



Investigation of lightweight concrete, location and applications

* **Sadegh Hajati**

Master student, Payame Noor University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

Email:

sadeghhajati@yahoo.com

Abstract

Concrete as one of the most widely used materials has an important role in construction projects. The growing need of society for buildings and housing and the need to use new methods and materials to increase the speed of construction, lightening, increase the useful life and earthquake resistance of the building has been raised more than ever. The use of lightweight concrete is expanding considering the important components of construction projects. In this article, while examining the types of light structural and non-structural concrete, its position and applications are discussed.

Keywords: *lightweight concrete, structural lightweight concrete, design criteria, granulation*

All rights reserved to Civil & Project Journal.



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه Civil & Project Journal (CPJ)

بررسی بتن سبک ، جایگاه و کاربردها

*صادق حاجتی

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور، واحد تهران شمال ، تهران ، ایران

پست الکترونیکی:

sadeqhhajati@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۳۰

چکیده

بتن به عنوان یکی از پرکاربردترین مصالح نقش حائز اهمیتی در پروژه های عمرانی دارد . نیاز گسترده و روز افزون جامعه به ساختمان و مسکن و ضرورت استفاده از روش ها و مصالح جدید به منظور افزایش سرعت ساخت ، سبک سازی ، افزایش عمر مفید و نیز مقاوم نمودن ساختمان در برابر زلزله را بیش از پیش مطرح کرده است به گونه ای که استفاده از بتن سبک با در نظر گرفتن مولفه های مهم پروژه های عمرانی رو به گسترش است. اما متاسفانه به دلایل متعدد مانند نا آشنا بودن بخش عمده ای از کارفرما و پیمانکاران ساختمانی ، عدم توجه به دانش و مصالح روز در بخش های عمده ای از صنعت ساختمان و استفاده از این نوع بتن علی الخصوص بتن سبک سازه ای در کشورمان گسترش نیافته که نیاز به ایجاد فرهنگ و بستر مناسب برای وقوع این امر دارد . در این مقاله ضمن بررسی انواع بتن سبک سازه ای و غیر سازه ای به جایگاه و کاربردهای آن پرداخته می شود.

کلمات کلیدی: بتن سبک ، بتن سبک سازه ای ، ضوابط طراحی ، دانه بندی

۱- مقدمه

در ساختمان های بتن مسلح از بتن در اجزاء سقف، تیر، ستون و دیوارهای برشی استفاده میشود که این اجزا نقش سازه ای دارند و در ساختمان های فلزی، به صورت عمده از بتن در سقف استفاده میشود. استفاده غیر سازه ای از بتن نیز معمولاً در دیوارهای صفحه سه بعدی است که با بتن شاتکریت پوشیده شده و بعنوان جداکننده در ساختمانهای فلزی و ساختمانهای بتنی بکار برده میشود. علیرغم فواید عمده ی بتن، دو عیب در آن بصورت ذاتی وجود دارد که مقاومت کششی پایین و وزن مخصوص نسبتاً زیاد آن میباشد. مقاومت کششی پایین بتن را میتوان با استفاده از میلگردهای فولادی مسلح کننده جبران نمود. از طرفی وزن مخصوص نسبتاً زیاد بتن (در حدود ۲۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب برای بتن غیرمسلح) در ساختمانهای بتن مسلح باعث میشود که وزن اسکلت بتنی ساختمان افزایش یافته و در نتیجه با بالارفتن وزن مرده ساختمان نیروهای ثقلی و نیروی زلزله وارد بر آن نیز افزایش یابد. این امر نهایتاً استفاده از المانهایی با ابعاد بزرگ را ایجاب کرده که خود حجم بیشتری از بتن به همراه میلگردهای بیشتری را میطلبد. افزایش ابعاد المانهای سازه ای چون تیرها و ستونها یکی از معایب مهم ساختمانهای بتن مسلح است که مشکلات معماری و کاهش زیربنای مفید را ایجاد مینماید، همچنین امکان ساخت ساختمانهایی با طراحی خاص را محدود میکند. بطور کلی دو روش متفاوت برای رفع این معایب وجود دارد. روش اول مبتنی بر افزایش مقاومت بتن میباشد تا بتوان ابعاد المانها و در نتیجه حجم بتن و وزن میلگرد را کاهش داد. روش دوم بر پایه کاهش وزن مخصوص بتن (استفاده از بتن سبک) است. بتن سبک با توجه به ویژگیهای خاصی که دارد و طبق تعریف آیین نامه ۸۷-ACI 213R تحت عنوان «راهنمایی برای بتن سازه ای با سنگدانه های سبک» بتنی است که مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن بیش از ۱۷ مگاپاسکال بوده و وزن مخصوص خشک شده در هوای آن از ۱۸۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب بیشتر نباشد، دارای کاربردهای مختلف می باشد. در مبحث پنجم مقررات ملی ساختمان بیان شده است که، با توجه به زلزله خیز بودن کشور ایران و به منظور سبکسازی و کاهش جرم ساختمان، توصیه میشود مصالحی مقاوم و سبک با دارا بودن حداکثرنسبت مقاومت به وزن انتخاب و بکار برده شود، تا علاوه بر ایمنی بیشتر اثر نیروهای زلزله بر ساختمان کاهش یابد. بصورت صنعتی استفاده از بتن سبک، از اوایل قرن بیستم در دنیا آغاز شده ولی متأسفانه کاربرد عملی آن در کشورمان علیرغم مزایای فراوان هنوز گسترش نیافته و از این نظر در کشور ما جز تکنولوژیهای نوین محسوب میشود.

۲- تاریخچه ی استفاده از بتن سبک در دنیا

استفاده از بتن سبک بصورت صنعتی، از قرن بیستم در دنیا آغاز شد و عمده کاربرد آن در صنعت ساختمان میباشد. ساختمان هتل پارک پلازا در سنت لوئیز، ساختمان ۱۴ طبقه اداره تلفن بل جنوب غربی در کانزاس سیتی در سال ۱۹۲۹ از جمله ساختمان های دهه ۲۰ و ۳۰ میلادی ساخته شده در امریکای شمالی با استفاده از بتن سبک هستند. در سالهای ۵۰ و ۶۰ میلادی ساختمان ها و پل های زیادی با بتن سبک در دنیا ساخته شد. در این مدت بیش از ۱۵۰ پل و ساختمان در ایالات متحده و کانادا با این نوع بتن، مورد بهره برداری قرار گرفت. در سال ۱۹۴۸ اولین ساختمان با استفاده از شیل منبسط شده در پنسیلوانیای شرقی احداث گردید. در ادامه و از سال ۱۹۵۰ ساخت بتن سبک گازی اتوکلاو شده در انگلستان متداول شد. اولین ساختمان بتن سبکدانه مسلح در این کشور که یک ساختمان سه طبقه بود در سال ۹۵۸ و در شهر برنت فورد احداث گردید. ساختمان ۴۲ طبقه در شیکاگو، ترمینال TWA در فرودگاه نیویورک در سال ۱۹۶۰، فرودگاه دالز در واشنگتن در سال ۱۹۶۲، از جمله ساختمان هایی هستند که با بتن سبک ساخته شده اند. در هلند، انگلستان، ایتالیا و اسکاتلند نیز در دهه ی ۷۰ و ۸۰ با دهانه های مختلف ساخته و با موفقیت به بهره برداری رسیدند. بلندترین

ساختمان ساخته شده از بتن سبک، برج ۵۲ طبقه وانشل در هوستون میباشد که در ۱۹۷۱ ساخته شده است. در سالیان اخیر نیز استفاده بتن سبک در دال سقف ساختمانهای بلند مرتبه، عرشه ی پل ها و دیگر موارد مشابه و همچنین در کاربری های خاص مانند عرشه و پایه دکلهای استخراج نفت گسترش فراوانی یافته است.

۳- بتن سبک در ایران

در کشور ما اگرچه بسترهای مناسبی برای استفاده از مصالح و شیوه های سبک سازی وجود دارد و مبحث پنجم مقررات ملی ساختمان نیز بر آن تاکید میکند، اما کاربرد عملی آن علیرغم مزایای فراوان هنوز گسترش نیافته و نیاز به فرهنگ سازی مناسب دارد. در این راستا، فعالیتهای پژوهشی پراکنده ای در دانشگاه های مختلف شروع گردیده است که معمولاً در حد برگزاری مسابقه های ساخت بتن سبک است.

با این حال به دلیل فواید بسیار بتن های سبک و لزوم دستیابی به ساخت بتن سبک نسبتاً ارزان با مصالح بومی و قابل دسترس جهت کاربردی کردن اجرای آن، تحقیقات ویژه ای در بخش عمران دانشگاه تربیت مدرس از ابتدای سال ۱۳۸۵ آغاز گردید. در این طرح پژوهشی با شناسایی اکثر پوک های صنعتی و معدنی قابل استفاده کشور و با ساخت بتن های سبک در رده های وزنی و مقاومتی مختلف تلاش گردید تا ساخت بتن سبک در شرایط کارگاهی و با مصالح با قابلیت دسترسی آسان و ارزان میسر گردد.

۴- انواع بتن سبک

بتن های سبک بر مبنای مقاومت به سه دسته ی بتن سبک غیر سازه ای، بتن سبک سازه ای و بتن سبک با مقاومت متوسط تقسیم میشوند.

بتن های سبک غیر سازه ای معمولاً به عنوان جدا ساز و دیوار غیر باربر مورد استفاده قرار گرفته و دارای وزن مخصوصی کمتر از ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است و مقاومت فشاری آن در حدود ۰.۳۵ تا ۷.۰۰ مگاپاسکال میباشد.

بتن های سبک سازه ای دارای وزن مخصوص ۱۴۰۰ تا ۱۹۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب می باشند و دارای مقاومت و وزن مخصوص کافی هستند، به صورتیکه که میتوان در اعضای سازه ای از آن ها استفاده کرد. این بتن ها عموماً دارای جرم مخصوصی بین ۱۴۰۰ تا ۱۹۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب بوده و حداقل مقاومت فشاری برای آن ها ۱۷ مگا پاسکال است، البته در بعضی حالات امکان افزایش مقاومت تا ۶۰ نیوتن بر میلیمتر مربع نیز وجود دارد. در مناطق زلزله خیز، آیین نامه ها حداقل مقاومت فشاری بتن را به ۲۰ مگاپاسکال محدود میکنند. همچنین با توجه به مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، مقاومت بتن در اجزای مقاوم در برابر زلزله برای سازه های با شکل پذیری زیاد نباید

کمتر از ۲۵ مگاپاسکال و برای سازه های با شکل پذیری متوسط کمتر از ۲۰ مگاپاسکال باشد.

بتن های سبک با مقاومت متوسط، از لحاظ وزن مخصوص و مقاومت فشاری در محدوده ای بین بتن های سبک غیرسازه ای و سازه ای قراردارند، به گونه ای که مقاومت فشاری آنها بین ۷ تا ۱۷ مگا پاسکال و وزن مخصوص آنها بین ۸۰۰ تا ۱۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب میباشد.

بتن ممکن است تماما از سنگدانه های سبک و یا بنا به دلایلی خاص از مخلوطی از سنگدانه های معمولی و سبک ساخته شود. به منظور پاسخگویی به نیازهایی مانند کارایی و دیگر خصوصیات، معمولا در عمل از ماسه و مصالح سنگی ریز دانه معمولی استفاده می شود و حداکثر اندازه سنگدانه های سبک به ۲۰ میلیمتر محدود شده است. مطابق ASTM C ۳۳۰، حداکثر وزن مخصوص خشک مصالح سنگی سبک ریزدانه و درشت دانه به ترتیب ۱۲۲۰ و ۸۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب است. در این آیین نامه همچنین مشخصات دیگری مانند دانه بندی، مواد زیان آور و خواص سنگدانه های موجود در بتن ساخته شده، نظیر مقاومت، وزن مخصوص، جمع شدگی ناشی از خشک شدن، و دوام بتن حاوی سنگدانه ارائه شده است. بتن سبک را به صورت اختصار بر مبنای روش تولید می توان به دسته های ذیل تقسیم کرد:

بتن های دانه سبک: در این گروه از بتن ها از مواد اولیه سبک صنعتی مانند پومیس، پرلیت، ورمیکولیت و ... غیر معدنی مانند EPS و پلی استایرن و صنعتی مانند رس یا شیل منبسط شده به عنوان جایگزین مصالح سنگی در بتن استفاده میشود. این گروه از بتن ها دارای طرح اختلاط متفاوت با بتن های معمولی هستند و نیاز به افزودنی های خاص در طرح اختلاط دارند و سیمان در این بتن نقش سیمان معمولی را دارد.

بتن های متخلخل (هوا دار): فرآیند تولید به نوعی است که در این نوع بتن یک عامل هوازا به مخلوط اضافه و در بافت بتن قرار میگیرد. به این نوع از بتن ها اتوکلاو شده می گویند. که بالاترین تکنولوژی ساخت بتن در این گروه قرار دارد. این نوع بتن را میتوان در دو سطح دانسیته تولید کرد:

الف - با وزن مخصوص ۴۰۰ تا ۹۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب برای ساخت بلوک های غیر باربر و پانل های تزئینی.

ب- با وزن مخصوص ۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب برای دیوارهای مسلح و اعضای باربر.

بتن سبک هوادار در هر دو سطح فوق دارای خصوصیات مشترک به این شرح میباشد:

عایق رطوبت و دما، عایق صوت، مقاومت بیشتر در برابر حریق، نسبت مقاومت فشاری مناسب به وزن، کاهش بار مرده ی ساختمان، مقاوم در برابر نفوذ آب، خاصیت جذب و دفع آب، انقباض مطلوب در حین خشک شدن، مقاوم در برابر یخ زدگی. گروه دیگر از بتن های سبک فاقد ریز دانه می باشند و کمترین میزان مقاومت در برابر سایش و .. را دارند. از این نوع بتن بیشتر در صنایع آب و فاضلاب و قطعات مدولار بتنی سبک استفاده می شود.

۴- ویژگی های بتن سبک

- ۱- با توجه به سبک بودن وزن، باعث اقتصادی تر شدن پروژه می گردد.
- ۲- به علت پایین بودن ضریب انتقال حرارت باعث کاهش مصرف انرژی می شود.
- ۳- با توجه به ارتباط مستقیم کماتس سازه ای با وزن ساختمان بر اثر ارتعاشات سازه ای، کاهش وزن باعث کم شدن ریسک تخریب ساختمان بر اثر زلزله می گردد. همچنین در صورت ریزش ساختمان، تلفات کاهش می یابد.
- ۴- مقاومت مناسبی در برابر آتش و یخ زدگی دارد و عایق صوت مناسبی میباشد.
- ۵- هزینه ی اجرا در بارهای غیر سازه ای به علت ابعاد بلوک و همچنین حجم کم ملات کاهش می یابد.
- ۶- کاهش بار مرده و نیروهای لرزه ای وارد بر سازه که به طور مستقیم با آن در ارتباط است.

- ۷- کاهش بار وارد بر روی فونداسیون ، موجب کوچکتر شدن ابعاد آن یا کمتر شدن تعداد و کوچکتر شدن شمعها و کاهش مقدار آرماتور و در نتیجه منجر به اجرای سریع تر و آسانتر فونداسیون می گردد.
- ۸- کاهش بار مرده سبب کوچکتر شدن اعضا نگهدار و سهولت بیشتری در قالب بندی میشود.
- ۹- در مقایسه با بتنهای معمول ، دارای مقاومت مطلوب تری در برابر آتش سوزی میباشد.
- ۱۰- حمل و نقل قطعات پیش ساخته و مصالح مصرفی با بتن سبک بسیار راحتتر بوده و هزینه کمتری در بر دارد.

۵- سبک دانه های بتن سبک

الف - سبک دانه های طبیعی :

مانند سنگ پا ، پوکه سنگ ، دیاموته ، خاکستر و توف که عمدتاً منشاء آتشفشانی داشته و دسترسی به آنها با محدودیت مواجه است . با استفاده از مصالح فوق بتن مناسبی با وزن مخصوص ۷۰۰ تا ۱۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب ساخته می شود . این نوع بتن خاصیت عایق بودن مناسبی دارد اما جذب آب و جمع شدگی آن زیاد است .

ب- سبک دانه های مصنوعی : این سبک به چهار گروه تقسیم می شود :

- این گروه با حرارت دادن خاک رس ، سنگ رس ، سنگ لوح ، پرلیت ، اسیدین و به دست میآید .
- از سرد نمودن و منبسط شدن دوباره ی کوره ی آهن گدازی به روش مخصوص ساخته می شود .
- سبک دانه های کلینکری می باشد .
- مخلوطی از خاک رس با زباله ی خانگی و لجن فاضلاب پردازش شده را به صورت گندوله تبدیل و با پختن در کوره به سبک دانه تبدیل می شود .

۶- ضوابط طراحی سازه با بتن سبک

ضوابط مختلفی در مورد مصالح مورد استفاده در بتن سبک در آیین ها نامه ارائه شده است. برخی از این ضوابط مربوط به استاندارد مصالح و برخی دیگر مربوط به طراحی برشی و ضوابط مهار و وصله آرماتورها میباشد. در فصل سوم، مبحث نهم مقررات ملی ساختمان بیان شده که ویژگیهای سنگدانههای سبک مصرفی در بتن سازه‌های ملی ایران به شماره ۴۹۸۵ باشد. در بتن سازه ای، برای دستیابی به مقاومت مورد نیاز میتوان بخشی از سنگدانه سبک را با ماسه طبیعی جایگزین نمود . همچنین در فصل هجدهم (مهار و وصله آرماتورها) مبحث نهم مقررات ملی، طول گیرایی لازم برای میلگردهای کششی و میلگردهای قلابدار در کشش، در بتن سبک ۱/۳ برابر طول گیرایی آنها در بتن معمولی بیان شده است. در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، مقدار ضریب ارتجاعی تنها برحسب مقاومت فشاری بتن، برای بتن های معمولی با وزن

مخصوص ۲۳۰۰ الی ۲۵۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب ارائه شده است. حال آنکه در آیین نامه ACI که استفاده از آن به همراه مقررات ملی ایران در کشور رایج است میزان مدول ارتجاعی بر اساس وزن مخصوص و مقاومت فشاری ارائه شده است. همچنین در آیین نامه ACI در قسمت طراحی برشی ضابطه خاصی برای بتن سبک وجود دارد. به طوری در این آیین نامه بیان شده میتوان V_c را از همان روابط معمول محاسبه کرد و در ضریب λ ضرب نمود. به طوریکه ضریب λ برای بتن سبک با ماسه معمولی برابر ۰.۸۵ و برای بتن با کلیه اجزا سبک برابر ۰.۷۵ در نظر گرفته می شود. با توجه به رایج بودن استفاده بتن سبک سازه‌های در جهان، امکان تعریف این ضریب در بسیاری از نرم افزارهای طراحی سازه فراهم شده است. بطوریکه این امکان در نرم افزار ETABS که رایج ترین نرم افزار طراحی ساختمان در کشور میباشد، پیش بینی شده است.

۷- جمع بندی و نتیجه گیری

استفاده از روش های مختلف سبک سازی ساختمان که برای اجزای سازه ای و غیر سازه ای استفاده می شود نقش موثری در ایمنی و بهره ی اقتصادی ساختمان دارد. استفاده از بتن سبک علاوه بر ویژگی های قید شده و با در نظر گرفتن کاهش مصرف انرژی و بهبود این موضوع اهمیت دارد. همچنین با توجه به تجربه کم استفاده از این مصالح در اجزای سازه‌های و مطرح نشدن برخی از مسائل در آیین نامه های ملی، آیین نامه های معتبر سایر کشورها علاوه بر مقررات ملی ساختمان در استفاده از بتن سبک سازه‌های مد نظر قرار گیرد

منابع

- علی لیبر، نیکلاس، امین شکروی، امیر، حیدری، پیام، ۱۳۹۰، بررسی کاربردهای بتن سبکدانه سازه ای در ساخت و سازه‌های مهندسی، اولین کنفرانس ملی بتن، تهران، پردیس دانشگاه تهران
- کردبچه، علیرضا، ۱۳۹۵، انواع روش های ساخت بتن سازه ای و غیر سازه ای، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی.
- کیقبادی نیا، شاهین، مدندوست، رحمت، ۱۳۹۵، بتن سبک جایگزین مناسب برای بتن معمولی، دومین کنفرانس بین المللی یافته های نوین پژوهشی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران، دانشگاه جامع علمی کاربردی
- مقررات ملی ساختمان؛ مبحث پنجم: مصالح و فرآورده های ساختمانی.
- یزدانی، محمود، اردکانی، علیرضا، هدایتی، جواد، ۱۳۹۰، جایگاه بتن سبک سازه ای در ایران و جهان - ضوابط آیین نامه ای و کاربرد، اولین کنفرانس ملی بتن، تهران، پردیس دانشگاه تهران.