

آشنایی با انواع بتن  
گردآوری : گروه مهندسی آرشا

saze118.com



## فهرست مطالب

۱	بتن	۱
۱	مواد تشکیل دهنده	۱.۱
۱	سیمان (Cement)	۲.۱
۱	آب (Water)	۳.۱
۲	مقدار آب مصرفی	۱.۳.۱
۲	عمل آوری	۲.۳.۱
۲	سنگدانه‌ها (Aggregates)	۴.۱
۲	اندازه دانه‌های سنگی	۱.۴.۱
۲	کانیهای مهم	۲.۴.۱
۲	افزودنی‌ها فابیر (Admixtures)	۵.۱
۳	تسریع کننده‌ها	۱.۵.۱
۳	کندگیر کننده‌ها	۲.۵.۱
۳	تقلیل دهنده‌های آب	۳.۵.۱
۳	فوق روان کننده‌ها	۴.۵.۱
۳	بتن مگر	۶.۱
۳	فناوری نانو در بتون	۷.۱
۴	هبلکس بتن سبک یا بتن هوادار اتوکلاوی	۸.۱
۴	وزن ویژه بتن	۹.۱
۴	مواد افزودنی یا چاشنی‌های بتن	۱۰.۱
۴	انواع مواد افزودنی تک منظوره	۱۱.۱
۴	مواد جایگزین سیمان	۱۲.۱
۴	پوزولان‌ها	۱۳.۱
۵	مواد شبه سیمانی	۱۴.۱
۵	بتن شفاف	۱۵.۱
۵	جستارهای وابسته	۱۶.۱
۵	پانویس	۱۷.۱
۶	بتن مسلح	۲
۶	تاریخچه	۱.۲
۶	جستارهای وابسته	۲.۲
۶	منابع	۳.۲
۷	بتن آسفالتی	۳



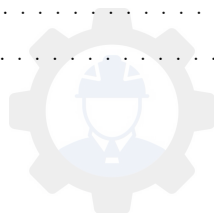
۷	کاربرد	۱.۳
۸	جستارهای وابسته	۲.۳
۸	منابع	۳.۳
<b>۹</b>	<b>بتن اسفنجی اتوکلاوی</b>	<b>۴</b>
۹	مواد اولیه	۱.۴
۹	نحوه تولید	۲.۴
۹	خط تولید	۳.۴
۱۰	مزایا	۴.۴
۱۰	دستورالعمل‌ها	۵.۴
۱۰	ملات مورد نیاز	۶.۴
۱۰	۱.۶.۴ ملات ماسه و سیمان	۱.۶.۴
۱۰	۲.۶.۴ چسب بلوک	۲.۶.۴
۱۱	جذب آب	۷.۴
۱۱	منابع	۸.۴
<b>۱۲</b>	<b>بتن الیافی</b>	<b>۵</b>
۱۲	تاریخچه الیاف	۱.۵
۱۲	طبقه‌بندی کاربردی	۲.۵
۱۳	مزایا	۳.۵
۱۳	عاملهای کیفیت	۴.۵
۱۳	۱.۴.۵ الیاف شیشه	۱.۴.۵
۱۳	۲.۴.۵ الیاف فولادی	۲.۴.۵
۱۳	۳.۴.۵ الیاف پلی پروپیلن	۳.۴.۵
۱۳	۴.۴.۵ الیاف آرامید (کولار)	۴.۴.۵
۱۴	۵.۴.۵ الیاف کربن	۵.۴.۵
۱۴	روش و میزان مصرف	۵.۵
۱۴	موارد کاربرد	۶.۵
۱۴	محدودیت‌های کاربرد	۷.۵
۱۴	جستارهای وابسته	۸.۵
۱۴	منابع	۹.۵
<b>۱۶</b>	<b>بتن پاشیده</b>	<b>۶</b>
۱۶	تاریخچه و کاربردها	۱.۶
۱۶	انواع بتن پاشیده	۲.۶
۱۷	عوامل مؤثر	۳.۶
۱۷	مزایا و معایب	۴.۶
۱۸	منابع	۵.۶
<b>۱۹</b>	<b>بتن پیش تنیده</b>	<b>۷</b>
۱۹	سقف‌های بتنی پیش تنیده	۱.۷
۱۹	مفهوم	۲.۷
۱۹	کاربرد	۳.۷



۱۹	عملکرد	۴.۷
۱۹	مزایای	۵.۷
۲۰	معایب	۶.۷
۲۰	الزامات	۷.۷
۲۱	روش ساخت	۸.۷
۲۱	نگارخانه	۹.۷
۲۱	جستارهای وابسته	۱۰.۷
۲۱	پیوند به بیرون	۱۱.۷
۲۱	منابع	۱۲.۷
۲۲	<b>۸ بتن حجیم</b>	
۲۲	خاکستر بادی	۱.۸
۲۲	مشخصات	۲.۸
۲۲	منابع	۳.۸
۲۳	<b>۹ بتن خودمتراکم</b>	
۲۳	تعریف	۱.۹
۲۳	ویژگی‌ها	۲.۹
۲۳	مهمترین مزایای بتن S.C.C	۳.۹
۲۴	خصوصیات بتن S.C.C	۴.۹
۲۴	دلایل اقتصادی پیشرفت کاربردی (S.C.C)	۵.۹
۲۴	مشکلات استفاده	۶.۹
۲۴	خزش در بتن	۷.۹
۲۵	منابع	۸.۹
۲۶	<b>۱۰ بتن سبک</b>	
۲۷	<b>۱۱ بتن شفاف</b>	
۲۷	تاریخچه	۱.۱۱
۲۷	لیتراکن	۲.۱۱
۲۷	لیتراکن [بتن عبور دهنده	۳.۱۱
۲۸	مسلح کردن لیتراکن:	۴.۱۱
۲۸	مشخصات تکنیکی لیتراکن:	۵.۱۱
۲۸	ویژگی‌های بتن شفاف	۶.۱۱
۲۸	مشخصات تکنیکی بتن شفاف	۷.۱۱
۲۸	موارد کاربرد بتن شفاف	۸.۱۱
۲۹	پانویس	۹.۱۱
۲۹	منابع	۱۰.۱۱
۳۰	<b>۱۲ بتن غلطکی</b>	
۳۰	لزوم استفاده	۱.۱۲
۳۰	مزایای استفاده از بتن غلطکی	۲.۱۲
۳۰	منابع	۳.۱۲



۳۲	۱۳ بتن فوم
۳۲	۱.۱۳ کاربردهای اصلی
۳۲	۲.۱۳ مواد تشکیل دهنده
۳۲	۳.۱۳ انواع
۳۲	۴.۱۳ بتن کفی
۳۳	۵.۱۳ میزان آب به سیمان
۳۳	۶.۱۳ روش تولید فوم بتن
۳۳	۷.۱۳ عمل آوری فوم بتن
۳۳	۸.۱۳ مشخصات مقاومتی
۳۳	۹.۱۳ انقباض یا افت بتن
۳۳	۱۰.۱۳ عایق حرارتی و صوتی
۳۳	۱۱.۱۳ سرعت و خصوصیات فوم بتن در کفسازی
۳۴	۱۲.۱۳ بررسی سبک بودن فوم بتن در کفسازی
۳۴	۱۳.۱۳ پیشنهادهایی برای استفاده از بتن کفی در مصارف مختلف در کشور
۳۴	۱۴.۱۳ مشخصات بتن
۳۴	۱۵.۱۳ تولید بتن فوم
۳۴	۱۶.۱۳ مزایای اقتصادی
۳۴	۱۷.۱۳ پوسیدگی آرماتور در داخل بتن فوم
۳۴	۱۸.۱۳ سایر مزایای بتن فوم
۳۵	۱۹.۱۳ منابع
۳۶	۱۴ بتن کریستالی
۳۶	۱.۱۴ تاثیر جریان بخار و رطوبت ناشی از آن در بتن
۳۶	۲.۱۴ چگونگی عملکرد فناوری ضد آب کردن کریستالی
۳۶	۳.۱۴ الهام از برگ گل نیلوفر
۳۷	۴.۱۴ انواع بناها و کاربرد مناسب فناوری کریستالی
۳۷	۵.۱۴ نتیجه گیری
۳۷	۶.۱۴ منابع
۳۸	۱۵ بتن مسلح به الیاف فولادی
۳۸	۱.۱۵ خواص بتن مسلح به الیاف فولادی
۳۸	۱.۱.۱۵ مقاومت خمشی
۳۸	۲.۱.۱۵ مقاومت برشی
۳۸	۳.۱.۱۵ مقاومت پیچشی
۳۸	۴.۱.۱۵ مقاومت ترک خوردگی
۳۸	۵.۱.۱۵ خزش
۳۸	۶.۱.۱۵ پوسیدگی و زنگ زدگی الیاف فولادی
۳۹	۷.۱.۱۵ قابلیت هدایت حرارتی
۳۹	۸.۱.۱۵ مقاومت سایشی
۳۹	۹.۱.۱۵ مقاومت اصطکاکی و لغزشی
۳۹	۱۰.۱.۱۵ طاقت بتن الیافی
۳۹	۲.۱۵ نحوه ساخت الیاف فولادی



۳۹	.....	کاربردهای بتن مسلح به الیاف فولادی	۳.۱۵
۳۹	.....	کاربرد الیاف فولادی در بتن پرتابی	۴.۱۵
۴۰	.....	جستارهای وابسته	۵.۱۵
۴۰	.....	منابع	۶.۱۵
۴۱	.....	منابع متن و تصویر، مشارکت‌کنندگان و مجوزها	۷.۱۵
۴۱	.....	متن	۱.۷.۱۵
۴۱	.....	تصاویر	۲.۷.۱۵
۴۳	.....	محتوای مجوز	۳.۷.۱۵

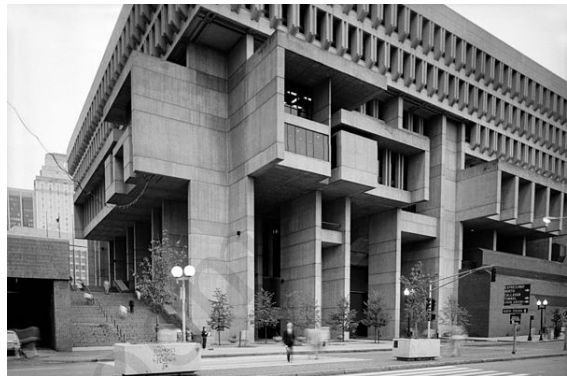
saze118.com



## فصل ۱

### بتن

خرابی‌هایی با عوامل فیزیکی و شیمیایی در بتن‌ها در اکثر نقاط جهان و با شدتی بیشتر در کشورهای در حال توسعه، افکار و اذهان را به سمت طرح بتن‌هایی با ویژگی خاص و با دوام لازم سوق داده است. در این راستا در پاره‌ای از کشورها دستورالعمل‌ها و استانداردهایی نیز برای طرح بتن با عملکرد بالا تهیه شده و طراحان و مجریان در بعضی از این کشورهای پیشرفته ملزم به رعایت این دستورالعمل‌ها گشته‌اند.



یک ساختمان مدرن: تالار شهر بوستون.

(کامل شده در ۱۹۶۸) عمدتاً از بتن ساخته شد. پیش ساخته و ساخته در محل

#### ۱.۱ مواد تشکیل دهنده

سنگدانه‌ها در بتن تقریباً سه چهارم حجم آنرا تشکیل می‌دهند و ملات سیمان و آب یک چهارم

#### ۲.۱ سیمان (Cement)

نوشتار اصلی: سیمان

سیمان پرتلند از مخلوط و آسیاب کردن سنگ آهک و خاک رس به نسبت ۳ به ۱، و پختن گرد همگن و یکنواخت زیردمای ۱۰۰۰ درجه، تا CO<sub>2</sub> از سنگ آهک و آب شیمیایی از خاک رس جدا شوند. در گرمای زیر ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد آهک با سیلیس و رس ترکیب می‌شود. در گرمای بالای ۱۲۰۰ درجه، رویه دانه‌های گرد داغ شده و ضمن عرق گردن به هم می‌چسبند و به صورت کلوخ‌های کلینکر درمی آیند. از سرد کردن کلوخ‌ها و سپس آسیاب کردن آنها با کمی سنگ گچ، سیمان تولید می‌شود. [۱]

#### ۳.۱ آب (Water)

کیفیت آب در بتن از آن جهت حائز اهمیت است که ناخالصی‌های موجود در آن ممکن است در گیرش سیمان اثر گذاشته و اختلالاتی به وجود آورند. همچنین آب نامناسب ممکن است روی مقاومت بتن اثر نامطلوب گذاشته و سبب بروز لکه‌هایی در سطح بتن و حتی زنگ زدن آرماتور بشود. [۲] در اکثر اختلاط‌ها آب مناسب برای بتن آبی است که برای نوشیدن مناسب باشد. [۲] مواد جامد چنین آبی به ندرت بیش از ۲۰۰۰ قسمت در میلیون ppm خواهد بود به طور معمول کمتر از ۱۰۰۰ ppm می‌باشد. این مقدار به ازای نسبت آب به سیمان ۰٫۵ معادل ۰٫۰۵ وزن سیمان می‌باشد. معیار قابل آشامیدن بودن آب برای اختلاط مطلق نیست و ممکن است یک آب آشامیدنی به جهت داشتن درصد بالایی از یونهای سدیم و پتاسیم که خطر واکنش قلیایی دانه‌های سنگی را به همراه دارد، برای بتن سازی مناسب نباشد. به عنوان یک قاعده کلی هر آبی که PH (درجه اسیدیته) آن بین ۶ الی ۸ بوده و طعم شوری نداشته باشد می‌تواند برای بتن مصرف شود. رنگ تیره و بو لزوماً وجود مواد مضر در آب را به اثبات نمی‌رساند. [۳]

**بتن** (به فرانسوی: Béton)، از ریشه لاتین (به لاتین: Bitume) در مفهوم وسیع به هر ماده یا ترکیبی که از یک ماده چسبیده با خاصیت سیمانی شدن تشکیل شده باشد گفته می‌شود. بتن ممکن است از انواع مختلف سیمان و نیز پوزولان‌ها، سرباره کوره‌ها، مواد مضاف، گوگرد، مواد افزودنی، پلیمرها، الیاف و غیره تهیه شود. همچنین در نحوه ساخت آن ممکن است حرارت، بخار آب، اتوکلاو، خلا، فشارهای هیدرولیکی و متراکم کننده‌های مختلف استفاده شود. [۱] با توجه به گسترش و پیشرفت علم و پیدایش تکنولوژی‌های فراوان در قرن اخیر، شناخت بتن و خواص آن نیز توسعه قابل ملاحظه‌ای داشته است. به نحوی که امروزه شاهد کاربرد انواع مختلف بتن با مصالح مختلف هستیم که هر یک خواص و کاربری مخصوص به خود را داراست. در حال حاضر انواع مختلفی از سیمانها که شامل پوزولانها، سولفورها، پلیمرها، الیافهای مختلف و افزودنیهای متفاوتی هستند، تولید می‌شوند.

بتن از پر کاربردترین مصالح ساختمانی است. ویژگی اصلی بتن ارزان بودن و در دسترس بودن مواد اولیه آن است. همچنین می‌توان خاطر نشان کرد که تولید انواع بتن با استفاده از حرارت، بخار، اتوکلاوم، تخلیه هوا، فشار هیدرولیکی و بیره و قالب انجام می‌گیرد. بتن به طور کلی محصولی است که از اختلاط آب با سیمان آبی و سنگدانه‌های مختلف در اثر واکنش آب با سیمان در شرایط محیطی خاصی به حاصل می‌شود و دارای ویژگیهای خاص است. بتن اینک با گذشت بیش از ۱۷۰ سال از پیدایش سیمان پرتلند به صورت کنونی توسط یک بنای لیدزی، دستخوش تحولات و پیشرفتهای شگرفی شده است. در دسترس بودن مصالح آن، دوام نسبتاً زیاد و نیاز به ساخت و سازه‌های فراوان سازه‌های بتنی چون ساختمان‌ها، سازه‌ها، سدها، پل‌ها، تونل‌ها و راه‌ها، این ماده را بسیار پر مصرف نموده است. اینک حدود سه تا چهار دهه است که کاربرد این ماده در شرایط خاص مورد استقبال کاربران آن قرار گرفته است. امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی مشخص شده است که صرف توجه به مقاوت به عنوان یک معیار برای طرح بتن برای محیطهای مختلف و کاربردهای مختلف نمی‌تواند جوابگوی مشکلاتی باشد که در درازمدت در سازه‌های بتنی ایجاد می‌گردد. چند سالی است که مسأله دوام بتن در محیطهای مختلف مورد توجه قرار گرفته است. مشاهده

رس نامگذاری شده‌اند. گل ماده نرمی است که شامل مقادیر نسبتاً مساوی ماسه و لای و رس می‌باشد.

### ۱.۳.۱ مقدار آب مصرفی

مقدار آب مصرفی در داخل بتن بسیار با اهمیت است. به منظور تکمیل فرایند واکنش سیمان با آب مقدار مشخصی آب مورد نیاز است. در صورتی که این مقدار کمتر از آن حد باشد قسمتی از سیمان برای واکنش آب کافی دریافت نمی‌کند و واکنش نداده باقی می‌ماند. در صورتی که بیش از مقدار مورد نیاز آب به مخلوط بتن اضافه شود پس از تکمیل واکنش، مقداری آب به صورت آزاد در داخل بتن باقی می‌ماند که پس از سخت شدن بتن باعث پوکی آن و نتیجتاً کاهش مقاومت خواهد شد. به همین دلیل **دقت در مصرف نکردن آب زیاد در داخل بتن به منظور حصول مقاومت بالا ضروری است.**

مقدار آب لازم برای تکمیل واکنش به صورت پارامتر نسبت آب به سیمان تعریف می‌شود. این نسبت برای سیمان پرتلند معمولی حدود ۲۵ درصد است. با این مقدار آب بتن فاقد کارایی لازم خواهد بود و معمولاً نسبت آب به سیمان مورد استفاده در کارگاههای ساختمانی بیش از این مقدار است. در تعیین نسبت اختلاط بتن پارامتری لحاظ می‌شود که مقدار رطوبت سنگدانه‌ها را نیز قبل از افزودن آب به بتن لحاظ می‌کند که در تعیین مقدار آب مورد نیاز حائز اهمیت است. این رطوبت اضافی (یا کمبود رطوبت) مقدار رطوبت مازاد (کمبود رطوبت) سنگدانه‌ها از حالت اشباع با سطح خشک SSD یا (Saturated Surface Dry) است.

### طبقه‌بندی براساس شکل ظاهری

در استاندارد ASTM سنگها از لحاظ شکل ظاهری به پنج گروه تقسیم شده‌اند: کاملاً گرد گوشه، گرد گوشه، نسبتاً گرد گوشه، نسبتاً تیز گوشه و تیز گوشه.<sup>[7]</sup>  
در استاندارد BS این نامگذاری به صورت: گرد گوشه، بی شکل-بی نظم، پولکی، تیز گوشه، طولی، پولکی طولی می‌باشد.<sup>[8]</sup>

## ۵.۱ افزودنی‌ها فایبر (Admixtures)

ماده افزودنی بتن فایبر یا مکمل بتون (concrete-additive) یا (Admixtures) ماده‌ای است به غیر از سیمان پرتلند، سنگدانه، و آب، که به صورت گرد یا مایع، به عنوان یکی از مواد تشکیل دهنده بتن و برای اصلاح خواص بتن، کمی قبل از اختلاط یا در حین اختلاط به آن افزوده می‌شود.<sup>[9]</sup> مواد افزودنی به دو گروه مواد افزودنی‌های شیمیایی و مواد افزودنی‌های معدنی تقسیم می‌شوند.

انواع معمول مواد افزودنی بتن به شرح زیر است.

- شتاب دهنده سرعت هیدراتاسیون بتن (سخت شدن).
- کاهش دهنده سرعت گیرش بتن.
- افزودنی‌های حباب زا باعث ایجاد حباب‌های با هندسه کروی و بسیار ریز درون بتن می‌شوند. افزودنی‌های حباب زا عمداً برای ایجاد و تثبیت حباب‌های میکروسکوپی هوا در بتن استفاده می‌شود.
- زوان‌ساز بتن که به منظور کاهش دهنده مقدار آب بتن استفاده می‌گردد.
- مواد افزودنی که شامل رنگدانه‌ها که می‌تواند برای تغییر رنگ بتن و زیبایی استفاده گردد.
- زدیخ بتن
- چسب بتن
- سخت‌کننده بتن

کاربرد دیرگیرکننده در مواد افزودنی بتن: کار مواد افزودنی دیرگیرکننده بتن به تاخیر انداختن گیرش بتن است. مواد افزودنی دیرگیرکننده بتن در بتن ریزی‌های حجیم استفاده می‌شود. مواد افزودنی دیرگیرکننده بتن برای جلوگیری از ترک‌های ناشی از گیرش در بتن ریزی‌های پشت سر هم مناسب می‌باشد. مواد افزودنی دیرگیرکننده بتن برای حمل بتن در فاصله‌های زیاد استفاده می‌شود.

از جمله از مواد افزودنی بتن می‌توان از ژل میکروسیلیس میکروسیلیکا ژل سیلیکافیوم نام برد همچنین گروت انواع روان‌کننده‌ها فایبر نیز از انواع افزودنی بتن می‌باشند.

### ۲.۳.۱ عمل آوری

با ادامه یافتن Hydration مقاومت بتن افزایش می‌یابد و این واکنش عامل افزایش مقاومت بتن یا همان گیرش سیمان است. برای عمل آوری یا ادامه یافتن فرایند Hydration باید رطوبت نسبی حداقل ۸۰ درصد باشد. در صورتی که رطوبت کمتر از این مقدار شود عمل آوری متوقف شده و در صورتی رطوبت تسبی به بالای ۸۰ درصد بازگردد فرایند هیدراتاسیون یا Hydration دوباره شروع خواهد شد. به دلیل تبخیر قسمتی از آب مورد نیاز قبل از تکمیل واکنش بین آب و سیمان (که چندین روز طول می‌کشد) قسمتی از سیمان موجود در مخلوط بتن واکنش نداده باقی می‌ماند. پس از بتن ریزی باید بلافاصله توجه لازم به فرایند عمل آوری معطوف گردد. **عمل آوری عبارت است از حفظ رطوبت بتن تا زمانی که واکنش بین سیمان و آب تکمیل شود.** این عمل می‌تواند به وسیله عایقکاری موقت، پاشش آب یا تولید بخار صورت گیرد. از دیدگاه عملی، حفظ رطوبت بتن برای ۷ روز توصیه می‌شود. در شرایطی که این کار ممکن نباشد حداقل زمان عمل آوری بتن نباید کمتر از ۲ روز باشد.

## ۴.۱ سنگدانه‌ها (Aggregates)

سنگدانه‌ها در بتن تقریباً سه چهارم حجم آنرا تشکیل می‌دهند از اینرو کیفیت آنها از اهمیت خاصی برخوردار است. در حقیقت خواص فیزیکی، حرارتی و پاره‌ای از اوقات شیمیایی آنها در عملکرد بتن تاثیر می‌گذارد. دانه‌های سنگی طبیعی معمولاً بوسیله هوازدگی و فرسایش و یا به طور مصنوعی باخرد کردن سنگ‌های مادر تشکیل می‌شوند.<sup>[4]</sup>

### ۱.۴.۱ اندازه دانه‌های سنگی

بتن عموماً از سنگدانه‌هایی به اندازه‌های مختلف که حداکثر قطر آن بین ۱۰ میلیمتر و ۵۰ میلیمتر می‌باشد ساخته می‌شود. به طور متوسط از سنگدانه‌هایی با قطر ۲۰ میلیمتر استفاده می‌شود.<sup>[5]</sup> توزیع اندازه ذرات به نام «دانه بندی سنگدانه» مرسوم است. به طور کلی دانه‌های با قطر بیشتر از چهار یا پنج میلیمتر به نام شن و کوچکتر از آن به نام ماسه نامگذاری شده‌اند که این حد فاصل توسط ال ک ۴٫۷۵ میلیمتری یا نمره چهار مشخص می‌گردد. حد پایین ماسه عموماً ۰٫۰۷۵ میلیمتر یا کمی کمتر می‌باشد. مواد با قطر بین ۰٫۰۶ میلیمتر و ۰٫۲ میلیمتر به نام لای (سلیت) و مواد ریزتر



در گیرش نیز می‌شوند و به عنوان تپ G طبقه‌بندی شده‌اند. دو نمونه از روان‌کننده‌های قوی: ملامین فرمالدئید سولفات شده تغلیظ شده و یا [[نفتالین فرمالدئید سولفات شده تغلیظ شده]] می‌باشند. اساساً استفاده از اسیدهای سولفات شده باعث تسریع عمل پراکنش می‌شود. چون در سطح ذرات سیمان جذب شده و به آنها بار منفی می‌دهند و این باعث دفع ذرات از یکدیگر می‌شود. این فرایند کارایی را در یک نسبت آب به سیمان مشخص افزایش می‌دهد.

## ۶.۱ بتن مگر

بتن مگر یا بتن نظافت یا همان بتن رگلاژ کف قالب‌بندی فونداسیون، در واقع یک بتن با عیار سیمان کم (بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم سیمان بر مترمکعب) است که به منظور آماده‌سازی بستر خاکبرداری شده برای آرماتوربندی و صفحه گذاری اجرا می‌گردد.

موارد استفاده بتن مگر

۱. جلوگیری از نفوذ سیمان به خاک
۲. جلوگیری از جذب آب بتن توسط خاک
۳. آماده‌سازی بستر خاک برای پی ریزی
۴. صاف، تراز و همگن کردن فونداسیون
۵. اگر خاک برداری بیش از حد لازم انجام شود برای تراز کردن کف پی و پر کردن فضای خالی از بتن مگر استفاده می‌شود.

رعایت نکات ذیل جهت اجرای بتن مگر الزامی است:

۱. قبل از اجرای بتن مگر خاک بستر باید مرطوب شود تا آب بتن جذب خاک نگردد و بتن پوک نشود.
۲. شفته آهک باید قبل از اجرای بتن مگر مرطوب شود تا آب بتن را جذب نکند.
۳. بتن مگر باید زمانی بر روی شفته آهک اجرا شود که مقاومت شفته به ۵/۱ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع رسیده باشد. (شفته آهکی زمانی به مقاومت ۵/۱ کیلوگرم بر متر مربع رسیده است که اثر کفش پس از راه رفتن بر روی آن باقی نماند).
۴. بتن مگر معمولاً توسط دستگاههای بتونیر کوچک ساخته می‌شود. دقت شود که بتن درون دستگاه حداقل دو دقیقه پس از اضافه کردن آب، به خوبی مخلوط شود و سپس مورد استفاده قرار بگیرد.
۵. بتن مگر معمولاً جهت پاکسازی کف و اجرای دقیق تر فاصله گذاری آرماتورها از کف اجرا می‌شود بنابراین باید دقت شود که سطح تمام شده آن تمیز و یکنواخت باشد تا آرماتوربندی بهتر انجام شود.
۶. بعد از ریختن بتن مگر، بسته به دمای هوا، باید حدود ۱۰ ساعت سطح آن مرطوب نگه شود. بعد از گذشت یک روز می‌توان عملیات بعدی را شروع کرد.<sup>[15]</sup>

## ۷.۱ فناوری نانو در بتون

نوشتار اصلی: فناوری نانو در بتون

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه بهبود کیفیت بتن انجام شده است که اکثر آنها تغییر در ترکیب بتن (که به آن طرح اختلاط بتن گفته می‌شود) را

معمولاً به جای استفاده از یک سیمان بخصوص، این امکان وجود دارد که بعضی از خواص سیمانهای معمولی مورد استفاده را به وسیله ترکیب کردن آن با یک افزودنی تغییر داد. قابل توجه اینکه نباید عبارات "مواد ترکیبی" و "مواد افزودنی" با معانی مترادف به کار روند، زیرا مواد ترکیبی موادی هستند که در مرحله تولید به سیمان اضافه می‌شوند در حالی که مواد افزودنی در مرحله مخلوط کردن به بتن اضافه می‌شوند. افزودنی‌های شیمیایی اساساً عبارتند از: تقلیل دهنده‌های آب، کندگیر کننده‌ها و تسریع کننده‌های گیرش که در این نام ASTM به ترتیب تحت عنوان‌های تیپ‌های A، B، C، طبقه‌بندی شده‌اند. دسته بندی افزودنی‌ها در استاندارد BS نیز مشابه می‌باشد. در ضمن افزودنی‌های دیگری نیز وجود دارند که هدف اصلی از کاربرد آنها محافظت بتن از اثرات زیان آور یخ زدگی و ذوب یخ است.<sup>[10]</sup>

### ۱.۵.۱ تسریع کننده‌ها

افزودنی‌هایی هستند که سخت شدگی بتن را تسریع می‌کنند و مقاومت اولیه بتن را بالا می‌برند. چند نمونه از تسریع کننده‌ها عبارتند از: کربنات سدیم، کلرور آلومینیوم، کربنات پتاسیم، فلئورور سدیم، آلومینات سدیم، نمک‌های آهن و کلرور کلسیم.<sup>[11]</sup>

### ۲.۵.۱ کندگیر کننده‌ها

افزودنی‌هایی هستند که زمان گیرش بتن را به تاخیر می‌اندازند. این مواد در هوای خیلی گرم که زمان گیرش معمولی بتن کوتاه می‌شود و همچنین برای جلوگیری از ایجاد ترک‌های ناشی از گیرش در بتن ریزی‌های متوالی مفید می‌باشند.

به عنوان چند نمونه از کندگیر کننده‌ها می‌توان از شکر، مشتقات هیدروکربنی، نمک‌های محلول روی و براتهای محلول نام برد.<sup>[12]</sup>

به عنوان مثال اگر با یک کنترل دقیق ۰٫۵٪ وزن سیمان شکر به بتن اضافه کنیم، حدود چهار ساعت گیرش آنرا به تاخیر می‌اندازد. مصرف ۰٫۲ تا یک درصد وزن سیمان از گیرش سیمان جلوگیری به عمل می‌آورد.<sup>[13]</sup>

### ۳.۵.۱ تقلیل دهنده‌های آب

این افزودنی‌ها به سه منظور به کار می‌روند:

۱. رسیدن به مقاومتی بالاتر به وسیله کاهش نسبت آب به سیمان
۲. رسیدن به کارایی مشخص با کاهش مقدار سیمان مصرفی و نتیجتاً کاهش حرارت هیدراتاسیون در توده بتن.
۳. سادگی بتن ریزی و وسیله افزایش کارایی در قالبهایی با آرماتور انبوه و موقعیت‌های غیرقابل دسترسی

برای مشاهده تقلیل دهنده‌های آب‌ها با توضیحات و نمودارهای کارایی و با جزئیات کامل را مشاهده فرمایید.

افزودنی‌های تقلیل دهنده آب تحت عنوان تیپ A دسته بندی می‌شوند؛ لیکن اگر افزودنی‌ها همزمان با کاهش نیاز به آب باعث تاخیر در گیرش نیز بشوند تحت عنوان تیپ D طبقه‌بندی می‌شوند. اگر این‌ها باعث تسریع در گیرش شوند تیپ E نامیده می‌شوند.<sup>[14]</sup>

### ۴.۵.۱ فوق روان کننده‌ها

این مواد از قویترین انواع تقلیل دهنده‌های آب هستند که در آمریکا به عنوان روان کننده قوی و در ASTM به عنوان تیپ F نام گذاری شده‌اند. افزودنی‌هایی نیز هستند که در ضمن تقلیل شدید آب باعث مقداری تاخیر

از نشت آنها به محیط زیست پیرامون جلوگیری می‌نماید. آسیب دیدن بتن سنگین سبب آلودگی هسته‌ای می‌گردد، که این رخداد در نیروگاه هسته‌ای فوکوشیما در ژاپن و در پی بروز زمین لرزه و سونامی پیش آمد.

بررسی کرده‌اند، با این حال استفاده از افزودنی‌ها و همچنین جایگزین کردن مصالح متداول مورد استفاده در بتن با مصالح جدید همیشه مورد توجه بوده است. یکسری از مواد جدید که توانسته‌اند خواص مکانیکی و فیزیکی بتن را ارتقا دهند، نانو موادها هستند. نانو موادها با توجه به خصوصیاتشان در سطوح بسیار ریز می‌توانند دنیای بتن را کاملاً متحول کنند.<sup>[16]</sup>

## ۱۰.۱ مواد افزودنی یا چاشنی‌های بتن

موادی بجز آب و سیمان و سنگدانه، که پیش از، یا هنگام ساخت بتن، به آن افزوده می‌شود و در تعیین نسبت‌های اختلاط (مگر مواردی که کاهش آب بتن در نظر باشد) محاسبه نمی‌شوند. این مواد بصورت گرد یا مایع بوده و یک یا چند ویژگی بتن را با هدف اصلاح برخی از این ویژگی‌ها تغییر می‌دهند. اگرچه گاه در پاره‌ای ویژگی‌های بتن ممکن است خلل پدید آورند که این کار نباید از دامنه استاندارد بیرون باشد. این افزودنی‌ها باید با استانداردهای ملی ایران، از جمله استاندارد ۲۹۳۰ و یا در صورت نارسایی استانداردهای مورد نیاز، با یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی همخوان باشد.

## ۸.۱ هبلکس بتن سبک یا بتن هوادار اتوکلاوی

از مسائل مهم ساختمان سبک سازی وزن سازه به منظور پایداری بهتر در برابر نیروی زلزله است. در ساختمان‌های اسکلت فلزی و بتونی، پارتیشن‌ها و دیوارهای داخلی فقط نقش جدا کننده فضا را برعهده دارند که اگر مصالح بکاررفته شده در این اجزا سبک تر باشد تاثیر مستقیمی در کاهش وزن سازه دارد. آجرهای هبلکس وزن مخصوص پایینی دارند بطوریکه با قرار گرفتن در آب به ته آب فرو رفته و بر روی سطح آب قرار می‌گیرد.

## ۱۱.۱ انواع مواد افزودنی تک منظوره

۱. مواد افزودنی کندگیر کننده
۲. مواد افزودنی تندگیر کننده
۳. مواد افزودنی زود سخت کننده
۴. مواد افزودنی هوازا
۵. مواد افزودنی نگهدارنده آب
۶. مواد افزودنی کاهنده جذب آب

## ۹.۱ وزن ویژه بتن

وزن ویژه بتن به دو گونه حقیقی (با کم کردن خلل و فرج آن) و ظاهری (حجم ظاهری آن) بررسی می‌شود و از این دید بتن را در سه دسته بتن معمولی، بتن سبک و بتن سنگین گروه بندی می‌کنند.

### • بتن معمولی

ساخته شده با سنگدانه‌ها و سیمانهای معمولی تیپ یک تا پنج پرتلند و با وزن ویژه ۲۲۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب.

### • بتن سبک

که در ساخت آن یا به جای شن و ماسه سیلیسی، از دانه‌های متخلخل، مانند پومیس (سنگ پا) یا پوک بکار رفته و یا با روشهایی (مانند افزودن ژل آلومینیوم) شرایطی را فراهم می‌آورند تا حجم بتن افزایش یابد. وزن ویژه این گونه بتن ۳۳٪ تا ۵۰٪ وزن ویژه بتن معمولی است. یعنی می‌توان بتن با وزن ویژه ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب نیز ساخت، که بر آب شناور بماند. این بتن بیشتر برای ناماسازی، دیوارهای جدا کننده، سقف کاذب و جاهایی که مقاومت مطرح نباشد بکار می‌رود. ممکن است در بتن سبک آرماتور (بیشتر آرماتورهای با مقاومت بالا) هم بکار رود. کار با این گونه بتن به دو روش ساخت بلوک‌های پیش ساخته سبک و نیز بتن ریزی درجا انجام پذیر است. در بازسازی شهر هویزه از بتن سبک در سقف و دیوار بهره برده‌اند.

### • بتن سنگین

از جمله بتن‌هایی است که کاربرد ویژه دارد. این بتن جهت کاربری در ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای (و برای پیشگیری از بروز نشت‌های اتمی و آلاینده‌ی محیط زیست) طراحی می‌گردد. و نامیدن این گونه مصالح به بتن سنگین به دلیل کاربرد دانه‌های ریز فولاد، بشکل شن و ماسه در آن می‌باشد که وزن ویژه بیش از ۲۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب این بتن، بیش از بتن معمولی ساخته شده با شن و ماسه سیلیسی است.

در ساخت این گونه بتن بجای شن و ماسه خرده‌های فولاد، چدن و یا سولفات باریم بکار می‌رود تا از نشت هرگونه پرتوهای آسیب زا مانند ایکس، گاما و دیگر پرتوها پیشگیری گردد. وزن ویژه بتن سنگین ۱/۵ تا ۲/۵ برابر بتن معمولی (۳۵۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلوگرم بر هر متر مکعب) است.<sup>[17]</sup> از سازه‌های تقویت شده با این بتن در ایران، می‌توان از نیروگاه اتمی بوشهر و نیروگاه آب سنگین اراک یاد نمود. دانه‌های فولاد با گیرش پرتوهای اتمی،

## ۱۲.۱ مواد جایگزین سیمان

شامل پوزولان‌ها و مواد شبه سیمانی بر پایه استانداردهای ملی (شماره‌های ۳۴۳۳ و ۱۷۱) ایران و با هدف فراهم نمودن یک یا چند ویژگی زیر؛

- کاهش مصرف سیمان
- کاهش سرعت و میزان آبگیری
- افزایش تاب بتن
- افزایش پایداری بتن با کاهش نفوذپذیری آب

## ۱۳.۱ پوزولان‌ها

مواد سیلیسی یا سیلیسی و آلومینی بدون یا با ارزش چسبانندگی کم که در همکناری آب با هیدروکسید کلسیم واکنش نشان می‌دهند و ترکیباتی مانند سیمان پرتلند آبدیده می‌سازند. پوزولانها یا طبیعی اند، که در گونه‌های خام یا تکلیس شده هستند و عمدتاً شامل خاکسترهای آتش فشانی غیر بلورین باشند؛ یا صنعتی شامل دوده سیلیسی (میکروسیلیس، محصول فرعی کوره‌های قوس الکتریکی صنایع فروالیاژ و فرو سیلیس، ماده‌ای با فعالیت پوزولانی شدید)، خاکستر بادی (محصول فرعی سوخت زغال سنگ، شامل: سیلیس، آلومین و اکسیدهای آهن و کلسیم)، و خاکستر پوسته برنج

## ۱۴.۱ مواد شبه سیمانی

- دارای ویژگیهای پنهان هیدرولیکی، که اگر به گونه‌ای مناسب فعال شوند ویژگی سیمانی می‌یابند و تنها در محیط‌های بازی با آب واکنش همانند سیمان پرتلند نشان می‌دهند. پرکاربردترین ماده شبه سیمانی سرباره گوره آهن‌گدازی است.<sup>[18]</sup>
- [16] سیستم جامع آموزش فناوری نانو. <http://edu.nano.ir/index.php?>
- [17] تکنولوژی و طرح اختلاط بتن/دکتر مستوفی نژاد/دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان/چاپ پنجم/صص 46 و 47
- [18] مقررات ملی ساختمان ایران/مبحث نهم: طرح و اجرای ساختمانهای بتن آرمه/دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان/صص 40 تا 46

## ۱۵.۱ بتن شفاف

از جمله مصالح مدرن است که بخشی از پرتوهای نور را از خود می‌گذراند و تا اندازه‌ای مانند شیشه می‌باشد.

## ۱۶.۱ جستارهای وابسته

- بتن مسلح
- سیمان پرتلند
- سیمان
- نمک بتن
- نمک فریدل
- کربوناتسیون
- سنگ آهک
- سنگ گچ
- سازه‌های بتنی

## ۱۷.۱ پانویس

- [1] تکنولوژی بتن، نویل، ترجمه رضانیانپور و شاه نظری، صفحه ۲
- [2] تکنولوژی بتن، نویل، ترجمه رضانیانپور و شاه نظری، صفحه ۸۱
- [3] تکنولوژی بتن، نویل، ترجمه رضانیانپور و شاه نظری، صفحه ۸۲
- [4] تکنولوژی بتن، نویل، ترجمه رضانیانپور و شاه نظری، صفحه ۴۲
- [5] تکنولوژی بتن، نویل، رضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۴۴
- [6] تکنولوژی بتن، نویل، رضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۴۴-۴۵
- [7] تکنولوژی بتن، نویل، رضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۴۵
- [8] تکنولوژی بتن، نویل، رضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۴۷
- [9] سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. آیین نامه بتن ایران (آبا). چاپ هفتم (تجدید نظر اول). تهران: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور؛ معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات. ISBN 964-425-596-8.
- [10] تکنولوژی بتن، نویل، رضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۱۵۶
- [11] تکنولوژی بتن، نویل، رضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۱۵۹
- [12] تکنولوژی بتن، نویل، رضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۱۶۱
- [13] تکنولوژی بتن، نویل، رضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۱۶۲
- [14] تکنولوژی بتن، نویل، رضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۱۶۳



## فصل ۲

## بتن مسلح

در بیشتر موارد، برای بالا بردن تاب بتن، از میلگردهای فولادی جهت مسلح کردن بتن استفاده می‌شود.

## ۱.۲ تاریخچه

در آمریکا، ویلیام وارد، نخستین ساختمان بتن آرمه را در سال ۱۸۷۵ در نیویورک بنا نمود. همچنین، تادیوس هیات، که در ابتدا یک وکیل بود، در دهه ۱۸۵۰ تجربیاتی را در مورد تیر بتن آرمه انجام داد. وی میله‌های آهنی را در ناحیه کششی تیر قرار داد و در نزدیکی تکیه‌گاه آن را به طرف بالا خم کرده و در ناحیه فشاری مهار نمود. او همچنین میله‌های قائمی را در نزدیکی تکیه‌گاه‌ها برای تحمل برش به کار برد. هیات در سال ۱۸۷۷ یک کتاب ۲۸ صفحه‌ای در ارتباط با موضوع تحقیقات خود منتشر کرد.<sup>[۱]</sup>



بتن مسلح

## ۲.۲ جستارهای وابسته

- بتن
- میلگرد
- پوشش بتن

## ۳.۲ منابع

[۱] «بتن آرمه». بازبینی شده در ۲۰۱۱/۰۹/۰۴.

مشارکت‌کنندگان ویکی‌پدیا، «Reinforced concrete»، ویکی‌پدیای انگلیسی، دانشنامهٔ آزاد (بازیابی در ۴ سپتامبر ۲۰۱۱).

**بتن مسلح** یا **بتن آرمه** به بتن مسلح شده با میلگرد (آرمتور) گفته می‌شود. برای مسلح کردن بتن از میلگردهای تقویتی، شبکه‌های توری تقویتی، صفحات فلزی یا الیاف تقویتی استفاده می‌گردد.

هدف اصلی استفاده از بتن آرمه، واگذاری نیروهای کششی بوجود آمده در بتن به میلگردهاست (به دلیل مقاومت کششی بالای میلگرد) تا بدین طریق نیروهای کششی به بتن وارد نشده و سبب ترک‌خوردگی و در نهایت پکیدن بتن نشود. مقاومت کششی بتن ۱۰٪ مقاومت فشاری آن است. این نوع از بتن، در سال ۱۸۴۹ توسط باغبانی فرانسوی به نام جوزف مونیر اختراع شده و در سال ۱۸۶۷ به ثبت رسید. واژه فرو بتن نیز (به انگلیسی: Ferro Concrete) تنها به بتنی اشاره دارد که توسط آهن یا فولاد تقویت شده باشد. از مواد دیگری همچون الیاف آلی و معدنی نیز می‌توان به مانند کامپوزیت‌هایی در اشکال مختلف برای تقویت بتن استفاده کرد.

بتن نیروهای فشاری را به خوبی تحمل می‌کند؛ اما در برابر نیروهای کششی ضعیف است. پس با مسلح کردن بتن، می‌توان مقاومت کششی آن را افزایش داد. علاوه بر این، کرنش شکست بتن در کشش، بسیار پایین است که با مسلح نمودن آن می‌توان دو لبه بتن ترک‌خورده را به هم نزدیک کرد. برای داشتن یک ساختمان محکم، انعطاف‌پذیر و بادوام، مواد و مصالح تقویت کننده بتن باید ویژگی‌های زیر را داشته باشند:

- مقاومت بالا
- کرنش کششی زیاد
- پیوستگی مناسب با بتن
- سازگاری با حرارت زیاد
- ماندگاری بالا در محیط بتن





## فصل ۳

# بتن آسفالتی



تصویر از کارخانه آسفالت برای ساخت آسفالت.



بتن آسفالتی



ماشین در حال فرش کردن بتن آسفالتی



برش از بتن آسفالتی

داده شده و با قیر گرم در درجه حرارت‌های معین مخلوط و به همان صورت گرم برای مصرف در راه، حمل، پخش و کوبیده می‌شود.

### ۱.۳ کاربرد

دوام زیاد، تولید یکنواخت، کنترل درجه حرارت و رطوبت مصالح و آماده شدن سریع برای عبور ترافیک، از مزایای بتن آسفالتی گرم می‌باشد که بدون هیچگونه محدودیتی در راهها، خیابانها، فرودگاهها، باراندازها، پایانهها، و پارکینگها مورد مصرف قرار می‌گیرد.



لایه پائینی بتن آسفالتی

بتن آسفالتی گرم (به انگلیسی: Asphalt concrete) مخلوطی است از سنگدانه‌های شکسته و دانه بندی شده و فیلر که در کارخانه آسفالت حرارت



## ۲.۳ جستارهای وابسته

- آسفالت
- بتن

## ۳.۳ منابع

- Hot Mix (Asphalt Concrete)

saze118.com



## فصل ۴

# بتن اسفنجی اتوکلاوی

### ۳.۴ خط تولید

سیلیس از مهمترین مواد اولیه بتن سبک AAC می‌باشد و از معادن داخل کشور تهیه می‌شود، آهک نیز بصورت فرآوری شده و پخته شده به داخل کارخانه حمل می‌گردد.

در خط تولید بتن سبک یا AAC سه سیلیو نگهداری مواد اولیه وجود دارد که عبارتند از: سیلیو سیلیس، سیلیو آهک و سیلیو سیمان، که مواد اولیه پس از نگهداری در این سیلوها به تدریج وارد خط تولید می‌شوند. سیلیس، آهک و سیمان بوسیله الواتورهای مخصوص از سطح زیرین سیلوها به داخل آنها منتقل و در مدت زمان مشخص وارد خط تولید می‌شوند.

در نخستین مرحله از تولید بتن سبک، مواد اولیه شامل سیلیس و آب بصورت دوغاب یا گل در آورده می‌شود مواد مورد مصرف شامل سیلیس، آهک و سیمان بصورت خشک پس از توزین مخلوط می‌شوند و در واقع دو آسیاب در این مرحله وجود دارد شماره (آسیاب مواد تر) و (مواد خشک) که پس از مخلوط شدن و فرآوری، مواد به محل قالب ریزی انتقال داده می‌شوند.

پیش از آنکه مواد به قسمت قالب ریزی انتقال یابند بدقت توزین شده و در میکسرهای مخصوصی در مدت زمان لازم و مشخص مخلوط می‌شوند. مرحله بعدی کار مرحله قالب ریزی مواد است که مواد مخلوط شده در داخل قالب‌هایی که هر کدام تقریباً ۳ متر معکب گنجایش دارند ریخته می‌شوند. این مواد پس فعل و انفعالات شیمیایی در زمانی مشخص بصورت قالب‌های مورد نظر در می‌آیند این زمان حدود ۳٫۵ ساعت به درازا می‌کشد. اینک زمان آن رسیده است تا قالب‌های تولیدی را به خط ریخته‌گری انتقال دهند؛ این قالب‌ها بوسیله شيفتر به خط ریخته‌گری کارخانه برده می‌شوند تا این مرحله از کار انجام شود.

قالب‌های تولیدی را بامازوت، اندود می‌کنند تا در مرحله ریخته‌گری چسبندگی ایجاد نشود. میزان حرارت موجود و آمادگی قالب‌ها برای خط برش بوسیله متخصصان کارخانه اندازه‌گیری می‌شود تا پس از اعلام آمادگی قالب‌ها به خط منتقل شود. بعلا تغییراتی که می‌تواند در مواد اولیه رخ دهد، این مواد پیش از ورود به خط، کنترل شده و آزمایش‌های شیمیایی روی آنها انجام می‌شود و پس از ورود به خط نیز بنا به کیفیتی که درون قالب‌ها دارد، تحت آزمایش و کنترل کیفی قرار می‌گیرند. در این بخش از کارخانه سطح خارجی قالب‌ها برداشته می‌شود تا یک سطح هموار و مشخصی از تمام قالب‌ها نمایان گردد در این قسمت دیوارهای جانبی قالب‌ها جدا و از واگن‌ها جدا می‌شوند و آنگاه به بخش برش انتقال می‌یابند. در این بخش پس از دیواره برداری از قالب‌ها، ابتدا برش‌های عرضی به قالب‌ها داده می‌شود و آنگاه با دستگاه‌های برش و با دقت و توجه خاص کارکنان و متخصصان کارخانه برش‌های طولی قالب‌ها انجام خواهد شد. اندازه برش‌های طولی و عرضی قالب‌ها بسته به تقاضای مصرف‌کنندگان و بازار مصرف آن دارد که قابل تنظیم و تغییر خواهد بود. پس از مرحله برش، قالب‌ها بر روی واگن‌های مخصوصی قرار می‌گیرند تا به بخش بلوکی که مرحله پخت قالب هاست انتقال یابد. قالب‌های محصول در مرحله پخت وارد اتوکلاوها می‌شوند و در حرارت ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و با فشار ۱۲ اتمسفر پخته و عمل آوری

بلوک سبک بتنی هوادار اتوکلاو شده یا بتن هوادار اتوکلاوی (Autoclaved Aerated Concrete - AAC) متخلخل می‌باشد. این نام برای بتن هوادار تولید شده در اروپا در نظر گرفته شده است. در سال ۱۹۲۴ میلادی توسط مهندس آرشیتکت سوئدی اختراع و به جامعه مهندسين معرفي گردید. این بتن هم اکنون در اروپا و آمریکا به نام‌های تجاری YTONG , HEBEL یا Siporex ارائه می‌شود و در ساخت و ساز نیز بسیار از آن استفاده می‌شود.<sup>[1][2]</sup>

ساخت این محصول به روش اختلاط و پخت مواد اولیه انجام می‌گیرد. Johan Axel Erikson مهندس آرشیتکت سوئدی پس از آزمایش‌ها متعدد دریافت که اگر عمل آوری این مواد در حرارت و فشار زیاد انجام شود، یک محصول بتنی متخلخل با مقاومت بالا به دست می‌آید که به علت وجود حباب‌های گاز در آن، یک عایق خوب نیز محسوب می‌شود. این محصول پس از تغییراتی در فرمولاسیون Autoclaved Aerated Concrete و به اختصار AAC نام گرفت.

در حدود ۱۹۴۳ آلمانی‌ها نیز از این تکنولوژی استفاده کرده و AAC را تحت نام‌های تجاری مختلف تولید کردند. همگام با سوئد و آلمان، انگلستان نیز خاکستر را جایگزین سیلیس کرده و مدت زیادی است که بلوک AAC تولید شده را در صنعت ساختمان استفاده می‌کنند. در حال حاضر، با تغییرات کوچک در فرمولاسیون و فرایند مربوط به AAC، تغییرات چشمگیری در ساختار آن فراهم آمده و این تغییرات موجب تقویت ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی AAC شده است. در سال‌های اخیر بیش از ۴۵۰ تولید کننده در ۴۱ کشور جهان AAC را تولید و به بازار عرضه می‌کنند.<sup>[3]</sup>

### ۱.۴ مواد اولیه

مواد تشکیل دهنده اصلی بتن هوادار اتوکلاوی، ماسه سیلیسی، آهک، سیمان، آب هستند، طبیعی و به وفور یافت می‌شود. ترکیبات قابل بازیافت و برگرداندن به چرخه تولید می‌باشد.

### ۲.۴ نحوه تولید

مهمترین مواد اولیه این نوع بتن سیلیس است که همراه آب به صورت دوغاب درآورده می‌شود و همچنین آهک پخته شده و سیمان می‌باشد و در میکسرهای مخصوص در مدت زمان معلوم می‌باشد و سپس در قالب‌های مورد نظر ریخته خواهند شد.

به طور کلی سیپورکس مخلوطی از سیلیس، سیمان، آهک و مقداری پودر آلومینیوم می‌باشد که در حرارت ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد پخته شده و در ابعاد ۶۰\*۲۵\*۱۰، ۶۰\*۲۵\*۱۲٫۵، ۶۰\*۲۵\*۱۵، ۶۰\*۲۵\*۲۰، ۶۰\*۲۵\*۳۰، ۶۰\*۲۵\*۳۰، ۶۰\*۲۵\*۳۰ و همچنین بسته به نیاز مشتری متغیر تولید می‌شود.<sup>[4]</sup>

• جهت برش قطعات می‌توان از وسایلی مانند تیشه و اره چوب بری، شیارزن استفاده نمود.

• بمنظور نصب وسایل بر روی دیوار (قاب عکس، تابلو) می‌توان از پیچ و رول پلاک استفاده نمود.

• بمنظور نصب تاسیسات مکانیکی و الکترونیکی به راحتی توسط یک دستگاه برش (فرز) می‌توان مسیر عبور را در داخل بلوکها تعبیه نمود.

مقاومت حرارتی عالی AAC نقشی بزرگ را برای حفاظت محیط توسط کاهش ظرفیت نیاز به هوای گرم و یا خنک در ساختمانها برعهده دارد. به اضافه اینکه قابلیت استفاده راحت از این محصول، برش درست آنرا باعث می‌شود که این تولید ضایعات سخت در حین مصرف را به حداقل می‌رساند.

بر خلاف دیگر مواد ساختمانی AAC می‌تواند نیاز به استفاده از عوامل ایزولاسیون در ساختمان را که باعث افزایش تاثیر بر محیط و قیمت محصول می‌شود را منتفی نماید. شن کوارتز، آهک و یا سیمان به مثابه عامل پیوند کننده، پودر آلومینیوم به نسبت ۵ درصد (با توجه به دانسیته از قبل طراحی شده) و آب زمانی که مخلوط شده و در قالبها ریخته می‌شوند باعث پیدایش واکنش‌های متعدد شیمیایی می‌شوند که وزن سبک و خواص حرارتی AAC را تامین می‌کنند. پودر آلومینیوم با هیدروکسید کلسیم و آب وارد واکنش شده و هیدروژن تولید می‌کند. گاز هیدروژن مخلوط خام را تا دو برابر حجم فوم می‌نماید (توسط حبابهای گازی با قطر حدود یک هشتم اینچ) در پایان پروسس فرمینگ هیدروژن به اتمسفر گریخته و توسط هوا جایگزین می‌شود. زمانی که فومها از مواد جدا می‌شوند محصول جامد ولی هنوز نرم است که بشکل پنل و بلوک بریده شده و برای مدت ۱۲ ساعت در اتاقک اتوکلاو قرار داده می‌شود.

در شرایط فشار بخار، پروسه سخت شدن تا زمانی که درجه حرارت به ۱۸۰ °C و فشار به ۱۲ bar می‌رسد ادامه می‌یابد. دانه های کوارتز باهیدوکسید کلسیم واکنش داده و کلسیم سیلیکوهیدرات تولید می‌نماید که این عاملی است که مقاومت بالا و خواص مشهود AAC را بوجود می‌آورد.

کار کردن با بتن سبک بسیار آسان است مثلاً به راحتی می‌توان آنرااره نموده و با میخ در آن کوبیده شود و یا جای پریرز یا کانال عبور سیم برق و لوله آن در آن بوجود آورد. علاوه بر این بتن سبک در مقابل آتش بسیار مقاوم است و کلیه شرایط سلامت محیط زیست را دارا می‌باشد. کار کردن با این نوع بتن‌های سبک نیاز به تخصص خاصی ندارد. با توجه به ابعاد و سهولت کار، سرعت اجرا نیز نسبت به آجر و سفال تا ۲ الی ۳ برابر افزایش می‌یابد.<sup>[8]</sup>

## ۶.۴ ملات مورد نیاز

### ۱.۶.۴ ملات ماسه و سیمان

با توجه به اینکه بلوکهای AAC از نوع بتن سبک می‌باشد و همگونی کاملی با ملات ماسه و سیمان دارد می‌توان نسبت ترکیب را ۵ یا ۶ به یک تبدیل و در مصرف سیمان صرفه جویی بیشتری نمود. در مواردیکه عایق بندیهای مورد اجرا با آب و رطوبت سر و کاری نداشته باشد (مثل دیوار اتاق خواب...) می‌توان از ملات گچ و خاک (به لحاظ صرفه جویی اقتصادی) نیز استفاده نمود.

### ۲.۶.۴ چسب بلوک

چسب مخصوص بلوک هوادار اتوکلاو شده باعث افزایش سرعت اجرا و کاهش پل حرارتی ملات ماسه سیمان می‌گردد.

می‌گردد. قالبها در اتوکلاوها و پخت کامل به بخش بار انداز محصولات آماده تحویل انتقال می‌یابند تا به تدریج به بازار مصرف عرضه شود.<sup>[5]</sup>

## ۴.۴ مزایا

### مزایای فنی

سبکی وزن، عایق در برابر حرارت، عایق در برابر برودت، عایق در برابر صدا، استحکام و پایداری در مقابل زلزله، آتش‌سوزی و بسیاری مزایای دیگر از محاسن بلوک‌های سیپورکس نسبت به سایر مصالح قدیمی نظیر آجرهای معمولی و آجرهای سفال می‌باشد.

### مزایای اجرایی

با توجه به ابعاد و سبکی و راحتی نصب بلوک‌های سیپورکس در همه ضخامت‌ها، سرعت اجرا نسبت به سایر مصالح به ۳ برابر بالغ می‌گردد.

### مزایای اقتصادی

پروژه‌های ساختمانی با استفاده از بلوک‌های AAC با در نظر گرفتن سرعت اجرا، به دستمزد کمتری احتیاج و همچنین استفاده از AAC به سبب مصرف ملات کمتر و نیز کاهش بارهای وارده به سازه به دلیل وزن کم دیوارها که موجب کاهش ابعاد سازه می‌شود، صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای را در هزینه مصالح مصرفی موجب می‌گردد.

همچنین این مصالح با وجود تخلخل‌هایی از حباب‌های ریز شرایط مناسبی به منظور جلوگیری از هدر رفت انرژی ساختمان داشته باشد و به عبارت دیگر می‌تواند عایق هوشمند صوت و حرارت باشد.

به علاوه در مقایسه میان مصالح سنتی و AAC اقلام زیر نیز قابل توجه می‌باشد: سرعت زیاد دیوارچینی با سیپورکس، سرعت زیاد کارهای تاسیساتی، کاهش مقاطع ساختمانی به هنگام محاسبه و صرفه جویی قابل ملاحظه در سازه‌های فلزی و بتنی. به علاوه استفاده از AAC موجب صرفه جویی چشمگیری در انرژی برای سرمایه‌ش و گرمایش ساختمان بعد از احداث می‌شود. همچنین ضایعات کلاً به عنوان پوکه مورد استفاده قرار می‌گیرد در حالیکه ضایعات زیاد آجر عملاً بلا استفاده می‌ماند.<sup>[6]</sup>

### مزایا کلی

• سازگاری با محیط زیست

• مقاوم در برابر بارهای ناشی از باد و طوفان‌های شدید و زلزله<sup>[7]</sup>

## ۵.۴ دستورالعمل‌ها

• بتن هوادار اتوکلاوشده (AAC) همگونی کامل با انواع ملات (ماسه، سیمان، گچ، خاک) را دارد.

• ملات مصرفی از آب کافی برخوردار باشد.

• پس از اجرای کامل دیوارها جهت اجرای صحیح گچ باید سطح دیوارها آب پاشی شود و فاصله بین مرطوب کردن دیوارها و انجام عملیات مورد نظر از یک ساعت تجاوز کند.

• بدلیل خواص مکانیکی و ترموفیزیکی متفاوت مصالح ساختمانی از بکار بردن همزمان بلوک سیپورکس با سایر مصالح ساختمانی مانند آجر، بلوک سفالی، بلوک سیمانی در دیوارها خوداری شود.



## ۷.۴ جذب آب

با توجه به متخلخل بودن بلوکهای AAC، نم و رطوبت توسط این بلوکها منتقل نمی‌شود. در حالی که این بلوکها نم و رطوبت را منتقل نمی‌کنند ولی در سطح بلوک آب بیشتری را نسبت به مصالح مشابه جذب می‌کنند.

اجرای تاسیسات و نماسازی (اعم از لوله، کابینت، سنگ، سرامیک) به راحتی بر روی اینگونه بتن قابل اجرا می‌باشد.<sup>[9]</sup>

از سال ۱۹۸۰ توسعه‌ای جهانی در مصرف AAC و احداث کارخانجات جدید در آمریکا، اروپای شرقی، چین، بحرین، روسیه، هند و استرالیا بوجود آمد. این محصول بطور روزافزونی توسط تولید کنندگان، معماران و سازندگان خانه استفاده می‌شود.

## ۸.۴ منابع

[1] مجتبی مغربی، جایگزین کردن مصالح سبک و ارزان به جای آجر، دهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی عمران، ۱۳۸۲

[2] <http://www.xella.com/en/content/hebel.php>

[3] Xella Aircrete North America, Inc. (2009). Building The Future with Hebel Autoclaved Aerated Concrete. From <http://www.hebel-usa.com>

[4] مجتبی مغربی، جایگزین کردن مصالح سبک و ارزان به جای آجر، دهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی عمران، ۱۳۸۲

[5] Autoclaved Aerated Concrete structure is a site that presents the full text of many essential works in the Autoclaved Aerated Concrete Construction and Consultation Services, (<http://www.aacstructures.com>)

[6] سید حسین حسینی، اثرات عایق سازی حرارتی جداره‌های ساختمانی ساخته شده با مصالح جدید در کاهش مصرف سوخت، اولین همایش منطقه‌ای عمران و معماری، ۱۳۹۰

[7] Xella Aircrete North America, Inc. (2009). Building The Future with Hebel Autoclaved Aerated Concrete. From <http://www.hebel-usa.com>

[8] <http://www.geckostone.com/lwc.html>

[9] <http://www.alliedfoamtech.com/index.html>

[www.hess-aac.com](http://www.hess-aac.com)



## فصل ۵

# بتن الیافی

بیشتر می‌باشد.<sup>[2]</sup> ضخامت نهایی بتن الیافی علاوه بر کفایت در برابر بارهای استاتیکی و دینامیکی ضریب اطمینان بسیار بالایی در اجرا ایجاد می‌کند. در سازه‌های زیرزمینی که در معرض آب و رطوبت و خوردگی بیشتر قرار دارند اهمیت بالاتری دارد. علاوه بر این موارد بتن‌های الیافی در برابر بارهای دینامیکی مانند زلزله، و ضربه به دلیل خصوصیات جذب انرژی مناسب، عملکرد بسیار مناسب تری از خودشان نشان می‌دهند.<sup>[3]</sup> بکارگیری بتن غیر مسلح به علت تردی آن بغیر از سازه‌های وزنی عملاً کاربرد چندانی ندارد. این عیب عمده بتن در عمل با مسلح کردن آن بوسیله میلگردهای فولادی یا آرماتور برطرف می‌گردد. اما از آنجا که آرماتور منحصراً بخش کوچکی از مقطع را تشکیل می‌دهد تصور اینکه مقطع بتن یک مقطع ایزوتروپی و هموزن است چندان صحیح نخواهد بود. به منظور ایجاد شرایط ایزوتروپی و نیز کاهش ضعف شکنندگی و تردی جسم بتن تا حد ممکن در چند دهه اخیر از رشته‌های نازک و نسبتاً دراز که در تمام حجم بتن بطور همگن و درهم پراکنده می‌گردد استفاده می‌شود. کاربرد اینگونه رشته‌ها یا الیاف در بتن و بطور کلی در ملات‌های سیمانی که مورد استفاده است، می‌تواند الیاف شیشه‌ای، پلی اتیلنی، فولادی، آزبست و یا نایلونی باشد.<sup>[4]</sup>



الیاف شیشه

### ۱.۵ تاریخچه الیاف

در زمانهای گذشته، از الیاف جهت تقویت ملات‌های ترد و شکننده استفاده می‌شد که مشهورترین و پرطرفدارترین آن که به علت ارزانی قابل دسترسی بوده و هست، کاه می‌باشد که برای تقویت آجرهای خشتی و ملات کاهگل در اندودها در قبال ترک خوردگی که بعد از خشک شدن به وجود می‌آید، به کار رفته و در حال حاضر نیز ارزاترین 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 طولانی و تاریخی دارد که بصیرت و اطلاع صاحبان فن را در مورد الیاف نشان می‌دهد. کاربرد الیاف فولادی از اواسط قرن اخیر آغاز گردیده و تاریخ دقیقی در مورد استفاده از این روش در دسترس نیست ولی افراد مختلف با استفاده از روش‌های متفاوتی نظیر کاربرد تکه‌های سیم یا بریده‌های فلز در داخل بتن، امتیاز این نوع روش را به نام خود به ثبت رسانده‌اند.<sup>[5]</sup>

### ۲.۵ طبقه‌بندی کاربردی

- با الیاف کم جهت کاهش میزان جمع شدگی در بتن (<1٪) حجم (الیاف)
- با الیاف متوسط یا بتن الیافی معمولی جهت اصلاح خواص سازه‌ای نظیر برش، عرض ترک و رفتار خمشی (بیشتر در کف صنعتی به کار می‌روند)
- توانمند به عنوان نسل پیشرفته، این نوع از بتن‌ها خود به چندین دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند:

در ساخت این نوع بتن از کامپوزیت‌ها به عنوان یک فناوری نوین در صنعت ساخت و ساز استفاده می‌شود. از جمله مواد جدیدی که جایگاه ویژه‌ای در ساخت و ساز به خود اختصاص داده، افزودنی‌های بتن و الیاف تقویت کننده می‌باشد. این مواد باعث بهبود خواص مطلوب بتن، همچون مقاومت آن می‌گردد و در بعضی موارد با کاهش وزن بتن، مصالح بسیار سبکی را فرا راه مهندسیین بنا قرار می‌دهد.<sup>[1]</sup> از سال ۱۹۶۰ میلادی به بعد نوع جدیدی از این بتن وارد عرصه صنعتی شد. در این راه این نوع بتن جدا از هم با توزیع تصادفی به عنوان فاز جدیدی علاوه بر فازهای بتن معمولی به کار گرفته شده است. مقاومت کششی و برشی بتن الیافی نسبت به بتن معمولی

## ۴.۵ عامل‌های کیفیت

به طور کلی کیفیت بتن ییافی می‌تواند به عامل‌های عمده زیر بستگی داشته باشد:

- نسبت‌های مخلوط بتن
- مشخصات هندسی الیاف فولادی
- نسبت طول به قطر الیاف
- مهار مکانیکی و زبری سطح الیاف
- مشخصات فیزیکی و جنس الیاف فولادی<sup>[10]</sup>

### ۱.۴.۵ الیاف شیشه

اضافه کردن الیاف شیشه به بتن به شدت بر کاهش کارایی بتن تازه تأثیر می‌گذارد، بنابراین باید از روانسازهای مناسب استفاده کرد و شیوه مناسب اختلاط را نیز تجربه کرد. همچنین الیاف شیشه‌ای به شدت تمایل دارند که در بتن تازه به یکدیگر چسبیده و گلوله شوند که به این پدیده گلوله شدن الیاف می‌گویند. واضح است که در صورت وقوع این پدیده، توزیع الیاف دیگر یکدخت نبوده و بنابراین برای برطرف کردن آن باید چاره‌اندیشی کرد.<sup>[11]</sup> الیاف شیشه‌ای مخصوص (تارهای بریده شده) دارای قطرهایی بین ۰٫۰۰۵ ر تا ۰٫۱۵ ر میلی‌متر هستند که این نوع الیاف ممکن است در تولید عناصری با الیاف شیشه‌ای به یکدیگر اتصال یابند که در این صورت قطر الیاف اتصال یافته به ۰٫۱۳ ر تا ۱٫۳ میلی‌متر می‌رسد.<sup>[12]</sup>

### ۲.۴.۵ الیاف فولادی

نوشتار اصلی: بتن مسلح به الیاف فولادی

الیاف فولادی به منظور بهبود بخشیدن به خواص بتن، کاربرد وسیعی را در سازه‌های بتنی و بتن مسلح پیدا کرده است.<sup>[13]</sup> یکی از مهمترین نقش‌های الیاف فولادی در بتن افزایش مقاومت کششی بتن بوسیله کاهش ایجاد ریزترکه‌های حاصله از بارگذاری خارجی است.<sup>[14]</sup>

### ۳.۴.۵ الیاف پلی پروپیلن

کاربرد الیاف پلی پروپیلن از ترک خوردگی و جمع شدگی بتن بخصوص در سنین اولیه آن جلوگیری می‌کند. تولید بتنی شکل پذیر با الیاف پلی پروپیلن در بتن ییافی دارای شکل پذیری بسیار زیادی می‌باشد و هرگز خرد نمی‌شود. الیاف پلی پروپیلن آب‌گریز است و درصد جذب آب آن صفر می‌باشد؛ بنابراین هرگز نباید از افزودن آب اضافی جهت افزایش روانی بتن استفاده کرد.<sup>[15]</sup>

### ۴.۴.۵ الیاف آرامید (کولار)

پلیمرهای آرامید دارای خصوصیتی چون نقطه ذوب بالا و پایداری حرارتی عالی و مقاومت در برابر شعله و غیر قابل حل بودن در بسیاری از حلال‌های آلی شناخته شده‌اند دانسیسته آن بین ۱۲-۱۴٫۶ کیلو نیوتن بر متر مکعب می‌باشد دارای خواصی چون مقاوت در برابر ضربه عدم حساسیت به شکاف خواص الکتریک- خود خاموش کنی از خصوصیات آن می‌باشد. الیاف آرامید در شکل‌های مختلف وجود دارند و همانند الیاف شیشه و کربن می‌توانند در ساخت کامپوزیتها مورد استفاده قرار گیرند. الیاف آرامید به دلیل سبکی، پایداری حرارتی خوب و چقرمگی عالی، مورد توجه قرار گرفته‌اند. الیاف کولار از زنجیرهای مولکولی طولانی پلی پارافتیلن ترفنال امید، تولید

• بر پایه مصالح شیمیایی

• بتن‌های حریره الیافی

• مواد مرکب مهندسی بر پایه مصالح سیمانی (بتن‌های الیافی شکل پذیر)<sup>[6]</sup>

## ۳.۵ مزایا

مزایای این نوع بتن در مقایسه با بتن معمولی را می‌توان بطور خلاصه به شرح ذیل بیان داشت:

- مقاومت در مقابل تورق، سایش و هوازگی سطح
- مقاومت زیاد در مقابل تنش‌های خستگی
- مقاومت بسیار عالی در مقابل ضربه
- قابلیت کششی خوب (ظرفیت زیاد کرنش)
- قابلیت باربری زیاد بعد از ترک خوردگی
- مقاومت کششی، خمشی و برشی زیاد
- طاقت خیلی زیاد<sup>[7]</sup>
- این مصالح بر خلاف بتن معمولی قادر به تحمل تنش‌ها و کرنش‌های کششی قابل ملاحظه در بارهای کششی می‌باشد و می‌توان از آن در طراحی استفاده کرد.

در این مواد، ترک خوردگی از حالت ترک‌های متمرکز خارج شده و بصورت ترک‌های متعدد ظاهر شده است. این رفتار در افزایش شکل پذیری اعضا و مهمتر از آن در پایانی سازه‌های بتنی تأثیرات چشمگیری دارد.

- با اتکا بر ظرفیت کرنش پذیری این مصالح در فشار می‌توان از میزان آرماتورهای محصور کننده در نواحی فشاری کاست.
- مقاومت برشی در این بتن‌ها و رفتار آنها به گونه‌ای است که می‌توان آرماتورهای برشی را حذف نمود.

از دیگر مزایای استفاده این مواد شکل پذیری در اعضای لرزه بر، افزایش میزان تغییر شکل‌های غیر الاستیک، عدم افت مقاومت و حفظ یکپارچگی در این تغییر شکل‌ها است که منجر به دست یابی به رفتار آسیب مدار می‌شود.

این مواد پتانسیل زیادی جهت استفاده در المانهای جاذب انرژی به عنوان کنترل غیر فعال در بهسازی لرزه‌ای ساختمان را دارند.<sup>[8]</sup>

- یک مزیت بارز بتن الیافی ظرفیت کاری زیاد آن است. ظرفیت کاری در این بتن به مفهوم ظرفیت یک جسم به منظور تبدیل کار خارجی به الف) انرژی کرنشی ذخیره شده قابل تغییر (ب) کار داخلی با تشکیل ترک‌های جدید با رها شدن و تغییر شکل الیاف و یا تولید حرارت می‌باشد. قابلیت انعطافی بتن الیافی همانند خواص مواد پلاستیک باعث می‌شود که بتن الیافی گسیختگی ناگهانی نداشته باشد. از آنجا که الیاف فولادی در جسم بتن به طور سه بعدی و به بیانی بهتر چند بعدی پراکنده می‌شود در صورت تشکیل یک ترک که معمولاً انتظار تغییر شکل می‌رود در جهات مختلف الیاف اتصالانی را بوجود آورده و از گسترش ترک جلوگیری می‌نماید؛ بنابراین رشته‌های الیاف بطور فعال در محدود کردن عرض ترک‌ها نقش داشته و در نتیجه با تشکیل ریزترکه‌های زیاد قابلیت بهره‌برداری بتن را افزایش می‌دهد.<sup>[9]</sup>

- قطعات مربوط به تونلسازی و حفاری معادن
- تیرهای پیش تنیده بتنی
- شمع‌های ضربه گیر
- قطعات نسوز با الیاف فولادی اعلاء<sup>[19]</sup>

## ۷.۵ محدودیت‌های کاربرد

- از آنجا که نحوه قرار گرفتن الیاف داخل بتن، کاملاً تصادفی می‌باشد، از این بتن معمولاً نمی‌توان به نحو مطلوبی در ساخت تیرها و ستونها بهره گرفت و در این نوع سازه‌ها استفاده از روش سنتی و شبکه بندی فولادی به صرفه تر و مناسب تر می‌باشد.
- استفاده از بتن الیافی در همه موارد از بتن سنتی به صرفه تر نمی‌باشد. اما بر اساس برآوردهایی که توسط بعضی از متخصصین کشور انجام گرفته است، در جاهایی که سرعت اجرای بالا مدنظر است و یا نیاز به پاشش بتن (شاتکریت) روی سطوح ویژه‌ای است، استفاده از این نوع بتن توصیه می‌گردد.

## ۸.۵ جستارهای وابسته

- بتن مسلح به الیاف فولادی

## ۹.۵ منابع

- [1] www.pdfactory.com
- [2] ACI544.1R-96, "State of The Art Report on The Fiber Reinforced Concrete"
- [3] Victor C Li, Shuxin Wang and Chynthia Wu, 200L "Tensile Strain Hardening of PV-ECC". ACI Material Journal
- [4] کیوانی، عبدالله، "بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی"، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 84
- [5] آرام، مهرداد، میسمی، حسین، «مقایسه مقاومتی بتن‌های الیاف برای تولید ورق‌های بتنی با مقاومت بالا»، مجله تحقیقات بتن، تابستان 89، ص 51-59
- [6] لطفی، امین، پورقلی، مهرا، «بررسی خواص بتن الیافی»، اولین کنفرانس بین‌المللی بتن‌های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، (1389)، گیلان، ایران
- [7] کیوانی، عبدالله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 84
- [8] لطفی، امین، پورقلی، مهرا، «بررسی خواص بتن الیافی»، اولین کنفرانس بین‌المللی بتن‌های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، (1389)، گیلان، ایران
- [9] کیوانی، عبدالله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 84
- [10] آرام، مهرداد، میسمی، حسین، «مقایسه مقاومتی بتن‌های الیاف برای تولید ورق‌های بتنی با مقاومت بالا»، مجله تحقیقات بتن، تابستان 89، ص 51-59
- [11] مستوفی نژاد، داود، «بررسی تجربی خواص بتن مسلح به الیاف شیشه»، استقلال، سال 20، شماره 1، شهریور 1380.
- [12] کیوانی، عبدالله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 1384

شده‌اند. آرایش یافتگی بالای زنجیرها به همراه اتصال خوب بین آنها، تلفیق منحصربه‌فردی از خواص را ایجاد می‌نماید که برخی از آنها عبارت اند از:

- استحکام کششی بالا و وزن کم
- ازدیاد طول کم در پارگی
- چقرمگی خوب
- مدول بالا<sup>[16]</sup>

## ۵.۴.۵ الیاف کربن

دانسیسته آن ۲۲,۷ کیلو نیوتن بر متر مکعب می‌باشد و شکل مختلف آن بلوری می‌باشد و ضخامت آن نازکتر از موی انسان می‌باشد و دارای قطر ۶-۱۰ میکرو متر می‌باشد. مزایای اصلی آن: استحکام بالای خستگی-مقاومت در برابر خوردگی- ضربه انبساط حرارتی پایینند. معایب: قیمت بالا- کرنش در شکست-هدای الکتریکی<sup>[17]</sup>

## ۵.۵ روش و میزان مصرف

الیاف را می‌توان در هر زمان به میکسر اضافه نمود. همچنین می‌توان الیاف را در انتها به آب طرح اختلاط اضافه نمود و داخل میکسر ریخت که در این صورت باید برای رسیدن به مخلوط یکنواخت، ۳ تا ۴ دقیقه دیگر هم زدن ادامه یابد. در صورت استفاده از بتن آماده، می‌توان الیاف را به تدریج داخل تراک میکسر ریخت و هم زدن در دور تند باید به قدری ادامه داشته باشد که از بخش کامل الیاف داخل بتن مطمئن شد. مقدار مصرف الیاف با توجه به عملکرد مورد نظر، از ۰٫۶ تا ۳ کیلوگرم در مترمکعب متغیر است.<sup>[18]</sup>

## ۶.۵ موارد کاربرد

- تسطیح اضافی، جهت افزایش مقاومت بتن مسلح به منظور کاهش ترک خوردگی و افزایش قدرت جذب انرژی تحت اثر.
- بارهای ضربه‌ای
- موج‌های انفجاری
- وضعیت‌های پیچیده تنش
- جانشین شدن به جای بتن آرمه معمولی به منظور:
- کاهش هزینه دستمزد قطعات پیش ساخته بتنی
- تثبیت و پایدارسازی شیب‌های سنگی و دیوارهای ریزشی
- خاکبرداریها در مناطق مهم
- تسطیح منحصربه‌فرد و خاصیت یکنواخت و ایزوتوپ در نتیجه توزیع همگن الیاف در جسم بتن.
- به منظور بهبود در در معیارهای تکنولوژیکی بتن، الیاف را می‌توان با بتن آرمه معمولی و با بتن پیش تنیده نیز بکار گرفت. این موارد عبارتند از:
- فنداسیون موتورها و ماشین آلات صنعتی بزرگ توربین‌ها، پرس‌های بزرگ، ژنراتورهای دیزلی و...
- دیوارهای حفاظتی، پناهگاهها و آشیانه هواپیما
- ساختمان رآکتورهای اتمی

[13] کیوانی، عبدالله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 1384

[14] پورمقدم، امیر، تقدس، حسین، محمودزاده، فتح اله، «بررسی پخش و جهت گیری الیاف فلزی در بتن مسلح الیافی»، نشریه دانشکده فنی، جلد 39، شماره 3، شهریور 1384.

www.pdfactory.com [15]

[16] لطفی، امین، پورقلی، مهران، «بررسی خواص بتن الیافی»، اولین کنفرانس بین‌المللی بتن‌های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، (1389)، گیلان، ایران

www.pdfactory.com [17]

www.pdfactory.com [18]

[19] زمانی فرادینه، علیرضا، علیقلی زاده مقدم، بهداد، «بررسی بتن مسلح به الیاف فولادی»، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، دی ماه 1383

saze118.com





## فصل ۶

## بتن پاشیده

شیب‌های سنگی و خاکی و پایدارسازی بسیاری از سازه‌های زیرزمینی دانست. همچنین شات کریت را می‌توان به عنوان ملات یا بتنی که با سرعت بالا توسط هوای فشرده روی یک سطح پاشیده می‌شود تعریف کرد. شات کریت برای نگهداری زمین در تونل‌سازی و معدنکاری ایده‌آل است چرا که یک نگهداری سریع پس از آتشباری و حفاری و مقاومت زودرس مناسب، که باعث می‌شود به زمین اجازه جابه‌جایی را بدهد، ایجاد می‌کند. از جمله مزیت‌های شات کریت عدم نیاز به قالب بندی یا قالب بندی بسیار کم نسبت به سایر روش‌های نگهداری، مناسب برای سطوح نامنظم و امکان حمل مواد برای محل‌های با دسترسی مشکل می‌باشد. کاربرد شات کریت تقویت شده با الیاف (Fiber Reinforcement Shotcrete) به سال‌های قبل از ۱۹۷۰ میلادی بر می‌گردد که الیاف فولادی (Steel Fiber) به عنوان یک جزء از شات کریت برای ایجاد شکل‌پذیری (Ductility) در آن معرفی شدند. قبل از ۱۹۷۰ میلادی اغلب از توری‌های فولادی (Steel mesh) به این منظور استفاده می‌شد. توری‌های فولادی دارای مشکلات زیادی از جمله نصب مشکل و خطرناک بود. کاربرد شات کریت در ساخت تونل و استفاده آن در دیوارها و شات کریت الیافی در موارد کاربردی.



صخره بتن پاشی شده در کنار جاده‌ای در نیوزیلند.

پس از سه دهه، پیشرفت‌های قابل توجهی در روش‌های اختلاط، نوع مواد افزودنی، ماشین آلات مورد استفاده و روش‌های پاشیدن روی داده است که باعث افزایش کارایی FRS در قسمت‌های هزینه‌ای و خواص مکانیکی آن شده است و به این دلیل به صورت گسترده در سراسر دنیا استفاده شده است.

بتن پاشیده یا بتن پاشی پای‌کار (به انگلیسی: Shotcrete) فرایندی است که در آن بتن یا ملات با فشار و سرعت بالا بر روی یک سطح پاشیده می‌شود تا لایه‌ای متراکم، خود نگهدار و برابر ایجاد گردد. بتن پاشیده شامل دو نوع خشک (Dry Mix Shotcrete) و مرطوب (Wet Mix Shotcrete) است.

## ۲.۶ انواع بتن پاشیده

بتن پاشیده نام کلی است برای ملات یا بتن حاوی سیمان، ماسه و مصالح با دانه بندی مناسب که با هوای فشرده تحت سرعت بالا روی سطح پاشیده می‌شود. بتن پاشیده را می‌توان به دو دسته کلی از نظر روش اختلاط تقسیم کرد

- مخلوط مرطوب (تر)
- مخلوط خشک

در گذشته از شات‌کریت خشک به این علت که اساساً وسایل مورد نیاز در دسترس‌تر و ارزان‌تر بود و مواد خشک می‌توانست برای مسافت طولانی‌تر حمل شود (یک مزیت مهم در کاربردهای معدنی است)، به صورت گسترده استفاده می‌شد. با این حال روش اختلاط تر دارای برتری‌های مهمی از جمله کاهش پس‌ریز، عدم نیاز به نیروی انسانی ماهر و نیاز به وسایل کمتر در محل اجرا برای معادن زیرزمینی است. کیفیت شات‌کریت به عوامل متعددی وابسته است از جمله اپراتور، کنترل آب مخلوط، سرعت نازل و تکنیک پاشیدن. در هر موردی توانایی و تمرین اپراتور بسیار مؤثر است.

مزایای ماده افزودنی بتن شات کریت (بتن پاششی):

۱. باعث کاهش ریزش مصالح می‌شود

## ۱.۶ تاریخچه و کاربردها



دیوارهای بتن پاشیده در تونلی که ایستگاه آرستادال در متروی استکهلم در آن واقع شده است.

شات کریت را می‌توان وسیله‌ای بسیار مؤثر، پایا (Durable) و اقتصادی برای کنترل زمین، کارهایی نظیر مرمت و بازسازی سازه‌های بتنی و ساختمان‌های قدیمی، ساخت پوشش‌های بتنی نگهداری اولیه در تونل‌سازی، پایدارسازی

### بتن پاشیده مرطوب

در این روش تمام مواد ابتدا با آب مخلوط می‌شود و پس از آن است که افزودنی‌های مورد نیاز بر حسب نیاز به آن اضافه می‌شود. در مرحله اول آب و سایر مواد با هم به مخلوط کن وارد شده و مخلوط می‌شوند و پس از آن است که سایر افزودنی‌ها به مخلوط اضافه می‌شود.

### بتن پاشیده خشک

در این روش ابتدا مواد به صورت خشک با درصد بسیار کمی آب مخلوط می‌شوند و قبل از خروج از نازل به آن‌ها آب اضافه می‌شود. در این روش بر خلاف روش مخلوط تر، آب در انتهای مسیر و قبل از خروج از نازل به مخلوط اضافه می‌شود.



## ۳.۶ عوامل مؤثر

از عوامل مؤثر می‌توان به طرح اختلاط اشاره کرد که عملیاتی مشکل و پیچیده است و در حقیقت نیازمند سعی و خطای بسیار است و باید دارای معیارهای زیر باشد.

- قابلیت پرتاب: مخلوط باید بتواند با کمترین میزان پس ریز جای بگیرد.
- مقاومت زود رس: مخلوط باید به اندازه کافی محکم شود تا نگهداری زمین را در مدت زمان کمی فراهم کند.
- مقاومت طولانی مدت: مخلوط باید یک مقاومت مشخص ۲۸ روزه داشته باشد با میزان شتابدهنده مورد نیاز برای بدست آوردن قابلیت پرتاب مورد نیاز و مقاومت زودرس.
- پایداری: پایداری طولانی مدت کافی برای محیط باید به دست آید.
- اقتصاد: مواد با هزینه کمتر باید استفاده شود و باید حداقل مقدار پس زیر وجود داشته باشد.

## ۴.۶ مزایا و معایب

معایب شات کرایت مخلوط خشک به شرح زیر است:

- به علت نرسیدن آب به همه دانه‌ها، ممکن است بعضی قسمت‌ها هیدراته نشده باقی بمانند.
- گرد و غبار ناشی از پراکنده شدن دانه سیمان در محل کارگاه زیاد است.
- بدلیل نجسیدن ملات (بدلیل هیدراته نشدن) بخش عمده‌ای از آن به هدر می‌رود.

مزایای شاتکرایت مخلوط تر (WMS) به شرح زیر است:

- بطور معمول، نیاز به قالب بندی ندارد و بدین ترتیب هزینه‌های قالب بندی و تجهیزات نیروی انسانی و زمان انجام عملیات بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. عدم استفاده از قالب سبب می‌شود که کارگر بتواند فضای کار را دیده و بتن را به شکل مناسبی بین میلگردها جای دهد.

لوله و سرلوله مورد استفاده جهت پاشیدن بتن

۲. باعث سهولت اجرای سقفهای قوسی شکل وانحن دار می‌شود

۳. باعث افزایش چسبندگی بتن می‌شود

۴. افزودنی شات کرایت باعث آب بندی سطوح و مسدود کردن سریع درزها می‌شود.

۵. کاهش ضخامت لاینینگ نهایی و عدم نیاز به قالب بندی در تونل‌ها برای طرح‌هایی که تصمیم به استفاده از یک بتن پاششی به کمک ماده افزودنی بتن شاتکرایت (بتن پاششی) Fabshot\_HPS بدون نیاز به لاینینگ ثانویه گرفته می‌شود.



اجرای بتن پاشیده برای یک استخر شنا در شمال استرالیا

عوامل متعددی بر انتخاب نوع شاتکرایت مؤثر است اما هر کدام از آن‌ها برتری‌ها و مزیت‌های خود را دارد و بسته به شرایط دو عملیات قابل تغییر به هم هستند. از عوامل مؤثر در انتخاب نوع عملیات شاتکرایت می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

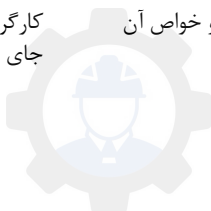
• عوامل اقتصادی

• دسترسی به مواد و وسایل

• محل عملیات

• مهارت و قابلیت اپراتور

امروزه برای انتخاب روش به میزان برگشت مواد، مقدار دور ریز و خواص آن نظیر مقاومت پایداری در مقابل هوازگی توجه بسیار می‌شود.



- امکان اجرای سازه‌های بتنی با اشکال منحنی، مدور و غیر منظم (مثل استخر و آبگیر) - امکان تثبیت کوه‌ها و صخره‌ها با پوشاندن آنها با یک شبکه مش و پاشیدن بتن روی آنها
- روکش کردن پایه پلها و لاینینگ تونل‌ها
- افزایش ضخامت لوله‌های بتنی در محیطهای خورنده و خطرناک در مقابل آتش
- مقاومت مکانیکی بهتر نسبت به شاتکریت مخلوط خشک
- چسبندگی بهتر بین بتن و میلگرد
- کاهش نفوذ پذیری و آب بندی مناسب<sup>[1]</sup>

## ۵.۶ منابع

<http://www.saktemoon.com/Concret/> [1]  
HowTo-Shotcrete-58

- مدیریت ماشینهای راه‌سازی. ترجمه دکتر علی توران.
- مشارکت‌کنندگان ویکی‌پدیا، «shotcrete»، ویکی‌پدیای انگلیسی، دانشنامه آزاد (بازیابی در ۱۷ اوت ۲۰۱۰).
- اسماعیلی. مرتضی، صابری فرد. فرشید، «شات کریت و بتن الیافی و کاربرد آن برای نگهداری سنگ» دومین کنفرانس مکانیک سنگ ایران، ۱۳۸۳.
- آتشی امیر، بررسی و مقایسه انواع شاتکریت، پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی معدن، ۱۳۸۸





## فصل ۷

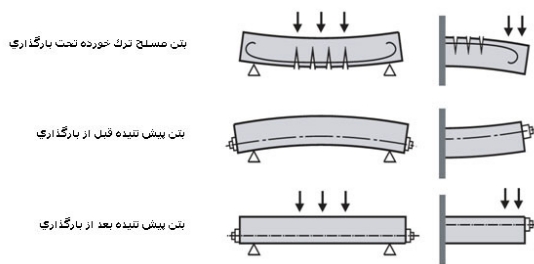
### بتن پیش تنیده

#### ۱.۷ سقف‌های بتنی پیش تنیده

این سیستم در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن، در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.



به بتن، کشش ایجاد شده در اثر بار مرده و زنده را در عضو بتنی تقلیل و در نتیجه مقاومت آن را افزایش داد.



مفهوم پیش تنیدگی

#### ۳.۷ کاربرد

نمودن مقاطع از دیرباز از پل‌ها و اسکله‌ها کاربرد داشته و در سال‌های اخیر استفاده از آن در سقف‌های دال تخت، با دهانه‌های بلند و خصوصا در سقف پارکینگ‌های طبقاتی و عموماً اعضایی که تحت اثر خمشی می‌باشند، توسعه یافته است.<sup>[1]</sup>



#### ۴.۷ عملکرد

در این سقف‌ها با وجود آوردن نیروی اضافی فشاری در بتن، قسمتی از تنش‌های کششی بتن خنثی شده و در نتیجه سطح مقطع فشاری بتن افزایش می‌یابد. در این نوع سقف‌های، نیروی بتن، توسط کشش کابل‌ها بعد از ریختن بتن و رسیدن بتن به مقاومت لازم، ایجاد می‌شود. این روش به صورت کارگاهی یا کارخانه‌ای قابل انجام است و با مخفف (TP) شناخته می‌شود. در اجرای سقف‌های TP ابتدا غلاف‌های فلزی جایگذاری می‌شوند. سپس، کابل‌ها درون غلاف قرار گرفته و پس از بتن ریزی و رسیدن بتن به مقاومت لازم، (میزانی ذکر شده در مدارک محاسباتی طرح) کشیده می‌شوند. در مرحله بعد به منظور محافظت کابل‌ها در برابر خوردگی و زنگ زدگی، گروت یا دوغاب سیمانی و یا مواد پلیمری مانند انواع مناسب قیر یا گریس به درون غلاف‌ها تزریق می‌شود.<sup>[2]</sup>

#### ۲.۷ مفهوم

بیش تنیدگی عبارت است از ایجاد یک تنش ثابت و دائمی (Prestress) در یک عضو بتنی به نحو دلخواه و به اندازه لازم، به طوریکه در اثر این تنش، مقداری از تنش‌های ناشی از بارهای مرده و زنده در این عضو خنثی شده و در نتیجه مقاومت باربری آن افزایش پیدا می‌کند. هدف اصلی، محدود کردن تنش‌های کششی و ترک‌های ناشی از لنگر خمشی، تحت تاثیر بارهای وارده در آن عضو می‌باشد. بتن جسمی است مقاوم در مقابل فشار، ولیکن مقاومت آن در مقابل کشش بسیار کم می‌باشد، بنابراین می‌توان با وارد کردن فشار

#### ۵.۷ مزایای

در این سقف‌ها به دلیل افزایش سطح مقطع موثر فشاری بتن، ضخامت دال کاهش یافته و علاوه بر کاهش وزن امکان اجرای دهانه‌های بلند فراهم می‌شود از سوی دیگر با نمودن مقطع و کاهش و یا حذف عمق ناحیه کششی

## ۶.۷ معایب

تخریب این سیستم سقف به دلیل وجود میلگردهای آن بسیار پر خطر بوده و باید با روش‌های خاص توسط تیم فنی آموزش دیده، صورت گیرد. از نکات حائز اهمیت در اعضای آن پس کشیده، مسئله افت و وادادگی کابل‌ها به دلایلی نظیر، کاهش اصطکاک بین کابل و غلاف، لغزش مهار انتهایی و فرو رفتن گوه گیرداری در ابتدا و انتهای کابل، کهولت کرنش (relaxation) و شل شدگی فولاد، جمع شدگی بتن یا خزش و انقباض و آب رفتگی بتن به مرور زمان می‌باشد که لازم است به دقت محاسبه شده و مورد توجه قرار گیرد. از دیگر مواردی که در اعضای آن باید به آن توجه نمود دقت عملی است که باید در هنگام تخریب به عمل آید. تخریب این سیستم سقف به دلیل وجود میلگردهای آن بسیار پر خطر بوده و باید با روش‌های خاص توسط تیم فنی آموزش دیده، صورت گیرد.<sup>[4]</sup>

## ۷.۷ الزامات

در این سقف‌ها به منظور دست یافتن به یک طرح بهینه از لحاظ مقدار مصالح، وزن و هزینه، از بتن و فولادهای با مقاومت بالا استفاده می‌شود. در سقف‌های این نوع کشیده حداقل رده بتن باید C30 باشد. در زمان اجرا، کنترل کیفیت مواردی نظیر محل و نحوه جایگذاری کابل‌ها، میزان نیروی پس کشیدگی، کفایت تزریق گروت در قلاف‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

- انقباض یا آب رفتگی بتن که به علت خروج آب از بتن به مرور زمان می‌باشد (shrink age)

- افت ناشی از تغییر شکل نسبی الاستیک بتن

- استفاده از سیستم سقف دال‌های تخت آن پس کشیده، در دهانه‌های بلند تر از ۷ متر توجه اقتصادی دارد.

- در استفاده از دال‌های تنیده پس کشیده به لحاظ بزرگ بودن دهانه‌ها و وجود نیروهای ثقلی قابل ملاحظه، در نظر گرفتن تمهیدات لازم به منظور کنترل برش سوراخ کننده (punch) بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

- نظر به اینکه سیستم سقف بتنی پیش تنیده پس کشیده عمدتاً بصورت دال تخت کاربرد دارد، لذا بر اساس توصیه بند ۵-۸-۳-۲ آئین نامه ۲۸۰۰ ایران، در زمان استفاده از سیستم دال‌های تخت و ستون، ارتفاع ساختمان به ۱۰ متر یا حداکثر ۳ طبقه محدود می‌شود. در غیر اینصورت استفاده از دیوارهای برشی بتن آرمه الزامی خواهد بود.

- ضوابط طراحی و اجرای سیستم سقف بتنی پیش تنیده پس کشیده باید براساس آئین نامه ACI 318 آئین نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده موضوع نشریه شماره ۲۵۰ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور که بخش الحاقی آیین نامه بتن ایران (آبا) می‌باشد، انجام شود.

- رعایت حداقل رده بتن مصرفی معادل C 30 در این سیستم الزامی است.

- محافظت فولادهای پیش تنیدگی در برابر زنگ زدگی بسیار حائز اهمیت بوده و باید کابل‌ها توسط دوغاب سیمان که بعد از کشیدن کابل‌ها به داخل غلاف‌ها تزریق می‌شود و یا مواد قیری یا گریس که روی آن می‌مالند از زنگ زدگی محافظت شوند.

بتن، ترک خوردگی و توسعه آن در مقطع بتنی، کاهش یا حذف شده و در نتیجه دوام مجموعه و مقاومت آن در محیط‌های خورنده افزایش می‌یابد. در این سیستم به دلیل کاهش ضخامت سقف، علاوه بر کنترل تنش‌های خمشی و برشی و تغییر شکل‌ها، کنترل برش پانچ در محل اتصال دال به ستون نیز حایز اهمیت می‌باشد.<sup>[3]</sup> به طور کلی می‌توان را به صورت زیر برشمرد. ۱- نداشتن ترک‌های دائمی یکی از مهمترین خواص سازه‌های این نوع بتن نداشتن ترک‌های دائمی می‌باشد. این موضوع باعث دوام بیشتر این نوع سازه‌ها نسبت به سازه‌های بتنی و بتن آرمه می‌شود. این امر به خصوص در محیط‌هایی با گازها و زمین‌های خورنده و همچنین سازه‌های دریایی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. برتری این نوع بتن نسبت به بتن آرمه در ساختمان تانکرهای آب و مخازن به جهت نداشتن ترک واضح است.

۲- وزن کمتر سازه وزن سازه‌های به مراتب از وزن سازه‌های بتن آرمه معادل کمتر است. اولاً چون از مقاومت تمام سطح مقطع بتن استفاده می‌شود، میزان بتن لازم کمتر است. ثانیاً چون فولاد مصرفی دارای مقاومت زیادتری است، معمولاً وزن فولاد لازم بین یک سوم تا یک پنجم وزن فولاد معمولی معادل می‌گردد.

۳- نداشتن خیز به سمت پایین خیز به طرف پایین (deflection) تیرهای بتنی تحت اثر بارهای سرویس معمولاً بسیار کم می‌باشد. زیرا قبل از وارد آمدن بارهای سرویس، تحت تاثیر نیروهای مقداری خیز به طرف بالا در تیر به وجود آمده است، که از شدت خیز به طرف پایین می‌کاهد.

۴- تست سازه قبل از بارگذاری در سازه‌های بتن قبل از وارد آمدن بارهای سرویس، سازه به وسیله نیروی آن به شدت بارگذاری شده و بتن و فولاد تحت اثر تنش‌های زیادی قرار می‌گیرد، و این خود یک نوع امتحان از نظر مطمئن بودن بتن و فولاد می‌باشد.

۵- قابلیت انعطاف‌پذیری با تغییر مقداری نیروی آن می‌توان سازه را صلب و یا انعطاف‌پذیر کرد، بدون اینکه مقاومت نهایی آن تغییری بکند.

۶- اقتصادی بودن سازه سازه‌های معمولاً برای دهانه‌های بزرگ و بارهای سنگین اقتصادی تر از سازه‌های بتن آرمه می‌باشد.

۷- انعطاف‌پذیری در معماری سازه‌های به دلیل حذف بعضی از ستون‌ها و پایه‌ها، امکان اجرای سازه با دهانه‌های بزرگتر را امکان‌پذیر ساخته و قابلیت سازه از نظر معماری را افزایش می‌دهد.

به عنوان مثال سطح هیبربولوئید (که از دوران هذلولی به وجود می‌آید) آن برای پوشش سقف ساختمان‌های صنعتی با دهانه‌های ۱۰ تا ۱۸ متر، سازه‌های فضایی و ... از نظر اقتصادی بسیار مقرون به صرفه و از نظر آرشیتکتی بسیار زیبا می‌باشد.



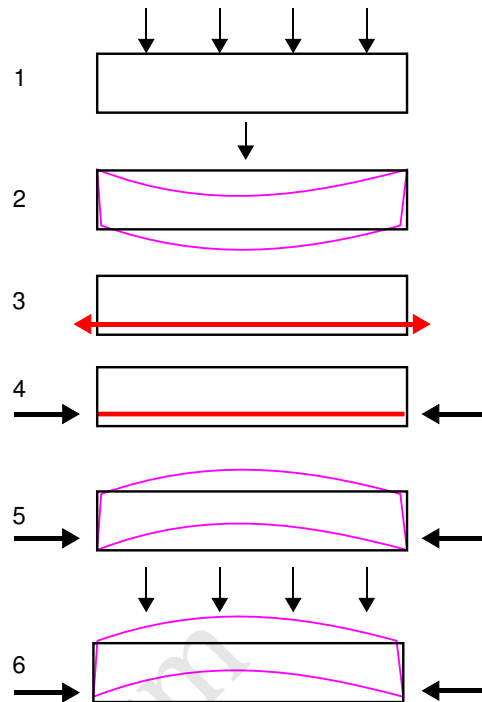
## ۱۰.۷ جستارهای وابسته

- سازه پیش تنیده
- دال با هسته توخالی
- بتن مسلح
- بتن پیش تنیده

## ۱۱.۷ پیوند به بیرون

## ۱۲.۷ منابع

- [1] فناوری‌های نوین ساختمانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۸.
- [2] فناوری‌های نوین ساختمانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۸.
- [3] فناوری‌های نوین ساختمانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۸.
- [4] فناوری‌های نوین ساختمانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۸.
- [5] فناوری‌های نوین ساختمانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۸.
- [6] مشارکت‌کنندگان ویکی‌پدیا، «Prestressed concrete»، ویکی‌پدیای انگلیسی، دانشنامه آزاد (بازیابی در ۲۲ ژانویه ۲۰۱۲).
- [7] طاحونی، شاپور. «۱». در طراحی ساختمان‌های بتن مسلح. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۸. ISBN 9789640398951.



نمودار بتن پیش‌تنیده

**بتن پیش‌تنیده** (به انگلیسی: Prestressed concrete) روشی است برای برطرف کردن ضعف بتن در برابر کشش. از بتن پیش‌تنیده می‌توان برای ساخت تیرها، کف طبقات یا پلهایی با طول دهنه‌های زیاد که در عمل با بتن مسلح معمولی قابل ساخت نیستند، بهره برد. از تاندون‌های پیش‌تنیده (عموما کابل‌های فولادی کششی)، برای ایجاد بارهای مقاوم استفاده می‌شود. این بارهای مقاوم، با ایجاد تنش فشاری، سبب به وجود آمدن تعادل با تنش کششی شده که این تنش‌های کششی نیز در هنگام وارد آمدن بار خمشی در یک عضو فشاری بتنی ظاهر می‌شوند. در بتن‌های مسلح معمولی، از میل‌گردهای فولادی در داخل بتن استفاده می‌شود.<sup>[6]</sup>

## ۸.۷ روش ساخت

در این روش، قبل از بتن‌ریزی، فولاد که به صورت مفتول یا کابل می‌باشد، تا نزدیکی حد جاری شدن کشیده می‌شود. پس از بتن‌ریزی و گرفتن بتن و در نتیجه، ایجاد چسبندگی لازم بین فولاد و بتن، عامل کشش در فولاد حذف شده و در نتیجه، کلیه نیروی کششی فولاد، به صورت فشاری وارد بتن می‌شود؛ بنابراین بتن، قبل از بارگذاری دارای تنش‌های فشاری در کلیه نقاط خود می‌باشد. حال اگر از این عضو به صورت خمشی استفاده شود، تا مرحله‌ای که تنش فشاری موجود، تنش‌های کششی ناشی از خمش را خنثی نماید، عضو می‌تواند باربری داشته باشد. با استفاده از این شیوه، ترک‌های موجود در ناحیه کششی بتن مسلح حذف می‌شود و همچنین از تغییر شکل‌های خمشی نیز به مراتب کاسته می‌شود.<sup>[7]</sup> مواد افزودنی برای ساخت این ماده از مواد افزودنی استاده کنید.

## ۹.۷ نگارخانه



## فصل ۸

### بتن حجیم

- برای مخلوط‌های بتن با اسلامپ کمتر از ۱۵۰ mm و مقاومت فشاری ۲۸ روزه کمتر از ۳۰ Mpa، مخلوط‌های بتن با نسبت آب به مواد سیمانی ۰٫۴۰ نیازی به فوق روان‌کننده بتن نمی‌باشد.

نیروی انسانی مورد استفاده در ساخت بتن‌جیم، علاوه بر صلاحیت عمومی بایستی در عملیات بتنی دانش و تجربه کافی داشته باشد.

#### ۳.۸ منابع

- P. Kumar Mehta. *HIGH-PERFORMANCE, HIGH-VOLUME FLY ASH CONCRETE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT.*

دلایلی بسیاری وجود دارد که باعث می‌گردد صنعت بتن ادامه پیدا نکند یکی از این دلایل مقدار بسیار زیاد مواد خامی است که در حال مصرف شدن است، ثانیاً ماده اصلی موجود در بتن، سیمان پرتلند است که محصولات تولید شده توسط آن به عنوان یک کمک کننده عمده یه گازهای منتشر شده در گلخانه‌ها که در گرم کردن کره زمین و تغییر آب و هوای آن نقش دارند، بکار می‌روند و ثالثاً خیلی از سازه‌های بتنی از دوام و پایداری لازمی که موجب بهره‌وری منابع صنعتی می‌شود، برخوردار نیستند. به دلیل اینکه این ماده دارای خاکستر بادی به این سه مسئله اشاره می‌کند تصویب آن صنعت بتن را پایدارتر می‌سازد.

#### ۱.۸ خاکستر بادی

خاکستر بادی یک محصول فرعی مهم از نیروگاه‌های سوخت زغال سنگ می‌باشد که به خوبی به عنوان یک ماده پوزولانی یا به عنوان یک جز از مخلوط سیمان پرتلند یا به عنوان مواد افزودنی معدنی در بتن استفاده می‌شود. در بعد تجاری دوزهای خاکستر بادی به ۱۵٪-۲۰٪ از جرم کل مواد سیمانی محدود می‌شود. معمولاً این مقدار از خاکستر بادی دارای اثرات مفیدی در اقتصاد، کارآمدی و هزینه بتن می‌باشد اما برای افزایش دوام در مقابل حمله سولفونات، گسترش سیلیس قلیایی و ترک‌های حرارتی کافی نیست. برای این منظور مقادیر بزرگتر از خاکستر بادی ۲۵٪-۳۵٪ استفاده می‌شود. اگر چه ۲۵٪-۳۵٪ از جرم مواد سیمانی بسیار بالاتر از ۱۵٪-۲۰٪ است اما به اندازه کافی برای طبقه‌بندی مخلوط به عنوان بتن کافی نمی‌باشد.

بتن حجیم

با توجه به تحقیقات انجام شده با جایگزینی ۵۰٪ یا بیشتر خاکستر بادی با سیمان، تولید یک مخلوط بتن با کارایی بالا و پایداری بیشتر امکان‌پذیر می‌باشد که نشان دهنده کارایی بالا و استحکام فوق‌العاده و دوام بسیار بالا خواهد بود.

#### ۲.۸ مشخصات

- در این حالت بایستی مقدار حداقلی ۵۰٪ خاکستر بادی نسبت به جرم مواد سیمانی حفظ شود.
- مقدار آب کمتر، معمولاً کمتر از ۱۳۰ kg/m<sup>3</sup> الزامی می‌باشد.
- مقدار سیمان معمولاً کمتر از ۲۰۰ kg/m<sup>3</sup> نیاز می‌باشد.
- برای مخلوط‌های بتن با مقاومت فشاری مخصوص ۲۸ روزه ۳۰ Mpa یا بیشتر، اسلامپ بیشتر از ۱۵۰ mm و آب به نسبت مواد سیمانی ۰٫۳۰، و استفاده از فوق روان‌کننده بتن با رنج وسیعی از کاهنده آب الزامی می‌باشد.
- در نتیجه استفاده کردن از ماده افزودنی حباب ساز بتن پارامتر فضای مناسب میان حباب‌های هوا برای بتن‌های در معرض محیط‌های ذوب و انجماد، قابل تغییر می‌باشد.





## فصل ۹

## بتن خودمتراکم

این بتن یک بتنی که به خودی خود و بدون صرف هیچگونه انرژی خارجی و تحت اثر وزن اتفاق می افتد یا جم میشود این بتن با روانی و کارایی بسیار بالا به راحتی در لایه لای سازه قرار می گیرد در واقع نیازی به ویبره کردن ندارد. از دیگر مزایای این بتن حداقل تفاوت بین بتن آزمایشگاهی و کارگاهی را می توان ذکر کرد. لازم به ذکر است بتن خود متراکم با بتن هایی که در گذشت با روانی بالا کاربرد داشتند تفاوت اساسی دارد چرا که در گذشته با بالا بردن نسبت آب به سیمان این امر میسر می شده که مضرات زیادی برای بتن دارد لیکن در طرح مخلوط بتن خود متراکم میزان آب به سیمان حذف گردیده و با استفاده از مواد افزودنی دیگر به بتن با روانی بالا رسیده ایم.<sup>[3]</sup>



بتن خودمتراکم

## ۲.۹ ویژگی ها

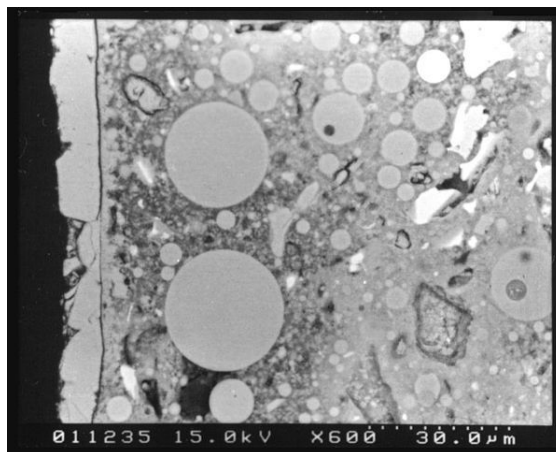


این نوع بتن (به انگلیسی: self compacting concrete.s.c.c)، نسل جدید بتن است که توسط **okamura** به منظور حل مشکلات موجود ناشی از عدم آن و دوام سازه های بتنی مطرح گردید و در زمینه های مختلفی مورد استفاده قرار گرفت.<sup>[1]</sup> این بتن یکی از دستاوردهای نوین تکنولوژی بتن بوده است که سالهاست در اروپا، آمریکا و ژاپن مورد استفاده قرار گرفته است. این صنعت هم به صورت بتن درجا و هم به صورت بتن پیش ساخته کاربرد وسیعی دارد.<sup>[2]</sup>

## ۱.۹ تعریف

شروع تست L

ابداع (S.C.C)، منجر به بهبود مهمی در رابطه با محیط زیست، سلامتی، ایمنی و حذف بعضی از خطاهای افراد اجرایی بتن ریز و همچنین افزایش حجم کار، کاهش زمان و هزینه کلی انجام کار گردید. علی رغم این ویژگی ها، این نوع بتن شامل همان ترکیبات بتن معمولی ویبره شده از قبیل شن، ماسه، سیمان، آب و مواد افزودنی می باشد، اما نسبت های آن متفاوت است. همچنین به منظور ارزیابی در برابر پارامترهای روانی و چسبندگی باید آزمایش های متنوعی روی بتن تازه انجام شود. علی رغم خصوصیات (S.C.C)، عامل اصلی که باعث متداول نشدن استفاده از این نوع بتن در اکثر کشورها گردیده فقدان روابط و ضوابط لازم و کافی آئین نامه ای برای طراحی اجزاء سازه ای می باشد.<sup>[4]</sup>



## ۳.۹ مهمترین مزایای بتن S.C.C

• کاهش دوره ساخت سازه بتن.

تصویر ۶۰۰ برابر بزرگنمایی شده

فصل ۹. بتن خودمتراکم

S.C.C قابلیت گذردهی است یعنی؛ در بین تنگناها مانند فضای بین در آرماتور بدون جداشدگی و گرفتگی به راحتی عبور می‌کند.

• **پایداری (stability):** خاصیت پایداری و حفظ همگن در طول حمل و نقل و بتن ریزی را گویند.

• **کارایی (workability):** منظور جایگیری به طور آسان در مکان مورد نظر و متراکم شدن تحت وزن خود.<sup>[6]</sup>

## ۵.۹ دلایل اقتصادی پیشرفت کاربرد S.C.C)

۱. اجرای سریعتر

۲. کاهش نیروی انسانی

۳. پرداخت بهتر سطوح

۴. قالب ریزی مطلوبتر

۵. مقاطع نازکتر بتنی

۶. آزادی بیشتر طراحی

۷. کاهش امواج صوتی بدلیل عدم عملیات ویبره<sup>[7]</sup>

اتمام تست L



شروع تست U

## ۶.۹ مشکلات استفاده

۱. بروز نبودن دانش عمرانی کشور که باعث استفاده نشدن این بتن در پروژه‌های کلان کشور شده است.

۲. در دسترس نبودن افزودنی‌های خاص بتن S.C.C که باعث شده قیمت این نوع افزودنی‌ها بالا رفته و پیمان کاران به علت مسائل اقتصادی به طرف این نوع بتن نمی‌روند.<sup>[8]</sup>

## ۷.۹ خزش در بتن

رابطه بین تنش و تغییر شکل نسبی بتن تابعی از زمان است که افزایش تغییر شکل نسبی به مرور زمان تحت اثر بار ثابت خزش نامیده می‌شود. از آنجا که این افزایش می‌تواند چندین برابر بزرگتر از تغییر شکل نسبی هنگام بارگذاری باشد، لذا پدیده خزش نقش نسبتاً مهمی در رفتار سازه‌ها خواهد داشت. بزرگی خزش و نرخ پیشرفت آن تحت تأثیر فاکتورهای زیادی هستند، بعضی از این فاکتورها ناشی از خواص مخلوط سیمان بوده و برخی به شرایط بارگذاری و محیطی بستگی دارند. با توجه به اینکه خزش به میزان تنش نیز بستگی دارد، هنگامی که تنش تحمل شده کمتر از حدوداً نیمی از مقاومت فشاری بتن باشد، کرنش خزشی تقریباً متناسب با میزان تنش بوده و خزش خطی خوانده می‌شود. در سطوح بالاتر تنش، خزش با نرخ سریعتری افزایش می‌یابد و نسبت به تنش غیرخطی می‌شود. این رفتار غیرخطی خزش در سطوح بالای تنش، مرتبط با افزایش میکروترک‌ها تلقی می‌شود. تنشهای فشاری به ندرت در سازه‌های بتنی در بارهای سرویس از نصف مقاومت فشاری فراتر می‌روند و لذا اثرات خزش غیرخطی از اهمیت کمتری نسبت به خزش خطی برخوردار است.<sup>[9]</sup>



اتمام تست U

• اطمینان از آن بخصوص در مقطعی که کاربرد لرزاننده دشوار است.<sup>[5]</sup>

## ۴.۹ خصوصیات بتن S.C.C

• **قابلیت پراکنندگی (filling ability):** یکی از ویژگیهای بتن S.C.C پرکردن و جای گرفتن آسان در لابه لای آرماتوربندی سازه به وسیله وزن خود است.

• **قابلیت گذردهی (passing ability):** یکی از ویژگیهای بتن

## ۸.۹ منابع

- [1] تحلیل شکل پذیری محل اتصال در اعضاء ساخته شده از این بتن (S.C.C)، علی اکبر مقصودی، مجله تحقیقات بتن، زمستان 87، شماره 2.
- [2] علیرضا شاهجوئی، حامد زادمهر، دکتر هرمز فامیلی، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، 1383.
- [3] این نوع و ویژگی‌های آن، محسن علی حمزه، مصطفی شمشیری، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، 1383.
- [4] شکل پذیری تیرهای مسلح ساخته شده با چمشونده، یاسر شریفی وهمکاران، نشریه مهندسی عمران و نقشه برداری- دانشکده فنی، دوره ۴۴، شماره ۴، دی ماه ۱۳۸۹.
- [5] محسن علی حمزه، مصطفی شمشیری، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، 1383.
- [6] بوتن جم شونده و ویژگی‌های آن، محسن علی حمزه، مصطفی شمشیری، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، 1383.
- [7] این بتن علیرضا شاهجوئی-حامد زادمهر-دکتر هرمز فامیلی، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، 1383.
- [8] بوتن جم شونده و ویژگی‌های آن، محسن علی حمزه، مصطفی شمشیری، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، 1383.
- [9] بررسی آزمایشگاهی خزش در بتن خود، منیره سنگی وهمکاران.



## فصل ۱۰

### بتن سبک

بتن سبک کف دار یا بتن سبک فومی به نام دیگر بتن سلولی، یکی از انواع بتن سبک می باشد که بیش از 20 درصد آنرا هوا تشکیل داده است. این امر با استفاده از ترکیب ماده کف از پیش شکل یافته و مخلوط پایه سیمانی ایجاد می شود.

بتن کف دار در سال 1923 م . برای اولین بار معرفی شده است. اما فقدان مواد و تجهیزات پیشرفته کاربرد آنرا به پروژه های کوچک محدود کرد. در 20 سال گذشته توسعه منابع مورد نیاز، شامل پیشرفتهای مهم در تولید تجهیزات و ماده کف زا با کیفیت ، تولید و بتن ریزی این نوع بتن را در مقیاسهای بزرگ ممکن ساخته است. در نتیجه توسعه محدودده کاربردهای آن در صنعت ساخت و ساز را موجب شده است. در 15 سال گذشته استفاده از بتن های کف دار با سرعت زیادی نسبت به دیگر بتنهای خاص رشد یافته است بازار مصرف فعلی این محصول در انگلستان نزدیک به یک میلیون متر مکعب در سال می باشد. در حال حاضر بتن کف دار در سراسر دنیا بطور وسیعی در کاربردهای غیرسازه ای یا نیمه سازه ای مورد استفاده دارد. این موارد شامل پرکردن فضاهای خالی حجیم (مخصوصا وقتی دسترسی مشکل باشد مانند بتن لوله های فاضلاب، چاهها، سردابها، زیرزمینها، معادن، حوضهای ذخیره، تونلها و متروهای که بی مصرف هستند) تثبیت معابر تاسیسات، عایق صوتی و حرارتی تدارکات محافظت در برابر آتش یا پایداری خاک یا دیگر المانهای پیش ساخته و دیوارهای تزریق تونل. مهمترین امتیازات بتن کفدار جریان یافتن، خود تراکم و خود تراز بودن، سبک وزن بودن و تغییرات ابعادی کم می باشد. بعلاوه این ماده از خواصی نظیر مقاومت کم کنترل شده خواص عایق حرارتی عالی، ظرفیت باربری خوب، برداشته شدن آسان بر خوردار می باشد. کف که به ماده پایه (مخلوط سیمان، آب، ماسه) اضافه می گردد باید توانایی پایدار ماندن و از بین نرفتن هنگام پمپ شدن، بتن ریزی و عمل آوری را داشته باشد. این فاکتور مخصوصا وقتی کف بخش غالب بتن می شود (مثلا مقدار کف بیش از 50%) مهم می شود. در این در صد هوا چگالی حدودا  $1100\text{kg/m}^3$  می شود و در چگالیهای کمتر، بتن باید با مراقبت تولید و استفاده گردد .

ساختمان به طور مستقیم (به لحاظ سبکی ویژه این نوع بتن) و صرفه جویی در مصرف انرژی بطور غیر مستقیم(به لحاظ عایق بودن این نوع بتن در مقابل سرما و گرما و در نتیجه کاهش میزان مواد سوختی)، از لحاظ اقتصادی گامهای بلند و مهم امروزه مهندسین و معماران سازنده ساختمان در دنیا با استفاده از بتن سبک در قسمت های مختلف بنا با سبک کردن وزنی برداشته اند.

مجتمع صنعتی نوین ساخت





## فصل ۱۱

### بتن شفاف

جدید و پیشرفته با قابلیت های بالا مطرح شده است. این محصول از ترکیب 96% بتن معمولی 4% فیبر تولید شده است. در ابتدا چنین به نظر می آید که این محصول یک ساختار دو جزئی دارد. اما چنین نیست! چون فیبر ها به قدری کوچک هستند که یک ترکیب دانه بندی همگن را بوجود آورده اند. هزاران فیبر نوری شیشه ای بین دو وجه اصلی بلوک بتنی قرار می گیرند و باعث عبور نور می شوند. قابل ذکر است این الیاف نوری که قابلیت انعطاف پذیری زیادی را دارا هستند را هیچ گونه تاثیر منفی بر روی مقاومت کششی یا فشاری بتن می گذارند. نکته ای که در این جا بر زیبایی کاربرد لیتراکن می افزاید هم رنگ بودن نور و سایه ی ایجاد شده است. پس اگر به لیتراکن نور آبی بتابد سایه ایجاد شده آبی خواهد بود و سایه قرمز هم حکایت از تابش نور قرمز دارد. از نظر تئوری فیبرهای به کار رفته در لیترا کن قادر به انتقال نور در بتنی به ضخامت حدود 20 متر است که در نوع خودش بسیار بی نظیر است. [4] موارد کاربردی لیتراکن

استفاده از تکنولوژی نانو امکان تولید بتن شفاف را فراهم نموده است که تحولی عظیم در زمینه طراحی ساختمان ها و سازه های شهری از قبیل پلها ایجاد می نماید. این نوع بتن با افزودن فیبرهای شیشه به مخلوط خرده سنگ، سیمان و آب به شیوه ای متفاوت با شیوه سنتی ساخت بتن، برای تولید محصولی خارق العاده تهیه می شود. [1]

#### ۱.۱۱ تاریخچه

برای بار اول تولید قالب نور با استفاده از الیاف پیوسته در سال ۱۹۸۵ در ژاپن ثبت شد. اما محصول جدید لیتراکن اولین بار توسط آرون لوسنری معمار ۲۷ ساله مجارستانی در سال ۲۰۰۱ اختراع شد و بعد از موفقیت آمیز بودن طرح، لیتراکن شروع به ساخت کرده و فروش خود را در سال ۲۰۰۴ آغاز کرد. شرکت بازاریابی بتن شفاف در آلمان و با نام لیتراکن می باشد که این واژه نیز از بتن انتقال دهنده نور گرفته شده است. [2]

#### ۲.۱۱ لیتراکن

نوشتر اصلی: لیتراکن

- 1- دیواره ها: رایج ترین حالت ممکن برای استفاده از لیتراکن در ساخت دیواره های داخلی و خارجی است. لیتراکن را با توجه به میزان استحکام دیوار و پارامترهای دیگر می توان ضخیم تر یا باریک تر تولید کرد. همچنین چون با عبور نور ضخامت دیوار محسوس است می تواند عاملی برای نشان دادن سنگینی و استحکام دیوار در مکان های خاص باشد و در عین حال به تشدید کنتراست بین نور و ماده می افزاید.

راستای شرقی □ غربی ، بهترین حالت ممکن کاربردی دیوارهای لیتراکنی را فراهم می سازد تا اشعه آفتاب در زمان طلوع و غروب خورشید با راستای کمتری به دیوار بتابد و شدت نور بیشتری قابل مشاهده باشد.

- 2- کف پوشها: وقتی لیترا کن به عنوان یک پوشش کف به کار می رود، یکی دیگر از شگفتی های نهان خود را آشکار می سازد .

از طلوع آفتاب و در طول روز که نور به آن می تابد مانند یک بتن معمولی به نظر می رسد و هنگام غروب نیز بلوک های کف در رنگ های منعکس شده از نور به زیبایی شروع به درخشیدن می کنند.

- 3- دکوراسیون داخلی: نورپردازی در دکوراسیون داخلی و ایجاد حس در یک فضا یک بحث مهم غیر قابل انکار است. لیترا کن در این زمینه به کمک یک دکوراتور داخلی می آید . این ماده عجیب می تواند به صورت بلوک یا پانل و در رنگهای مختلف جلوه ای خاص به فضای درونی ساختمان بخشد. هم اکنون لیترا کن به سه رنگ سیاه ، سفید و خاکستری در بازار موجود است.

دیوارهایی که با لیتراکن ساخته شده اند از پشت نور پردازی می شوند تصویر بسیار زیبایی از اجسام محوطه بوجود می آورند. با استفاده از لیتراکن می توان زیبایی های خارج از فضا را در عین سکون به داخل ینا آورد. لیتراکن علاوه بر اینکه به عنوان یک متریلال مجزا شناخته شده است ، می

لیتراکن مخفف بتن انتقال دهنده نور می باشد و به بتنی اطلاق می شود که با بهره گیری از فیبرهای نوری امکان انتقال نور را از یک سمت به سمت دیگر فراهم می کند. بتن انتقال دهنده نور با نام تجاری لیتراکن ، محصول نسبتا جدیدی است که در سال 2004 توسط یک معمار 27 ساله مجارستانی به نام آرن لوسنری ابداع گردید. این محصول با ترکیب 96% بتن معمولی و 4% فیبرهای نوری محصولی منحصر به فرد را برای هزاره جدید به ارمغان آورده است هم اکنون بتن لیتراکن با دانسیته 2100-2400 کیلو گرم بر متر مکعب ، مقاومت فشاری 50 نیوتن بر میلیمتر مربع و مقاومت کششی 7 نیوتن بر میلیمتر مربع در سه رنگ خاکستری، سیاه و یا سفید و با ابعاد استاندارد 300\*600 میلیمتر و با ضخامت 25-500 میلیمتر تولید میگردد. از نظر تئوری فیبرهای به کار رفته در لیتراکن قادر به انتقال نور در بتنی به ضخامت 20 متر می باشد. همچنین استفاده از فیبر نوری در اجزای باربر سازه ای بدون تاثیر منفی در مقاومت بالای فشاری و کششی آن می تواند اثری خوب با ایجاد فضایی روشن و جذاب داشته باشد. [3]

#### ۳.۱۱ لیتراکن □ بتن عبور دهنده

ارن در سن 27سالگی هنگامی که در کالج سلطنتی هنرهای زیبای استکهلم مشغول به تحصیل بود، لیتراکن را کشف کرد و در سال 2004 شرکت خود را با نام لیترا کن تاسیس نمود. وی در سال 2006 میلادی با شرکتهای بزرگ مصالح نوین ساختمانی جهت تولید انبوه به توافق رسید. لیتراکن محصول منحصر به فردی است که امروزه به عنوان یک متریلال ساختمانی

## ۷.۱۱ مشخصات تکنیکی بتن شفاف

مشخصات بتن‌های ساخته شده با روش فوق به شرح زیر می‌باشد:

- میزان فیبر حداکثر ۵ درصد کل بلوک
- عبور ۳ درصد نور تابیده از هر ۴ درصد کل فیبر موجود
- چگالی ۲۴۰۰-۲۱۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب
- مقاومت فشاری ۴۹ نیوتن بر میلی‌متر مربع در بدترین حالت و ۵۶ نیوتن بر میلی‌متر مربع در بهترین حالت
- مقاومت خمشی معادل ۷/۷ نیوتن بر میلی‌متر مربع
- اندازه بلوکها: ضخامت ۲۵-۵۰۰mm، عرض حداکثر ۶۰۰mm، ارتفاع حداکثر ۳۰۰mm.<sup>[9]</sup>

## ۸.۱۱ موارد کاربرد بتن شفاف

۱. دیوار: به عنوان متداول ترین حالت ممکن این بتن می‌تواند در ساختن دیوارها مورد استفاده قرار گیرد. به این ترتیب هر دو سمت و همچنین ضخامت این ماده جدید قابل مشاهده خواهد بود. بنابراین سنگینی و استحکام بتن به عنوان ماده اصلی لایترکن محسوس تر می‌شود و در عین حال انتقال بین نور و ماده شدیدتر می‌شود. این ماده می‌تواند برای دیوارهای داخلی و خارجی مورد استفاده قرار گیرد. به خاطر استحکام زیاد این ماده می‌توان از آن برای ساختن دیوارهای باربر هم استفاده کرد. در صورت نیاز، مسلح کردن این ماده نیز ممکن است. انواع دیوار با عایق حرارتی نیز در دست تولید است.

۲. کف پوش‌ها: وقتی لایترکن به عنوان یک پوشش کف به کار می‌رود، یکی دیگر از شگفتی‌های نهان خود را آشکار می‌سازد. از طلوع آفتاب و در طول روز که نور به آن می‌تابد مانند یک بتن معمولی به نظر می‌رسد و هنگام غروب نیز بلوک‌های کف در رنگ‌های منعکس شده از نور به زیبایی شروع به درخشیدن می‌کنند.

۳. طراحی داخلی: از این نوع بتن عبور دهنده نور می‌توان برای روکش دیوارها در طراحی داخلی استفاده کرد به صورتی که از پشت نورپردازی شده باشند و می‌توان از نورهای رنگی متنوع برای ایجاد حس فضایی مورد نظر استفاده کرد. لایترکن می‌تواند به صورت بلوک یا پانل و در رنگ‌های مختلف جلوه‌ای خاص به فضای درونی ساختمان بخشد. لایترکن به سه رنگ سیاه، سفید و خاکستری در بازار موجود است.

۴. لامپ لایترکیوب: یکی از محصولات موفق لایترکان در زمینه طراحی، لامپ لایترکیوب است که در آن بلوک‌ها با قرار گیری روی هم مکعبی را تشکیل می‌دهند که منبع نور در داخل آن قرار دارد و نور با عبور از بتن به بیرون ساطع می‌شود.

۵. بلوک‌ها: مسلح کردن بلوک بتنی عبور دهنده نور: در صورت نیاز به مسلح کردن این بتن شیارهایی در داخل آن تعبیه می‌شوند. در حین ساختن دیوارها، میلگردها به صورت عمودی یا افقی در این شیارها قرار می‌گیرند و فیبرهای اپتیکی به خاطر خاصیت انعطاف‌پذیری خود در اطراف میلگردها جمع می‌شوند و به این ترتیب میلگردها دیده نمی‌شوند.

۶. کاربرد در هنر: با پیشرفت‌های تکنولوژی و ارائه خلاقیت طراحان و مجسمه سازان با ابزارهای مختلف، پتانسیل و قابلیت بتن توسط هنرمندان گوناگون در تمام جهان مورد استفاده قرار گرفته است.<sup>[10]</sup>

تواند در خدمت صنایع دیگر نیز قرار گیرد. به عنوان مثال در طراحی لامپ لایترکیوب (Litracub Lamp) چندین بلوک لایترکنی روی هم قرار می‌گیرند و مکعبی را تشکیل می‌دهند تا منبع نور در داخل آن قرار گیرد و نور پس از عبور از بتن به بیرون ساطع گردد.<sup>[5]</sup>

## ۴.۱۱ مسلح کردن لایترکن :

جدا از این که انواع عایق های حرارتی و صوتی متناسب با لیترا کن تولید شده اند در نوع استحکام یافته آن شیارهایی در داخل بتن تعبیه می گردند که میلگردهایی به صورت عمودی یا افقی در این شیارها قرار می گیرند و همان طور که قبلا ذکر شد چون فیبرهای نوری به کار رفته در لایترکن خاصیت انعطاف پذیری خوبی دارند ، اطراف میلگردها را می پوشانند و از نمایش آنها جلوگیری می کنند. در چنین آزمایش و پروژه موفقیت بتن مسلح لیترا کن به اثبات رسیده است.<sup>[6]</sup>

## ۵.۱۱ مشخصات تکنیکی لایترکن:

حد اقل فیبر موجود ۴% و حداکثر آن ۵% می باشد و از هر ۴% فیبر اپتیکی به کار رفته فقط ۳% نور تابیده شده عبور می کند. دانسیته ی بتن لایترکن بین ۲۱۰۰ تا ۲۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است.<sup>[7]</sup>

## ۶.۱۱ ویژگی های بتن شفاف

- می‌توان دیوار با هر ضخامتی توسط لایترکن‌ها ساخت.
- می‌توان نور را تا ۲۰ متر در سراسر بتن بدون اتلاف روشنایی انتقال دهد.
- اگر از این ماده بیشتر و بیشتر در ساختمان سازی استفاده شود. نور طبیعی بیشتری می‌تواند برای نور دفاتر و انبارها استفاده شود. این می‌تواند منجر به کاهش زیاد در مقدار الکتریسیته استفاده شده برای نور ساختمان‌ها شود.
- معماران قادر به طراحی و ساخت طیف وسیعی از سازه‌ها که بسیار مناسب برای کف‌ها، پیاده‌روها، بلوک‌های ساختمانی، پانل‌ها و دیوارهای باربر هستند.
- کاربرد این محصول در صنعت ساختمان برای دیوارها می‌باشد، در چنین حالتی هر دو سمت دیوار و ضخامت دیوارها قابل رویت هستند. و در هر دو سمت داخلی و خارجی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.
- قابلیت استفاده به عنوان سازه باربر را نیز داراست و می‌تواند به حالت مسلح نیز ساخته شود.
- به صورت پیش ساخته و در رنگ‌های متنوع ساخته می‌شود.
- تیرهای بتنی پیوسته تا طول ۲۰ متر می‌سازد که الیاف، نور را به تمام طول انتقال می‌دهند.
- دقت تولید آن بسیار بالاست.
- می‌تواند به شکل قطعات تیر، راه پله‌ها، پانل‌های آسانسور، پوشش دیوار، جدا کننده اتاق و... به کار رود.<sup>[8]</sup>

## ۹.۱۱ پانویس

- [1] seeing the future of construction through translucent concrete,2004.<http://seattlepi.nwsourc.com>
- [2] عباسی، زابل(1386)، بتن عبور دهنده نور، مجموعه مقالات وب سایت علمی و اطلاع رسانی عمران ایران
- [3] [http://www.donya\\_e\\_eqtesad.com/](http://www.donya_e_eqtesad.com/)
- [4] [http://www.donya\\_e\\_eqtesad.com/](http://www.donya_e_eqtesad.com/)
- [5] [http://www.donya\\_e\\_eqtesad.com/](http://www.donya_e_eqtesad.com/)
- [6] [http://www.donya\\_e\\_eqtesad.com/](http://www.donya_e_eqtesad.com/)
- [7] [http://www.donya\\_e\\_eqtesad.com/](http://www.donya_e_eqtesad.com/)
- [8] محمودی، مصطفی و دیگران(1391)، بتن شفاف انتقال دهنده نور، اولین کنفرانس ملی صنعت بتن
- [9] جمشیدی، مجید و دیگران، مصالح نوین، صفحه 3
- [10] آذرمی، فرهاد، مجله پیام نظام مهندسی استان تهران، شماره 4، خرداد و تیر 1390

## ۱۰.۱۱ منابع

- آذرمی فرهاد، مجله پیام نظام مهندسی استان تهران، شماره 4، خرداد و تیر
- جمشیدی، مجید و دیگران، مصالح نوین، صفحه 3
- محمودی، مصطفی و دیگران(1391)، بتن شفاف انتقال دهنده نور، اولین کنفرانس ملی صنعت بتن
- عباسی، زابل(1386)، بتن عبور دهنده نور، مجموعه مقالات وب سایت علمی و اطلاع رسانی عمران ایران
- [http://www.donya\\_e\\_eqtesad.com/](http://www.donya_e_eqtesad.com/)



## فصل ۱۲

## بتن غلطکی

## ۲.۱۲ مزایای استفاده از بتن غلطکی

۱. مقاومت خمشی بالا (۳٫۵-۷٫۵) قابلیت تحمل بارهای سنگین و متناوب را بدون گسستگی به وجود می آورد که کاهش هزینه‌های اجرایی و زمان ساخت را به دنبال دارد.
۲. مقاومت فشاری بالا- توانایی مقاومت در برابر بارگذاری عظیم و ضربه‌ای را در کارخانه‌ها، مناطق نظامی و تجهیزات معدنی را باعث می‌شود.
۳. مقاومت برشی بالا از ایجاد شیارهایی که توسط حرکت چرخ‌ها روی سطوح بتنی ایجاد می‌شود و نیاز به تعمیرات بعدی جلوگیری می‌کند.
۴. چگالی بالا و نفوذ پذیری کم، دوام و پایداری بسیار زیادی را حتی تحت سیکل‌های ذوب و انجماد به وجود می‌آورد.
۵. مصرف کم آب و نسبت آب به سیمان پایین- مقاومت بالا کاهش نفوذ پذیری و افزایش دوام و مقاومت در برابر حملات شیمیایی را باعث می‌شود.
۶. به هم پیوستگی دانه‌ها: به وجود آوردن مقاومت برشی بالا در تکیه گاه‌ها و ترک‌های کنترل نشده که باعث جلوگیری از جا به جایی عمودی و گسلس می‌شود.
۷. نیاز به قالب بندی و پرداختن ندارد که باعث بالا رفتن سرعت ساخت، کاهش هزینه‌ها و نیروی انسانی مورد نیاز کمتری می‌شود.
۸. سطحی سخت و با دوام با رنگ روشن که در برابر سائیدگی و رنگ روشن آن باعث کاهش هزینه ناشی از نور پردازی در پارکینگ‌ها و انبارها می‌شود.
۹. کاهش میزان سیمان مصرفی و حذف سیستم‌های خنک‌کننده در بنده سدها
۱۰. استفاده از تجهیزات معمول برای حمل و نقل و بتن ریزی
۱۱. سرعت بالای بتن ریزی
۱۲. حذف درزهای طولی در سدها<sup>[4]</sup>



بزرگترین سد آمریکای شمالی که با بتن غلطکی ساخته شده است.

**بتن غلتکی** یا **بتن مترکم شده با غلتک** یا **بتن غلطکی**، بتنی با اسلامپ صفر می‌باشد که با ارتعاش توسط غلتک‌ها محکم و سفت می‌شود. دو نوع بتن غلتکی در کارهای ساختمانی به کار می‌رود، بتن غلتکی حجیم با عیار سیمان کم، در ساخت سدها و سازه‌های حجیم مانند دیوارهای حایل، پایه‌های سنگین و خاکریزها که در آن‌ها مقاومت زیاد مورد نیاز نیست و بتن غلتکی با عیار سیمان نسبتاً زیاد، در اجرای سریع لایه‌های روسازی بزرگراهها و پوشش‌های مشابه که در آنها مقاومت مکانیکی و سایشی بالایی مورد نیاز است. مزیت اصلی این نوع بتن‌ها، هزینه پایین آن است.<sup>[1]</sup>

**بتن غلطکی** در ساخت سد بکار می‌رود که از نظر اقتصادی و سرعت تکنیک جایگزین موادی مانند مصالح سدهای خاکی و از نظر میکانیکی یعنی استحکام و دوام، مانند بتن است. این تکنولوژی تحت عنوان زیر در کشورهای مختلف مورد بررسی و اجرا قرار گرفته است.<sup>[2]</sup>

آرسی‌دی (RCD) Roller Compacted Dam Concrete و آرسی‌سی (RCC) Roller Compacted Concrete به ترتیب در ژاپن و آمریکا رشد و توسعه یافته‌اند و به عنوان اصلی ترین روش‌ها شناخته شده‌اند.<sup>[3]</sup>

## ۱.۱۲ لزوم استفاده

## ۳.۱۲ منابع

- [1] رحیم لیاف زاده، محمد صالح. فناوری ساختمان‌های بتنی ۴/۴۹۲. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۲. شابک ۹۶۴-۰۵-۱۳۴۶-۶
- [2] شکرچی زاده، محمد و قاسمی، هومن (1384)؛ «بتن غلطکی در سد سازی»، تهران: موسسه انتشارات دانشگاه تهران
- [3] David & Luhr, Design And Construction of Roller-Compacted Concrete pavement for Container Terminals

[4] شکرچی زاده، محمد و قاسمی، هومن(1384):«بتن غلطکی در سد سازی»، تهران:موسسه انتشارات دانشگاه تهران

saze118.com



## فصل ۱۳

### بتن فوم

پایین تر است می تواند نقش موثری در کاهش وزن ساختمانها، به خصوص در قسمت غیره سازه ای داشته باشد. عمده ترین و اصلی ترین کاربردهای بتن سبک که امروزه در ایران ، شاهد آن هستیم شامل بلوک های سبک سقفی و دیواری و همچنین بتن کفسازی و شیب بندی است.



بلوک های ساخته شده از بتن فوم

#### ۲.۱۳ مواد تشکیل دهنده

در تولید این بتن ها عمدتاً از پوکه و مواد صنعتی یا معدنی با چگالی پایین به عنوان سنگدانه یا پرکننده سبک استفاده می شود. در کنار بتن با سنگدانه های سبک، تولیدات بعضی کارخانجات نیز به شکل بلوک ها و پانل های بتن سبک بر پایه بتن اسفنجی یا هوادار (Aerated concrete) است. مزایای این نوع بتن در کنار سبک بودن، بالا بودن عایق حرارتی و امکان بردن با اره، امکان شیار زدن و به کار بردن میخ و پیچ است.

#### ۳.۱۳ انواع

این نوع بتن بسته به روش تولید حباب های هوا به دو نوع تقسیم بندی می شود:

##### بتن گازی

در تولید بتن گازی پودر نرم آلومینیوم در شرایط خاصی به مخلوط اضافه می شود تا در اثر واکنش شیمیایی با هیدروکسید کلسیم حباب هایی از هیدروژن در داخل بتن تولید شود. آزاد شدن این حباب ها باعث انبساط مخلوط می شود.

#### ۴.۱۳ بتن کفی

اما در تولید بتن کفی بر عکس بتن گازی، حباب های هوا به کمک یک ماده کفزا تولید می شود و در مخلوط بتن اضافه می شوند. تکنولوژی تولید بتن کفی ساده تر از تکنولوژی تولید بتن گازی است، و امکان ساخت این نوع بتن در کارگاه های ساختمانی نیز وجود دارد. مواد پایه در ساخت بتن کفی عبارتند از سیمان، آب و کف حاصل از یک ماده کفزا.

برای تولید کف معمولاً از ماده ای به نام فوم استفاده می شود. این ماده ابتدا با آب رقیق شده و سپس در محفظه ای به کمک فشار ناشی از کمپرس هوا یا در اثر هم زدن سریع، تبدیل به کفی می شود که در آن حباب هایی با قطر در حد میلی متر و کمتر تولید شده اند. برای تولید کفی پایدار در ساختار داخلی ماده کفزا و یا بطور مستقل یک ماده پایدار کننده کف استفاده می شود تا حباب های تولید شده پایدار شوند. منظور از پایدار شدن حباب ها این است که حباب ها در اثر جابجایی و اختلاط، شکل خود را حفظ نمایند و اصطلاحاً کف نخواستند. معمولاً کف پایدار حاصل، خامه ای شکل می باشد.

**فوم بتن (foamed concrete)** یا **بتن سبک** به عنوان مصالحی که چگالی آن بطور قابل ملاحظه ای از بتن معمولی پایین تر است می تواند نقش موثری در کاهش وزن ساختمان ها، به ویژه در قسمت غیره سازه ای داشته باشد.

بتن همراه با ماده کف ساز با پایه پروتئین حیوانی را **بتن فوم** می نامند. این نوع بتن علاوه بر داشتن مزایای بتن معمولی خواص دیگری مانند وزن مخصوص کم و مقاومت فشاری بالا را نیز دارا می باشد سبکی این بتن در سازه های ساختمانی باعث کاهش بار مرده ساختمان، صرفه جویی در حجم خاک برداری و بتن مصرف شده در فونداسیون ها و همچنین کاهش بارهای زلزله می گردد. برای افزایش کارایی این محصول در پروژه های مختلف مقدار اختلاط و افزودنی های مورد نیاز طبق تجربیات و استانداردهای کشورهای آلمان، انگلیس و آمریکا تنظیم و تهیه می گردد و برای تولید نهایی و آزمایش های مقاومت بر روی آنها صورت می گیرد. برای تولید این بتن از ملات ماسه، سیمان، ماسه بادی، ملات بتن فوم (از نوع پروتئین حیوانی) و افزودنی های مجاز استفاده می گردد.<sup>[۱]</sup> برای استفاده بهینه از این محصول ابتدا وزن مخصوص و مقاومت فشاری آن برای کاربری های مورد نظر در پروژه تعریف شده و بر اساس آن بتن با اختلاط مناسب و افزودنی های مورد نیاز بر اساس دستورالعملها و تجربیات قبلی تولید می شود که در حین تولید توسط استانداردهای بین المللی کشورهای آلمان، انگلیس و آمریکا فرموله می گردد.

#### ۱.۱۳ کاربردهای اصلی

عمده ترین و اصلی ترین کاربردهای بتن سبک شامل بلوک های سبک سقفی و دیواری و همچنین بتن کفسازی و شیب بندی است.

بتن بعنوان یکی از اصلی ترین مصالح ساختمانی در گستره ای وسیع در انواع کاربردهای سازه ای و غیر سازه ای در ساختمان استفاده می شود. بتن سبک بعنوان مصالحی که چگالی آن بطور قابل ملاحظه ای از بتن معمولی



تشکیل دهنده بتن و نسبت های اختلاط آنها دارد. در صورتیکه بتوان نسبتهای اختلاط، سیمان آب و ماده کف را ثابت کرد در این صورت می توان به رابطه ای بین مقاومت فشاری و چگالی وزن بتن دست یافت. تغییر در فاکتورهای فوق الذکر روابط را دچار تغییر می کند. مقاومت فشاری را به طور قابل ملاحظه ای می توان به کمک روشهای عمل آوری بالا برد. عمل آوری با رطوبت تاثیر عمیقی در افزایش مقاومت فشاری دارد.

مقاومت کششی: مقاومت کششی بتن کفی بسته به روش عمل آوری معمولاً بالای 25/0 مقاومت فشاری بتن بوده و در لحظه گسیختگی دارای کرنش در 1/0 درصد می باشد.

## ۹.۱۳ انقباض یا افت بتن

مانند سایر انواع بتن، انقباض یک پدیده ذاتی بتن کفی است و میزان آن بسته به پارامترهای مختلف مثل نوع سیمان، روش عمل آوری، میزان سیمان در مخلوط، چگالی بتن و کیفیت و نوع ماده فوم مورد استفاده و نسبت آب به سیمان دارد. حداکثر انقباض بتن کفی تا سن 28 روزه گی بتن رخ می دهد و از آن پس مقدار انقباض قابل چشم پوشی است. در صورتیکه در این مدت زمان شرایط نگهداری کنترل شوند می توان میزان انقباض بتن را به 1/0 و کمتر نیز محدود کرد.

## ۱۰.۱۳ عایق حرارتی و صوتی

بعلاط طبیعت متخلخل داخل بتن، این نوع بتن یک عایق حرارتی و صوتی بسیار مناسب می باشد از لحاظ صوتی عایق مناسبی جهت صدا با ضریب زیاد جذب اکوستیک به شمار می رود که در نتیجه بعنوان یک فاکتور رفاهی در جهت جلوگیری از ورود صداهای اضافی اخیراً مورد توجه طراحان قرار گرفته است. میزان مقاومت حرارتی این نوع بتن با کاهش چگالی بتن افزایش می یابد این بدلیل وجود حبابهای بیشتر در چگالی پائین می باشد در جدول 3 به ازای چگالی های مختلف بتن کفی مشخصات انتقال حرارتی این نوع بتن آورده شده است.

## ۱۱.۱۳ سرعت و خصوصیات فوم بتن در کفسازی

یکی از دلایل پائین بودن سرعت اجرای کار در مصالح سنتی انجام فرایند تولید و پخش آن توسط اشخاص و یا بعبارتی بصورت دستی می باشد.

دستگاه سیار تولید فوم بتن بدلیل مکانیزه بودن آن و استفاده از تکنیک تولید و پخش در محل پروژه با در نظر گرفتن میانگین شرایط کاری می تواند در هر ساعت بطور متوسط 5 الی 7 میکسر با حجم 1 الی 1.5 متر مکعب تولید نماید و با در نظر گرفتن یک شیفت کاری می توان گفت متوسط روزانه بین 40 تا 50 میکسر تولید فوم بتن دارد البته می توان با اضافه کردن ساعت کاری حجم تولید را بالا برد. یکی دیگر از خصوصیات تولید بتن سبک با دستگاه در محل پروژه یکدست و یکنواختی بتن تولید شده می باشد.

سطح فوم بتن بدلیل روان بودن نیازی به ماله کشیدن ندارد و فقط با یک صاف کننده مثل یک تی بلند می توان سطح آن را یکدست و صاف نمود.

خصوصیت روان بودن فوم بتن باعث پر شدن کلیه درزها و شیارهای کوچک و منفذهای موجود در کف ساختمان می شود. بدلیل وجود حباب های ریز و روان بودن می تواند بصورت مستقل عایق لوله های تاسیساتی در کف ساختمان باشد و نیازی به ماهیچه کشی روی لوله ها نمی باشد.

مواد کف زا فوم را می توان به لحاظ ساختاری در دو کلاس طبقه بندی کرد که شامل مواد بر پایه پروتئین حیوانی فوم پروتئینه و مواد کف زای شیمیایی فوم شیمیایی می باشند معمولاً کف حاصل از مواد بر پایه پروتئین به لحاظ حجمی، کمتر و پایدار تر از کف حاصل از مواد شیمیایی می باشد (مواد شیمیایی دارای وزن مخصوص کف حدود 40 گرم در لیتر با پایداری کف در حد کمتر از 2 ساعت و افزایش حجم حاصل از کف کردن حدود 25 برابر حجم اولیه می باشند این در حالیست که در مواد فوم پروتئینه با چگالی و پایداری کف 2 برابر بیشتر و حجم کف تولید شده حدود نصف مواد شیمیایی می باشند) تجربه نشان می دهد که مواد شیمیایی برای ساخت بتن های با چگالی بالای 1000 مناسبند این در حالیست که از مواد پروتئینی در ساخت انواع بتن از چگالی 500 الی 1600 کیلو بر متر مکعب می توان استفاده کرد.

این نکته را خاطر نشان کرد که (پایداری کف باید تا حدی باشد که بعد از فرایند اختلاط کف با ملات سیمانی و تا گیرایش اولیه مخلوط، کف پایداری خود را حفظ نماید در غیر این صورت، ساختاری که با فرار گیری و توزیع حبابها در داخل مخلوط ایجاد شده) در اثر از بین رفتن قسمتی از حبابها قبل از گیرش اولیه سیمان، از هم پاشیده و در نتیجه وزن افزایش می یابد.<sup>[2]</sup>

## ۵.۱۳ میزان آب به سیمان

معمولاً میزان آب لازم برای بتن به رطوبت ماسه بستگی دارد ولی به طور کلی و میانگین به ازای 100 کیلو سیمان در مخلوط حدود 40 الی 45 کیلو آب لازم می باشد منتهی در بتن های کفی، مقدار آبی که جهت ساخت فوم استفاده می شود نسبت آب به سیمان را در کل مخلوط تا 6/0 افزایش می دهد.

وزن چگالی های بین 300 الی 600 کیلوگرم بر متر مکعب که از سیمان و کف ساخته می شوند بعنوان عایق حرارتی صوتی بخصوص در کفسازی طبقات و بام استفاده می شود.

## ۶.۱۳ روش تولید فوم بتن

برای تولید فوم بتن ابتدا سیمان و آب با در نظر گرفتن مقدار مشخص شده جهت چگالی مورد نظر با هم در میکسر دستگاه مخلوط می شود سپس ماده فوم در فوم ژنراتور دستگاه با آب مخلوط شده و توسط پمپ هوا از لوله مخصوص که دارای ساچمه های ریز می باشد با فشار عبور داده می شود این عمل باعث بدست آمدن کف می شود و کف حاصل در میکسر با ملات سیمان و آب مخلوط می شود که در حین اختلاط حباب های بسیار ریز در سر تا سر ملات بوجود می آید و بعد از عمل آمدن، توسط پمپ به طبقات پمپاژ و روی سطح ریخته می شود. خاصیت فوم این است که حبابهای هوا را تا گیرایش بتن در ملات پایدار نگهدارد وزن بتن حاصله به پایداری این حبابها بستگی دارد.

## ۷.۱۳ عمل آوری فوم بتن

دستیابی به بسیاری از خواص فوم بتن نیاز به عمل آوری مطلوب آن دارد. آب دهی در روزهای اولیه یکی از مهمترین عوامل عمل آوری است در روزهای گرم حداقل 2 بار آب دهی روزانه بسیار لازم است تا سرعت خشک شدن آب بتن کم شده و از ترکهای روی سطح بتن جلوگیری بعمل آورد همچنین این کار باعث بالا رفتن مقاومت می شود. .<sup>[3]</sup>

## ۸.۱۳ مشخصات مقاومتی

مقاومت فشاری: مقاومت فشاری بتن کفی تحت تاثیر عوامل متعددی نظیر چگالی بتن، سن بتن، رطوبت بتن، مشخصات شیمیایی و مکانیکی اجزای

پس از تمیز نمودن آنها و افزودن مواد شیمیایی لازم و افزودنیهای مناسب ماده کف ساز حاصل می‌شود. طول عمر مفید آن حدود دو سال است و از نظر زیست محیطی بی ضرر می‌باشد که علت آن تجزیه پذیری ماده کف‌ساز می‌باشد ولی در مواد کف ساز شیمیایی برای تجزیه پذیری از کلرید استفاده می‌گردد و چون کلرید باعث خوردگی در فولاد بتن آرمه می‌گردد استفاده از آنها مناسب نمی‌باشد برای تولید بتن، ابتدا فوم را در دستگاههای مناسب تولید و با توجه به تناسب مناسب، آن را به داخل دستگاه اختلاط محتوی ملات ماسه و سیمان می‌ریزند. فوق روانکننده ها (Super plasticizer)، برای تولید بتن با مقاومت بالا، از افزودنیهایی نظیر میکروسیلیکا (Micro silica) و خاکستر بادی (Fly Ash) استفاده می‌شود.<sup>[5]</sup> یکی از عوامل مهم در استحکام و عمر بتون عمل آوری صحیح آن است. بلوک های بتنی سلولی به دلیل ماهیت سیمانی و خاکستر بادی بعد از تولید نیاز به دما و جذب رطوبت دارند. یکی از روش های عمل آوری این نوع بتون ها استفاده از تونل های بخار منزوی است. استفاده از تونل های بخار با دمای تقریبی 70 تا 80 درجه سانتی گراد و رطوبت بین 75 تا 85 درصد در مدت زمان بین 18 تا 38 ساعت می تواند تاثیر بسزایی در افزایش عمر و استحکام بتن های سبک بگذارد.<sup>[6]</sup>

### ۱۶.۱۳ مزایای اقتصادی

وزن ساختمانی که در آن از بتن فوم استفاده می‌گردد می‌تواند تا حدود ۳۵٪ نسبت به وزن ساختمانی که با بتن معمولی ساخته شده کاهش یابد با استفاده کردن از تجربه و دقت بیشتر در طراحی و استفاده بهینه از بتن فوم امکان کاهش وزن آن تا ۵۰٪ نسبت به ساختمان بتن معمولی وجود خواهد داشت و متعاقباً سهم بار با کاهش وزن بار مرده ساختمان به نصف کاهش خواهد یافت. با کاهش وزن بار مرده ساختمان کاهش درون اسکلت ساز، ابعاد فونداسیون و کاهش آرماتور مصرفی برای فونداسیون را خواهیم داشت و در نتیجه آن زمان اجرای پروژه مدت کوتاهی طول خواهد کشید. وزن سبک بتن سبب می‌شود تا بتوان این بتن را به راحتی به طبقات بالاتر پمپاژ نمود و در نتیجه در هزینه صرفه جویی خواهیم کرد. در زمان استفاده از ساختمان و بهره برداری به علت عایق خوب حرارتی بتن صرفه جویی قابل توجهی در هزینه مصرف انرژی (سرمایش و گرمایش ساختمان) حاصل می‌شود و کاهش چشم گیری در مصرف منابع ملی خواهیم داشت.

### ۱۷.۱۳ پوسیدگی آرماتور در داخل بتن فوم

آزمایش‌ها بر روی نمونه‌های بتن فوم آرماتور دار نشان داده است که طی ۷۲ سیکل تغییر در شرایط محیطی هیچ گونه زنگ‌زدگی در فولاد به وجود نمی‌آید و همچنین هیچگونه پوسیدگی در نمونه‌هایی که به مدت ۶ ماه در مقابل جریان مستقیم آب روان قرار داده شدند مشاهده نشده است.<sup>[7]</sup>

### ۱۸.۱۳ سایر مزایای بتن فوم

- از عمده مزایای فوم بتن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
- دارای خواص عایق حرارتی بسیار بالا
- دارای خواص عایق صوتی بسیار بالا
- مقاومت بالا در برابر شعله مستقیم آتش (مقاومت 4 ساعته در برابر 1200 درجه سانتی گراد)
- ایزوله شدن تاسیسات موجود در کف ساختمان
- مقاوم در برابر نفوذ آب و یخبندان
- قابلیت برش پذیری آسان برای اجرای تاسیسات
- بهترین گزینه برای انبوه سازان و بلندمرتبه سازی<sup>[8]</sup>

## ۱۲.۱۳ بررسی سبک بودن فوم بتن در کفسازی

در مورد کفسازی و شیب بندی های انجام گرفته در ساختمانها که عمدتاً از پوکه و سیمان استفاده می‌شود در صورت جایگزینی این نوع بتن با چگالی 400، وزن مرده کفسازی از 1000 به 400 کیلو در متر مکعب کاهش می‌یابد. و اگر 10 سانت ارتفاع برای کفسازی در نظر بگیریم این یعنی کاهش 60 کیلوگرم در متر مربع از وزن ساختمان.

در صورت استفاده از بتن کفی با چگالی 500 در کفسازی، وزن موثر لرزه ای فوق به میزان 80 کیلو و یا عبارت دیگر به میزان 9 درصد کاهش می‌یابد که برابر با کاهش 9 درصدی میزان نیروی زلزله می‌باشد. با این میزان کاهش، حدود 4 درصد در مصرف میلگرد صرفه جویی می‌شود. با احتساب مصرف 45 کیلو میلگرد در هر متر ساختمان میزان این صرفه جویی براحتی قابل محاسبه می‌باشد.

این در حالیست که در صورت استفاده از بتن کفی بجای مصالح پوکه سیمان در کفسازی با کاهش چگالی و همچنین تغییر ساختار ماده (از حالت حبابهای هوای مرتبط به حالت حبابهای هوای محبوس) میزان عایق بودن حرارتی و صوتی حدود 3 برابر بیشتر می‌شود. و خود باعث صرفه جویی در مصرف انرژی می‌باشد. در هنگام بروز زلزله بعلاوه سبکی وزن فوم بتن، آورا ناشی از خرابی ساختمان، خسارت کمتری به لوازم و ساکنین وارد می‌کند و این موضوع هم از لحاظ مالی و هم جانی قابل ملاحظه می‌باشد.

## ۱۳.۱۳ پیشنهادهایی برای استفاده از بتن کفی در مصارف مختلف در کشور

در مناطق شمالی و جنوبی کشورمان که دسترسی به منابع خاک رس جهت ساخت آجر و بلوک های سفالی وجود ندارد هزینه های حمل و نقل موجب افزایش تا 100 درصدی قیمت تمام شده محصولات آجر و بلوک می‌شود. این در حالیست که منابع ماسه بادی فراوان در این مناطق وجود دارد. در این مناطق می‌توان با استفاده از بتن کفی اقدام به ساخت بلوکها و پانلهای بتنی کرد که به لحاظ اقتصادی کاملاً به صرفه می‌باشد.

بعنوان مصالح بدون نشست نیز می‌توان در پر کردن حفاریهای انجام شده در خیابانها، بجای مصالح دانه ای، از این مصالح استفاده کرد. همین امتیاز اخیر عملکرد فوم بتن را در صورت استفاده در لایه های زیر اساس راه، خصوصاً در مناطقی که دسترسی به منابع مصالح دانه ای مناسب وجود ندارد، تضمین می‌کند. در کنار امتیازات فوق، با توجه به مقاومت بالای این نوع بتن در مقابل آتش سوزی، می‌توان از آن بعنوان مصالح نسوز نیز استفاده کرد.

[4]

## ۱۴.۱۳ مشخصات بتن

برای تولید بتن فوم مناسب با کارایی بالا باید علاوه بر ترکیب مناسب ملات ماسه و سیمان از ماده کف ساز مناسب که در بهترین حالت از پروتئینهای حیوانی تولید شده است استفاده نمود. از مزایای دیگر این بتن تولید آن با چگالیهای مختلف و با کاراییهای متفاوت می‌باشد. =

## ۱۵.۱۳ تولید بتن فوم

مواد موردنیاز در تولید بتن فوم، ملات ماسه و سیمان، ملات بتن فوم با اسلامپ (سیمان پرتلند) و ماسه بادی می‌باشد. که در تهیه آن اشاره نمود. مزایای این بتن می‌تواند به عدم به کارگیری شن ماده عامل تولید فوم: پروتئین حیوانی که از شاخ و سم حیوانات تولید می‌شود که



## ۱۹.۱۳ منابع

مجتمع صنعتی نوین ساخت : <http://www.catfc.com>

[1] مقاله بتن سبک، قربانی

[2] مرکز تحقیقات ساختمان مسکن ۱۳۶۹

[3] مرکز تحقیقات ساختمان مسکن

[4] <http://padidefb.ir>

[5] مرکز تحقیقات ساختمان مسکن (بتن افزودنی‌ها)

[6] <http://jahanatlas.com/%D8%A8%D8%AA%D9%86-clc-%DB%8C%D8%A7-%D8%A8%D9%84%D9%88%DA%A9-clc-%DA%86%DB%8C%D8%B3%D8%AA/>

[7] مرکز تحقیقات ساختمان مسکن ۱۳۶۹

[8] <http://www.sakhtemoon.com/Foam-Concrete/HowTo-Concrete-foam-54>

• مرکز تحقیقات ساختمان مسکن-بتن افزودنی‌ها-مواد افزودنی حباب هوازا-۱۳۷۶



## فصل ۱۴

## بتن کریستالی

عموماً یک بتونه یا پوشش کم نفوذ در برابر بخار نباید روی سطح داخلی یک بنا یا سازه قرار داده شود. فشار بخار یا فشار آب برای خراب کردن و یا طبله کردن آندود عمل خواهد کرد. بعضی از انواع پوشش‌ها و افزودنی‌های کاهنده آب در بتن حرکت بخار آب را به طور قابل ملاحظه‌ای اصلاح می‌کنند و بدین صورت اجازه می‌دهند از آنها در قسمت داخلی استفاده شود. مثالهای اولیه پوشش‌های ضد آب سیمانی و مواد افزودنی تقلیل دهنده نفوذ آب می‌باشند.<sup>[2]</sup>

### ۲.۱۴ چگونگی عملکرد فناوری ضد آب کردن کریستالی

ضد آب بودن بر پایه دو واکنش ساده شیمیایی و فیزیکی اتفاق می‌افتد. بتن ماده‌ای شیمیایی است و زمانیکه ذرات سیمان هیدراته می‌شوند، واکنش بین آب و سیمان باعث می‌شود [ بتن ] شروع به سختی کند، توده‌ای صلب گردد. همچنین واکنشی شیمیایی با مواد پنهان داخل بتن اتفاق می‌افتد.

ضد آب کردن کریستالی، مجموعه‌ای از مواد شیمیایی دیگر را در [ بتن ] جمع می‌کند. زمانیکه مواد شیمیایی اجزاء سیمان هیدراته شده و مواد شیمیایی کریستالی در حضور رطوبت قرار می‌گیرند، واکنشی شیمیایی اتفاق می‌افتد، محصول نهایی این واکنش ساختار کریستالی غیر قابل حلی می‌باشد. این ساختار کریستالی فقط در مکان‌های مرطوب می‌تواند اتفاق بیفتد و بدین ترتیب در منافذ، شیارهای موئین و ترک‌های ناشی از جمع شدگی بتن شکل خواهد گرفت. هر جایی نشست آب صورت پذیرد ضد آب کریستالی با پر کردن منافذ و سوراخها و شکافها ایجاد خواهد گردید. زمانیکه ضد آب کریستالی در سطوح همانند یک پوشش یا همانند عملکرد پاشش خشک روی دال بتنی تازه بکار گرفته می‌شود، فرایندی به نام انتشار شیمیایی رخ می‌دهد. طبق نظریه انتشار، محلول بادانسیته بالا میان محلولی با دانسیته پائین جا خواهد گرفت تا این دو متعادل گردند.<sup>[3]</sup>

### ۳.۱۴ الهام از برگ گل نیلوفر

تکنولوژی نانوی بکار رفته در تولید این ماده با ارزش از مکانیزم برگ گل نیلوفر آبی الهام گرفته شده است و این یعنی ایجاد سطوحی با خاصیت:

- خود آب گریز و قابلیت تنفس بتن (جلو گیری از نفوذ آب به داخل بتن)
- جلوگیری از یون کلر و سایر مواد شیمیایی خورنده به داخل بتن
- جلوگیری از حملات سولفاتی و قلیایی شدن
- مقاوم‌سازی سازه در برابر نمک‌های یخ زدا
- ممانعت از ایجاد جلبک بر روی سطح بتن.<sup>[4]</sup>

بتن نمونه مناسبی برای توصیف یک ماده نفوذ پذیر و متخلخل است و آب به عنوان ویرانگر بزرگ (حلال و واسطه واکنش) مهمترین عامل نابودی مصالح ساختمانی به شمار می‌رود. منافذ و سوراخهای داخلی بتن را تخلخل آن می‌نامند که به صورت درصدی از مجموع حجم کل ماده نشان داده می‌شود و نفوذ پذیری توانایی عبور آب در فشار بین منافذ ماده و مدت زمان نشت از منافذ می‌باشد. این خاصیت‌ها به کمک یکدیگر اجازه تشکیل مسیری برای انتقال آب به درون ماده را همراه با ایجاد شکافی که هنگام انقباض بوجود می‌آید، می‌دهد. برای اینکه بتن را واترپروف کنیم باید از مواد مضاف دیگری که منافذ بتن را به صورت یکنواخت، میکرونیزه و مسدود می‌کنند استفاده نمود. این مواد باید در واکنشهای هیدراسیونی و در زمان ژل شدن و فرم گیری سیمان، عامل تولید سیلیکات و کریستاله شدن آن در جدار منافذ باشند. نفوذپذیری با یک مقدار مشخص مثل ضریب نفوذپذیری توضیح داده می‌شود و عموماً به ضریب "دارسی" باز می‌گردد. نفوذپذیری آب در یک ترکیب بتنی شاخص خوبی برای سنجش کیفیت کارایی بتن است. ضریب " دارسی" کم نشان دهنده غیر قابل نفوذ بودن و کیفیتی بالا برای مصالح می‌باشد با اینکه بتن ماده‌ای با نفوذپذیری نسبتاً کم می‌باشد، اما برای دست یابی به بتن با کارایی‌های خاص نیاز به ضد آب کردن برای جلوگیری از نشت میان شکافها دارد.<sup>[1]</sup>

### ۱.۱۴ تاثیر جریان بخار و رطوبت ناشی از آن در بتن

آب همچنان در قالب بخار همانند رطوبت نسبی انتقال می‌یابد. رطوبت نسبی همان آب موجود در هوا به صورت یک گاز محلول می‌باشد. زمانیکه دمای بخار آب بالا می‌رود، آب زیاد آن فشاربخاری ایجاد می‌کند. آب به صورت بخار نیز به میان بتن انتقال می‌یابد. مسیر جریان از فشار بخار زیاد، عموماً منابع، به فشار بخار کم با یک فرایند انتشار می‌باشد. مسیر انتشار بسیار متکی بر شرایط محیطی است. جریان انتشار بخار، زمانیکه اجرای ضد آب کردن در مکان‌هایی که فشار بخار آب موجود به صورت غیر یکنواخت می‌باشد، بحرانی است. چند نمونه از این موارد شامل:

- استفاده از پوسته ایی کدر مقابل بخار بسیار کم نفوذپذیر است، مانند یک پوشش حرکتی روی یک بتن مرطوب [ ولواینکه پوشش رویی خشک باشد ] در یک روز گرم، در اثر فشار بخار، فشار موجود افزایش یافته و باعث طبله شدن یا تاول زدن بتن می‌شود.
- بکار بردن یک آندود یا بتونه برای دیوارهای خارجی یک بنا ممکن است در صورت بقدر کافی نفوذ پذیر نبودن بتونه در مقابل بخار، رطوبت را به داخل دیوارها انتقال دهد.
- استفاده از کف با قابلیت نفوذ پذیری کم در مقابل بخار روی یک دال شیبدار در محلهای زیر سطحی در برخورد بار رطوبت بالا ممکن است باعث تورق (لایه لایه شدن) کف گردد.

## ۴.۱۴ انواع بناها و کاربرد مناسب فناوری کریستالی

فناوری حفاظت و ضدآب کردن کریستالی در دو شکل پودروماید وجود دارد. سه روش بکارگیری متفاوت شامل:

۱. استفاده کردن بر روی یک ساختار موجود به عنوان مثال یک دیوار سازه‌ای با یک دال کف.
۲. ترکیب مستقیم با مقداری بتن در کارگاه همانند یک افزودنی.
۳. پاشیده مثل یک پودر خشک، کاربرد سبز یا بدون رطوبت ماده خشک روی سطح بتن.<sup>[5]</sup>

## ۵.۱۴ نتیجه‌گیری

فناوری کریستالی دوام و کارایی ساختار بتن را بهبود بخشیده، هزینه‌های نگهداری آن را پائین آورده و با محافظت کردن بتن در مقابل تأثیرات مواد شیمیایی مهاجم، طول عمر آن را افزایش می‌دهد. این کیفیت کارایی بالا از راه کار با فناوری کریستالی منتج می‌گردد. زمانیکه فناوری کریستالی در بتن استفاده می‌گردد، ضد آب کردن و دوام بتن را با پر کردن و مسدود ساختن منافذ، شیارهای موئین، شکافهای بسیار ریز و دیگر سوراخها بوسیله یک فرم کریستالی بسیار مقاوم حل نشدنی، اصلاح می‌کند.<sup>[6]</sup>

## ۶.۱۴ منابع

- [1] فناوری ضد آب کردن کریستالی و زایکوس (zycosil) در محیط‌های دریایی، مهدی رحیمی اصل و همکاران.
- [2] انجمن علمی مهندسی مدیریت پروژه، وبلاگ انجمن علمی رشته مهندسی مدیریت پروژه دانشگاه پیام نور مرکز تبریز، حسین محمدزاده، 1387.
- [3] [khakzad.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=164:1388-01-10-17-47-10&catid=48:1387-12-27-17-53-11&Itemid=66](http://khakzad.com/index.php?option=com_content&view=article&id=164:1388-01-10-17-47-10&catid=48:1387-12-27-17-53-11&Itemid=66)
- [4] فناوری ضد آب کردن کریستالی و زایکوس (zycosil) در محیط‌های دریایی، مهدی رحیمی اصل و همکاران.
- [5] مرجع مهندسی عمران شهرستان بهبهان، صفحه 7.
- [6] فناوری ضد آب کردن کریستالی و زایکوس (zycosil) در محیط‌های دریایی، مهدی رحیمی اصل و همکاران.



## فصل ۱۵

# بتن مسلح به الیاف فولادی

یک عامل بازدارنده ترک نیز عمل می‌کند. بدین معنی که با شروع ترک خوردگی، الیاف نقش خود را در دوختن ترک و محدود کردن اندازه ترک بازی کرده و از ادامه ترک خوردگی حتی با ادامه بارگذاری جلوگیری بعمل می‌آورد. این درحالیست که در تیرهای بتن خالص با حداکثر ۰٫۱ میلی‌متر تغییر شکل در وسط دهانه، نه تنها تیر دو تکه نمی‌شود، بلکه ترک از نصف ارتفاع تیر به بالا حرکت نکرده و با بازشدن ترک، الیاف این فاصله را به طرفین محل گسیختگی ارتباط داده و از فروریختن تیر جلوگیری می‌کند. مقاومت الیاف در قبال ترک در نمونه‌های کششی نیز شایان توجه است. بدین معنی که در کشش نیز بعد از ترک نخستین در کل مقطع که مربوط به بتن است، الیافها، دو طرف محل ترک را یکدیگر ارتباط داده و از گسترش و زیادشدن عرض ترک ممانعت بعمل می‌آورند. کیفیت ترک خوردگی در آزمایش شکافتگی نمونه استوانه‌ای آن نیز جالب است. بعد از بار نهایی، نمونه بتن خالص از وسط و در امتداد قطر کاملاً گسیخته و دو تکه می‌شود در حالی که در نمونه بتن الیافی بدون آنکه نمونه از همدیگر جدا شود، آنقدر تغییر شکل می‌دهد که سطح مقطع دایره‌ای نمونه به سطح مقطع بیضوی تبدیل می‌شود.<sup>[5]</sup>

**بتن مسلح با الیاف فولادی** به منظور بهبود بخشیدن به خواص بتن، کاربرد وسیعی را در سازه‌های بتنی و بتن مسلح پیدا کرده است. دلیل این کاربرد گسترده مزایای بی‌شمار فنی و اقتصادی در استفاده از الیاف فولادی در جسم بتن می‌باشد. با توجه به این مزایای مهم در خواص بتن، تولید و کاربرد الیاف فولادی در کشورهای صنعتی جهان از طیف وسیعی برخوردار شده است، بطوریکه در حال حاضر انواع الیاف فولادی با مشخصات فنی و کاربری‌های گوناگون بطور صنعتی تولید انبوه می‌گردد. بتن مسلح با الیاف فولادی شامل یک کالبد بتنی مرکب از سیمان، مصالح سنگی، آب و همچنین درصدی از الیاف فولادی کوتاه می‌باشد که بطور درهم و کاملاً اتفاقی و در جهات مختلف در مخلوط پراکنده شده که وجود الیاف فولادی مشخصات بتن را نسبت به حالت خالص بهبود می‌بخشد.<sup>[1]</sup>

### ۱.۱۵ خواص بتن مسلح به الیاف فولادی

به طور کلی وجود الیاف فولادی در جسم بتن باعث افزایش مقاومت بتن می‌شود.

#### ۵.۱.۱۵ خزش

در مورد خزش، نتایج حاصل از یکسری از آزمایشات مشخص کرده است که الیاف فولادی نوع سیمی تأثیر چندانی در میزان خزش ملات با سیمان پرتلند وجود ندارد.

#### ۱.۱.۱۵ مقاومت خمشی

خاصیت مهم آن مقاومت خمشی زیاد و مقاومت در مقابل ترک خوردگی است که این خاصیت راه حل مناسبی برای کاهش خاصیت تردی و شکنندگی بتن خالص است.<sup>[2]</sup>

#### ۶.۱.۱۵ پوسیدگی و زنگ زدگی الیاف فولادی

اثر خوردگی و پوسیدگی آب شور روی ملات سیمانی (سیمان پرتلند) مسلح به ۲ درصد حجمی الیاف فولادی ناچیز بوده است، بطوریکه بعد از ۹۰ روز قرار گرفتن در داخل و خارج آب نمک اشباع شده، هیچ تغییری در مقاومت خمشی بتن الیافی مشاهده نگردید. آزمایش‌های درازمدت در مورد دوام و پایداری بتن الیافی در آزمایشگاه‌های Battele، کلمباس ایالت لوهاییو آمریکا، خوردگی خیلی کمی را در الیاف نشان می‌دهد، بطوریکه بعد از ۷ سال تماس بتن الیافی با نمک‌های ضد یخ هیچ اثر منفی در مقاومت خمشی وجود نداشته است. اما درصد زیاد کلراید محلول، باعث خوردگی الیاف در داخل و یا نزدیک سطوح تماس شده بود. نتایج حاصل از یکسری از تحقیقات نشان می‌دهد، که قرار گرفتن ملات الیاف در معرض فرسایش جوی و در یک محیط صنعتی به مدت ۱۰ سال در مقاومت ملات هیچ اثر منفی نداشته است. با توجه به این نتایج چنین استنباط می‌شود که خوردگی و پوسیدگی الیاف فقط به آن قسمت از الیاف محدود می‌شود که در سطوح خارجی قرار دارند و الیاف بتن هیچ نوع پوسیدگی را نشان نمی‌دهد. در تحقیقات دیگری که بر روی بتن الیافی در مورد تأثیر پوسیدگی الیاف انجام یافته است، نشان می‌دهد که بعد از ۵ سال تماس بتن الیافی با نمک‌های ضد یخ، تغییر ناچیزی در مقاومت خمشی بتن الیافی نسبت به مقاومت قبل از تماس با نمک‌های ضد یخ (مقاومت ۲۸ روزه) وجود داشته است. بررسی سطوح گسیختگی تیرهای بتن الیافی بلافاصله بعد از تعیین مقاومت خمشی

#### ۲.۱.۱۵ مقاومت برشی

الیاف فولادی علاوه بر اینکه مقاومت برشی بتن را افزایش می‌دهد، تیرهای بتن آرمه را در مقابل گسیختگی ناگهانی در ناحیه کششی تقویت می‌کند. این مزیت عمده الیاف فولادی در افزایش مقاومت برشی بتن است که باعث می‌شود از کاربرد خاموت بعنوان آرماتور برشی صرفنظر گردد. در نتیجه در اجرای اینگونه تیرها بعلافت افزایش مقاومت برشی، تیرهای بتن مسلح را طراحی کنیم.<sup>[3]</sup>

#### ۳.۱.۱۵ مقاومت پیچشی

در رابطه با مقاومت پیچشی آن تحقیقات خاصی صورت نگرفته است. در یک مورد خاص بررسی‌هایی که توسط شرکت Bekaert در بلژیک انجام یافته، مقاومت پیچشی آنرا ۱٫۵ تا ۲ برابر بتن خالص ذکر کرده است.<sup>[4]</sup>

#### ۴.۱.۱۵ مقاومت ترک خوردگی

در آزمایش‌های خمشی، کششی و ... بطور استاتیکی ملاحظه می‌شود که الیاف نه تنها بر روی مقاومت بتن خالص تأثیر بسیار مثبتی دارد بلکه بعنوان

- کشیدن و بریدن سیم‌های فولادی-الیاف مسی
- نورد و برش ورق‌های فولادی - الیاف برشی یا نواری
- با استفاده از مواد مذاب - الیاف ریخته‌گری
- تراشیدن سطح ورق‌های فولادی با استفاده از دستگاه صفحه تراش-الیاف ماشینی<sup>[11]</sup>

## ۳.۱۵ کاربردهای بتن مسلح به الیاف فولادی

مواردیکه می‌توان بتن الیافی را به تنهایی بکار گرفته، عبارتند از:

- روسازی بتنی بزرگراهها، جاده‌ها و فرودگاهها
- لوله‌های بتنی
- گارازه‌های پیش ساخته
- فنواسیونها
- دیواره و کف کانالها
- قطعات پیش ساخته
- دریچه‌های بازدید و دیواره آنها
- در ساختمان تونلها یا معابر معادن بصورت بتن پاشی
- تثبیت شیبها و همچنین تثبیت ترانشه‌های سنگی و ریزشی با بتن پرتابی
- آسفالت الیافی
- عناصر سازه‌ای
- سازه‌های ضد انفجار و ضربه پذیر
- پروژه‌های عایق حرارتی و نسوز
- پوسته‌های نازک و دیوارها
- ساه‌های دریایی
- کف سالنهای صنعتی<sup>[12]</sup>

## ۴.۱۵ کاربرد الیاف فولادی در بتن پرتابی

بتن پرتابی یا بتن پاشیبا الیاف فولادی، روشی است که در این روش، خمیر بتن و الیاف فولادی توسط پمپ با سرعت و فشار زیاد به سطوح مورد نظر پاشیده می‌شود. روش کاربرد معمولاً بدین نحو است که خمیر بتن از یک مجرا و الیاف فولادی با درصد مشخصی از مجرای دیگر، با سرعت زیادی خارج و بطور همزمان و لایه به لایه بر روی سطح مورد نظر پاشیده شده و در نتیجه در سطح کار پوشیده از بتن مسلح و الیاف فولادی می‌شود. البته گاهی خمیر بتن همراه با الیاف فولادی نیز می‌تواند از یک مجرا پوشیده شود. با استفاده از الیاف فولادی در روش بتن پرتابی می‌توان از آرماتورگذاری شبکه‌ای در محلهای مشکل (نظیر شیب‌های تند، دیواره‌های سنگریزه‌ای، دیواره‌های تونلها و ...) خودداری کرد چراکه آرماتورگذاری در چنین مناطقی نه تنها خطرناک است، بلکه بعلت ناهمواربودن سطوح اینگونه محلها و سختی کار، آرماتوربندی کار پرهزینه و گرانی می‌باشد. بطور کلی «روش بتن پرتابی با الیاف فولادی» را می‌توان در عملیات زیر بکار گرفت:

نشان داده است که خوردگی الیاف فولادی فقط به ۴ میلی‌متر عمق بتن در سطح خارجی (ناحیه پوشش) محدود می‌شود و در بخش داخلی مقطع نیز هیچگونه خوردگی و زنگ زدگی در رشته‌های الیاف قابل مشاهده نیست.<sup>[6]</sup>

## ۷.۱.۱۵ قابلیت هدایت حرارتی

آزمایش‌ها نشان می‌دهد که قابلیت هدایت حرارتی ملات با الیاف فولادی با ۴۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم در متر مکعب در فشار اتمسفر، با افزایش مقدار الیاف، افزایش کمی را نشان می‌دهد. الیاف فولادی در بتن، علاوه بر افزایش قابلیت هدایت گرمایی، بهبود قابل توجهی را در مقاومت بتن در تغییرات ناگهانی و زیاد درجه حرارت بوجود می‌آورد.<sup>[7]</sup>

## ۸.۱.۱۵ مقاومت سایشی

نتایج بررسی مقاومت سایشی بتن الیافی توسط انجمن فولاد ایالت متحده نشان می‌دهد که عمق سائیده شده بتن الیافی با شن نخودی و الیاف در مقایسه با عمق سائیده شده دال‌های ساخته شده از بتن خالص با شن درشت دانه ۲۷۰ درصد کمتر است. آزمایش‌هایی که اخیراً توسط گروهی از مهندسين انجام یافته پیشنهاد می‌کند که مقاومت سایشی بتن الیافی در معرض سایش رسوبات آب در سازه‌های هیدرولیکی تفاوت چندانی با بتن خالص ندارد. این آزمایش‌ها همچنین نشان می‌دهد که وقتی فرسایش در نتیجه سایش تدریجی بتن به علت حرکت غلطکی ذرات و مواد ریزدانه با سرعت کم از روی سطح بتن است، میزان فرسایش به کیفیت مصالح سنگی و سختی سطح بتن بستگی خواهد داشت و در این حالت الیاف تأثیر چندانی ندارند. در واقع اگر کاربرد الیاف با یک نسبت آب به سیمان زیادتر و با حجم زیاد خمیر سیمان همراه باشد، افزایش کمی در مقدار فرسایش می‌تواند بوجود آید. اما وقتی فرسایش در نتیجه خلاء زایی و یا سایش ناشی از سرعت زیاد جریان آب و ضربه اجسام و مواد شناور بزرگ جریان آب باشد، بتن الیافی مقاومت فرسایشی قابل توجهی را نشان می‌دهد.<sup>[8]</sup>

## ۹.۱.۱۵ مقاومت اصطکاکی و لغزشی

در یکسری از نمونه‌های دالی شکل آزمایشگاهی مقاومت اصطکاکی استاتیکی، لغزشی و غلطکی بتن الیافی و بتن خالص تحت شرایط یکسانی بطور مقایسه‌ای تحت آزمایش لغزشی قرار گرفته که حداکثر قطر مصالح سنگی بتن الیافی در این آزمایش‌ها ۹٫۵ میلی‌متر بوده است. نتایج حاصل از این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که برای سطوح بتن خشک، ضریب اصطکاک استاتیکی (سکون) قبل از سایش و یا تخریب سطح، مستقل از وجود الیاف بوده، اما مقاومت لغزشی و غلطکی سطوح الیاف دار نسبت به سطوح بتن خالص در شرایط خشک، مرطوب و یخبندان با فرسایشی یکسان ۱۵ درصد بیشتر بوده است.<sup>[9]</sup>

## ۱۰.۱.۱۵ طاقت بتن الیافی

مهمترین اثر مثبتی که با افزودن الیاف فولادی در بتن بوجود می‌آید، انعطاف‌پذیری جسم بتن و قابلیت بیشتر در جذب انرژی است. این خاصیت که به عنوان طاقت بتن الیافی تعریف می‌شود، بارزترین مشخصه و وجه تمایز بتن الیافی با بتن خالص است.<sup>[10]</sup>

## ۲.۱۵ نحوه ساخت الیاف فولادی

الیاف فولادی دارای شکل و قطرهای متفاوتی بوده و نحوه ساختمانها نیز متفاوت می‌باشد. الیاف فولادی که در حال حاضر در بازارهای جهانی موجود می‌باشند، عمدتاً بر اساس چهار روش زیر تولید می‌شود:



- تثبیت و پایدارسازی شیب‌های سنگی خطرناک و غیر دسترس
- تثبیت دیواره‌های تونل‌های معادن، کانالهای آبیاری و دیواره تونل‌های سنگی
- تعمیر قسمت‌های آسیب دیده سازه‌های موجود (سدها، پلهاو...)
- کاربرد در مناطق زلزله خیز و گسلی
- پوشش لوله‌های فولادی، رویه جداره‌های نسوز، سقف‌های پوسته‌ای و...<sup>[13]</sup>

## ۵.۱۵ جستارهای وابسته

- بتن الیافی

## ۶.۱۵ منابع

- [1] کیوانی، عبدالله، «و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 1384
- [2] کیوانی، عبدالله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 1384
- [3] کیوانی، عبدالله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 1384
- [4] کیوانی، عبدالله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 1384
- [5] کیوانی، عبدالله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 1384
- [6] کیوانی، عبدالله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 1384
- [7] کیوانی، عبدالله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 1384
- [8] کیوانی، عبدالله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 1384
- [9] کیوانی، عبدالله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 1384
- [10] کیوانی، عبدالله، «بتن الیافی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 1384
- [11] زمانی فرادینه، علیرضا، علیقلی زاده مقدم، بهداد، «بررسی بتن مسلح به الیاف فولادی»، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، دی ماه 1383
- [12] زمانی فرادینه، علیرضا، علیقلی زاده مقدم، بهداد، «بررسی بتن مسلح به الیاف فولادی»، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، دی ماه 1383
- [13] زمانی فرادینه، علیرضا، علیقلی زاده مقدم، بهداد، «بررسی بتن مسلح به الیاف فولادی»، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، دی ماه 1383



## ۷.۱۵ منابع متن و تصویر، مشارکت‌کنندگان و مجوزها

### ۱.۷.۱۵ متن

- **بن متن:** <http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86?oldid=14925128> مشارکت‌کنندگان: دانیل، ظهیری، Zeerak، Meisam، محمدبرضا، Alexbot، Komeil 4life، دانقولا، Elessar، Huji، Xerxesenior، Thijs!bot، M samadi، Taranet، TXiKiBoT، VolkovBot، SieBot، Idioma-bot، Nathaniel83، Amirobot، Luckas-bot، Cobain، LaaknorBot، Xqbot، همان، BodhisattvaBot، Eh kia، Tanhabot، MelancholieBot، Saeedparva، Sabbasi mr، FoxBot، KamikazeBot، علی ویکی، Schekinov Alexey Victorovich، AmirAK، Rubinbot، Kasir، Adlerbot، Soroush90gh، Arash.pt، Sefid par، EmausBot، ZéroBot، Ebrambot، Amolbot، Fjalili، HRoestBot، AliBot، Saeedjanfada، ChuispastonBot، Amirgatch، دوستدار زرتشت، Hedwig in Washington، MRG90، Eng.arabi، Farshadhiedi64، Fawikibot، Navid sanat، قاصدک بهار، Rezabot، Ripchib Bot، MerllwBot، Justincheng12345، Man-number one، MahdiBot، Dexbot، MasoudErshadi، Mathematicair، Yamaha5، Addbot، Adel rajoul، ASHKAN 27 و ناشناس: TR، Somaye mohebi، Farsheed.R، Parli!isa، Behzadbeihaghi1344، Peredhil، Raminshah، Mehregaan
- **بن مسلح‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%D9%85%D8%B3%D9%84%D8%AD?oldid=15127601](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D9%85%D8%B3%D9%84%D8%AD?oldid=15127601) مشارکت‌کنندگان: دانیل، Ahmadahmadf، Kamee-fawiki، همان، Ahmadahmadf، Kamee-fawiki، Amirobot، Luckas-bot، Xqbot، AmirAK، Elph، Sahimrobot، Amirgatch، Rezabot، قاصدک بهار، Aleem، Sae69eed، مسعود، Anamoli، Seiavoshy، Dexbot، و ناشناس: 2
- **بن آسفالتی‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%D8%A2%D8%B3%D9%81%D8%A7%D9%84%D8%AA%DB%8C?oldid=14719317](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D8%A2%D8%B3%D9%81%D8%A7%D9%84%D8%AA%DB%8C?oldid=14719317) مشارکت‌کنندگان: Wikisay و Qasemzadeh ali، Taranet، Reza1615، Rezabot، MerllwBot، و ناشناس: 8
- **بن اسفنجی اتوکلاوی‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%D8%A7%D8%B3%D9%81%D9%86%D8%AC%DB%8C?oldid=15286187](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D8%A7%D8%B3%D9%81%D9%86%D8%AC%DB%8C?oldid=15286187) مشارکت‌کنندگان: Taranet، Ebraminio، 8C\_%D8%A7%D8%AA%D9%88%DA%A9%D9%84%D8%A7%D9%88%DB%8C?oldid=15286187، VolkovBot، Behtis، SieBot، M.Fanavar، Tanhabot، Zorrobot، SilvonBot، Amirobot، Luckas-bot، Ali Daftari، Nallimbob، Darkicebot، Dinamik-bot، KamikazeBot، EmausBot، Ebrambot، AliBot، WikitanvirBot، Rezabot، دالیا، Xqbot، Rubinbot، ICEAGE، Adlerbot، قاصدک بهار، Nader Toos، Monire negari، Manteghinejad، Shimamaasoumi، MohandesWiki، YasBot، Yamaha5، FawikiPatroller، Dexbot، و ناشناس: 5
- **بن الیافی‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%D8%A7%D9%84%DB%8C%D8%A7%D9%81%DB%8C?oldid=14925172](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D8%A7%D9%84%DB%8C%D8%A7%D9%81%DB%8C?oldid=14925172) مشارکت‌کنندگان: jAnDbot، دانقولا، همان، Amirobot، ایلیا 2010، دالیا، Amirobot، Amirgatch، Persian knight shiraz، Ebrambot، Fjalili، AliBot، MasoudErshadi، Yamaha5، Shirinwiki، Nasrinebrahimi، Parli!isa، Saman.akbaryan، Rezabot، MahdiBot، Dexbot، FawikiPatroller، Hossein.Bazeghi و ناشناس: 9
- **بن پاشیده‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%D9%BE%D8%A7%D8%B4%DB%8C%D8%AF%D9%87?oldid=14925168](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D9%BE%D8%A7%D8%B4%DB%8C%D8%AF%D9%87?oldid=14925168) مشارکت‌کنندگان: Deybirth، EmausBot، جیمبو داملی دیمبو، VolkovBot، XOXOXO، PixelBot، Amirobot، Luckas-bot، مانی، Amirobot، D8%8C%D8%AF%D9%87?oldid=13308801، Sentouno، Alirezajabin، Rezabot، MerllwBot، Raatin، Viator-fawiki، JYBot، FawikiPatroller، MasoudErshadi، Yamaha5، Oyakmohsen، Karshenaswiki، Parli!isa، Behzadbeihaghi1344 و ناشناس: 8
- **بن پیش‌تینده‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%D9%BE%DB%8C%D8%B4%E2%80%8C%D8%AA%D9%86%DB%8C%D8%AF%D9%87?oldid=13308801](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D9%BE%DB%8C%D8%B4%E2%80%8C%D8%AA%D9%86%DB%8C%D8%AF%D9%87?oldid=13308801) مشارکت‌کنندگان: AmirAK، دالیا، AmirAK، Radmanesh-fawiki، دالیا، AmirAK، Sabcad17، Dexbot، Far-gh، MohandesWiki، Nomani mitra و ناشناس: 14
- **بن حجیم‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%D8%AD%D8%AC%DB%8C%D9%85?oldid=14925244](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D8%AD%D8%AC%DB%8C%D9%85?oldid=14925244) مشارکت‌کنندگان: Fabirco، Rezabot، Alishahs75ali، FawikiPatroller، Yamaha5، Mehregaan، و ناشناس: 5
- **بن خودمترکم‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%D8%AE%D9%88%D8%AF%D9%85%D8%AA%D8%B1%D8%A7%DA%A9%D9%85?oldid=15014015](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D8%AE%D9%88%D8%AF%D9%85%D8%AA%D8%B1%D8%A7%DA%A9%D9%85?oldid=15014015) مشارکت‌کنندگان: MahdiBot، FawikiPatroller، Yamaha5، Sandbaad-fawiki، و ناشناس: 4
- **بن سبک‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%D8%B3%D8%A8%DA%A9?oldid=13286406](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D8%B3%D8%A8%DA%A9?oldid=13286406) مشارکت‌کنندگان: Khaki jahadit871، Samireh jahadit871، همان، Aliparsa، Mardetanha، Ebraminio، Sanchooli، Way2rain، Shnov، Tanhabot، و ناشناس: 3
- **بن شفاف‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%D8%B4%D9%81%D8%A7%D9%81?oldid=11790267](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D8%B4%D9%81%D8%A7%D9%81?oldid=11790267) مشارکت‌کنندگان: FawikiPatroller، Yamaha5، Najmeh zh، و تباشیر
- **بن غلطکی‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%D8%BA%D9%84%D8%B7%DA%A9%DB%8C?oldid=12798065](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D8%BA%D9%84%D8%B7%DA%A9%DB%8C?oldid=12798065) مشارکت‌کنندگان: Manteghinejad و Rezabot، MahdiBot، FawikiPatroller، Yamaha5، Far-gh، و ناشناس: 12798065
- **بن فوم‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%D9%81%D9%88%D9%85?oldid=15265015](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D9%81%D9%88%D9%85?oldid=15265015) مشارکت‌کنندگان: Amerllica، FawikiPatroller، Yamaha5، Mohsen ghasemee، Oyakmohsen، طاها، امیرکبیر، Hafez، In twilight، نوژن، Way2rain، MohandesWiki، شتاب فوم بتن، MahdiXareie، Mahdi، Frzane MraD، ShetabFoamBeton، Parli!isa، Mohammad hassan faraahi، و ناشناس: 2
- **بن کریستالی‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%DA%A9%D8%B1%DB%8C%D8%B3%D8%AA%D8%A7%D9%84%DB%8C?oldid=11919754](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%DA%A9%D8%B1%DB%8C%D8%B3%D8%AA%D8%A7%D9%84%DB%8C?oldid=11919754) مشارکت‌کنندگان: FawikiPatroller، Yamaha5، MohandesWiki، و ناشناس: 84%DB%8C?oldid=11919754
- **بن مسلح به الیاف فولادی‌منبع:** [http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86\\_%D9%85%D8%B3%D9%84%D8%AD\\_%D8%A8%D9%87\\_%D8%A7%D9%84%DB%8C%D8%A7%D9%81\\_%D9%81%D9%88%D9%84%D8%A7%D8%AF%DB%8C?oldid=14925239](http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D9%85%D8%B3%D9%84%D8%AD_%D8%A8%D9%87_%D8%A7%D9%84%DB%8C%D8%A7%D9%81_%D9%81%D9%88%D9%84%D8%A7%D8%AF%DB%8C?oldid=14925239) مشارکت‌کنندگان: Rezabot، FawikiPatroller، Yamaha5، Nasrinebrahimi، Mehregaan، و ناشناس: 5

### ۲.۷.۱۵ تصاویر

- **پرونده:** [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/1981\\_BostonCityHall\\_byLebovich8\\_HABS\\_MA1176.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/1981_BostonCityHall_byLebovich8_HABS_MA1176.jpg) BostonCityHall\_byLebovich8\_HABS\_MA1176.jpg مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: این نگاره از کتابخانه کنگره ایالات متحده بخش چاپ و عکس‌ها تحت شناسه دیجیتال hhh.ma1243 موجود است.
- این برجسپ وضعیت حق تکثیر کار ضمیمه شده را مشخص نمی‌کند. یک برجسپ حق تکثیر عادی هنوز مورد نیاز است. Commons:Licensing را برای اطلاعات بیشتر ببینید. هنرمند اصلی: Bill Lebovich
- **پرونده:** <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/76/AF-asphalt-laying-machine.jpg> AF-asphalt-laying-machine.jpg مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: Unknown، USAID، http://gemini.info.usaid.gov/photos/displayimage.php?album=121&pos=9 هنرمند اصلی: Unknown، USAID
- **پرونده:** [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Ambox\\_content.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Ambox_content.png) Ambox\_content.png مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: El T (original icon); David Levy، هنرمند اصلی: Derived from en:File:Information icon.svg. (Transferred from en.wikipedia.) (modified design); Penubag (modified color).



- پرونده: **Ambox\_wikify.svg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e1/Ambox\\_wikify.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e1/Ambox_wikify.svg) مجوز: Public domain مشارکت کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی: penubag
- پرونده: **Asphalt\_concrete.JPG**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5b/Asphalt\\_concrete.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5b/Asphalt_concrete.JPG) مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی: kallerna
- پرونده: **Asphalt\_on\_concrete.jpg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9f/Asphalt\\_on\\_concrete.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9f/Asphalt_on_concrete.jpg) مجوز: Public domain مشارکت کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی: Scott Ehardt
- پرونده: **Asphalt\_plant\_pic.jpg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Asphalt\\_plant\\_pic.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Asphalt_plant_pic.jpg) مجوز: CC BY-SA 1.0 مشارکت کنندگان: <http://www.asphaltplant.cn> direct link: Unknown photographer: هنرمند اصلی:
- پرونده: **Commons-logo.svg**: منبع: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Commons-logo.svg> مجوز: Public domain مشارکت کنندگان: This version created by Pumbaa, using a proper partial circle and SVG geometry features. (Former versions used to be slightly warped.) SVG version was created by User:Grunt and cleaned up by 3247, based on the earlier PNG version, created: هنرمند اصلی: by Reidab
- پرونده: **Edit-clear.svg**: منبع: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f2/Edit-clear.svg> مجوز: Public domain مشارکت کنندگان: The people from the Tango! Desktop Project: Tango! project: هنرمند اصلی:
- پرونده: **Gazopenoblock.JPG**: منبع: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Gazopenoblock.JPG> مجوز: Public domain مشارکت کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی: Alex sibtone
- پرونده: **Merge-arrow.svg**: منبع: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/Merge-arrow.svg> مجوز: Public domain مشارکت کنندگان: ? هنرمند اصلی: ?
- پرونده: **NewFavicon\_icon.svg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/NewFavicon\\_icon.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/NewFavicon_icon.svg) مجوز: Public domain مشارکت کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی: Penubag
- پرونده: **Pg\_View.gif**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/Pg\\_View.gif](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/Pg_View.gif) مجوز: Public domain مشارکت کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی: Hemmahemma
- پرونده: **Question\_book.svg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/Question\\_book.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/Question_book.svg) مجوز: CC-BY-SA-3.0 مشارکت کنندگان: ? هنرمند اصلی: ?
- پرونده: **REMSVB600x.jpg**: منبع: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/REMSVB600x.jpg> مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت کنندگان: <https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:REMSVB600x.jpg>: هنرمند اصلی: Alex.schroer
- پرونده: **SCC33.JPG**: منبع: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/51/SCC33.JPG> مجوز: CC-BY-SA-3.0 مشارکت کنندگان: Self-photographed هنرمند اصلی: Alex.schroer در ویکی پدیا آلمانی
- پرونده: **SCC\_test\_L\_end\_2.JPG**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/42/SCC\\_test\\_L\\_end\\_2.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/42/SCC_test_L_end_2.JPG) مجوز: GFDL مشارکت کنندگان: created by me: Amit Kenny
- پرونده: **SCC\_test\_L\_start.JPG**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/SCC\\_test\\_L\\_start.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/SCC_test_L_start.JPG) مجوز: GFDL مشارکت کنندگان: created by me: Amit Kenny
- پرونده: **SCC\_test\_U\_end.JPG**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/SCC\\_test\\_U\\_end.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/SCC_test_U_end.JPG) مجوز: GFDL مشارکت کنندگان: created by me: Amit Kenny
- پرونده: **SCC\_test\_U\_start.JPG**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/SCC\\_test\\_U\\_start.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/SCC_test_U_start.JPG) مجوز: GFDL مشارکت کنندگان: created by me: Amit Kenny
- پرونده: **SagradaFamiliaRoof2.jpg**: منبع: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/SagradaFamiliaRoof2.jpg> مجوز: CC BY 3.0 مشارکت کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی: Etan J. Tal
- پرونده: **Shotcrete\_Covered\_Cliff\_Auckland.jpg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7f/Shotcrete\\_Covered\\_Cliff\\_Auckland.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7f/Shotcrete_Covered_Cliff_Auckland.jpg) مجوز: Public domain مشارکت کنندگان: اثر شخصی (Own picture): هنرمند اصلی: Uploader.
- پرونده: **Shotcrete\_gun.jpg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/Shotcrete\\_gun.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/Shotcrete_gun.jpg) مجوز: CC BY 2.5 مشارکت کنندگان: Transferred from en.wikipedia to Commons by SchuminWeb using CommonsHelper: هنرمند اصلی: Billbee: در ویکی پدیا انگلیسی
- پرونده: **Shotcrete\_swimming\_pool.jpg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Shotcrete\\_swimming\\_pool.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Shotcrete_swimming_pool.jpg) مجوز: CC BY 2.5 مشارکت کنندگان: Transferred from en.wikipedia to Commons by SchuminWeb using CommonsHelper: هنرمند اصلی: Billbee: در ویکی پدیا انگلیسی
- پرونده: **Suspension\_bridge\_pattern\_german1.svg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Suspension\\_bridge\\_pattern\\_german1.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Suspension_bridge_pattern_german1.svg) مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت کنندگان: Suspension\_bridge\_pattern\_german.png: Matthias079: هنرمند اصلی
- پرونده: **UserKTrimble-AP\_Taum\_Sauk\_Reservoir\_UnderConstruction\_Nov\_22\_2009\_crop1.jpg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/UserKTrimble-AP\\_Taum\\_Sauk\\_Reservoir\\_UnderConstruction\\_Nov\\_22\\_2009\\_crop1.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/UserKTrimble-AP_Taum_Sauk_Reservoir_UnderConstruction_Nov_22_2009_crop1.jpg) مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت کنندگان: File:TaumSaukReservoir underconstruction.jpg: هنرمند اصلی: KTrimble
- پرونده: **Glasfaser\_Roving.jpg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e2/Glasfaser\\_Roving.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e2/Glasfaser_Roving.jpg) مجوز: CC-BY-SA-3.0 مشارکت کنندگان: Selbst fotografiert. Transfered from de.wikipedia Transfer was stated to be made by User:Isthmus at de.wikipedia: هنرمند اصلی: NoiseD
- پرونده: **Prestressed\_concrete\_en.svg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1a/Prestressed\\_concrete\\_en.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1a/Prestressed_concrete_en.svg) مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت کنندگان: self-made; removed Hebrew from Image:Prestressed concrete.svg: Knulclunk;user:Benherz: هنرمند اصلی:
- پرونده: **asphalt\_base.jpg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Asphalt\\_base.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Asphalt_base.jpg) مجوز: CC-BY-SA-3.0 مشارکت کنندگان: English Wikipedia, photo uploaded there by its author, Estr4ng3d as [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Asphalt\\_base.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Asphalt_base.jpg) on 22 December 2005: هنرمند اصلی: Estr4ng3d
- پرونده: **Årstadal\_2009b.jpg**: منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/%C3%85rstadal\\_2009b.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/%C3%85rstadal_2009b.jpg) مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی: Holger.Ellgaard

- پرونده:سقف\_بتنی\_پیش\_تنیده.jpg.1 منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/%D8%B3%D9%82%D9%81\\_%D8%A8%D8%AA%D9%86%DB%8C\\_%D9%BE%DB%8C%D8%B4\\_%D8%AA%D9%86%DB%8C%D8%AF%D9%871.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/%D8%B3%D9%82%D9%81_%D8%A8%D8%AA%D9%86%DB%8C_%D9%BE%DB%8C%D8%B4_%D8%AA%D9%86%DB%8C%D8%AF%D9%871.jpg) مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی: Nomani mitra
- پرونده:سقف\_بتنی\_پیش\_تنیده.jpg.2 منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f9/%D8%B3%D9%82%D9%81\\_%D8%A8%D8%AA%D9%86%DB%8C\\_%D9%BE%DB%8C%D8%B4\\_%D8%AA%D9%86%DB%8C%D8%AF%D9%872.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f9/%D8%B3%D9%82%D9%81_%D8%A8%D8%AA%D9%86%DB%8C_%D9%BE%DB%8C%D8%B4_%D8%AA%D9%86%DB%8C%D8%AF%D9%872.jpg) مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی: Nomani mitra
- پرونده:نحوه\_پیش\_تنیدگی.jpg.1 منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/%D9%86%D8%AD%D9%88%D9%87\\_%D9%BE%DB%8C%D8%B4\\_%D8%AA%D9%86%DB%8C%D8%AF%DA%AF%DB%8C1.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/%D9%86%D8%AD%D9%88%D9%87_%D9%BE%DB%8C%D8%B4_%D8%AA%D9%86%DB%8C%D8%AF%DA%AF%DB%8C1.jpg) مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی: Nomani mitra
- پرونده:پیش\_تنیدگی.jpg.2 منبع: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/94/%D9%BE%DB%8C%D8%B4\\_%D8%AA%D9%86%DB%8C%D8%AF%DA%AF%DB%8C.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/94/%D9%BE%DB%8C%D8%B4_%D8%AA%D9%86%DB%8C%D8%AF%DA%AF%DB%8C.jpg) مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی: Nomani mitra

### ۳.۷.۱۵ محتوای مجوز

- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0

