

## مطالعه مقاومت فشاری بتن های فوق توانمند ساخته شده در ایران با افزایش سن

الیار آصفی

گروه عمران، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران

مسعود پوربابا\*

گروه عمران، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران  
mpourbaba@yahoo.com

### چکیده:

بتن با کارایی بسیار بالا که در ایران به عنوان بتن های توانمند یا فوق توانمند نیز شناخته می شوند دارای طرح اختلاط شامل آب، میکروسیلیس، الیاف فلزی، سیمان، ماسه ریزدانه، فوق روان کننده و پودر سنگ هایی مانند کوارتز می باشد که در این تحقیق با استفاده از مصالح محلی و بومی کشور ایران ساخته شده و افزایش مقاومت فشاری آن مورد به مرور زمان مورد بررسی قرار گرفته است. در ساخت این نوع بتن از آب به سیمان پایین استفاده می شود که در نتیجه به مخلوط هایی با چگالی بالا و مقاومت فشاری بالا (بیش از ۱۳۰ مگاپاسکال) دست یافته می شود. افزودن الیاف فولادی جهت بهبود رفتار کششی و همچنین رفتار پس از ترک بتن می باشد. در این راستا الیاف برای پل زدن و بستن ترکها در مراحل مختلف شروع تا رشد ترک و همچنین استفاده از میکروسیلیس با انرژی سطحی و واکنش پذیری بالا می تواند مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله، ۱۱۲ نمونه مکعبی در ابعاد  $10 \times 10 \times 10$  سانت بتن توانمند با درصدهای مختلف الیاف فولادی ساخته شده و مورد ارزیابی قرار گرفته اند. از نمونه های مکعبی در سنین مختلف آزمایش تعیین مقاومت بعمل آمده است. نتایج نشان دادند که با افزایش درصد الیاف مقاومت فشاری نمونه ها افزایش می یابند ولی افزایش بیش از ۶ درصد آن، کارایی آن را بشدت پایین آورده و ساخت این نوع بتن ها را با مشکل اجرایی مواجه می کند و همچنین نمونه های ساخته شده با این نوع بتن در حدود سن ۱۸ روزه به ۹۰ درصد مقاومت نهایی خود رسیدند.

**کلید واژگان:** بتن فوق توانمند، کارایی بتن، میکروسیلیس، الیاف فولادی، سن بتن

## ۱- مقدمه

امروزه پیشرفت شتابان و فزاینده تکنولوژی و دستیابی به نوآوری های روز در زمینه تکنولوژی بتن، تولید بتن با مقاومت بالا را میسر ساخته است. در اکثر موارد به بتن ماده ای مقاوم در برابر نیروهای فشاری نگریسته می شود. مقاومت فشاری به هیچ وجه تنها مشخصه اصلی بتن سخت شده نمی باشد، ولی عموماً مقاومت بتن مهمترین عامل نشان دهنده کیفیت آن است این موضوع بدان علت است که میزان مقاومت، مستقیماً به کیفیت خمیر سیمان سخت شده مربوط می شود، بعنوان مثال اگرچه مقاومت مستقیماً نشان دهنده میزان دوام بتن و یا ایستادگی آن در برابر تغییر شکل نیست، اما شدیداً به نسبت آب به سیمان بستگی دارد، این نسبت نیز با کنترل میزان تخلخل بتن بر روی دوام و مقاومت در برابر تغییر شکل آن تأثیر می گذارد [۱]. بتن با کارایی بسیار بالا دارای مشخصات مکانیکی و دوام عالی بوده و یکی از پیشرفت های اخیر در تکنولوژی بتن محسوب می شود [۲]. این نوع بتن دارای مقاومت فشاری، مقاومت کششی، چسبندگی و شکل پذیری بسیار بالا و نسبت آب به سیمان و نفوذپذیری بسیار کم و در نتیجه دوام بسیار زیاد می باشد [۳]. معیار اصلی در ساخت بتن UHPC<sup>۱</sup> بر این اساس استوار است که بتوان با کاهش ترک های ریز و مویی به نسبت های مخلوط با چگالی بالا دست یافت. جهت رفع مشکل شکل پذیری پایین و افزایش مقاومت کششی معمولاً از انواع الیاف ها در بتن های با مقاومت بالا و بتن با کارایی بالا استفاده می گردد [۴] و در این تحقیق از الیاف های فلزی مستقیم به طول ۱۳ میلیمتر و قطر ۱/۶ میلیمتر استفاده شده است.

نسبت های مخلوط بتن UHPC اغلب شامل آب، میکروسیلیس، سیمان، ماسه ریزدانه، فوق روان کننده و پودر سنگ هایی مانند کوارتز می باشد. این نوع بتن دارای مقاومت فشاری بالایی می باشد ولی بالا بودن مقاومت فشاری دلیل بر عملکرد خوب بتن نبوده و این بتن از لحاظ شکل پذیری در مقایسه با سایر مشخصه های آن، دارای ضعف بوده و تردشکن می باشد. یکی از بهترین روش های جلوگیری از تردشکنی در بتن های UHPC، به کارگیری الیاف فولادی می باشد که منجر به ایجاد نسل دیگری از بتن به نام بتن الیافی با کارایی بسیار بالا یا UHPFRC<sup>۲</sup> شده است [۵].

موضوع که این مقاله به آن پرداخته، اینست که مقدار الیاف مصرفی در نسبت های مخلوط بتن الیافی با کارایی بسیار بالا چه اثری بر مقاومت فشاری و نحوه رشد مقاومت فشاری در سنین مختلف به ازای مقدار الیاف دارد.

## ۲. مصالح مصرفی

## ۲.۱. سیمان پرتلند

سیمان پرتلند، که از پودر کردن کلینکری که عمدتاً از اکسیدهای سیلیسی، آلومینیومی و آهنی که عامل تشکیل ترکیبات سیلیکاتی و آلومیناتی سیمان پرتلند می باشند، بدست می آید و دارای انواع مختلفی می باشد [۶]. سیمان پرتلند نوع II، عمدتاً گرمای کمتری نسبت به نوع یک تولید می کند، استفاده از این نوع سیمان باعث کاهش بالا رفتن دمای بتن می شود و در این تحقیق از این نوع سیمان مربوط به کارخانه سیمان صوفیان تبریز استفاده شده است.

## ۲.۲. میکروسیلیس

میکروسیلیس به کار رفته در این تحقیق از شرکت فروآلیاژ ایران تهیه شده و دارای بیشینه بعد ۲۲۹ نانومتر میلی متر می باشد این ماده که با نام های سیلیکا فوم<sup>۳</sup> و دوده سیلیس نیز شناخته می شود، محصول فرعی کوره های قوس الکتریکی صنایع فروآلیاژ و فروسیلیس بوده و ماده ای است با فعالیت پوزولانی بسیار شدید که بیش از ۸۵ درصد سیلیس بلوری نشده دارد [۷]. شکل ۱ الک کردن میکروسیلیس به منظور حذف کلوخه های جزئی موجود در آن، قبل از استفاده در ساخت بتن را نشان می دهد. لازم بذکر است که میکروسیلیس در حین دپو و نگهداری با جذب فوری رطوبت محیط بصورت کلوخه ای در می آید و حذف کلوخه های آن باعث ترکیب مناسب آن با دیگر مصالح ریز دانه می گردد که این مشکل با عبور آن از الک حل می گردد.



شکل ۱ - الک کردن میکروسیلیس جهت از بین بردن کلوخه های آن

<sup>3</sup> Silica Fume

<sup>1</sup> Ultra High Performance Concrete

<sup>2</sup> Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete

### ۲-۳- آب مصرفی

رد شده از الک استاندارد ۱۶ و مانده بر روی الک استاندارد نمره ۲۰۰ استفاده شده است.

آب مصرفی در بتن می‌بایست دارای ویژگی‌های منحصر به فرد باشد و باید pH آب در بازه ۶ تا ۸ باشد. تقریباً تمام آب‌های طبیعی قابل آشامیدن و بدون طعم خاص، برای ساختن بتن قابل استفاده هستند [۵ و ۸]. در این تحقیق نیز از آب لوله‌کشی شهر تبریز (آب آشامیدنی) استفاده شد.

### ۲-۴- فوق روان کننده

استفاده از پوزولان‌های طبیعی در سیمان یا بتن باعث ایجاد نتایج مفیدی در خواص آن می‌شود که برخی از آن‌ها عبارتند از کاهش حرارت هیدراسیون، افزایش مقاومت نهایی، کاهش نفوذپذیری، افزایش مقاومت در برابر سولفات و کاهش فعالیت قلیایی سیلیکا [۹]. در تحقیق حاضر در نسبت‌های مخلوط بتن الیافی با کارایی بسیار بالا از پودر کوارتز شرکت معادن اصفهان استفاده شده است.

به دلیل نسبت آب به سیمان کم در بتن با کارایی بسیار بالا، استفاده از فوق روان کننده نقش تعیین‌کننده‌ای در رسیدن به کارایی مورد نظر دارد بطوریکه توسعه بتن UHPFRC بدون استفاده از فوق روان کننده امکان‌پذیر نمی‌باشد. در این پژوهش از فوق روان کننده AURAMIX 4450 استفاده شده است که از شرکت فسروک کشور فرانسه تهیه شده بود (شکل ۲).

### ۲-۷- الیاف فولادی

الیاف به کار رفته در این تحقیق از نوع الیاف فولادی مستقیم و بدون خم می‌باشد. الیاف فولادی دارای مدول الاستیسیته و کرنش بالایی می‌باشند که با توجه به قابلیت شکل‌پذیری مناسب و مقاومت کششی بالا از مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین نوع الیاف به شمار می‌آیند. این نوع الیاف به اشکال ظاهری گوناگون و در ابعاد مختلف جهت بهبود رفتار بتن ساخته می‌شوند. الیاف به کار رفته در این تحقیق از نوع مستقیم و در ابعاد میکرو (قطر ۰/۱۶ و طول ۱۳ میلیمتر) بوده و از کشور چین تهیه شده‌اند که در شکل ۳ نشان داده شده است [۵].



شکل ۲- فوق روان کننده مصرفی برای ساخت بتن توانمند



شکل ۳- میکرو الیاف فولادی مصرفی در ساخت UHPFRC

### ۲-۵- سنگدانه

برای انتخاب نوع سنگدانه چند نوع ماسه و از مصالح بومی استان آذربایجان شرقی از جمله ماسه سرام و ماسه رودخانه آذرشهر استفاده شد. با توجه به اینکه ساختار مصالحی بتن‌های توانمند ریزدانه می‌باشد لذا به منظور دستیابی به ابعاد و دانه‌بندی مورد نظر، از ماسه

### ۳- روند انجام آزمایش

زمانی اتفاق می‌افتد که حدود ۷۰ درصد آب و فوق روان کننده به مصالح اضافه می‌گردد سپس مخلوط به حالت دانه‌های نخودی نیمه اشباع در می‌آید که در این وضعیت در حدود ۵ دقیقه بدون اضافه کردن آب و فوق روان کننده، عمل اختلاط به وسیله میکسر صورت می‌گیرد، مابقی آب و فوق روان کننده به مخلوط اضافه شده تا بتن به حالت خمیری و چسبنده تبدیل گردد، میکرو الیاف درجین اختلاط با میکسر با الکترون کردن و یا پخش آرام دستی به بتن اضافه می‌گردد همان گونه که در شکل ۶ نشان داده شده است که برای ریختن میکرو الیاف حدود ۵ دقیقه زمان صرف می‌شود سپس بتن در داخل قالب‌ها ریخته شده و عمل ویریه زدن به منظور قرارگیری بتن به صورت لرزش قالب با توجه به خصوصیت خودتراکمی این نوع از بتن انجام می‌پذیرد. شکل ۷ نحوه قرارگیری بتن در داخل نمونه‌های مکعبی ۱۰ سانتی‌متری را نمایش می‌دهد [۱۲].

نمونه‌های ساخته شده پس از عمل‌آوری مطابق شکل ۸ در دستگاه پرس استاندارد طبق شکل ۹ مورد بارگذاری فشاری قرار می‌گیرند و مقاومت فشاری در سنین مختلف بدست می‌آید.



شکل ۴- میکسر مورد استفاده و مصالح مصرفی برای ساخت بتن [۱۲].



شکل ۵- محلول روان کننده و آب برای ساخت بتن [۱۲].

مراحل اولیه این تحقیق به منظور ساخت بتن UHPFRC در ایران و با مصالح بومی انجام پذیرفته است. بر این اساس، تمامی مصالح مصرفی در بتن به غیر از الیاف فولادی و فوق روان کننده از مصالح بومی ایران تهیه شده است. نسبت‌های مخلوط اولیه بر اساس نسبت‌های مخلوط پیشنهادی گریبل<sup>۱</sup> و اصلاحی جغتایی و پوربابا در ایران در استفاده شده است [۷ و ۸]. در این تحقیق به منظور بررسی رشد مقاومت فشاری نمونه‌ها در سنین ۲ تا ۴۲ روز در بتن با کارایی بسیار بالا، هفت نوع نسبت‌های مخلوط مختلف با درصد‌های وزنی ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ درصد از الیاف فولادی استفاده شده است. هر یک از این طرح‌ها به ترتیب به نام نسبت‌های مخلوط سری A تا F نام گذاری شده‌اند که در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. برای هر نسبت‌های مخلوط ۱۶ نمونه مکعبی با ابعاد ۱۰×۱۰×۱۰ سانتی‌متر مکعب (جمعا ۱۱۲ نمونه مکعبی) ساخته شده است.

جدول ۱- نسبت‌های مخلوط مختلف (بصورت درصدی) در ساخت نمونه‌های بتنی UHPFRC.

Material	Series A	Series B	Series C	Series D	Series E	Series F	Series G
Portland cement	۲۷/۸۸	۲۸/۱۷	۲۸/۴۷	۲۸/۷۷	۲۹/۰۷	۲۹/۳۷	۲۹/۶۷
Fine sand	۳۹/۸۹	۴۰/۳	۴۰/۷۳	۴۱/۱۶	۴۱/۵۹	۴۲/۰۲	۴۲/۴۵
Silica fume	۹/۱۶	۹/۲۶	۹/۳۵	۹/۴۵	۹/۵۵	۹/۶۵	۹/۷۵
Ground quartz	۸/۲۹	۸/۳۸	۸/۴۷	۸/۵۵	۸/۶۴	۸/۷۳	۸/۸۲
Super plasticizer	۱/۵۶	۱/۵۸	۱/۵۹	۱/۶۱	۱/۶۳	۱/۶۴	۱/۶۶
Steel fibers	۶/۰۴	۵/۰۶	۴/۰۶	۳/۰۴	۲/۰۳	۱/۰۲	۰
Water	۷/۱۸	۷/۲۵	۷/۳۳	۷/۴۱	۷/۴۹	۷/۵۶	۷/۶۴

بر اساس توصیه‌های ویل و همکاران در سال ۲۰۱۱ و گزارش‌های گریبل در سال ۲۰۱۳ ابتدا میکروسیلیس و ماسه ریزدانه به مدت تقریبی ۵ دقیقه مخلوط می‌شوند. سپس قبل از افزودن آب، سیمان و پودر کوارتز اضافه شده و حداقل به مدت ۵ دقیقه در حالت کاملا خشک با یکدیگر مخلوط می‌شوند [۲ و ۱۰]. سپس به روش پیشنهادی تیو و همکاران در سال ۲۰۰۸ به منظور بهبود روانی و کارایی، فوق روان کننده مرحله به مرحله افزوده می‌شود [۱۱]. پس از اندازه گیری مصالح یاد شده در ظرف‌های تعیین شده مطابق شکل ۴، مصالح با بهره‌گیری از توصیه‌های فوق‌الذکر در داخل دیگ میکسر قرار می‌گیرد. فوق روان کننده در ظرفی با آب محلول شده و در هنگام هم‌زدن میکسر مطابق شکل ۵ به مصالح خشک اضافه می‌شود. با توجه به سعی خطاهای انجام گرفته در ساخت، بهترین حالت

<sup>1</sup> Graybeal



شکل ۹- بارگذاری نمونه‌های ساخته شده [۱۲].



شکل ۶- میکرو الیاف برای ساخت بتن [۱۲]

#### ۴- ارزیابی نتایج آزمایشگاهی حاصل

در این تحقیق نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری بر روی نمونه های مکعبی  $10 \times 10 \times 10$  سانتی متر مکعب در سن ۲ تا ۴۲ روزه در هفت نسبت‌های مخلوط (با درصدهای متفاوت الیاف فولادی) و ۱۶ نمونه از هر نسبت‌های مخلوط در جدول ۲ و همچنین نمودار مربوطه در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۲- مقاومت فشاری نمونه‌های مکعبی UHPC در آزمایشگاه برحسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع.



شکل ۷- قرارگیری بتن درون قالبهای استاندارد [۱۲].

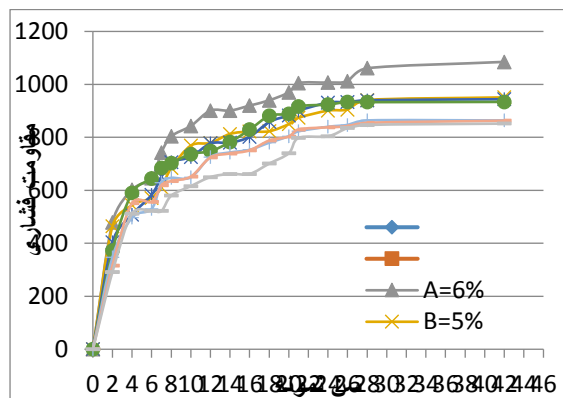
سن نمونه	۶%A=	۵%B=	۴%C=	۳%D=	۲%E=	۱%F=	۰%G=
۲	۴۷۹	۴۶۵	۴۰۴	۳۷۳	۳۴۷	۳۱۶	۲۹۲
۴	۶۰۲	۵۴۴	۵۰۸	۵۹۰	۴۹۷	۵۵۲	۵۱۲
۶	۶۴۶	۵۷۱	۵۸۳	۶۴۴	۵۳۰	۵۵۶	۵۲۲
۷	۷۴۳	۶۱۱	۶۵۲	۶۸۴	۶۲۹	۶۱۹	۵۲۲
۸	۸۰۴	۶۸۴	۷۰۶	۷۰۲	۶۴۷	۶۳۵	۵۸۰
۱۰	۸۴۳	۷۶۹	۷۲۶	۷۳۷	۶۴۹	۶۵۲	۶۱۶
۱۲	۹۰۱	۷۷۹	۷۷۷	۷۴۸	۷۲۶	۷۲۴	۶۵۰
۱۴	۹۰۱	۸۱۲	۷۸۰	۷۸۲	۷۴۳	۷۳۹	۶۶۲
۱۶	۹۲۰	۸۲۲	۸۰۲	۸۲۹	۷۵۳	۷۵۱	۶۶۲
۱۸	۹۴۰	۸۲۳	۸۵۸	۸۸۱	۷۸۰	۷۸۸	۷۰۱
۲۰	۹۷۰	۸۵۰	۸۸۳	۸۸۹	۸۰۴	۸۰۳	۷۴۰
۲۱	۱۰۰۵	۸۷۴	۹۰۱	۹۱۷	۸۲۳	۸۲۰	۷۹۸
۲۴	۱۰۰۷	۹۰۱	۹۳۱	۹۲۴	۸۴۰	۸۳۸	۸۰۴
۲۶	۱۰۱۲	۹۰۵	۹۳۳	۹۳۴	۸۴۷	۸۴۲	۸۳۵
۲۸	۱۰۶۱	۹۴۱	۹۴۰	۹۳۳	۸۶۴	۸۵۵	۸۴۷
۴۲	۱۰۸۵	۹۵۱	۹۴۴	۹۳۴	۸۶۴	۸۶۳	۸۵۲



شکل ۸- عمل آوری بتن ساخته شده [۱۲].

جدول ۳- درصد افزایش رشد بتن UHPC در سنین مختلف

نسبت پیشرفت در هر هفته	A= ۶%	B= ۵%	C= ۴%	D= ۳%	E= ۲%	F= ۱%	G= ۰%	میانگین درصد افزایش
۱- مقاومت (۱۴/۷)	۲۱	۳۳	۲۰	۱۴	۱۸	۱۹	۲۷	۲۲
۲- مقاومت (۲۱/۱۴)	۱۲	۸	۱۶	۱۷	۱۱	۱۲	۲۱	۱۴
۳- مقاومت (۲۸/۲۱)	۶	۸	۴	۲	۵	۳	۶	۵
۴- مقاومت (۴۲/۲۸)	۲	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱



شکل ۱۰- نمودار مقاومت فشاری نمونه‌های مکعبی UHPC مربوط به جدول ۲.

برخی از نمونه‌های شکسته شده پس از آزمایش مقاومت فشاری در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

#### ۵- نتیجه‌گیری

طبق آزمایش‌های انجام شده در این تحقیق نتایج زیر حاصل شده‌اند:

۱- با عنایت به جدول ۳ میانگین درصد افزایش مقاومت بتن UHPC از سنین ۷ به ۱۴ روزه برابر ۲۲ درصد، ۱۴ به ۲۱ روزه برابر ۱۴ درصد، از ۲۱ به ۲۸ روزه برابر ۵ درصد و از ۲۸ به ۴۲ روزه برابر ۱ درصد افزایش پیدا می‌یابد.

۲- با توجه به جدول ۳ و بند قبلی نتیجه می‌شود، از سن ۷ روز مجموع میانگین افزایش درصدها تا سن ۴۲ روز برابر با ۴۲ درصد می‌باشد، که مابقی ۵۸ درصد میانگین مقاومت بتن UHPC تا سن ۷ روز بدست می‌آید.

۳- بتن UHPC با میانگین درصدهای بدست آمده برای هر سری نشان می‌دهد، تا سن ۲۱ روزه‌گی با جمع کردن درصدها به مقاومت ۹۴ درصدی خود می‌رسد، که مابقی درصد افزایش مقاومت تا سن ۲۸ روزه به ۹۹ درصد افزایش پیدا می‌کند و ۱ درصد دیگر در سن ۴۲ روزه‌گی به آن اضافه می‌شود، که قابل صرف نظر می‌باشد، که با این توضیح در سن ۲۱ روزه‌گی می‌توان به مقاومت فشاری حدود ۹۵ درصد از بتن دست یافت.

۴- با مقایسه مقدار مصرف میکروالیاف صفر و شش درصد همانطور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، نمونه دارای الیاف فولادی بیشتر، حداقل ۲۰ درصد مقاومت فشاری بیشتری در سنین ۲ تا ۴۲ روز از خود نشان می‌دهد که از سن شش روز به بعد با توجه به نحوه رشد مقاومت فشاری ملموس می‌باشد.



شکل ۱۱- نمونه‌های مکعبی UHPC تست شده مربوط به جدول ۲

مقادیر مقاومت فشاری جدول ۲، برای هر سری از بتن UHPC با نسبت آب به سیمان ۰/۱۹ بدست آمده است. نسبت مقاومت ۱۴ روزه به ۷ روزه، ۲۱ روزه به ۱۴ روزه، ۲۸ روزه به ۲۱ روزه و ۲۸ روزه به ۴۲ روزه به ترتیب در جدول ۳ برای مشخص شدن روند رشد این نوع بتن محاسبه شده است.

همچنین در آخرین ستون جدول ۳ میانگین درصد افزایش رشد بتن UHPC برای نسبت روزهای فوق‌الذکر آورده شده است.

## ۶- مراجع

11-Tue, N.V., Ma, J., Orgass, M., Influence of Addition Method of Superplasticizer on the Properties of Fresh UHPC, Second International Symposium on Ultra High Performance Concrete, Kassel., Germany, pp. 93-100.

۱۲- آصفی، الیار، بررسی آزمایشگاهی تاثیر میکرو الیاف بر روی بتن های با مقاومت بسیار بالا (UHPC)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه، ۱۳۹۶.

۱- مظلوم، م، مقاومت مدول الاستیسیته سکانتی در بتن های با مقاومت زیاد دارای میکرو سیلیس، اولین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، ایران، اردیبهشت، ۱۳۸۳.

2- Ahmad, S., Hakeem, I., Maslehuddin, M., Development of UHPC Mixtures Utilizing Natural and Industrial Waste Materials as Partial Replacements of Silica Fume and Sand, Hindawi, The Scientific World Journal, Volume 2014, Article ID 713531.

3- Jianxin, M., Schneider, H., Properties of ultra-high-performance concrete, Leipzig Annual Civil Engineering Report, 2002, no. 7, pp. 25-32.

۴- پوربابا، م، جغتائی، ع، پناه پور، ح. و همبخت، م، بررسی آزمایشگاهی تاثیر پودر کوارتز در بتن الیافی با کارایی بسیار بالای ساخته شده با مصالح بومی، هشتمین کنفرانس ملی سالیانه بتن، تهران، ایران، مهرماه، ۱۳۹۵.

۵- جغتائی، ع، پوربابا، م، بررسی آزمایشگاهی تاثیر مقدار میکروالیاف فولادی بر مقاومت فشاری بتن الیافی با کارایی بسیار بالا با مصالح بومی (UHPRC)، دهمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران، ۳۰ و ۳۱ فروردین، ۱۳۹۶.

6-Bohnsdalen Eide, M., Hisdal, J.M., Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPRC) – State of the art, COIN Project report, 2012, 44, pp. 4-20.

۷- وزارت راه و شهرسازی، معاونت مسکن و ساختمان، "مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه"، ویرایش چهارم، چاپ نهم، ۱۳۹۲.

۸- مستوفی نژاد، داود، تکنولوژی و طرح اختلاط بتن، اصفهان، انتشارات ارکان، چاپ ششم، ۱۳۸۲.

۹- صدر ممتازی، ع، سعیدی فر، ن، بلالایی، ف، بررسی تاثیر پودر کوارتز بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ملات سیمان، کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، معماری و زیرساخت های شهری، تهران، ایران، ۱۳۹۴.

10-Wille, K., Naaman, A.E., Parra-Montesinos, G.J. Ultra-High Performance Concrete With Compressive Strength Exceeding 150 MPa (22 ksi): A Simpler Way, ACI Materials Journal, Vol. 108, No. 1, January-February 2011, pp. 46-54.

## On the Influence of Age on Compressive Strength of UHPCs Constructed in Iran

Elyar Asefi

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

Masood Pourbaba

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

mpourbaba@yahoo.com

### Abstract:

The mix design of the Ultra-High-Performance Concrete (UHPC) consists of water, microsilica, steel fiber, cement, fine sand, superplasticizer and stone powders such as quartz. The intended UHPC will be constructed using the indigenous materials in Iran which will be subject to investigations regarding the influence of ageing on its compressive strength. Low water-to-cement ratios contribute to high-density concretes exceeding 130MPa in compressive strength. Incorporation of the steel fiber plays its role in enhancing the tensile strength and post-cracking behavior of concrete by bridging and closing the cracks from their initiation until their propagation. Attention should also be given to the application of the highly-reactive microsilica with its high surface energy feature should. In this study, 112 cubic specimens ( $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ ) with different steel fiber contents were investigated. Compressive strength tests were carried out on concrete during different stages of ageing. Results revealed an increasing trend for the compressive strength of concrete with the increase in fiber content (5). However, there is an upper limit for the fiber content, e.g. 6% which significantly degrades the performance of concrete beyond this limit, not to mention the challenges that occur in practice in this case. Finally, for specimens constructed with the aforementioned procedure, 90% of the ultimate strengths are obtained after 18 days.

**Keywords:** UHPC, Performance of concrete, Microsilica, Steel fiber, Age of concrete