

معرفی فوم بتن

فوم بتن را بشناسیم

۱- مقدمه:

امروزه استفاده از بتن های سبک با توجه به امتیازات مختلف آنها نظیر امکان سبک سازی و همچنین عایق کاری حرارتی و صوتی، در صنعت ساختمان روز بروز گسترده تر می شود. در این میان بتن های اسفنجی از نوع کفی یا فوم بتن در کشور ما جایگاه خاصی می تواند داشته باشد. چرا که امکان ساخت گسترده آن در نقاط مختلف کشور وجود دارد.

آدرس : مشهد، بلوار ملک آباد، فرهاد ۱۸، پلاک ۱۴۶
تلفن : ۷۶۵ ۹۲ ۴۷ فاکس : ۷۶۷ ۸۳ ۸۷
Website: www.clcir.com
Email: clcir@yahoo.com



۲- بتن سبک و کاربردهای آن در ایران

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 کف سازی و شیب بندی است. در تولید این بتن ها عمدتاً از پوکه و مواد صنعتی یا معدنی با چگالی پایین بعنوان سنگدانه و یا پر کننده سبک استفاده می شود. در کنار بتن با سنگدانه های سبک، تولیدات کارخانجاتی مانند سیپورکس و یا هبلکس و امثال آن نیز به شکل بلوکها و پانلهای بتن سبک، بر پایه بتن اسفنجی یا هوادار (Aerated concrete) می باشند. مزایای این نوع بتن در کنار سبک بودن، بالا بودن عایق حرارتی و امکان بریدن با اره، امکان شیار زدن و همچنین بکار بردن میخ و پیچ می باشد.

این نوع بتن بسته به روش تولید حبابهای هوا، خود به دو نوع بتن گازی و بتن کفی تقسیم بندی می شود. در تولید بتن گازی پودر نرم آلومینیوم در شرایط خاصی به مخلوط اضافه می شود تا در اثر واکنش شیمیایی با هیدروکسید کلسیم حبابهایی از هیدروژن در داخل بتن تولید شود. آزاد شدن این حبابها باعث انبساط مخلوط می شود. اما در تولید بتن کفی بر عکس بتن گازی، حبابهای هوا به کمک یک ماده کف زا تولید شده و در مخلوط بتن اضافه می شوند. تکنولوژی تولید بتن کفی ساده تر و سهل الوصول تر از تکنولوژی تولید بتن گازی می باشد و امکان ساخت این نوع بتن در کارگاههای ساختمانی نیز وجود دارد.

۳- اجزای بتن کفی

مواد پایه در ساخت بتن کفی عبارتند از سیمان، آب و کف حاصل از یک ماده کف زا.

برای تولید کف معمولاً از ماده ای به نام فوم استفاده می شود. این ماده ابتدا با آب رقیق شده و سپس در محفظه ای به کمک فشار ناشی از کمپرس هوا یا در اثر هم زدن سریع، تبدیل به کفی می شود که در آن 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 اصطلاحاً کف نخواستند. معمولاً کف پایدار حاصل، خامه ای شکل می باشد.

مواد کف زا (فوم) را می توان به لحاظ ساختاری در دو کلاس طبقه بندی کرد که شامل مواد بر پایه پروتئین حیوانی (فوم پروتئینه) و مواد کف زای شیمیایی (فوم شیمیایی) می باشند معمولاً کف حاصل از مواد بر پایه پروتئین به لحاظ حجمی، کمتر و پایدار تر از کف حاصل از مواد شیمیایی می باشد (مواد شیمیایی دارای وزن مخصوص کف حدود 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 باشند 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 باشند) 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.

در اینجا 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.

۳-۱- میزان آب به سیمان

معمولاً میزان آب لازم برای بتن به رطوبت ماسه بستگی دارد ولی به طور کلی و میانگین به ازای ۱۰۰ کیلو سیمان در مخلوط حدود ۴۰ الی ۴۵ 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 ۰/۶ افزایش می دهد. وزن چگالی های بین ۳۰۰ الی ۶۰۰ 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.

۴- 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.

۵- 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 ۲ 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 .

۶- مشخصات مقاومتی:

۶-۱- 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. البته شایان ذکر است که 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.

۶-۲- مقاومت کششی: مقاومت کششی بتن کفی بسته به روش عمل آوری معمولاً بالای ۰/۲۵ مقاومت فشاری بتن بوده و در لحظه گسیختگی دارای کرنش در ۰/۱ درصد می باشد.

۷- انقباض یا افت بتن

مانند سایر انواع بتن، انقباض يك پدیده ذاتي بتن كفي است و میزان آن بسته به پارامترهاي مختلف مثل نوع سیمان، روش عمل آوري، میزان سیمان در مخلوط، چگالي بتن و کیفیت و نوع ماده فوم مورد استفاده و نسبت آب به سیمان دارد. حداکثر انقباض بتن كفي تا سن ۲۸ روزه گي بتن رخ مي دهد و از آن پس مقدار انقباض قابل چشم پوشي است. در صورتیکه در این مدت زمان شرایط نگهداري کنترل شوند مي توان میزان انقباض بتن را به ۱/۰ و کمتر نیز محدود کرد.

۸- عایق حرارتي و صوتي

بعلت طبیعت متخلخل داخل بتن، این نوع بتن يك عایق حرارتي و صوتي بسیار مناسب مي باشد. از لحاظ صوتي عایق مناسبی جهت صدا با ضریب زیاد جذب اکوستیک به شمار مي رود که در نتیجه بعنوان یک فاکتور رفاهي در جهت جلوگیری از ورود صداهاي اضافي اخیراً مورد توجه طراحان قرار گرفته است. میزان مقاومت حرارتي این نوع بتن با کاهش چگالي بتن افزایش مي یابد. این بدلیل وجود حبابهاي بیشتر در چگالي پائین مي باشد در جدول ۳ به ازاي چگالي هاي مختلف بتن كفي مشخصات انتقال حرارتي این نوع بتن آورده شده است.

تعاریف پارامترهاي مورد استفاده در جدول ۳ به شرح زیر مي باشد.

- عبارتست از ضریب رسانايي حرارتي

- قابلیت انتقال حرارتي (K) عبارتست از جریان گرمایی که بر حسب وات از هر متر مربع سطح و برای اختلاف دماي ۱ درجه سلسیوس در هر متر ضخامت صورت مي گیرد.

- قابلیت مقاومت حرارتي (K۱) به توانايي يك ماده صرف نظر از اندازه و ضخامت آن برای مقاومت در مقابل عبور گرما گفته مي شود.

- مقاومت حرارتي (R) عبارتست از حاصلضرب قابلیت مقاومت حرارتي در ضخامت.

Concrete Density kg/m ³	R Value mm ¹⁰⁰	K at selected Concrete Thickness				
		۵۰ mm	mm 100	mm 150	mm 200	
۴۰۰	۰ و ۰۸۰	۱ و ۲۵	۱ و ۲۱	۰ و ۶۹	۰ و ۴۶	۰ و ۳۷
۵۰۰	۰ و ۰۹۵	۱ و ۰۵	۱ و ۳۸	۰ و ۸۰	۰ و ۵۶	۰ و ۴۳
۶۰۰	۰ و ۱۱۵	۰ و ۸۷	۱ و ۵۷	۰ و ۹۳	۰ و ۶۷	۰ و ۵۲

۸۰۰	۰ و ۱۵۰	۰ و ۶۶	۱ و ۳۷	۱ و ۰۰	۰ و ۷۱	۰ و ۵۴
۱۰۰۰	۰ و ۲۰۵	۰ و ۴۸	۱ و ۶۹	۱ و ۲۷	۰ و ۹۴	۰ و ۷۰
۱۲۰۰	۰ و ۲۷۰	۰ و ۳۷	۱ و ۰۲	۱ و ۵۵	۱ و ۱۵	۰ و ۹۸
۱۴۰۰	۰ و ۳۴۶	۰ و ۴۳	۲ و ۳۱	۱ و ۸۳	۱ و ۳۹	۱ و ۰۸
۱۶۰۰	۰ و ۴۳۶	۰ و ۲۸	۲ و ۰۶	۲ و ۱۰	۱ و ۶۳: «»	۱ و ۲۹

جدول ۳: تغییرات مشخصات انتقال حرارتی بتن کفی با چگالی این بتن

در جدول ۴ نیز مقایسه ای بین فوم بتن با چگالی های ۴۰۰ و ۱۶۰۰ با بعضی از مصالح دیگر ساختمانی در رسیدن به یک حد مشخص عایق حرارتی انجام شده است.

Material	Density kg/m ³	Kcal/m	Required Thickness meters) to) Achieve k= 0,70
Marble سنگ مرمر	۲۷۰۰	۲ و ۹	۳ و ۵
Concrete بتن	۲۴۰۰	۱ و ۳	۱ و ۵۸
Hollow Clay Brick آجر سفال	۲۰۰۰	۰ و ۸	۰ و ۹۷
Foam Concrete فوم بتن	۱۶۰۰	۰ و ۸	۰ و ۶۱
Foam Concrete فوم بتن	۴۰۰	۰ و ۰۸	۰ و ۰۹۷
Expanded Cork چوب پنبه منبسط شد	۱۰۰	۰ و ۰۳	۰ و ۰۳۶
Rock Wool پشم شیشه	۱۰۰	۰ و ۰۳۲	۰ و ۰۴۰

پلیستر منبسط شده	۲۵	۰،۰۳۰	۰،۰۳۶
Expanded Polystyrene			

۹ - 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 عبارتی 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 ۵ الی ۷ میکسر با حجم ۱ الی ۱/۵ متر مکعب تولید نماید و با در نظر گرفتن یک شیفت کاری می توان گفت متوسط روزانه بین ۴۰ تا ۵۰ 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.

۱۰ - بررسی سبک بودن فوم بتن در کفسازی

در مورد کفسازی و شیب بندی های انجام گرفته در ساختمانها که عمدتاً از پوکه و سیمان استفاده می شود در صورت جایگزینی این نوع بتن با چگالی ۴۰۰، وزن مرده کفسازی از ۱۰۰۰ به ۴۰۰ کیلو در متر مکعب کاهش می یابد. و اگر ۱۰ سانت ارتفاع برای کفسازی در نظر بگیریم این یعنی کاهش ۶۰ کیلوگرم در متر مربع از وزن ساختمان.

در يك سقف تیرچه بلوك با تیرچه های به ارتفاع ۲۲ سانت و بلوك های سفالي (۸ بلوك در متر مربع به وزن ۸۰ کیلوگرم) :

قسمت	وزن به ازای کیلو در قسمت	وزن به ازای کیلو در
	متر مربع	متر مربع
وزن سقف تیرچه ای با ۲۲۵	وزن کفسازی	۱۰۰

			آویزها
۱۳۰	وزن پارتیشن ها	۸۰	وزن بلوك ها
۴۰	۲۰ درصد بار زنده	۲۵۰	اضافه وزن ناشی از اسکلت بتنی
۶۳	وزن ناشی از سرامیک	۳۰	وزن نازک کاری زیرین
		۹۴۸	مجموع

در صورت استفاده از بتن کفی با چگالی ۵۰۰ در کفسازی، وزن موثر لرزه ای فوق به میزان ۸۰ کیلو و یا بعبارت دیگر به میزان ۹ درصد کاهش می یابد که برابر با کاهش ۹ درصدی میزان نیروی زلزله می باشد. با این میزان کاهش ، حدود ۴ درصد در مصرف میلگرد صرفه جویی می شود. با احتساب مصرف ۴۵ کیلو میلگرد در هر متر ساختمان میزان این صرفه جویی برآحتی 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 هوایی مرتبط به حالت حبابهای هوایی محبوس) میزان عایق بودن حرارتی و صوتی حدود ۳ برابر بیشتر می شود. و خود باعث صرفه جویی در مصرف انرژی می باشد. و در هنگام بروز زلزله بعثت 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.

۱۱- پیشنهاداتی 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 بلوك های سفالی وجود ندارد هزینه های حمل و نقل موجب افزایش تا ۱۰۰ درصدی قیمت تمام شده محصولات آجر و بلوك 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 بلوكها و پانلهای بتنی کرد که به لحاظ اقتصادی کاملاً 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، خصوصاً در مناطقی که دسترسی به منابع مصالح دانه ای مناسب وجود ندارد، تضمین می کند. در کنار امتیازات فوق، با توجه به مقاومت بالایی این نوع بتن در مقابل آتش سوزی ، می توان از آن بعنوان مصالح نسوز نیز استفاده کرد.

مراجع:

- ۱- تکنولوژی بتن ترجمه دکتر رمضان پور و مهندس شاه نظری. انتشارات علم و صنعت ۱۱۰
- ۲- محاسبات سازه ای نگارنده در مورد ساختمانهای مختلف و همچنین تجارب عملی در ساخت بتن کفی.
- ۳- وب سایت ها و انتشارات اینترنتی مربوط به کمپانی های:
penobeton – Allied foam tech , litebuilt
- ۴- مقاله ی آقای محمد صیامی، مرکز تحقیقات مهندسی جهاد آذربایجان شرقی ۱۳۸۴.