

تبیین کاربرد بتن نیمه شفاف در طراحی فضاها

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۷

کد مقاله: ۷۲۵۴۹

سحر بادکانلو^۱، وجیهه ملائی شمس^{۲*}

چکیده

با توجه به بحران انرژی در سالهای اخیر جایگزینی انرژی خورشیدی به منظور کاهش و صرفه جویی در مصرف انرژی و حفظ محیط زیست امری حائز اهمیت است. یکی از روش های ساده برای بهره وری از نور خورشید در داخل فضاها استفاده از فناوری انتقال نور توسط فیبر های نوری است. بتن عبور دهنده نور (لایتر اکن) امروزه به عنوان یک متریال ساختمانی جدید و مدرن با قابلیت استفاده در کاربری های متنوع در صنعت ساختمان سازی محبوبیت زیادی پیدا کرده است. این متریال ترکیبی از فیبر های نوری و ذرات بتن است و می تواند به عنوان بلوک ها و یا پانل های پیش ساخته ساختمانی مورد استفاده قرار گیرد. نور خروجی از فیبر نوری با جداسازی نور از سایر مؤلفه های الکترومغناطیسی، فاقد تمام این گونه تشعشعات و خالص ترین نور برای مصارف روشنایی می باشد. هدف از پژوهش حاضر کسب شناخت بیشتر بتن های نیمه شفاف و جایگزینی آنها با بتن های معمولی و بکارگیری این بتن مدرن در صنعت ساختمان و دکوراسیون داخلی است. به این منظور جمع آوری مطالب مرتبط با موضوع از طریق مطالعات کتابخانه ای و اسنادی انجام شده است. سپس اطلاعات به دست آمده با روش تحلیل محتوای کیفی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده نشان می دهند مقاومت فشاری بتن نیمه شفاف بیشتر از بتن معمولی است از این رو بدون تاثیر منفی در مقاومت فشاری و کششی بتن می تواند اثری خوب با ایجاد فضاهایی روشن و جذاب داشته باشد.

واژگان کلیدی: بتن نیمه شفاف، لایتر اکن، فیبر نوری، طراحی داخلی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، معماری داخلی، مؤسسه آموزش عالی خاوران، مشهد، ایران
www.sahar4465@gmail.com

۲- عضو هیأت علمی و استادیار معماری، گروه معماری، مؤسسه آموزش عالی اسرار، مشهد، ایران (نویسنده مسئول)
www.vmsahms94gmail.com

۱- مقدمه

با توجه به مصرف روز افزون انرژی، مسائل و مشکلات ناشی از آن و از سوی دیگر با توجه به پتانسیل خوب کشور ایران در بهره برداری از انرژی خورشیدی می توان سیستم های انتقال نور را راهی اساسی در کاهش مصرف انرژی و حتی افزایش سطح سلامت و کارایی افراد دانست. یکی از روش های ساده برای بهره وری از نور خورشید در داخل فضاها استفاده از فناوری انتقال نور توسط فیبرهای نوری است. انرژی خورشید یکی از منابع تامین انرژی است که پاک، رایگان و عاری از آثار مخرب زیست محیطی می باشد. نور خورشید در بیرون جو طیف تقریباً کاملی از امواج الکترومغناطیس را داراست. بنابراین با توجه به جذب و پخش که توسط اتمسفر زمین صورت می پذیرد بیشترین طیف انرژی در سطح زمین دریافت می شود که در بین اشعه ماوراء بنفش و مادون قرمز قرار دارد. همچنین با توجه به آثار مفید انرژی خورشید بر روی سیستمهای زنده از قبیل آثار ضد میکروب اشعه ماوراء بنفش یا تنظیم سیستم فیزیولوژیک بدن و همچنین تطابق بسیار بالایی که بین ناحیه مرئی و سیستم بینایی انسان وجود دارد، سازگاری مناسبی بین انرژی خورشیدی و انسان از لحاظ فیزیکی و روانی وجود دارد. بنابراین سرایت بیماری های تنفسی در محیط های دارای نور مصنوعی یا نور ناکافی، بیشتر از حالتی است که نور طبیعی وجود دارد. استفاده از سیستم های روشنایی الکتریکی علاوه بر هزینه های زیاد موجب گرم شدن فضا و نیز خسارات جسمی (ناراحتی های چشمی) و روانی میگردد. (روح الله فیروزآبادی، ۱۳۹۲)

پیشرفت تکنولوژی مواد، منجر به تولید مواد مدرن و همچنین حفظ محیط زیست و انرژی شده است. بتن نیمه شفاف یک نوع بتن مدرن است که در صنعت ساختمان سازی محبوبیت زیادی پیدا کرده، و همچنین در راستای یافتن راه حل برای مشکلات زیست محیطی مفید واقع شده است. در حال حاضر، محدود کردن استفاده از نور مصنوعی در ساختمان ها امری حیاتی است. بتن نیمه شفاف نوع جدیدی از بتن توسعه یافته است که به واسطه آن می توان استفاده از نور مصنوعی را کاهش داد. بتن نیمه شفاف شبیه بتن معمولی و از همان مواد ساخته می شود اما متفاوت است، این بتن از نظر وزنی سبک تر است و به اندازه بتن معمولی استحکام دارد. همچنین به دلیل استفاده از فیبرهای نوری در ساختار آن به راحتی می تواند نور طبیعی یا مصنوعی را از خود عبور دهد که عبور نور حتی از دیواری به ضخامت بیست متر را امکان پذیر می کند. هدف اصلی استفاده از این بتن در صنعت ساختمان به منظور روشنایی با استفاده از نور طبیعی خورشید است، در نتیجه با استفاده از این تکنیک در مصرف انرژی صرفه جویی می شود. فیبرهای نوری به عنوان یک عنصر تشخیص یا انتقال عمل می کنند و به منظور محدود کردن استفاده از نور غیرطبیعی، جایگزینی بتن معمولی با بتن نیمه شفاف انجام می شود که طراحی هنری و نور طبیعی را در بر می گیرد. (۲۰۲۲) Chandrasekaran Palanisamy، هدف از پژوهش حاضر کسب شناخت بیشتر بتن های نیمه شفاف و جایگزینی آنها با بتن های معمولی و بکارگیری این بتن مدرن در صنعت ساختمان و دکوراسیون داخلی است.

۲- روش تحقیق

تحقیق حاضر رویکردی کیفی دارد. جمع آوری مطالب مرتبط با موضوع از طریق مطالعات کتابخانه ای و اسنادی انجام شده است. اطلاعات بدست آمده با روش تحلیل محتوای کیفی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. در ادامه نمونه های موردی مشابه مورد مطالعه قرار گرفته است تا به کسب شناخت بیشتر بتن های نیمه شفاف و جایگزینی آنها با بتن های معمولی و بکارگیری این بتن مدرن در صنعت ساختمان دست یابیم.

۳- پیشینه تحقیق

جدول ۱- پیشینه تحقیق

ردیف	عنوان پژوهش	پژوهشگر	تاریخ	نتیجه پژوهش
۱	روشنایی روز و عملکرد انرژی ترکیبی از دیوارها و پنجره های بتنی نیمه شفاف مبتنی بر فیبر نوری	panel Xiaosong Su , Ling Zhang , Zhongbing Liu	۲۰۲۳	بتن نیمه شفاف مبتنی بر فیبر نوری نوعی پوشش ساختمانی نوآورانه برای بهره وری انرژی ساختمان است. فیبرهای نوری دارای گذرگاه زاویه ای هستند که به شدت به زاویه تابش بستگی دارند. استفاده از فیبرهای نوری با دیافراگم عددی بالا می تواند به بهره وری انرژی ساختمان کمک کند، اما ممکن است خطر تابش نور روز را افزایش دهد.
۲	ساخت و بهره وری انرژی پانل بتنی نیمه شفاف برای پوشش ساختمان	Baofeng Huang Yeqing Wang Wensheng Lu Meng Cheng	۲۰۲۲	پانل بتنی نیمه شفاف یک مصالح ساختمانی جدید برای پاکت های ساختمانی است. این مجراهای نوری مانند فیبرهای نوری و بتن سبک وزن با مقاومت بالا را ترکیب می کند و به آن امکان میدهد نور را منتقل کند و بار خارجی را حمل کند. رسانایی حرارتی نشان دهنده عملکرد عالی عایق حرارتی در

			مقایسه با پوشش‌های ساختمانی سنتی، مانند دیوارهای شیشه‌ای و نماهای بنایی است. همچنین کمترین مصرف برق و هزینه پولی را دارد. این بتن جدید در پوشش‌های ساختمانی و سایر مناطقی که انتقال نور و تحمل بار مورد نیاز است، قابل استفاده است.
۳	خواص مکانیکی و عبور نور بتن نیمه شفاف با کارایی بالا	Ahmed M.Tahwia. Nirmen Abdelaziz. Mohamed Samy. Mohamed Amin	۲۰۲۲
۴	بتن شفاف با استفاده از فیبر نوری	Chandrasekaran Palanisamy, Nirmalkumar Krishnaswami, Sampath kumar Velusamy, Har	۲۰۲۲
۵	خواص مکانیکی و عبور نور بتن نیمه شفاف با کارایی بالا	Ahmed M. Tahwia Nirmen Abdelaziz Mohamed Samy , Mohamed Amin	۲۰۲۲
۶	عملکرد عبور نور بتن خود متراکم نیمه شفاف پایدار	Ahmedbdel Raheem. Nirmen Abdel Aziz. Mohamed Amin	۲۰۲۱
۷	ارزیابی صرفه جویی در مصرف انرژی از پوشش ساختمان بتنی نیمه شفاف	Aashish Ahuja. Khalid M Mosalam	۲۰۱۷
۸	معرفی و بررسی بتن نیمه شفاف (لایترکن)	رضامرادی فرد. سمانه رضانی. سیدمحمد علی حسینی پور	۱۳۹۴

			پذیری زیادی را دارا هستند و همچنین نمی‌تواند اثرات منفی بر مشخصات سازه ای از جمله مقاومت کششی یا فشاری بتن داشته باشد، نیز می‌توانند به منظور دستیابی به ظاهری متفاوت برای المان‌های بتنی به کار رود.
۹	مطالعه ای بر کاربرد بتن نیمه شفاف در حفاظت از بناهای تاریخی به منظور کاهش آشتگی‌های بصری	محبه خیراندیش محسن طبسی	۱۳۹۴
۱۰	تحلیل انرژی سیستم انتقال نور خورشید توسط فیبر نوری	روح الله فیروزآبادی علی اکبر عالم رجبی	۱۳۹۲
			با توجه به معایب روشنایی مصنوعی و مزایای انرژی نورانی خورشید و همچنین مصرف انرژی زیاد از میان راهکارهایی که برای انتقال نور بررسی شده است با توجه به مزایای فیبر نوری در انتقال نور و برتری آن نسبت به سایر روشهای انتقال، استفاده از آن پیشنهاد می‌شود. با روش فناوری انتقال نور توسط فیبر نوری می‌توان نور خورشید را منتقل کرد. فیبر نوری رشته باریک و بلندی است که از یک ماده شفاف مثل شیشه یا پلاستیک ساخته شده است و میتواند نوری که از یک سمت به آن وارد شده را از سمت دیگر خارج کند. یکی از عمده ترین خصیصه های فیبر نوری جداسازی نور از سایر مولفه های الکترومغناطیسی آن می باشد.

۴- مفاهیم و تعاریف پایه

۴-۱- بتن

وقتی صحبت از بتن می‌شود، بی تردید جسمی مستحکم متصور ما است. این ترکیب شیمیایی که رسماً در سال ۱۸۲۴ توسط جوزف آسپدین انگلیسی پا به عرصه وجود نهاد، جهان ساخت و ساز را متحول کرد و به یمن دو قرن حضور مقتدرانه بتن در صنعت ساختمان هویت بتن با استحکام این چنین سخت در هم تنیده است (پروفسور نویل، ۱۳۷۸). امروزه بتن به عنوان یکی از پرمصرف ترین مصالح ساختمانی در جهان شناخته شده است. بتن از اختلاط آب با سیمان و سنگدانه های مختلف در شرایط محیطی خاصی حاصل می‌شود و می‌توان خواص این محصول را با کمک افزودنی های دیگر دستخوش تغییرات منحصر به فردی قرار داد. کیفیت بتن، کارایی مناسب، قابلیت طراحی سبب گردیده است که کاربرد این ماده روز به روز افزایش یابد. در حال حاضر تولید بیش از یک تن بتن در سال به ازای هرنفر در جهان و ساخت بیش از ۵۰٪ زیر ساختهای بشری از این ماده بیانگر این مسئله است که اهمیت بتن در جامعه مدرن امروزی امری اجتناب ناپذیر است. ویژگی اصلی بتن ارزان بودن و در دسترس بودن مواد اولیه آن است. امروزه باتوجه به استفاده روزافزون از بتن در سازه های شهری، به منظور دستیابی به ظاهری زنده، زیبا و غیریکنواخت و با توجه به شکل خشک و بی روح بتن، مهندسين را وادار به خلق ویژگیهای جدیدی در بتن کرده است. (تکنولوژی بتن، نویل)

۴-۲- فیبر نوری

در اوایل سال ۱۹۶۰ میلادی یک شرکت آمریکایی با اختراع اشعه لیزر ارتباطات فیبرنوری را امکان پذیر کرد. دانشمندان در این نظریه که نور در الیاف شیشه ای هدایت میشود پیشرفت کردند به حدی که توانستند فیبر های نوری را بسیار ارزانتر و با کارایی بالاتر تولید کنند که حدود چهل سال بعد این کشف، انقلابی در صنعت ساخت و ساز به پا کرد. (Xu, Z.G, Li, et al, ۲۰۱۳). فیبر نوری رشته باریک و بلندی است که از یک ماده شفاف مثل شیشه یا پلاستیک ساخته شده است و می‌تواند نوری که از یک سمت به آن وارد شده را از سمت دیگر خارج کند. یکی از عمده ترین ویژگی های فیبر نوری جداسازی نور از سایر مولفه های الکترومغناطیسی آن می باشد، به عبارت دیگر نور خورشید علاوه بر نور مرئی شامل مولفه های دیگری چون تشعشعات ماوراء بنفش (عامل اصلی ابتلا به سرطان پوست) و تشعشعات مادون قرمز است که مقادیر بالای آنها برای سلامت انسان و محیط زیست مضر تلقی می‌شوند نور خروجی از فیبر نوری فاقد تمام این گونه تشعشعات است و خالص ترین نور برای مصارف روشنایی می باشد. (رضامرادی فرد، ۱۳۹۴)

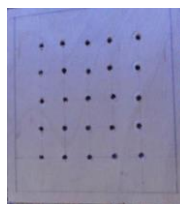
فیبر نوری از چندین لایه ساخته می شود که درونی ترین لایه را هسته می نامند. هسته معمولاً شامل یک تار کاملاً بازتاب کننده از شیشه خالص است. هسته در بعضی از کابل ها از پلاستیک کاملاً بازتابنده ساخته میشود، که هزینه ساخت را به شدت کاهش می دهد. یک هسته پلاستیکی معمولاً کیفیت شیشه را ندارد و بیشتر برای حمل داده ها در فواصل کوتاه به کار می رود. پوسته از شیشه یا پلاستیک ساخته می شود. هسته و پوسته به همراه هم، یک رابط بازتابنده را تشکیل می دهند. (Xu, ۲۰۱۳). Z.G. Li, et al وقتی صحبت از انتخاب فیبرهای نوری می شود، تفاوت های قابل توجهی بین این دو ماده وجود دارد. در مقایسه با الیاف شیشه، الیاف هسته پلاستیکی انعطاف پذیرتر و ارزان تر هستند. فیبرهای نوری ۶۰ درصد سبکتر از فیبر شیشه ای هستند و نصب آنها راحت تر است. آنها همچنین می توانند در برابر بارهای بیشتر مقاومت کنند. فیبر نوری ماده ای مبتنی بر سیلیس است که هم شفاف و هم انعطاف پذیر است. (Chandrasekaran Palanisamy, 2022)

۵- بتن نیمه شفاف

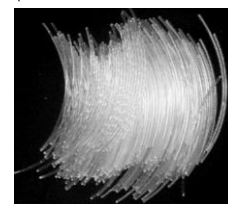
استفاده از تکنولوژی نانو امکان تولید بتن نیمه شفاف را فراهم نموده است که تحولی عظیم در زمینه طراحی ساختمان ها و سازه های شهری ایجاد کرده است. این نوع بتن با افزودن فیبرهای شیشه به مخلوط خرده سنگ، سیمان و آب به شیوه ای متفاوت با شیوه سنتی ساخت بتن، برای تولید محصولی خارق العاده تهیه می شود. لایتران^۱، بتن عبور دهنده نور، امروزه به عنوان یک متریال ساختمانی جدید با قابلیت استفاده بالا مطرح است. این متریال ترکیبی از فیبرهای نوری و ذرات بتن است و می تواند به عنوان بلوکها و یا پانل های پیش ساخته ساختمانی مورد استفاده قرار گیرد. فیبرها به خاطر اندازه کوچکشان با بتن مخلوط شده و ترکیبی از یک متریال دانه بندی شده را تشکیل می دهند. به این ترتیب نتیجه کار صرفاً ترکیب دو متریال شیشه و بتن نیست، بلکه یک متریال جدید سوم که از لحاظ ساختار درونی و همچنین سطوح بیرونی کامل همگن است، به دست می آید. فیبرهای شیشه باعث نفوذ نور به داخل بلوکها می شوند. علاوه بر این فیبرها به خاطر اندازه کوچکشان با بتن مخلوط شده و تبدیل به یک جزء ساختاری می شوند بنابراین سطح بیرونی بتن همگن و یکنواخت باقی می ماند. ساختار یک دیوار ساخته شده با بتن عبوردهنده نور، میتواند تا چند متر ضخامت داشته باشد زیرا فیبرها تا ۲۰ متر بدون از دست دادن نور عمل می کنند و در دیواری با این ضخامت باز هم عبور نور وجود دارد. (محمودی، ۱۳۹۱) برای اولین بار تولید قالب نور با استفاده از الیاف پیوسته در سال ۱۹۸۵ در ژاپن ثبت شد. اما محصول جدید لایتران اولین بار توسط آرون لوسونچی معمار ۲۷ ساله مجارستانی در سال ۲۰۰۱ اختراع شد و بعد از موفقیت آمیز بودن طرح، لایتران شروع به ساخت و فروش خود در سال ۲۰۰۴ آغاز کرد. شرکت بازاریابی بتن شفاف^۲ در آلمان و با نام لایتران می باشد که این واژه نیز از بتن انتقال دهنده نور گرفته شده است. (عباسی، ۱۳۸۶) بتن متراکم نیمه شفاف یک ماده ساختمانی خلاقانه و صرفه جویی در انرژی است این بتن توسط سیمان پرتلند، پودر سنگ آهک، دوده سیلیس، سنگدانه درشت، سنگدانه ریز، آب، فوق روان کننده و فیبرهای نوری پلاستیکی تهیه شد تا امکان انتقال نور خورشید به داخل را فراهم کند. (Ahmed M. Tahwia, ۲۰۲۱)



مرحله اول: فیبر ها از قالب مورد نظر قرار می گیرند اینکار بخاطر منظم بودن فواصل نوری در بتن است.



قالب چوبی



فیبر نوری پلاستیکی



مرحله چهارم: اضافات فیبر نوری بریده میشود و بلوک های بتنی آماده هستند.



مرحله سوم: بعد از اتمام کار و خشک شدن کامل بتن از قالب جدا می شود.



مرحله دوم: بتن ریزی در قالب انجام می شود.

شکل ۱- مراحل ساخت آزمایشگاهی بلوک بتن نیمه شفاف (مأخذ: Ahmad m. Tahwia et al 2022)

1 Concrete Transmitting Light Litracon

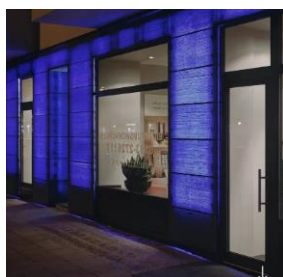
2 Litracon kft

از آنجا که نیاز به نور طبیعی در داخل ساختمان‌ها زیاد است، طراحان ساختمان شروع به جستجوی وسایلی غیر از پنجره‌ها برای جذب، انتقال و رساندن نور طبیعی به فضاهای داخلی ساختمان کرده‌اند. علاقه به استفاده از منابع جایگزین روشنائی منجر به توسعه پانل‌های بتن شفاف شده است، که تصور می‌شود با پنجره‌ها در یک ساختمان همزیستی داشته باشند تا دید ساکنان را به محیط بیرون محدود نکنند یا مانع توانایی معمار در طراحی ساختمان‌های زیبا نشوند. فیبرهای نوری در پانل توانایی کاهش تابش خیره کننده و صرفه جویی ۵۰٪ در انرژی روشنائی را با استفاده از نسبت حجمی فیبر معقول ~۶٪ دارند. کاربرد پانل‌های بتن نیمه شفاف در صورتی افزایش می‌یابد که بتواند بارهای گرمایشی و سرمایشی ساختمان را نیز کاهش دهد. تشعشعات خورشیدی متشکل از کل طیف نور خورشید (فرابنفش، مرئی و مادون قرمز) که توسط فیبرهای نوری هدایت می‌شود، می‌تواند در گرمایش اتاق در طول فصل زمستان نقش داشته باشد. (Aashish Ahuja, ۲۰۱۷)

بتن نیمه شفاف به عنوان یک پوشش ساختمان می‌تواند مقداری از انرژی روشنائی را که در یک اتاق مصرف می‌شود جبران کند. نور خورشید که توسط فیبرهای نوری هدایت می‌شود می‌تواند در گرم شدن اتاق در طول زمستان نقش داشته باشد. اما در ماه‌های تابستان منجر به افزایش بارهای خنک کننده می‌شود. همچنین، نور روز اتلاف گرما از تأسیسات روشنائی را کاهش می‌دهد و تأثیر مثبتی بر بارهای خنک کننده دارد. رسانش از طریق دیوارها باعث می‌شود که گرما در طول صبح از اتاق خارج شود. اما گرما را از محیط اطراف بعد از ظهر و عصر به اتاق منتقل می‌کند. استفاده از نور خورشید برای روشن کردن فضاهای داخلی ساختمان‌ها مفید است زیرا محیطی سالم را برای ساکنین فراهم می‌کند. علاوه بر این، با کاهش انرژی الکتریکی برای روشنائی مصنوعی به صرفه جویی در مصرف انرژی کمک می‌کند (Aashish Ahuja, ۲۰۱۷). نتایج نشان می‌دهد که مقاومت فشاری بتن شفاف به دلیل افزایش درصد فیبر نوری بیشتر از بتن معمولی است. همچنین استفاده از فیبر نوری در اجزای باربر سازه‌ای بدون تأثیر منفی در مقاومت بالای فشاری و کششی آن می‌تواند اثری خوب با ایجاد فضاهایی روشن و جذاب داشته باشد. (رضامرادی فرد، ۱۳۹۴) بلوک‌های بتنی شفاف را می‌توان به روش‌ها و اشکال مختلف مورد استفاده قرار داد. از این رو می‌توانند در زمینه ساخت و ساز بسیار مفید باشند. حتی در جایی که نور نمی‌تواند با شدت کافی برسد می‌توان از آن استفاده کرد. مسئله این است که ساخت بتن نیمه شفاف به دلیل فیبرهای نوری شیشه‌ای بسیار پرهزینه است اما توسط معماران سطح بالا برای دیدگاه‌های زیبایی شناختی استفاده می‌شود. همچنین ریخته‌گری بلوک بتنی شفاف برای کارگر سخت است، بنابراین به افراد با مهارت خاص نیاز است. (Chandrasekaran Palanisamy, 2022)

جدول ۲- ترکیبات و مشخصات بتن نیمه شفاف (مأخذ: نگارندگان)

دانسیته	۲۱۰۰ تا ۲۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب
مقاومت فشاری	۵۰ نیوتن بر میلیمتر مربع
مقاومت کششی	۷ نیوتن بر میلیمتر مربع
مقاومت خمشی	۷/۷ نیوتن بر میلیمتر مربع
حد اکثر ابعاد	۳۰۰*۶۰۰ میلیمتر
ضخامت	۲۵ تا ۵۰ میلیمتر
ارتفاع	۳۰۰ میلیمتر



شکل ۳- (مأخذ: www.lucem.com)

۵-۱- مسلح کردن بلوک بتنی نیمه شفاف

در صورت نیاز به مسلح کردن این بتن، شیارهایی در داخل آن تعبیه می‌شود. در حین ساختن دیوارها، میلگردها به صورت عمودی یا افقی در این شیارها قرار می‌گیرند. و فیبرها به خاطر خاصیت انعطاف پذیری خود در اطراف میلگردها جمع می‌شوند و به این ترتیب میلگردها دیده نمی‌شوند از این روش به صورت موفقیت آمیزی در چند پروژه و طراحی نمایشگاه استفاده شده است. (گلشهر، ۱۳۹۳)



شکل ۲- (مأخذ: www.lucem.com)

۵-۲- سایه و رنگ

فیبرها باعث نفوذ نور به داخل بلوک ها می شود. جالب ترین حالت این پدیده نمایش سایه ها در وجه مقابل ضلع نور خورده است. رنگ نوری که از پشت این بتن دیده می شود، ثابت است. به عنوان مثال اگر رنگ سبز به پشت بلوک بتابد در جلوی آن سایه ها سبز دیده می شود. (محبه خیراندیش، ۱۳۹۴)

۵-۳- کاربردهای بتن شفاف

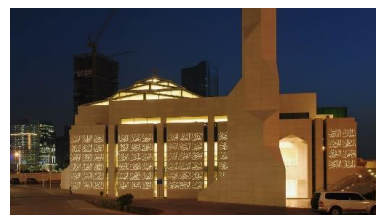
از آنجا که بتن در صنعت ساختمان کاربرد گسترده ای دارد، بتن نیمه شفاف نیز با خواص جدیدی که ارائه می دهد در بخش های مختلف این صنعت از نمای ساختمان گرفته تا دکوراسیون داخلی قابل استفاده است. همچنین علاوه بر ساختمان در مواردی مانند المان های شهری و حتی زیورآلات نیز می توان از این نوع بتن استفاده کرد. در ادامه به بررسی کاربرد های بتن نیمه شفاف می پردازیم.

۵-۳-۱- نمای ساختمان

پاویون ایتالیا در نمایشگاه شانگهای ۲۰۱۰ نوعی بتن نیمه شفاف را به نمایش می گذارد که از ترکیب شیشه و بتن در سال ۲۰۱۰ ایجاد شده است. در حالی که بتن نیمه شفاف در درجه اول به شفافیت می پردازد، هدف کاربردی آن به فناوری سبز و پرداخت هنری مربوط می شود. بتن شفاف یا نیمه شفاف پاسخی است که اخیراً به درخواست معماران برای معماری شفاف تر ارائه شده است. (۲۰۲۲- Chandrasekaran Palanisamy)



شکل ۵- پاویون ایتالیا در نمایشگاه شانگهای ۲۰۱۰ (مأخذ: www.litracon.hu)



شکل ۴- مسجد العزیز، ابوظبی، امارات (مأخذ: www.litracon.hu)

۵-۳-۲- دیوارها

بتن نیمه شفاف را میتوان به عنوان متداول ترین حالت ممکن در ساختن دیوارهای داخلی و خارجی مورد استفاده قرار داد. بهتر است نور مستقیم خورشید به ساختار این دیوار بتابد، که قرار گیری غربی یا شرقی توصیه می شود تا اشعه آفتاب در حال طلوع یا غروب با زاویه کم به فیبر های نوری برخورد کند و شدت عبور نور بیشتر شود. به خاطر استحکام زیاد این ماده میتوان از آن برای ساختن دیوارهای باربر هم استفاده کرد. در صورت نیاز، مسلح کردن این متریال نیز ممکن است.



شکل ۸- (مأخذ: www.litracon.hu)



شکل ۷- (مأخذ: www.litracon.hu)



شکل ۶- (مأخذ: www.litracon.hu)

۵-۳-۳- کف سازی

استفاده از بتن نیمه شفاف در کف پوش ها و تابش نور مصنوعی از سطح زیرین آن یکی کاربردهای جذاب آن می باشد. آنچه بر جذابیت این کفپوش ها می افزاید این است که در طول روز مانند یک سنگ فرش معمولی به نظر می رسد ولی در غروب خورشید شروع به درخشش در رنگهای مختلف می کند.



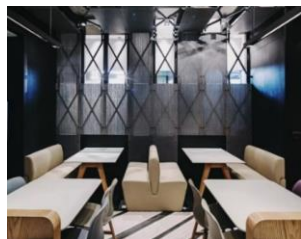
شکل ۱۰- (مأخذ: www.lucem.com)



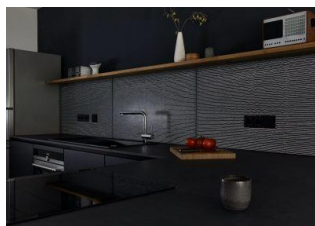
شکل ۹- (مأخذ: www.lucem.com)

۵-۳-۴- طراحی داخلی

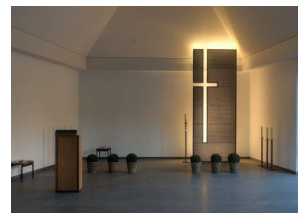
بتن عبور دهنده نور می تواند برای القا و ایجاد حس فضایی متفاوت در طراحی داخلی و یا به صورت المان های خاص دیوار پوش ها در فضای داخلی استفاده شوند.



شکل ۱۳- طراحی جداره نورگیر
رستوران
(مأخذ: www.lucem.com)

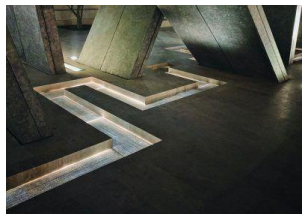


شکل ۱۲- صفحه بین کابینت
(مأخذ: www.lucem.com)



شکل ۱۱- طراحی دیوار اصلی کلیسا
(مأخذ: www.lucem.com)

۵-۳-۵- المان های شهری



شکل ۱۶- (مأخذ: www.lucem.com)



شکل ۱۵- (مأخذ: www.litracon.hu)



شکل ۱۴- (مأخذ: www.litracon.hu)

۵-۳-۶- مبلمان فضای شهری



شکل ۱۹- (مأخذ: www.litracon.hu)



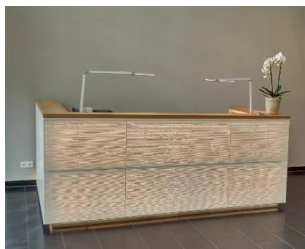
شکل ۱۸- (مأخذ: www.lucem.com)



شکل ۱۷- (مأخذ: www.lucem.com)

۵-۳-۷- مبلمان دکوراسیون داخلی

تولید مبلمان برای فضای داخلی مانند انواع میز ها، کانتر پذیرش در فضا های مختلف، نیمکت ها و ساخت آباژور مختص شرکت اصلی لاتراکن است.



شکل ۲۲- (مأخذ: www.lucem.com)



شکل ۲۱- (مأخذ: www.litracon.hu)



شکل ۲۰- (مأخذ: www.litracon.hu)

۵-۳-۸- زیورآلات

امروزه شاهد ظهور این صنعت در ادغام با هنر طراحی زیورآلاتی مانند انگشتر و گردنبند هستیم در ساخت این جواهرات از سنگ های گرانبها استفاده شده و دست ساز هستند.



شکل ۲۴- (مأخذ: www.litracon.hu)



شکل ۲۳- (مأخذ: www.litracon.hu)

۶- نتیجه گیری

با توجه به مصرف روز افزون انرژی و مسایل و مشکلات ناشی از آن و از سوی دیگر با توجه به پتانسیل خوب کشور ایران در بهره برداری از انرژی خورشیدی می توان سیستم های انتقال نور را راهی اساسی در کاهش مصرف انرژی و حتی افزایش سطح سلامت و کارایی افراد دانست. یکی از روش های ساده برای بهره وری از نور خورشید در داخل فضاها استفاده از فناوری انتقال نور توسط فیبر های نوری است. بتن به عنوان یکی از پرمصرف ترین مصالح ساختمانی در جهان شناخته شده است، که می توان خواص این محصول را با کمک افزودنی های دیگر دستخوش تغییرات منحصر به فردی قرار داد. نتایج نشان می دهد که مقاومت فشاری بتن نیمه شفاف بیشتر از بتن معمولی است. بلوک های بتنی نیمه شفاف را می توان به روش ها و اشکال مختلف مورد استفاده قرار داد. از این رو می توانند در زمینه ساخت و ساز بسیار مفید باشند. با ترکیب بتن با علم نانو و تکنولوژی روز دنیا همچنین استفاده از مشخصه های فیبر نوری و بهره بردن از انرژی بی پایان خورشید شاهد ظهور بتن های نیمه شفاف با قابلیت عبور نور در صنعت مدرن امروزی هستیم. با توجه به خواص جدیدی که این بتن به عنوان یک پوشش ساختمان می تواند مقداری از انرژی روشنایی را که در یک فضا مصرف می شود جبران کند و منجر به صرفه جویی در انرژی روشنایی تا حدود ۵۰٪ شود.

جدول ۳- مقایسه بتن معمولی با بتن نیمه شفاف (مأخذ: نگارندگان)

مشخصات	بتن معمولی	بتن نیمه شفاف
رنگ	خاکستری	خاکستری، مشکی، سفید
ظاهر	خشک و بی روح، یکنواخت	زنده و پویا، زیبا، غیر یکنواخت
قیمت	هزینه مناسب	حاوی فیبر نوری شیشه ای
		کاهش هزینه نسبت به فیبر های شیشه ای بسیار پر هزینه
آماده سازی	در محل ساخت و اجرا توسط افراد مبتدی	اجرای سخت و زمانبر نیاز به افرادی با مهارت خاص
کاهش مصرف برق	۰٪	۵۰٪ صرفه جویی در مصرف روشنایی مصنوعی
استحکام	مناسب	مناسب
مقاومت فشاری	مناسب	بیشتر از بتن معمولی
مقاومت کششی	مناسب	بیشتر از بتن معمولی
دید و منظر	محدود کردن صد درصدی دید	محدود نکردن دید افراد به فضای داخل یا خارج
عبور نور	محدود کردن صد درصدی نور	عبور نور حتی با ضخامت دیوار ۲۰ متر
سازگاری با محیط زیست	اثرات مخرب زیست محیطی	نداشتن اثرات مخرب زیست محیطی و قابل بازیافت

تشکر و قدردانی

با تشکر از زحمات فراوان استاد ارجمندم سرکار خانم دکتر وجیهه ملائی شمس که در این راه مشوق و معلم من بودند.

منابع

۱. روح الله فیروزآبادی، علیا کبر عالم رجبی، (۱۳۹۲)، تحلیل انرژی سیستم انتقال نور خورشید توسط فیبر نوری، پنجمین کنفرانس انرژی های تجدید پذیر، پاک و کارآمد
۲. رضا مرادی فرد، سمانه رمضانف سید محمد علی حسینی پور، (۱۳۹۴)، معرفی و بررسی بتن نیمه شفاف (لایتر اکن)
۳. عباسی، ز، (۱۳۸۶)، بتن عبور دهنده نور
۴. گلشهر، م، (۱۳۹۳)، بتن شفاف چیست؟، مجله ساختمان، شماره فروردین، مجتمع رسانه ای ساختمان، تهران.
۵. محبه خیراندیش، محسن طبسی، (۱۳۹۴)، مطالعه ای بر کاربرد بتن شفاف در حفاظت از بناهای تاریخی به منظور کاهش آشتگی های بصری
۶. محمودی، م. مرشد، (۱۳۹۱)، بتن شفاف انتقال دهنده نور، اولین کنفرانس ملی صنعت بتن، کرمان، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی.
۷. نویل، (۱۳۷۸)، خواص بتن، ترجمه دکتر هرمز فامیلی، بازنگری چهارم، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
۸. نویل، تکنولوژی بتن، مترجمین دکتر علی اکبر رمضانپور، دکتر محمدرضا شاه نظری، تهران، علم و صنعت
۹. نیما نرج آبادی فام، محمد حسین حسن بیگ، علی ربانی، (۱۳۹۱)، طراحی سیستم روشنایی خورشیدی با فیبرهای نوری توسط نرم افزار Dialux و بررسی مزایای زیست محیطی آن، دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست.
1. Daylighting and energy performance of the combination of optical fiber based translucent concrete walls and windows-Xiaosong Su Ling Zhang, Zhongbing Liu-Journal of Building Engineering-15 May (2023), 105959
2. Evaluating energy consumption saving from translucent concrete building envelope-Aashish Ahuja, Khalid M. Mosalam - Energy and Buildings, 15 October (2017), Pages 448-460
3. Fabrication and energy efficiency of translucent concrete panel for building envelope-Baofeng Huang, Yeqing Wang, Wensheng Lu, Meng Cheng- Energy, 1 June (2022), 123635
4. Light transmittance performance of sustainable translucent self-compacting concrete-Ahmed M. Tahwia, Ahmed Abdel-Raheem, Nirmen Abdel-Aziz, Mohamed Amin - Journal of Building Engineering, June (2021), 102178
5. Mechanical and light transmittance properties of high-performance translucent concrete, Ahmed M. Tahwia, Nirmen Abdelaziz, Mohamed Samy, Mohamed Amin case studies in construction materials (2022) e 01260
6. Preparation method of light transmitting concrete using optical fiber fabrics. Y. Li, Z.Y. Xu, Z.G. Li, et al (2013)
7. Transparent concrete by using optical fibre- Chandrasekaran Palanisamy, Nirmalkumar Krishnaswami, Sampath kumar Velusamy, Harsath Krishnamurthy, Harish kumaar Velmurugan, Harish Udhayakumar (2022), Pages 1774-1778
8. www.litracon.hu
9. www.lucem.com