

# بتن اسفنجی

گردآوری و ترجمه: مهرداد نوارچی (عضو کادر فنی شرکت سپهرستون)

## مقدمه

همانطور که می‌دانیم امروزه صنعت بتن نقش بسیار مهمی در ساخت و سازهای جوامع بشری ایفا می‌کند و یکی از عوامل بسیار موثر در سازه‌های بتنی در جهان است. در این راستا انجمن سیمان پرتلند (PCA) تحقیقاتی را به منظور استفاده از بتن در دیگر پروژه‌ها آغاز نموده؛ پس از آزمایشات و تحقیقات فراوان موفق شد به راه حل بسیار خوبی به نام بتن اسفنجی (بتن تراوا) دست یابد. بتن اسفنجی که حاصل این دست رنج بود، توانست تحولات زیادی را در محوطه سازی‌های شهرهای اروپا و آمریکا ایجاد کند. البته این نوع بتن هنوز در ایران جا نیفتاده، ولی امید است با تلاش مسئولین ادارات، مهندسين و متخصصین فن این بتن به منظور حفظ بیشتر محیط زیست و مقرون به صرفه بودن مورد استفاده در پروژه‌های کشورمان نیز قرار بگیرد.

## بتن اسفنجی چیست؟

بتن اسفنجی یک مخلوط سنگدانه درشت (شن)، سیمان، آب و ماسه به میزان اندک (و گاهی اوقات بدون ماسه) است. در ساختار این بتن ۱۵-۲۵٪ (از لحاظ حجم) فضای خالی وجود دارد و این امر موجب عبور آب از داخل این بتن می‌شود.

در بتن اسفنجی از آب نسبت به دیگر انواع بتن کمتر استفاده می‌شود و این مساله باعث شده تا پس از ساختن مخلوط بتن آب آن به سرعت تبخیر شده و مخلوط در مدت یک ساعت کاملاً از آب تخلیه خواهد شد.



## نسبت مواد مختلف در بتن اسفنجی

برای آشنایی بیشتر با این بتن، در جدول زیر، میزان مواد مختلف به کار رفته شده از آن ذکر شده است:

نسبت مواد	مقدار مواد
۱- مواد دارای فواصل بتن ( البته در مورد مواد دارای فواصل سیمان یا همان افزودنی های بتن بعداً بیشتر توضیح داده می شود. )	270 to 415 kg/m <sup>3</sup> ( 450 to 700 lb/yd <sup>3</sup> )
۲- سنگدانه	1190 to 1480 kg/m <sup>3</sup> ( 2000 to 2500 lb/yd <sup>3</sup> )
۳- نسبت آب به سیمان ( از لحاظ جرم )	0.27 to 0.30
۴- نسبت سنگدانه به سیمان ( از لحاظ جرم )	4 to 4.5:1
۵- نسبت سنگدانه ریز ( ماسه ) به سنگدانه درشت ( شن )	0 to 1:1

## رفتار بتن اسفنجی

همچنین به منظور آشنایی بیشتر با رفتار این بتن، ویژگی های آن در زیر بیان شده است:

مشخصات	مقدار
اسلامپ یا نشست ( Slump )	20 mm ( 3/4 in )
چگالی ( وزن مخصوص )	1600 to 2000 kg/m <sup>3</sup> ( 100 to 125 lb/ft <sup>3</sup> )
زمان گیرش ( Setting time )	1 ساعت
تفلفل ( از لحاظ حجم )	15% to 25%
میزان نفوذ پذیری ( از لحاظ میزان سرعت )	120 L/m <sup>2</sup> /min to 320 L/m <sup>2</sup> /min ( 3gal/ft <sup>2</sup> /min to 8gal/ft <sup>2</sup> /min )
مقاومت فشاری	3.5 Mpa to 28 Mpa ( 500psi to 4000 psi )
مقاومت خمشی	1Mpa to 3.8 Mpa ( 150 psi to 550 psi )
افت بتن	200x10 <sup>-6</sup>

## نصب بتن اسفنجی

نصب بتن اسفنجی شامل ۴ مرحله اساسی است:

۱- مخلوط کردن

۲- جاگذاری کردن ( گماردن، قراردادن )

۳- تراکم و فشردن سازی ( کوبیدن )

۴- عمل آوردن بتن

بوجود آوردن، قراردادن و عمل آوردن بتن اسفنجی همه به جای اینکه در یک کارخانه زیر شرایط یکسان انجام

شوند، در محل کار ( پای کار ) انجام می شوند.



اگر چه بتن اسفنجی می‌تواند توسط همان تهیه کننده‌های بتن توپر تهیه شده و توسط همان کامیون‌های بتن توپر تحویل داده شود، اما این ویژگی‌های فیزیکی منحصر به فردش است که نیاز به یک پیمانکار با تجربه تخصصی دارد. همچنین تفاوت‌های ساختاری ما بین بتن اسفنجی و بتن غیر قابل نفوذ نصب متفاوت آن را نیازمند است.

به هر حال، کیفیت و عملکرد بتن اسفنجی بستگی به میزان آشنایی و عملکرد نصب کننده و خاصیت ضربه‌های ساختاری (کمپکت) دارد.

این نوع بتن به دلیل مقاومت نسبتاً پائین آن

۴۰۰ Psi الی ۴۰۰۰ Psi اساس مشخص شده و پذیرفته شده‌ای برای مقاوت بالا نیست. و مساله مهم‌تر در موفقیت یک روسازی بتن اسفنجی مقدار پوکی (فضای خالی) آن است.

البته باید بدانیم که زیرسازی این بتن و زمین زیرینش نباید کاملاً غیر قابل نفوذ باشد و باید حداقل اندکی خاک و زیر سازی آن نفوذ پذیری داشته باشد. در مناطق ماسه‌ای هم بتن اسفنجی مستقیماً بالای ماسه گذاشته می‌شود. همچنین باید به این موضوع اشاره کرد که یخ زدن آب در داخل این بتن مشکلی ایجاد نمی‌کند، زیرا آزمایش‌هایی صورت گرفته که در آن بتن اسفنجی را به مدت بیش از ۱۵ سال در آب و هوای سرد گذاشته و آب باران و برف پس از ورود به داخل بتن یخ می‌زد. کاربرد موفق بتن اسفنجی در این مناطق این مساله را حل نموده است و مشکلی در به کار بردن این بتن در این مناطق وجود ندارد.

### نقش مواد افزودنی (مواد دارای خواص سیمانی) در بتن اسفنجی

مواد افزودنی (یا همان مواد دارای خواص سیمانی) که در بتن اسفنجی بکار می‌روند عبارتند از: رقیق کننده‌های سیمان (ASTM C 595, C 1157)، خاکستر بادی و پوزولان طبیعی (ASTM C 618)، روبره (ASTM C 989) و بخار سیلیس (ASTM C 1240).

حال به برخی از آن‌ها که نقش بسیار مهمی در ساختار بتن دارند و می‌توانند به جای سیمان مورد استفاده قرار گیرند (که در ایران از آن‌ها به ندرت استفاده می‌شود) اشاره می‌کنیم. در واقع این مواد بر عملکرد زمان گیرش، میزان افزایش مقاومت، تخلخل، نفوذ پذیری و ... در بتن تأثیر می‌گذارند و در یک کلام کلید عملکرد بالای بتن، در استفاده از مواد افزودنی (SCMS) است.

از آن جمله می‌خواهیم به گاز سیلیس، خاکستر بادی و روبره که همگی دوام بتن را بوسیله کم کردن نفوذ پذیری و شکاف (ترک خوردگی) افزایش می‌دهند اشاره کنیم:

**گاز سیلیس (Silica Fume):** یک فرآورده فرعی (محصول جانبی) از تولید سیلیکون است، و از دانه‌های خیلی ریز و ذرات کروی شکلی تشکیل شده است و به طور موثری مقاومت و دوام بتن را افزایش می‌دهد. و به طور مکرر

برای ارتفاعات بلند ساختمان‌ها به منظور افزایش مقاومت فشاری بتن ( با استفاده از گاز سیلیس مقاومت فشاری بتن از  $20000 \text{ Psi}$  هم فراتر می‌رود). استفاده می‌شود و می‌توان از آن  $12\% - 5\%$  به جای سیمان در بتن استفاده کرد.

**خاکستر بادی ( Fly Ash )**: خاکستر بادی، محصول فرعی انبار زغال سنگ سوزان در نیروگاه‌های برق است و سال‌ها قبل به عنوان ماده‌ای بی‌مصرف روی زمین انباشته می‌شد و بدون استفاده بود. اما حالا به عنوان یک ماده مهم در صنعت سیمان‌سازی به کار برده می‌شود و می‌توان از آن  $65\% - 5\%$  به جای سیمان در بتن استفاده کرد.

**روباره ( Blast Furnace Slag )**: روباره، محصول فرعی زباله در صنعت فولاد ( فولاد ) است، و سهم آن در مقاومت و دوام بتن بیشتر است و می‌توان از آن  $70\% - 20\%$  به جای سیمان در بتن استفاده کرد.

### مزایای بتن اسفنجی چیست و موارد استفاده از آن کدام است؟

بتن اسفنجی دارای مزایای اقتصادی و زیست محیطی فراوانی است، که البته مزایای زیست محیطی آن بیشتر مدنظر است. از مزایای اقتصادی آن می‌توان به پایین آمدن خرج‌های فراوان به منظور هدایت آب باران و فاضلاب اشاره داشت. در واقع می‌توان گفت با وجود بتن اسفنجی نیازی به ساختن جوی‌های آب فراوان در سطح شهر و کنار خیابان و کوچه‌ها و همچنین کانال‌های بزرگ آب نیست. زیرا این بتن هرگونه بارندگی را مستقیماً به زمین و سفره‌های آب زیرزمینی منتقل می‌کند و در واقع یک مزیت زیست محیطی نیز محسوب می‌شود. از دیگر مزایای زیست محیطی آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- جلوگیری از بروز آب گرفتگی در معابر و مکان‌ها به هنگام بارندگی

۲- جلوگیری از آلوده شدن آب بارندگی‌ها ( زیرا اگر زمین غیر قابل نفوذ باشد، آب باران و برف در سطح زمین که آلودگی فراوان دارد جریان می‌یابد و منجر به آلوده شدن آب بارندگی می‌شود).

۳- پر شدن ذخایر آب زیرزمینی

۴- در نقاط سرد که ماندن برف و باران روی زمین ( بعد از بارش ) منجر به سردتر شدن آن مناطق می‌شود می‌توان با استفاده از این بتن آب باران و برف را به داخل زمین هدایت کرد و از سردتر شدن آن ناحیه جلوگیری کرد.

۵- همچنین می‌توان از این نوع بتن در مکان‌هایی که نیاز به زمین خشک است استفاده کرد مثلاً در زیرسازی چمن‌های استادیوم‌های فوتبال.

۶- همچنین در مناطق سرد سیر، بدلیل عبور آب از این بتن

از یخ زدگی سطح معابر و در نتیجه ایجاد خطر جلوگیری می‌کند که شهرداری‌های محترم می‌توانند از این بتن در پیاده‌روسازی‌ها و محوطه‌سازی پارک‌ها، پارکینگ‌ها و معابری که مشکل آبگیری دارند استفاده نمایند. ( مترجم )

۷- ایجاد منظری زیبا به هنگام بارندگی، زیرا با وجود این بتن دیگر هنگام بارندگی آب گرفتگی وجود ندارد. (مترجم)

