

نقش پرلیت در مقاوم سازی بتن

نویسندگان: دانیال رضازاده عیدگاهی^۱، هومان گلکاریان^۲ محسن سورگی^۳ دکتر توکلی زاده^۴

چکیده:

پرلیت منبسط شده به علت داشتن وزن ظاهری کم (۶۰ تا ۱۱۰ کیلوگرم در متر مکعب)، ضریب حرارتی پایین و خاصیت جذب صدای بالا، در صنعت ساختمان سازی کاربرد فراوان دارد. ذرات پرلیت با سیمان پرتلند و آب ترکیب می‌شوند و بتن سبکی تولید می‌نمایند که ویژگی‌های زیادی از جمله قابلیت تراکم و ضربه‌پذیری دارد. آنچه در این مقاله آورده شده است گزارشی از یک پژوهش آزمایشگاهی به منظور بررسی چگونگی شکست نمونه‌های بتن پرلیتی است. ضربه‌پذیری بتن سبک پرلیتی در مقایسه با دیگر بتن‌های سبک بررسی شده است. در این پژوهش از نمونه‌های مکعبی به ابعاد ۱۰ سانتیمتر و گوی شکل با قطر ۷/۵ سانتیمتر استفاده شده است. ضربه با چکش استاندارد مارشال (وزنه ۴/۵ کیلوگرمی با ارتفاع سقوط ۴۵ سانتیمتر) به نمونه‌ها اعمال می‌شد. مشاهدات نشان می‌دهد که بتن سبک پرلیتی در مقایسه با دیگر بتن‌های سبک در برابر ضربه به مراتب مقاوم‌تر است.

کلمات کلیدی: بتن، پرلیت، ضربه‌پذیری، مقاوم سازی

^۱ دانشجوی کارشناسی عمران - عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد D.rezazade@gmail.com

^۲ دانشجوی کارشناسی عمران - عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

^۳ کارشناس عمران - عمران Mohsen.soorgi@gmail.com

^۴ عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد reza_tavakoli_pe@yahoo.com



۱ - مقدمه :

۱-۱ سبک سازی ساختمان :

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 .

مهندسين و معماران سازنده ساختمان در دنيا با استفاده از بتن سبک در قسمت های مختلف بنا با سبک کردن وزن ساختمان به طور مستقیم (به لحاظ سبکی ویژه این نوع بتن) و صرفه جویی در مصرف انرژی بطور غیر مستقیم (به لحاظ عایق بودن این نوع بتن در مقابل سرما و گرما و در نتیجه کاهش میزان مواد سوختی) ، از لحاظ اقتصادی امروزه گام های بلند و مهمی برداشته اند.

۱-۲ معرفی پرلیت:

پرلیت یک سنگ آتشفشانی شیشه ای با ترکیب ریولیتی است که در حدود ۳ تا ۵ درصد آب به صورت حبس شده در خود دارد . در اثر حرارت بین ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد آب حبس شده در آن به صورت بخار در می آید و خروج آب از داخل ذرات نرم شده سنگ پرلیت سبب می شود که حجم آن از ۴ تا ۲۰ برابر افزایش یابد . پرلیت منبسط شده به علت داشتن وزن ظاهری خیلی کم ۶۰ تا ۱۱۰ کیلوگرم در متر مکعب و همچنین ضریب حرارتی پایین و خاصیت جذب صدای زیاد ، در ساختمان و صنایع دیگر مصرف فراوان دارد . ذرات پرلیت با سیمان پرتلند و آب ترکیب می شود و بتن سبکی تولید می نماید که می توان آنرا برای دیوارهای پرکننده و سقف سبک و پوشش اصلی سقف و تولیدات پیش ساخته و نمونه های مختلف عایق استفاده نمود. همانطوریکه می دانیم یکی از راههای تهیه بتن سبک ، سبک نمودن سنگدانه های بتن با بکار بردن سنگدانه های طبیعی با انواع پرلیت ، رومیکولیت و دیاتومه ها می باشد که در این میان نقش پرلیت بسیار موثر و حائز اهمیت می باشد .

۲- ملات پرلیتی

استفاده از پرلیت می تواند یک روش سریع ، ارزان و کار آمد برای ایجاد دیوارهای بنایی ایجاد کند. وقتی از پرلیت در فضای خالی مرکزی بتن یا فضاهای خالی دیوار بنایی استفاده شود ، با توجه به نوع طراحی می تواند باعث کاهش انتقال حرارت تا ۵۰ درصد یا بیشتر شود.

مزایای استفاده در ملات کاشی و سرامیک:

سبک وزن بودن - ایجاد یک لایه عایق در برابر گرما و سرما - مقاوم در برابر ترک خوردگی - محافظ در برابر ورود حشرات موذی - انعطاف پذیری - کیفیت یکپارچه - ضد حریق - ایجاد یک لایه عایق صوتی - ضد رطوبت و نم - سهولت استفاده

استاندارد اجرایی :

پرلیت سیلیکونی با آیین نامه که با آیین نامه ASTM مطابقت دارد، منطبق بر آیین نامه فدرال، -HH-1- 574b مبحث عایق گرمایشی، GSA بخش تجاری AA-903

این آیتم پذیرفته شده در بنیاد مالی مسکن FHA که در نشریه مصالح UM-37 نیز ذکر شده است. در این آیین نامه نیز توصیه هایی مبتنی بر بافت مصالح نیز شده است.

اطلاعات و مشخصات فنی:

بر اساس توصیه بخش کنترل چگالی بنیاد ASTM، مقدار چگالی باید بین ۲ تا ۱۱ پوند بر فوت مکعب باشد. یا معادل ۳۲ تا ۱۷۶ کیلوگرم بر متر مکعب.

رسانندگی گرمایی در چگالی های مختلف:

جدول زیر بر اساس آزمایش دانه بندی ریز دانه و درشت دانه، موسسه ASTM ارائه شده است. در جدول ۱ میتوانید مقاومت حرارتی در چگالیهای گوناگون را مشاهده کنید. در جدول ۲ الکها و اندازه های استاندارد آنها برای این منظور ارائه شده است.

جدول شماره ۱

ستونهای عمودی مقدار گذردهی حرارتی است (به توضیح جدول ۲)مراجعه شود.

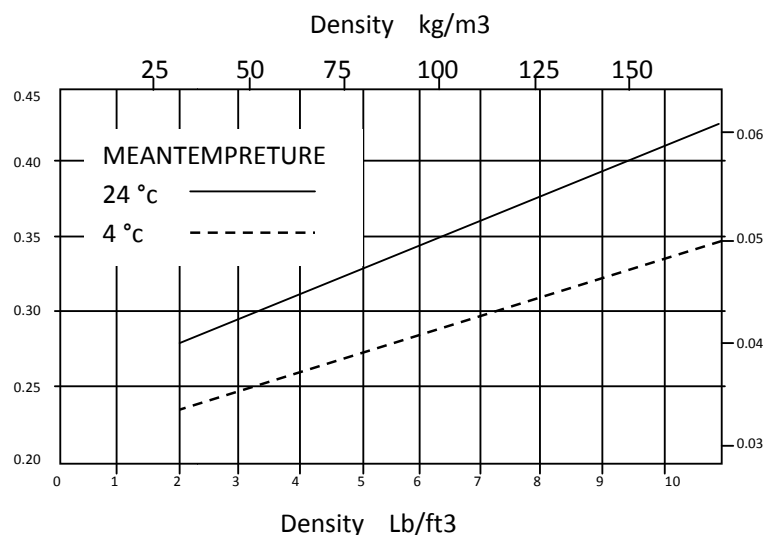


TABLE 2. THERMAL CONDUCTANCE/RESISTANCE*

Section Thickness of Perlite Loose Fill Insulation		Thermal Conductance "C"		Thermal Resistance "R"	
U.S.	(SI)	U.S.	(SI)	U.S.	(SI)
1 in.	(2.5 cm)	0.32	(1.82)	3.13	(0.55)
2 in.	(5.1 cm)	0.16	(0.91)	6.25	(1.10)
3 in.	(7.6 cm)	0.11	(0.61)	9.37	(1.65)
4 in.	(10.2 cm)	0.08	(0.45)	12.50	(2.20)
5 in.	(12.7 cm)	0.06	(0.36)	15.63	(2.75)
6 in.	(15.2 cm)	0.05	(0.30)	18.75	(3.30)
7 in.	(17.7 cm)	0.045	(0.26)	21.88	(3.85)
8 in.	(20.3 cm)	0.04	(0.23)	25.00	(4.40)

*"C" values expressed in $\text{Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$ ($\text{W/m}^2/\text{K}$) were calculated using maximum thermal conductivity "k" factor of $0.32 \text{ Btu in/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$ (0.046 W/m K) at 75°F (24°C) mean temperature. "R" values expressed in $\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}/\text{Btu}$ ($\text{K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$) were calculated using the formula $R = 1/C$.

طبق استاندارد ASTM C ۳۳۰ - ۷۷ در بتن سبک ---- مقاومت فشاری بر مبنای نمونه های استاندارد ای استاندارد از شده پس از ۲۸ روز نباید کمتر از 17 Mpa باشد . و وزن مخصوص آن نباید از ۱۸۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب تجاوز نماید که معمولاً بین ۱۴۰۰ او ۱۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است . نکته : ۲- بتن مخصوص عایق کاری معمولاً دارای وزن مخصوص کمتر از ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و مقاومت بین ۰/۷ و 7 Mpa می باشد .

الزامات سبکدانه ها در آیین نامه های (ASTM C330-89 مشخصات سبکدانه ها برای بتن سازه ای در آمریکا) و (BS 3797:1990 مشخصات سبکدانه ها برای قطعات بنایی و بتن سازه ای در بریتانیا) داده شده اند . در استاندارد بریتانیایی مشخصات واحدهای بنایی نیز مورد بحث قرار گرفته است . این آیین نامه ها محدودیتهایی برای افت حرارتی (۵٪ در ASTM و ۴٪ در BS) و همچنین در BS برای مقدار سولفات (۱٪ SO₃ به صورت جرمی) را مشخص نموده اند

عمل آوری بتن و سبکدانه :

بتن بصورت درصد حجمی گزارش گردد .

ضربه پذیری بتن :

بتن پرلیتی در مقایسه با دیگر بتن های (معمولی و سبک) دارای ضربه پذیری بسیار خوبی است . برای این کار آزمایشات مختلفی از جمله آزمایش (تراکم توسط چکش مارشال) توسط محققان انجام و مشاهده شده است بتن پرلیتی در مقایسه با دیگر بتن ها در برابر ضربه ده ها برابر مقاوم تر است :

نخستین همایش عمران و مقاوم سازی - ۸۸/۲/۳۰ - مشهد مقدس - تالار ابن سینا - www.Ficvsr.Civilica.IR ۵
در طرح اختلاط های مورد استفاده از یک رنج دانه بندری پرلیت استفاده شده و دانه بندی پرلیت تغییری
نکرده است، اما مقدار سیمان در هر طرح اختلاط افزایش می یافت و نتایج زیر بدست آمد :

شماره طرح	پرلیت g _r	عیار سیمان	w/c	چگالی	مقاومت فشاری هفت روزه Mpa
P1	۱۸۸۰	۳۰۰	۰/۵۵	۱۰۹۰	۳.۵
P2	۱۸۸۰	۴۷۰	۰/۵۵	۱۲۶۱	۶.۵
P3	۱۸۸۰	۷۰۰	۰/۵۵	۱۴۲۰	۹

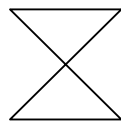
در هنگام شکست نمونه های بتن پرلیتی موارد زیر مشاهده شد :

الف: بتن پرلیتی (بدون استفاده از ماسه) با هر عیار سیمان (رنج ۲۰۰ تا ۷۰۰ کیلوگرم در متر مکعب) مقاومتی
بیشتر از ۱۰ مگا پاسکال را نتیجه نمی دهد.

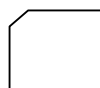
ب: نمونه های شکسته شده (بتن های پرلیتی) به طول کامل شکسته نمی شوند و از گوشه ترک می خورند،

ابتدا تصور می شد نمونه ها به طرز صحیحی در زیر فک جک قرار داده نشده است و لذا آزمایش برای نمونه های
بعدی با دقت بیشتری تکرار می شد، اما پس از استفاده از ابزار دقیق و دقت های لازم مشاهده شد نمونه مکعبی بتن
پرلیتی کاملاً در مکان صحیح در زیر فک جک قرار دارد اما تنها از یک گوشه ترک می خورد و عقربه جک به سمت
پایین برمی گردد.

شکل : نمونه بتن معمولی پس از شکست زیر جک



شکل : نمونه بتن پرلیتی پس از شکست زیر جک



ج: بتن پرلیتی قرار داده شده زیر جک پس از تحمل فشار نهایی و شکست متراکم شده و مقاومت بیشتری
را نسبت به قبل دارد.



با توجه به اینکه یکی از نمونه ها پس از تحمل فشار ۹ مگا پاسکال کاملاً سالم مانده بود برای پژوهشگران بسیار تعجب برانگیز بود لذا مجدداً زیر فک قرار داده شد و مقاومت ۱۴ مگاپاسکال را نتیجه داد!!

با مشاهده سه مورد فوق در نمونه پرلیتی این مساله مطرح شد که با فشار جک از دو طرف، بتن پرلیتی متراکم تر شده و جک مقاومت فشاری بیشتری را نشان می دهد، لذا این مساله مطرح شد:

آیا ممکن است بتن پرلیتی عمل آوری شده در برابر تراکم با افزایش مقاومت همراه باشد؟

بنابراین جهت تحقیقات بیشتر آزمایشاتی توسط پژوهشگران تعبیه شد:

۱. آزمایش انجام شده (چکش اشمیت)

چکش اشمیت وزنه ای به ۴.۵ کیلوگرم است که از فاصله دقیق ۴۵۷ میلیمتر به گوی بتنی (کاملاً گرد) با زاویه قائم ضربه وارد می کرد.

ضربه ای که به گوی بتنی وارد می شد برابر مقابل است:

$U=Mgh$ انرژی چکش اشمیت در هر ضربه که به بتن وارد می گردد.

گوی، ضربه وارده را به طور یکسان در سطح بتن توزیع می کند و لذا از قالب های با قطر ۷۵ میلیمتر و کاملاً گرد انتخاب شد. حجم بتن ساخته شده برای دو نمونه مکعب $10*10*10$ نیز علاوه بر گوی ها در نظر گرفته شده بود تا بتوان مقاومت فشاری بتن را نیز اندازه گرفت. تعداد سه گوی بتن پرلیتی و سه گوی دیگر با بتن معمولی با طرح اختلاط زیر ساخته شده و مورد آزمایش قرار گرفتند.

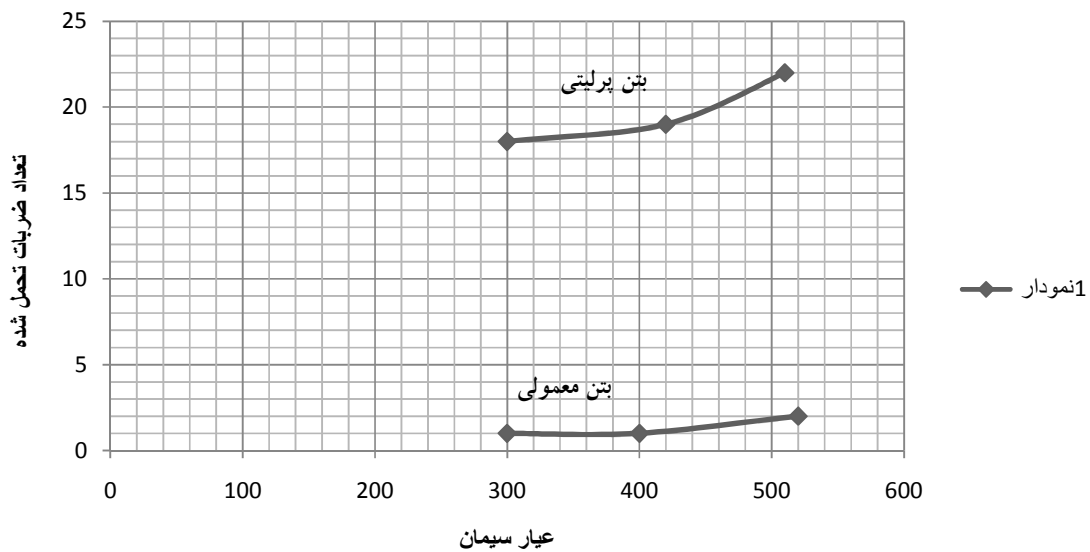
نام	نمونه بتنی	عیارسیمان	W/C	تعداد ضربه متحمل شده تا قبل از ۹۵٪ وزن اولیه	مقاومت فشاری	وزن قبل از ضربه
P1	پرلیتی	۳۰۰	۰/۵۵	۱۸	۳.۵	۱۰۹۰
P2	پرلیتی	۴۲۰	۰/۵۵	۱۹	۵.۶	۱۲۰۰
P3	پرلیتی	۵۱۰	۰/۵۵	۲۲	۷	۱۳۰۵
N1	معمولی	۳۰۰	۰/۵۵	۱	۱۸	۲۲۳۰
N2	معمولی	۴۰۰	۰/۵۳	۱	۲۵	۲۳۲۰
N3	معمولی	۵۲۰	۰/۵۰	۲	۳۶	۲۴۴۵



همان طور که جدول بالانشان می دهد بتن های معمولی حتی با افزایش مقدار سیمان تغییر محسوسی در ضربه پذیری از خود نشان نداده اند در حالی که این اتفاق در بتن های پرلیتی محسوس تر است.

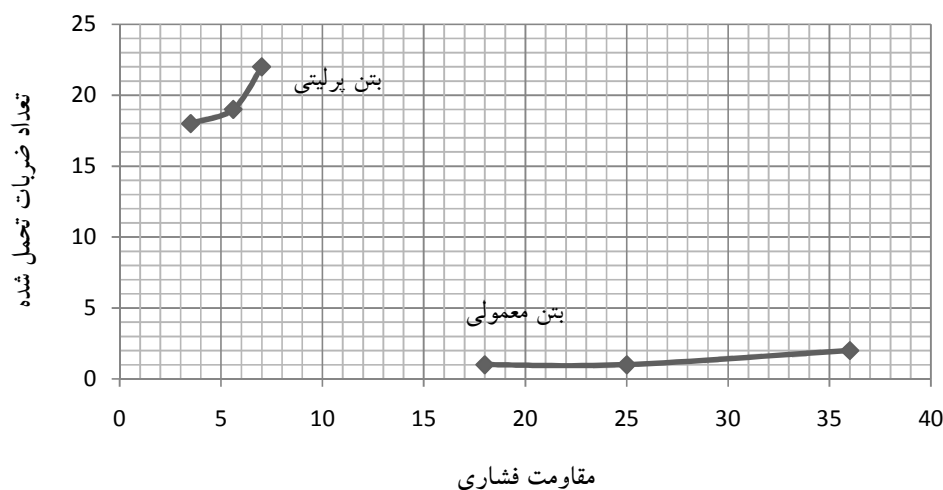
نمودار ۱: مقایسه ضربات تحمل شده بتن پرلیتی متناسب با عیار

همانطور که در نمودار مشاهده می شود با افزایش عیار سیمان ضربه پذیری هر دو نوع بتن افزایش یافته است، به عبارت دیگر می توان گفت با توجه به افزایش مقدار سیمان و در نتیجه افزایش چسبندگی میان ذرات بتن تعداد ضربات تحمل شده برای گسیختگی افزایش محسوسی داشته است.



نمودار ۲: مقایسه مقاومت فشاری بتن و ضربات تحمل شده

همان طور که مشاهده می شود مقاومت فشاری بتن رابطه ای مستقیم با ضربه پذیری بتن داشته ، اما مقاومت بالا دلیلی بر ضربه پذیر بودن بتن نیست، همان طور که ملاحظه می شود بتن پرلیتی علی رغم مقاومت فشاری پایین تعداد ضربات بسیار بیشتری را در مقایسه با بتن مقاومت بالا (۳۶ مگاپاسکال) تحمل کرده است.



۲. نتیجه گیری

همانطور که اشاره شد علاوه بر سبک سازی در ساختمان و خواص قابل توجه و پر کاربرد پرلیت به عنوان یک ماده عایق و سبک، می توان از پرلیت به عنوان یک ماده ضربه پذیر در بتن نیز استفاده نمود و این مهم را یکی دیگر از خواص این ماده معدنی برشمرد.

همچنین با توجه به این نکته که مقاومت بالای بتن دلیلی برای تحمل بهتر در برابر ضربه نیست می توان به این مهم دست یافت که استفاده از پرلیت در بتن، این امکان فراهم می شود تا انرژی ضربه صرف جمع شدگی و خزش در بتن گردد. ضربه پذیری بتن می تواند در سازه های مهم (از جمله نیروگاه ها، نیروگاه های هسته ای ، پناهگاه ها، ساختمان های مهم و...) قابل استفاده و توجیه پذیر از لحاظ فنی و اقتصادی باشد.

۳. پیشنهادات جهت توسعه طرح

این طرح تنها با ۶ گوی و چکش اشمیت و با حداقل امکانات انجام شد، لذا جهت توسعه طرح محققان پیشنهادات زیر ارائه می کنند:

- ساخت حداقل ۱۰ گوی برای هر طرح اختلاط و بررسی شکست در روزهای مختلف
- استفاده از قاب بتنی (سازه بتن آرمه) و بررسی مقاومت در برابر ضربه (مطابق با پیشنهاد ACI)
- مقایسه ضربه پذیری دیگر بتن سبک های ساخته شده (لیکا، پوکه، بتن کفی، گازی و...)
- ...



تشکر و قدردانی :

با تشکر از اساتید بزرگوار آقایان دکتر محسن تدین (عضو هیئت علمی دانشگاه تهران)، دکتر سعیدرضا زارع (عضو هیئت علمی دانشگاه یزد- مواد)، مهندس داورپناه (عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد مشهد) و همچنین دوستانمان آقایان محمد عفتی، محسن سلیقه و امید اکرمی که ما را در امور این فعالیت پژوهشی یاری کردند.