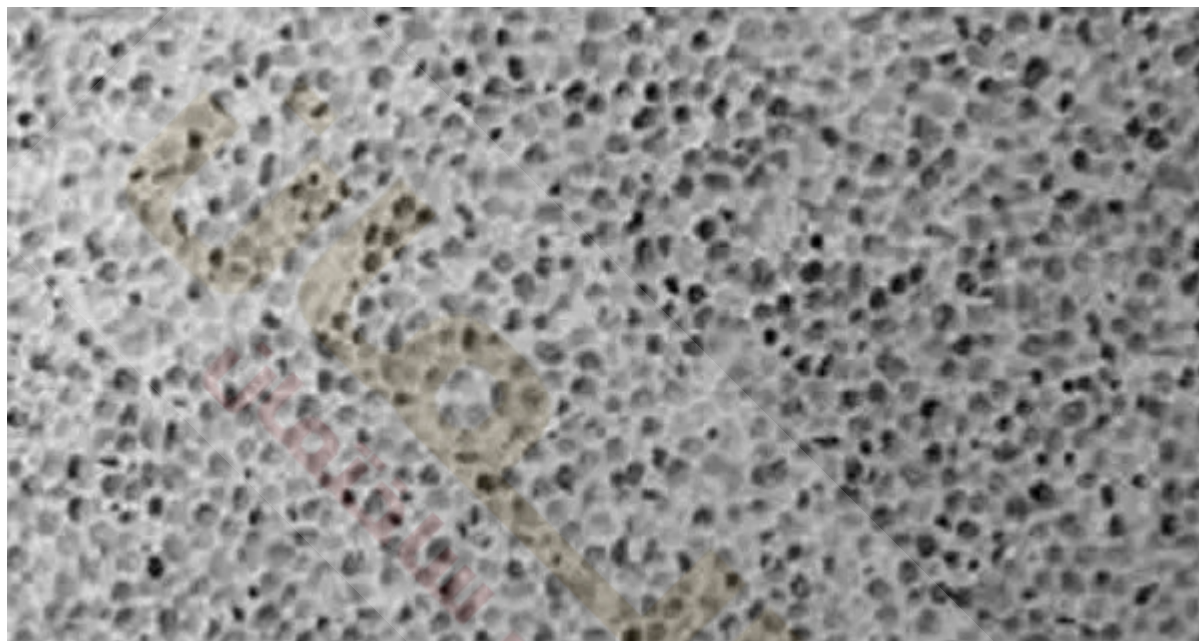


فوم بتن چیست

فوم بتن نوعی بتن سبک است که با ترکیب سیمان، آب، فوم و بعضاً ماسه و خاکستر بادی ساخته می‌شود. لفظ فوم بتن در واقع به یک گروت یا ملات دارای حباب اطلاق می‌شود. فوم بتن به عنوان یک مصالحی سیمانی تعریف می‌شود که حداقل دارای ۲۰ درصد هوای عمدی است. این هوای عمدی بصورت مکانیکی به ملات پلاستیک وارد شده است. دانسیته خشک فوم بتن در حدود ۳۰۰ تا ۱۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است و مقاومت فشاری ۲۸ روزه‌ی آن نیز بین ۰,۲ تا ۱۰ مگاپاسکال است که قابلیت افزایش نیز دارد.



فوم بتن به لحاظ ترکیبات و حجم هوای موجود در آن با بتن هوادار (Air Entrained Concrete) و بتن هوادهی شده (Aerated Concrete) متفاوت است. میزان حباب هوای عمدی بتن هوادار در حدود ۳ تا ۸ درصد و میزان هوای بتن هوادهی شده نیز در حدود ۱۵ تا ۲۲ درصد حجم بتن است.

تاریخچه فوم بتن

استفاده از فوم بتن سابقه طولانی مدتی دارد. فوم بتن برای اولین بار در سال ۱۹۲۳ ساخته شد. این بتن ابتدا بعنوان مصالح عاقلکاری مورد استفاده قرار گرفت. پیشرفت‌های حاصل شده در طول ۲۰ سال گذشته در زمینه تجهیزات تولید این نوع بتن و همچنین کشف عوامل کف‌زای با کیفیت بهتر باعث استفاده از بتن فوم در مقیاس‌های بزرگتری شده است.

تولید فوم بتن

جهت تولید فوم بتن، میزان مناسبی از مواد شیمیایی کف‌زا یا سورفکتانت در داخل حجم معینی از آب رقیق می‌شود و این حجم محلول از طریق ژنراتور به کفی پایدار تبدیل می‌شود. سپس کف تولید شده به ملات یا گروت سیمانی اضافه شده و منجر به ایجاد یک مخلوط سیمانی با دانسیته مورد نیاز می‌شود.



این سورفکتانت‌ها برای تولید پرکننده‌های سبک یا اصطلاحاً مصالح با مقاومت پایین و کنترل شده نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

بطور کلی دو روش برای تولید فوم بتن مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- روش تولید "درون خطی" که با یک دستگاه مخصوص انجام می‌شود و در واقع فوم همزمان اضافه می‌شود
- روش تولید "پیش فوم" که برای مقادیر کم مورد استفاده قرار می‌گیرد و فوم بصورت مجزا ساخته می‌شود

روش تولید درون خطی

در این روش تولید، سیمان و بعضاً ماسه به درون یک مخزن ریخته شده و سپس با اضافه شدن فوم این مخلوط بطور کامل آمیخته می‌شود. با توجه به اینکه این پروسه تولید درون دستگاه‌های مخصوص و از پیش ساخته انجام می‌شود پارامترهای تاثیرگذار در تولید بصورت مناسبی قابل کنترل است. با استفاده از این متد می‌توان مقادیر بالایی فوم بتن تولید نمود. روش تولید درون خطی به دو صورت انجام می‌پذیرد:

- ۱- سیستم درون خطی تر: مصالح بصورت تر و میکس شده با آب وارد میکسر می‌شوند.
- ۲- سیستم درون خطی خشک: مصالح بصورت خشک وارد میکسر شده و آب جداگانه اضافه می‌گردد.

در ایران فوم بتن عمدتاً به روش درون خطی خشک با استفاده از دستگاه‌های مخصوص فوم بتن ساخته می‌شود. بطور معمول نیز ماسه و سایر مواد مضاف در طرح وجود ندارد و مصالح اصلی همان سیمان و آب است.



روش تولید بصورت پیش فوم

در این روش مخلوط آماده با تراک میکسر وارد سایت می شود و فومی که از پیش تولید شده، در مسیر پمپ و یا به درون تراک در حال چرخش اضافه می شود. از این متد جهت امور کوچک مانند تزریق گروت یا پرکردن ترانشه می توان استفاده کرد.



ترکیبات تشکیل دهنده ی فوم بتن

ترکیبات فوم بتن بسته به مقدار دانسیته مورد نیاز، متغیر است. عموماً فوم بتنی که دارای دانسیته ای کم تر از ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد شامل سیمان، آب و فوم است. گاهی اوقات موادی مانند خاکستر بادی یا پودر سنگ آهک نیز به عنوان افزودنی در طرح اضافه می شود. ماسه در مخلوط فوم بتن جهت دستیابی به دانسیته ی بالاتر بکار برده می شود. معمولاً نسبت ۱ به ۱ تا ۱ به ۳ برای حصول فوم بتن سنگین تر قابل کاربرد است. جهت افزایش دانسیته به بیش از ۱۵۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب می توان از مقادیر بیش تری فیلر و مقادیر متوسطی از ماسه استفاده نمود. جهت کاهش دانسیته نیز باید فیلر را کاهش داد. توصیه می شود کمینه دانسیته فوم بتن از ۶۰۰ کیلوگرم بر مکعب کم تر نباشد.

بررسی مصالح مورد استفاده در فوم بتن

۱- سیمان:

معمولاً از سیمان پرتلند معمولی استفاده می شود اما گاهی در صورت لزوم می توان از سیمان های زودسخت شونده و زودگیر کننده نیز استفاده نمود. در تولید فوم بتن می توان از ترکیب سیمان و

سایر مواد پرکننده نیز استفاده نمود. بطور مثال ترکیب ۳۰ درصد سیمان، ۶۰ درصد خاکستر بادی و ۱۰ درصد پودر سنگ. میزان مصالح سیمانی حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم در هر مترمکعب است.

۲- ماسه:

در صورت استفاده از ماسه، سایز بزرگ‌ترین دانه‌ی آن نباید از ۵ میلی‌متر بزرگ‌تر باشد. استفاده از ماسه تا ۲ میلی‌متر با درصد عبوری الک ۶۰۰ میکرون بین ۶۰ تا ۹۵، توصیه می‌شود.

۳- ترکیبات پوزولانی:

از مواد سیمانی تکمیلی مانند خاکستر بادی و سرباره می‌توان بطور وسیع در تولید فوم بتن استفاده نمود. مقدار خاکستر بادی مورد استفاده می‌تواند بین ۳۰ تا ۷۰ درصد باشد. سرباره را نیز می‌توان ۱۰ تا ۵۰ درصد استفاده نمود. با استفاده از این ترکیبات می‌توان مقادیر سیمان را کاهش داد و طرح را اقتصادی کرد. میکروسیلیس را نیز می‌توان بمقدار حدود ۱۰ درصد وزنی سیمان به منظور افزایش مقاومت نهایی فوم بتن اضافه نمود.

۴- فوم:

پروتئین‌های هیدرولیز شده و سورفکتانت‌های مصنوعی رایج‌ترین موادهایی هستند که محصولات فوم‌زا بر پایه آن‌ها ساخته می‌شود. عوامل فوم‌زای مصنوعی معمولاً به سهولت تولید شده و ارزان‌تر هستند. این عوامل را می‌توان برای مدت طولانی انبارش کرد. مواد فوم‌زای پایه پروتئین گران‌تر است اما باعث حصول مقاومت بالاتری میشوند. فوم تولیدی به دو شکل می‌باشد: فوم خیس و فوم خشک. فوم خیس با دانسیته‌ی کم‌تر از ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب برای تولید فوم بتن توصیه نمی‌گردد. ساختار حباب‌های این نوع فوم بزرگ و شکننده است. فوم خشک بطور طبیعی پایدار است. محلولی از آب و عامل فوم‌زا به وسیله کمپرسور هوا تحت فشار به داخل محفظه اختلاط وارد می‌شود. در این حالت فوم حاصله دارای حباب‌های هوای کوچک‌تر از فوم خیس است. در واقع ذراتی کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر که بصورت مرتب و مساوی در سراسر ساختار پخش شده‌اند.

مشخصات فوم بتن

مشخصات فوم بتن بستگی به فاکتورهای زیر دارد:

- حجم فوم وارده
- میزان سیمان طرح
- وجود یا عدم وجود پرکننده
- سن فوم بتن

ظاهراً نسبت آب به سیمان برخلاف فوم و مقدار سیمان تأثیر بسیار کمی بر روی خواص بتن فوم دارد. در ادامه خواص فوم بتن در حالت تر و سخت شده به شرح زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

خواص فوم بتن تر

کارایی فوم بتن بسیار بالاست و دارای اسلامپ فلو می‌باشد (حدود شبیه بتن خود متراکم). دقیقاً مشابه حالتی که در بتن از فوق روان کننده استفاده شده باشد. این ویژگی فوم بتن آن را برای بسیاری از کاربردها مناسب کرده است. فوم بتن در حالت تر دارای خاصیت تیکسوتروپیک است. بدین معنا که با اعمال نیروی برشی روان می‌شود. احتمال آب انداختگی در این بتن به واسطه‌ی درصد بالای حباب هوا بسیار ناچیز است. هنگامی که دمای مخلوط افزایش یابد، به دلیل انبساط هوا، پر شدن و پخش شدن بتن در سطوح بسیار بهتر انجام می‌شود. اگر میزان ماسه مورد استفاده (در صورت وجود ماسه در طرح) افزایش یابد و یا از ذرات درشت غیراستاندارد استفاده شود، احتمال وجود جداشدگی در طرح افزایش می‌یابد. همین امر ممکن است منجر به حباب‌شکنی و در نتیجه کاهش میزان حباب هوا و حجم مخلوط گردد. بهتر است در نوع پمپاژ کردن فوم بتن بسیار احتیاط شود چرا که پمپاژ متلاطم فوم بتن و ریختن از ارتفاع باعث شکسته شدن ساختار حباب‌های هوا می‌شود. از همین رو نباید از پمپ‌های تقه‌ای جهت پمپاژ فوم بتن استفاده نمود و پیشنهاد می‌گردد از نوع مونو پمپ بدین منظور استفاده شود. همچنین شلنگ انتقال فوم بتن در انتهای مسیر باید بر روی کف مورد نظر قرار گیرد و پر کردن بصورت پاششی انجام نشود.

خواص فوم بتن سخت شده

خواص فیزیکی فوم بتن به وضوح وابسته به دانسیته خشک آن است. جدول زیر این وابستگی بین متغیرها را بهتر نشان می‌دهد.

Dry Density Kg/m ³	Compressive Strength N/mm ²	Tensile Strength N/mm ²	Water Absorption Kg/m ²
400	0.5 - 1	0.05-0.1	75
600	1-1.5	0.2-0.3	33
800	1.5 -2	0.3-0.4	15
1000	2.5 -3	0.4-0.6	7
1200	4.5-5.5	0.6-1.1	5
1400	6-8	0.8-1.2	5
16 00	7.5-10	1-1.6	5

ضریب انتقال حرارتی فوم بتن معمولاً بین ۰,۱ تا ۰,۷ وات بر متر بر کلوین (w/m.k) است. جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن برای فوم بتن با وزن مخصوص ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب حدود ۰,۳ درصد است. این پارامتر با افزایش وزن مخصوص فوم بتن کاهش می‌یابد. بطور مثال برای فوم بتنی با وزن مخصوص ۱۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب میزان جمع‌شدگی در حدود ۰,۰۷ گزارش شده است. تحت تأثیر بار وارده، تنش هیدرولیکی در داخل ساختار فوم بتن سخت شده وارد می‌گردد که باعث تغییر شکل آن می‌شود. فوم بتن مقاومت بالایی در مقابل تنش‌های ناشی سیکل‌های ذوب و یخبندان از خود نشان می‌دهد. مشاهده شده است فوم بتن در نواحی دارای بازه‌ی دمایی ۱۸- تا ۲۵ درجه سانتیگراد بدون هیچ نشانی از تخریب و صدمات پابرجاست.

موارد کاربرد فوم بتن

از جمله کاربردهای فوم بتن می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- اجرای شیب‌بندی سقف
- بلوک‌های غیر باربر با وزن بسیار سبک
- اجرای دیوارها به صورت یکپارچه
- پر نمودن حفره‌های ایجاد شده فاضلاب‌ها و یا تونل‌ها
- اجرای زیرسازی مناسب راه‌ها
- اجرای کف‌سازی طبقات ساختمان
- اجرای زیرسازی مسیرها

مزایای فوم بتن

- عدم نیاز به تراکم
- کاهش وزن مرده کفسازی به واسطه سبک بودن
- فوم بتن در حالت تر دارای حالت روانی است، این ویژگی منجر به پر شدن کامل حفرات و سطوح می‌شود
- ویژگی عالی در پخش یکنواخت بار به دلیل ساختار فوم بتن
- عدم تحمیل بارهای جانبی قابل توجه
- دارای ویژگی جذب آب
- قابلیت ساخت، کنترل و اعمال آسان
- مقاومت بالا در برابر سیکل‌های ذوب و یخبندان
- مقاومت در برابر آتش
- عایق حرارتی
- سرعت بالای اجرا و اجرای بی خطر

- مقرون بصرفه و نگهداری کم
- عدم حمل مواد اولیه به طبقات

معایب فوم بتن

- وجود آب در مواد مخلوط شده باعث حساسیت بالای فوم بتن می گردد
- زمان میکس طولانی تر نسبت به بتن معمولی
- احتمال وقع جمع شدگی بالا
- ظهور ترک های ناشی از انقباض
- مقاومت مکانیکی پایین
- مدت زمان زیاد جهت کسب مقاومت
- خشک شدن دیرتر