



بررسی مروری، کاربرد و روش ساخت بتن های سو گذران (نیمه شفاف) در

ایران

نیما امینیان

مدیر تحقیق و توسعه شرکت ساختمانی، تولیدی و تحقیقاتی آپتوس ایران، رئیس کمیته آموزش انجمن بتن ایران

۰۹۱۲۱۱۹۴۶۶۸ - aminiannima@yahoo.com

شاهین ظهوری

مدیر عامل شرکت ساختمانی، تولیدی و تحقیقاتی آپتوس ایران

شهریار ظهوری

عضو هیئت مدیره و قائم مقام شرکت ساختمانی، تولیدی و تحقیقاتی آپتوس ایران

موسی کلهری

مدیر فنی بخش افزودنی های بتن شرکت شیمی ساختمان

رضا صانعی فرد

کارشناس الکترونیک و فیبرهای نوری

چکیده :

از حدود هزاران سال پیش، یعنی از زمانی که رومی ها مبدع استفاده از مصالح جدید در ساختمان ها شدند و در قرن نوزدهم بتن به معنای امروزی شکل گرفت و توسعه یافت تا به امروز میلیونها تن از این ماده مقاوم در ساختمانها، سدها، خیابانها و ... ساخته شده است. بطوری که امروزه از آن بعنوان یکی از مهمترین عناصر سازه ای یاد می کنند. تحقیقاتی که بر روی عناصر تشکیل دهنده بتن انجام شده بیشتر در جهت تامین مقاومت و خواص دیگر آن از جمله کارایی، دوام ، نفوذ پذیری و غیره بوده است. اما امروزه پیشرفتهای تکنولوژی، گسترش مراکز تحقیقاتی و در کنار آن، دگرگونی نیازها و خواسته های معماران از مصالح ساختمانی، سبب شده که از ویژگی و خواص دیگر این ماده نیز استفاده گردد، بطوری که امروزه محصولات مختلفی از جمله بتن های تزئینی با تکنیکهای حکاکی کردن، منقوش کردن، صیقل دادن و ... بتن های سو گذران (نیمه شفاف)، بتن خود متراکم ، بتن هوشمند، بتن شکل پذیر (داکتایل)^۱ می توانند نقش بتن را در ساخت و ساز شهری دگرگون نمایند. در مقاله حاضر، ضمن اشاره به روش ساخت این نوع بتن برای اولین بار در ایران، به بررسی کاربردهای بتن در معماری به ویژه بتن عبوردهنده نور و بتن سازه معماری خواهیم پرداخت. این نوع بتن ترکیبی از بتن خودمتراکم و فیبرهای نوری است که به اشکال مختلف به صورت سازه ای، نیمه سازه ای و غیر سازه ای استفاده می گردد.



این نوع بتن از مخلوط فیبرهای شیشه ای به قطر 2μ تا $2 mm$ و بتن خودمترکم بدست می آید و بصورت پانلها و قطعات پیش ساخته مورد استفاده قرار می گیرد که علاوه بر مقاومت فشاری مناسب، قابلیت زیبایی شناسی عبور دهنده گی نور را نیز دارا می باشد.

کلمات کلیدی: بتن سازه ای سو گذران (نیمه شفاف)، بلوک سیمانی سو گذران (نیمه شفاف)، فیبر نوری، بتن سازه معماری

۱ - مقدمه

نیاز به دانش تکنولوژی بتن با توجه به جایگاه ویژه ای که در صنعت ساختمان دارد، برای طراحان و همچنین عوامل اجرایی امری ضروری به نظر می رسد. چرا که استفاده فراوان بتن در ساخت و تولید سازه های گوناگون و گسترده گی کاربردهای آن، از گذشته تا به امروز، گوی سبقت را از دیگر مصالح ساختمانی ربوده است. تاریخچه استفاده از بتن به حدود ۲۰۰۰ سال قبل یعنی زمانی که مصریان از ترکیب مواد مختلف جهت احداث ساختمانهای خود استفاده می کردند بر می گردد. همچنین بررسی تاریخی کاربرد بتن در معماری نشان می دهد که این ماده توسط معماران رومی و صدر مسیحیت مورد استفاده قرار می گرفته و در قرون وسطی و رنسانس اغلب بی استفاده مانده است. امروزه مبحث تکنولوژی بتن بجز اجزا اصلی تشکیل دهنده آن یعنی سیمان، سنگدانه ها و آب بسیار وسیع تر گردیده و به دنبال گسترش کاربردهای گوناگون، مفهومی فراتر از گذشته را پیدا کرده است.

کیفیت بتن، کارایی مناسب، قابلیت طراحی، نداشتن اثرات مخرب زیست محیطی سبب گردیده است که کاربرد این ماده روز به روز بیشتر گردیده، بطوریکه در حال حاضر تولید کمی بیش از یک تن بتن در سال به ازای هرنفر در جهان و ساخت ۱:۲ تا ۲:۳ زیر ساخت های بشری از این ماده بیانگر این مسئله است که اهمیت بتن در جامعه مدرن امروزی امری اجتناب ناپذیر است. از آنجایی که بسیاری از خواص دیگر بتن نظیر وزن مخصوص، نفوذ پذیری و ... به مقاومت فشاری آن بستگی دارد، در سالهای اخیر بیشتر تحقیقات انجام شده به منظور دستیابی به مقاومت فشاری مورد نیاز بتن بوده است. اما امروزه، باتوجه به استفاده روز افزون از بتن در سازه های شهری، نیاز به تغییر و دگرگونی بتن های اجرا شده، به منظور دستیابی به ظاهری زنده، زیبا و غیر یکنواخت بیش از پیش احساس می گردد. پیشرفت تکنولوژی در گرو توجه به این احساس نیاز از یک سو و دسترسی آسان، قیمت مناسب و از همه مهمتر شکل پذیری مطلوب بتن در کنار بالا بودن مقاومت فشاری آن از سوی دیگر سبب گردیده است که نقش بتن در معماری وسیع گردیده و به عنوان مصالحی برای بیان مقاصد آن شناخته و بکار برده شود. امروزه با ورود بتن به حیطه معماری و قرار گرفتن آن در کنار اجزا و عناصر دیگر، استفاده از این ماده در یکپارچگی و طراحی فضاهای درونی و بیرونی به یکی از رایج ترین روشهای نوین در صنعت ساخت و ساز مبدل شده و توجه معماران و طراحان را به خود جلب کرده است، بطوریکه در آینده نزدیک شاهد بهره گیری بیشتر از بتن در طراحی فضاهای داخلی و خارجی خواهیم بود. بتن می تواند هر رنگ، بافت و طرحی را به خود بگیرد با توجه به این امر، امروزه طیف متنوعی از فرآورده های تزئینی آن ابداع و به بازار عرضه شده است که از آن جمله می توان به بتن تزئینی، بتن هوشمند، بلوک سیمانی سو گذران (نیمه شفاف)، بلوک های بتنی سو گذران (نیمه شفاف)، نیمه سازه ای و بتن سازه ای سو گذران (نیمه شفاف) اشاره نمود. از جمله بتن های تزئینی مختلف می توان به طراحی بتن بوسیله الگوهای آماده، رنگ آمیزی سطوح بتنی، طراحی فضا های داخلی و خارجی و باز سازی سطوح اشاره نمود. همچنین الگوهای آماده خود نیز به منقوش کردن بتن، استنسیل کردن بتن، حکاکی کردن بر روی بتن، صیقل دادن بتن و مصالح سنگی نمایشی بر روی بتن تقسیم می شوند.



در این مقاله در ابتدا بصورت خلاصه استفاده از محصولات بتنی پیش ساخته در طراحی فضای داخلی و خارجی ، سپس بکارگیری بتن های هوشمند در فضا های شهری به عنوان ۲ کاربرد بتن در معماری و شهر سازی و سپس در مورد تئوری بکارگیری الیاف نوری در بتن به اشکال مختلف و در پایان در مورد ساخت بتن سازه معماری به تفصیل خواهیم پرداخت.

۲- بتن ها و قطعات بتنی سو گذران (نیمه شفاف)

۲-۱- بلوک های سیمانی سو گذران (نیمه شفاف)

ماده اصلی این بلوکها ، ملات ماسه سیمان ، فیبر های پلاستیکی یا شیشه ای ، فلز و موادی مانند آنها بوده که بعلت استفاده معمول از بتن و سیمان در ساخت این بلوکها ، چگالی متوسط آنها بین 2200 kg/m^3 و 2400 kg/m^3 می باشد. بلوکهای سیمانی سو گذران (نیمه شفاف) قادرند با هر دو نوع منبع نور طبیعی و مصنوعی کار نمایند. فیبرهای انتقال دهنده نور این بلوکها می توانند از نوع شیشه ای یا پلاستیکی شفاف باشند که ضخامتی در حدود 0.1 mm تا چند میلیمتر دارند. مقدار روشنایی عبوری از این بلوکها بستگی به تعداد فیبرها دارد ، بطوریکه یک دهم نور یک وجه را به وجه دیگر منتقل می کنند. تعداد فیبرهای بکاربرده شده در هر بلوک سیمانی می تواند بین چند صد تا چندین هزار بوده و مناسب ترین نسبت حجمی ماده اصلی و فیبرها نیز بین ۱:۱۵ تا ۱:۸ می باشد. اندازه مطلوب بلوکهای ساختمانی که هر کدام وزنی در حدود 5 kg داشته و با این روش تولید می شوند حدود $250 \times 120 \times 68 \text{ mm}$ می باشد.

۲-۲- بلوک نیمه سازه ای سو گذران (نیمه شفاف)

استفاده از ماده ای مقاوم و با ظاهری غیر یکنواخت در ساختمان همواره یکی از آرزوهای معماران و طراحان از گذشته تا به حال بوده است. بدنبال این آرزو در سالهای اخیر تحقیقات گسترده ای در زمینه دستیابی به خصوصیات معماری بتن ، به عنوان دومین ماده پرکاربرد بر روی زمین پس از آب ، انجام گرفته که کشف بتن سو گذران (نیمه شفاف) را می توان یکی از آنها بر شمرد.

بلوک های بتنی سو گذران (نیمه شفاف) در سال ۲۰۰۱ توسط یک معمار مجارستانی به نام آرون لوسونسزی به همراه همکارانش در دانشگاه فنی بودا پست اختراع و توسعه یافت و سپس توسط شرکتی به همین نام بصورت بلوکهای پیش ساخته با اندازه های مختلف تولید گردید. بلوک های بتنی سو گذران (نیمه شفاف) نوعی بتن نیمه شفاف است که بوسیله ترکیب فیبرهای نوری شیشه ای با مصالح سنگی ، سیمان و آب بدست می آید و به صورت بلوک و یا پانلهای پیش ساخته تولید می گردد. این نوع بلوک ها را می توان زیرمجموعه ای از بلوک های سو گذران (نیمه شفاف) دانست که اندازه و ترتیب قرار گیری فیبرها در هر بلوک می تواند متفاوت بوده و هر بلوک علاوه بر رنگ خاکستری معمولی می تواند در رنگها و یا طرحهای مختلف تولید گردد.

به طور کلی این نوع بلوک ها را می توان یک ماده ساختمانی مرکب از بتن خودمترکم و فیبرهای نوری دانست که فیبرهای آن بصورت شیشه ای و یا پلاستیکی بوده و قطر فیبرهای شیشه ای بین 30μ تا 100μ و نوع پلاستیکی آن بین 0.5 mm تا 2.5 mm می باشد. با تغییر نوع فیبرها نتایج بدست آمده متفاوت می باشد به طوریکه نوع پلاستیکی فیبرها رنگها را بهتر عبور می دهند. این فیبرهای نوری ۵٪ وزن بتن را اشغال کرده و به خاطر اندازه کوچکشان با بتن مخلوط شده و تشکیل یک جز ساختاری را می دهند که سطح بیرونی آن همگن و یکنواخت باقی می ماند فیبرهای نوری در داخل بتن به شکل ماتریس و به صورت موازی در میان دو سطح اصلی هر بلوک قرار می گیرند و باعث نفوذ نور به داخل بلوک ها شده و با هدایت آن سبب شفافیت دو سطح بیرونی بلوک می شوند. این شفافیت به دنبال هدایت نور از یک منبع داخلی و

خارجی مناسب ایجاد گردیده و در صورت عدم آن سطح بلوک به رنگ بتن معمولی در می آید. انتقال نور عبوری از این بلوک ها کامل نبوده، بطوریکه اشکال به صورت سایه هایی موج دار بر روی سطح دیگر آن تشکیل می گردند. از آنجاییکه فیبرهای شیشه ای تاثیر منفی چندانی در مقاومت فشاری بتن ندارند در سازه های باربر نیز می توانند مورد استفاده قرار گیرند که این از مزیت های سازه ای این نوع بتن می باشد. چگالی این نوع بلوکهای نیمه سازه ای 2100 kg/m^3 تا 2400 kg/m^3 و مقاومت فشاری آنها در بدترین حالت 495 kg/cm^2 و در بهترین حالت 565 kg/cm^2 و مقاومت کششی بلوکها نیز 77 kg/cm^2 می باشد. در حالت معمولی ضخامت بلوکها بین $25-500 \text{ mm}$ و پهنا و ارتفاع آنها به ترتیب 600 mm و 300 mm است.



شکل ۱: فیبر نوری و بلوک نیمه سازه ای سو گذران (نیمه شفاف)

افزایش روشنایی طبیعی ساختمان (کاهش روشنایی مصنوعی) و بدنبال آن جلوگیری از اتلاف انرژی حرارتی با نگهداری پرتوهای نوری درون بلوکهای دیوار، مقاومت فشاری مطلوب بلوک ها، قابلیت به کارگیری آنها در پروژه های اجرایی بصورت افقی و یا عمودی و تنوع طرح و رنگ بلوک ها جهت استفاده از آنها در منطبق نمودن فضاهای محیطی از جمله عواملی هستند که سبب شده اند تا امروزه معماران و طراحان از این نوع بلوکها بیش از پیش در طرح ها و پروژه های خود استفاده نمایند. از جمله پروژه های مهمی که در آن از بلوک های نیمه سازه ای سو گذران (نیمه شفاف) استفاده شده است، پروژه (دروازه اروپا) [□] نام دارد که در کشور مجارستان واقع شده و شامل مجسمه ای به طول ۴ متر و متشکل از این بلوکها می باشد.



شکل ۲: نمایی از پروژه "دروازه اروپا"

۳- کاربرد بلوک های سو گذران (نیمه شفاف)

بطور کلی امروزه ، کاربرد بلوک های سو گذران (نیمه شفاف) را در معماری بصورت دیوارها، کف ها و در خلق آثار هنری بصورت مجسمه ها و در طراحی فضا بصورت تابلوهای راهنما و لامپهای مکعبی شفاف خلاصه می کنند.

۳-۱- کاربرد بلوک های سو گذران (نیمه شفاف) در دیوارها

یکی از کاربردهای رایج بلوک های سو گذران (نیمه شفاف) ، استفاده از آن بعنوان یک ماده ساختمانی در ساخت دیوارهای داخلی و خارجی ساختمان است . از آنجائیکه همواره در سازه های بتنی جهت روشنایی فضاهای داخلی نیاز به تعبیه پنجره های زیاد احساس می شود ، دیوار های سو گذران (نیمه شفاف) می توانند با هدایت منابع نوری خارجی این اشکال عمده را بر طرف کرده ، علاوه بر تامین روشنایی مورد نیاز با نگهداشتن انرژی گرمایی درون خود از اتلاف آن در ساختمان به میزان قابل توجهی کاسته و گزینه مناسبی را پیش روی طراحان و معماران قرار دهد.

به علت توانایی بکارگیری بتن با مقاومت بالا در بلوک های نیمه سازه ای ، از آن می توان در ساخت دیوارهای باربر نیز استفاده نمود ، بطوریکه ویژگی منحصر به فرد آن ، سبب شده است که با بکارگیری آن در ساخت دیوارهای داخلی و خارجی دو سطح و ضخامت این دیوار ها قابل رویت بوده و سنگینی و استحکام بتن به عنوان ماده اصلی محسوس تر و در عین حال کنتراست بین نور و ماده شدید تر باشد. با تعبیه شیارهایی درون بتن و قراردادن میله گردها بصورت عمودی و یا افقی در آن می توان بلوکهای بتنی را مسلح و در عین حال تقویت نمود . بعلت خاصیت انعطاف پذیری فیبر های نوری ، این فیبرها در اطراف میله گردها قرار گرفته و باعث مخفی شدن آنها می گردند.



شکل ۳: نمایی از دیوار ساخته شده با بلوک های نیمه سازه ای سو گذران (نیمه شفاف)

۳-۲- کاربرد بلوک های سو گذران (نیمه شفاف) در کف سازی

یکی از مهیج ترین کاربردهای این نوع بلوک ها استفاده از آنها در کف ساختمانها و یا اماکن عمومی بوده به صورتی که سطوح خارجی در مدت روز، هم رنگ بتن معمولی بوده و در هنگام غروب بلوکهای سنگفرش شده شروع به درخشیدن می نمایند با استفاده از رنگهای مختلف می توان جلوه خاصی به مسیر سنگفرش شده بخشید.



شکل ۴: نمایی از کاربرد بلوک های سو گذران (نیمه شفاف) در کف

۳-۳- کاربرد بلوک های سو گذران (نیمه شفاف) در خلق آثار هنری

ویژگی های قابل ملاحظه بلوک های سو گذران (نیمه شفاف) ، بتن را برای بسیاری از معماران امروز ، به عنوان مصالح پایدار جهت تحقق ایده هایشان ، تثبیت نموده است ، بگونه ای که امروزه بتن همانند خاک رس در دستان یک تندیس گر ، برای معماران و هنرمندان امکان خلق آثاری فراهم می کند که بطور منحصر به فردی گیرا، جالب توجه و از نظر هندسی متهورانه می



باشد، با توجه ویژه به این نکته که جسم بتن است با تمام ویژگی های خاص خود. در این آثار ، تضاد موجود در پشت ماده در مدت زمان طولانی تجربه شگفت آوری را برای ناظرین بوجود می آورد که بصورت سورئالیسم و یا سبک خیالی مطرح می شود. به این ترتیب بسیاری از هنرمندان تمایل دارند تا از این ماده در کارهای خود استفاده نمایند.

۳-۴ - کاربرد بلوک های سو گذران (نیمه شفاف) در طراحی فضای داخلی

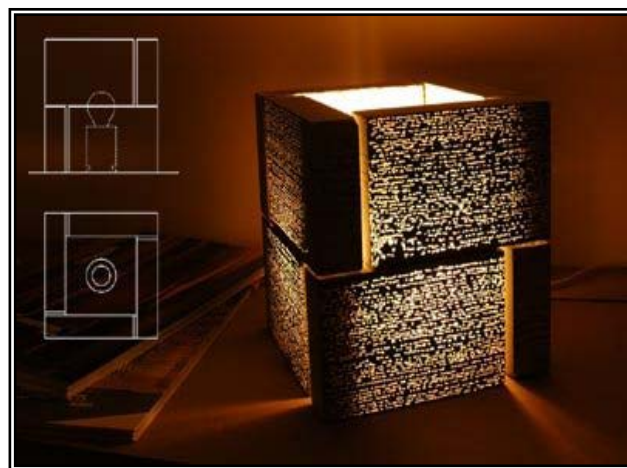
با استفاده از آنها می توان از یک سو دیوار و کف های ساخته شده را با دیگر عناصر و اجزا محیطی منطبق کرده و از سوی دیگر از آن در طراحی تابلوهای راهنما و لامپ تزئینی مکعبی استفاده نمود، بطوریکه با بکارگیری منابع نوری رنگی ، می توان حس مورد نظر را در فضای ایجاد شده بوجود آورد.

۳-۵ - تابلوهای راهنما

از بلوکهای سو گذران (نیمه شفاف) می توان در طراحی تابلوهای راهنما و عناوین شرکت ها استفاده نمود. بطوریکه با حک کردن علامت و یا نام مورد نظر در ابعادی مشخص بر روی آنها و استفاده از یک منبع نوری در پشت آن می توان از شفافیت ایجاد شده بر روی سطح مورد نظر در جلوه دادن به تابلوها استفاده نمود. با روشن کردن لامپ در پشت بلوک عنوان روی آن شفاف گردیده و با خاموش نمودن آن بلوک به رنگ اولیه خود (بتن معمولی) برمی گردد.

۳-۶ - لامپ مکعبی سو گذران (نیمه شفاف)

یکی از محصولات مورد نظر در این راستا لامپ مکعبی سو گذران (نیمه شفاف) و یا (LTC lamp) ، با پهنا و عرض 190 mm و با ارتفاع 202 mm است. وزن این محصول حدود 10 kg بوده و از 4 قطعه بلوک شفاف و یک عدد لامپ در وسط آن تشکیل شده است. که به دلیل شکل هندسی خاص ، قطعات این بلوکها بدون وسایل اتصال دهنده ، تشکیل ساختاری واحد می دهند.



شکل ۵ : نمایی از (LTC lamp)



۴ - نکات اجرایی و مراحل ساخت بتن سازه معماری (بتن سازه ای سو گذران) برای اولین بار در ایران

با توجه به بررسی مروری بر منابع موجود ، سعی و خطاهای لازم در آزمایشگاه شرکت ساختمانی، تولیدی و تحقیقاتی آپتوس ایران آغاز گردید. ماحصل مطالعات و سعی و خطاهای مکرر در چند بند ذیل خلاصه می گردد :

۴-۱- نکات اجرایی و طرح اختلاط

۴-۱-۱- با توجه به نوع ساخت و عملکرد این بتن، تنها گزینه موجود برای بتن ساخته شده، بتن خود متراکم (SCC) نتیجه گیری شد، به دلیل آنکه لرزاندن بتن با فیبرهای داخل بتن سو گذران سازگار نیست و باعث جابجایی فیبرهای نوری می شود.

۴-۱-۲- بتن خودمتراکم مورد نیاز، باید ریز دانه باشد، به دلیل آنکه تراکم بالای الیاف با درشت دانه بودن بتن سازگاری ندارد.

۴-۱-۳- طبیعی است با ریز دانه شدن بتن، باید عیار سیمان نیز بالا رود، به دلیل آنکه سطح ویژه افزایش پیدا می کند.

۴-۱-۴- در انتخاب نوع فیبرهای نوری دقت لازم اعمال شد تا اولاً چگالی فیبرها به چگالی بتن نزدیک باشد تا جسم حاصل، بتن باشد ثانیاً چسبندگی مناسب بین فیبرهای نوری و بتن حفظ گردد.

۴-۱-۵- به علت حفظ چسبندگی مناسب بین فیبر و بتن و جلوگیری از جمع شدگی^۳ کنترل نشده بتن، از مواد افزودنی منبسط کننده^۴ استفاده شد.

۴-۱-۶- با توجه به نیاز به خودمتراکم بودن بتن، ابتدا آزمایشهای قیف V و جعبه U بر روی بتن انجام شد و به علت عدم وجود درشت دانه زیاد (بزرگتر از ۵ میلیمتر) در طرح اختلاط، آزمایشها کاملاً موفقیت آمیز بود و در محدوده بتن خود تراکم قرار گرفت.

۴-۱-۷- با توجه به اینکه هدف زیبایی شناسی مد نظر بوده است، از سیمان بیشتری در بتن استفاده شده است تا کارایی لازم را تامین نماید و نمای بهتری بوجود آورد.

۴-۱-۸- با توجه به نیاز به تامین مقاومت مناسب و جلوگیری از تیرگی بیش از اندازه بتن حاصله ، از ماسه کوارتزی در طرح اختلاط استفاده شده است.

۴-۱-۹- نحوه اختلاط بتن با مخلوط کن اجباری تاوه ای^۱ بوده است.

۴-۱-۱۰- باتوجه به موارد فوق الذکر طرح اختلاط برای یک متر مکعب بتن به صورت زیر بدست آمد که به میزان ۲۰ لیتر ساخته شد:

3. Shrinkage
4. Expander
3- Pan Mixer Force Action



سیمان	آب	ماسه کوارتزی ۵- میلی متر	فوق روان کننده نفتالین سولفوناتی (کد تجاری M20 Farco Plast)	W/C
550 Kg	165 Lit	1750 Kg	8.3 Kg	0.3

۱۱- عمل آوری طبق استاندارد در حوضچه آب واقع در اتاق عمل آوری در دمای استاندارد صورت پذیرفته است.

۱۲- در ساخت نمونه آزمایشگاهی ۱۵×۱۵×۱۵ cm، حدود ۶۰۰۰ (۵۹۷۴ عدد) فیبر نوری استفاده شده است.

۱۳- همچنین نمونه آزمایشگاهی دیگری با تعداد فیبر نوری کمتر (۳۰۰۰ عدد)، مورد سنجش آزمایش مقاومت فشاری با جک بتن شکن قرار گرفت و مقاومت فشاری ۶۳۷ کیلوگرم بر سانتی متر مربع در سن ۲۸ روز حاصل گردید.

۴-۲- مراحل گام به گام ساخت: در مرحله اول یک لایه بتن درون قالب مورد نظر ریخته شده و در مرحله دوم یک لایه فیبر نوری (که هر لایه مجموعه ای از فیبرهای موازی را شامل می شود) روی بتن ریخته شده، قرار می گیرد. پس از آن قالب را تحت فشار مکانیکی ویا ویریه شدن قرار داده تا فیبرها بطور کامل درون بتن و در عمق مشخصی جاسازی شوند. مراحل اول تا سوم را به صورت منظم تکرار کرده تا قالب از بتن و مجموعه ای از لایه های فیبری پر شده و پس از مدتی تبدیل به ماده ای سخت و همگن شود. پس از باز کردن قالبها نیز عمل آوری بواسطه ی رطوبت صورت می پذیرد که زمان عمل آوری بر حسب استفاده از مواد مضاف یا پوزولان ها متفاوت می باشد.

همانطور که در بخش تئوری نیز ذکر گردید، بکارگیری فیبر نوری در کنار ملات ماسه سیمان صرفاً ارزش زیبا شناختی کنتراست نور و بتن را در دیدگان تداعی می کند؛ بطوریکه ما در ساخت بتن سازه معماری (بتن سازه ای شفاف) سعی بر آن داشتیم این زیبایی حاصل از تضاد بتن و نور را در سازه نیز متبلور نماییم بگونه ای که میلگردها بعنوان اعضای کششی در جسم وجود دارند ولی فیبرهای نوری- که خود نیز مقاومت کششی متوسطی داشته و می توانند از تعداد میلگردها نیز بکاهند، بصورت دور پیچ اطراف میلگرد باعث عبور نور از سازه ی بتنی شده و همچنین با توجه به بسته بودن میلگردها در جای مناسب فیبر ها نیز جایگاه خود را پیدا کرده و عملکرد دو منظوره خود را اعمال می سازد.

در این طرح با سعی و خطا، انواع فیبرهای نوری ابتدا در قطعات مکعبی ۱۵×۱۵×۱۵ سانتیمتری بتنی جاسازی نمودیم و در درجه اول بر روی عملکرد انتقال نور بر حسب فیبر های نوری متفاوت، در درجه دوم پیوستگی فیبرها با بتن از لحاظ یکپارچگی جسم، در درجه سوم از نظر هم چگال بودن جسم مرکب، با توجه به اینکه جسم ما در ذات بتنی است، بنابر این چگالی بتن قابل تغییر نیست و در محدوده ی مشخص خود باید ثابت بماند، لذا بر اساس مطالعات انجام شده بر روی فیبر های نوری مختلف pixel transmit end glow، side glow، و انواع تک رشته ای پلاستیکی از ۰/۵ تا ۲/۵ میلیمتر و شیشه ای ۳۰ تا ۱۰۰ میکرون که در این بین، نوع پلاستیکی به ۳ منظور ترجیح داده شده یکی چگالی نزدیک به بتن، دیگری پیوستگی مناسب آن با بتن و از موارد قبل مهمتر اینکه به عنوان دور پیچ میلگردها تنها گزینه مورد قبول بود. حال با استفاده از فیبر های تک رشته ای پلاستیکی از نظر تئوری قابل قبول می نمود، ولی از نقطه نظر اجرایی چیدمان چندین هزار ر فیبر نوری در یک قالب مکعبی ۱۵×۱۵×۱۵ سانتیمتری و یا چند صد هزار فیبر نوری در یک قطعه ی برابر بتنی تقریباً غیر ممکن می نمود لذا از فیبر های چند رشته ای استفاده شد. قابل ذکر است فیبر های چند رشته ای با حالت های ۳۲، ۶۴، ۱۲۸، ۲۵۶، ۵۱۲ رشته



موجود می باشد. در درجه چهارم یکپارچگی شکست نمونه در زیر بار ، بطوریکه شکست نمونه از محل اتصالات هزاران فیبر نوری با بتن انجام نپذیرد و شکست از مقطع بتن و فیبر مرکب صورت گیرد. در درجه پنجم طرح اختلاط بهینه بتنی که ضمن دارا بودن مقاومت فشاری مناسب ، بعلت محدودیت بازه دانه بندی سنگدانه های مصرفی و تأمین مقاومت لازم با افزودن افزودنی های مناسب که در نهایت با بهره گیری از سنگدانه های با منشأ کوارتزی ، میکروسیلیس و فوق روانساز توانستیم این جسم مرکب را ایجاد نماییم.

در شکل بتن شفاف که توسط نگارندگان مقاله بر اساس الگوی ارائه شده در این بخش ساخته شده ، نشان داده شده است :



شکل ۶ : بتن شفاف با بهره گیری از فیبرهای نوری

۵ - نتیجه گیری

امروزه بتن به عنوان مولفه ای بسیار مهم در توسعه پایدار کشورها به شمار می آید و با گذشت سالها از پیدایش و کاربرد آن بصورت کنونی دستخوش تحولات و پیشرفت های اساسی شده است بطوریکه در هر فعالیت عمرانی حضور چشمگیر داشته و به عنوان آشنا ترین مصالح ساختمانی با بیشترین مصرف به شمار می رود. اگر چه حفظ محیط زیست و پایداری به عنوان دو ویژگی مهم سبب شده که بتن به عنوان ماده اولیه احداث ساختمانها در نظر گرفته شود ، اما تحقیقات و بررسیهای اخیر نشان داده است که از ویژگیهای دیگر این ماده پر کاربرد نیز می توان استفاده نمود. در حال حاضر طیف متنوعی از فراورده های تزئینی بتن ابداع و به بازار عرضه شده است بطوریکه بسیاری از معماران و هنرمندان از آن به عنوان ابزاری جهت خلق زیبایی در آثارشان بهره جسته اند ، با توجه به پیشرفتهای سریع و روز افزون در سالهای اخیر، به نظر می رسد در سالهای آینده شاهد استفاده گسترده تری از قابلیت های بتن در عرصه معماری باشیم.



۶ - تشکر و قدردانی

بدینوسیله از شرکت ساختمانی، تولیدی و تحقیقاتی آپتوس ایران به جهت همکاری صمیمانه در ساخت این نوع قطعات بتنی، به ویژه آقای مهدی نوفلاح در آزمایشگاه بتن و آقای جواد میرزایی و همچنین آقای مهندس موسی کلهری به جهت همیاری در ساخت بتن خودمترکم و آقای رضا صانعی فرد برای تامین فیبرهای نوری نهایت تقدیر و تشکر را دارم.

۷ - مراجع

- [1] Matério, Material World 2: Innovative Materials for Architecture and Design, , Jan 1, 2006
- [2] Jean-Louis Cohen and G. Martin Moelle, Liquid Stone: New Architecture in concrete, july 1, 2006
- [3] Manfred Hegger, Costruction Materials Manual, , Volker Auch- Schwelk, Matthias Fuchs, and Thorsten Rosenkranz, Construction Materials Manual, Sep 1,2006
- [4] Detail Practice: Building with Concrete (Detail Practice), 2006
- [5] Nan Ellin, Integral Urbanism, 28 july, 2006
- [6] Science News, Volume 167, No. 1, January 1, 2005
- [7] "Coverstory", architech magazine, March-April 2005
- [8] Book based on new Architecture in Concrete Symposium essays, Princeton Architectural Press, 2004
- [9] Wong,G.Sam,et al.Portland Cement Concrete Rheology and Workability,Final,U.S Department of Transportation, April 2001.
B.Chamberlain, Concrete: A material for the new stone age , University of Illinois, 1995, [10]
[11]Science News, Volume 167, No. 1, January 1, 2005
- [12] پروفسور مهتا ، پروفسور مونته ئیرو، تکنولوژی بتن پیشرفته ، ترجمه دکتر علی اکبر رضانیانپور، دکتر پرویز قدوسی ، دکتر اسماعیل گنجیان،انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر،۱۳۸۳
- [13] پروفسور نویل ، خواص بتن ، ترجمه دکتر هرمز فامیلی ، بازنگری چهارم ، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ،۱۳۷۸
- [14] پروفسور نویل ، تکنولوژی بتن ، ترجمه دکتر علی اکبر رضانیانپور ، دکتر محمد رضا شاه نظری ، انتشارات علم و صنعت ،۱۱۰، چاپ سیزدهم،۱۳۸۴
- [15] دکتر داوود مستوفی نژاد ، تکنولوژی و طرح اختلاط بتن ، انتشارات ارکان،چاپ هشتم،۱۳۸۳
- [16] جی.آر.کرتیس ، ویلیام،ترجمه مرتضی گودرزی ،معماری مدرن از ۱۹۰۰،سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت) ، ۱۳۸۲
- [17] گیدیبون ، زیگفرد،ترجمه منوچهرمزینی،فضا،زمان و معماری،شرکت انتشارات علمی فرهنگی ،۱۳۸۱