دانشکده فنی

بررسی تاثیر الیاف پلی پروپیلن بر خواص مکانیکی بتن سبک سازه ای حاوی دانه های لیکا و پلی استایرن

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد

مهندسی عمران گرایش سازه

استاد راهنما:

دکتر مرتضی حسینعلی بیگی

استاد مشاور:

مهندس پیام شفیق

نگارش : محمدحسین شیرمحمدی

تابستان ۸۸

سپاسگزاري

با سپاس فراوان از استاد گرانقدر، جناب آقای دکتر بیگی که انجام این پایان‌نامه بدون راهنمایی‌های مؤثر ایشان امکان‌پذیر نبوده است.و با تشکر از استاد محترم، آقای مهندس شفیق که از رهنمودهای ایشان نیز در پیشبرد این تحقیق بهره جستم، بر خود لازم می‌دانم از جناب آقای مهندس سعید فلاحیان و مهندس منصور فاتح به موجب حمایت‌های بی‌دریغشان سپاسگزاری نمایم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲-ساختار تحقیق ۳
۱-۳- هدف از پژوهش: ۳
۱-۴- سبکدانه ۴
۱-۴-۱- تعریف ۴
۱-۴-۲- سبک دانه های طبیعی: ۴
۱-۴-۳- سبک دانه های مصنوعی: ۴
۱-۵- خصوصیات کلی سبکدانه ها ۵
۱-۶- بررسی مقایسه ای سبکدانه ها ۵
۱-۷- روشهای تولید بتن سبک ۶
۱-۷-۱- سبک کردن خمیر سیمان: ۶
۱-۷-۲- بتن بدون ریزدانه ۶
۱-۷-۳- بتن سبک دانه ۶
۱-۸- مزایای بتنهای سبک سازه ای ۷
۱-۹- الیاف ۷
۱-۱۰- انواع الیاف و الیاف پلی پروپیلن ۹
۱-۱۰-۱-الیاف پلی پروپیلن ۹
الف- موارد مصرف ۱۰
ب- خواص ویژه ۱۰
فصل دوم: بتن سبک سازه ای و مروری بر تحقیقات گذشته ۱۱
۲-۱- مقدمه ۱۲
۲-۲- انواع بتن سبک تولیدی در ایران ۱۲
۲-۲-۱- بتن سبک یونو بتن ۱۲
۲-۲-۲- بتن سبک سیپورکس ۱۳

۲-۲-۳- بتن سبک پرلیتی ۱۴
۲-۲-۴- بتن سبک ساخته شده با توفهای آتشفشانی ۱۴
۲-۲-۵- بتن سبک ساخته شده با پوکه معدنی ۱۴
۲-۲-۶- سایر بتنهای سبک ۱۵
۲-۳- بتن دانه سبک لیکا ۱۵
۲-۳- ۱- درباره لیکا ۱۵
۲-۳-۲- تاریخچه ۱۶
۲-۳-۳- روش‌های ساخت لیکا ۱۶
۲-۳-۴- دانه‌بندی دانه‌های لیکا ۱۷
۲-۳-۵ – بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی لیکا بتن حاول میکروسیلیس ۲۲
۲-۳-۵-۱- مقدمه ۲۲
۲-۳-۵-۲- بتن حاوی سبکدانه‌ها ۲۳
۲-۳-۵-۳- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی لیکا ۲۳
۲-۳-۵-۴- وزن مخصوص دانه‌های لیکا ۲۴
۲-۳-۵-۵ -جذب آب دانه‌های لیکا ۲۴
۲-۳-۵-۶- مصالح مصرفی ۲۵
۲-۳-۵-۷- طرحهای اختلاط ۲۵
۲-۳-۵-۸-نتایج آزمایش ۲۵
۲-۳-۵-۹ نتیجه‌گیری ۲۶
۲-۳-۶- بتن سبک مقاومت بالا با استفاده از لیکا و استالیت ۲۶
۲-۳-۶-۱- نتیجه‌گیری ۲۷
۲-۴- بتن سبک EPS ۲۸
۲-۴-۱- دانه های پلی استایرن ۲۹
۲-۵- مطالعات انجام شده روی بتنهای EPS ۲۹
۲-۵-۱- بررسی اثرات اندازه دانه روی بتن سبک وزن EPS ۲۹
۲-۵-۱-۱- روند انجام آزمایش ۲۹
۲-۵-۱-۲- نتایج آزمایشهای مدول الاستیسیته ۳۳
۲-۵-۲- خواص بتن سبک با پلی استایرن منبسط شده شامل الیاف فولادی ۳۴
۲-۵-۲-۱- روند انجام آزمایش ۳۴

۲-۵-۲-۲- مقاومت فشاری ۳۵
۲-۵-۲-۲-الف- اثر سن ۳۵
۲-۵-۲-۲-ب- اثرات چگالی و حجم EPS ۳۶
۲-۴-۲-۲-ج- اثرات میکرو سیلیس و الیاف فولادی: ۳۷
۲-۴-۲-۳- مقاومت کششی دو نیم شدن ۳۸
۲-۵-گزیده ای از تاریخچه استفاده از بتن سبک..... ۳۸
۲-۶-تاریخچه استفاده از الیاف در بتن ۳۹
فصل سوم: روش انجام آزمایش ۴۳
۳-۱- مقدمه ۴۴
۳-۲- هدف از آزمایش و تشریح متغیرهای مورد استفاده ۴۴
۳-۳- مصالح مصرفی..... ۴۵
۳-۳-۱- آب..... ۴۵
۳-۳-۲- سیمان ۴۶
۳-۳-۳- میکروسیلیس یا دوده سیلیس ۴۶
۳-۳-۳-۱- تعریف ۴۶
۳-۳-۳-۲- میکروسیلیس مصرفی..... ۴۶
۳-۳-۴- پودر سنگ ۴۷
۳-۳-۵- فوق روان کننده ۴۷
۳-۳-۵-۱- تعریف ۴۷
۳-۳-۵-۲- فوق روان کننده مصرفی ۴۷
۳-۳-۶- سنگدانه های طبیعی..... ۴۸
۳-۳-۶-۱- درشت دانه (شن)..... ۴۸
۳-۳-۶-۲- ریزدانه (ماسه طبیعی) ۴۸
۳-۳-۷- لیکا ۴۸
۳-۳-۸- الیاف پلی پروپلین ۴۹
۳-۳-۹- پلی استایرن های بازیافتی ۴۹
۳-۴- طرح اختلاط بتن سبک ۴۹
۳-۴-۱- طرح اختلاط بتن سبک حاوی دانه های لیکا..... ۴۹
۳-۴-۲- تعیین مقدار مصالح سنگی..... ۵۰

۳-۴-۳- طرح اختلاط اولیه و مقدماتی ۵۰
۳-۴-۳- طرح نهایی اختلاط بتن سبک حاوی لیکا ۵۱
۳-۴-۴- طرح اختلاط بتن سبک حاوی پلی استایرن ۵۱
۳-۴-۵- نحوه ساخت بتن سبک بدون الیاف ۵۱
۳-۴-۶- نحوه ساخت بتن سبک حاوی الیاف پلی پروپلین ۵۲
۳-۵- آزمایش های بتن سخت شده ۵۴
۳-۵-۱ آزمایش تعیین مقاومت فشاری بتن سخت شده ۵۴
۳-۵-۲- آزمایش کششی غیر مستقیم (آزمایش برزیلی) ۵۶
۳-۵-۳- آزمایش تعیین مقاومت خمشی ۵۷
۳-۵-۴- آزمایش تعیین مدول الاستیسه ۵۹
فصل چهارم: بررسی نتایج آزمایش ۶۶
۴-۱- مقدمه ۶۷
۴-۲- بررسی مقاومت فشاری نمونه های بتنی ۶۷
۴-۲-۱- نمونه های بتن سبک حاوی دانه های لیکا ۶۷
۴-۲-۲- نمونه های بتن سبک حاوی پلی استایرن ۶۹
۴-۳- بررسی مقاومت کششی در آزمایش کشش غیرمستقیم ۷۱
۴-۳-۱- نمونه های بتن سبک حاوی دانه های لیکا ۷۱
۴-۳-۲- نمونه های بتن سبک پلی استایرن ۷۲
۴-۴- بررسی مقاومت خمشی ۷۳
۴-۴-۱- نمونه های بتن سبک حاوی دانه های لیکا ۷۳
۴-۴-۲- نمونه های بتن سبک پلی استایرن ۷۴
۴-۵- بررسی نتایج مدول الاستیسیته ۷۵
۴-۵-۱- نمونه های بتن سبک حاوی دانه های لیکا ۷۵
۴-۵-۲- نمونه های بتن سبک حاوی پلی استایرن ۷۶
۴-۶-تخمین مقاومت فشاری ۲۸ روزه از ۷ روزه ۷۷
۴-۶-۱- تخمین مقاومت فشاری ۲۸ روزه از ۷ روزه برای بتن سبک لیکا ۷۷
۴-۶-۲- تخمین مقاومت فشاری ۲۸ روزه از ۷ روزه برای بتن سبک پلی استایرن ۷۸
۴-۷-رابطه بین مجذور مقاومت فشاری ۲۸ روزه و مقاومت کششی ۸۰
۴-۷-۱- رابطه بین مجذور مقاومت فشاری ۲۸ روزه و مقاومت کششی بتن سبک لیکا ۸۰

۴-۷-۲-رابطه بین مجذورمقاومت فشاری۲۸روزه ومقاومت کششی بتن سبک پلی استایرن ۸۰
۴-۸-رابطه بین مجذور مقاومت فشاری ۲۸ روزه و مقاومت خمشی ۸۱
۴-۸-۱- رابطه بین مجذور مقاومت فشاری ۲۸ روزه و مقاومت خمشی بتن سبک لیکا ۸۱
۴-۸-۲-رابطه بین مجذورمقاومت فشاری۲۸روزه ومقاومت خمشی بتن سبک پلی استایرن..... ۸۱
۴-۹-رابطه بین مجذور مقاومت فشاری ۲۸ روزه و مدول الاستیسیته ۸۲
۴-۹-۱- رابطه بین مجذور مقاومت فشاری ۲۸ روزه و مدول الاستیسیته بتن سبک لیکا..... ۸۲
۴-۹-۲- رابطه بین مجذور مقاومت فشاری ۲۸ روزه و مدول الاستیسیته بتن پلی استایرن ۸۲
فصل پنجم: خلاصه نتایج و ارایه پیشنهادات ۸۳
۵-۱- مقدمه ۸۴
۵-۲- نتایج حاصل از آزمایشات ۸۴
۵-۳- پیشنهادات ۸۵
مراجع ۸۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته ۱۱
جدول۲-۱-مقدار مواد لازم جهت ساخت یک متر مکعب بتن یونوبتن ۱۳
جدول۲-۲- مشخصات فنی ۲۸ بتن یونوبتن ۱۳
جدول ۲-۳-تقسیمات پیشنهادی لیکا با توجه به حداکثر اندازه قطر دانه ها ۱۸
جدول ۲-۴-وزن مخصوص و درصد جذب آب دانه های لیکا و پامیس ۲۰
جدول ۲-۵- مقادیراجزای مخلوطهای بتنی ساخته شده با سبکدانه لیکا و پامیس با ماسه شکسته ۰-۵ ..... ۲۰
جدول ۲-۶- مقادیراجزای مخلوطهای بتنی ساخته شده با سبکدانه لیکا و پامیس با ماسه شکسته ۰-۵ ..... ۲۰
جدول ۲-۷- مقایسه خواص مکانیکی بتن ساخته شده با درشت دانه های سبک لیکا ۲۱
جدول ۲-۸ – آنالیز شیمیایی دانه‌های لیکا ۲۳
جدول ۲-۹-چگالی و وزن فضایی دانه‌های لیکا ۲۳
جدول ۲-۱۰-درصد حجمی دانه‌های لیکا ۲۴
جدول ۲-۱۱-جذب آب دانه‌های لیکا ۲۴
جدول ۲-۱۲-خلاصه مشخصات طرحهای اختلاط بتن سبک لیکا ۲۵
جدول ۲-۱۳-نتایج آزمایش مقاومت فشاری ۲۵
جدول ۲-۱۴-نتایج آزمایش مقاومت کششی ۲۶
جدول ۲-۱۵-نتایج آزمایش مقاومت خمشی ۲۶
جدول ۲-۱۶-خواص مکانیکی نوعی خاص از بتا استایرن ۲۸
جدول ۲-۱۷- مقاومت فشاری و هدایت حرارتی نسبی برای چهار نوع وزن مخصوص ۲۸
جدول ۲-۱۸- ترکیبهای مخلوط بتن EPS ۳۰
جدول ۲-۱۹- طرح اختلاط بتن با دانه های 1mm EPS ۳۱
جدول ۲-۲۰- طرح اختلاط بتن با دانه های 2.5mm EPS ۳۲
جدول ۲-۲۱- طرح اختلاط بتن با دانه های 6.3mm EPS ۳۲
فصل سوم: روش انجام آزمایش ۴۳
جدول ۳-۱- خواص شیمیایی سیمان تیپ ۲ نکا ۴۶
جدول ۳-۲-آنالیزشیمیایی میکروسیلیس مصرفی ۴۶

جدول ۳-۳- خواص شیمیایی پودر سنگ ۴۷
جدول ۳-۴- مدول نرمی ماسه ۴۸
جدول ۳-۵- طرح های اختلاط اولیه بتن سبک حاوی لیکا ۵۰
جدول ۳-۶- طرح نهایی اختلاط بتن سبک حاوی لیکا ۵۱
جدول ۳-۷- طرح نهایی اختلاط بتن سبک حاوی پلی استایرن..... ۵۱
جدول ۳-۸- نتایج اسلامپ بتن سبک حاوی لیکا..... ۵۲
جدول ۳-۹- نتایج اسلامپ بتن سبک حاوی پلی استایرن ۵۳
جدول ۳-۱۰ - نتایج مقاومت فشاری نمونه های حاوی لیکا..... ۶۲
جدول ۳-۱۱ - نتایج مقاومت فشاری نمونه های حاوی پلی استایرن ۶۳
جدول ۳-۱۲- نتایج مقاومت کششی نمونه های حاوی لیکا..... ۶۳
جدول ۳-۱۳- نتایج مقاومت کششی نمونه های حاوی پلی استایرن ۶۳
جدول ۳-۱۴- نتایج مقاومت خمشی نمونه های حاوی لیکا ۶۴
جدول ۳-۱۵- نتایج مقاومت خمشی نمونه های حاوی پلی استایرن..... ۶۴
جدول ۳-۱۶- نتایج مدول الاستیسیته نمونه های حاوی لیکا..... ۶۵
جدول ۳-۱۷- نتایج مدول الاستیسیته نمونه های حاوی پلی استایرن ۶۵
فصل چهارم: بررسی نتایج آزمایش..... ۶۶
جدول ۴-۱- رابطه بین مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه ۷۸
جدول ۴-۲- رابطه بین مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه بتن سبک پلی استایرن ۷۹
جدول ۴-۳- رابطه بین مقاومت فشاری ۲۸ روزه و مقاومت کششی بتن سبک لیکا ۸۰
جدول ۴-۴- رابطه بین مقاومت فشاری ۲۸ روزه و مقاومت کششی بتن سبک پلی استایرن ۸۰
جدول ۴-۵- رابطه بین مقاومت فشاری ۲۸ روزه و مقاومت خمشی بتن سبک لیکا..... ۸۱
جدول ۴-۶- رابطه بین مقاومت فشاری ۲۸ روزه و مقاومت خمشی بتن سبک پلی استایرن ۸۱
جدول ۴-۷- رابطه بین مقاومت فشاری ۲۸ روزه و مدول الاستیسیته بتن سبک لیکا ۸۲
جدول ۴-۸- رابطه بین مقاومت فشاری ۲۸ روزه و مدول الاستیسیته بتن سبک پلی استایرن ۸۲

فهرست شکلها

عنوان **صفحه**

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته ۱۱
شکل ۲-۱- مواد خام اولیه EPS و کیسه های حاوی آن ۲۹
شکل۲-۲- نتایج آزمایشهای مدول الاستیسیته ۳۳
شکل ۲-۳- مقاومت فشاری بتنهای سبک طرح اختلاطهای سریهای ۱و۲ ..... ۳۵
شکل ۲-۴-تغییرات مقاومت فشاری با حجم EPS و چگالی ۳۶
شکل ۲-۵-اثرات میکروسیلیس و الیاف فولادی روی مقاومت بتن EPS..... ۳۷
شکل ۲-۶-اثرات الیاف فولادی روی مقاومت کششی بتن EPS ۳۸
فصل سوم: روش انجام آزمایش ۴۳
شکل ۳-۱-نمونه استوانه ای ۴۵
شکل ۳-۲-نمونه مکعبی ۴۵
شکل ۳-۳-نمونه منشوری..... ۴۵
شکل ۳-۴-نحوه ساختن بتن در آزمایشگاه و دستگاه بتونیر ۵۳
شکل ۳-۵-حوضچه نگهداری نمونه های بتنی در آزمایشگاه..... ۵۴
شکل ۳-۶-دستگاه آزمایش مقاومت فشاری..... ۵۵
شکل ۳-۷-دستگاه آزمایش مقاومت کششی غیر مستقیم ۵۷
شکل ۳-۸-دستگاه آزمایش مقاومت کششی ناشی از خمش..... ۵۸
شکل ۳-۹-نحوه شکست نمونه خمشی..... ۵۹
شکل ۳-۱۰-نوار فلزی نگهدارنده نمونه و گیج ۶۰
شکل ۳-۱۱-نمونه استوانه ای آماده برای ازمایش مدول الاستیسیته..... ۶۱
شکل ۳-۱۲-دستگاه آزمایش مدول الاستیسیته ۶۱
شکل ۳-۱۳- نحوه شکست نمونه مدول الاستیسیته..... ۶۲
فصل چهارم: بررسی نتایج آزمایش..... ۶۶
شکل۴-۱-الف- نمودار مقاومت فشاری ۳ روزه بتن سبک لیکا حاوی الیاف پلی پروپیلن ۶۸
شکل۴-۱-ب- نمودار مقاومت فشاری ۷ روزه بتن سبک لیکا حاوی الیاف پلی پروپیلن ۶۸
شکل۴-۱-ج- نمودار مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن سبک لیکا حاوی الیاف پلی پروپیلن ۶۹
شکل۴-۲-الف- نمودار مقاومت فشاری ۳ روزه بتن سبک پلی استایرن حاوی الیاف پلی پروپیلن۷۰
شکل۴-۲-ب- نمودار مقاومت فشاری ۷ روزه بتن سبک پلی استایرن حاوی الیاف پلی پروپیلن ۷۰

شکل۴-۲-ج- نمودار مقاومت فشاری ۲۸روزه بتن سبک پلی استایرن حاوی الیاف پلی پروپیلن ۷۱
شکل۴-۳- نمودار مقاومت کششی ۲۸روزه بتن سبک لیکا حاوی الیاف پلی پروپیلن ۷۲
شکل۴-۴- نمودار مقاومت کششی ۲۸روزه بتن سبک پلی استایرن حاوی پلی پروپیلن..... ۷۳
شکل۴-۵- نمودار مقاومت خمشی ۲۸روزه بتن سبک لیکا حاوی الیاف پلی پروپیلن ۷۴
شکل۴-۶- نمودار مقاومت خمشی ۲۸روزه بتن سبک پلی استایرن حاوی پلی پروپیلن..... ۷۵
شکل۴-۷- نمودار مدول الاستیسیته ۲۸روزه بتن سبک لیکا حاوی الیاف پلی پروپیلن ۷۶
شکل۴-۸- نمودار مدول الاستیسیته ۲۸روزه بتن سبک پلی استایرن حاوی پلی پروپیلن..... ۷۷
شکل۴-۹- تخمین مقاومت فشاری ۲۸ روزه از ۷ روزه برای بتن سبک لیکا..... ۷۸
شکل۴-۱۰- تخمین مقاومت فشاری ۲۸ روزه از ۷ روزه برای بتن سبک پلی استایرن ۷۹

فصل اول

کلیات

۱-۱-مقدمه

از جمله اقدامات اصولی وبنیادی اولیه، تهیه مسکن مناسب جهت عموم و برآورد این نیاز اساسی است، که اهمیت ساخت و ساز و به طبع آن، مصالح به کار رفته در آن را نشان می دهد.

در ساختمان سازی از مهمترین مسایل مطرح شده، تامین مصالح به ارزانترین قیمت ممکن ودیگری هر چه کمتر کردن هزینه بنای ساختمان است. بر این اساس مصالح ساختمانی، ضمن داشتن استحکام لازم بایستی اولا در محل با اقتصادی ترین صورت، قابل تهیه، ثانیا حمل و نقل و کاربرد آنها هزینه کمتری در برداشته باشد[۱].

در سالهای اخیر استفاده از بتن سبک در اشکال مختلف آن به صورت بتن دانه سبک، بتن بدون ریز دانه یا بتن با حباب هوا، بسیار رایج گردیده و با توجه به مزایای کم نظیر آن از قبیل وزن مخصوص کم و عایق حرارتی خوب، در موارد متعدد جایگزین بتن معمول گردیده است.

هدف از افزودن الیاف به بتن، بهبود خواص بتن مورد نظر است. الیاف در جهات مختلف، اتصالاتی را به وجود می آورند و از گسترش ترک خوردگی جلوگیری می نمایند. بنابراین رشته های الیاف بطور فعال در محدود کردن عرض ترکها وارد عمل شده وبا تشکیل ریز ترکهای زیاد همکاری می نمایند و در نتیجه قابلیت بهره برداری بتن افزایش می یابد.

۱-۲-ساختار تحقیق

این تحقیق در پنج فصل تنظیم شده است. در فصل اول مسایل کلی در مورد بتن سبک و الیاف آمده است.

در فصل دوم در مورد تاریخچه بتن سبک و تعریف بتن سبک سازه ای و نیز مختصری از بعضی تحقیقات صورت گرفته بر روی بتن مسلح شده به الیاف بیان می شود. در فصل سوم معرفی جزییات و نحوه اجرای آزمایش ارایه می شود. در فصل چهارم به بررسی و مقایسه داده های بدست آمده از آزمایشات و تشریح نتایج حاصل از آن پرداخته می شود. و در نهایت در فصل پنجم نتیجه گیری کلی از آزمایشات انجام شده و پیشنهاداتی برای ادامه تحقیقات آینده ارایه شده است.

۱-۳- هدف از پژوهش:

در سازه های بتنی، وزن خود بتن قسمت عمده ای از کل بار وارده بر سازه را تشکیل می دهد. لذا چنانچه بتوان وزن سازه را کاهش داد، امتیازات قابل توجهی را می توان به دست آورد از جمله این امتیازات اغلب، استفاده از مقاطع کوچکتر و یا کاهش ابعاد و اندازه پی ها می باشد. بنابراین لزوم استفاده از بتنهایی موسوم به بتن سبک سازه ای که وزن مخصوص آنها به میزان قابل توجهی کمتر از وزن مخصوص بتن معمولی (۲۲۰۰ تا ۲٤۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب) باشد، کاملاً روشن می گردد. [۲]

الیاف از جمله موادی است که امروزه به عنوان ماده تقویت کننده به بتن اضافه می گردد که با توجه به وزن کم و مقدار کم مورد نیاز آنها در بتن می توان با ادغام بتن سبک با این الیاف به مقاطع کوچکتر با مقاومت بیشتر رسید. اگر چه تاکنون تحقیقات زیادی روی خواص مکانیکی بتن الیافی و اعضای مختلف بتنی تحت بارگذاریهای متناوب انجام شده است، لیکن مطالعات در رابطه با عملکرد بتنهای مسلح به الیاف با منظور نمودن پارامترهای مختلف محدود بوده است که دلیل آن را می توان گرانی این مواد و نبودن کارخانجات مربوطه برای تولید آنها در داخل دانست.

۱-۴- سبکدانه

۱-۴-۱- تعریف

سبکدانه های با وزن کمتر از 1120 kg/m3 عموماً به عنوان سبکدانه در نظر گرفته می شود [۲]. جهت مقایسه، بیشتر سنگدانه های معمولی نظیر ماسه و شن وزنی در حدود 1520 kg/m3 تا 1680 kg/m3 دارند. سبک دانه ها به دلیل تخلخل زیاد دارای وزن مخصوص انبوهی ظاهری کم می باشد. طبقه بندی سبک دانه ها بر مبنای منابع، روشهای تولید و کاربرد نهائی آنها می باشد.

۱-۴-۲- سبک دانه های طبیعی:

مصالح اصلی در این گروه عبارت است از دیاتومیت، پامیس، اسکوزیا (پوکه سنگ)، خاکستر و توف آتشفشانی که به جز دیاتومیت همگی منشا آتشفشانی دارند.

دیاتومیت منشا رسوبی دارد. نظر به اینکه دانه های طبیعی فقط در بعضی محلها یافت می شود، لذا به دلیل مشکلات دسترسی به منابع و مسائل حمل و نقل، این نوع مصالح به میزان وسیعی مصرف نمی گردد و محدودیت کاربرد دارد. پامیس بیش از انواع دیگر این مصالح مورد مصرف قرار گرفته است.

۱-۴-۳- سبک دانه های مصنوعی:

سبکدانه های مصنوعی را اغلب به اسمهای مختلف تجاری آنها می شناسند. اما بهترین گروه بندی بر اساس مواد خام مصرفی و روش تولید می باشد. سبک دانه های مصنوعی به چهار روش تولید می شود.

در روش اول، سنگدانه های مصنوعی از حرارت دادن و انبساط خاک رس، سنگ رس، سنگ رسی دیاتومه ای، پرلیت، ورمیکولیت، و ابسیدین به دست می آید. در روش دوم، سرباره مذاب کوره های آهنگدازی با پاشیدن مقادیر کنترل شده آب به کمک جت آبی منبسط می گردد. در روش چهارم، دانه های سبک از ترکیبات آلی نظیر پلی استایرن منبسط شده تولید می شود. در ایران تنها از روش اول برای تولید خاک رس منبسط شده و پرلیت منبسط شده استفاده می شود.

۱–۵– خصوصیات کلی سبکدانه ها [۴]:

به طور کلی خواص دانه های سبک و فرآورده های ان نظیر بتنهای دانه سبک شامل رسهای منبسط شده، پامیس، پرلیت و غیره را می توان به شرح زیر خلاصه نمود:

۱- وزن مخصوص کم: که بار مرده ساختمان را کاهش می دهد و در نتیجه مشخصات فیزیکی طراحی را تغییر می دهد.

۲- گرمابندی و صدابندی: این خاصیت ناشی از خلل و فرج موجود در دانه می باشد.

۳- مقاومت در برابر آتش: معمولاً احتمال کمی وجود دارد که حرارت آتش از حرارت تولید این مصالح (حدود 1200°C) بالاتر رود.

٤- مقاومت کافی در مقابل یخ زدگی و ذوب مجدد.

۵- خنثی بودن از نظر شیمیایی.

۱–۶– بررسی مقایسه ای سبکدانه ها:

خواص سبک دانه های گوناگون به طور وسیع متغیر است، برای مثال مقاومت بتن ساخته شده با رس منبسط شده (Leca) و شیل منبسط شده نسبتاً بالا است و قابل مقایسه با بتن معمولی می باشد. البته مقدار سیمان مصرفی در بتن سبک بیشتر از مقدار آن در بتن معمولی است. پامیس، اسکوریا و برخی جوشهای منبسط شده، بتنی با مقاومت متوسط تولید می نمایند. پرلیت، ورمیکولیت و دیاتومیت بتنی با مقاومت خیلی کم تولید می نماید.

اما خواص عایق بتنهای مقاومت پایین از بتنهای مقاومت بالا و متوسط بهتر است. ارزش عایق بتن سبک مقاومت بالا تقریباً ٤ برابر بتن معمولی است. در عمل یک طیف کامل سبک دانه با وزن $80\ kg/m^3$ تا 900 وجود دارد[۲].

۱–۷– روشهای تولید بتن سبک:

سه روش برای تولید بتن سبک وجود دارد:

۱–۷–۱– سبک کردن خمیر سیمان:

الف) بتن گازی (سیپورکس): این نوع بتن اولین بار در سال ۱۹۲٤ میلادی توسط یک معمار سوئدی اختراع گردید. تولید بتن گازی با استفاده از تکنولوژی پیشرفته با اختلاط و پخت مواد اولیه ماسه سیلیسی، آهک، سیمان و پودر آلومینیوم (به مقدار ۲۰٪ وزن سیمان) و آب صورت می گیرد.

ب) بتن کفی: این بتن با استفاده از مواد کفزا پروتئینی و تعیین ترکیب مناسب ماسه و سیمان و آب با کنترل وزن مخصوص بتن تولید می گردد.

ج) بتن پلاستوفوم: با افزودن دانه های پلاستیکی پف کرده به بتن، تولید می شود.

۱–۷–۲– بتن بدون ریزدانه:

در طرح اختلاط این نوع بتن، ماسه حذف گردیده و دانه های درشت یا خمیر سیمان به یکدیگر چسبیده اند.

۱–۷–۳– بتن سبک دانه:

در ساخت این نوع بتن از سنگ دانه های سبک استفاده شده و به دو صورت تولید می شود:

الف) با استفاده از سنگدانه های سبک طبیعی می توان بتن با وزن مخصوص کم جهت عایق کاری تولید کرد.

ب) با استفاده از سنگدانه های مصنوعی. در ایران استفاده از خاک رس منبسط شده (Leca) و تفاله سبک کوره آهن گدازی (foamed blast furnace slag) متداول است.

۱–۸– مزایای بتنهای سبک سازه ای:

به دلیل منابع فنی و اقتصادی، کاربرد بتن سبک در احداث ساختمانها و دیگر سازه ها در حال افزایش می باشد. در سازه های ساخته شده با بتن معمولی، وزن بتن قسمت قابل توجهی از بارهای وارده را تشکیل می دهد. این امر باعث افزایش نیروهای وارده به اعضای سازه ای به خصوص بارهای زلزله می گردد. به کار بردن مصالحی با وزن کمتر نظیر انواع بتنهای سبک می تواند باعث رفع این نقیصه گردد.

با توجه به زلزله خیز بودن کشور و خسارتهای مالی و جانی ناشی از آن، بجاست که روشهای سبک سازی مورد بررسی همه جانبه قرار گرفته و به نتیجه عمل و کاربردی رسانده شود.

امتیازات عمده استفاده از بتن سبک به قرار زیر است:

۱- در ساختمانهای بتنی باعث کاهش ابعاد اعضای سازه ای و درنتیجه کاهش میزان بتن و میلگرد می شود.

۲- در ساختمانهای فولادی وزن اسکلت فلزی کمتر می شود.

۳- در کلیه ساختمانها به دلیل کاهش وزن کلی، هزینه پی سازی کمتر می شود.

۱–۹– الیاف:

هر چند که از بدو پیدایش بتن، تحول اندکی در آن به وجود آمده، لیکن طیف وسیع کاربرد بتن عملاً بیانگر این مطلب است که مزایای بیشماری که این مصالح از ان برخودار است، سایر موارد آنرا تحت الشعاع قرار دهد. در طراحی یک پروژه بکارگیری مصالح مناسب، مقاوم و ارزان از مهمترین وظایف یک مهندس به حساب می آید. یکی از مهمترین و ارزانترین مصالح موجود که در دنیا کاربرد وسیعی دارد، بتن است. [۱۶]

به کارگیری بتن غیرمسلح به علت تردی آن به غیر از سازه های وزنی عملاً کاربرد چندانی ندارد. این عیب عمده بتن در عمل، با مسلح کردن آن به وسیله میله های فولادی یا آرماتور برطرف می گردد. اما ازانجایی که آرماتور منحصراً بخش کوچکی از مقطع را تشکیل می دهد، تصور اینکه مقطع بتن یک مقع ایزوتروپ و هموژن است، چندان صحیح نخواهد بود. [۱۶]

به منظور ایجاد شرایط ایزوتروپی و نیز کاهش ضعف شکنندگی و تردی جسم بتن تا حد ممکن در چند دهه اخیر از رشته های ناز ک و نسبتاً درازی که در تمام حجم بتن، به طور همگن و درهم پراکندگی می گردد، استفاده می شود. [۱۷]

کاربرد اینگونه رشته ها یا الیاف در بتن و به طور کلی در ملاتها قدمت تاریخی دارد. انواع الیافی که در ربع قرن اخیر به طور وسیع در بتن و ملاتهای سیمانی مورد استفاده قرار می گیرد، الیاف شیشه ای، پلی اتیلن، فولادی، آزبست و نایلونی می باشد که اثر هر یک از انواع الیاف برخواص و تکنولوژی بتن مبحث جداگانه و طولانی را به خود اختصاص می دهد.

کاربرد الیاف به منظور بهبود بخشیدن به خواص بتن، کاربرد وسیعی را در سازه های بتنی و بتن مسلح پیدا کرده است.

اثرات مثبت کاربرد الیاف در بتن، به شرح ذیل می باشد:

- افزایش مقاومت خمشی
- افزایش مقاومت برشی
- افزایش مقاومت کششی
- افزایش مقاومت در برابر بارهای دینامیکی به ویژه بارهای ضربه ای
- افزایش در مقاومت مقطع در قبال ترک خوردگی
- افزایش در میزان جذب انرژی
- کاهش در میزان انقباض، خزش و سایش سطحی [۱۸]

۱–۱۰– انواع الیاف و الیاف پلی پروپیلن:

از انواع الیافی که در بتن مورد استفاده قرار می گیرد می توان الیاف پلاستیکی، شیشه ای و طبیعی را نام برد که در اشکال و اندازه های مختلف تولید می شود.

پارامتر مناسب که یک رشته از الیاف را تعریف می کند نسبت ظاهری می باشد که نسبت طول الیاف به قطر معادل الیاف است (قطر معادل الیاف، قطر دایره ای است که سطح ان برابر با مساحت سطح مقطع الیاف باشد.). مقدار نسبتهای ظاهری (L/d) معمولاً بین ۳۰ تا ۱۵۰، به طولهای ۰/٦ تا ۷/۵ سانتی متر است. الیاف فولادی صنعتی معمولاً از نسبت L/d حداکثر تا ۱۲۵ برخودار هستند. الیاف شیشه ای مخصوص (تارهای بریده شده) دارای قطرهای بین ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۱۵ میلیمتر هستند که این نوع الیاف ممکن است در تولید عناصری با الیاف شیشه ای به یکدیگر اتصال یابند که در اینصورت قطر الیاف اتصال یافته به ۰/۱۳ تا ۱/۳ میلیمتر می رسد. [۵]

از پلاستیکهای مخصوصی نظیر نایلون، پلی پروپیلن، پلی اتیلن، پلی استر، ریون نیز الیافی به قطرهای ۰/۰۲تا ۰/۳۸ میلیمتر ساخته شده است. [۵]

الیافی که از مواد طبیعی نظیر آزبست و کتان ساخته می شود اندازه های مختلف دارند.

الیاف فولادی دارای شکل و قطرهای متفاوتی بوده و نحوه ساخت آنها نیز متفاوت است.

۱–۱۰–۱–الیاف پلی پروپیلن:

الیاف پلیمری به عنوان مسلح کننده ثانویه بتن یا ملات جهت کاهش جمع شدگی و کنترل ترک خوردگی و افزایش دهنده دوام در دراز مدت کاربرد دارد.