بتن، مترجم، هرمز فامیلی، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۶۹.

۱۰- سهندی، م.، مطالعه مواد پوزولانیک در اطراف تفتان جهت استفاده در کارخانه سیمان خاش، مرکز مهندسی و تحقیقات صنایع.

Reviewing Optimal Percent of Steel Fibers and their Effects on Lightweight Concrete Durability

A.Ghods

Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Iran

S.Chahkandi

Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Iran

H.Navvabi

Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Iran

Abstract

In recent years, many researches are focused on optimizing the production of a kind of concrete with high strength and efficiency, and different methods including using fiber technology in concrete construction are proposed to achieve this goal. Fibers are one of the materials that nowadays are added to concrete as reinforcement material. Considering the low weight and good resistance of this material and using a good percent of these materials in lightweight concrete can result in smaller segments with greater resistance. In this paper, we try to study and evaluate the effects of steel fibers on the strength and also the amount of fibers in lightweight concrete. One of the strength experiments is wetting and drying which is used in this study. Also by reviewing dynamic properties of lightweight concrete made with pumice + leca and taftan and comparing with lightweight concrete which is armed with steel fiber, we can achieve the optimal percent of fiber in concrete. Experimental results are presented in graphs and charts.

Key words: steel fiber, mechanical properties, light concrete, efficiency, durability