www.ArshaDownload.com

آشنایی با انواع بتن

گردآوری : گروه مهندسی آرشا

www.ArshaDownload.com

فهرست مطالب

۱ بتن ۱

۱.۱ مواد تشکیل دهنده ۱

۲.۱ سیمان (Cement) ۱

۳.۱ آب (Water) ۱

۱.۳.۱ مقدار آب مصرفی ۲

۲.۳.۱ عمل آوری ۲

۴.۱ سنگدانه‌ها (Aggregates) ۲

۱.۴.۱ اندازه دانه‌های سنگی ۲

۲.۴.۱ کانیهای مهم ۲

۵.۱ افزودنی‌ها فابیر (Admixtures) ۲

۱.۵.۱ تسریع کننده‌ها ۳

۲.۵.۱ کندگیر کننده‌ها ۳

۳.۵.۱ تقلیل دهنده‌های آب ۳

۴.۵.۱ فوق روان‌کننده‌ها ۳

۶.۱ بتن مگر ۳

۷.۱ فناوری نانو در بتون ۳

۸.۱ هبلکس بتن سبک یا بتن هوادار اتوکلاوی ۴

۹.۱ وزن ویژهٔ بتن ۴

۱۰.۱ مواد افزودنی یا چاشنی‌های بتن ۴

۱۱.۱ انواع مواد افزودنی تک منظوره ۴

۱۲.۱ مواد جایگزین سیمان ۴

۱۳.۱ پوزولان‌ها ۴

۱۴.۱ مواد شبه سیمانی ۵

۱۵.۱ بتن شفاف ۵

۱۶.۱ جستارهای وابسته ۵

۱۷.۱ پانویس ۵

۲ بتن مسلح ۶

۱.۲ تاریخچه ۶

۲.۲ جستارهای وابسته ۶

۳.۲ منابع ۶

۳ بتن آسفالتی ۷

www.ArshaDownload.com

۱.۳ کاربرد . . . ۷
۲.۳ جستارهای وابسته . . . ۸
۳.۳ منابع . . . ۸

۴ بتن اسفنجی اتوکلاوی ۹
۱.۴ مواد اولیه . . . ۹
۲.۴ نحوه تولید . . . ۹
۳.۴ خط تولید . . . ۹
۴.۴ مزایا . . . ۱۰
۵.۴ دستورالعمل‌ها . . . ۱۰
۶.۴ ملات مورد نیاز . . . ۱۰
۱.۶.۴ ملات ماسه و سیمان . . . ۱۰
۲.۶.۴ چسب بلوک . . . ۱۰
۷.۴ جذب آب . . . ۱۱
۸.۴ منابع . . . ۱۱

۵ بتن الیافی ۱۲
۱.۵ تاریخچه الیاف . . . ۱۲
۲.۵ طبقه‌بندی کاربردی . . . ۱۲
۳.۵ مزایا . . . ۱۳
۴.۵ عاملهای کیفیت . . . ۱۳
۱.۴.۵ الیاف شیشه . . . ۱۳
۲.۴.۵ الیاف فولادی . . . ۱۳
۳.۴.۵ الیاف پلی پروپیلن . . . ۱۳
۴.۴.۵ الیاف آرامید (کولار) . . . ۱۳
۵.۴.۵ الیاف کربن . . . ۱۴
۵.۵ روش و میزان مصرف . . . ۱۴
۶.۵ موارد کاربرد . . . ۱۴
۷.۵ محدودیت‌های کاربرد . . . ۱۴
۸.۵ جستارهای وابسته . . . ۱۴
۹.۵ منابع . . . ۱۴

۶ بتن پاشیده ۱۶
۱.۶ تاریخچه و کاربردها . . . ۱۶
۲.۶ انواع بتن پاشیده . . . ۱۶
۳.۶ عوامل مؤثر . . . ۱۷
۴.۶ مزایا و معایب . . . ۱۷
۵.۶ منابع . . . ۱۸

۷ بتن پیش‌تنیده ۱۹
۱.۷ سقف‌های بتنی پیش تنیده . . . ۱۹
۲.۷ مفهوم . . . ۱۹
۳.۷ کاربرد . . . ۱۹

www.ArshaDownload.com

۴.۷ عملکرد . . . ۱۹
۵.۷ مزایای . . . ۱۹
۶.۷ معایب . . . ۲۰
۷.۷ الزامات . . . ۲۰
۸.۷ روش ساخت . . . ۲۱
۹.۷ نگارخانه . . . ۲۱
۱۰.۷ جستارهای وابسته . . . ۲۱
۱۱.۷ پیوند به بیرون . . . ۲۱
۱۲.۷ منابع . . . ۲۱

۸ بتن حجیم ۲۲
۱.۸ خاکستر بادی . . . ۲۲
۲.۸ مشخصات . . . ۲۲
۳.۸ منابع . . . ۲۲

۹ بتن خودمتراکم ۲۳
۱.۹ تعریف . . . ۲۳
۲.۹ ویژگی‌ها . . . ۲۳
۳.۹ مهمترین مزایای بتن s.c.c . . . ۲۳
۴.۹ خصوصیات بتن s.c.c . . . ۲۴
۵.۹ دلایل اقتصادی پیشرفت کاربردی(s.c.c) . . . ۲۴
۶.۹ مشگلات استفاده . . . ۲۴
۷.۹ خزش در بتن . . . ۲۴
۸.۹ منابع . . . ۲۵

۱۰ بتن سبک ۲۶

۱۱ بتن شفاف ۲۷
۱.۱۱ تاریخچه . . . ۲۷
۲.۱۱ لیتراکن . . . ۲۷
۳.۱۱ لیتراکن بتن عبور دهنده . . . ۲۷
۴.۱۱ مسلح کردن لیتراکن : . . . ۲۸
۵.۱۱ مشخصات تکنیکي ليتراكن: . . . ۲۸
۶.۱۱ ویژگی‌های بتن شفاف . . . ۲۸
۷.۱۱ مشخصات تکنیکی بتن شفاف . . . ۲۸
۸.۱۱ موارد کاربرد بتن شفاف . . . ۲۸
۹.۱۱ پانویس . . . ۲۹
۱۰.۱۱ منابع . . . ۲۹

۱۲ بتن غلطکی ۳۰
۱.۱۲ لزوم استفاده . . . ۳۰
۲.۱۲ مزایای استفاده از بتن غلطکی . . . ۳۰
۳.۱۲ منابع . . . ۳۰

www.ArshaDownload.com

۱۳ بتن فوم ۳۲
۱.۱۳ کاربردهای اصلی ۳۲
۲.۱۳ مواد تشکیل‌دهنده ۳۲
۳.۱۳ انواع ۳۲
۴.۱۳ بتن کفی ۳۲
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 ۳۳
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 مزیتهای اقتصادی ۳۴
۱۷.۱۳ پوسیدگی آرماتور در داخل بتن فوم ۳۴
۱۸.۱۳ سایر مزایای بتن فوم ۳۴
۱۹.۱۳ منابع ۳۵

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 ۳۶
۴.۱۴ انواع بناها و کاربرد مناسب فناوری کریستالی ۳۷
۵.۱۴ نتیجه‌گیری ۳۷
۶.۱۴ منابع ۳۷

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 ۳۸
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

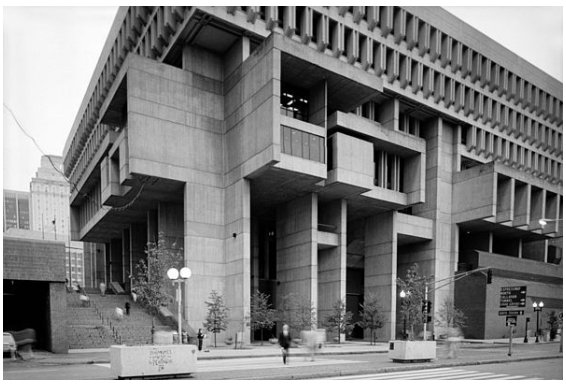
www.ArshaDownload.com

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

www.ArshaDownload.com

فصل ۱

بتن



یک ساختمان مدرن: تالار شهر بوستون.
(کامل شده در ۱۹۶۸) عمدتاً از بتن ساخته شد. پیش ساخته و ساخته در محل

بتن (به فرانسوی: Béton)، از ریشه لاتین (به لاتین: Bitume) در مفهوم وسیع به هر ماده یا ترکیبی که از یک ماده چسبنده با خاصیت سیمانی شدن تشکیل شده باشد گفته می‌شود. بتن ممکن است از انواع مختلف سیمان ونیز 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.[1] 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 ویبره 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 بنّای لیدزی، دستخوش تحولات و پیشرفتهای شگرفی شده است. در دسترس بودن مصالح آن، دوام نسبتاً زیاد و نیاز به ساخت و سازهای 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 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.

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 آهگ و خاک رس به نسبت ۳به۱، و پختن گرد همگن و یکنواخت زیردمای ۱۰۰۰درجه، تا CO_2 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 ۱۲۰۰درجه، 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 اورند. همچنین آب نامناسب ممکن است روی مقاومت بتن اثر نامطلوب گذاشته و سبب بروز لکه‌هایی در سطح بتن و حتی زنگ زدن آرماتور بشود.[2] در اکثر اختلاط‌ها آب مناسب برای بتن آبی است که برای نوشیدن مناسب باشد.[2] 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 اشامیدنی 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.** [3]

www.ArshaDownload.com

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.

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 درصورتی رطوبت تسبی به بالای ۸۰ درصد بازگردد فرایند هیدراسیون 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.[4]

۱.۴.۱ اندازه دانه‌های سنگی

بتن عموماً از سنگدانه‌هایی به اندازه‌های مختلف که حداکثر قطرآن بین ۱۰ میلیمتر و۵۰ میلیمتر می‌باشد ساخته می‌شود. به طور متوسط از سنگدانه‌هایی با قطر ۲۰ میلیمتر استفاده می‌شود.[5] 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 الک ۴٫۷۵ میلیمتری یا نمره چهار مشخص می‌گردد. حد پایین ماسه عموماً ۰٫۰۷ میلیمتر یا کمی کمتر می‌باشد. مواد با قطر بین ۰٫۰۶ میلیمتر و ۰٫۰۲ میلیمتر به نام لای(سیلت)و مواد ریزتر رس نامگذاری شده‌اند. گل ماده نرمی است که شامل مقادیر نسبتاً مساوی ماسه و لای و رس می‌باشد.

۲.۴.۱ کانیهای مهم

کانیهای مهم و متداول سنگدانه‌ها در زمینه استفاده در بتن عبارتند از: کانی‌های سیلیسی (کوارتز، اوپال، کلسه دون، تریمیت، کریستوبالیت) فلدسپاتها، کانیهای میکا، کانیهای کربناتی، کانیهای سولفاتی، کانیهای سولفور آهن، کانیهای فرومنیزیم، کانیهای اکسیدآهن، زئولیت‌ها و کانیهای رس.[6]

طبقه‌بندی براساس شکل ظاهری

در استاندارد ASTM سنگها از لحاظ شکل ظاهری به پنج گروه تقسیم شده‌اند:کاملاً گردگوشه، گردگوشه، نسبتاً گردگوشه، نسبتاً تیزگوشه و تیزگوشه.[7]

در استاندارد BS این نامگذاری به صورت:گردگوشه، بی شکل-بی نظم، پولکی، تیزگوشه، طویل، پولکی طویل می‌باشد.[8]

۵.۱ افزودنی‌ها فابیر (Admixtures)

ماده افزودنی بتن فابیر 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.[9] 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 مقدارآب 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 بتن‌ریزی‌های 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 فابیر نیز از انواع افزودنی بتن می‌باشند.

www.ArshaDownload.com

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 ایین نامه 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.[10]

۱.۵.۱ تسریع کننده‌ها

افزودنی‌هایی هستند که سخت شدگی بتن را تسریع می‌کنند و مقاومت اولیه بتن را بالا می‌برند. چند نمونه از تسریع‌کننده‌ها عبارتند از: کربنات سدیم، کلرورآلومینیوم، کربنات پتاسیم، فلوئورور سدیم، آلومینات سدیم، نمک‌های آهن و کلرور کلسیم.[11]

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..[12]

به عنوان مثال اگر با یک کنترل دقیق ۰٫۰۵ 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 می‌اورد.[13]

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 به 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.[14]

۴.۵.۱ فوق روان‌کننده‌ها

این مواد از قویترین انواع تقلیل دهنده‌های آب هستند که در آمریکا به عنوان روان‌کننده قوی و درASTM به عنوان تیپ F نام گذاری شده‌اند. افزودنی‌هایی نیز هستند که در ضمن تقلیل شدید آب باعث مقداری تاخیر در گیرش نیز می‌شوند و به عنوان تیپ G طبقه‌بندی شده‌اند. دو نمونه از روان‌کننده‌های قوی: ملامین فرمالدئید سولفاته شده تغلیظ شده و یا [[نفتالین فرمالدئید سولفاته شده تغلیظ شده]] می‌باشند. اساساً استفاده از اسیدهای سولفاته شده باعث تسریع عمل پراکنش می‌شود. چون در سطح ذرات سیمان جذب شده و به آنها بار منفی می‌دهند واین 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 قالبندی 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.[15]

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

www.ArshaDownload.com

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.[16]

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 دراین 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 نرفته و برروی سطح آب قرارمی‌گیرد.

۹.۱ وزن ویژهٔ بتن

وزن ویژهٔ 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 ویژهٔ 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 پوکه بکار رفته و یا با روشهایی (مانند افزودن ژل آلومینیوم) شرایطی را فراهم می‌آورند تا حجم بتن افزایش یابد. وزن ویژهٔ این گونه بتن ۳۳٪ تا ۵۰٪ وزن ویژهٔ بتن معمولی است. یعنی می‌توان بتن با وزن ویژهٔ ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب نیز ساخت، که بر آب شناور بماند. این بتن بیشتر برای نماسازی، 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 بااین گونه بتن به دو روش ساخت بلوک‌های پیش ساخته سبک و نیز بتن ریزی درجا انجام پزیر 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 آلایندگی 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 ویژهٔ بتن سنگین ۱/۵ تا ۲/۵ برابر بتن معمولی (۳۵۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلوگرم بر هر متر مکعب) است.[17] 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، 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.

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 دامنهٔ استاندارد بیرون باشد. این افزودنی‌ها باید با استانداردهای ملی ایران، از جمله استاندارد ۲۹۳۰ و یا درصورت نارسایی استانداردهای مورد نیاز، با یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی همخوان باشد.

۱۱.۱ انواع مواد افزودنی تک منظوره

۱. مواد افزودنی کندگیر کننده
۲. مواد افزودنی تندگیر کننده
۳. مواد افزودنی زود سخت‌کننده
۴. مواد افزودنی هوازا
۵. مواد افزودنی نگهدارندهٔ آب
۶. مواد افزودنی کاهندهٔ جذب آب

۱۲.۱ مواد جایگزین سیمان

شامل پوزولان‌ها و مواد شبه سیمانی بر پایه استانداردهای ملی (شماره‌های ۳۴۳۳ و ۶۱۷۱ ایران و با هدف فراهم نمودن یک یا چند ویژگی زیر؛

- کاهش مصرف سیمان
- کاهش سرعت و میزان آبگیری
- افزایش تاب بتن
- افزایش پایایی بتن با کاهش نفوذپزیری 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 عمدتن شامل خاکسترهای آتش فشانی غیر بلورین باشند؛ یا صنعتی شامل دودهٔ سیلیسی (میکروسیلیس، محصول فرعی کوره‌های قوس الکتریکی صنایع فروآلیاژ 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 پوستهٔ برنج

www.ArshaDownload.com

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 سربارهٔ کورهٔ آهنگدازی است.[18]

۱۵.۱ بتن شفاف

از جمله مصالح مدرن است که بخشی از پرتوهای نور را از خود می گزراند 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 رمضانیانپور و شاه نظری، صفحه ۲

[2] تکنولوژی بتن، نویل، ترجمه رمضانیانپور و شاه نظری، صفحه ۸۱

[3] تکنولوژی بتن، نویل، ترجمه رمضانیانپور و شاه نظری، صفحه ۸۲

[4] تکنولوژی بتن، نویل، ترجمه رمضانیانپور و شاه نظری، صفحه ۴۲

[5] تکنولوژی بتن، نویل، رمضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۴۴

[6] تکنولوژی بتن، نویل، رمضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۴۴-۴۵

[7] تکنولوژی بتن، نویل، رمضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۴۵

[8] تکنولوژی بتن، نویل، رمضانیانپور-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، رمضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۱۵۶

[11] تکنولوژی بتن، نویل، رمضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۱۵۹

[12] تکنولوژی بتن، نویل، رمضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۱۶۱

[13] تکنولوژی بتن، نویل، رمضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۱۶۲

[14] تکنولوژی بتن، نویل، رمضانیانپور-شاه نظری، صفحه ۱۶۳

[15] http://www.sakhtemoon.com/Concrete/HowTo-concrete-156

[16] سیستم جامع آموزش فناوری نانو. http://edu.nano.ir/index.php?actn=papers_view&id=288

[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

www.ArshaDownload.com

فصل ۲

بتن مسلح

بتن مسلح

بتن مسلح یا **بتن آرمه** به بتن مسلح شده با میلگرد (آرماتور) 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 ۰٫۱ 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

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 به‌کار برد. هیات در سال ۱۸۷۷ یک کتاب ۲۸ صفحه‌ای در ارتباط با موضوع تحقیقات خود منتشر کرد.[1]

۲.۲ جستارهای وابسته

- بتن
- میلگرد
- پوشش بتن

۳.۲ منابع

[1] «بتن آرمه». بازبینی‌شده در ۰۴/۰۹/۲۰۱۱.

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

www.ArshaDownload.com

فصل ۳

بتن آسفالتی

بتن آسفالتی

برش از بتن آسفالتی

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

تصویر از کارخانه آسفالت برای ساخت آسفالت.

ماشین در حال فرش کردن 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.

www.ArshaDownload.com

۲.۳ جستارهای وابسته

- آسفالت
- بتن

۳.۳ منابع

- Hot Mix (Asphalt Concrete)

www.ArshaDownload.com

فصل ۴

بتن اسفنجی اتوکلاوی

بلوک سبک بتنی هوادار اتوکلاو شده یا **بتن هوادار اتوکلاوی** (Autoclaved Aerated Concrete - AAC) همان بتن گازی سبک یا 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 مهندسین معرفی گردید. این بتن هم اکنون در اروپا وآمریکا به نامهای تجاری HEBEL , YTONG یا Siporex ارائه می‌شود و در ساخت و ساز نیز بسیار از آن استفاده می‌شود.[1][2]

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.[3]

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 سانتی گراد پخته شده و در ابعاد ۶۰*۲۵*۱۰ ،۶۰*۲۵*۱۲.۵ ،۶۰*۲۵*۱۵ ،۶۰*۲۵*۲۰ ،۶۰*۲۵*۲۵ ،۶۰*۲۵*۳۰ و همچنین بسته به نیاز مشتری متغیر تولید می‌شود.[4]

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 یاAAC سه سیلوی نگهداری مواد اولیه وجود دارد که عبارتند از: سیلوی سیلیس، سیلوی آهک و سیلوی 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 درمدت 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 تقریبا 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 ریخته گری انتقال دهند؛ این قالب‌ها بوسیله شیفتر به خط ریخته گری 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 برش منتقل شود.بعلت 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 مصرف کنندگان 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 اتو کلاوها می‌شوند و در حرارت ۲۰۰ درجه سانتی گراد و با فشار ۱۲ اتمسفر پخته و عمل آوری

www.ArshaDownload.com

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

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 AACاقلام 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 سرمایش 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.[6]

مزایا کلی

- سازگاری با محیط زیست
- مقاوم در برابر بارهای ناشی از باد و طوفان‌های شدید و زلزله[7]

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.
- 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 ودر 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 باقطر 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 ۱۲ساعت 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.

کارکردن با بتن سبک بسیار آسان است مثلاً به راحتی می‌توان آنرا اره نموده و یا میخ در آن کوبیده شود و یا جای پریز 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. کارکردن 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.[8]

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 حویی 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 می گردد.

www.ArshaDownload.com

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.[9]

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،1382

[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،1382

[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،1390

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

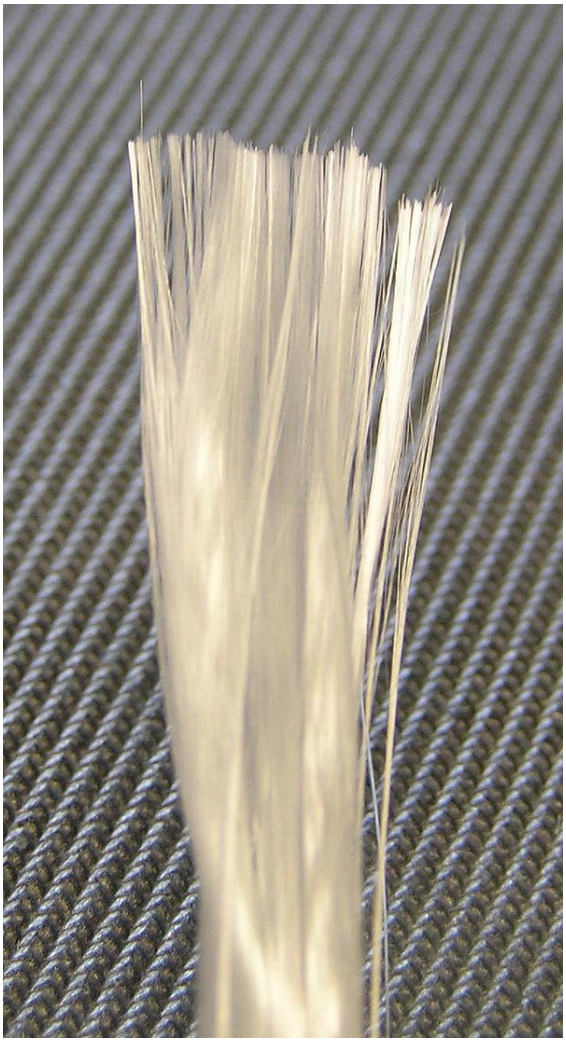
[8] http://www.geckostone.com/lwc.html

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

www.ArshaDownload.com

فصل ۵

بتن الیافی



الیاف شیشه

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 وساز 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 مهندسین بنا قرار می‌دهد.[1] 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 الیاقی نسبت به بتن معمولی بیشتر می‌باشد.[2] ضخامت نهایی بتن الیاقی 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.[3]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 ایزو تروپ و هموژن 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.[4]

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 ارزانترین نوع ملات در مناطق روستایی کشور است. استفاده از کاه و مخصوصاً موی دم اسب و یا بز در بناهای قدیمی ایران به خصوص گنبدها سابقه 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.[5]

۲.۵ طبقه‌بندی کاربردی

- با الیاف کم جهت کاهش میزان جمع شدگی در بتن (۰.۱٪> 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 عبادتند:

www.ArshaDownload.com

- بر پایه مصالح شیمیایی
- بتن‌های حریره الیافی
- مواد مرکب مهندسی بر پایه‌مصالح سیمانی (بتن‌های الیافی شکل پذیر)[6]

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 هوازدگی 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[7]
- 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.[8]
- یک مزیت بارز بتن الیاقی ظرفیت کاری زیاد آن است. ظرفیت کاری در این متن 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 پلاستیکیباعث 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 اتصالاتی 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 ریزترک‌های زیاد قابلیت بهره‌برداری بتن را افزایش می‌دهد.[9]

۴.۵ عاملهای کیفیت

به طور کلی کیفیت بتن الیافی 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[10]

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 یکنداخت نبوده و بنابراین برای برطرف کردن آن باید چاره اندیشی کرد.[11] الیاف شیشه‌ای مخصوص (تارهای بریده شده) دارای قطرهایی بین ۰٫۰۰۵ تا ۰٫۰۱۵ 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 ۰٫۰۱۳ تا ۱٫۳ میلی‌متر می‌رسد.[12]

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.[13] یکی از مهمترین نقش‌های الیاف فولادی در بتن افزایش مقاومت کششی بتن بوسیله کاهش ایجاد ریزترکهای حاصله از بارگذاری خارجی است.[14]

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 الیافی دارای شکل پذیری بسیار زیادی می‌باشد و هرگز خرد نمی‌شود. الیاف پلی پروپیلن آب گریز است و درصد جذب آب آن صفر می‌باشد؛ بنابراین هرگز نباید از افزودن آب اضافی جهت افزایش روانی بتن استفاده کرد.[15]

۴.۴.۵ الیاف آرامید (کولار)

پلیمرهای آرامید دارای خصوصیاتی چون نقطه ذوب بالا و پایداری حرارتی عالی ومقاومت در برابر شعله وغیر 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 آمید، تولید

www.ArshaDownload.com

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[16]

۵.۴.۵ الیاف کربن

دانسیسته آن ۲۲٫۷ کیلو نیوتن برمتر مکعب می‌باشد وشکل مختلف آن بلوری می‌باشد وضخامت آن نازکتر از موی انسان می‌باشد و دارای قطر ۶-۱۰میکرو متر می‌باشد. مزایایی اصلی آن:استحکام بالای خستگی-مقاومت در برابر خوردگی- ضریب انبساط حرارتی پایینند. معایب: قیمت بالا -کرنش در شکست-هادی الکتریکی[17]

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 پخش 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.[18]

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

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.pdffactory.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، عبداله، "بتن الیاقی 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، مهران، «بررسی خواص بتن الیافی»، اولین کنفرانس بین‌المللی بتن‌های ناتراوامخازن ذخیره آب شرب،(1389)، گیلان، ایران

[7] کیوانی، عبداله، «بتن الیاقی و کاربرد آن در سازه‌های بتنی»، کارگاههای تخصصی بتن: بتن‌های ویژه، مهرماه 84

[8] لطفی، امین، پورقلی، مهران، «بررسی خواص بتن الیاقی»، اولین کنفرانس بین‌المللی بتن‌های ناتراوامخازن ذخیره آب شرب،(1389)، گیلان، ایران

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

www.ArshaDownload.com

[13] کیوانی، عبداله، «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.

[15] www.pdffactory.com

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

[17] www.pdffactory.com

[18] www.pdffactory.com

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

www.ArshaDownload.com

فصل ۶

بتن پاشیده

صخره بتن‌پاشی شده در کنار جاده‌ای در نیوزیلند.

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

۱.۶ تاریخچه و کاربردها

دیواره‌های بتن‌پاشیده در تونلی که ایستگاه اُرستادال 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 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 اجازهٔ 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.

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.

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 دستهٔ کلی از نظر روش اختلاط تقسیم کرد

- مخلوط مرطوب (تَر)
- 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

www.ArshaDownload.com

لوله و سرلوله مورد استفاده جهت پاشیدن بتن

۲. باعث سهولت اجرای سقفهای قوسی شکل وانحنا دار می‌شود

۳. باعث افزایش چسبندگی بتن می‌شود

۴. افزودنی شات کریت 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 شاتکریت (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 شاتکریت 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 شاتکریت 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 هوازدگی توجه بسیار می‌شود.

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 مرحلهٔ 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 پاشیدهٔ 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 درانتهای 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 اندازهٔ 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 شتابدهندهٔ 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 هزینهٔ کمتر باید استفاده شود و باید حداقل مقدار پس زیر وجود داشته باشد.

۴.۶ مزایا و معایب

معایب شات کریت 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 نچسبیدن ملات (بدلیل هیدراته نشدن) بخش عمده‌ای از آن به هدر می‌رود.

مزایای شاتکریت 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.

www.ArshaDownload.com

- 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 پزیری و آب بندی مناسب[1]

۵.۶ منابع

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

- مدیریت ماشینهای راه‌سازی. ترجمهٔ دکتر علی توران.

مشارکت‌کنندگان ویکی‌پدیا، «shotcrete»، ویکی‌پدیای انگلیسی، دانشنامهٔ 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

www.ArshaDownload.com

فصل ۷

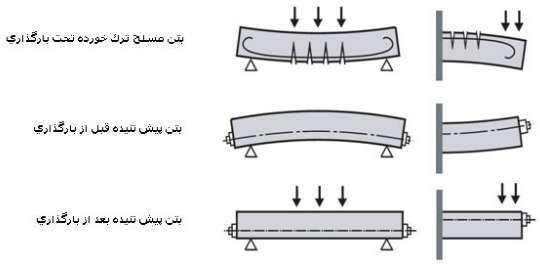
بتن پیش‌تنیده

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.

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 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 سال‌ها ی اخیر استفاده از آن در سقف‌های دال تخت، با دهانه‌های بلند و خصوصا در سقف پارکینگ‌های طبقاتی و عموما اعضایی که تحت اثر خمش می‌باشند، توسعه یافته است.[1]

۴.۷ عملکرد

در این سقف‌ها با بوجود آوردن نیروی اضافی فشاری در بتن، قسمتی از تنش های کششی بتن خنثی شده و در نتیجه سطح مقطع فشاری بتن افزایش می‌یابد. در این نوع سقف‌های، نیرویدر 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.[2]

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

www.ArshaDownload.com

بتن، ترک خوردگی و توسعهٔ آن در مقطع بتنی، کاهش یا حذف شده و در نتیجه دوام مجموعه و مقاومت آن در محیط‌های خورنده افزایش میابد. 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.[3] 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 نوعبتن 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 هیپربولوئید (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.

۶.۷ معایب

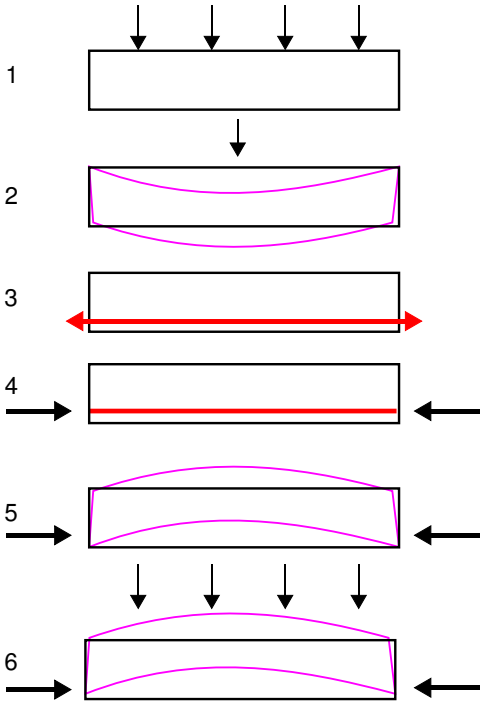
تخریب این سیستم سقف به دلیل وجود میلگردهای آن بسیار پر خطر بوده و باید با روش‌های خاص توسط تیم فنی آموزش دیده، صورت گیرد. از نکات حائز اهمیت در اعضای آن پس کشیده، مسئله افت و وادادگی کابل‌ها به دلایلی نظیر، کاهش اصطکاک بین کابل و غلاف، لغزش مهار انتهایی و فرو رفتن گوه گیرداری در ابتدا و انتهای کابل، 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 روش‌ها ی خاص توسط تیم فنی آموزش دیده، صورت گیرد.[4]

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 نظیرف محل و نحوه جایگذاری کابل‌ها، میزان نیروی پس کشیدگی، کفایت تزریق گروت در قلاف‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

- انقباظ 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 توجیه 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 محاسبهٔ 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 ردهٔ 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 تزریغ می‌شود و یا مواد قیری یا گریس که روی آن می‌مالند از زنگ زدگی محافظت شوند.
- [5]

www.ArshaDownload.com



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.[6]

۸.۷ روش ساخت

در این روش، قبل از بتن‌ریزی، فولاد که به صورت مفتول یا کابل می‌باشد، تا نزدیکی حد جاری‌شدن 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، کلیهٔ نیروی کششی فولاد، به صورت فشاری وارد بتن می‌شود؛ بنابراین بتن، قبل از بارگذاری دارای تنش‌های فشاری در کلیهٔ 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 ناحیهٔ کششی بتن مسلح حذف می‌شود و همچنین از تغییر شکل‌های خمشی نیز به مراتب کاسته می‌شود.[7] مواد افزودنی برای ساخت این ماده از مواد افزودنی استاده کنید.

۹.۷ نگارخانه

-

۱۰.۷ جستارهای وابسته

- سازه پیش‌تنیده
- 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،1388

[2] فناوری‌های نوین ساختمانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن،1388

[3] فناوری‌های نوین ساختمانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن،1388

[4] فناوری‌های نوین ساختمانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن،1388

[5] فناوری‌های نوین ساختمانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن،1388

[6] مشارکت‌کنندگان ویکی‌پدیا، «Prestressed concrete»، ویکی‌پدیای انگلیسی، دانشنامهٔ آزاد (بازیابی در ۲۲ ژانویه ۲۰۱۲).

[7] طاحونی, شاپور. «۱». در طراحی ساختمان‌های بتن مسلح. تهران: انتشارات دانشگاه تهران, 1388. ISBN 9789640398951.

www.ArshaDownload.com

فصل ۸

بتن حجیم

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 به 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.
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

- دراین حالت بایستی مقدار حداقلی ۵۰٪ خاکستر بادی نسبت به جرم مواد سیمانی حفظ شود.
- مقدار آب کمتر، معمولاً کمتر از ۱۳۰ kg/m3 الزامی می‌باشد.
- مقدار سیمان معمولاً کمتر از ۲۰۰ kg/m3 نیاز می‌باشد.
- برای مخلوط‌های بتن با مقاومت فشاری مخصوص ۲۸ روزه ۳۰Mpa یا بیشتر، اسلامپ بیشتر از ۱۵۰mm 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.
- برای مخلوط‌های بتن با اسلامپ کمتر از ۱۵۰mm و مقاومت فشاری ۲۸ روزه کمتر از ۳۰Mpa، 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*.

www.ArshaDownload.com

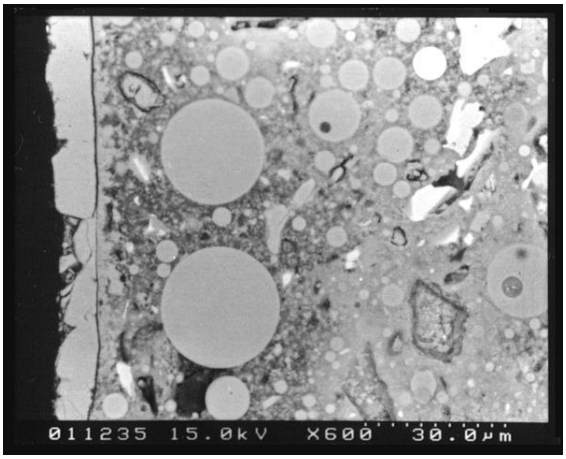
فصل ۹

بتن خودمتراکم

بتون خودمتراکم

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 سازه‌های بتنی مطرح گردید و در زمینه‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفت.[1] این بتن یکی از دستاوردهای نوین تکنولوژی بتن بوده است که سالهاست در اروپا، آمریکاو ژاپن مورداستفاده قرارگرفته است. این صنعت هم به صورت بتن درجا و هم به صورت بتن پیش ساخته کاربرد وسیعی دارد.[2]

۱.۹ تعریف



تصویر ۶۰۰ برابر بزرگنمائی شده

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 لابه لای سازه قرار می‌گیرد در واقع نیازی به ویبره کردن ندارد. از دیگر مزایای این بتن حداقل تفاوت بین بتن آزمایشگاهی و کارگاهی را می‌توان 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 بالارسیده‌ایم.[3]

۲.۹ ویژگی‌ها

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 بوتن ریز و همچنین افزایش حجم کار، کاهش زمان و هزینه کلی انجام کار گردید. علی‌رغم این ویژگی‌ها، این نوع بتن شامل همان ترکیبات بتن معمولی وبیره شده از قبیل شن، ماسه، سیمان، آب و مواد افزودنی می‌باشد، اما نسبت‌های آن متفاوت است. همچنین به منظورارزیابی در برابر پارامترهای روانی وچسبندگی باید آزمایش‌های متنوعی روی بوتن تازه انجام شود. علی‌رغم خصوصیات(s.c.c)، عامل اصلی که باعث متداول نشدن استفاده از این نوع بوتن در اکثر کشورها گردیده فقدان روابط و ضوابط لازم و کافی آئین نامه‌ای برای طراحی اجزاء سازه‌ای می‌باشد.[4]

۳.۹ مهمترین مزایای بتن s.c.c

- کاهش دوره ساخت سازه بتن.

www.ArshaDownload.com

اتمام تست L

شروع تست U

اتمام تست U

- اطمینان از آن بخصوص در مقاطعی که کاربرد لرزاننده دشوار است.[5]

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 گزردهی (passing ability)**:یکی از ویژگیهای بتن s.c.c قابلیت گذردهی است یعنی؛ در بین تنگناها مانند فضای بین در آرماتوربدون 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 متراگم شدن تحت وزن خود.[6]

۵.۹ دلایل اقتصادی پیشرفت کاربردی(s.c.c)

۱. اجرای سریعتر

۲. کاهش نیروی انسانی

۳. پرداخت بهتر سطوح

۴. قالب ریزی مطلوبتر

۵. مقاطع نازکتربتنی

۶. آزادی بیشتر طراحی

۷. کاهش امواج صوتی بدلیل عدم عملیات ویبره[7]

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 افذودنی‌ها بالا رفته و پیمان کاران به علت مسائل اقتصادی به طرف این نوع بتن نمی‌روند.[8]

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 وبرخی 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 ساز ه‌های بتنی در بارهای سرویس از نصف مقاومت فشاری فراترمی روند و لذا اثرات خزش غیرخطی از اهمیت کمتری نسبت به خزش خطی برخوردار است.[9]

www.ArshaDownload.com

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 سراسرکشور، 1383.

[3] این نوع و ویژگی‌های آن، محسن علی حمزه، مصطفی شمشیری، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسرکشور، 1383.

[4] شکل پذیری تیرهای مسلح ساخته شده با جمشونده، یاسر شریفی وهمکاران، نشریه مهندسی عمران و نقشه برداری- دانشکده فنی، دوره ٤٤، شماره ٤، دی ماه ۱۳۸۹.

[5] محسن علی حمزه، مصطفی شمشیری، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسرکشور، 1383.

[6] بوتن جم شونده و ویژگی‌های آن، محسن علی حمزه، مصطفی شمشیری، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسرکشور، 1383.

[7] این بتن علیرضا شاهجوئی-حامد زادمهر-دکتر هرمز فامیلی، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسرکشور، 1383.

[8] بوتن جم شونده و ویژگی‌های آن، محسن علی حمزه، مصطفی شمشیری، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسرکشور، 1383.

[9] بررسی آزمایشگاهی خزش در بتن خود ، منیره سنگی وهمکاران.

www.ArshaDownload.com

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. درنتیجه توسعه محدوده کاربردهای آن در صنعت ساخت و ساز را موجب شده است. در 15 سال گذشته استفاده از بتن های کف دار با سرعت زیادی نست 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 برخوردار 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 1100kg/m3 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 قسمت‌های مختلف بنا با سبک کردن وزنی برداشته‌اند.

مجتمع صنعتی نوین ساخت

www.ArshaDownload.com

فصل ۱۱

بتن شفاف

استفاده از تکنولوژی نانو امکان تولید **بتن شفاف** را فراهم نموده است که تحولی عظیم در زمینه طراحی ساختمان‌ها و سازه‌های شهری از قبیل پلها ایجاد می‌نماید. این نوع بتن با افزودن فیبرهای شیشه به مخلوط خرده سنگ، سیمان و آب به شیوه‌ای متفاوت با شیوه سنتی ساخت بتن، برای تولید محصولی خارق العاده تهیه می‌شود.[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 لایتراکن اولین بار توسط آرون لوسنری معمار ۲۷ ساله مجارستانی در سال ۲۰۰۱ اختراع شد و بعد از موفقیت آمیز بودن طرح، لایتراکن شروع به ساخت کرده و فروش خود را در سال ۲۰۰۴ آغاز کرد. شرکت بازاریابی بتن شفاف در آلمان و با نام لایتراکن می‌باشد که این واژه نیز از بتن انتقال دهنده نور گرفته شده است.[2]

۲.۱۱ لیتراکن

نوشتار اصلی: لایتراکن

لایتراکن مخفف بتن انتقال دهنده نور می‌باشد و به بتنی اطلاق می‌شود که با بهره‌گیری از فیبرهای نوری امکان انتقال نور را از یک سمت به سمت دیگر فراهم می‌کند. 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 لوسونزی 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. ازنظر 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 فضاهایی روشن و جذاب داشته باشد.[3]

۳.۱۱ لیتراکن بتن عبور دهنده

ارن در سن 27سالگي هنگامي كه در كالج سلطنتي هنرهاي زيباي استكهلم مشغول به تحصيل بود، ليترا كن را كشف كرد و در سال 2004 شركت خود را با نام ليترا كن تاسيس نمود. وي در سال 2006 ميلادي با شركتهاي بزرگ مصالح نوين ساختماني جهت توليد انبوه به توافق رسيد. ليتراكن محصول منحصر به فردي است كه امروزه به عنوان يك متريال ساختماني جديد و پيشرفته با قابليت هاي بالا مطرح شده است. اين محصول از تركيب 96% بتن معمولي 4% فيبر توليد شده است. در ابتدا چنين به نظر مي آيد كه اين محصول يك ساختار دو جزئي دارد. اما چنين نيست! چون فيبر ها به قدري كوچك هستند كه يك تركيب دانه بندي همگن را بوجود اورده اند. هزاران فيبر نوري شيشه اي بين دو وجه اصلي بلوك بتني قرار مي گيرند و باعث عبور نور مي شوند. قابل ذكر است اين الياف نوري كه قابليت انعطاف پذيري زيادي را دارا هستند را هيچ گونه تاثير منفي بر روي مقاومت كششي يا فشاري بتن مي گذارند. نكته اي كه در اين جا بر زيبايي كاربرد ليتراكن مي افزايد همرنگ بودن رنگ نور و سايه ي ايجاد شده است. پس اگر به ليتراكن نور آبي بتابد سايه ايجاد شده آبي خواهد بود و سايه قرمز هم حكايت از تابش نور قرمز دارد. از نظر تئوري فيبرهاي به كار رفته در ليترا كن قادر به انتقال نور در بتني به ضخامتي حدود 20 متر است كه در نوع خودش بسيار بي نظير است . [4] موارد كاربردي ليتراكن

- 1- ديواره ها: رايج ترين حالت ممكن براي استفاه از ليتراكن در ساخت ديواره هاي داخلي و خارجي است. ليتراكن را با توجه به ميزان استحكام ديوار و پارامترهاي ديگر مي توان ضخيم تريا باريك تر توليد كرد. همچنين چون با عبور نور ضخامت ديوار محسوس است مي تواند عاملي براي نشان دادن سنگيني و استحكام ديوار در مكان هاي خاص باشد و در عين حال به تشديد كنتراست بين نور و ماده مي افزايد.

راستاي شرقي غربي ، بهترين حالت ممكن كاربري ديوارهاي ليتراكني را فراهم مي سازد تا اشعه آفتاب در زمان طلوع و غروب خورشيد با راستاي كمتري به ديوار بتابد و شدت نور بيشتري قابل مشاهده باشد.

- 2- كف پوشها: وقتي ليترا كن به عنوان يك پوشش كف به كار مي رود، يكي ديگر از شگفتي هاي نهان خود را آشكار مي سازد .

از طلوع آفتاب و در طول روز كه نور به آن مي تابد مانند يك بتن معمولي به نظر مي رسد و هنگام غروب نيز بلوك هاي كف در رنگ هاي منعكس شده از نور به زيبايي شروع به درخشيدن مي كنند.

- 3- دكوراسيون داخلي: نورپردازي در دكوراسيون داخلي و ايجاد حس در يك فضا يك بحث مهم غير قابل انكار است. ليترا كن در اين زمينه به كمك يك دكوراتور داخلي مي آيد . اين ماده عجيب مي تواند به صورت بلوك يا پانل و در رنگهاي مختلف جلوه اي خاص به فضاي دروني ساختمان بخشد. هم اكنون ليترا كن به سه رنگ سياه ، سفيد و خاكستري در بازار موجود است.

ديوارهايي كه با ليتراكن ساخته شده اند از پشت نور پردازي مي شوند تصوير بسيار زيبايي از اجسام محوطه بوجود مي آورند. با استفاده از ليتراكن مي توان زيبايي هاي خارج از فضا را در عين سكون به داخل ينا آورد. ليتراكن علاوه براينكه به عنوان يك متريال مجزا شناخته شده است ، مي

www.ArshaDownload.com

تواند در خدمت صنایع دیگر نیز قرار گیرد . به عنوان مثال در طراحي لامپ ليتراكيوب (Litracub Lamp) چندين بلوك ليتراكني روي هم قرار مي گيرند و مكعبي را تشكيل مي دهند تا منبع نور در داخل آن قرار گيرد و نور پس از عبور از بتن به بيرون ساطع گردد .[5]

۴.۱۱ مسلح کردن لیتراکن :

جدا از اين كه انواع عايق هاي حرارتي و صوتي متناسب با ليترا كن توليد شده اند در نوع استحاك يافته آن شيارهايي در داخل بتن تعبيه مي گردند كه ميلگردهايي به صورت عمودي يا افقي در اين شيار ها قرار مي گيرند و همان طور كه قبلا ذكر شد چون فيبرهاي نوري به كار رفته در ليتراكن خاصيت انعطاف پذيري خوبي دارند ، اطراف ميلگردها را مي پوشانند و از نمايش آنها جلوگيري مي كنند. در چنين آزمايش و پروژه موفقيت بتن مسلح ليترا كن به اثبات رسيده است.[6]

۵.۱۱ مشخصات تکنیکي ليتراكن:

حد اقل فيبر موجود 4% و حداكثر آن 5% مي باشد و از هر 4% فيبر اپتيكي به كار رفته فقط 3% نور تابيده شده عبور مي كند. دانسيته ي بتن ليتراكن بين 2100 تا 2400 كيلوگرم بر متر مكعب است.[7]

۶.۱۱ ویژگی‌های بتن شفاف

- می‌توان دیوار با هر ضخامتی توسط لایتراکن‌ها 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.[8]

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-mm500، عرض حداکثر mm600، ارتفاع حداکثر mm300.[9]

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 لایتراکن 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 لیتراکن 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. لیتراکن می‌تواند به صورت بلوک یا پانل و در رنگ‌های مختلف جلوه‌ای خاص به فضای درونی ساختمان بخشد. لیتراکن به سه رنگ سیاه، سفید و خاکستری در بازار موجود است.

۴. لامپ لایتراکیوب: یکی ازمحصولات موفق لایتراکان در زمینه طراحی، لامپ لایتراکیوب 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.[10]

www.ArshaDownload.com

۹.۱۱ پانویس

[1] seeing the future of construction through translucent concrete,2004.http://seattlepi.nwsource.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/

[4] http://www.donya_e_eqtesad.com/

[5] http://www.donya_e_eqtesad.com/

[6] http://www.donya_e_eqtesad.com/

[7] 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/

www.ArshaDownload.com

فصل ۱۲

بتن غلطکی

بزرگترین سد آمریکای شمالی که با بتن غلطکی ساخته شده‌است.

بتن غلتکی یا **بتن متراکم 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.[1]

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 عناوین زیر در کشورهای مختلف مورد بررسی و اجرا قرار گرفته است.[2]

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

۱.۱۲ لزوم استفاده

در بسیاری از کشورها هزینه ساخت سدهای بتنی با سرعتی بیش از هزینه‌های مشابه در سدهای خاکی افزایش یافته‌است به طوری که در سال ۱۹۶۰ حدوداً ۳۷٪ سدها، بتنی بوده و در فاصله سال‌های ۱۹۶۱ تا ۱۹۷۰ این عدد به ۲۳٪ تقلیل یافته است. استفاده از بتن غلطکی در ساخت سدهای بتنی دارای مزایای اقتصادی و سرعت عمل قابل ملاحظه‌ای نسبت به سدهای معمولی است و از تجارت و تلاش‌های موفق سد سازی در دهه اخیر محسوب می‌شود.

۲.۱۲ مزایای استفاده از بتن غلطکی

۱. مقاومت خمشی بالا (۳٫۵-۷٫۵)قابلیت تحمل بارهای سنگین و متناوب را بدون گسختگی 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 راحتی 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 گسلش 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 پارگینگ‌ها و انبارها می‌شود.

۹. کاهش میزان سیمان مصرفی و حذف سیستم‌های خنک‌کننده در بدنه سدها

۱۰. استفاده از تجهیزلت معمول برای حمل و نقل و بتن ریزی

۱۱. سرعت بالای بتن ریزی

۱۲. حذف درزهای طولی در سدها[4]

۳.۱۲ منابع

[1] رحیم لباف زاده، محمد صالح. فناوری ساختمان‌های بتنی۴۹۲/۴. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۲. شابک ۶-۱۳۴۶-۰۵-۹۶۴.

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

[3] David &Luhr,Design And Cinstruction of Roller-Compacted Concrete pavement for Container Terminals

www.ArshaDownload.com

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

www.ArshaDownload.com

فصل ۱۳

بتن فوم

بلوک های ساخته شده از بتن فوم

فوم بتن (foamed concrete) یا **بتن سبک** به عنوان مصالحی که چگالی آن بطور قابل ملاحظه‌ای از بتن معمولی پایین‌تر است می‌تواند نقش موثری در کاهش وزن ساختمان‌ها، به‌ویژه در قسمت غیره سازه‌ای داشته باشد.

بتن همراه با ماده کف‌ساز 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 می‌باشد سبکی این بتن در سازه‌های ساختمانی باعث کاهش بار مرده ساختمان، صرفه جویی در حجم خاک برداری و بتن مصرف شده در فونداسیونها و همچنین کاهش بارهای زلزله می‌گردد. برای افزایش کارایی این محصول در پروژه‌های مختلف مقدار اختلاط و افزودنیهای موردنیاز طبق تجربیات و استانداردهای کشورهای آلمان، انگلیس و آمریکا تنظیم و تهیه می‌گردد و برای تولید نهایی و آزمایشهای مقاومت بر روی آنها صورت می‌گیرد. برای تولید این بتن از ملات ماسه، سیمان، ماسه بادی، ملات بتن فوم (از نوع پروتئین حیوانی) و افزودنیهای مجاز استفاده می‌گردد.[1]برای استفاده بهینه از این محصول ابتدا وزن مخصوص و مقاومت فشاری آن برای کاربریهای موردنظر در پروژه تعریف شده و بر اساس آن بتن با اختلاط مناسب و افزودنیهای موردنیاز بر اساس دستورالعملها و تجربیات قبلی تولید م یشود که در حین تولید توسط استانداردهای بین‌المللی کشورهای آلمان، انگلیس و آمریکا فرموله می‌گردد.

۱.۱۳ کاربردهای اصلی

عمده‌ترین و اصلی‌ترین کاربردهای بتن سبک شامل بلوک‌های سبک سقفی و دیواری و هم‌چنین بتن کفسازی و شیب‌بندی 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 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.

۲.۱۳ مواد تشکیل‌دهنده

در تولید این بتن‌ها عمدتا از پوکه و مواد صنعتی یا معدنی با چگالی پایین به‌عنوان سنگ‌دانه یا پرکننده سبک استفاده می‌شود. در کنار بتن با سنگدانه‌های سبک، تولیدات بعضی کارخانجات نیز به شکل بلوک‌ها و پانل‌های 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 بریدن با اره، امکان شیار زدن و به‌کار بردن میخ و پیچ است.

۳.۱۳ انواع

این نوع بتن بسته به روش تولید حباب‌های هوا به دو نوع تقسیم بندی می‌شود:

بتن گازی

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

۴.۱۳ بتن کفی

اما در تولید بتن کفی بر عکس بتن گازی، حباب‌های هوا به کمک یک ماده کف‌زا تولید می‌شود و در مخلوط بتن اضافه می‌شوند. تکنولوژی تولید بتن کفی ساده‌تر از تکنولوژی تولید بتن گازی است، و امکان ساخت این نوع بتن در کارگاه‌های ساختمانی نیز وجود دارد. مواد پایه در ساخت بتن کفی عبارتند از سیمان، آب و کف حاصل از یک ماده کف زا.

برای تولید کف معمولا 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 حبابهایی با قطر در حد میلیمتر و کمتر تولید شده اند . برای تولید کفی پایدار در ساختار داخلی ماده کف زا و یا بطور مستقل یک ماده پایدار کننده کف استفاده می شود تا حبابهای تولید شده پایدار شوند. منظور از پایدار شدن حبابها این است که حبابها در اثر جابجایی و اختلاط، شکل خود را حفظ نمایند و اصطلاحا کف نخوابد. معمولا کف پایدار حاصل ، خامه ای شکل می باشد.

www.ArshaDownload.com

مواد کف زا فوم را می توان به لحاظ ساختاری در دو کلاس طبقه بندی کرد که شامل مواد بر پایه پروتئین حیوانی فوم پروتیئنه و مواد کف زای شیمیایی فوم شیمیایی می باشند معمولا 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 قرار 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..[2]

۵.۱۳ میزان آب به سیمان

معمولا 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 . .[3]

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 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 معمولا 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 وکیفیت 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

بعلت 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.و 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.و 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.

www.ArshaDownload.com

۱۲.۱۳ بررسی سبک بودن فوم بتن در کفسازی

در مورد کفسازی و شیب بندی های انجام گرفته در ساختمانها که عمدتا از پوکه و سیمان استفاده می شود در صورت جایگزینی این نوع بتن با چگالی 400، وزن مرده کفسازی از 1000 به 400 کیلو در متر مکعب کاهش می یابد. 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 بعبارت دیگر به میزان 9 درصد کاهش می یابد که برابر با کاهش 9 درصدی میزان نیروی زلزله می باشد. با این میزان کاهش ، حدود 4 درصد در مصرف میلگرد صرفه جویی می شود. با احتساب مصرف 45 کیلو میلگرد در هر متر ساختمان میزان این صرفه جویی براحتی قابل محاسبه می باشد.

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 می شود. و خود باعث صرفه جویی در مصرف انرژی می باشد.و در هنگام بروز زلزله بعلّت سبکی وزن فوم بتن ، آورا ناشی از خرابی ساختمان ، خسارت کمتری به لوازم و ساکنین وارد می کند و این موضوع هم از لحاظ مالی و هم جانی قابل ملاحظه می باشد.

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 می شود. این در حالیست که منابع ماسه بادی فراوان در این مناطق وجود دارد. در این مناطق می توان با استفاده از بتن کفی اقدام به ساخت بلوکها و پانلهای بتنی کرد که به لحاظ اقتصادی کاملا به صرفه می باشد.

بعنوان مصالح بدون نشست نیز می توان 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، خصوصا در مناطقی که دسترسی به منابع مصالح دانه ای مناسب وجود ندارد، تضمین می کند. در کنار امتیازات فوق، با توجه به مقاومت بالای این نوع بتن در مقابل آتش سوزی ، می توان 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 مزیتهای 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. (gravel) مزیتهای این بتن می‌توان به عدم به کارگیری شن ماده عامل تولید فوم: پروتئین حیوانی که از شاخ و سم حیوانات تولید می‌شود که 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.[5] 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 جذل 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 توانند تاثیر بسزایی در افزایش عمر و استحکام بتن های سبک بگذارد . [6]

۱۶.۱۳ مزیتهای 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 متعاقبًا سهم بار با کاهش وزن بار مرده ساختمان به نصف کاهش خواهد یافت. با کاهش وزن بار مرده ساختمان کاهش درون اسکلت ساز ه، ابعاد فونداسیون و کاهش آرماتور مصرفی برای فونداسیون را خواهیم داشت ودر نتیجه آن زمان اجرای پروژه مدت کوتاهتری 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 صرفه‌جویی خواهیم کرد. در زمان استفاده از ساختمان و بهره بردار ی به علت عایق خوب حرارتی بتن صرفه جوئی قابل توجه‌ای در هزینه مصرف انرژی (سرمایش و گرمایش ساختمان) حاصل می‌شود وکاهش 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 شده بودند مشاهده نشده است.[7]

۱۸.۱۳ سایر مزایای بتن فوم

از عمده مزایای فوم بتن می توان 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 [8]

www.ArshaDownload.com

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 افزودنی ها-مواد افزودنی حباب هوازا-۷۶ ۱۳

www.ArshaDownload.com

فصل ۱۴

بتن کریستالی

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 ضدآب کردن برای جلوگیری از نشت میان شکاف‌ها دارد.[1]

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 نفوذپذیراست، 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 وباعث طبله شدن یا تاول زدن بتن می‌شود.
- بکار بردن یک اندود یا بتونه برای دیوارهای خارجی یک بنا ممکن است در صورت بقدر کافی نفوذ پذیر نبودن بتونه درمقابل 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 بارطوبت بالا ممکن است باعث تورق (لایه لایه شدن) کف گردد.

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 اندود عمل خواهد کرد. بعضی ازانواع 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.[2]

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.

ضدآب 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. هرجایی نشت 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.[3]

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 شیمیای 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.[4]

www.ArshaDownload.com

۴.۱۴ انواع بناها و کاربرد مناسب فناوری کریستالی

فناوری حفاظت وضدآب کردن کریستالی در دو شکل پودرومایع وجود دارد. سه روش بکارگیری متفاوت شامل:

۱. استفاده کردن برروی یک ساختار موجودبه 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.[5]

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 تاثیرات 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.[6]

۶.۱۴ منابع

[1] فناوری ضد آب کردن کریستالی و زایکوس(zycosil)در محیط‌های دریایی، مهدی رحیمی اصل وهمکاران.

[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

[4] فناوری ضد آب کردن کریستالی و زایکوس(zycosil)در محیط‌های دریایی، مهدی رحیمی اصل وهمکاران.

[5] مرجع مهندسی عمران شهرستان بهبهان، صفحه 7.

[6] فناوری ضد آب کردن کریستالی و زایکوس(zycosil)در محیط‌های دریایی، مهدی رحیمی اصل وهمکاران.

www.ArshaDownload.com

فصل ۱۵

بتن مسلح به الیاف فولادی

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.[1]

۱.۱۵ خواص بتن مسلح به الیاف فولادی

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

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.[2]

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 بعلت افزایش مقاومت برشی، تیرهای بتن مسلح را طراحی کنیم. .[3]

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. .[4]

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 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 ۱٫۰ میلی‌متر تغییر شکل در وسط دهنه، 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.[5]

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.

۶.۱.۱۵ پوسیدگی و زنگ زدگی الیاف فولادی

اثر خورندگی 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 لوهایو آمریکا، خورندگی 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 الیا فدار درمعرض 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

www.ArshaDownload.com

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.[6]

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.[7]

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 مهندسین 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.[8]

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.[9]

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 تعریفمی شود، بارزترین مشخصه و وجه تمایز بتن الیافی با بتن خالص است.[10]

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:

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

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
- گاراژهای 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 انجار و ضربه پذیر
- پروژه‌های عایق حرارتی و نسوز
- پوسته‌های نازک و دیوارها
- ساه‌های دریایی
- کف سالنهای صنعتی[12]

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 وبطور 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:

www.ArshaDownload.com

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

۵.۱۵ جستارهای وابسته

- بتن الیافی

۶.۱۵ منابع

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[10] کیوانی، عبداله، «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

www.ArshaDownload.com

۷.۱۵ منابع متن و تصویر، مشارکت‌کنندگان و مجوزها

۱.۷.۱۵ متن

- **بتن**منبع: http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86?oldid=14925128 مشارکت‌کنندگان:دانیل، ظهیری، Meisam، Zeerak، محمدرضا، Alexbot، Komeil 4life، دانقولا، Elessar، Huji، Xerxessenior، 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، Farshadhiedari64، Fawikibot، Navid sanat، قاصدک بهار، Rezabot، Ripchip Bot، MerlIwBot Justincheng12345، Man-number one، MahdiBot، Dexbot، MasoudErshadi، Mathematicair، Yamaha5، Addbot، Adel rajool، ASHKAN TR، Somaye mohebi، Farsheed.R، ParIiIisa، Behzadbeihaghi1344، Peredhil، Raminshah، Mehregaan و ناشناس: 27
- **بتن مسلح**منبع: 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، دانقولا، همان، Amirobot، Luckas-bot، Xqbot، AmirAK، Elph، Sahimrobot، Amirgatch، Rezabot، قاصدک بهار، Dexbot، Anamoli، Seiavoshy، مسعود، Saee69eed و ناشناس: 2
- **بتن آسفالتی**منبع: 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:MerlIwBot، Rezabot، Reza1615، Taranet، فلورانس، Qasemzadeh ali و Wikisay
- **بتن اسفنجی اتوکلاوی**منبع: http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D8%A7%D8%B3%D9%81%D9%86%D8%AC%DB%8C_%D8%A7%D8%AA%D9%88%DA%A9%D9%84%D8%A7%D9%88%DB%8C?oldid=15286187 مشارکت‌کنندگان:Ebraminio، Taranet، VolkovBot، Behtis، SieBot، M.Fanavar، Tanhabot، Zorrobot، SilvonenBot، Amirobot، Luckas-bot، Ali Daftari، Nallimbot، Darkicebot، Dinamik-bot، قاصدک، KamikazeBot، EmausBot، Ebrambot، AliBot، WikitanvirBot، Rezabot، دالبا، Xqbot، Rubinbot، ICEAGE، Adlerbot بهار، Nader Toos، Dexbot، FawikiPatroller، YasBot، Yamaha5، MohandesWiki، Shimamaasoumi، Manteghinejad، Monire negari و ناشناس: 5
- **بتن الیافی**منبع: 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، دالبا، Amirgatch، AliBot، Fjalili، Ebrambot، Persian knight shiraz، Hossein.Bazeghi و ناشناس: 9
- **بتن پاشیده**منبع: 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:ماني، Deybirth، EmausBot، دالبا، جیمبو دامبلی دیمبو، VolkovBot، XOXOXO، PixelBot، Amirobot، Luckas-bot، Yamaha5، Oyakmohsen، Sentouno، Alirezajabin، Rezabot، MerlIwBot، Raatin، Viator~fawiki، JYBot، FawikiPatroller، MasoudErshadi، Karshenaswiki، ParIiIisa، Behzadbeihaghi1344 و ناشناس: 8
- **بتن پیش‌تنیده**منبع: 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، دالبا، RedBot، Rezabot، ElphiBot، Fawikibot، Radmanesh~fawiki، Sabcad17، Dexbot، Far-gh، MohandesWiki، Nomani mitra و ناشناس: 14
- **بتن حجیم**منبع: http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D8%AD%D8%AC%DB%8C%D9%85?oldid=14925244 مشارکت‌کنندگان:دالبا، Mehregaan، Yamaha5، FawikiPatroller، Alishahss75ali، Fabirco، Rezabot، ناشناس: 5
- **بتن خودمتراکم**منبع: 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:Sandbaad~fawiki، FawikiPatroller، Yamaha5، MahdiBot، منا آلبوغبیش و ناشناس: 4
- **بتن سبک**منبع: http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D8%B3%D8%A8%DA%A9?oldid=13286406 مشارکت‌کنندگان:Tanhabot، Shnov، Sanchooli، Way2rain، Ebraminio، Mardetanha، Aliparsa، همان، Khaki jahadit871، Samireh jahadit871، دالبا، Mohammad987636، Freshman404، Farham gh، AliReza، Ebrambot و ناشناس: 3
- **بتن شفاف**منبع: http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D8%B4%D9%81%D8%A7%D9%81?oldid=11790267 مشارکت‌کنندگان:Najmeh zh، Yamaha5، FawikiPatroller و تباشیر
- **بتن غلطکی**منبع: http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D8%BA%D9%84%D8%B7%DA%A9%DB%8C?oldid=12798065 مشارکت‌کنندگان:Far-gh، Yamaha5، FawikiPatroller، MahdiBot، Rezabot و Manteghinejad
- **بتن فوم**منبع: http://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%AA%D9%86_%D9%81%D9%88%D9%85?oldid=15265015 مشارکت‌کنندگان:Way2rain، نوژن، Hafez، In twilight، امیرکبیر، طاها، Oyakmohsen، Mohsen ghasemee، AmerIlica، FawikiPatroller، Yamaha5، رمبوران، MohandesWiki، شتاب فوم بتن، ShetabFoamBeton، Clcir، Frzane MraD، MahdiXareie، ParIiIisa، Mohammad hassan faraahi و ناشناس: 2
- **بتن کریستالی**منبع: 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:MohandesWiki، Yamaha5، FawikiPatroller و منا آلبوغبیش
- **بتن مسلح به الیاف فولادی**منبع: 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:دالبا، Mehregaan، Nasrineebrahimi، Yamaha5، FawikiPatroller، Rezabot و ناشناس: 5

۲.۷.۱۵ تصاویر

- **پرونده:BostonCityHall_byLebovich8_HABS_MA1176.jpg_1981**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/1981_BostonCityHall_byLebovich8_HABS_MA1176.jpg مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: این نگاره از کتابخانهٔ کنگره ایالات متحده بخش چاپ و عکس‌ها تحت شناسهٔ دیجیتالی hhh.ma1243 موجود است.

  این برچسب وضعیت حق تکثیر کار ضمیمه شده را مشخص نمی‌کند. یک برچسب حق تکثیر عادی هنوز مورد نیاز است. Commons:Licensing را برای اطلاعات بیشتر ببینید. هنرمند اصلی:Bill Lebovich
- **پرونده:AF-asphalt-laying-machine.jpg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/76/AF-asphalt-laying-machine.jpg مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: http://gemini.info.usaid.gov/photos/displayimage.php?album=121&pos=9 هنرمند اصلی:Unknown, USAID
- **پرونده:Ambox_content.png**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Ambox_content.png مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: (Transferred from en.wikipedia.) Derived from en:File:Information icon.svg. هنرمند اصلی:David Levy; El T (original icon); Penubag (modified color) (modified design).

www.ArshaDownload.com

- پرونده:**Ambox_wikify.svg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e1/Ambox_wikify.svg مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی:penubag
- پرونده:**Asphalt_concrete.JPG**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5b/Asphalt_concrete.JPG مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی:kallerna
- پرونده:**Asphalt_on_concrete.jpg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9f/Asphalt_on_concrete.jpg مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی:Scott Ehardt
- پرونده:**Asphalt_plant_pic.jpg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Asphalt_plant_pic.jpg مجوز: CC BY-SA 1.0 مشارکت‌کنندگان: http://www.asphaltplant.cn direct link هنرمند اصلی:Unknown photographer
- پرونده:**Commons-logo.svg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Commons-logo.svg مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: This version created by Pumbaa, using a proper partial circle and SVG geometry features. (Former versions used to be slightly warped.) هنرمند اصلی:SVG version was created by User:Grunt and cleaned up by 3247, based on the earlier PNG version, created by Reidab.
- پرونده:**Edit-clear.svg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f2/Edit-clear.svg مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: The Tango! Desktop Project هنرمند اصلی:The people from the Tango! project
- پرونده:**Gazopenoblock.JPG**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Gazopenoblock.JPG مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: 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 مشارکت‌کنندگان: ? هنرمند اصلی:?
- پرونده:**NewFavicon_icon.svg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/NewFavicon_icon.svg مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی:Penubag
- پرونده:**Pg_View.gif**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/Pg_View.gif مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی:Hemmahemma
- پرونده:**Question_book.svg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/Question_book.svg مجوز: CC-BY-SA-3.0 مشارکت‌کنندگان: ? هنرمند اصلی:?
- پرونده:**REMSVB600x.jpg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/REMSVB600x.jpg مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت‌کنندگان: 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 مشارکت‌کنندگان: Self-photographed هنرمند اصلی:Alex.schroer در ویکی‌پدیا آلمانی
- پرونده:**SCC_test_L_end_2.JPG**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/42/SCC_test_L_end_2.JPG مجوز: GFDL مشارکت‌کنندگان: Amit Kenny هنرمند اصلی:created by me
- پرونده:**SCC_test_L_start.JPG**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/SCC_test_L_start.JPG مجوز: GFDL مشارکت‌کنندگان: Amit Kenny هنرمند اصلی:created by me
- پرونده:**SCC_test_U_end.JPG**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/SCC_test_U_end.JPG مجوز: GFDL مشارکت‌کنندگان: Amit Kenny هنرمند اصلی:created by me
- پرونده:**SCC_test_U_start.JPG**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/SCC_test_U_start.JPG مجوز: GFDL مشارکت‌کنندگان: Amit Kenny هنرمند اصلی:created by me
- پرونده:**SagradaFamiliaRoof2.jpg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/SagradaFamiliaRoof2.jpg مجوز: CC BY 3.0 مشارکت‌کنندگان: 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 مجوز: Public domain مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی (Own picture). هنرمند اصلی:Uploader.
- پرونده:**Shotcrete_gun.jpg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/Shotcrete_gun.jpg مجوز: CC BY 2.5 مشارکت‌کنندگان: Transferred from en.wikipedia to Commons by SchuminWeb using CommonsHelper. هنرمند اصلی:Billbeee در ویکی‌پدیا انگلیسی
- پرونده:**Shotcrete_swimming_pool.jpg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Shotcrete_swimming_pool.jpg مجوز: CC BY 2.5 مشارکت‌کنندگان: Transferred from en.wikipedia to Commons by SchuminWeb using CommonsHelper. هنرمند اصلی:Billbeee در ویکی‌پدیا انگلیسی
- پرونده:**Suspension_bridge_pattern_german1.svg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Suspension_bridge_pattern_german1.svg مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت‌کنندگان:
  - Suspension_bridge_pattern_german.png هنرمند اصلی Matthias079:
- 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 مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت‌کنندگان: File:TaumSaukReservoir underconstruction.jpg هنرمند اصلی:KTrimble
- پرونده:**Glasfaser_Roving.jpg_**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e2/Glasfaser_Roving.jpg مجوز: CC-BY-SA-3.0 مشارکت‌کنندگان: Selbst fotografiert. Transfered from de.wikipedia Transfer was stated to be made by User:Isthmus. هنرمند اصلی:NoiseD at de.wikipedia
- پرونده:**Prestressed_concrete_en.svg_**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1a/Prestressed_concrete_en.svg مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت‌کنندگان: self-made; removed Hebrew from Image:Prestressed concrete.svg هنرمند اصلی:Knulclunk;user:Benherz
- پرونده:**asphalt_base.jpg**منبع: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Asphalt_base.jpg مجوز: CC-BY-SA-3.0 مشارکت‌کنندگان: English Wikipedia, photo uploaded there by its author, Estr4ng3d as 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 مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی:Holger.Ellgaard

www.ArshaDownload.com

- **پرونده:سقف_بتنی_پیش_تنیده1.jpg**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 مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی:Nomani mitra
- **پرونده:سقف_بتنی_پیش_تنیده2.jpg**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 مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی:Nomani mitra
- **پرونده:نحوه_پیش_تنیدگی1.jpg**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 مجوز: CC BY-SA 3.0 مشارکت‌کنندگان: اثر شخصی هنرمند اصلی:Nomani mitra
- **پرونده:پیش_تنیدگی.jpg**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 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