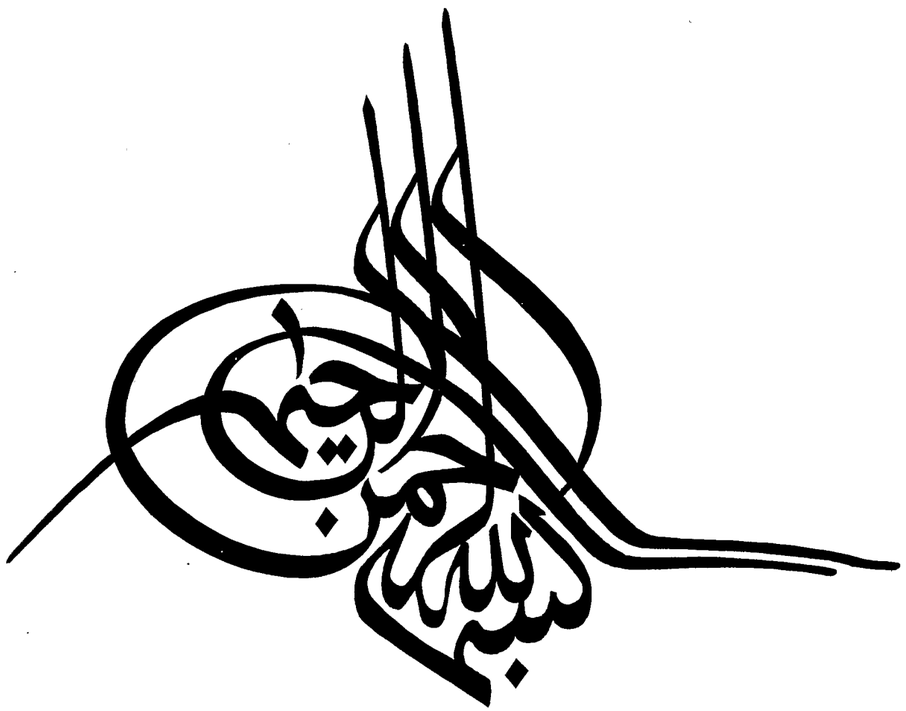

٤١١٤٦

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تقدیم به مرکز

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده عمران

۱۳۸۱ /۴/ ۲۶

# ارائهٔ روابط تجربی-تحلیلی برای خواص مکانیکی بتن با مقاومت بالای مسلّح به الیاف فولادی

پایان نامه کارشناسی ارشد سازه

**جهانگیر افشار**

استاد راهنما

**داود مستوفی‌نژاد**

۱۳۸۰

۴۱۱۴۶

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی عمران

۱۳۸۱ /۴/ ۲۴

۱۳۸۱ /۴/ ۲۴

پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش ســـازه - **آقای جهانگیر افشار**

تحت عنوان :

# ارائهٔ روابط تجربی - تحلیلی جهت خواص مکانیکی بتن با مقاومت بالای مسلح به الیاف فولادی

در تاریخ ۸۰/۸/۱۵ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱ - استاد راهنما — دکتر داود دستوفی‌نژاد .....

۲ - ممتحن مدعو (از دانشگاه همدان) — دکتر مرتضی مدح خوان .....

۳ - عضو کمیته دفاع — مهندس رضا خدادادی .....

۴ - عضو کمیته دفاع — دکتر ایرج هشیاری .....

۵ - سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر محمود قضاوی .....

دل گرچه در این بادیه بسیار شتافت　　یک موی ندانست ولی موی شکافت

اندر دل من هزار خورشید بتافت　　آخر به کمال ذره‌ای راه نیافت

**تشکر و قدردانی**

خدا را سپاسگزارم که جز با یاری او و لطف و عنایتش، پیمودن این راه غیر ممکن می‌نمود. بر خود لازم می‌دانم تا صمیمانه از استاد راهنمای حود آقای دکتر مستوفی‌نژاد تشکر و قدردانی نمایم. از اساتید محترم دانشکده آقایان: پروفسور سعادتپور، دکتر ازهری، دکتر مومنی، دکتر میرطلایی و دکتر برومند که افتخار شاگردیشان را داشته و نیز از دیگر اساتیدی که در این دوره از راهنمائیهایشان استفاده نموده‌ام، کمال تشکر را دارم.

از مسئولین محترم آزمایشگاه‌های مصالح و سازه و مکانیک خاک و پی، آقایان مهندس خدادادی و مهندس مطلبی، پرسنل آزمایشگاه، آقایان ابراهیمی، شمس و رهنما، مسئول روابط عمومی دانشکده آقای کیوانداریان و دوستان عزیزم آقایان صمدی و رشیدی فرد که در طول این تحقیق، نهایت همکاری را با اینجانب داشته‌اند، تشکر می‌کنم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج
مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از
تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به
دانشگاه صنعتی اصفهان است

تقدیم به:

- **پدر و مادرم**

**که همهٔ موفقیت‌هایم را مدیون ایشان هستم؛**

- **برادران و خواهرانم**

**که همواره آرزوی موفقیت برایشان دارم؛**

- **پویندگان راه دانش.**

چشم فرو بسته اگر واکنی — در تو بود، هرچه تمنا کنی

عافیت از غیر نصیب تو نیست — غیر تو ای خسته طبیب تو نیست

از تو بود، راحت بیمار تو — نیست به غیر از تو، پرستار تو

همدم خود شو که حبیب خودی — چارهٔ خود کن که طبیب خودی

(رهی معیری)

## فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| فهرست مطالب | هشت |
| چکیده | ۱ |
| **فصل اول : کلیات و تاریخچهٔ موضوع و معرفی مسأله** | |
| ۱-۱- مقدمه | ۲ |
| ۱-۱-۱- فواید استفاده از الیاف فولادی در بتن | ۵ |
| ۱-۱-۲- کاربرد بتن الیافی | ٦ |
| ۱-۲- هدف | ۷ |
| ۱-۳- کاربرد نتایج | ۷ |
| ۱-٤- مروری بر فصل‌های پایان‌نامه | ۸ |
| ۱-۵- بررسی منابع و تاریخچهٔ موضوع | ۸ |
| **فصل دوم : شناخت اجزاء و خواص بتن با مقاومت بالای مسلّح به الیاف فولادی** | |
| ۲-۱- مقدمه | ۱۲ |
| ۲-۲- سیمان | ۱۳ |
| ۲-۳- مواد افزودنی (فوق روان‌کننده‌ها) | ۱۳ |
| ۲-٤- آب اختلاط | ۱۵ |
| ۲-۵- مصالح سنگی | ۱٦ |
| ۲-۵-۱- درشت‌دانه | ۱۷ |
| ۲-۵-۲- ریزدانه | ۲۰ |
| ۲-٦- میکروسیلیس | ۲۱ |
| ۲-۷- الیاف | ۲۳ |
| ۲-۷-۱- تاریخچه | ۲٤ |
| ۲-۷-۲- انواع الیاف | ۲٤ |


مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۲-۷-۳- تکنولوژی تولید الیاف فولادی ..... ۲۶

۲-۷-٤- خصوصیات الیاف فولادی ..... ۲۸

۲-۷-٥- شکل و اندازهٔ الیاف ..... ۲۸

۲-۷-٦- نسبت ظاهری ..... ۲۸

۲-۷-۷- مدول الاستیسیته ..... ۲۹

۲-۷-۸- شیوهٔ قرار گرفتن الیاف، فواصل الیاف ..... ۳۰

۲-۷-۹-کرنش پذیری ..... ۳۰

۲-۷-۱۰-پیوستگی بین الیاف و ماتریس ..... ۳۰

۲-۸- خواص بتن الیافی ..... ۳۱

۲-۸-۱- مقاومت فشاری ..... ۳۲

۲-۸-۲- مقاومت کششی ..... ۳۲

۲-۸-۳- مقاومت خمشی (طاقت خمشی) ..... ۳٤

۲-۸-٤- طاقت بتن الیافی ..... ۳٦

۲-۹- بتن با مقاومت بالای مسلّح به الیاف فولادی ..... ۳۹


**فصل سوم : انتخاب مصالح و طرح اختلاط بتن با** مقاومت بالای مسلّح به الیاف فولادی


۳-۱-مقدمه ..... ٤۲

۳-۲-انتخاب مصالح ..... ٤۳

۳-۲-۱-سیمان مصرفی ..... ٤۳

۳-۲-۲- میکروسیلیس ..... ٤۳

۳-۲-۳- آب اختلاط ..... ٤۳

۳-۲-٤- فوق‌روان کننده (مادهٔ کاهش دهنده آب مصرفی به میزان زیاد) ..... ٤۳

۳-۲-٥- الیاف ..... ٤٤

۳-۲-٦- مصالح سنگی ..... ٤٤

۳-۳-طرح اختلاط ..... ٤۹

۳-۳-۱- طرح اختلاط بتن با درشت‌دانهٔ آهکی ..... ٤۹

۳-۳-۲- طرح اختلاط بتن با درشت‌دانهٔ کوارتزیت ..... ٥٥

۳-۳-۳-طرح اختلاط ملات ..... ۵۵
۳-٤- ساخت نمونهٔ آزمایشی ..... ٦۰

**فصل چهارم : ساخت نمونه‌ها، انجام آزمایش و ارائهٔ نتایج**

٤-۱- مقدمه ..... ٦۲
٤-۲- تعداد و نوع نمونه‌ها ..... ٦۳
٤-۳- ساخت بتن و آزمایش اسلامپ ..... ٦٤
٤-٤-نتایج حاصل از آزمایش‌ها ..... ۷۰

**فصل پنجم : بررسی خواص مکانیکی بتن و ملات، و طاقت خمشی بتن با مقاومت بالای مسلّح به الیاف فولادی**

۵-۱- مقدمه ..... ۷۷
۵-۲- بررسی خواص مکانیکی و طاقت خمشی بتن ..... ۷۷
۵-۲-۱- تاثیر نسبت آب به مواد سیمانی بر روی خواص مکانیکی و طاقت خمشی بتن ..... ۷۸
۵-۲-۲- بررسی تاثیر درصد میکروسیلیس جایگزینی بر روی خواص مکانیکی و طاقت خمشی بتن ..... ۸۵
۵-۲-۳- بررسی تاثیر الیاف بر روی خواص مکانیکی و طاقت خمشی بتن ..... ۹۸
۵-۲-٤- بررسی تأثیر زمان بر روی خواص مکانیکی بتن ..... ۱۱۱
۵-۲-۵- بررسی تأثیر نوع درشت‌دانه بر روی خواص مکانیکی و طاقت خمشی بتن ..... ۱۱۵
۵-۲-٦- ارائهٔ روابط تجربی-تحلیلی جهت تبیین خواص مکانیکی و طاقت خمشی بتن ..... ۱۲۲
۵-۳- بررسی خواص مکانیکی ملات نظیر بتن با مقاومت بالای مسلح به الیاف فولادی ..... ۱۲۸
۵-۳-۱- تأثیر درصد میکروسیلیس جایگزینی، نسبت آب به مواد سیمانی و زمان بر مقاومت فشاری ملات ... ۱۲۸
۵-۳-۲- تأثیر درصد میکروسیلیس جایگزینی، نسبت آب به مواد سیمانی و زمان بر مدول الاستیسیتهٔ ملات... ۱۲۹
۵-۳-۳- تأثیر درصد میکروسیلیس جایگزینی، نسبت آب به مواد سیمانی و زمان بر مقاومت خمشی ملات.. ۱۳۰
۵-۳-٤- تأثیر درصد میکروسیلیس جایگزینی، نسبت آب به مواد سیمانی و زمان بر مقاومت کششی ملات.. ۱۳۱
۵-۳-۵- ارائهٔ روابطی تجربی-تحلیلی جهت تبیین خواص مکانیکی ملات ..... ۱۳۲
۵-٤- ارائهٔ روابطی تجربی-تحلیلی جهت تبیین خواص مکانیکی بتن و ملات برحسب مقاومت فشاری آنها ..... ۱۳۵
۵-٤-۱- تبیین خواص مکانیکی بتن بر حسب مقاومت فشاری آن ..... ۱۳۵
۵-٤-۲- تبیین خواص مکانیکی ملات بر حسب مقاومت فشاری آن ..... ۱۳۸

**فصل ششم : خلاصه، نتیجه‌گیری و پیشنهادات**


۶-۱- خلاصه . ..... ۱۴۱

۶-۲- نتایج ..... ۱۴۱

۶-۳- پیشنهادات ..... ۱۴۳

پیوست ۱- آزمون معنی‌دار بودن رگرسیون چند متغیره..... ۱۴۶

پیوست ۱- منحنی‌های بار-تغییرمکان حاصل از آزمایشات طاقت خمشی..... ۱۴۹

**منابع** ..... ۱۵۸

چکیدهٔ انگلیسی..... ۱۶۵

## چکیده

بتن با مقاومت بالا، معمولاً به بتن با مقاومت فشاری بیش از ٤٠ MPa گفته می‌شود. بتن مذکور ترد بوده و تردی آن با اضافه کردن الیاف با نیم درصد حجمی بتن یا بیشتر کاهش داده می‌شود. اضافه کردن الیاف فولادی به بتن با مقاومت بالا (HSC)، مقاومت ضربه‌ای و انرژی جذب شده تا لحظهٔ شکست را افزایش داده و خواص طاقت بتن با مقاومت بالا را بهبود می‌بخشد. الیاف کوتاه مانند پلی بین ترکها قرار گرفته، از باز شدگی آنها جلوگیری کرده و رشد ترکهای ریز را به تاخیر می‌اندازد؛ بنابراین، شکل‌پذیری بعد از ترک و ظرفیت جذب انرژی را توسعه می‌دهند. تاثیر الیاف در ترکیب‌های بتن با مقاومت بالای مسلح به الیاف فولادی، وابسته به حجم الیاف مصرفی، نسبت ظاهری الیاف و پیوستگی بین الیاف و ماتریس سیمانی می‌باشند.

هدف این تحقیق، بررسی رفتار بتن با مقاومت بالای مسلح به الیاف فولادی و ارائهٔ روابط تجربی-تحلیلی جهت خواص مکانیکی بتن مذکور با درنظرگرفتن عواملی نظیر، میکروسیلیس، نوع درشت‌دانه، نسبت آب به مواد سیمانی و حجم الیاف مصرفی بود. لذا آزمایشاتی با درنظرگرفتن ٤٨ طرح اختلاط بتن شامل: سه درصد میکروسیلیس جایگزینی (٠، ١٠ و ١٥)، دو نسبت آب به مواد سیمانی (٠/٤ و ٠/٢٥)، چهار درصد حجمی الیاف مصرفی (٠، ٠/٤، ٠/٨ و ١/٢) و دو نوع سنگدانه (آهکی و کوارتزیتی)؛ همچنین، ٦ طرح اختلاط ملات شامل سه درصد میکروسیلیس جایگزینی (٠، ١٠ و ١٥) و دو نسبت آب به مواد سیمانی (٠/٤ و ٠/٢٥)، انجام شده است و در مجموع ٩٢٤ نمونهٔ آزمایشگاهی شامل نمونه‌های استوانه‌ای و منشوری ساخته و بعد از عمل آوری تحت آزمایش های: مقاومت فشاری، مقاومت کششی و طاقت خمشی، در سنین ٧، ٢٨ و ٩١ روزه قرار گرفت. در نهایت ضمن بررسی خواص مکانیکی بتن و ملات و طاقت خمشی بتن، روابطی جهت تبیین خواص مکانیکی و طاقت خمشی بتن ارائه شد. نتایج آزمایشات نشان داد که الیاف بر روی مقاومت فشاری و مدول الاستیسیتهٔ بتن تاثیر محسوسی نداشته و بر روی مقاومت کششی، مقاومت خمشی و طاقت بتن تاثیر مطلوبی دارند.



آرشیو اطلاعات دانشگاه تهران

# فصل اول
# کلیات و تاریخچهٔ موضوع و معرفی مسأله

## ۱-۱- مقدمه

پس از پیدایش بتن همواره سعی بر این بوده که با شناخت راههای مناسب و با ایجاد نسبتهای معین بین مصالح بکار رفته در بتن، ویا با اضافه کردن مواد دیگری به ترکیبات قبلی (بصورت مواد مضاف یا مواد جایگزینی)، مقاومت بتن و نیز سایر خواص مکانیکی و پایایی آنرا بهبود بخشند. در چند دههٔ اخیر، نوآوریهای شگرف در زمینهٔ مصالح و روشهای ساختمانی، موقعیت بتن را به عنوان ممتازترین مصالح ساختمانی تثبیت کرده و تولید و کاربرد بتن با مقاومتهای بالاتر از آنچه که در طراحی متعارف سازه‌های بتن‌آرمه در نظر گرفته می‌شود را میسر ساخته است. امروزه در اکثر نقاط دنیا تحول عظیمی در تکنولوژی بتن برای دستیابی به بتن‌های با مقاومت و کیفیت بالا[1] پدید آمده است. استفاده از بتن‌های مذکور خود به منزلهٔ استفادهٔ بهینه از مصالح بکار رفته در مقاطع بتنی است. حجم کمتر مصالح مصرف شده، صرفه‌جویی در مصرف مصالح، وزن کمتر و در نتیجه نیروهای اعمالی کمتر به سازه را منجر می‌شود.

بکارگیری بتن غیرمسلّح بعلّت تردی و مقاومت کششی پایین، در غیر از سازه‌های وزنی عملاً کاربرد چندانی ندارد. ضعف مقاومت کششی بتن در عمل، با مسلّح کردن آن بوسیلهٔ

---

1-High Performance Concrete /High Strength Concrete (HPC/HSC)  2-Fiber

آرماتورهای فولادی بر طرف می‌گردد. اما از آنجایی که آرماتور منحصراً بخش کوچکی از مقطع را تشکیل می‌دهد، مقطع بتن یک مقطع تقریباً ارتوتروپ است. به منظور ایجاد شرایط ایزوتروپی و نیز کاهش ضعف در شکنندگی و تردی بتن تا حد ممکن، در چند دههٔ اخیر از رشته‌های نازک و نسبتاً کوتاهی به نام الیاف که در تمام حجم بتن، به طور همگن و درهم پراکنده می‌گردد، استفاده شده است. الیاف مورد استفاده در بتن از فولاد، شیشه، پلیمرهای آلی و الیاف گیاهان می‌باشد.

اغلب در بتن مسلّح به الیاف فولادی، الیاف به مخلوط بتن معمولی اضافه می‌گردد. مقادیر معمول بصورت ۰/۲ تا ۲ درصد حجم بتن می‌باشد [۱]. از بتن مسلّح به الیاف در باند فرودگاهها بصورت روکش جهت تعمیر روسازیهای موجود و یا در روسازی‌های جدید استفاده می‌شود. در کف جاده‌ها، پیاده‌روها و پلها نیز می‌توان از بتن الیافی استفاده نمود. کاربرد عمدهٔ بتن الیافی، درکف سالنهای صنعتی و پی ماشین‌آلات ارتعاشی می‌باشد؛ زیرا لازم است این نوع پی وکفها مقاومت زیادی در برابر بارهای دینامیکی و متمرکز زنده از خود نشان دهند. بارهای سنگین ناشی از چرخهای فولادی تانک و بولدوزر و یا وزنه‌های سنگین، مثالهایی از این بارها هستند؛ لذا از بتن الیافی برای تقویت روکش کفهای موجود یا ساخت کفهای جدید استفاده به عمل می‌آید [۲].

امروزه در اکثر نقاط دنیا تحول عظیمی در تکنولوژی بتن برای دستیابی به بتن‌های با مقاومت بالا پدید آمده است. همگام با پیشرفت سریع تکنولوژی بتن، توصیف بتن با مقاومت بالا همچنان در حال تغییر است. در سال ۱۹۵۰ بتن با مقاومت ۳۵*MPa* به نام بتن با مقاومت بالا توصیف می‌شد. در سال ۱۹۶۰ بتن با مقاومت فشاری ٤٠ تا ٥٠ مگاپاسکال و در سال ۱۹۷۰، بتن با مقاومت ٦٠*MPa* به‌عنوان بتن‌های با مقاومت بالا یاد می‌شدند، امّا امروزه با استفاده از سنگدانه‌های معدنی با کیفیت عالی، می‌توان به بتن‌های با مقاومت بیش از ۲۳۰*MPa* دست یافت و اگر دانه‌های سرامیکی جایگزین سنگدانه‌های معدنی شوند، می‌توان بتن با مقاومت فشاری بیش از٤٦٠*MPa*، نیز ایجاد نمود [۳]. یکی از راههای ساخت بتن با مقاومت بالا بکار بردن نسبت‌های درست و مناسب همان ترکیبات بتن معمولی است (با بهینه کردن کمی و کیفی مقدار سیمان، ماسه، درشت‌دانه و کنترل دقیق دانه‌بندی و عمل‌آوری). راه دیگر استفاده از مواد افزودنی همراه با شرایط عمل‌آوری خاص می‌باشد. از جمله مواد جایگزینی، میکروسیلیس[1] می‌باشد. کاربرد میکروسیلیس برای

---

1- Silica Fume (SF)

دستیابی به بتن‌های با مقاومت بالا و دوام بیشتر از سال ۱۹۸۰ معمول شده و در دهۀ اخیر بطور چشمگیری از آن در ساخت بسیاری از سازه‌ها استفاده شده، و همچنین مطالعاتی گسترده‌ای در مورد شناخت اثرات آن بر رفتار بتن، مورد مطالعه قرار گرفته و یا در حال انجام است [٤].

در کارهای مهندسی فرض می‌شود که مقاومت بتنی که در درجه حرارت توصیه شده‌ای عمل آمده و در سن معین، به دو عامل یعنی نسبت آب به مواد سیمانی و درصد تراکم، بستگی دارد. وقتی که بتن به طور کامل متراکم شود، مقاومت آن طبق قانون آبرامز[1]، به‌صورت معکوس با نسبت آب به مواد سیمانی متناسب است [٥]. آیین‌نامۀ *ACI* نسبت وزنی آب به مواد سیمانی را در بتن‌های با مقاومت بالا در محدودۀ ۲۷ تا ٥۰ درصد ذکر می‌کند [٤]. باید توجه داشت که برای بتن مسلّح به الیاف فولادی نسبت وزنی آب به سیمان از ۳٥ تا ٥٥ درصد توصیه می‌شود [۱].

هر یک از مواد تشکیل دهندۀ مخلوط بتن که ممکن است دارای خاصیت سیمانی باشد در رسیدن بتن به مقاومت فشاری حداکثر، نقش دارد. نتایج تجربی نشان می‌دهند که خمیر سیمان با حداکثر چگالی و تخلخل کم، مقاومت فشاری بیشتر از *٥۰۰MPa* را می‌تواند دارا باشد، با توجه به‌اینکه دانه‌های میکروسیلیس حتّی از دانه‌های سیمان به مراتب ریزترند، وقتی در لعاب سیمان قرار می‌گیرند، اولاً فضای بسیار ریز لعاب را پر می‌کنند، ثانیاً به دلیل اینکه از لحاظ شیمیایی بسیار فعالند با هیدروکسیدکلسیم حاصل از هیدراتاسیون سیمان ترکیب شده، آنرا به سیلیکا ت کلسیم آبدار[2] تبدیل می‌نمایند، به این ترتیب فضای خالی لعاب سیمان کاهش یافته و هیدروکسید کلسیم به مادّۀ مقاومتری مشابه سایر سیلیکاتهای خمیر سیمان تبدیل گشته، بافت سیمان یکنواخت‌تر شده و ویژگیهای مقاومتی بهبود می‌یابد [۳].

یکی از اثرات مهم میکروسیلیس در بتن‌های با مقاومت بالا، بهبود بخشیدن به ریز ساختار فصل مشترک سنگدانه و خمیر سیمان است که منجر به بالا رفتن کیفیت چسبندگی بین آنها می‌شود [۳]. میکروسیلیس اگر به تنهایی به کار برده شود بر ویژگیهای مربوط به کارایی بتن تازه اثر منفی گذاشته و از روانی آن می‌کاهد. برای برگرداندن روانی بتن به حالت بدون میکروسیلیس از فوق‌روان کننده‌ها[3] استفاده می‌کنند. در اینصورت دانه‌های بسیار ریز وکروی شکل میکروسیلیس از هم جدا شده و در حد فاصل دانه‌های سیمان پراکنده می‌گردد.

---

1- Abrams　　2- C-S-H　　3- Superplasticizers

و بـه نوبهٔ خـود همانند ساچمه بـه حرکت دانه‌ها روی هم و در نتیجه روانی بیشتر مخلوط کمک می‌کنند.

پارامترهای بسیار زیادی در شکل‌گیری خواص مکانیکی بتن‌های با مقاومت بالای مسلّح به الیاف فولادی[1] نقش دارندکه برخی شناخته شده‌اند و برخی هنوز ناشناخته باقی مانده‌اند. پاره‌ای تحت کنترل می‌باشند و پاره‌ای دیگرخارج از کنترل هستند. از جملهٔ عوامل شناخته شده و تحت کنترل، می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود [۱ و ۵]:

- مقدار آب مصرفی برحسب نسبت آب به مواد سیمانی $W/(C+SF)$
- مقدار میکروسیلیس مصرفی بر حسب نسبت میکروسیلیس به سیمان $(SF/CM)$
- حجم دانه‌ها بر حسب نسبتی از حجم کل بتن $V_{Agg.}/V_{Con.}$
- حجم الیاف مصرفی برحسب نسبت حجم الیاف به حجم بتن $V_F/V_{Con.}$
- مقاومت فشاری و مدول الاستیسیتهٔ سنگدانه‌ها $(f'_{CA},\ E_{CA})$
- اختلاف مدول الاستیسیتهٔ سنگدانه و ماتریس مواد سیمانی $(\Delta E_{m\text{-}CA})$
- شکل الیاف - مدول الاستیسیتهٔ ملات $(E_m)$ - روانی بتن - تراکم بتن
- چگالی بتن - نوع سیمان - شرایط عمل آوری - عمر بتن
- اندازهٔ سنگدانه - شکل وانداز ۀ نمونهٔ بتنی -درصد هوای موجود
- نسبت طول به قطر معادل الیاف[2] - مدول نرمی ریزدانه و ...

**۱-۱-۱- فواید استفاده از الیاف فولادی در بتن**

- بتن مسلّح به الیاف فولادی، مقاومت کششی را ۳۰ تا ۴۰ درصد و مقاومت خمشی را ۵۰ تا ۷۰ درصد و مقاومت فشاری را ۰ تا ۱۵ درصد افزایش می‌دهد [۶].
- حضور الیاف در بتن مقاومت آنرا در برابر پدیدهٔ کاویتاسیون، سایش ناشی از جریان آب با سرعت بالا و ضربهٔ ناشی از نخاله‌ها بنحو قابل توجهی افزایش می‌دهد [۶].
- مقاومت در برابرخستگی با وجود الیاف در بتن افزایش یافته و عرض ترک و تغییرمکان ناشی از آن کاهش می‌یابد [۶].
- الیاف فولادی مقاومت و مدول برشی بتن را بنحو قابل توجهی افزایش می‌دهد.

---

1- High Strength Steel Fiber Reinforced Concrete/High Performance Steel Fiber Reinforced Concrete (HSSFRC/HPSFRC)

2- Aspect Ratio