[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

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، ریزش های 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 کیفیت های 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 مصداق های 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 جمع بندی 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 ۱۳٦۹ منجیل و رودبار ، و ۱۳۸٤ بم همچنین تجارب کشورهای دیگر در این زمینه تهیه شده است.

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

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 به‌دنبال 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 کارامد 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 فناوری هایی 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 امکان پذیر 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 و اسکان موقت زلزله ۱۳۶۹ منجیل و رودبار، همچنین

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

مشاهدات انجام شده در اسکان موقت و تـأمین فضـاهای عمومی زلزله ۱۳۸٤ بم اسـت. مـرور و بررسـی اسـناد و گزارشات شـیوه‌هـای اسـکان موقـت پـس از سـوانح در کشورهای دیگر از جمله ژاپن، رواندا، ترکیـه و هنـد از دیگر منابعی است که برای تهیـه مقالـه از آن‌هـا اسـتفاده شده است. بنابراین شیوه تحقیق متکی است بـر تجـارب میـدانی و مبتنـی بـر روش توصـیفی – تحلیلـی اسـناد مکتـوب، کتابخانـه‌ای و جمـع آوری شـده کـه پـس از جمع‌بندی، در قالب مقاله پیش روی ارائه شده است.

کاغذ چگونه ماده‌ای است؟

واژه کاغذ از لغت چینی "کاکتز" اخذ شـده و بـه ورق نازک هموارى که از سلولز[1] ساخته شده اطلاق می‌شـود. ریشه واژه انگلیسی پی پر[2] نیز از کلمـه پـاپیروس کـه در اصل واژه‌ای یونانی است، گرفته شده اسـت. معـادل واژه کاغذ در عربی، ورق و صحیفه است. کاغذ ماده‌ای اسـت که بشر از گذشته دور آن را می‌شناخته و بر اسـاس بـاور عمومی ماده ضعیف و ناپایداری اسـت کـه صـرفاً بـرای نوشتن یـا در صـنایع بسـته بنـدی اسـتفاده مـی‌شـود در حالی‌که با نگرش جدید می‌توان بسیاری از قابلیـت‌هـای مورد انتظار ساختمانی را در آن مشاهده نمود.

هر چند تاریخچه استفاده از کاغذ نشان می‌دهد برخـی تمدن‌هـا کـاربردی فراتـر از اسـتفاده‌هـای معمـول از آن داشته‌انـد امـا هیچگـاه بـه‌عنـوان مـاده سـاختمانی از آن استفاده ننموده‌اند. نزدیک ترین کاربرد ساختمانی اما غیـر سازه‌ای کاغذ در امپراتوری چین بود که به جای شیشـه پنجره و گاه بـا رنـگ یـا کاغـذبری‌هـای رنگـین بـه‌کـار می‌رفت(ذکاء، ۱۳۷۹) و آخرین کاربرد کاغذ در ساختمان قبل از تجارب اخیر استفاده از آن برای پوشش فضـاهای داخلی به‌صورت کاغذ دیواری بوده است.

چوب درختان مقدار زیادی سلولز دارد به همـین دلیـل در صنعت کاغذسازی از چوب اسـتفاده مـی‌شـود. بـرای 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 یـا سـولفیت و مقـادیر زیـادی آب داغ تحـت فشـار کـه لیگنین[3] را حل می‌کند به خمیری از رشـته‌هـای سـلولزی تبدیل مـی‌شـود. ایـن خمیـر روی تـوری فلـزی ریختـه می‌شود تا آب اضافی آن خارج شود. در مرحله بعد آن را از میان نوردهای آهنی عبور داده تـا فشـرده و آب درون آن کاملاً خارج و به صورت ورقـه درازی درآیـد. سـطح این ورق با گذشـتن از لابـه‌لای غلطکهـای داغ صـاف و خشک شـده و بـه صـورت کاغـذ در مـی‌آیـد. (جهـان لتیباری،۱۳۷۳) کاغذی که طی این فرایند به‌دست می‌آیـد پس از بررسی ضخامت، میزان رطوبت، تراکم و تخلخل؛ در صورت تأیید کیفیت، برش خورده و به بـازار عرضـه می‌شود. برای تهیه کاغذ از روش‌هـای ترمـو مکـانیکی و مکانیکی که طی آن چوب خرد و با بخـار و گرمـا(ترمـو مکانیکی) یا آسـیاب‌هـای غلتـان(مکـانیکی) بـه صـورت رشته‌ای و الیافی در می‌آید استفاده می‌شود. در این روش ها به دلیل جدا نکردن لیگنین محصول تولیـدی بالاسـت اما کیفیت کاغذ به دست آمده زرد رنگ و ترد و شـکننده است. (تصویر۱)

دما و رطوبت از عوامل مهمی هسـتند کـه اگـر از حـد معینی فراتر روند (دمای بهینه ۱۸ درجـه سـانتی گـراد و رطوبت نسبی ۵۵-۵۰٪)کاغذ را آسیب پذیر مـی‌نماینـد. کاغذ اصـولاً مـاده‌ای جـاذب رطوبـت اسـت کـه دوام و خواص آن تحت تأثیر رطوبت تغییرات بسـیاری خواهـد داشت. در تمـاس بـا حـرارت و رطوبـت ممکـن اسـت هیدرولیز و اکسیده شود و در چنین حالتی بسیار شکننده و رنگ آن زرد می شـود. رطوبـت نسـبی بـالاتر از ٦٥٪ باعث رشد و گسترش میکرو ارگانیسم هـا در آن شـده و کاغـذ را آسـیب پـذیر مـی‌نمایـد. بیشـتر مـوادی کـه در

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

ترکیبات کاغذ به‌کار می‌روند، نور خورشید را جذب می‌کنند. واکنش‌های فتو شیمیایی رنگ آن را تغییر داده و باعث تخریب وتجزیه آن می‌شود. در حال حاضر برای بالا بردن کیفیت تولید کاغذ؛ متناسب با استفاده، افزودنی‌های مختلفی به خمیر آن اضافه می شود. مثلاً برای این که کاغذ سطح صاف‌تری داشته باشد و آب زیادی به خود نگیرد، نشاسته یا رزین به‌دست آمده از درخت کاج، و برای بالا بردن استحکام و تهیه کاغذهایی که در برابر آب و باران مقاوم باشند الیاف هایی 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 می شود. با بهره‌گیری از افزودنی‌های دیگر می‌توان کاغذهای ویژه مانند صافی(فیلتر)، کرافت[4]، نقاشی، خوش‌نویسی، دستمال و کاغذ دست‌شویی و انواع گونه‌های دیگر به‌دست آورد. با امکاناتی که تکنولوژی جدید در اختیار ما گذاشته در صنعت ساختمان با کمک مواد پلاستیکی به‌راحتی 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 ویژگی های کاغذ در ابعاد فیزیکی(شامل ضخامت، رنگ، نورگذرانی، چگالی، وزن)، مکانیکی(شامل مقاومت کششی، مقاومت در برابر پاره شدن و تاخوردن و ...) و شیمیایی(شامل PH ، افزودنی ها و ...) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با توجه به اینکه تهیه کاغذ با استفاده از تنه و چوب درختان است به‌منظور 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 می‌تواند به صرفه جویی ۵۰٪ مصرف آب، ٦٤٪ مصرف انرژی برق، و کاهش ۷٤٪ آلودگی محیط زیست در صنعت کاغذسازی منجر شود.

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

به‌کارگیری کاغذ در ساختمان و معماری

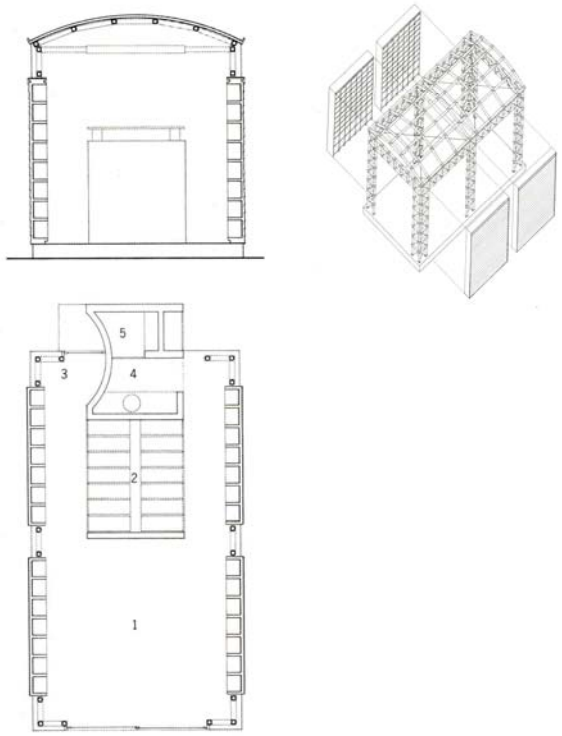
دو دهه اخیر شاهد دستاوردهای قابل توجهی در زمینه رشد و توسعه کاربرد کاغذ برای ساخت لوازم و اثاثیه تا احداث سازه‌های موقت و دائم ساختمانی مانند مسکن و سالن‌های نمایشگاه بوده است. چنین گسترشی مرهون قابلیت کاغذ برای ایجاد فرمهای خاص، مواد اولیه، افزودنی‌های جدید و امکاناتی است که فناوری‌های نوین تولید به‌وجود آورده است. اشکال و مقاطع هندسی کاغذ به‌صورت لوله، صفحات تا شده[5] شبکه‌های لانه زنبوری[6] و پوسته[7] (غشاء) این قابلیت را پیدا می‌نمایند تا آن ها را

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

در ایجاد فضاهای معماری به‌کار گرفت. امکان بـه‌وجـود آوردن مقاطع هندسی با مقاومت بالا و جرم انـدک زمینـه بـه‌کـارگیری آن در ایجـاد فضـاهای معمـاری را فـراهم می‌نماید. با توجه به اینکه ماده اصلی تشکیل دهنده کاغذ سلولز حاصل از چوب است، کیفیت و خـواص فنـی آن مشابه انواع چوب می‌باشد و بخش عمـده‌ای از خـواص چوب در کاغذ مستتر اسـت. مقـاطع لولـه‌ای کـه مشـابه خانه‌های چوبی گردبینـه‌ای اسـت[8] یکـی از مقـاوم‌تـرین اشـکال هندسـی بـرای اسـتفاده سـازه‌ای در سـاختمان و معماری است. فرم و شکل استفاده از کاغذ در سـاختمان نیز می‌تواند مشابه فرم و شکل خانـه‌هـای چـوبی باشـد. چنانچه ورق های کاغذ به‌صورت نوار بریده، آغشـته بـه چسب و به‌صورت مارپیچی (حلزونی) دور میله‌های گرد پیچیده شوند، لوله کاغذی با مقطعی مشـابه تنـه درخـت ساخته می شود. (تصویر ۲) لولـه‌هـای کاغـذ براسـاس عملکـرد مـورد انتظـار مـی‌تواننـد بـا قطـر، ضـخامت و طول‌های مختلف تولید شوند. امکان خمیر کردن مجـدد و بازیافت کاغذ این قابلیت را به‌وجود می‌آورد کـه آن‌هـا را بارها مورد استفاده قرار داد. ارزانی، سهولت تعـویض، فنـاوری سـاده، پایـداری رنـگ طبیعـی کـه بـا کمـک 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

اولین بنای موقت با استفاده از لوله‌هـای کاغـذی[9] کـه حدود شش ماه مورد استفاده قرار گرفت سالنی است کـه در نمایشـگاه بـین المللـی ۱۹۸۹ ناگویـای[10] ژاپـن اجـرا گردید.[11] پس از اتمام نمایشگاه، لوله‌ها جـدا و مقاومـت آن‌ها مورد آزمایش قرار گرفـت. آزمـایش‌هـای صـورت گرفته روی لوله‌ها نشان داد به‌رغم مجاورت آن‌ها با آب و هوای نامناسب؛ و قرار گرفتن در برابر رطوبت و اشـعه ماورای بنفش آفتاب، کیفیت آن ها تغییـر نکـرده و حتـی به‌علت سخت شـدن چسـب مـورد اسـتفاده در لولـه‌هـا مقاومت فشاری آن‌ها افزایش یافته بود. سه سـال پـس از این تجربه لوله‌های کاغذی برای طرح و اجرای کتابخانـه کوچک و دائمـی متعلـق بـه یـک شـاعر بـه‌کـار گرفتـه شد.(تصویر ۳)



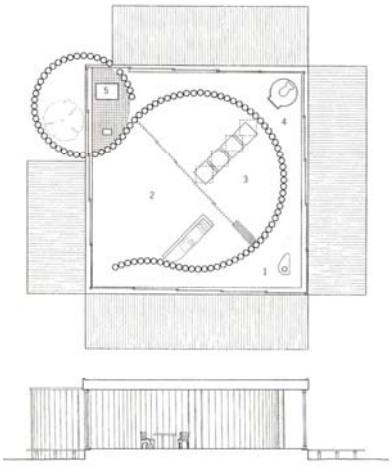
"ت ۳" پلان (۱.کتابخانه ۲.قفسه‌های قابل حرکت کتاب ۳. ورودی ٤.آشپزخانه ۵.انبار) ، مقطع، تصویر سه بعدی کتابخانه.

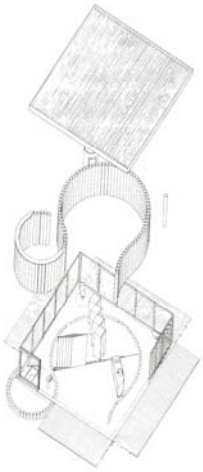
[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

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 می‌گرفت استفاده شد. در دو طرف طول کتابخانه، قفسه‌های نگهداری کتاب از همین لوله‌ها به‌کار گرفته شد تا ضمن نگهداری کتاب‌ها با کمک وزن آن ها مقاومت در برابر نیروی باد افزایش یابد.(تصویر ٤) در مرحله ساخت و تهیه لوله ها 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)

"ت٤" 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 می‌گرفت.(تصویر ۵) لوله‌ها به‌وسیله اتصالات چوبی صلیبی به پاشنه ستون ها و فنداسیون متصل می‌گردید و بار اصلی توسط ۹ ستون لوله‌ای تحمل می‌شد. (26, shigeru ban, 2003)





"ت ۵" پلان (۱.ورودی ۲.نشیمن- پذیرایی- آشپزخانه ۳.خواب ٤.راهرو ۵.حمام)، مقطع و تصویر ایزومتریک

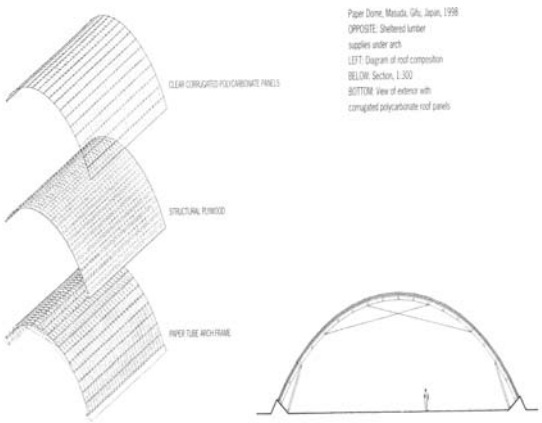
فضای بیرونی شامل باغچه‌ای کوچک با حوض آب بود که با استفاده از ۳٤ لوله ایجاد شد. پلان گرد فضای داخلی خانه و فضای ارتباط با بیرون با ۷٤ لوله اجرا شد.(تصویر ٦) محل تماس ستونهای لوله ای با یکدیگر توسط رزین مخصوص و شفافی درزبندی شده بود که ضمن عایق شدن، نفوذ نور به داخل را امکان پذیر می‌کرد. فضای یکپارچه و بزرگ درون امکان تقسیم آن به واحدهای کوچک مطابق با ساختار خانه‌های سنتی

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

ژاپن را فراهم می‌نمود. فضاهای خواب، آشپزخانه، غذاخوری و نشیمن با استفاده از پانل های 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 می شد.[۱۲]

"ت ٦" 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.(تصویر۷)



"ت۷" مقطع و نحوه قرار گرفتن سه لایه تشکیل دهنده سقف روی یکدیگر (لوله‌های کاغذی، هفت لایی و لایه پلی کربنات).

سیستم سازه و شیوه مونتاژ لوله‌ها و اجرای طاق به‌قدری ساده بود که کارگران شاغل در کارگاه، آن را بر پا نمودند. به‌دلیل اینکه امکان خم کردن لوله‌های کاغذی به‌صورت 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 ١٤ سانتی متر قطر بهم وصل می‌شدند. لوله‌ها قبل از نصب با رزین مخصوص پلی یورتان آب بندی می‌شد. به‌منظور استحکام سازه قوس‌ها در برابر نیروهای جانبی پوشش سقف با لایه‌ای از تخته چند لایی که روی قاب ها 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)

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

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

تخته‌های چند لایی با پوششی از ورق های موج دار پلی کربنات حفاظت می‌شد. برای مقابله با بارهای دینامیکی (مثلاً تجمع برف روی سقف و حرکت آن به پایین) از کابل‌های کششی فولادی و بادبند های 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.

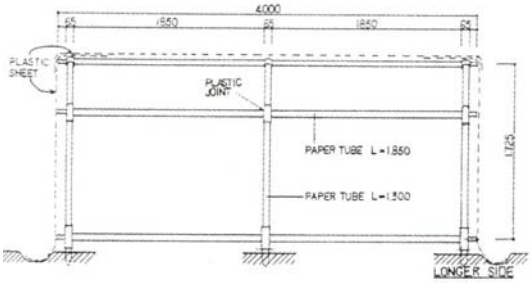
کاربرد کاغذ در ساخت سرپناه موقت پس از سانحه

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 را برای اسکان اضطراری و تأمین مسکن موقت گروهی از پناهندگان رواندایی[۱۶] (قربانی نسل کشی 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 ٦ × ٤ متر انتخاب گردید. مهم‌ترین دلایل انتخاب لوله های کاغذی عبارت بودند از:

۱- پیشگیری از تخریب جنگل‌های محلی توسط پناه جویان 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 ذوزنقه‌ای 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 میخ های چوبی که در زمین کوبیده شده بود بسته می شد. (تصویر ۹)

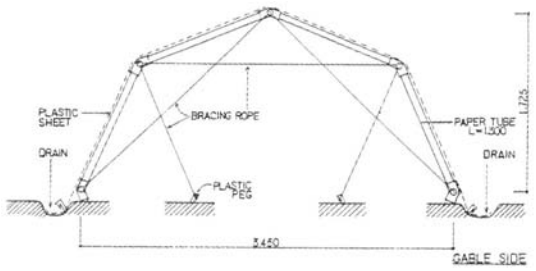
[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

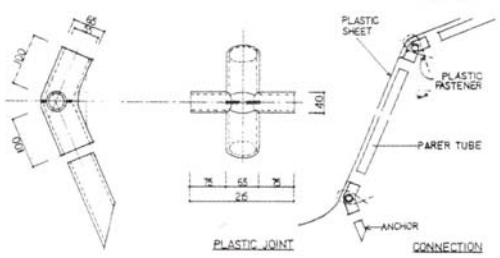


"ت۹" سرپناه اضطراری با سازه کاغذی برای پناهندگان آفریقایی و جزئیات اجرایی قاب لوله کاغذی در مرحله اسکان اضطرار.

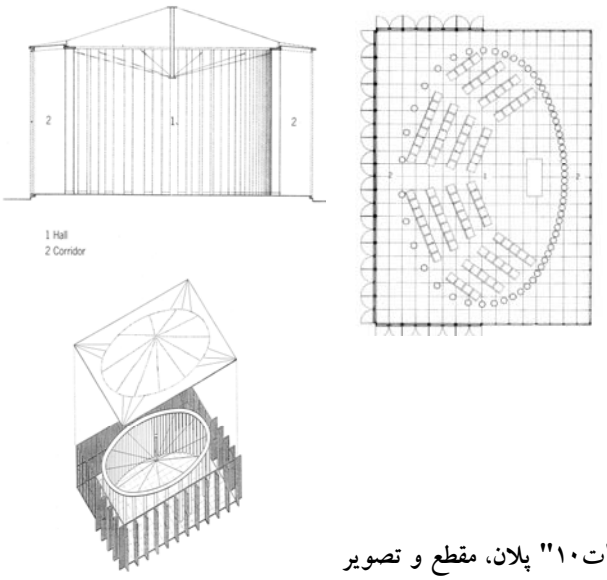
آموزش نحوه کار با ماشین آلات و امکان تولید لوله‌ها در محل به کارشناسان مجری در مرکز تدارکات پزشکان بدون مرز در بوردو[17] فرانسه انجام گردید.[18] اما زلزله‌های بزرگ کوبه ژاپن(۱۹۹۵)، کاینالسی ترکیه(۱۹۹۹) و باهاج هند(۲۰۰۱) بیشترین نقش را در معرفی قابلیت کاربرد کاغذ در معماری پس از سانحه ایفا نموده‌اند. (30,shigeru ban,2003)

در ۱۷ ژانویه ۱۹۹۵ زلزله بزرگ کوبه[19] 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





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



"ت۱۰" پلان، مقطع و تصویر

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

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 به‌هم 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)

"ت۱۱" 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 میناميکوما 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 ٤ میلیمتر در کنار یکدیگر قرار می‌گرفتند و با نوار اسفنجی آب بند (ناتراوا) درزبندی می‌شدند. (174, arthquake architecture, 2000) کرسی چینی خانه‌ها با استفاده از جعبه‌های چوبی نوشابه که با کیسه‌های شن پرشده 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 بازشو باشد تا امکان تهویه در تابستان را فراهم نماید. در

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

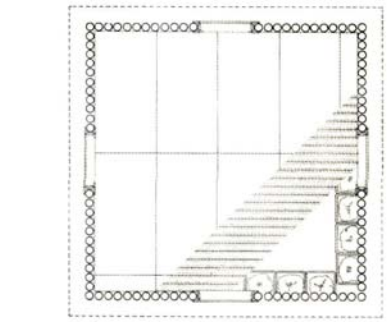
زمستان این قسمت بسته می‌شد تا گرمای داخل به بیرون منتقل نشود. بـرای خـانواده‌هـای پرجمعیتـی کـه فضـای بزرگتری لازم داشتند دو واحد با کمک فضای واسـط دو متری، کنار هم قرار می‌گرفتند و از طریق سـقف بـه هـم متصل می‌شدند. (تصویر ۱۲) هزینه تمام شده هر یـک از این خانه‌ها ۲۵۰ هزار ین و مهم‌ترین ویژگی آن‌ها ارزانی، راحتی نصب، پیش ساخته بودن اجزا و قابلیـت بازیافـت بود. (177, earthquake architecture, 00)

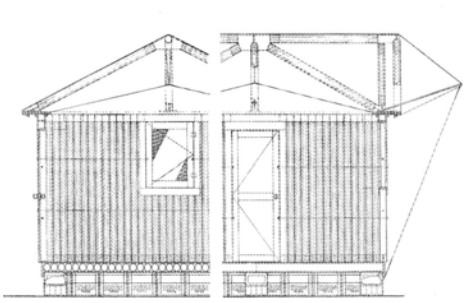
"ت۱۲" پلان و مقطع سرپناه موقت، فضای درون و بیرون خانه کاغذی در پارک مینامی کوما ناگاتا، کوبه.

تجربه بعدی کاربرد لوله‌های کاغذی در زلزلـه مخـرب اگوست ۱۹۹۹ کای نسلی[۲۲] ترکیه بود که طـی آن ۲۰۰۰۰ نفـر کشـته و ۲۰۰۰۰۰ نفـر بـی‌خانمـان شـدند. (63, earthquake architecture, 2000) فضای اسکان موقت کاغذی در این زلزله مشابه سرپناه‌های کوبـه بـود امـا بـه منظور هماهنگی آن‌ها با آب و هوا و شیوه زندگی ترکهـا تغییراتی در آن ایجاد شد. مثلاً ابعـاد آن هـا بـه ۳×۶ متـر تغییر کرد و به این ترتیب مسـاحتی کـه در اختیـار مـردم قرار می‌گرفت قدری بزرگتر گردید. این تغییرات به‌دلیـل تناسب با بعد خانوار، هماهنگی با استاندارد ابعادی تختـه هفت لایی موجود در ترکیه و سازگاری بـا آب و هـوای محل بـود. همچنـین ورق هـای پلاسـتیک و مقـوا بـرای افزایش عایق و متناسب نمودن آن با نیـاز سـاکنان مـورد استفاده قرار گرفت.(تصویر ۱۳)

میزان عایق کاری این واحدها نسـبت بـه نمونـه‌هـای کوبه بیشتر بود و محل اتصال بین قاب پنجره و لوله‌ها بـا رزیـن مخصـوص درزگیـری و سـقف آن‌هـا از جـنس فایبرگلاس ساخته می‌شد.

(65, earthquake architecture, 2000)

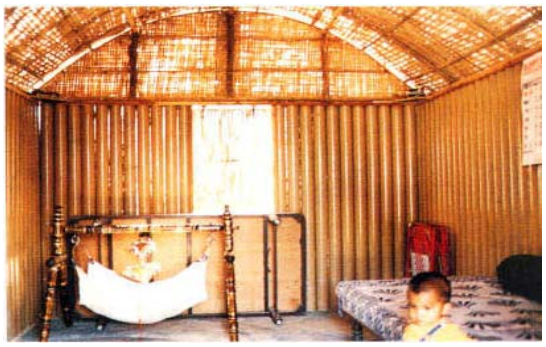




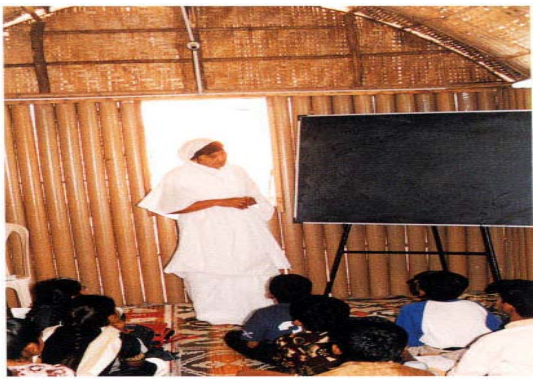
[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

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

فناوری لوله‌های کاغذی در بازسازی زلزله ۷ ریشتری باهاج گجرات[۲۳] (۲۶ ژانویه ۲۰۰۱) در غرب هند نیز استفاده شد. به‌جای جعبه‌های چوبی نوشابه که برای کرسی چینی بنا در کوبه و ترکیه به‌کار گرفته شده بود و در باهاج وجود نداشت، سنگ لاشه‌های به‌جای مانده از ساختمان‌های مخروبه مورد استفاده قرار گرفت و روی آن‌ها به شیوه سنتی با گل پوشیده شد. این کار به‌نوعی 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 ۱۵و ۱۴)



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



"ت۱۵" 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

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

مجدداً روی آن یک لایه حصیر کشیده می‌شد. 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 مجرایی برای خروج پشه ها بود.(40, shigeru ban, 2003)

تجربه ایران در به‌کارگیری لوله‌های کاغذی برای ایجاد فضای معماری

لوله‌های بازیافتی مقوایی در ساخت خانه کاغذی، با استفاده از محصول یکی از کارخانه‌های تولید مقوای ایران که لوله‌های کاغذی تهیه می‌نماید توسط کارگاه هنر مهندسی دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی در سال ۱۳۸۹ به‌کار گرفته شد. در این خانه کاغذی کوچک که به ابتکار مهندس سعید مشایخ فریدنی عضو هیئت این دانشکده طراحی، محاسبه و اجرا شده بود بخش‌های قابل توجهی از جمله اتصالات، متناسب با شرایط و امکانات در دسترس، بومی سازی شده بود. هرچند لوله‌های مورد استفاده در نمونه ایرانی برای بسته بندی طاقه های پارچه و رول های دستمال کاغذی تولید شده بودند و اصولا چنین لوله‌هایی فاقد کارایی ساختمانی و سازه‌ای لازم است اما قابلیت های معماری و ساختمانی کاغذ و بخش قابل توجهی از خواص پنهان آن در این نمونه به‌خوبی 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 لوله‌های دیوار به یکدیگر از میان لوله ها و درپوش آن‌ها طناب‌های کنفی عبور داده شد که با کوک و گیره به یکدیگر متصل می‌گردید. (تصویر۱۶)

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

نمونه‌سازی و پس از آزمایش و تأیید کارایی آن‌ها در خانه کاغذی به‌کار گرفته شد. (تصویر۱۷)

"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.

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

نتیجه

مهم‌ترین قابلیتی 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 تصوری است. اما ادامه روند توسعه و گسترش فناوری ساختمانی کاغذ مستلزم طرح و اجرای فضاهای پایدار و دائمی است که استحکام، عملکرد و ارزش های زیبایی شناسانه کاغذ توامان 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 زلزله زدگان 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 نماز خانه 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 آن ها 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 درزمینه 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 سکونت گزینی 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 توجیه پذیر 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 بیشتراست اما تجارب محدود موجود حکایت از قابلیت‌های آن برای خلق فضاهای معماری دارد.

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

پی نوشت

۱. سلولز رشته‌های نازک و موئینی همانند رشته‌های پشمی در هم تنیده نمد است که چنانچه با دقت به لبه پاره شده کاغذتوجه شود، می‌توان آن را مشاهده نمود. این رشته ها مولکول های 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.

٤. کرافت در زبان آلمانی و سوئدی به معنی محکم است و کاغذی مقاوم و محکم است که از خمیر چوب شیمیایی (سولفاته) تهیه می‌شود و به‌صورت متعارف برای لفاف و کیف یا ساک خرید و تهیه پوستر به‌کار می‌رود.

5. Folded plate
6. Honey comb
7. shell

۸.این نوع خانه ها 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 به‌وجود آورده است. آثار او معمولاً بازتابی از آموزش معماری آمریکایی و سنت های 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، آگاهی رسانی در مورد کمبود مسکن و شرایط تأسف آور زندگی در بخش‌هایی از دنیا بود که شرایط اسکان نامناسب دارند.

۱۲. این پروژه با کمک های 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 سازمان 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

– سرتیپی‌پور، محسن. زیست‌بوم و مصالح ساختمانی، (طرح پژوهشی منتشرنشده) دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۸٤.

– سرتیپی پور، محسن. آسیب شناسی مسکن مناطق زلزله زده ایران " تجربه منجیل و بم". آبادی. تهران: شماره ٦۰ پاییز ۱۳۷۸.

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

– هونکه، زیگرید. 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 فرزان روز، ۱۳۷۹.

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

– جهان لتیباری، 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.

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]

- سرتیپی پور، محسن، آرین 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.

[Downloaded from jhre.ir on 2025-07-15]