

بررسی اثر الیاف فولادی بر دوام بتن سبک

علی قدس ، کارشناس ارشد سازه

مدرس دانشگاه زابل، آزاد زاهدان و کارمند بنیاد مسکن

پست الکترونیکی : Ghodscivil@gmail.com

چکیده

در سال های اخیر تحقیقات بسیار بر روی بهسازی تولید بتن با کارآیی و مقاومت بالا متمرکز شده است که برای رسیدن به این هدف راه های مختلفی از جمله استفاده از تکنولوژی الیاف در ساخت بتن پیشنهاد شده است که در این مقاله ، سعی بر آن است تا اثرات الیاف فولادی در دوام بتن سبک و تاثیر آن بر خواص مکانیکی بتن با توجه به آزمایش پاندیت مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرد. یکی از آزمایشات دوام ، تروخشک شدن می باشد که در این پژوهش مورد استفاده قرار می گیرد. نتایج آزمایشگاهی به صورت گراف و نمودار در مقاله آورده شده است.

کلید واژه : الیاف فولادی ، خواص مکانیکی ، بتن سبک ، کارآیی، دوام

مقدمه

عوامل طبیعی مانند سیل و زلزله در بعضی مناطق به دلیل تلفات انسانی و مسائل آواربرداری و زیست محیطی باعث شده است که سبک سازی و بهینه سازی به عنوان مسائل به روز و مهم محافل علمی دنیا مطرح شود. با توجه به این مطلب نیاز به ساخت بتن سبک که از جمله مصالح مصرفی مهم و اصلی مورد استفاده در ساخت و ساز است بیشتر و محسوس تر به نظر می رسد. از این رو پژوهشگران و محققان به استفاده از مصالح سبک دانه در بتن رو آورده اند. یکی از مشکلات بتن سبک، مقاومت فشاری و کششی کم آن است. یکی از روشهای غلبه بر این مشکل مسلح نمودن بتن به الیاف مناسب می باشد [۱]. در این تحقیق سعی شده است با انجام مطالعات آزمایشگاهی اثر الیاف فولادی در دوام بتن سبک مورد بررسی قرار گیرد.

دستگاه PUNDIT

از این دستگاه برای انجام آزمایش ماورای صوت روی بتن استفاده می شود آزمایش های استاندارد تعیین مقاومت که بر روی نمونه های بتن در آزمایشگاه صورت می گیرد لزوماً مقاومت نمونه حقیقی بتن در سازه واقعی را نشان نمی دهد. در نتیجه میزان تراکم بتن در سازه در نتایج آزمایش مقاومت منعکس نمی شود. بدون تردید این امکان هست که نمونه ای از خود سازه بریده شود اما این کار منتج به صدمه دیدن عضو مورد نظر می گردد. علاوه بر آن این روش گرانتر از آن است که به عنوان یک روش استاندارد مورد استفاده قرار گیرد. [۳و۲]

به این دلیل تلاش هایی صورت می گیرد که بدون تخریب بعضی خواص فیزیکی بتن در ارتباط با مقاومت آن اندازه گیری گردد. پیشرفت های زیادی در زمینه تعیین سرعت موج طولی در بتن حاصل شده است. بطور کلی رابطه منحصر بفردی بین این سرعت و مقاومت بتن وجود ندارد ولی تحت شرایط مشخصی این دو کمیت توسط عامل مشترک وزن مخصوص بهم مربوط می شوند. تغییر در وزن مخصوص منجر به تغییر در سرعت پالس می گردد. سرعت موج مستقیماً تعیین نشده بلکه از روی مدت زمانی که یک پالس مسافت معینی را طی می کند محاسبه می شود. [۴]

سرعت موج بستگی به خواص الاستیک و جرم ماده دارد اگر سرعت موج و جرم معلوم باشد امکان تخمین مدول الاستیسیته وجود دارد. رابطه بین موج فشاری و مدول الاستیسیته برای یک المان معمولی الاستیک نامحدود و همگن و ایزوتروپیک را می توان از معادله ذیل بدست آورد. [۵]

$$V = \sqrt{\frac{K \cdot Ed}{\rho}} \quad (۳)$$

$$K = \frac{(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \quad (۴)$$

E_d = مدول الاستیسیته دینامیکی ، V = سرعت موج فشاری ، ρ = چگالی (kg/m^3) ، ν = ضریب پواسون

با توجه به این واقعیت که K به تغییر ν کاملاً غیر حساس است E_d را می توان بر حسب سرعت موج V محاسبه نمود. به عبارت دیگر تغییرات ν و ρ در مخلوط های بتن با مصالح دانه ای طبیعی خیلی کم می باشد. هر تغییری در سرعت موج (پالس) در داخل سازه می تواند نشانه یک ناپیوستگی در آن قسمت سازه باشد. [۵] دستگاه آزمایش که در این پژوهش استفاده شد PUNDIT بوده که یک آزمایشگر غیر مخرب اولتراسونیک قابل حمل با نمایشگر دیجیتالی است. .



شکل ۱- دستگاه PUNDIT مورد استفاده در پژوهش

سه روش برای اندازه گیری زمان انتقال استفاده می شود ، مستقیم، نیمه مستقیم و انتقال سطحی . 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. در این پژوهش از روش مستقیم استفاده شده است.

مشخصات اجزای تشکیل دهنده بتن

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

سنگدانه‌ها: برای ساخت نمونه های بتنی در این پژوهش از سبکدانه های پامیس استفاده شده است.

آب: برای به عمل آوردن بتن و ساخت نمونه ها، 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 برابر ۷۸۰۰ کیلو گرم بر متر مکعب، و مقاومت کششی حداقل ۱۰۰ مگاپاسکال. این الیاف دارای طول ۳۲ میلیمتر، عرض ۱ میلیمتر، و ضخامت ۰/۳۷ میلیمتر می باشند. (شکل ۲)



شکل ۲- الیاف فولادی مورد استفاده در پژوهش

مقادیر اجزاء تشکیل دهنده طرح مخلوط بتن سبک

نسبت های اختلاط اجزاء مطابق استاندارد ACI 211-1-91 تعیین گردید و برای تخمین مقادیر سنگدانه های سبک از روش حجم مطلق استفاده شد. مقادیر اجزاء مخلوطهای بتنی سبک ساخته شده با درشت دانه سبک پامیس (یکی از مصالح پزولانی سبک که در دامنه کوه تفتان یافت می شود) در جدول ۱ ارائه گردیده است. برای مخلوط کردن مصالح ابتدا سنگدانه ها را در میکسر ریخته و سپس الیاف و بعد سیمان و آب به مخلوط اضافه می شوند. [۴، ۵]

جدول ۱- مقادیر اجزاء مخلوطهای بتن نیمه سبک

شماره طرح	B kg/m ³	W/B	درشت دانه سبک پامیس kg/m ³	ریزدانه پامیس kg/m ³	آب kg/m ³	نوع الیاف	درصد حجمی الیاف	S.F	S.P	سیمان kg/m ³
۱	۴۰۰	۰/۳۳	۲۶۳/۱	۱۱۰/۱/۱	۱۳۲	-	۰/۳	-	-	۴۰۰
۲	۴۰۰	۰/۳۳	۲۶۳/۱	۱۰۸۴/۹	۱۳۲	-	۰/۳	۴۰	۴	۳۶۰
۳	۴۰۰	۰/۳۳	۲۶۳/۱	۱۱۰/۱/۱	۱۳۲	فولادی	۰/۳	-	-	۴۰۰
۴	۴۰۰	۰/۳۳	۲۶۳/۱	۱۰۸۴/۹	۱۳۲	فولادی	۰/۳	۴۰	۴	۳۶۰

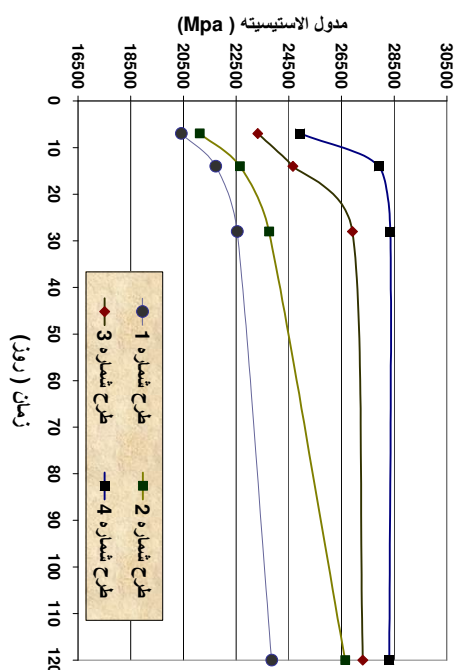
نتایج

ارائه نتایج آزمایشات انجام شده

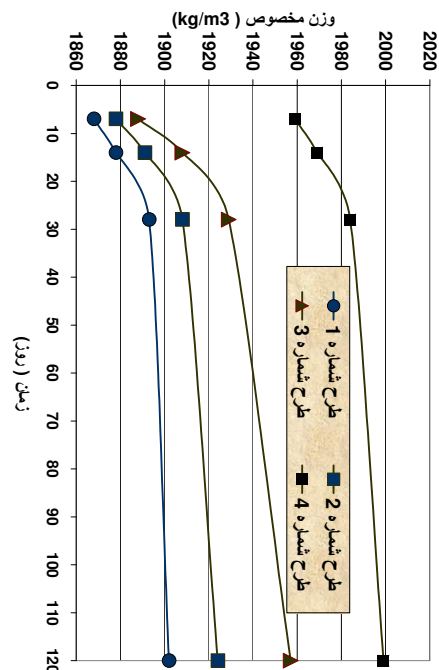
جهت انجام آزمایش پانیدیت از نمونه های بتنی با قالب های مکعبی $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ استفاده شده است. قابل ذکر است که جهت انجام آزمایشات برای هر مقاومت ۳ عدد نمونه تهیه گردید. نتایج آزمایشات تر و خشک کردن در جدول ۲ و به صورت نمودار از ۱ تا ۵ آورده شده است.

جدول ۲- نتایج مربوط به آزمایشات تر و خشک کردن

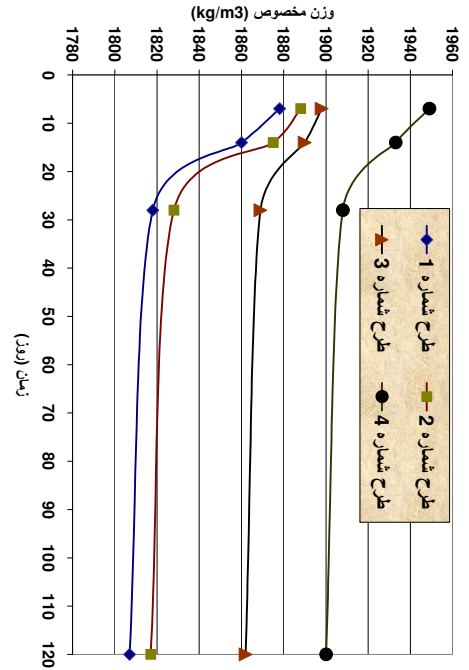
نمونه های شاهد									
شماره طرح	وزن مخصوص kg/m^3				مدول الاستیسیته MPa				مقاومت فشاری MPa
	روز ۱۲۰-۲۸-۱۴-۷				روز ۱۲۰-۲۸-۱۴-۷				روز ۱۲۰
۱	۱۸۶۸	۱۸۷۸	۱۸۹۳	۱۹۰۲	۲۰۴۱۶	۲۱۷۲۰	۲۲۵۳۷	۲۳۸۴۳	۲۷/۴
۲	۱۸۷۸	۱۸۹۱	۱۹۰۸	۱۹۲۴	۲۱۱۱۰	۲۲۶۴۱	۲۳۷۴۲	۲۶۶۲۹	۳۰/۳
۳	۱۸۸۸	۱۹۰۸	۱۹۲۹	۱۹۵۷	۲۳۳۱۶	۲۴۶۵۰	۲۶۹۱۰	۲۷۳۰۵	۳۳/۸
۴	۱۹۵۹	۱۹۶۹	۱۹۸۴	۱۹۹۹	۲۴۹۲۲	۲۷۹۱۲	۲۸۳۵۰	۲۸۳۱۵	۳۴/۶
نمونه های تر و خشک									
شماره طرح	وزن مخصوص kg/m^3				مدول الاستیسیته MPa				مقاومت فشاری MPa
	روز ۱۲۰-۲۸-۱۴-۷				روز ۱۲۰-۲۸-۱۴-۷				روز ۱۲۰
۱	۱۸۷۸	۱۸۶۰	۱۸۱۸	۱۸۰۷	۲۰۶۶۹	۲۰۲۹۵	۱۹۰۵۸	۱۹۰۱۸	۱۵/۱
۲	۱۸۸۸	۱۸۷۵	۱۸۲۸	۱۸۱۷	۲۱۰۷۴	۲۰۷۰۲	۱۹۶۹۹	۱۹۶۵۴	۱۵/۶
۳	۱۸۹۸	۱۸۹۰	۱۸۶۹	۱۸۶۲	۲۳۶۱۶	۲۳۲۴۴	۲۲۳۹۸	۲۲۳۴۸	۲۰/۳
۴	۱۹۴۹	۱۹۳۳	۱۹۰۸	۱۹۰۰	۲۵۱۷۱	۲۴۷۴۲	۲۴۲۸۰	۲۴۲۲۵	۲۱



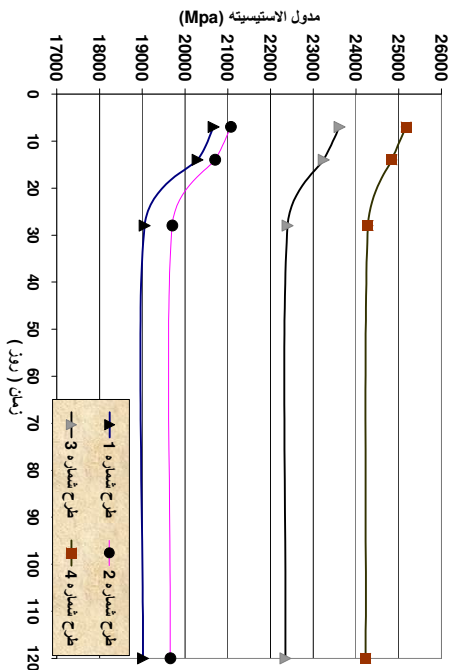
نمودار ۲- نتایج تغییرات مدول الاستیسیته نمونه های شاهد



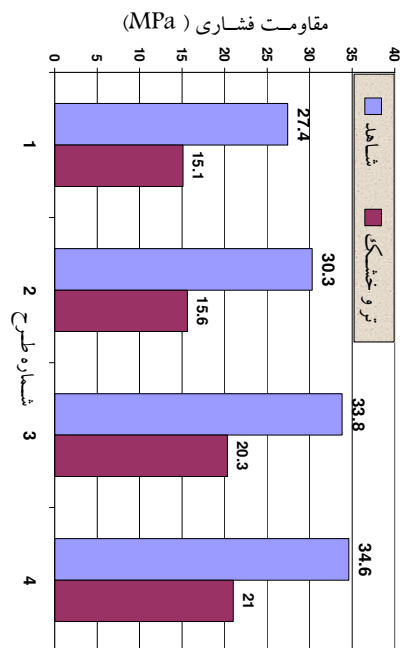
نمودار ۱- نتایج تغییرات وزن مخصوص نمونه های شاهد



نمودار ۳- نتایج تغییرات وزن مخصوص نمونه های تر و خشک



نمودار ۴- نتایج تغییرات مدول الاستیسیته نمونه های تر و خشک



نمودار ۵- مقایسه نتایج تغییرات مقاومت فشاری ۱۲۰ روزه نمونه های تر و خشک

بررسی نتایج آزمایشات انجام شده

در نمودار ۱ برای بتن شاهد مشاهده می شود که وزن مخصوص بتن برای طرح های شماره ۳ و ۴ که مربوط به بتن الیاف فولادی است بیشتر از سایر طرح ها می باشد و همچنین در نمودار ۲ برای بتن شاهد مشاهده می شود که مدول الاستیسیته برای طرح های شماره ۳ و ۴ بیشترین مقدار را دارا می باشد که دلیل آن وجود الیاف فولادی در بتن می باشد. در نمودار ۳ و ۴ برای نمونه های تر و خشک شده مشاهده می شود که با توجه به اینکه برای طرح های ۳ و ۴ 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 می باشد که این کاهش در طرح های ۳ و ۴ در مقایسه با طرح های ۱ و ۲ کمتر است. همچنین در نمودار ۵ نیز با توجه به بالا بودن مقاومت فشاری بتن الیاف فولادی در طرح های ۳ و ۴ باز هم کاهش مقاومتی کمتری را نسبت به طرح های ۱ و ۲ در اثر تر و خشک شدن مشاهده می کنیم (به دلایل ذکر شده در بالا). میزان کاهش مدول الاستیسیته و وزن مخصوص و مقاومت فشاری در اثر آزمایش تر و خشک شدن برای نمونه های ۱۲۰ روزه در جدول ۳ به صورت در صد آمده است.

جدول ۳- کاهش مدول الاستیسیته و وزن مخصوص و مقاومت فشاری بر حسب درصد برای نمونه های ۱۲۰ روزه

شماره طرح	طرح ۱	طرح ۲	طرح ۳	طرح ۴
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

نتیجه گیری کلی

نتایج به دست آمده در پژوهش فوق نشان می دهد، کاهش وزن مخصوص و مدول الاستیسیته و مقاومت فشاری بتن الیاف فولادی در اثر آزمایش تر و خشک کردن کمتر از بتن معمولی می باشد که علت این امر اثر الیاف فولادی در بتن می باشد که باعث مسلح شدن بتن و افزایش دوام، نفوذ پذیری کمتر و مقاومت بیشتر در بتن می شود.

مراجع و منابع:

- [۱]- صدرالدینی مهرجردی، نورالدین، شناخت طرح و کاربرد بتن سبک در ساختمان، ۱۳۶۲، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- [۲]- bayasi, z., and H.kaiser., Steel fiber as crack arrestors in concrete, The Indian concrete journal , to be published april 2001
- [۳]- غلامرضا تدین فر، مصطفی قلی زاده " تاثیر آب مغناطیسی بر روی پارامترهای مقاومتی بتن " صفحه ۳۳ - اولین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه - جلد ۱ - سال ۱۳۸۰
- [۴]- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. نشریه شماره ۷۲ " آزمایشهای بتن سخت شده " ترجمه و تدوین: ساسان عشقی.
- [5]- Sohrabi, M. R., " Thin layered systems for the repair & protection of concrete structures ", Ph.D. Thesis, University of Newcastle Upon, 1996