

معماری با مصالح کاغذی؛ اجرای بناهای موقت پس از سانحه

محسن سرتیپی پور *

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۸۹/۱۱/۰۸

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۹۰/۰۳/۲۹

چکیده

عوارض نامطلوب آوارگی و بی‌خانمانی ناشی از سوانح غیرمترقبه، جستجوی شیوه‌های سریع و مناسب اسکان در شرایط اضطرار و موقت را به یکی از مهم‌ترین مراحل بازسازی مبدل نموده است.

هرچند اسکان موقت دوره‌ای کوتاه از مدت زمان بازسازی تا استقرار دائم (این دوره معمولاً تا زمان آماده شدن مسکن دائم چندین ماه و گاه تا یک و دو سال را شامل می‌شود) و اسکان اضطرار دوره‌ای به مراتب کوتاه‌تر از آن را شامل می‌شود اما غفلت از کیفیت زندگی سانحه دیدگان در این دو مرحله می‌تواند عواقب نامطلوب و گاه جبران ناپذیری بر آسیب دیدگان داشته باشد.

توجه به کیفیت فضای کالبدی به‌عنوان بستر زندگی و ارتقاء کیفیت آن خصوصاً برای سانحه‌دیدگان که گرفتار آلام و صدمات ناشی از سانحه می‌باشند موضوعی است که به‌صورت جدی در معماری بازسازی باید مورد توجه قرار گیرد. از این منظر فضای سکونت اضطراری و موقت باید به‌گونه‌ای طراحی و آماده شود که ضمن حفاظت مردم از شرایط متغیر محیط طبیعی مانند گرما، سرما، باد، ریزش‌های جوی و مانند آن ضامن حداقل شرایط آسایش و راحتی آن‌ها نیز باشد. از چنین دیدگاهی تحقق شرایط بهینه سکونت، در تمام مراحل معماری بازسازی، امتیازی ویژه در موفقیت آن محسوب می‌شود.

این مقاله در پی آن است تا ضمن معرفی قابلیت‌های معماری با کاغذ کیفیت‌های مناسب آن در ایجاد فضای موقت سکونت و تجارب و شیوه‌های استفاده از کاغذ در اسکان سانحه دیدگان را مورد بررسی قرار دهد. به همین دلیل بخش اول به مقدمه‌ای راجع به ضرورت روی‌آوری به مصالح جدید، معرفی و شناخت کاغذ، خواص و نحوه تولید آن اختصاص دارد. بخش دوم تجارب کاربرد کاغذ در ساختمان و معماری، و مصداق‌های موفق در این زمینه را مورد توجه قرار می‌دهد. در بخش سوم تجارب به‌کارگیری کاغذ در بازسازی پس از سوانح همچنین تجربه ایران در این زمینه مورد توجه قرار می‌گیرد و بالاخره قسمت پایانی به جمع‌بندی قابلیت‌ها و امکان استفاده از آن در ساختمان و چشم انداز آتی به‌کارگیری و نقشی که در معماری ایفا خواهد نمود، اختصاص یافته است.

واژگان کلیدی: سانحه، بازسازی، مصالح کاغذی، اسکان اضطرار، اسکان موقت.

* دانشیار گروه آموزشی معماری دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی.

- این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی زیست بوم و مصالح ساختمانی؛ و بررسی و ارزیابی اسناد و گزارشات موجود در زمینه تأمین فضاهای اسکان موقت زلزله‌های ۱۳۶۹ منجیل و رودبار، و ۱۳۸۴ بم همچنین تجارب کشورهای دیگر در این زمینه تهیه شده است.

مقدمه

افزایش و جابه‌جایی‌های گسترده جمعیت شهری و روستایی، توسعه اقدامات عمرانی؛ وقوع جنگها و سوانح غیرمترقبه نیاز به ساختمان و مسکن را روز به روز بیشتر نموده است. تأمین حجم انبوه تقاضای مسکن و توسعه ساخت و سازها، برداشت بی رویه از منابع زمین را به دنبال داشته و در پی آن آسیب‌های جبران ناپذیری متوجه محیط زیست شده است. شرایط موجود باعث شده تا "توسعه پایدار" هدف و راهبرد اصلی برنامه‌های توسعه کشورها در هزاره سوم تمدن انسانی قرار گیرد و نیل به آن شرط لازم برای تداوم بقاء در کره زمین محسوب شود. چنین نگرشی در ساختمان و معماری؛ به‌کارگیری و استفاده از مصالح را مشروط به شناخت درست خواص آشکار (قابلیت‌های فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی، و...) و پنهان آن‌ها، توجیه ارزش اقتصادی در مرحله تولید و به‌کارگیری، آسیب نرساندن به محیط زیست و قابلیت بازیافت و سهولت آن می‌نماید. این مسئله خصوصاً هنگام بروز سوانح و شرایط اضطرار که نیاز به اسکان سریع سانحه دیدگان اهمیت دارد ضرورت بیشتری پیدا می‌کند. جستجوی راه‌ها و شیوه‌های نوین و کارآمد طراحی و اجرا برای اسکان اضطرار و موقت در تمامی کشورهایی که با خطر سانحه مواجه‌اند موضوعی است که نیازمند ابتکار و خلاقیت است. در چنین حالتی استفاده از فناوری‌هایی که قابلیت برپایی سریع و عادی‌تر نمودن شرایط زندگی را داشته باشند بسیار راهگشاست. به همین دلیل تکنولوژی و مصالح ساختمانی که ارزان، ساده، دوستدار محیط زیست، قابل بازیافت و به سرعت قابل برپا و اجرا شدن باشند؛ برای اسکان مردم یا احداث فضاهای عمومی مانند مدرسه، مسجد، دفاتر اداری و مانند آن اهمیت زیادی در برقراری شرایط عادی در مناطق سانحه دیده دارند.

اما به‌رغم تمام ابتکارات و طرح‌های ارائه شده در مقوله اسکان پس از سانحه، پیشرفت انجام شده در فناوری‌های این بخش در مقایسه با دیگر موضوع‌های بازسازی پس از سانحه اندک بوده است. به‌نظر می‌رسد فضاهای اسکان موقتی که قابلیت حمل و نقل و استقرار سریع داشته و بتواند در شرایط مختلف مورد استفاده قرار گیرد و در روند عادی شدن زندگی سانحه دیدگان تأثیر مثبت بگذارد هنوز در مراحل ابتدایی راه خود قرار دارد. در چنین حالتی کشف خواص آشکار و پنهان مواد و مصالح در به‌کارگیری و استفاده بهینه از آن‌ها موضوعی مهم محسوب می‌شود. در این میان موادی که قابلیت سازه‌ای مناسب؛ سهولت تولید، راحتی نصب و جزئیات اجرایی ساده داشته باشند و با محیط زیست، اقلیم و آب و هوا هماهنگ و همساز باشند در اولویت قرار می‌گیرند. تجارب اخیر نشان داده کاغذ که ماده‌ای به‌ظاهر ضعیف و ناپایدار است از قابلیت‌های ذاتی مناسب برای کاربرد به‌صورت سازه‌ای و غیرسازه‌ای برخوردار است که می‌تواند پاسخگوی بخشی از تقاضای مورد نیاز در ساختمان و معماری خصوصاً احداث فضاهای موقت پس از سانحه باشد.

آیا به‌کارگیری کاغذ به‌صورت مصالح سازه‌ای در ساختمان و معماری امکان‌پذیر است؟
فناوری‌های نوین به‌کارگیری کاغذ چه ویژگی‌هایی از خواص پنهان آن را آشکار نموده است؟
آیا مصداق‌های موفقی از به‌کارگیری کاغذ در معماری بازسازی می‌توان معرفی نمود؟

روش تحقیق

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی زیست بوم و مصالح ساختمانی؛ و تجارب نگارنده در بازسازی اسکان موقت زلزله ۱۳۶۹ منجیل و رودبار، همچنین

ساختن کاغذ، چوب درختان به کمک دستگاه‌های ویژه به صورت تراشه در می‌آید، سپس تراشه‌های کوچک چوب با روش شیمیایی و کمک یکی از سه ماده سود، سولفات یا سولفیت و مقادیر زیادی آب داغ تحت فشار که لیگنین^۳ را حل می‌کند به خمیری از رشته‌های سلولزی تبدیل می‌شود. این خمیر روی توری فلزی ریخته می‌شود تا آب اضافی آن خارج شود. در مرحله بعد آن را از میان نوردهای آهنی عبور داده تا فشرده و آب درون آن کاملاً خارج و به صورت ورقه درآید. سطح این ورق با گذشتن از لابه‌لای غلطکهای داغ صاف و خشک شده و به صورت کاغذ در می‌آید. (جهان لیبیاری، ۱۳۷۳) کاغذی که طی این فرایند به دست می‌آید پس از بررسی ضخامت، میزان رطوبت، تراکم و تخلخل؛ در صورت تأیید کیفیت، برش خورده و به بازار عرضه می‌شود. برای تهیه کاغذ از روش‌های ترمو مکانیکی و مکانیکی که طی آن چوب خرد و با بخار و گرما (ترمو مکانیکی) یا آسیاب‌های غلتان (مکانیکی) به صورت رشته‌ای و الیافی در می‌آید استفاده می‌شود. در این روش ها به دلیل جدا نکردن لیگنین محصول تولیدی بالاست اما کیفیت کاغذ به دست آمده زرد رنگ و ترد و شکننده است. (تصویر ۱)

دما و رطوبت از عوامل مهمی هستند که اگر از حد معینی فراتر روند (دمای بهینه ۱۸ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۵۵-۵۰٪) کاغذ را آسیب پذیر می‌نمایند. کاغذ اصولاً ماده‌ای جاذب رطوبت است که دوام و خواص آن تحت تأثیر رطوبت تغییرات بسیاری خواهد داشت. در تماس با حرارت و رطوبت ممکن است هیدرولیز و اکسیده شود و در چنین حالتی بسیار شکننده و رنگ آن زرد می‌شود. رطوبت نسبی بالاتر از ۶۵٪ باعث رشد و گسترش میکرو ارگانیسم ها در آن شده و کاغذ را آسیب پذیر می‌نماید. بیشتر موادی که در

مشاهدات انجام شده در اسکان موقت و تأمین فضاهای عمومی زلزله ۱۳۸۴ بم است. مرور و بررسی اسناد و گزارشات شیوه‌های اسکان موقت پس از سوانح در کشورهای دیگر از جمله ژاپن، رواندا، ترکیه و هند از دیگر منابعی است که برای تهیه مقاله از آن‌ها استفاده شده است. بنابراین شیوه تحقیق متکی است بر تجارب میدانی و مبتنی بر روش توصیفی - تحلیلی اسناد مکتوب، کتابخانه‌ای و جمع آوری شده که پس از جمع‌بندی، در قالب مقاله پیش روی ارائه شده است.

کاغذ چگونه ماده‌ای است؟

واژه کاغذ از لغت چینی "کاکتز" اخذ شده و به ورق نازک همواری که از سلولز^۱ ساخته شده اطلاق می‌شود. ریشه واژه انگلیسی پی پر^۲ نیز از کلمه پایپروس که در اصل واژه‌ای یونانی است، گرفته شده است. معادل واژه کاغذ در عربی، ورق و صحیفه است. کاغذ ماده‌ای است که بشر از گذشته دور آن را می‌شناخته و بر اساس باور عمومی ماده ضعیف و ناپایداری است که صرفاً برای نوشتن یا در صنایع بسته بندی استفاده می‌شود در حالی که با نگرش جدید می‌توان بسیاری از قابلیت‌های مورد انتظار ساختمانی را در آن مشاهده نمود.

هر چند تاریخچه استفاده از کاغذ نشان می‌دهد برخی تمدن‌ها کاربردی فراتر از استفاده‌های معمول از آن داشته‌اند اما هیچگاه به‌عنوان ماده ساختمانی از آن استفاده ننموده‌اند. نزدیک ترین کاربرد ساختمانی اما غیر سازه‌ای کاغذ در امپراتوری چین بود که به جای شیشه پنجره و گاه با رنگ یا کاغذبری‌های رنگین به‌کار می‌رفت (ذکاء، ۱۳۷۹) و آخرین کاربرد کاغذ در ساختمان قبل از تجارب اخیر استفاده از آن برای پوشش فضاهای داخلی به‌صورت کاغذ دیواری بوده است.

چوب درختان مقدار زیادی سلولز دارد به همین دلیل در صنعت کاغذسازی از چوب استفاده می‌شود. برای

می‌تواند به صرفه جویی ۵۰٪ مصرف آب، ۶۴٪ مصرف انرژی برق، و کاهش ۷۴٪ آلودگی محیط زیست در صنعت کاغذسازی منجر شود.



"ت ۱" دستگاه‌های تبدیل خمیر چوب به رول های کاغذ.

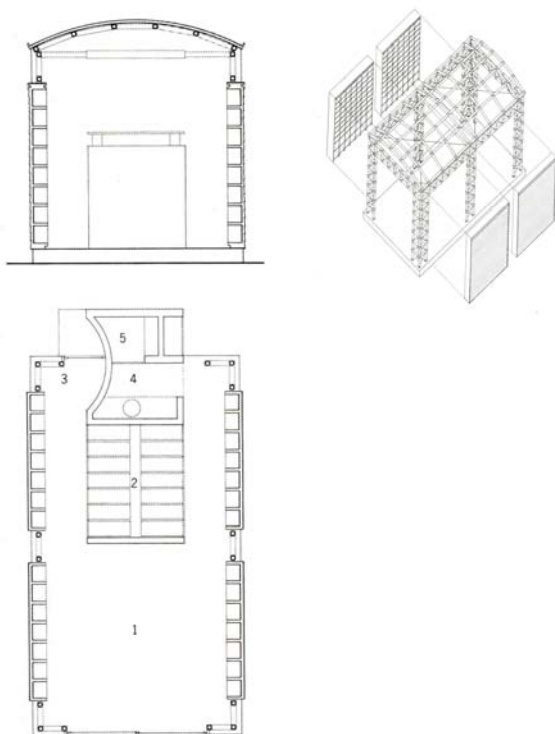
به کارگیری کاغذ در ساختمان و معماری

دو دهه اخیر شاهد دستاوردهای قابل توجهی در زمینه رشد و توسعه کاربرد کاغذ برای ساخت لوازم و اثاثیه تا احداث سازه‌های موقت و دائم ساختمانی مانند مسکن و سالن‌های نمایشگاه بوده است. چنین گسترشی مرهون قابلیت کاغذ برای ایجاد فرمهای خاص، مواد اولیه، افزودنی‌های جدید و امکاناتی است که فناوری‌های نوین تولید به وجود آورده است. اشکال و مقاطع هندسی کاغذ به صورت لوله، صفحات تا شده^۵ شبکه‌های لانه زنبوری^۶ و پوسته^۷ (غشاء) این قابلیت را پیدا می‌نمایند تا آن‌ها را

ترکیبات کاغذ به کار می‌روند، نور خورشید را جذب می‌کنند. واکنش‌های فتوشیمیایی رنگ آن را تغییر داده و باعث تخریب و تجزیه آن می‌شود. در حال حاضر برای بالا بردن کیفیت تولید کاغذ؛ متناسب با استفاده، افزودنی‌های مختلفی به خمیر آن اضافه می‌شود. مثلاً برای این که کاغذ سطح صاف‌تری داشته باشد و آب زیادی به خود نگیرد، نشاسته یا رزین به دست آمده از درخت کاج، و برای بالا بردن استحکام و تهیه کاغذهایی که در برابر آب و باران مقاوم باشند الیاف‌هایی مانند پنبه به مواد اولیه آن اضافه می‌شود. همچنین در کنار الیاف سلولزی فیلرهایی مانند گچ و خاک رس چینی (کائولین) جهت بالا بردن کیفیت کاغذ استفاده می‌شود. با بهره‌گیری از افزودنی‌های دیگر می‌توان کاغذهای ویژه مانند صافی (فیلتر)، کرافت^۸، نقاشی، خوش‌نویسی، دستمال و کاغذ دست‌شویی و انواع گونه‌های دیگر به دست آورد. با امکاناتی که تکنولوژی جدید در اختیار ما گذاشته در صنعت ساختمان با کمک مواد پلاستیکی به راحتی می‌توان کاغذ را در برابر رطوبت عایق نمود و با اضافه نمودن رزین‌های مصنوعی به مواد اولیه مقاومت کششی و فشاری آن را بالا برد. به طور کلی ویژگی‌های کاغذ در ابعاد فیزیکی (شامل ضخامت، رنگ، نورگذرانی، چگالی، وزن)، مکانیکی (شامل مقاومت کششی، مقاومت در برابر پاره شدن و تا خوردن و ...) و شیمیایی (شامل PH، افزودنی‌ها و ...) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با توجه به اینکه تهیه کاغذ با استفاده از تنه و چوب درختان است به منظور پیشگیری از کاهش سطح جنگلها و افزایش آلودگی هوا استفاده درست و بازیافت کاغذ می‌تواند اثرات مثبتی بر حفظ و پاسداری از محیط زیست داشته باشد. با توجه به اینکه برای تولید هر تن کاغذ؛ ۱۷-۱۵ اصله درخت قطع و در این فرایند مقادیر زیادی آب و برق مصرف می‌شود، تولید هر تن کاغذ بازیافتی

اولین بنای موقت با استفاده از لوله‌های کاغذی^۹ که حدود شش ماه مورد استفاده قرار گرفت سالنی است که در نمایشگاه بین المللی ۱۹۸۹ ناگویای^{۱۰} ژاپن اجرا گردید.^{۱۱} پس از اتمام نمایشگاه، لوله‌ها جدا و مقاومت آن‌ها مورد آزمایش قرار گرفت. آزمایش‌های صورت گرفته روی لوله‌ها نشان داد به‌رغم مجاورت آن‌ها با آب و هوای نامناسب؛ و قرار گرفتن در برابر رطوبت و اشعه ماورای بنفش آفتاب، کیفیت آن‌ها تغییر نکرده و حتی به‌علت سخت شدن چسب مورد استفاده در لوله‌ها مقاومت فشاری آن‌ها افزایش یافته بود. سه سال پس از این تجربه لوله‌های کاغذی برای طرح و اجرای کتابخانه کوچک و دائمی متعلق به یک شاعر به‌کار گرفته شد. (تصویر ۳)

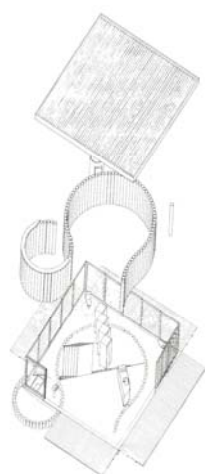
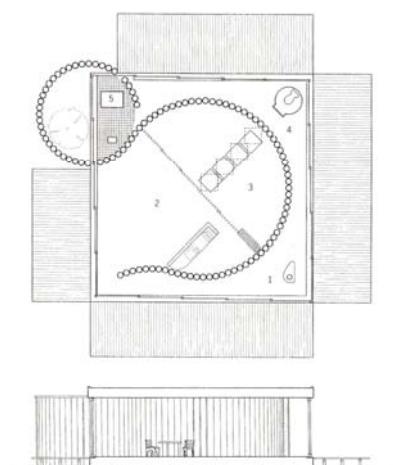


ت ۳" پلان (۱. کتابخانه ۲. قفسه‌های قابل حرکت کتاب ورودی ۳. آشپزخانه ۴. انبار)، مقطع، تصویر سه بعدی کتابخانه.

در ایجاد فضاهای معماری به‌کار گرفت. امکان به‌وجود آوردن مقاطع هندسی با مقاومت بالا و جرم اندک زمینه به‌کارگیری آن در ایجاد فضاهای معماری را فراهم می‌نماید. با توجه به اینکه ماده اصلی تشکیل دهنده کاغذ سلولز حاصل از چوب است، کیفیت و خواص فنی آن مشابه انواع چوب می‌باشد و بخش عمده‌ای از خواص چوب در کاغذ مستتر است. مقاطع لوله‌ای که مشابه خانه‌های چوبی گردبینه‌ای است^{۱۲} یکی از مقاوم‌ترین اشکال هندسی برای استفاده سازه‌ای در ساختمان معماری است. فرم و شکل استفاده از کاغذ در ساختمان نیز می‌تواند مشابه فرم و شکل خانه‌های چوبی باشد. چنانچه ورق‌های کاغذ به‌صورت نوار بریده، آغشته به چسب و به‌صورت مارپیچی (حلزونی) دور میله‌های گرد پیچیده شوند، لوله کاغذی با مقطعی مشابه تنه درخت ساخته می‌شود. (تصویر ۲) لوله‌های کاغذ براساس عملکرد مورد انتظار می‌توانند با قطر، ضخامت و طول‌های مختلف تولید شوند. امکان خمیر کردن مجدد و بازیافت کاغذ این قابلیت را به‌وجود می‌آورد که آن‌ها را بارها مورد استفاده قرار داد. ارزانی، سهولت تعویض، فناوری ساده، پایداری رنگ طبیعی که با کمک افزودنی‌های جدید امکان پذیر شده و نداشتن ضایعات و زباله مزیت این لوله‌ها را بیشتر می‌نماید.



ت ۲" دستگاه تبدیل ورق کاغذ به لوله‌های کاغذی



"ت ۵" پلان (۱. ورودی ۲. نشیمن - پذیرایی - آشپزخانه ۳. خواب ۴. راهرو ۵. حمام)، مقطع و تصویر ایزومتریک

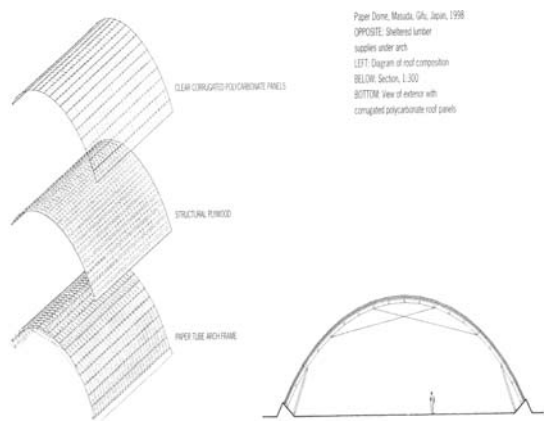
فضای بیرونی شامل باغچه‌ای کوچک با حوض آب بود که با استفاده از ۳۴ لوله ایجاد شد. پلان گرد فضای داخلی خانه و فضای ارتباط با بیرون با ۷۴ لوله اجرا شد. (تصویر ۶) محل تماس ستونهای لوله ای با یکدیگر توسط رزین مخصوص و شفافی درزبندی شده بود که ضمن عایق شدن، نفوذ نور به داخل را امکان پذیر می کرد. فضای یکپارچه و بزرگ درون امکان تقسیم آن به واحدهای کوچک مطابق با ساختار خانه‌های سنتی

این کتابخانه از لوله‌های کاغذی به قطر ۱۰ سانتی متر و ضخامت ۱۲/۵ میلی متر ساخته شد. برای اتصال لوله‌ها به فنداسیون از قطعات چوب به قطر ۱۰ سانتی متر که بخشی از آن درون لوله قرار می گرفت استفاده شد. در دو طرف طول کتابخانه، قفسه‌های نگهداری کتاب از همین لوله‌ها به کار گرفته شد تا ضمن نگهداری کتاب‌ها با کمک وزن آن‌ها مقاومت در برابر نیروی باد افزایش یابد. (تصویر ۴) در مرحله ساخت و تهیه لوله‌ها تمهیداتی برای افزایش خواص عایق شدن در برابر رطوبت و حرارت صورت گرفت. دو سال پس از اجرای این پروژه لوله‌های کاغذی در آیین‌نامه استانداردهای ژاپن مجاز گردید. (16, shigeru ban, 2003)



"ت ۴" فضای داخلی کتابخانه.

پس از آن لوله‌های کاغذی در سال ۱۹۹۵ برای احداث ویلایی مسکونی مشرف به دریاچه بزرگی در نزدیکی کوهستانهای مرتفع فوجی ژاپن مورد استفاده قرار گرفت. پلان S شکل واحد مسکونی مرکب از ۱۰۸ لوله بود که مساحتی در حدود ۱۰۰ مترمربع را دربر می گرفت. (تصویر ۵) لوله‌ها به وسیله اتصالات چوبی صلیبی به پاشنه ستون ها و فنداسیون متصل می گردید و بار اصلی توسط ۹ ستون لوله‌ای تحمل می شد. (26, shigeru ban, 2003)



"ت ۷" مقطع و نحوه قرار گرفتن سه لایه تشکیل دهنده سقف روی یکدیگر (لوله‌های کاغذی، هفت لایه و لایه پلی کربنات).

سیستم سازه و شیوه مونتاژ لوله‌ها و اجرای طاق به قدری ساده بود که کارگران شاغل در کارگاه، آن را بر پا نمودند. به دلیل اینکه امکان خم کردن لوله‌های کاغذی به صورت منحنی وجود نداشت هر قوس از ۱۸ قطعه لوله کاغذی به طول ۱/۸ متر و قطر ۲۹ سانتی متر که با اتصالات چوبی لمینیت^{۱۳} به هم متصل می‌شد اجرا می‌گردید. حداکثر خیز قوس از رأس تا کف کارگاه ۸ متر بود و روی آن‌ها پوشش بام در سه لایه قرار می‌گرفت. قاب‌های منحنی در محور طولی طاق با لوله‌های فرعی به طول ۹۰ سانتی متر و ۱۴ سانتی متر قطر بهم وصل می‌شدند. لوله‌ها قبل از نصب با رزین مخصوص پلی یورتان آب بندی می‌شد. به منظور استحکام سازه قوس‌ها در برابر نیروهای جانبی پوشش سقف با لایه‌ای از تخته چند لایه که روی قاب‌ها قرار می‌گرفت و به صورت دیافراگم عمل می‌نمود یکپارچه شد. (50, shigeru ban, 2003) سوراخهایی به قطر ۵۰ سانتی متر در تخته‌ها تعبیه شده بود تا امکان ورود نور طبیعی از سقف به فضای درونی میسر شود. (تصویر ۸)

ژاپن را فراهم می‌نمود. فضاهای خواب، آشپزخانه، غذاخوری و نشیمن با استفاده از پانل‌های متحرک جدا می‌شد و فضای خواب با استفاده از کمدهای متحرک به اجزای کوچکتری تقسیم می‌شد. در فصل گرما از طریق باز کردن درهای شیشه‌ای بین محوطه بزرگ نشیمن و تراس جریان هوای بین درون و بیرون برقرار می‌گردید و کوران ایجاد می‌شد.^{۱۲}



"ت ۶" فضای نشیمن، غذاخوری.

پروژه‌ای که قابلیت‌های کاغذ را به میزان بسیار بیشتر در محک آزمایش قرار داد استفاده از آن در ساخت سازه‌های با دهانه وسیع بود. این سازه طاقی شکل با دهانه حدود ۲۸ متر از لوله‌های کاغذی در اقلیمی سرد و برفی در سال ۱۹۹۸ ساخته شد. این بنا برای کارگاهی تهیه شد که در آن خانه‌های پیش ساخته تولید می‌گردید. (تصویر ۷)



"ت ۸" نحوه اتصال لوله‌ها و شکل‌گیری قاب اصلی که پوشش آن با قرار گرفتن تخته‌های هفت لایه اجرا شده است.

را برای اسکان اضطراری و تأمین مسکن موقت گروهی از پناهندگان رواندایی^{۱۶} (قربانی نسل‌کشی در تانزانیا و زئیر) به‌کار گرفتند. چنین تصمیمی از طریق ارزیابی قابلیت مصالح دیگری مانند چوب، بامبو، آلومینیوم و پلاستیک انجام شد و پس از بررسی‌های کارشناسانه گزینه استفاده از لوله‌های کاغذی با پوششی از پلاستیک برای احداث سرپناه‌هایی به ابعاد ۶ × ۴ متر انتخاب گردید. مهم‌ترین دلایل انتخاب لوله‌های کاغذی عبارت بودند از:

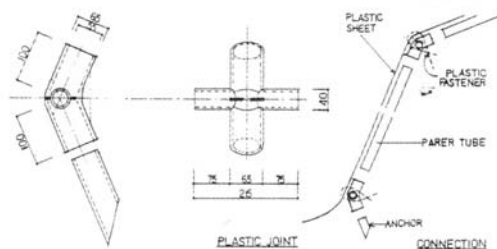
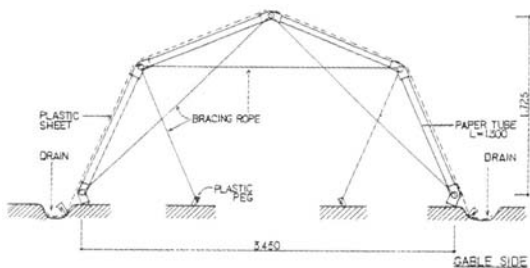
۱- پیشگیری از تخریب جنگل‌های محلی توسط پناه‌جویان که چوب را برای ساخت اسکلت ساختمان به‌کار می‌گرفتند.

۲- امکان تولید در محل، قیمت پایین، سرعت نصب، کاهش هزینه حمل و نقل؛ کاهش زباله و ضایعات ساختمانی. لوله‌های کاغذی در ساخت چادرهایی با قاب دوزنقه‌ای اولین بار در احداث سرپناه اضطراری پناهندگان رواندایی به‌کار گرفته شد. روی این قابها غشای چادری پلاستیکی کشیده می‌شد و انتهای سه گوش قاب با طناب به میخ‌های چوبی که در زمین کوبیده شده بود بسته می‌شد. (تصویر ۹)

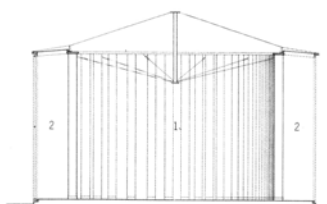
تخته‌های چند لایه با پوششی از ورق‌های موج‌دار پلی‌کربنات حفاظت می‌شد. برای مقابله با بارهای دینامیکی (مثلاً تجمع برف روی سقف و حرکت آن به پایین) از کابل‌های کششی فولادی و بادبند‌های اضافی کمک گرفته شده بود. با وجود اینکه کاربرد لوله‌های کاغذی به‌عنوان مصالح سازه‌ای دارای مجوز رسمی بود به‌دلیل بزرگی دهانه، مقامات و مسئولین محلی مجدداً اطلاعات مربوط به آزمایش اتصالات کاغذ و چوب را درخواست نمودند و پس از اطمینان از مقاومت سازه، اتصال قطعات و قابلیت رفتار هماهنگ چوب و کاغذ مجوز اجرای آن را تأیید نمودند.

کاربرد کاغذ در ساخت سرپناه موقت پس از سانحه

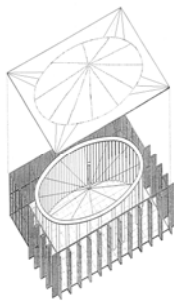
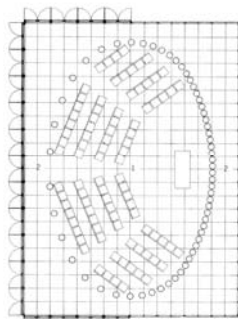
تجارب به‌دست آمده در زمینه معماری با کاغذ، قابلیت پیش‌سازی آن، سرعت نصب، و امکان جداسازی مجدد قطعات و امکانات و ابزار ساده ساخت لوله‌ها ایده به‌کارگیری این فناوری برای تأمین سرپناه اضطراری و موقت پس از بلایا و سوانح را به‌وجود آورد. در سال ۱۹۹۹ دفتر کمیساریای عالی پناهندگان سازمان ملل متحد^{۱۴} و سازمان پزشکان بدون مرز^{۱۵} لوله‌های کاغذی



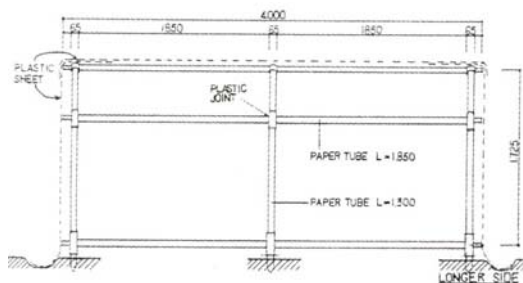
برای تأمین مسکن موقت و کلیسای موقت مهاجرین
ویتنامی مورد استفاده قرار گرفت. (تصویر ۱۰)



1 Hall
2 Corridor



"۱۰" پلان، مقطع و تصویر



"۹" سرپناه اضطراری با سازه کاغذی برای پناهندگان
آفریقایی و جزئیات اجرایی قاب لوله کاغذی در مرحله
اسکان اضطرار.

آموزش نحوه کار با ماشین آلات و امکان تولید لوله‌ها
در محل به کارشناسان مجری در مرکز تدارکات پزشکان
بدون مرز در بوردو^{۱۷} فرانسه انجام گردید^{۱۸} اما زلزله‌های
بزرگ کوبه ژاپن (۱۹۹۵)، کاینالسی ترکیه (۱۹۹۹) و باهاج
هند (۲۰۰۱) بیشترین نقش را در معرفی قابلیت کاربرد
کاغذ در معماری پس از سانحه ایفا نموده‌اند.
(30,shigeru ban,2003)

در ۱۷ ژانویه ۱۹۹۵ زلزله بزرگ کوبه^{۱۹} بیش از ۵۰۰۰
نفر را کشت و افراد بسیاری را بی خانمان کرد. استفاده از
لوله کاغذی برای تأمین سرپناه و دیگر فضاهای مورد نیاز
شهری برای اولین بار در این شهر مورد توجه قرار
گرفت. معیارها و ضوابط طراحی و ساخت مسکن موقت
بر اساس استفاده از مصالح ارزان، ساخت آسان، عایق
کاری مناسب و بالاخره زیبایی نسبی بود. این لوله‌ها



"ت ۱۱" نصب ستون‌های کاغذی؛ شبستان بیضوی شکل با سقف (غشاء) چادری و نمایی از بیرون کلیسا.

پس از کلیسا احداث ۲۷ واحد مسکونی کاغذی در پارک مینامیکوما و تعدادی دیگر در پارک شین میناتوگاوا^{۲۱} توسط داوطلبینی که در ساخت کلیسا حضور داشتند، آغاز شد. لوله‌های کاغذی به قطر ۱۰۸ میلیمتر و ضخامت ۴ میلیمتر در کنار یکدیگر قرار می‌گرفتند و با نوار اسفنجی آب بند (ناتراوا) درزبندی می‌شدند. (174, earthquake architecture, 2000) کرسی چینی خانه‌ها با استفاده از جعبه‌های چوبی نوشابه که با کیسه‌های شن پر شده بود، انجام شد. پوشش بیرونی سقف، غشایی چادری از جنس پی.وی.سی بود که روی خرپایی مثلثی از لوله‌ها قرار می‌گرفت و به‌نحوی اجرا می‌گردید تا سطح مثلثی شکل آن در حد فاصل کنج دیوار و سقف باز شو باشد تا امکان تهویه در تابستان را فراهم نماید. در

کلیسای کاغذی در محل قبلی کلیسای تاکاتوری^{۲۰} که عملکرد محله‌ای داشت و در نتیجه آتش سوزی پس از زلزله ویران شده بود، احداث گردید. سرعت در ساخت و موقت بودن مهم‌ترین دلیل استفاده از لوله کاغذی در ساختمان این کلیسا بود. طرح مشتمل بر پلانی مستطیل شکل به ابعاد ۱۵ × ۱۰ متر با پوششی از پانلهای نیمه شفاف پلی کربنات بود. یکی از نکات مثبت این طرح امکان باز شدن کامل دیوارهای جلو و نیمی از طرفین کلیسا برای تهویه و اضافه کردن فضای باز اطراف به فضای بسته در موارد ازدحام جمعیت بود. این کلیسای ۸۰ نفره با دیواری بیضوی متشکل از ۵۸ لوله کاغذی؛ هر یک به ارتفاع ۵ متر، قطر ۳۳ سانتی متر و ضخامت ۱۵ میلی متر؛ ساخته شد. (42, shigeru ban, 2003) به منظور متمایز نمودن محراب از بقیه قسمت‌ها، و تأمین فضای انبار در پشت محراب؛ نیمی از لوله‌ها در طول محور بزرگ بیضی در فاصله‌ای نزدیک به هم قرار گرفتند. بقیه لوله‌ها با فاصله‌ای بیشتر از یکدیگر قرار داشتند. سقف کلیسا با هدف ایجاد فضایی روحانی و تأکید بر آسمان به شکل سهمی بود که با پوششی از جنس پلاستیک پلی کربنات اجرا شد. پوشش پلاستیکی اجازه ورود نور روز به داخل و انعکاس نور مصنوع درون به بیرون در طول شب را فراهم می‌نمود. (تصویر ۱۱)





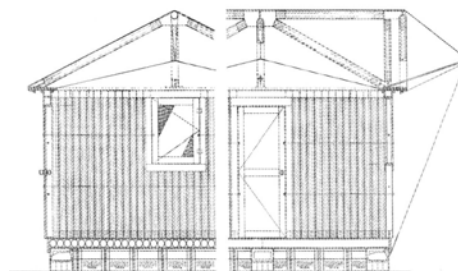
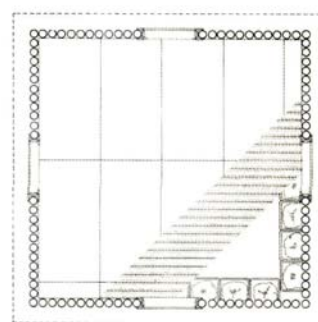
"ت۱۲" پلان و مقطع سرپناه موقت، فضای درون و بیرون
خانه کاغذی در پارک مینامی کوما ناگاتا، کوبه.

تجربه بعدی کاربرد لوله‌های کاغذی در زلزله مخرب
اگوست ۱۹۹۹ کای نسلی^{۲۲} ترکیه بود که طی آن ۲۰۰۰۰
نفر کشته و ۲۰۰۰۰۰ نفر بی‌خانمان شدند. (63,
earthquake architecture, 2000) فضای اسکان موقت
کاغذی در این زلزله مشابه سرپناه‌های کوبه بود اما به
منظور هماهنگی آن‌ها با آب و هوا و شیوه زندگی ترک‌ها
تغییراتی در آن ایجاد شد. مثلاً ابعاد آن‌ها به ۶×۳ متر
تغییر کرد و به این ترتیب مساحتی که در اختیار مردم
قرار می‌گرفت قدری بزرگتر گردید. این تغییرات به دلیل
تناسب با بعد خانوار، هماهنگی با استاندارد ابعادی تخته
هفت لایی موجود در ترکیه و سازگاری با آب و هوای
محل بود. همچنین ورق‌های پلاستیک و مقوا برای
افزایش عایق و متناسب نمودن آن با نیاز ساکنان مورد
استفاده قرار گرفت. (تصویر ۱۳)

میزان عایق کاری این واحدها نسبت به نمونه‌های
کوبه بیشتر بود و محل اتصال بین قاب پنجره و لوله‌ها با
رزین مخصوص درزگیری و سقف آن‌ها از جنس
فایبرگلاس ساخته می‌شد.

(65, earthquake architecture, 2000)

زمستان این قسمت بسته می‌شد تا گرمای داخل به بیرون
منتقل نشود. برای خانواده‌های پرجمعیتی که فضای
بزرگتری لازم داشتند دو واحد با کمک فضای واسط دو
متری، کنار هم قرار می‌گرفتند و از طریق سقف به هم
متصل می‌شدند. (تصویر ۱۲) هزینه تمام شده هر یک از
این خانه‌ها ۲۵۰ هزارین و مهم‌ترین ویژگی آن‌ها ارزانی،
راحتی نصب، پیش ساخته بودن اجزا و قابلیت بازیافت
بود. (177, earthquake architecture, 00)

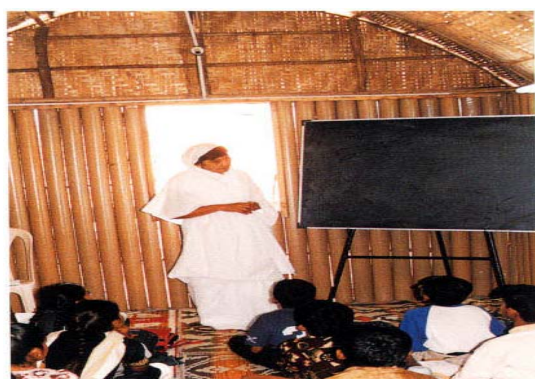




"ت ۱۴" فضای درون و بیرون خانه کاغذی
متناسب با رسوم و سنتها.



"ت ۱۳" امدادگران در حال آماده کردن کف و کرسی
مسکن موقت کاغذی در ترکیه.



"ت ۱۵" فضای داخلی کلاس درس.

روی بامبوها پوششی از بافته‌های حصیری کشیده می‌شد و یک لایه پلاستیک نرم و نازک که سقف را در برابر باران حفاظت می‌نمود، روی آن قرار می‌گرفت و

فناوری لوله‌های کاغذی در بازسازی زلزله ۷ ریشتری باهاج گجرات^{۳۳} (۲۶ ژانویه ۲۰۰۱) در غرب هند نیز استفاده شد. به جای جعبه‌های چوبی نوشابه که برای کرسی چینی بنا در کوبه و ترکیه به کار گرفته شده بود و در باهاج وجود نداشت، سنگ لاشه‌های به جای مانده از ساختمان‌های مخروبه مورد استفاده قرار گرفت و روی آن‌ها به شیوه سنتی با گل پوشیده شد. این کار به نوعی بازیافت مصالح و نخاله‌های ناشی از تخریب زلزله هم محسوب می‌شد و پاکسازی محل سانحه و حجم انتقال آوار را کاهش داد. برای پوشش بام از بامبوهایی که از وسط نصف شده بود (مشابه سقف‌های شیروانی سفالی)، و برای تیرهای اصلی از ساقه کامل بامبو استفاده شد. (تصاویر ۱۵ و ۱۴)

اتصالات خانه کاغذی ایرانی که به ابتکار طراح و سازنده آن تهیه و اجرا شد در کارگاه هنر مهندسی دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی نمونه سازی و پس از آزمایش و تأیید کارایی آن ها در خانه کاغذی به کار گرفته شد. (تصویر ۱۷)



"ت ۱۶" نمونه اجرا شده خانه کاغذی، طراحی و اجرای مهندس سعید مشایخ فریدنی، تصویر از دیوارهای خانه، مکان: هال مرکزی دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی.



"ت ۱۷" نمونه اجرا شده خانه کاغذی، طراحی و اجرای مهندس سعید مشایخ فریدنی، تصویر از بام خانه، مکان: هال مرکزی دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی.

مجدداً روی آن یک لایه حصیر کشیده می شد. تهویه واحدهای مسکونی از طریق سطح مثلثی شکل بین دیوار و سقف و منافذ حصیر انجام می شد. وجود این منافذ امکان پخت و پز در داخل واحد مسکونی و تهویه هوا را فراهم می کرد ضمناً مجرای برای خروج پشه ها بود. (40, shigeru ban, 2003)

تجربه ایران در به کارگیری لوله های کاغذی برای ایجاد فضای معماری

لوله های بازیافتی مقوایی در ساخت خانه کاغذی، با استفاده از محصول یکی از کارخانه های تولید مقوای ایران که لوله های کاغذی تهیه می نماید توسط کارگاه هنر مهندسی دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی در سال ۱۳۸۹ به کار گرفته شد. در این خانه کاغذی کوچک که به ابتکار مهندس سعید مشایخ فریدنی عضو هیئت این دانشکده طراحی، محاسبه و اجرا شده بود بخش های قابل توجهی از جمله اتصالات، متناسب با شرایط و امکانات در دسترس، بومی سازی شده بود. هرچند لوله های مورد استفاده در نمونه ایرانی برای بسته بندی طاقه های پارچه و رول های دستمال کاغذی تولید شده بودند و اصولاً چنین لوله هایی فاقد کارایی ساختمانی و سازه ای لازم است اما قابلیت های معماری و ساختمانی کاغذ و بخش قابل توجهی از خواص پنهان آن در این نمونه به خوبی نشان داده شد. در نمونه ایرانی از دو نوع لوله با قطرهای ۱۷ سانتی متر برای دیوارها و ۱۰ سانتی متر برای پوشش سقف استفاده گردید. برای کلاف کردن کف و سقف و لوله های دیوار به یکدیگر از میان لوله ها و درپوش آن ها طناب های کنفی عبور داده شد که با کوک و گیره به یکدیگر متصل می گردید. (تصویر ۱۶)

نتیجه

مهم‌ترین قابلیت‌هایی که به‌کارگیری کاغذ در پروژه‌های ساختمانی نشان داده، به چالش کشیدن تصور موجود در مورد ناپایداری و مقاومت کم آن است که سازه‌های کوچک و بزرگ معماری با آن، پاسخ مناسبی برای چنین تصویری است. اما ادامه روند توسعه و گسترش فناوری ساختمانی کاغذ مستلزم طرح و اجرای فضاهای پایدار و دائمی است که استحکام، عملکرد و ارزش‌های زیبایی‌شناسانه کاغذ توانان در آن به‌کار گرفته شود.

آنچه اکنون عملی‌تر به‌نظر می‌رسد امکان استفاده و به‌کارگیری کاغذ در احداث بناهای موقت پس از سانحه است. تجربه استفاده از کاغذ در تأمین سرپناه‌های موقت کاغذی که برای اسکان زلزله‌زدگان ژاپن، ترکیه، هند و پناهجویان رواندایی به‌کار گرفته شد مشکل خاصی که به‌کارگیری آن را مورد شک و تردید قرار دهد، نشان نداده است. به این اعتبار فناوری ساختمانی کاغذ می‌تواند در ایجاد بناهای موقت شهری و محله‌ای با عملکردهای مسکونی برای تأمین سرپناه موقت آموزشی نظیر مدرسه؛ درمانی نظیر درمانگاه و بیمارستان صحرایی؛ و یا فرهنگی مذهبی مانند نمازخانه و یا اداری مانند دفاتر ستادهای معین مستقر در مناطق سانحه دیده بکار گرفته شود. مقایسه کاربرد کاغذ با دیگر شیوه‌های اسکان موقت در کشورهای مختلف نشان می‌دهد خاطره زندگی در سرپناه‌هایی که واجد ارزش‌های کیفی فضا و عملکرد مناسب باشند می‌تواند سالها در خاطره افراد سانحه دیده باقی مانده و در کاهش آلام و مصایب آن‌ها اثر مثبتی به‌جای گذارد. (200, earthquake architecture, 2000)

طراحی مناسب مسکن موقت نه تنها اثرات مثبتی بر جامعه آسیب دیده به‌جای خواهد گذاشت و به‌طور مستقیم در ارتقای کیفیت زندگی سانحه دیدگان مؤثر

است بلکه بر بهبود وضعیت روحی روانی و وضعیت معیشتی آنان نیز تأثیر خواهد داشت.

تمایلات و خواسته‌هایی که در زمینه حفظ محیط زیست و هماهنگی با طبیعت شکل گرفته این فرصت را فراروی مهندسان و معماران قرار داده تا با رویکردهای مبتکرانه در انتخاب بهینه مصالح و فناوری مناسب روایتی نوین از مسکن موقت و دائم پایدار در ابتدای هزاره سوم میلادی که منطبق با مفهوم گسترده سکونت‌گزینی باشد ارائه نمایند.

تجارب به‌کارگیری کاغذ در معماری بیانی از سادگی، قدرت، ظرافت و زیبایی نهفته در آن را نشان می‌دهد. حس متواضع کاغذ؛ و قابلیت‌هایی که فناوری جدید تولید به‌وجود آورده و می‌تواند آن را در اشکال و مقاطع مختلف به‌صورت لوله، قوطی و ورق به‌کارگیرد، این امکان را به‌وجود آورده تا به‌صورت مصالح سازه‌ای مقاوم برای سازه بنا، یا غیر سازه‌ای در عناصر جداکننده و تزئینات به‌کار گرفته شود.

به‌رغم آشکار شدن برخی خواص ساختمانی کاغذ، ساخت و ساز با آن هنوز در مراحل آغازین است. برای گسترش و ترویج قابلیت‌های ساختمانی کاغذ همانگونه که در مورد سیستم‌های ساختمانی چوبی، بتنی و فولادی عمل گردید، انجام اقدامات ترویجی و آموزشی ضروری است.

تداوم و تکرار تجارب منطقی و توجیه‌پذیر کاربرد فناوری کاغذ خصوصاً ساخت فضاهای موقت بازسازی پس از سانحه، می‌تواند نقش مهمی در معرفی قابلیت‌های آشکار و نهان کاغذ در ساختمان و معماری ایفا نماید. هر چند قضاوت راجع به قابلیت‌های این سیستم برای کاربرد در بناهای دائم و ماندگار مستلزم گذشت زمان بیشتر است اما تجارب محدود موجود حکایت از قابلیت‌های آن برای خلق فضاهای معماری دارد.

۱. سلولز رشته‌های نازک و موئینی همانند رشته‌های پشمی در هم تنیده نمد است که چنانچه با دقت به لبه پاره شده کاغذ توجه شود، می‌توان آن را مشاهده نمود. این رشته‌ها مولکول‌های نخ مانند و درازی هستند که بخش عمده گیاهان از آن ساخته شده است.

2. Paper

۳. چوب حاوی ماده‌ای بنام لیگنین است که در سود، سولفیت، یا سولفات حل می‌شود و الیاف کاغذ را به هم می‌چسباند. این ماده در کاغذ باقی می‌ماند و سبب زرد شدن رنگ کاغذ در برابر نور می‌شود.

۴. کرافت در زبان آلمانی و سوئدی به معنی محکم است و کاغذی مقاوم و محکم است که از خمیر چوب شیمیایی (سولفات) تهیه می‌شود و به صورت متعارف برای لفاف و کیف یا ساک خرید و تهیه پوستر به کار می‌رود.

5. Folded plate

6. Honey comb

7. shell

۸. این نوع خانه‌ها در مازندران کلی یا "کل به کلی" نامیده می‌شود.

9. Paper tube structure(PTS)

10. Nagoya

۱۱. معمار این بنا شیگرو بان (Shigeru Ban) از طریق تحقیق و تجربه نوعی معماری خلاقانه با قابلیت تنوع زیاد به وجود آورده است. آثار او معمولاً بازتابی از آموزش معماری آمریکایی و سنت‌های بومی ژاپن است. بان در مسائل بشر دوستانه و حفظ محیط زیست مشارکت فعال دارد و به خاطر آن به کشورهای متعددی سفر نموده است. در سال ۱۹۹۵ وقتی شبکه معماران داوطلب را تأسیس کرد نخستین کار مرتبطش با این شبکه و دیگر افراد مستقل، آگاهی‌رسانی در مورد کمبود مسکن و شرایط تأسف آور زندگی در بخش‌هایی از دنیا بود که شرایط اسکان نامناسب دارند.

۱۲. این پروژه با کمک‌های مهندس سازه گنگو ماتسویی (Matsui Gengo) درباره نقش زمین و سازه و چگونگی رفتار کاغذ تحت شرایط مختلف کشش، فشار، خمش و ترکیبی از آن‌ها ن با شیگرو بان اجرا گردید.

13. Laminate

14. United Nations High Commissioner for refugees کمیساریای عالی پناهندگان ملل متحد
15. Medicines Sans Frontiers (Doctors without borders)
16. Rwanda
17. Bordeaux
18. Kartikeya Shodhan Associates
19. Nagata, Kobe
20. Takatori
21. Shin Minatogawa Park
22. Kaynasli
23. Bhaj , Gujarat

منابع

- سرتیپی پور، محسن. زیست‌بوم و مصالح ساختمانی، (طرح پژوهشی منتشرنشده) دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۸۴.

- سرتیپی پور، محسن. آسیب شناسی مسکن مناطق زلزله زده ایران " تجربه منجیل و بم ". آبادی. تهران: شماره ۶۰ پاییز ۱۳۷۸.

- یوسف‌حسن، احمد/هیل، دانالد. تاریخ مصور تکنولوژی اسلامی، ترجمه ناصر موفقیان. تهران: انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۷۵.

- هونکه، زیگريد. فرهنگ اسلام در اروپا، ترجمه مرتضی رهبانی. تهران: دفتر نشر فرهنگ اسلامی، چاپ چهارم ۱۳۷۳.

- ذکاء، یحیی. هنر کاغذبری در ایران (قطاعی). تهران: نشر و پژوهش فرزانه روز، ۱۳۷۹.

- دهخدا، علی‌اکبر. لغت‌نامه (واژه‌ی کاغذ، توز و خدنگ). انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۷.

- جهان‌لتیباری، احمد، حسین زاده، عبدالرحمن. تکنولوژی تولید خمیر کاغذ. وزارت جهاد سازندگی. تهران: انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۱۳۷۳.

- گالو، فوستا. نقش عوامل بیولوژیک در فرسایش کاغذ، ترجمه عباسعلی عابدی استاد. موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۷۱.

- سرتیپی پور، محسن، آراین سپهر. زلزله ۳۱ خرداد ۱۳۶۹. گیلان و زنجان. دانشگاه شهید بهشتی، دفتر فنی و پژوهشی دانشکده معماری و شهر سازی، مرداد ۱۳۶۹.
- اسفندیاری صدق، رضا و همکاران. تجربیات زلزله بم، مجموعه مقالات همایش علمی یافته‌های زلزله بم. تهران: پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۸۲.
- Compton,s Encyclopedia. 1995
- Matilda Mcquaid, “Shigeru Ban”, Pltaidon,China, 2003
- Belen Garcia, ‘Earthquake Architecture’ (New Construction Techniques for earthquake disaster prevention); Loft Publications S.L. and HBI; NEW YORK, 2000.
- www.irche.com/article/paper-recycling
- Sartipipour Mohsen; *Natural Disasters & Diagnosis of Man – made factors*; Environmental sciences Research Institute; Shahid Beheshti university Nr.12; summer 2006.
- Arya A.S., *Protection of educational buildings against earthquakes, a manual for designers and builders*, Bangkok, UNESCO, 67 Pages (Educational Building Report 13), 1987.
- *Reported in the Mission Report and Technical Review of the Impact Earthquake of the 21 June (Manjil&Rodbar)* .A.W.Coburn, j.petrovski, D.Rstic, I.Armillas, N.Biering, September 1990.