دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

تأثیر خواص مکانیکی الیاف سلولزی بر روی خواص خمشی پنل های سیمانی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی نساجی – تکنولوژی نساجی

زهرا معصومی

استاد راهنما

دکتر محمد شیخ زاده

۱۳۹۱

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته تکنولوژی نساجی

تحت عنوان

تأثیر خواص مکانیکی الیاف سلولزی بر روی خواص خمشی پنل های سیمانی

در تاریخ ۹۱/۱۱/۰۴ کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکترمحمد شیخ زاده
۲- استاد مشاور پایان نامه	دکترسید مهدی حجازی
۳- استاد داور	دکتر حسین حسنی
۴- استاد داور	دکتر محمد قانع

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر صدیقه برهانی

تشکر و قدردانی:

سپاس خدای را که سخنوران در ستودن او بمانند و شمارندگان،شمردن نعمت های او را ندانند و کوشندگان،حق او را گزاردن نتوانند.

از خانواده عزیزم که در تمام عرصه های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده اند ؛

از همسر عزیزم که از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمود ؛

و از اساتیدی که چگونه فکر کردن را به من تعلیم نمودند،جناب آقای دکتر محمد شیخ زاده در مقام هدایت و جناب آقای دکتر سید مهدی حجازی در مقام مشاورت این پروژه ؛

کمال تشکر و قدردانی را دارم.

تشکر از جناب آقای دکتر خدامی،جناب آقای دکتر مرتضوی و خانم دکتر علی حسینی که در این پروژه این جانب را راهنمایی نمودند و آقای مهندس بنی طبا و آقای مهندس الشریف که در انجام آزمایشات یاری گر اینجانب بودند.

امید آن دارم که حضرت حق از ایشان و از تمام کسانی که مرا در این پروژه یاری نمودند،تشکر ویژه نماید.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه (پروژه) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم با بوسه بر دستان پدرم:

به او که نمی دانم از بزرگی اش بگویم یا مردانگی،سخاوت، سکوت، مهربانی اش

و به مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر

تقدیم به برادرم:

که وجودش شادی بخش و صفایش مایه آرامش من است.

و به:

همسرم، اسطوره زندگیم، پناه خستگیم و امید بودنم.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فهرست مطالب..... ۸

چکیده..... ۱۲

فصل اول..... ۱

مطالعات انجام شده..... ۱

۱-۱-مقدمه..... ۱

۱-۲ تعریف کامپوزیت ۱

۱-۳ تعریف سیمان ۲

۱-۳-۱سیمان پرتلند..... ۳

۱-۳-۲ انواع سیمان پرتلند..... ۳

۱-۴ الیاف..... ۴

۱-۴-۱ تاریخچه استفاده از الیاف به عنوان تقویت کننده ملات سیمانی ۴

۱-۴-۲ متغیر های مؤثر بر خواص ملات سیمانی تقویت شده توسط الیاف..... ۴

۱-۴-۳ دلایل استفاده از الیاف در ملات سیمانی..... ۵

۱-۴-۴ مکانیزم عملکرد الیاف در ملات سیمانی..... ۵

۱-۴-5 مزایای ملات سیمانی الیافی ۵

۱-۴-۶ کاربردهای ملات سیمانی الیافی..... ۶

۱-۴-۷- الیاف سلولزی..... ۷

۱-۴-۷- الف - ساختار الیاف سلولزی..... ۷

۱-۴-۷- ب-پیوند بین سیمان و الیاف..... ۸

۱-۴-۷- ز- انواع الیاف سلولزی قابل استفاده در ملات سیمانی..... ۹

۱-۴-۷- ه-معایب استفاده از الیاف سلولزی در ملات سیمانی ۱۰

۱-۵- تکمیل های انجام شده روی الیاف..... ۱۱

۱-۵-۱-مواد استفاده شده در تکمیل الیاف..... ۱۲

۱-۵-۲- عمل کردن الیاف توسط اشعه ی الکترونی [۹]..... ۱۳

۱-۵-۳-فواید بهبود الیاف توسط اشعه ی الکترونی..... ۱۳

۱-۵-۴-عمل کردن الیاف با سیلیکات سدیم،سیلیکات پتاسیم و سیلان ۲۰ [۸]..... ۱۶

۱-۵-۵-عمل کردن الیاف با اکریلیک (محلول امولسیون اکریلیک آبدار) وAlkyl- alkoxysilane (محلول آبدار -Alkyl alkoxysilane [۱۲]..... ۱۸
۱-۵-۶-بهبود خصوصیات سطحی خمیر سلولزی با Methacryloxypropyltri –methoxysilane (MPTS) و -Aminopropyltri ethoxysilane (APTS).[۱۰]..... ۲۲
۱-۶- پرکننده ها [۱۴]..... ۲۷
۱-۷-تئوری لیف کوتاه درون یک کامپوزیت [۱۵]..... ۳۸
۱-۸- رابطه سختی خمشی کامپوزیت..... ۴۱
فصل دوم..... ۴۴
مواد مصرفی وآزمایشات انجام شده..... ۴۴
۲-۱ - مقدمه..... ۴۴
۲-۲ – مواد مصرفی و طراحی آزمایشات..... ۴۴
۲-۲-۱- مصالح مصرفی (مواد عمرانی)..... ۴۵
۲-۲-۱-الف-گل سنگ..... ۴۵
۲-۲-۱-ب -ماسه بادی..... ۴۵
۲-۲-۱-ج-سیمان..... ۴۶
۲-۲-۲- مواد نساجی مصرفی و خصوصیات این مواد..... ۴۶
۲-۲-۲-الف- الیاف استبرق..... ۴۶
۲-۲-۲-ب-الیاف ویسکوز..... ۴۷
۲-۲-۲- ج - الیاف کنف..... ۴۸
۲-۲-۲-د- الیاف لیفیران..... ۴۸
۲-۲-۲-و- الیاف لوبی..... ۴۹
۲-۲-۳- آب مصرفی..... ۴۹
۲-۲-۴-آزمایشات عمرانی جهت تعیین خصوصیات مصالح : دانه بندی..... ۵۰
۲-۲-۴-الف- دانه بندی توسط الک..... ۵۰
۲-۲-۴-الف-۱- دانه بندی ماسه..... ۵۱
۲-۲-۴-الف-۲- دانه بندی سیمان..... ۵۲
۲-۲-۴-ب -دانه بندی به روش هیدرومتری..... ۵۲
۲-۲-۴-ب-۱- دانه بندی گل سنگ..... ۵۳
۲-۲-۵- آزمایشات نهایی بر روی نمونه های کامپوزیت تهیه شده..... ۵۴

۲-۲-۵ - الف – آماده سازی و تهیه نمونه ۵۴
۲-۲-۵- الف-۱- مخلوط سازی الیاف ۵۴
۲-۲-۵-الف-۲ - تهیه نمونه ها ۵۴
۲-۲-۵-ب- عمل آوری نمونه ها ۵۵
۲-۲-۵-ب- آزمایش تعیین چگالی نمونه سیمانی ۵۶
۲-۲-۵-ج- آزمایش مقاومت فشاری: ۵۷
۲-۲-۵-د-آزمایش مقاومت خمشی: ۵۸
۲-۲-۵-و -ارزیابی سی تی اسکن ۵۹
۲-۲-۶- ارائه یک طرح اختلاط مناسب: ۶۱
۲-۲-۷-تکمیل هایی انجام شده بر روی مواد نساجی ۶۲
۲-۲-۷-الف- یو وی – اوزن [۲۶] ۶۲
۲-۲-۷-ب - پوشش دادن الیاف توسط سیلیکات سدیم [۲۰] ۶۳
۲-۲-۸-آزمایشات انجام شده بر روی مواد نساجی ۶۳
۲-۲-۸-الف- طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) ۶۴
۲-۲-۸-ب-تهیه نمونه به منظور تهیه‌ی طیف FTIR ۶۴
۲-۳- بیان تجربیات حین آزمایش ۶۵
فصل سوم ۶۶
تحلیل نتایج ۶۶
۳-۱- مقدمه ۶۶
۳-۲ - تحلیل نتایج حاصل از آزمایشات ۶۶
۳-۲-۱-نتایج حاصل از مقاومت خمشی ۶۶
۳-۲-۱-الف-توجیه نتایج: ۶۷
۳-۲- ۲- تحلیل نتایج حاصل ازآزمایش مقاومت فشاری ۶۹
۳-۲-۲-الف - همبستگی میان مقاومت فشاری و چگالی نمونه ها ۶۹
۳-۲-۲-ب-توجیه نتایج: ۷۰
۳-۲-۳- تحلیل نتایج حاصل از آزمایش دانسیته ملات سیمانی مسلح شده با الیاف ۷۰
۳-۲-۴- نتایج حاصل از تقویت نمونه با الیاف ۷۲
۳-۲-۴- الف - نتایج حاصل از تقویت نمونه با الیاف کنف ۷۲

۳-۲-۴- ج- نتایج حاصل از تقویت نمونه با الیاف لویی ۷۶
۳-۲-۴-د- نتایج حاصل از تقویت نمونه با الیاف استبرق ۷۸
۳-۲-۴-و- نتایج حاصل از تقویت نمونه با الیاف ویسکوز ۸۰
۳-۲-۵- بررسی اثر تکمیل شیمیایی بر روی خواص مورد آزمون ۸۲
۳-۲-۵-الف – الیاف کنف ۸۲
۳-۲-۵-ب- الیاف لیفیران ۸۴
۳-۲-۵- ج-الیاف لویی ۸۷
۳-۲-۵- د- الیاف استبرق ۹۰
۳-۲-۵- و- الیاف ویسکوز ۹۳
۳-۲-۶-نتایج حاصل از ارزیابی تخلخل نمونه های مسلح شده با الیاف ۹۵
۳-۲-۷- نمودارهای مربوط به طیف های الیاف خام،الیاف تکمیل شده با سیلیکات سدیم ۲/۵ ٪ و الیاف تکمیل شده با سیلیکات سدیم ۵٪ لیفیران ۹۷
فصل چهارم ۱۰۰
نتیجه گیری نهایی و پیشنهادات ۱۰۰
۴-۱ - مقدمه ۱۰۰
۴-۲ - نتیجه گیری نهایی ۱۰۰
۴-۳ - پیشنهادات جهت توسعه این پروژه: ۱۰۱
مراجع ۱۱۲

چکیده

امروزه استفاده از الیاف به دلیل تاثیر مثبت آن ها بر خواص ملات سیمانی مورد توجه قرار گرفته است.طیف وسیع الیاف و دسته بندی های متفاوتی که از نظر جنس،هندسه و نحوه تولید می توان برای آن ها قائل شد،باعث شده ملات سیمانی های الیافی هم خواص گسترده و متنوعی به خود بگیرند.با توجه به ورود الیاف سلولزی به صنعت ملات سیمانی در جهان در دو دهه اخیر، تلاش هایی به منظور گسترش استفاده از آن در پروژه های داخل کشور صورت گرفته اما به دلیل عدم شناخت کافی،نیاز به تحقیقات بیشتر ذر این زمینه احساس می شود.با توجه به اهمیت پارامترهای مقاومت در سازه های ملات سیمانی،در این تحقیق مهم ترین ویژگی های مکانیکی شامل مقاومت فشاری،مقاومت خمشی و چگالی ملات سیمانی مسلح با الیاف آزمایش شده و نتایج آن ارائه گردیده است.الیاف سلولزی مورد استفاده شامل ویسکوز،کنف،لویی،استبرق و لیفیران با درصد وزنی ۱ درصد می باشد.همه الیاف تحت تکمیل یو وی-اوزون قرار گرفتند وبا محلول سیلیکات سدیم ۲/۵ درصد و ۵درصد عمل شدند و در هوا خشک شدند و با آب،سیمان،ماسه و گل سنگ مخلوط شدند.گل سنگ در این پروژه به عنوان ماده اصلی شکل دهنده کامپوزیت می باشد،گل سنگ به صورت دوغاب حاصل از پسماندهای سنگبری هاست.این دوغاب به صورت شیره ای رقیق است که به راحتی جریان می یابد و در کلیه قسمت های خط تولید وجود دارد.آلودگی هوا،آلودگی آب های زیر زمینی و سطحی،آلودگی خاک و تخریب پوشش گیاهی از جمله خطرات این پسماند هاست.مقاومت خمشی،مقاومت فشاری و چگالی نمونه ها بعد از ۷ روز غوطه وری در آب و شکل گیری فرایند هیدراسیون اندازه گیری شدند.نتایج ملات های سیمانی غیر مسلح با ملات های سیمانی مسلح شده با الیاف عمل نشده و الیاف عمل شده مقایسه شدند.نتایج نشان می دهد تاثیر تکمیل شیمیایی الیاف سلولزی بر روی مقاومت فشاری و مقاومت خمشی ملات سیمانی مسلح با الیاف روند مشخص و ثابتی ندارد و در مورد الیاف مختلف،متفاوت است .حضور الیاف کنف والیاف لویی موجب افزایش مقاومت خمشی ملات سیمانی وحضورالیاف لیفیران و الیاف استبرق موجب کاهش مقاومت خمشی ملات سیمانی می شود والیاف ویسکوز تاثیری بر روی مقاومت خمشی ملات سیمانی ندارد.مسلح کردن ملات سیمانی با همه انواع الیاف موجب کاهش مقاومت فشاری و دانسیته آن می شود.

فصل اول

مطالعات انجام شده

۱-۱-مقدمه

با توجه به رشد روزافزون استفاده از الیاف در ملات سیمانی (کامپوزیت)برای افزایش کیفیت آن در سال های اخیر مطالعات در خصوص بررسی خواص الیاف گسترده شده است.انواع مختلف الیاف که در ملات سیمانی مورد استفاده قرار می گیرد عبارتست از الیاف فولادی،الیاف شیشه ای،الیاف پلیمری و الیاف طبیعی.در حقیقت هیچ نوع الیافی تمام ویژگی های ملات سیمانی را بهبود نمی دهد و هرکدام از انواع الیاف به دلیل ماهیت خود ویژگی های خاصی از بتن را بهبود می بخشد.در سال های اخیر استفاده از الیاف طبیعی به علت قیمت کمتر به شکل گسترده تر در ملات سیمانی مورد استفاده قرار گرفته است.اما استفاده گسترده از آنها نیازمند تولید انبوه و در نتیجه کاهش قیمت آن می باشد.یکی از انواع الیاف طبیعی که در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته،الیاف سلولزی می باشد که تا کنون در موارد معدودی استفاده شده اما کاربرد این الیاف روندی رو به رشد دارد.مهم ترین ویژگی این الیاف جلوگیری از ترک خوردگی ملات سیمانی ناشی از انواع جمع شدگی هاست.در این پروژه سعی شده تا خواص مکانیکی ملات های سیمانی حاوی ۵ نوع لیف مختلف از جمله کنف،لیفیران،استبرق،لویی و ویسکوز با یکدیگر مقایسه شود.بدین منظور آزمایش ها با محوریت الیاف سلولزی در درصد وزنی یک درصد و با تکمیل الیاف توسط یو وی-اوزون و سیلیکات سدیم با درصد حجمی ۲/۵ درصد و ۵ درصد و یک نمونه شاهد انجام شده است.

در بخش های بعدی به مطالعاتی که در زمینه ملات های سیمانی (کامپوزیت)و الیاف سلولزی انجام شد،پرداخته می شود.

۱-۲ تعریف کامپوزیت

کامپوزیت ها موادی چند جزئی هستند که خواص آنها در مجموع از هرکدام از اجزاء بهتر است ضمن آنکه اجزای مختلف،کارایی یکدیگررا بهبود می بخشند.بنابر تعریف انجمن متالوژی آمریکا به ترکیب ماکروسکوپی دو یا چند ماده مجزا که سطح مشترک مشخصی بین آنها وجود داشته باشد،کامپوزیت گفته می شود.[۱]

در صنایع هوافضا،کاربردهای زیر آبی،حمل و نقل و امثال آنها،امکان استفاده از یک نوع ماده که همه خواص را دارا باشد،وجود ندارد. به عنوان مثال در صنایع هوا فضا به موادی نیاز است که ضمن داشتن استحکام بالا،سبک

باشند،مقاومت سایشی مناسب و مقاومت خوبی در برابر UVداشته باشند .از آنجا که نمی توان ماده ای یافت که همه خواص مورد نظر را دارا باشد،باید به دنبال چاره ای دیگر بود.کلید این مشکل استفاده از کامپوزیت هاست.[۱]

در کامپوزیت های پلیمری حداقل دو جزء مشاهده می شود:[۱]

۱- فاز تقویت کننده که درون ماتریس پخش شده است.(پرکننده)
۲- فاز ماتریس که فاز دیگر را در بر میگیرد و یک پلیمر گرما سخت یا گرما نرم می باشد که گاهی قبل از سخت شدن آن را رزین می نامند.

خواص کامپوزیت ها به عوامل مختلفی از قبیل نوع مواد تشکیل دهنده،ترکیب درصد آنها،شکل و آرایش تقویت کننده و اتصال دو جزء به یکدیگر بستگی دارد.از نظر فنی،کامپوزیت های لیفی،مهمترین نوع کامپوزیت ها می باشند که خود به دو دسته الیاف کوتاه و الیاف بلند تقسیم می شوند.الیاف می بایست استحکام کششی بسیار بالایی داشته.در واقع قسمت اعظم نیرو توسط الیاف تحمل می شود و ماتریس پلیمری ضمن حفاظت الیاف از صدمات فیزیکی و شیمیایی،کار انتقال نیرو به الیاف را انجام می دهد.ضمناً ماتریس الیاف را مانند یک چسب نگه می دارد و البته گسترش ترک را محدود می کند.مدول ماتریس پلیمری باید از الیاف پایین تر باشد و اتصال قوی بین الیاف و ماتریس به وجود بیاورد.خواص کامپوزیت بستگی زیادی به خواص الیاف و پلیمر و نیز جهت و طول الیاف و کیفیت اتصال رزین و الیاف دارد.اگر الیاف از یک حدی که طول بحرانی نامیده می شود کوتاه تر باشند،نمی توانند حداکثر نقش تقویت کنندگی خود را ایفا نمایند.الیافی که در صنعت کامپوزیت استفاده می شوند به دو دسته تقسیم می شوند:الف) الیاف مصنوعی ب) الیاف طبیعی [۱]

کارایی کامپوزیت های پلیمری مهندسی توسط خواص اجزا آنها تعیین می شود.اغلب آنها دارای الیاف با مدول بالا هستند که در ماتریس های پلیمری قرار داده شده اند و فصل مشترک خوبی نیز بین این دو جزء وجود دارد.ماتریس پلیمری دومین جزء عمده کامپوزیت های پلیمری است.این بخش عملکرد بسیار مهمی در کامپوزیت دارد.اول اینکه به عنوان یک چسب یا بیندر الیاف تقویت کننده را نگه می دارد.دوم،ماتریس تحت بار اعمالی تغییر شکل می دهد و تنش را با الیاف محکم و سفت منتقل می کند.سوم،رفتار پلاستیک ماتریس پلیمری،انرژی را جذب کرده،موجب کاهش تمرکز تنش می شود که در نتیجه،رفتار چقرمگی در شکست را بهبود می بخشد.تقویت کننده ها معمولا شکننده هستند و رفتار پلاستیک ماتریس می تواند موجب تغییر مسیر ترک ها ی موازی با الیاف شود و موجب جلوگیری از شکست الیاف واقع در یک صفحه شود.درتئوری تمام گرما سخت ها و گرما نرم ها می توانند به عنوان ماتریس پلیمری استفاده شوند.در عمل،گروه مشخصی از پلیمرها به لحاظ فنی و اقتصادی دارای اهمیت هستند.از الیاف متداول در کامپوزیت می توان به شیشه، کربن،آرامید وغیره اشاره نمود.[۱]

۱-۳ تعریف سیمان

سیمان ها مواد چسبنده ای هستند که قابلیت چسبانیدن ذرات به یکدیگر و به وجود آوردن یک جسم یک پارچه از ذرات متشکله را دارند.این تعریف از سیمان دارای چنان جامعیتی است که می تواند شامل انواع چسب ها از جمله چسب های مایع که در چسبانیدن قطعات سنگ ویا سنگ و فلزات به یکدیگر به کار می روند، نیز بشود.نمونه ای از این چسب ها در صنعت سیمان در کار گذاشتن آجر نسوز مورد مصرف دارد و خاصیت اصلی آن این است که یک جسم سرامیکی است را به بدنه کوره (آهن) می چسباند،همچنین انواع خمیر های دیگر که در دندانپزشکی مورد

مصرف دارند،از جمله چسب ها می باشد.آنچه که در اینجا مورد نظر است،آن نوع از سیمان هاست کـه دارای ریشـه ی آهکی می باشند وبه عبارت دیگر سیمان هایی که ماده ی اصلی تشکیل دهنده ی آنها آهک و ماده ی اولیه آنها سـنگ است.براین اساس سیمان ترکیبی است از اکسـید آلومینیوم،اکسـید سیلیسیم،اکسـید آهن،اکسـید منیـزیم و اکسـید هـای قلیایی که میل ترکیـب بـا آب داشـته و در مجـاورت هـوا و در زیـرآب بـه مـرور سـخت مـی گـردد و دارای مقاومـت می شود.با توجه به مشخصه ی فوق سیمان می توانـد دارای ترکیبـات متفـاوتی باشـد و اصـولا جـزء مـلات هـای آبـی محسوب می گردد. ملات هـای آبـی از دوران گذشـته شـناخته شـده بودنـد، از جملـه ایـن مـلات هـا آهـک اسـت کـه مصری ها و یونانی ها با مخلوط کـردن آن بـا خاکسـتر آتـش فشـانی،خاکه آجـر و آب بـه نـوعی آهـک آبـی دسـت می یافتند که خاصیت سخت شدن و فشار پذیری داشت.با بکاربردن این ساروج ها رومی هـا توانسـتند سـاختمان هـای عظیمی بسازند که هنوز بقایای آنها پس از گذشت چند هزار سال پابرجا و قابل مشاهده باشد.[۲]

۱-۳-۱سیمان پرتلند

سیمان پرتلند گردی است که از:در هم ریختن سه وزن سنگ آهـک و یـک وزن خـاک سـاخته شـده اسـت، سـنگ و خاک درهم ریخته آسیاب شده تا گرد همگن ایجاد شود گرد همگن در دمای زیر ۱۰۰۰ درجـه بـه منظورخـارج شـدن CO_2 از آهک و آب شیمیایی از خاک رس،در دمای زیر ۱۲۰۰ درجه به منظورترکیـب آهـک بـا سـیلیس و رس و در درمای بالای ۱۲۰۰ درجه به منظور داغ شدن و عرق کردن رویه دانه و چسبیدن آنها به همدیگر و ایجاد دانه ها به شـکل جوش،پخته می شوند. ترکیب وزنی سیمان های پرتلند در جدول ۱-۱ قابل مشاهده است .[۳]

جدول ۱- ۱ ترکیب وزنی سیمان پرتلند

ترکیب های موجود در سیمان	درصد وزنی
آهک (Cao)	۶۰ تا ۶۷ ٪ وزن سیمان
سیلیس (Sio_2)	۱۷ تا ۲۶ ٪ وزن سیمان
رس (AL_2O_3)	۳ تا ۷٪ وزن سیمان
اکسید آهن (Fe_2o_3)	۰/۵ تا ۶ ٪ وزن سیمان
منیزی (Mgo)	۰/۱ تا ۴/۵ ٪ وزن سیمان
Na_2o , k_2o	۰/۵ تا ۱/۳ ٪ وزن سیمان
So_3	۱تا ۳ ٪ وزن سیمان

۱-۳-۲ انواع سیمان پرتلند

۱- سیمان پرتلند نوع یک با نشانه پ-۱

به عنوان سیمان پرتلند معمولی که برای مصارف عمومی در ساخت ملات یا ملات سیمانی بکار می رود.

۲- سیمان پرتلند نوع دو با نشانه پ-۲

به عنوان سیمان پرتلند اصلاح شده، مصرف ویژه آن در ساخت ملات سیمانی هایی است که حرارت هیدراسیون متوسط برای آنها ضرورت داشته و حمله سولفات ها به آنها در حد متوسط باشد.

۳- سیمان پرتلند نوع سه با نشانه پ-۳

به عنوان سیمان پرتلند با مقاومت اولیه زیاد در شرایطی که مقاومت اولیه زیاد مورد نظر باشد به کار می رود.

۴- سیمان پرتلند نوع چهار با نشانه پ-۴

به عنوان سیمان پرتلند با حرارت کم در شرایطی که حرارت هیدراتاسیون کم ملات سیمانی مورد نظر باشد به کار می رود.

۵- سیمان پرتلند نوع پنج با نشانه پ-۵

به عنوان سیمان پرتلند ضد سولفات در شرایطی که مقاومت زیاد ملات سیمانی در برابر سولفات ها مورد نظر باشد به کار می رود.[۲]

۱-۴ الیاف

۱-۴-۱ تاریخچه استفاده از الیاف به عنوان تقویت کننده ملات سیمانی

در زمان های گذشته از الیاف جهت تقویت ملات های ترد وشکننده استفاده می شد که مشهورترین و پرطرفدارترین آن که به علت ارزانی قابل دسترس بوده و هست،کاه می باشد که برای تقویت آجرهای خشتی و ملات کاهگل در اندود ها در قبال ترک خوردگی که بعد از خشک شدن به وجود می آید،به کار رفته و در حال حاضر نیز ارزانترین نوع ملات در مناطق روستایی کشور است.استفاده از کاه و مخصوصاً موی دم اسب و یا بز در بناهای قدیمی ایران به خصوص گنبدها سابقه ی طولانی و تاریخی دارد که بصیرت و اطلاع صاحبان فن در مورد الیاف را نشان می دهد.کاربرد گسترده ی ملات سیمانی با الیاف از اواسط سال ۱۹۶۰ برای روسازی جاده ها،کف سالن های صنعتی،جداره کوره ها وغیره انجام گرفته است.برای تقویت ماتریس های سیمانی تا کنون الیاف مختلفی از قبیل فولادی،شیشه ای،نایلون،پلی پروپیلن،آزبست،کربن، کولار و الیاف سلولزی استفاده شده است. [۴]

۱-۴-۲ متغیر های مؤثر بر خواص ملات سیمانی تقویت شده توسط الیاف

مهمترین متغیر هایی که بر خواص ملات سیمانی با الیاف اثر می گذارند عبارتند از:خواص ماتریس ملات سیمانی،عملکرد الیاف و درصد الیاف.

عملکرد الیاف بوسیله مقاومت الیاف در برابر کشیده شدن از مخلوط کنترل می شود.این مقاومت به چسبندگی بین الیاف و ماتریس بستگی دارد.برای الیاف با مقطع ثابت این مقاومت با افزایش طول،افزایش می یابد.بنابراین هرقدر طول بیشتر باشد اثر آنها در بهبود خواص ماتریس بیشتر خواهد بود، چون مقاومت در برابر کشیده شدن متناسب با سطح مقطع دو جسم می باشد.معمولا الیاف با سطح مقطع گرد و قطر کوچک بهتر از الیاف با سطح مقطع گرد و قطر بزرگتر در بهبود خواص ماتریس عمل می کنند.این امر به خاطر اینست که الیاف دسته اول سطح بیشتری در واحد حجم دارا

می باشند بنابراین هرچه سطح تماس الیاف بیشتر باشد بازده چسبندگی آنها بیشتر خواهد بود بنابراین روشن می شود که نسبت طول به قطر الیاف باید به اندازه ای بزرگ باشد که در هنگام شکست ماتریس، الیاف به حداکثر مقاومت خود نزدیک باشند.همچنین نیروی لازم برای بیرون راندن یک لیف متناسب با طول لیف داخل ملات سیمانی است و طول بحرانی به عنوان طولی که در آن نیروی بیرون راننده الیاف از ملات سیمانی مساوی با نیروی لازم برای شکستن طول آزاد الیاف در کشش باشد،تعریف می شود.[۵] بسیاری از محققین نشان داده اند درصورتیکه از روش های عادی اختلاط استفاده شود الیاف با نسبت طول به قطر بیشتر از ۱۰۰ باعث کم شدن کارایی ملات سیمانی به مقدار قابل ملاحظه ای می شوند و یا بطور ناهمگون در ملات سیمانی توزیع می گردند.[۶]

۱-۴-۳ دلایل استفاده از الیاف در ملات سیمانی

در ملات سیمانی سخت شده مقاومت و دوام دو عامل اصلی بوده و هر چه مقاومت فشاری ملات سیمانی بیشتر می شود، ملات سیمانی ترد تر شده و در نتیجه مقاومت کششی آن به نسبت افزایش و مقاومت فشاری افزایش نمی یابد.بدین دلیل نیاز به استفاده از الیاف در ملات سیمانی پر مقاومت کاملا مشهود است.جهت افزایش مقاومت کششی و جلوگیری از گسترش ترک و به ویژه افزایش انعطاف پذیری از الیاف در ملات سیمانی استفاده می شود.قابلیت انعطافی که ملات سیمانی الیافی دارد همانند خواص مواد پلاستیکی باعث می شود که ملات سیمانی الیافی گسیختگی ناگهانی نداشته باشد.ازآنجا که الیاف در ماتریس ملات سیمانی در همه جهات پراکنده می شود در صورت تشکیل یک ترک در جهات مختلف الیاف اتصالاتی را به وجود آورده و از گسترش ترک جلوگیری می نماید.بنابراین رشته های الیاف بطور فعال در محدود کردن ترک وارد عمل شده و با تشکیل ریز ترک ها ی زیاد قابلیت بهره برداری ملات سیمانی را افزایش می دهند.[۶]

۱-۴-۴ مکانیزم عملکرد الیاف در ملات سیمانی

به نظر می رسد که ترک ها در ملات سیمانی در فضای ماتریس اتفاق می افتد.ترک های ریز در کامپوزیت ملات سیمان و الیاف سلولزی همچنین ممکن است اطراف الیاف اتفاق بیفتد.تنش ها به وسیله ی برش محیطی و در صورتی که رویه الیاف آجدار باشد به وسیله ی مقاومت چسبندگی (درون سطحی) از ماتریس به الیاف منتقل می شود.بنابراین مادامی که ماتریس ملات سیمانی ترک نخورده است تنش کششی بین الیاف و ماتریس تقسیم می شود، پس از ایجاد ترک همه تنش به الیاف منتقل می شود.[۶]

۱-۴-5 مزایای ملات سیمانی الیافی

ملات سیمانی معمولی یک ماده نسبتاً ترد و شکننده است،در حالیکه ملات سیمانی الیافی چون دارای مقاومت زیادتر و خاصیت جلوگیری از ترک خوردگی را داراست،لذا نسبت به ملات سیمانی معمولی برتریت دارد.[۴] مزایای ملات سیمانی الیافی در مقایسه با ملات سیمانی معمولی،می توان بطور خلاصه به شرح زیر بیان داشت:

۱- قیمت مناسب [۷]
۲- ذخیره انرژی و رها کردن CO_2 کمتر [۷]
۳- تولید اجزای ساختمانی با وزن کمتر(سبک سازی) [۷]
۴- عملکرد مکانیکی بهتر [۷]

۵- شکل گیری آسان [۷]
۶- مقاوم در مقابل آتش گرفتن [۸]
۷- مقاوم در مقابل اثرات مضر نور خورشید،باران و حشرات [۸]
۸- دارای ضریب هدایت گرمایی کمتر(عایق حرارتی) [۸]
۹- دارای درجه بزرگی از انعطاف پذیری [۸]
۱۰- عملکرد بهتر در شرایط ذوب – یخبندان [۸]
۱۱-افزایش مقاومت در مقابل ضربه
۱۲-بهبود خصوصیات استحکامی
۱۳-کاهش جذب و نفوذ آب
۱۴-بهبود دوام ملات سیمانی
۱۵- استفاده از این ملات سیمانی ها در همه ی کاربردها
۱۶- کنترل خرد شدن ملات سیمانی توسط انفجار
۱۷-کنترل شکافت در اثر انقباض پلاستیک ملات سیمانی
۱۸- قابلیت کششش عالی (ظرفیت زیاد تغییر شکل نسبی) [۴]
۱۹- قابلیت باربری زیاد بعد از ترک خوردگی [۴]
۲۰- مقاومت کشش،خمشی و برشی زیاد [۴]
۲۱-افزایش مقاومت در برابر بارهای دینامیکی به ویژه بارهای ضربه ای [۴]
۲۲-افزایش مقاوت مقطع در مقابل ترک خوردگی [۴]
۲۳-کاهش در میزان انقباض،خزش و سایش سطحی [۴]

۱-۴-۶ کاربردهای ملات سیمانی الیافی

یک فایده ی آشکار استفاده از الیاف سلولزی اینست که آنها می توانند با اطمینان کامل در همه ی کاربردها یی ملات سیمانی معمولی استفاده شوند.از جمله محل های رایج استفاده از ملات سیمانی الیافی می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

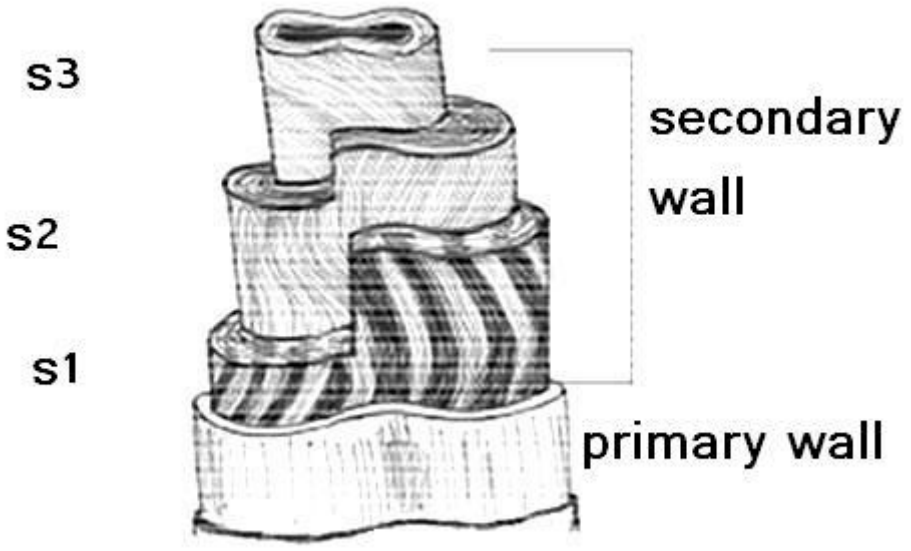
۱- کف پوش محل های مسکونی
۲- خیابان ها، جاده ها،پیاده روها:به صورت ملات سیمانی رنگ شده،ملات سیمانی نقش دار شده و ملات سیمانی تکمیل شده
۳- اطراف استخر شنا،حاشیه پیاده روها (جدول) و کانال ها
۴- در ساختمان های بلند به عنوان تیر عمارت یا ستون
۵- محصولات ضد آتش وغیره[۷]

۱-۴-۷- الیاف سلولزی

واژه ی الیاف سلولزی نماینده ی یک گروهی از الیاف است که اصل آن از چوب و مواد گیاهی است و آنها در اندازه،شکل، خلوص و طول بسیار گوناگون هستند و سن و موقعیت الیاف سلولزی اثرات مهمی روی این پارامترها دارد.یکی از خصوصیات این الیاف آن است که همه ی آنها شامل پلیمر گلوکز هستند.استفاده از الیاف سلولزی تکمیل نشده به ۲۰۰۰ سال قبل بر می گردد.کنترل ترک خوردگی ملات و خصوصیت تقویت کنندگی آنها توسط جوامع غیر مدرن تشخیص داده شد.در جوامع مدرن الیاف سلولزی پردازش شده و مهندسی شده بطور وسیعی در مواد ساختمانی و در کاربرد های ملات سیمانی استفاده می شود.در سطح مولکولی،سلولز ذاتاً در درجه ی پلیمریزاسیون و در ساختار کریستالین بسیار متنوع هستند بنابراین مهم است که بدانیم الیاف سلولزی بصورت یکسان تولید نشده اند و این مهم است که الیاف بهتر با درجه ی پلیمریزاسیون بیشتر برای ملات سیمانی انتخاب شود.

۱-۴-۷- الف - ساختار الیاف سلولزی

زنجیره های سلولزی میکروفیبریل ها را تشکیل می دهند که این میکروفیبریل ها توسط سلولز های آمورف و ماده ی چوب کنار هم نگه داشته می شوند و فیبریل را تشکیل می دهند.فیبریل ها در لایه های مختلف جمع می شوند و ساختار الیاف را تشکیل می دهند.الیاف یا سلول های موجود در گیاه توسط ماده ی چوب به هم می چسبند که در محیط قلیایی ماتریس سیمانی غیر قابل حل است.[۷] سلول الیاف طبیعی ساختار پیچیده ای دارند.سلول الیاف طبیعی از لومن میانی،دیواره اولیه (P) و دیواره ثانویه S که خود دیواره ثانویه به لایه خارجی S_1،لایه میانی S_2،ولایه خارجی S_3 تقسیم می شود،تشکیل شده است..سلولز جزء اصلی لایه S مخصوصاً لایه ی S_2 که تقریباً ۵ mm ضخامت دارد و و۹۵٪ از الیاف طبیعی را تشکیل می دهد،است.S_2 بیشترین تأثیر را در استحکام مکانیکی الیاف دارد.(شکل ۱-۱)



شکل ۱-۱ ساختار الیاف سلولزی

۱-۴-۷- ب-پیوند بین سیمان و الیاف

پیوند بین سیمان و الیاف ممکن است فیزیکی،شیمیایی و یا ترکیب هر دو باشد.پیوند شیمیایی می تواند بصورت پیوند هیدروژنی و یا پل هیدروکسید باشد.پیوند هیدروژنی می تواند بین الیاف یا بین الیاف و سیمان تشکیل شود.به طور فیزیکی،پیوند می تواند در طول پروسه هیدراته شدن سیمان وقتی که کریستال ها و پیوندها بین یکدیگر تشکیل می شود،اتفاق بیفتد.۳ مرحله فرآیند در حین پیوند اتفاق می افتد،اولین مرحله شیمیایی که مربوط به واکنش هیدراته الیاف سلولزی و سیمان است،دومین مرحله فیزیکی و شیمیایی است که سیمان شروع به بلورینه شدن می کند و آخرین مرحله فیزیکی است که برای سال های زیادی طول می کشد. [۸]

۱-۴-۷-و-مزایای الیاف سلولزی

استفاده از الیاف سلولزی یک روش موثر برای تقویت و بالا بردن خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ملات سیمانی است که در زیر به برخی از این مزیت ها اشاره می کنیم:

۱- در دسترس بودن [۸]
۲- مقاومت کششی بالا [۸]
۳- مدول الاستیک نسبتاً زیاد [۸]
۴- فناوری پیشرفته موجود برای خروج الیاف از چوب برای استفاده در کامپوزیت [۸]
۵- دانسیته کم [۱۰]
۶- زیست تخریب پذیری [۱۰]
۷- در دسترس بودن با کمترین قیمت [۱۰]
۸- مورفولولوژی متنوع و ظاهر قابل قبول [۱۰]
۹- الیاف پلیمری سلولزی از منابع تجدید شدنی به دست می آید.
۱۰- توزیع بهتر الیاف سلولزی در ملات سیمانی
۱۱- مساحت بیشتر،استحکام کششی بیشتر و فضای اشغالی کمتر در ملات سیمانی نسبت الیاف مصنوعی
۱۲- الیاف پلیمری سلولزی یکنواخت تر هستند و پیوندهای محکمی با ملات ایجاد می کنند و ملات متراکم تر می شود.
۱۳- میزان جذب آب و نفوذپذیری ملات سیمانی را کاهش می دهد.
۱۴- الیاف سلولزی هیچ مشکلی در تکمیل ملات سیمانی ایجاد نمی کند.
۱۵- با استفاده از الیاف سلولزی با تراکم بیشتر استحکام شکست بهبود می یابد.
۱۶- پیوندهای زیاد این الیاف با ذرات سیمان سوراخ های میکروسکوپی که توسط الیاف آبگریز مانند الیاف فلزی با سیمان ایجاد می شود را کم می کند.
۱۷- در ضربه های وارده به ملات سیمانی این الیاف پراکنده می شوند و بار ضربه ای را جذب می کنند و افزایش قابل توجهی در مقاومت ضربه ای را باعث می شوند.