اصول و روش های ساخت ساختمان

(جلد سه)

مولف:

مهندس محمد طیبی

www.Mohammadtayyebi.com

سرشناسه	:	طیبی، محمد، ۱۳۶۲ -
عنوان و نام پدیدآور	:	اصول و روش های ساخت ساختمان/ مولف محمد طیبی؛ ویراستار و صفحه‌آرا فرانک حاجی‌عبدالله.
مشخصات نشر	:	تهران: نشرزرین اندیشمند ۱۴۰۰
مشخصات ظاهری	:	۵ج: مصور(بخش رنگی)، جدول، نمودار
شابک	:	۹۷۸-۶۲۲-۷۵۹۱۶۴-۴
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
موضوع	:	ساختمان سازی-- ایران
موضوع	:	Building--Iran
موضوع	:	ساختمان سازی—ایران—صنعت و تجارت
موضوع	:	Construction industry--Iran
رده بندی کنگره	:	TH145
رده بندی دیویی	:	۶۹۰/۰۲۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی	:	۷۶۰۱۶۱۵

دفتر مرکزی: خیابان انقلاب، مابین خیابان دانشگاه و ابوریحان،
پلاک ۱۱۸۲، ساختمان فروردین، طبقه ۵، واحد ۱۹
شماره تماس: ۰۹۹۰۵۴۴۵۰۰۶ - ۶۶۱۷۶۰۸۷
وب سایت: Andishmandpub.com
پست الکترونیکی: Andishmand.pub@gmail.com

نشر زرین اندیشمند

اصول و روشهای ساخت ساختمان(جلد سوم)

مولف: محمد طیبی
ویراستار و صفحه آرا: فرانک حاجی عبدالله
نوبت چاپ: اول ۱۴۰۰
طراح جلد: ریحانه عامری پویا
قیمت: ۷۰۰۰۰۰ ریال
ناشر: نشر زرین اندیشمند
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۵۹۱۶۴-۴
شمارگان: ۵۰۰

حق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ است.

تقدیم به پدرم

کوهی استوار و حامی من در طول تمام زندگی

تقدیم به مادرم

سنگ صبوری که الفبای زندگی به من آموخت

تقدیم به برادرانم

همسفران مهربان زندگیم.

مقدمه

دیربازیست که سرپناه نقش حیاتی و تعیین کننده ای در زندگی و محل اسکان بشر داشته است که با توجه به پیشرفت فوق العاده انسان در همه علوم، صنعت ساختمان نیز از این قاعده مستثنی نبوده و برای داشتن سازه های مقاوم و ایمن به جهت محافظت از جان و مال ساکنین باید با علم روز همراه بود تا از بروز حادثه در ساختمانها جلوگیری شود که توجه ویژه به اصول و روش های ساخت ساختمان ها از تخریب تا نازک کاری از موارد اساسی و بسیار مهم در صنعت ساخت و ساز می باشند که در این کتاب (جلد سوم)تلاش نموده ام که تا حد امکان به ذکر آنها بپردازم که عبارتند از: بتن، خواص و کاربردهای آن، انواع افزودنی های بتن و کاربردهای آن، انواع تستها و آزمایش های بتن، شیوه های کاهش آسیب بتن برای محیط زیست، روش های آب بندی و روش های بتن ریزی زیر آب. امید است با نگارش این کتاب گامی بس کوچک در اعتلای صنعت ساختمان برداشته باشم.

با احترام

محمد طیبی

فهرست مطالب

فصل ۴..... ۷

بتن و کاربردهای آن..... ۷

بتن چیست و چه کاربردی دارد..... ۸

انواع بتن..... ۱۳

انواع سیمان..... ۷۲

استفاده از مواد زاید کشاورزی در سیمان..... ۸۴

خاکستر بادی..... ۹۰

میکروسیلیس و کاربرد آن در بتن..... ۹۲

ترک های روسازی بتن..... ۹۸

انواع افزودنی های بتن و کاربرد آن در پروژه های ساخت و ساز..... ۱۰۰

کاهنده های آب و روان کننده بتن..... ۱۰۰

افزودنی های زودگیر کننده و شتاب دهنده بتن..... ۱۰۸

افزودنی های حجم زای بتن..... ۱۲۵

افزودنی های پایاگر و آب بند کننده های بتن..... ۱۳۳

اصول بتن ریزی در هوای گرم و سرد..... ۱۳۷

ضد یخ بتن چیست و چه کاربردی دارد..... ۱۵۰

نحوه کاهش زیان های بتن برای محیط زیست..... ۱۵۲

چسب بتن چیست..... ۱۵۴

تست ها و آزمایش های بتن..... ۱۶۱

تست التراسونیک بتن (UPV)..... ۱۶۱
آزمایش هافسل (پتانسیل خوردگی بتن)..... ۱۷۷
تست چکش اشمیت..... ۱۸۵
تست pull off در بتن..... ۱۹۲
اسکن آرماتور در بتن..... ۱۹۷
آزمایش اسلامپ بتن چیست..... ۲۰۱
کرگیری بتن چیست؟..... ۲۰۷
نحوه آب‌بندی و ایزولاسیون استخر..... ۲۱۰
روشهای بتن ریزی زیر آب..... ۲۱۸
ده سازه بتنی معروف در جهان..... ۲۳۳

فصل ۴

بتن و کاربردهای آن

بتن چیست و چه کاربردی دارد

این ماده ی چسبنده عموما حاصل فعل و انفعال سیمان های هیدرولیکی و آب می‌باشد. حتی امروزه چنین تعریفی از بتن شامل طیف وسیعی از محصولات می‌شود. بتن ممکن است از انواع مختلف سیمان و نیز پوزولان ها، سرباره کوره ها، گوگرد، مواد افزودنی بتن، پلیمر های بتن، الیاف بتن و غیره تهیه شود.

با توجه به گسترش و پیشرفت علم و پیدایش تکنولوژی های فراوان در قرن اخیر، شناخت بتن و خواص آن نیز توسعه قابل ملاحظه ای 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، پلیمر ها، الیافهای مختلف و افزودنی های متفاوتی هستند، تولید می شوند. همچنین می توان خاطر نشان کرد که تولید انواع بتن ها با استفاده از حرارت، بخار، اتوکلاو، تخلیه هوا، فشار هیدرولیکی ویبره و قالب انجام می گیرد.

بتن به طور کلی محصولی است که از اختلاط آب با سیمان آبی و سنگدانه های مختلف در اثر واکنش آب با سیمان در شرایط محیطی خاصی حاصل می شود و دارای ویژگی های خاص است. در دسترس بودن مصالح آن، دوام نسبتا زیاد و نیاز به ساخت و سازهای فراوان سازه های بتنی چون ساختمان ها، سازه ها، سدها، پل ها، تونل ها و راه ها، 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 صرفا توجه به مقاومت به عنوان یک معیار برای طرح بتن خشک برای محیط های مختلف و

کاربردهای مختلف نمی تواند جوابگوی مشکلاتی باشد که در دراز مدت در سازه های بتنی ایجاد می گردد. چند سالی است که مساله دوام بتن در محیط های مختلف مورد توجه قرار گرفته است. مشاهده خرابیهایی با عوامل فیزیکی و شیمیایی در بتن ها در اکثر نقاط جهان و با شدتی بیشتر در کشور های در حال توسعه، افکار و اذهان را به سمت طرح بتن هایی با ویژگی خاص و با دوام لازم سوق داده است. در این راستا در پاره ای از کشورها دستورالعمل ها 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 دستورالعمل ها گشته اند.

✔ مواد تشکیل دهنده بتن

۱.سیمان (Cement)

ملات سیمان از مواد تشکیل دهنده بتن است.

۲.آب (Water)

کیفیت آب در بتن از آن جهت حائز اهمیت است که ناخالصی های موجود در آن ممکن است در گیرش سیمان اثر گذاشته و اختلالاتی به وجود آورند. همچنین آب نامناسب ممکن است روی مقاومت بتن اثر نامطلوب گذاشته و سبب بروز لکه هایی در سطح بتن و حتی زنگ زدن آرماتور بشود. در اکثر اختلاط ها آب مناسب برای بتن آبی است که برای نوشیدن مناسب باشد. مواد جامد چنین آبی به ندرت بیش از ۲۰۰۰ قسمت در میلیون ppm خواهد بود و به طور معمول کمتر از ۱۰۰۰ ppm می باشد. این مقدار به ازای نسبت آب به سیمان معادل ۰۰۰۵ وزن سیمان می باشد. معیار قابل آشامیدن بودن آب برای اختلاط مطلق نیست و ممکن است یک

آب اشامیدنی به جهت داشتن درصد بالایی از یون های سدیم و پتاسیم که خطر واکنش قلیایی دانه های 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 می تواند برای بتن مصرف شود. رنگ تیره و بو لزوما وجود مواد مضر در آب را به اثبات نمی رساند.

مقدار آب مصرفی در سیمان

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 نمی کند و واکنش نداده باقی می ماند. 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 می ماند که پس از سخت شدن بتن باعث پوکی آن و نتیجتا 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 می شود. این نسبت برای سیمان پرتلند معمولی حدود ۲۵ درصد است. با این مقدار آب بتن فاقد کارایی لازم خواهد بود و معمولا 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

مقدار رطوبت مازاد سنگدانه ها از حالت اشباع با سطح خشک SSD یا (Saturated Surface Dry) است.

۳.سنگدانه‌ها (Aggregates): سنگدانه ها در بتن تقریبا سه چهارم حجم آن را تشکیل می دهند از اینرو کیفیت آنها از اهمیت خاصی برخوردار است. در حقیقت خواص فیزیکی، حرارتی و پاره ای از اوقات شیمیایی آنها در عملکرد بتن تاثیر می گذارد. دانه های سنگی طبیعی معمولا به وسیله هوازدگی و فرسایش و یا به طور مصنوعی با خرد کردن سنگ های مادر تشکیل می شوند.

اندازه دانه‌های سنگی: بتن عموما از سنگدانه هایی به اندازه های مختلف که حداکثر قطر آن بین ۱۰ میلی متر و ۵۰ میلی متر می باشد ساخته می شود. به طور متوسط از سنگدانه هایی با قطر ۲۰ میلیمتر استفاده می شود. توزیع اندازه ذرات به نام «دانه بندی سنگدانه» مرسوم است. به طور کلی دانه های با قطر بیشتر از چهار یا پنج میلی متر به نام شن و کوچکتر از آن به نام ماسه نامگذاری شده اند که این حد فاصل توسط الک ۴,۷۵ میلی متری یا نمره چهار مشخص می گردد. حد پایین ماسه عموما ۰،۰۷ میلیمتر یا کمی کمتر می باشد. مواد با قطر بین ۰،۰۶ میلیمتر و ۰،۰۲ میلی متر به نام لای (سیلت) و مواد ریزتر رس نامگذاری شده اند. گل ماده نرمی است که شامل مقادیر نسبتا مساوی ماسه و لای و رس می باشد.

۴.کانی های مهم: کانی های مهم و متداول سنگدانه ها در زمینه استفاده در بتن عبارتند از: کانی های سیلیسی (کوارتز، اوپال، کلسه دون، تریمیت، کریستوبالیت) فلدسپات ها، کانی های میکا، کانی های کربناتی، کانی های سولفاتی، کانی های سولفور آهن، کانی های فرومنیزیم، کانی های اکسید آهن، زئولیت ها و کانی های رس.

در استاندارد ASTM سنگ ها از لحاظ شکل ظاهری به پنج گروه تقسیم شده اند: کاملا گرد گوشه، گرد گوشه، نسبتا گرد گوشه، نسبتا تیز گوشه و تیز گوشه. در استاندارد BS این نامگذاری به صورت گرد گوشه، بی شکل و بی نظم، پولکی، تیز گوشه، طویل، پولکی طویل می باشد.

✔ عمل آوری بتن (کیورینگ بتن)

با ادامه یافتن Hydration مقاومت بتن افزایش می یابد و این واکنش عامل افزایش مقاومت بتن یا همان گیرش سیمان است. برای عمل آوری یا ادامه یافتن فرآیند Hydration باید رطوبت نسبی حداقل ۸۰ درصد باشد. در صورتی که رطوبت کمتر از این مقدار شود عمل آوری بتن متوقف شده و در صورتی رطوبت نسبی به بالای ۸۰ درصد بازگردد فرآیند 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 می ماند. 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 می تواند به وسیله عایق کاری موقت، پاشش آب یا تولید بخار صورت گیرد. از دیدگاه عملی، حفظ رطوبت بتن برای ۷ روز توصیه می شود. در شرایطی که این کار ممکن نباشد حداقل زمان عمل آوری بتن نباید کمتر از ۲ روز باشد.

انواع بتن

بتن ساختمان برحسب نوع کابردی که دارد به انواع زیر تقسیم می گردد:

✔ بتن معمولی

معمولی ترین نوع بتن مخلوط است و از سیمان پرتلند، ماسه، شن و آب تشکیل شده است. این بتن به همراه آرماتور و یا بدون آن در سازه ها، راه ها و پی به کار می رود. نسبت مخلوط شن، ماسه و سیمان این بتن از ۱:۱:۲ (برای قوی ترین مخلوط) تا ۱:۳:۶ (بتن مگر یا به عنوان بتن بستر) در تغییر می باشد. این بتن ساخته شده با سنگدانه ها و سیمان های معمولی تیپ یک تا پنج پرتلند و با وزن ویژه ۲۲۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد.

✔ بتن ساده حجیم

به بتن ساده بتن بدون آرماتور گفته می شود. از این بتن در بتن ریزی های حجیم مانند ساخت پی سد، دیوار حایل وزنی و غیره استفاده می شود.

✔ بتن بستر (مگر megr)

بتن مگر با نام‌های دیگری هم چون بتن نظافت یا بتن رگلاژ نیز شناخته می‌شود و مهم‌ترین ویژگی آن کم بودن عیار سیمان در آن است. بدین معنی که میزان سیمان به کار رفته در آن در مقایسه با بتن سازه‌ای بسیار کم‌تر است. بتن مگر یا به تعریفی بتن رگلاژ کف قالب‌بندی فونداسیون در حقیقت یک بتن با مقدار سیمان کم (۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم سیمان بر مترمکعب) است و جهت آماده‌سازی بستر خاکبرداری شده برای آرماتوربندی و صفحه گذاری اجرا می‌گردد.

چرا از بتن مگر استفاده می‌شود؟

بتن مگر به دو دلیل استفاده می‌شود:

۱.برای جلوگیری از تماس مستقیم بتن اصلی فونداسیون با خاک، جلوگیری از آبکش شدن

۲.برای رگلاژ کف فونداسیون و ایجاد سطحی صاف برای ادامه پی سازی، تراز

مزایای بتن مگر

- جلوگیری از نفوذ سیمان به خاک
- جلوگیری از جذب آب بتن توسط خاک
- آماده سازی بستر خاک برای پی ریزی
- صاف، تراز و همگن کردن فونداسیون
- اگر خاک برداری بیش از حد لازم انجام شود برای تراز کردن کف پی به کار میرود.
- پر کردن فضای خالی

اصول بتن‌ریزی مگر

برای ریختن بتن مگر، پس از آماده‌سازی کف پی، برای این که آب بتن سریعاً توسط کف زیر پی خارج نشود، لازم است بستر بتن‌ریزی مرطوب شود. البته باید مراقب بود تا آب در کف پی جمع نشود و فقط رطوبت وجود داشته باشد.

بعد از مرطوب شدن کف پی، می‌بایست بتن آماده شده را در محدوده‌ی ابعاد پی بعلاوه‌ی ۵ تا ۱۰ سانتی هر طرف از متراژ ریخت. بتن ریخته شده باید کاملاً متراکم شده و سطح بالایی آن با استفاده از شمشه و تراز و یا شیلنگ تراز، کاملاً تراز شده و ماله‌کشی با استفاده از تخته ماله به صورت صاف و یکنواخت انجام گیرد. بتن ریخته شده باید با استفاده از شمشه صاف شود. پس از انجام عملیات بتن‌ریزی بتن مگر، عمل آوردن بتن انجام می‌شود. در زمان ریختن بتن، دقت شود که ارتفاع بتن مگر در هر نقطه کمتر از ۵ سانتیمتر نباشد.

دستورالعمل و اجرای بتن مگر

اجرای یک لایه بتن مگر در زیر تمامی پی‌های بتن آرمه که در مجاورت سطح زیرین خود آرماتور دارند لازم است. بتن مگر خطر آلوده شدن بتن سازه‌ای را در هنگام انجام عملیات بتن‌ریزی کم می‌کند. ایجاد فاصله بین زمین طبیعی و پی شده مانع از جذب آب بتن فونداسیون توسط زمین می‌شود.

نکات الزامی هنگام اجرای بتن مگر

۱.شفته آهک باید قبل از اجرای بتن مگر مرطوب شود تا آب بتن را جذب نکند.

۲.بتن مگر باید زمانی بر روی شفته آهک اجرا شود که مقاومت شفته به ۱/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع رسیده باشد.

۳.شفته آهکی زمانی به مقاومت ۱/۵ 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.

۵.دقت شود که بتن درون دستگاه حداقل دو دقیقه پس از اضافه کردن آب، به خوبی مخلوط شود و سپس مورد استفاده قرار بگیرد.

۶.بعد از ریختن بتن مگر، بسته به دمای هوا، باید حدود ۱۰ ساعت سطح آن مرطوب نگه داشته شود. سپس بعد از گذشت یک روز می‌توان عملیات بعدی را شروع کرد.

✔ بتن سازه ای

بتن سازه ای بتنی است که می تواند برای اعضای باربر سازه به کار برده شود. وزن این بتن در حالی که متراکم شده باشد حدود $kg/m3$ ۲۴۰۰ بوده و باید مقاومت بالایی داشته باشد. اگر این بتن از مصالح سنگی سبک وزن ساخته شده باشد با رعایت ضوابط ویژه در طراحی آن می تواند دارای مقاومت بالا باشد.

✔ بتن مسلح – بتن آرمه

بتن مسلح یا بتن آرمه به بتن مسلح شده با میلگرد (آرماتور) گفته می شود. برای مسلح کردن بتن از میلگرد های تقویتی، شبکه های توری تقویتی، صفحات فلزی یا الیاف تقویتی استفاده می گردد هدف اصلی استفاده از بتن آرمه، واگذاری نیروهای کششی به وجود آمده در بتن به میلگردها است (به دلیل مقاومت کششی بالای

میلگرد) تا بدین طریق نیروهای کششی به بتن وارد نشده و سبب ترک خوردگی و در نهایت پکیدن بتن نشود.

✔ بتن درجا

بتنی است که در محل مصرف دائمی خود ریخته و سفت می شود. این روش متداول ترین روش اجرایی در سازه های بتنی می باشد.

✔ بتن پیش ساخته

بتنی است که در کارخانه بتن در قالب های جداگانه ریخته می شود و به شکل کنترل شده ای به عمل آمده و سفت می گردد و به هنگام لزوم برای نصب نهایی به محل کارگاه منتقل می شود. در این فرآیند می توان بتن با کیفیت بالای قالب بندی و مقاومت و قیمت نسبی پایین ساخت. این روش برای تولید دال های کف، بلوک ها، جداول راه سازی، پی نرده های حصار، تیرهای پل ها و دیوارها و غیره به کار می رود. قطعات پیش ساخته می توانند دارای آرماتور بوده و قطعات فولادی مهندسی نیز در آن جاسازی و نصب شوند.

✔ بتن خلا

بتنی است که دارای درصد آب بالایی است تا کارایی لازم را فراهم کند و بتوان بتن را در قالب های پیچیده یا در اطراف آرماتور گذاری فشرده ریخت. سپس بتن تحت اثر خلاء قرار می گیرد و قسمت اعظم آب آن برداشته می شود و بدین ترتیب بتن به هنگام سخت شدن مقاومت بیشتری بدست می آورد.

✔ بتن پمپی

بتن پمپی بتنی است که از میکسر به محل تخلیه توسط لوله منتقل می شود. بتن از میکسر به یک قیف تخلیه می شود و از آنجا وارد پمپ شده که با اعمال نیرو بر آن سبب حرکت به جلوی بتن در لوله می شود. قطر لوله ۱۵۰-۱۰۰mm می باشد و با این روش بتن را می توان تا فاصله افقی حدود ۶۵۰ m یا فاصله عمودی حدود ۵۰ m یا ترکیبی از این دو اندازه پمپاژ کرد. بتنی که پمپاژ می شود لازم است درصد آب بالاتری داشته باشد تا خاصیت روانی بتن را بهبود بخشد. اگر بتن با مقاومت بالایی مورد نیاز باشد باید مواد افزودنی خاصی به جای آب اضافی به کار برده شود.

✔ بتن تنیده

از این روش در تولید منابع و لوله های بتنی استفاده می شود. فرآیند تولید شامل ریختن بتن نسبتا خشک به داخل یک قالب استوانه ای دورانیست. بتن تحت اثر عمل سانتریفوژ به جداره قالب پرتاب شده و یک دیواره سخت متراکم نفوذ ناپذیر را بوجود می آورد.

✔ بتن حاضری

بتنی است که در کارخانه بتن ساخته و توسط تراک میکسر به کارگاه حمل می شود. در این انتقال منبع استوانه ای که بتن تازه در آن ریخته شده به صورت مداوم از زمان بارگیری تا تخلیه بتن در حال چرخش می باشد. مشخصات مخلوط بتن بین تولید کننده و مصرف کننده قبل از ساخت به توافق رسیده و معمولا تولید حاصل با کیفیت بالا می باشد.

✔ بتن مقاوم در برابر آب

بتن مقاوم در برابر آب می تواند ضد آب یا آب بند باشد.

- بتن ضد آب از یک سطح رویی با لایه مقاوم در مقابل آب تشکیل شده در حالی که حجم داخلی بتن از بتن معمولی می باشد. لایه ضد آب را می توان با بکار بردن اسپری لاک الکل به وجود آورد یا با اجرای یک لایه پوشش قیر یا آسفالت روی سطح بتن و یا به کار بردن کربنات سدیم (جوش شیرین) یا سیلیکات سدیم محلول فراهم کرد.
- بتن آب بند را می توان از طریق ساخت بتن متراکم با روش کنترل کیفیت دقیق برای ممانعت از دخول آب یا هوا تولید نمود. بتنی که به این روش ساخته می شود به حدی کافی آب بند خواهد بود و قابل استفاده برای مخازن آب می باشد.

✔ بتن خیلی متراکم

بتن خیلی متراکم در ساخت دیوارهای حفاظتی نیروگاه های اتمی و وزنه های تعادل و دیوارهای دریایی با استفاده از مصالح سنگی متفاوت به کار می رود. مصالح مصرفی شامل باریت ها (سولفات باریم)، همتایت (کریستال اکسید آهن)، ساچمه های آهنی و ساچمه سربی و فولادی می باشند.

✔ بتن الیافی(FRC)

بتن الیافی در حقیقت نوعی بتن کامپوزیت میباشد که نقش الیاف تقویت کننده داخل مخلوط بتن، در افزایش مقاومت کششی و فشاری بتن بسیار حائز اهمیت گردیده است. در نتیجه بسیاری از تحقیقات انجام شده روی این نوع از بتن، نشان

می‌دهد که FRC در شرایط بارگذاری دینامیکی نسبت به سایر انواع بتن‌ها ویژگی‌های کنترل آسیب فوق‌العاده‌ای دارد.

این ترکیب کامپوزیتی، یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده از بتن به عنوان یک ماده شکل پذیر جهت تولید سطوح مقاوم پرانحنا را فراهم می‌آورد. بتن الیافی از نظر قابلیت جذب انرژی از مقدار بالایی نیز برخوردار است و تحت اثر بارهای ضربه‌ای به راحتی از هم پاشیده نمی‌شود. مقاومت فشاری فوق‌العاده بالا از FRC با استفاده از دانه‌بندی مناسب که به طور همگن مخلوط شده باشند، بدست می آید. امروزه بتن الیافی با استفاده از انواع الیاف شیشه، پلی‌پروپیلن، فولاد و بعضا کربن، تولید و استفاده از آن در کاربردهای مختلف صنعتی در کشورهای پیشرفته دنیا ممکن شده است.

کیفیت الیاف های به کار رفته در بتن به چه عواملی بستگی دارد؟

- نسبت های مخلوط بتن
- مشخصات هندسی الیاف فولادی
- نسبت طول به قطر الیاف
- مهار مکانیکی و زبری سطح الیاف
- مشخصات فیزیکی و جنس الیاف

انواع الیاف مورد استفاده در بتن الیافی کدامند؟

الیاف فولادی:

از ترکیب بتن معمولی با الیاف فولادی به صورت مسطح، پیچ خورده، موج دار، قلاب مانند و لبه‌دار بتن الیافی فولادی حاصل می‌شود که اغلب دارای قطری به اندازه ۰,۲۵ تا ۰,۷۶ میلی‌متر هستند. الیاف فولادی برای ایجاد بهبود در خواص بتن به طور وسیعی در سازه های بتنی و بتن مسلح کاربرد دارد. استفاده از الیاف بتن فولادی باعث افزایش استحکام سازه‌های بتنی می‌شود به این ترتیب میزان بازدهی افزایش خواهد یافت.

الیاف پلی پروپلین:

از ترکیب پلی‌پروپلین با بتن برای تقویت کردن مخلوط سیمان و گچ و مسطح کردن بتن استفاده می‌شود. الیاف پلی‌پروپلین در برابر برش و سایش از مقاومت بالایی برخوردار هستند. این نوع الیاف آب گریز است و درصد جذب آن صفر میباشد، در نتیجه به افزودن آب اضافی جهت افزایش روانی بتن که منجر به کاهش نسبی مقاومت گردد، نیازی نیست. الیاف پلی پروپلین در برابر آتش سوزی مقاوم میباشند.

الیاف شیشه ای:

معمولا از ترکیب بتن با رشته‌های نخی شکل شیشه حرارت داده شده بتن الیافی شیشه‌ای به دست می‌آید. تارهای بسیار باریک شیشه در قطر ثابت و طول های نامحدود تولید می‌شود که معمولا قطری بین ۵ تا ۲۵ میکرون دارند. الیاف شیشه‌ای افزایش مقاومت کششی سازه بتنی را به همراه می آورد، هم‌چنین عایق حرارتی، رطوبتی و صوتی می‌باشند. این نوع الیاف بر کاهش کارایی و اسلامپ بتن تازه به

شدت تاثیر می گذارد، بنابراین برای رفع این مشکل باید از روان ساز های مناسب استفاده شود.

الیاف کربن:

از مهمترین مزیت های الیاف کربن می توان به استحکام خستگی بالا، مقاومت در برابر خوردگی و ضریب انبساطی پایین اشاره نمود.

الیاف مصنوعی:

کولار، نایلون و پلی‌استر از جمله الیاف‌های مصنوعی هستند که قابلیت ترکیب شدن با بتن را دارند و معمولا در قطرهای ۰,۰۲ تا ۰,۳۸ میلی‌متر در دسترس می‌باشند. الیاف مصنوعی دارای نقطه ذوب بالایی میباشند به همین دلیل در برابر حرارت بسیار مقاوم هستند. از جمله ویژگی‌های الیاف مصنوعی میتوان به سبکی، استحکام پذیری و مقاومت در برابر خوردگی اشاره کرد.

الیاف آرامید :

الیاف آرامید در شکل‌های مختلف وجود دارند و مانند الیاف های شیشه و کربن می توانند در ساخت کامپوزیت ها استفاده شوند. پلیمر های آرامید دارای خصوصیاتی مانند نقطه ذوب بالا، سبکی و وزن کم، پایداری حرارتی بالا، استحکام کششی بالا، مدول بالا و مقاومت در برابر شعله می باشند. این نوع الیاف شکل های مختلفی دارد و مقاومت در برابر شعله و غیر قابل حل بودن در بسیاری از حلال‌های آلی از خصوصیات بارز آنها میباشد.

از بتن الیافی در کجاها استفاده می شود؟

بتن تقویت شده با الیاف کاربردهای مختلف دارد. از انواع الیاف بتن در ساخت پل‌های بتنی، فرودگاه‌ها، سازه‌های نظامی، جاده‌سازی و سنگ‌فرش پیاده روها، ساخت بتن سد، تونل، نیروگاه ها، پالایشگاه ها، مخازن آب، دیوارهای حائل، فونداسیون، ساخت کف سوله های صنعتی و کفسازی صنعتی، انبارهای نگهداری مواد دارویی و غذایی، کف پارکینگ های طبقاتی، ساخت قطعات پیش ساخته ساختمانی و... استفاده میشود.

بتن الیافی چه مزایایی دارد؟

قابلیت انعطافی که بتن الیافی دارد همانند خواص مواد پلاستیکی باعث شده که بتن الیافی گسیختگی ناگهانی نداشته باشد. از آنجا که الیاف در جسم بتن در همه جهت ها پراکنده شده، در صورت تشکیل یک ترک در جهات مختلف الیاف اتصالاتی را به وجود می آورد و از گسترش ترک جلوگیری می‌نماید. بنابراین رشته‌های الیاف به

طور فعال در محدود کردن عرض ترک وارد عمل شده و با تشکیل ریز ترک‌های زیاد قابلیت بهره برداری بتن را افزایش می‌دهند.

بتن الیافی دارای ویژگی‌های مکانیکی برتری از جمله مقاومت فشاری بیش از ۱۵۰ مگاپاسکال، مدول الاستیسیته بالا، حد الاستیک بالا ، سخت شدن کشش در تنش، انرژی شکست چندین برابر از مقادیر بتن سنتی و ظرفیت بالا پس از ترک‌خوردگی می‌باشد. در ذیل به ذکر موردی برخی دیگر از مزایای بتن الیافی پرداخته شده است:

- افزایش در میزان جذب انرژی
- مقاومت بالا در مقابل سایش
- ظرفیت زیاد تغییر شکل نسبی
- مقاومت عالی در مقابل ضربه

نحوه عملکرد الیاف در بتن به چه صورت است؟

الیاف ها سنگدانه ها را در بر می گیرند و از جدا شدن سنگدانه های درشت به دلیل لرزاندن و نیروی جاذبه زمین جلوگیری می کنند و پیوستگی بهتر را تضمین می کنند. در نتیجه یک مخلوط یکنواختی از بتن و الیاف تولید می شود که در هنگام گیرش انتقال آهسته آب به سطح به آرامی صورت می گیرد و در نتیجه ترک ها در بتن کمتر می شوند.

روش استفاده از الیاف در بتن و میزان مصرف آن چگونه است؟

میتوان الیاف را در هر زمان به میکسر اضافه نمود. همچنین می‌توان الیاف را در انتها به آب طرح اختلاط اضافه کرد و داخل میکسر ریخت که در این صورت باید برای رسیدن به مخلوط یکنواخت، ۳ تا ۴ دقیقه دیگر هم زدن ادامه یابد. در صورتی که

میخواهید از بتن آماده استفاده کنید، می‌توانید الیاف را به تدریج داخل تراک میکسر بریزید و هم زدن در دور تند باید به قدری ادامه داشته باشد که از پخش کامل الیاف داخل بتن مطمئن شوید. مقدار مصرف الیاف با توجه به عملکرد مورد نظر، از ۰،۶ تا ۳ کیلوگرم در مترمکعب متغیر خواهد بود.

بهبود یافتن خواص مکانیکی بتن با استفاده از بتن های الیافی

با استفاده از ۴ درصد الیاف، استحکام خمشی بتن به میزان ۲،۵ برابر افزایش می یابد. بتن حاوی مواد الیاف ، دارای مقاومت در برابر شکست در اثر اعمال تنش حدود ۱۰ تا ۴۰ برابر نسبت به بتن ساده میباشد. استحکام ضربه بتن الیافی به طور کلی ۵ تا ۱۰ برابر بیشتر از بتن ساده است که بسته به میزان الیاف مورد استفاده در بتن های مختلف متفاوت میباشد.

آیا استفاده از بتن الیافی توجیه اقتصادی دارد؟

استفاده از بتن الیافی در همه موارد از بتن سنتی مقرون به صرفه تر نمی باشد. اما بر اساس برآوردهایی که توسط بعضی از متخصصین کشور صورت گرفته، در جاهایی که سرعت اجرای بالا مدنظر میباشد و یا نیاز به پاشش بتن(شاتکریت) روی سطوحی است که شبکه‌بندی‌های سنتی مشکل و زمان‌بر بوده یا جواب‌گوی کار نیست، هزینه استفاده از بتن الیافی نسبت به بتن سنتی کمتر می‌باشد.

اما اگر ما از روی آوردن به فناوری جدید به علت ریسکی که در سرمایه‌گذاری وجود دارد پرهیز کنیم، خواهیم دید که تکنولوژی سنتی در غیاب بهره‌گیری از فناوری نوین، رقم بسیار بالایی از سرمایه‌های ما را به هدر خواهد داد. به طور مثال، ریزدانه‌هایی که به روش‌های قدیمی غیر استاندارد تولید می‌شوند، باعث میشود که درصد سیمان به کار رفته در بنا افزایش پیدا کند و همین امر موجب ظهور ترک و ضایعات در بتن حاصل شده می گردد.

✔ بتن اعلا (بتن با مقاومت بالا)

استاندارد ACI بتن با مقاومت بالا را بتنی تعریف می کند که مقاومت فشاری آن بزرگتر از ۴۰۰ kg/cm2 باشد. امروزه با بکارگیری تکنولوژی بالا در ساخت بتن با کیفیت، مقاومت فشاری بتن تا مرز ۱۳۰۰ kg/cm2 نیز رسیده است. برای تولید بتن اعلا بهینه سازی اجزای اصلی تشکیل دهنده بتن بسیار مهم می باشد. برای این منظور، علاوه بر انتخاب سیمان پرتلند با کیفیت بالا، نسبت آب به سیمان را تغییر و نسبت مصالح سنگی مخلوط به سیمان بهینه می گردد.

پوزولان ها، مانند خاکستر بادی و دوده سیلیکا، متداول ترین افزودنی های معدنی می باشند که در بتن اعلا به کار می روند. علاوه بر این، تولید بتن اعلا بدون استفاده از مواد مضاف شیمیایی دشوار می باشد. برای این منظور معمولا از فوق روان کننده ها به صورت ترکیب با کندگیر کننده ها و مواد کاهش دهنده آب در مخلوط بتن استفاده می شود. کاربرد های بتن اعلا در ساختمان های بلند می باشد که نیاز به کاهش وزن سازه می باشد و یا محدودیت های معماری طراح را ملزم به استفاده از اعضای سازه ای کوچک می کند. یک نمونه از این سازه ها، ساختمان شیکاگو به

ارتفاع ۲۹۵ m است که با بتن با مقاومت فشاری ۸۰۰ kg/cm2 ساخته شده و بلند ترین ساختمان بتنی آمریکا محسوب می گردد.

✔استفاده از فوم بتن (concrete foamed) چه مزایایی دارد ؟

فوم بتن (concrete foamed) یا بتن سبک یا بتن اسفنجی به عنوان مصالحی که چگالی آن بطور قابل ملاحظه ای از بتن معمولی پایین تر است میتواند نقش موثری در کاهش وزن ساختمان ها، به ویژه در قسمت غیره سازه ای داشته باشد. فوم بتن پوششی است سبک و مقاوم که برای مصارف گوناگون در صنعت ساختمان مورد استفاده قرار می گیرد. این ماده از ترکیب سیمان, ماسه نرم, آب و فوم (ماده شیمیایی تولید کننده کف) ساخته شده است. این مخلوط ماده ای متخلخل با وزن سبک ایجاد میکند که قدرت و دوام آن بالا می باشد بتن همراه با ماده کف ساز با پایه پروتئین حیوانی را بتن فوم می نامند.

سبکی این بتن در مقاوم سازی سازه های بتنی و ساختمانی باعث کاهش بار مرده ساختمان، صرفه جویی در حجم خاک برداری و بتن مصرف شده در فونداسیون ها و همچنین کاهش بارهای زلزله می گردد. برای افزایش کارایی این محصول در پروژه های مختلف مقدار اختلاط و افزودنی های مورد نیاز طبق تجربیات و استانداردهای کشورهای آلمان، انگلیس و آمریکا تنظیم و تهیه می گردد و برای تولید نهایی آزمایشهای مقاومت بر روی آنها صورت می گیرد.

امروزه در اکثر پروژه های ساخت و ساز تا حد امکان سعی می شود از مصالح سبک و مقاوم استفاده شود. مصالحی که وزن اضافی بر ساختمان وارد نکنند و مقاومت و طول عمر آن را بالا ببرند. به همین منظور می توان از مصالحی استفاده نمود که کار

با آنها مدت زمان زیادی صرف نمی کند. فوم بتن یکی از مصالحی ست که به راحتی می توان از آن استفاده کرد و از مزیت عایق بودن آن بهره برد.

دوام و مقاومت فوم بتن

قدرت و دوام فوم بتنی به اجزای آن بستگی دارد. برای مثال فوم بتنی که از شن و ماسه ساخته می شود از نظر مقاومت و چگالی بالاتر از فوم بتن ساخته شده از فوم و بتن است. یکی از مواد کاربردی در مخلوط های فوم بتن سیمان پرتلند است که خود به خود با سیمان و فوم مخلوط می شود. علاوه بر آن ممکن است این مخلوط از سنگ آهک نیز تشکیل شده باشد. این مخلوط ها محصولی ایده آل برای انجام پروژه های ساختمانی ایجاد میکنند و هر چه متراکم تر باشند مقاومت آنها بالاتر است.

مزایای استفاده از فوم بتن

۱.فوم بتنی در برابر نفوذ آب، یخ زدگی و فرسایش مقاومت بالایی دارد. فوم بتن دارای تخلخل فراوانی ست و شکاف های مویین در سطح ایجاد میکند. اگر این ماده با ضخامت کافی مورد استفاده قرار گیرد مقاومت آن بسیار بالا میرود.

۲.این فوم وزن بسیار سبکی دارد و باعث کاهش وزن سقف و اسکلت ساختمان میشود و هزینه های مربوط به فونداسیون ساختمان را پایین می آورد. علاوه بر آن سبکی وزن فوم بتن باعث کاهش صدمات ناشی از وقوع زلزله می شود.

۳.فوم بتنی نوعی عایق در برابر گرما و سرماست. استفاده از این عایق باعث کاهش هزینه های مربوط به مصرف انرژی در ساختمان می شود و میزان استفاده از وسایل گرمایشی و سرمایشی را کاهش می دهد. علاوه بر آن به دلیل جذب صدا، نوعی

عایق صوتی نیز محسوب می شود که از ورود صدای اضافی به ساختمان جلوگیری می کند. این فوم مقاومت بالایی در برابر آتش سوزی دارد و غیر قابل احتراق است.

کاربرد فوم بتن

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 کف سازی و شیب بندی است. از مهمترین و گسترده ترین موارد کاربرد فوم بتن، کف سازی طبقات ساختمانی ست. اجرای فوم بتن با استفاده از دستگاه فوم بتن با سرعت بالایی انجام میشود و بعد از اتمام کارهای تاسیساتی میتوان کف همه طبقات ساختمان را با آن پوشاند. به جای پوکه ریزی در کف, استفاده از ترکیبات فوم بتن باعث سبک سازی کف شده و عایق بندی حرارتی و صوتی کف ساختمان را انجام میدهد.

یکی دیگر از موارد استفاده از فوم بتن ساخت دیوارهای یکپارچه در انواع سالن ها, سردخانه ها, گرم خانه ها و ... میباشد. با قالب بندی در محل پروژه می توان بتن را به صورت یکپارچه و عمودی ریخت و یا با یک سری قالب های خاص پنل های پیش ساخته تولید کرد. به دلیل خاصیت عایقی این فوم از آن در عایق بندی لوله های حرارتی و برودتی، دیوارها، ساخت اتاق های اکوستیک و موتورخانه ها استفاده میشود.

مقاومت بالای فوم بتن و نفوذناپذیری و وزن سبک آن باعث شده تا از آن برای شیب بندی پشت بام استفاده شود. این ماده بار مرده ساختمان را کاهش میدهد و نیروی وارد آمده بر آن را در اثر زلزله کاهش میدهد. پشت بام را میتوان با این ماده عایق بندی کرد.

علاوه بر موارد فوق از فوم بتن برای پر کردن حفره های ایجاد شده در خیابان ها و زیرسازی راه ها نیز استفاده میشود. این ماده روان بوده و به عنوان پرکننده مورد استفاده قرار میگیرد.

مواد تشکیل دهنده فوم بتن

در تولید این بتن ها عمدتا از پوکه و مواد صنعتی یا معدنی با چگالی پایین به عنوان سنگدانه یا پرکننده سبک استفاده میشود. در کنار بتن با سنگدانه های سبک، تولیدات بعضی کارخانجات نیز به شکل بلوک ها و پانل های بتن سبک بر پایه بتن اسفنجی یا هوادار است. مزایای این نوع بتن در کنار سبک بودن، بالا بودن عایق حرارتی و امکان بریدن با اره، امکان شیار زدن و به کار بردن میخ و پیچ است. این نوع بتن بسته به روش تولید حباب های هوا به دو نوع تقسیم بندی میشود:

۱. بتن سبک گازی AAC

بتن هوادار اتوکلاو (بتن گازی) که در دنیا به اختصار AAC نامیده می شود یک نوع خاص بتن سبک متخلخل است که عمدتا از مواد با پایه سیلیس، سیمان و آهک ساخته می شود. محصولی که امروزه بنام AAC موسوم است در ۷۰ سال اخیر در کشور سوئد به توسعه رسیده است. این محصول شامل دو فرآیند اصلی ایجاد تخلخل در دوغاب مخلوط سیمان، آهک و پودر سیلیس و عمل آوری بتن حاصله توسط اتوکلاو می باشد. رعایت مباحث ۳ و ۱۸ و ۱۹ آیین نامه مقررات ملی ساختمان کشور و سرعت بالا در اجرا به دلیل ابعاد مناسب، سبک سازی ساختمان بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ایران، چسبندگی بسیار خوب بین بلوک و ملات سیمانی به دلیل همجنس بودن، عدم نیاز به اندود بیش از یک سانتیمتر به علت سطح صاف بلوک، کاهش هزینه های مربوط به نازک کاری به دلیل سطوح صاف زیر کار با

اجرای این بلوک، سرعت زیاد دیوار چینی و از همه مهمتر صرفه جویی قابل ملاحظه فولاد مصرفی در سازه های فلزی و بتنی که کاهش بارهای مرده ساختمان را به دنبال دارد، از جمله مزایای این نوع بلوک هاست .

از نظر نصب تاسیسات و سیم کشی و لوله آب به راحتی توسط اره کردن می توان مسیر آنها را در داخل بلوک تعبیه نمود. به دلیل قابلیت برش محصول هیچ گونه ضایعات و نخاله وجود ندارد و در صورت وجود ضایعات بسیار ناچیز می توان آنها را به عنوان پوکه شیب بندی بام استفاده نمود. قابلیت بالای سوراخ کاری، برش کاری و اره کاری، قابلیت چسبندگی بسیار بالا با انواع ملات های پایه گچی از دیگر قابلیتهای این بلوک است.

اتصال دیوارهای غیرباربر به اسکلت سازه ای باید به نحوی باشد که ضمن تحمل تمامی بارهای وارده، مشارکتی در سختی جانبی سازه نداشته باشند دیوارهای ساخته شده با این بلوک، باید طبق ضوابط استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۷۲ مقاومت لازم در برابر آزمونهای ضربه را دارا باشند و رعایت ضوابط مربوط به محافظت دیوارها از تماس مستقیم با آب و یا چرخه های تر و خشک شدن الزامی می باشد. کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم از حیث دوام، بهداشتی و زیست محیطی باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و یا آیین نامه های ملی یا معتبر بین المللی به کار گرفته شوند.

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.

۲. بتن کفی یا بتن کف دار

بتن سبک کف دار یا بتن سبک فومی به نام دیگر بتن سلولی، یکی از انواع بتن سبک می باشد. اما در تولید بتن کفی برعکس بتن گازی، حبابهای هوا به کمک یک ماده کف زا تولید میشود و در مخلوط بتن اضافه میشوند.

تکنولوژی تولید بتن کفی ساده تر 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 حباب هایی 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 میباشد.

مواد کف زا فوم را میتوان به لحاظ ساختاری در دو کلاس طبقه بندی کرد که شامل مواد بر پایه پروتئین حیوانی فوم پروتیینه 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 (در مواد شیمیایی دارای وزن مخصوص کف حدود ۴۰ گرم در لیتر با پایداری کف در حد کمتر از ۲ ساعت و افزایش حجم حاصل از کف کردن حدود ۲۵ برابر حجم اولیه می باشد. این در حالیست که در

مواد فوم پروتئینه با چگالی و پایداری کف ۲ برابر بیشتر و حجم کف تولید شده حدود نصف مواد شیمیایی می باشد).

تجربه نشان می دهد که مواد شیمیایی برای ساخت بتن های با چگالی بالای ۱۰۰۰ مناسبند این در حالیست که از مواد پروتئینی در ساخت انواع بتن از چگالی ۵۰۰ الی ۱۶۰۰ کیلو بر متر مکعب می توان استفاده کرد. باید 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. به علت 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 به عنوان یک فاکتور رفاهی در جهت جلوگیری از ورود صداهای اضافی اخیرا مورد توجه طراحان قرار گرفته است.

✔ بتن سنگین

براساس تعریف موسسه ACI، بتن سنگین بتنی است که اساساً دارای وزن مخصوص بیشتری نسبت به بتن های معمولی است. در ساخت بتن سنگین به جای شن و ماسه از خرده‌های فولاد، چدن و یا سولفات باریم استفاده می‌شود. وزن مخصوص بتن سنگین حدود ۱/۵ تا ۲/۵ برابر وزن مخصوص بتن معمولی است. بتن سنگین براساس نوع و اندازه سنگدانه مصرفی و شیوه تراکم و تخلیه، می‌تواند جرم

مخصوصی بیش از ۶۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب داشته باشد. اگر جرم مخصوص بتن معمولی حدود ۲۴۰۰ و بتن سنگین ۶۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب فرض شود، جهت تهیه یک مخلوط همگن و یکنواخت، بدون اینکه فشار اضافی بر تجهیزات مکانیکی اعمال گردد، باید از ۴۰ درصد ظرفیت اسمی دستگاه مخلوط کن استفاده شود.

با افزایش چگالی بتن، خصوصیات زیادی از بتن افزایش یافته یا دستخوش تغییر خواهد شد. یکی از مهمترین این خصوصیات، مقاومت سایشی بتن است. بتن سنگین همواره هزینه ساخت بیشتری نسبت به بتن های معمولی دارد.

کاربرد بتن سنگین

بتن سنگین به طور ویژه به عنوان سپر محافظ در مقابل تشعشع به کار می‌رود. انتخاب بتن برای حفاظت تابشی به نوع و شدت تابش و الزامات فضا بستگی دارد. کارایی حفاظ بتنی در برابر تشعشات تقریباً با جرم مخصوص بتن متناسب است.

جرم مخصوص بیشتر، حفاظ موثرتری ایجاد می کند. برخی از سنگدانه ها از آب بلوری به نام آب پیوندی تشکیل شده‌اند که بخشی از ساختار آنها را تشکیل می‌دهد. به همین دلیل چنانچه کاهش پرتوهای گاما و تابش نوترونی هر دو ضرورت داشته باشد، اغلب از سنگدانه های سنگین با مقدار آب بلوری بالا استفاده می‌شود. برای کاهش تابش نوترونی، به ترکیبات بتن سنگین، شیشهٔ بور نیز اضافه می‌شود.

این نوع بتن در ساخت وزنه های تعادلی و در مواردی که بدون افزایش حجم نیاز به افزایش بار مرده سازه وجود دارد نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. با وجود اینکه استحصال، حمل، شکستن و دانه بندی سنگدانه ها جهت تهیه بتن سنگین پرهزینه است و اختلاط، حمل و نقل و ریختن آن هزینه بالاتری نسبت به بتن معمولی دارد.

در مکانهایی که نیاز به مقاومت سایشی بالایی است نیز از بتن سنگین استفاده می‌شود.