اطلاع‌رسانی

پوسته‌های ساختمانی سبک؛ معماری به سبک نساجی

نگاهی به سیر تحول سبک معماری- از اهرام عظیم‌الجثه مصر و ساختمان‌های سبک یونان باستان و رومی تا گنبدهای سبکتر گوتیک و در نهایت معماری مدرن قرن بیستم- نشان‌دهنده یک روند پیشرفت مداوم و تقریباً خطی از جسم جامد گرفته تا فولاد و پوسته‌های شفاف شیشه‌ای می‌باشد. پیشینه ساختمان‌های آجری و چوبی راه را برای ساختمان‌های سنگی در حدود ۵۰۰۰ سال پیش باز کرد و به دلیل ابدیت‌گرایی مصریان و اعتقاد آن‌ها به بقا ساختمان‌های سنگی شکل گرفت. با انتقال فرهنگ از مصر به یونان و روم باستان، استفاده از سنگ همچنان رواج داشت اما آن‌ها از تاق‌های بزرگ‌تری برای ستون‌ها استفاده می‌کردند و در مجموع میزان مواد اولیه مورد استفاده کمتر بود. شیوه‌های معماری کلاسیک از شیوه دوریک شروع شد و به ایونی و کورینتی رسید که هر کدام به ترتیب سبک‌تر شدند. با ظهور امپراتوری روم شرقی و کلیساهای سبک رومانسک، وزن تاق‌ها کاهش یافت و با پیدایش سبک گوتیک در شمال اروپا در قرن دوازدهم و ستون‌های قوسی، کاهش وزن سرعت بیشتری گرفت.

در قرن بیستم و با پیدایش اسکلت‌های فولادی، خرپاهای مشبک و ظهور پیشرفت‌های جدید در تکنولوژی شیشه، گذار از جرم به غشا و پوسته سرعت بیشتری به خود گرفت. در ابتدای این قرن شیشه به متداول‌ترین ماده اولیه تبدیل شد. دیوارهای پرده‌ای که از اسکلت خرپا، شبکه مورب، ستون‌های جداکننده شیشه‌ای و سیستم‌های کابلی ساخته می‌شدند همه تبدیل به مصالح پرکاربرد در معماری شدند. شرکت‌ها، برج‌های شیشه‌ای را نمادی از اعتبار و پرستیژ می‌دانستند. امروزه تکنولوژی‌های ساخت و ساز سبک و سبک‌تر شامل استفاده از سازه‌های غشایی تهیه شده از پارچه و فویل می‌باشد. جالب است بدانید که دو کمپانی مطرح دنیا، گوگل و اپل در ساخت ساختمان‌های مرکزی جدید خود از سازه‌های پوسته‌ای فویل اتیلن تترافلورواتیلن و شیشه استفاده می‌کنند. کوتاه اینکه با نگاهی به معماری گذشته از ۴۰۰۰ سال پیش تا کنون می‌توان شاهد رشد خطی از اهرام ثلاثه مصر تا سازه‌های غشایی بود. آیا می‌توان با مصرف کمتر مواد اولیه و پایایی بیشتر به کاهش ردپای کربن در سیاره زمین کمک کرد؟

پارچه، فویل و سایر غشاها مواد اولیه‌ای هستند که برای تهیه سازه‌های پوسته‌ای مناسبند. این مواد با شکل منحنی خود باعث ایجاد استحکام بیشتر می‌شوند، خاصیت ضد آب و عایق‌بندی دارند، می‌توانند به صورت چندلایه درآیند و می‌توانند با کمترین جای دوخت و درز سطوح پیچیده‌ای را ایجاد کنند. پوسته‌های پارچه‌ای از زمانی که در یورت‌ها (چادرهایی که به عنوان خانه مورد استفاده قرار می‌گیرند) و خیمه‌های چرمی تمدن‌های قدیم استفاده می‌شدند، وجود داشتند اما امروزه با توجه به مواد اولیه کامپوزیتی جدید، آنالیزهای محاسباتی و نقشه‌های دیجیتال، غشاها به‌صورت یک انتخاب جدید به عنوان پوسته‌های ساختمانی دایمی درآمده‌اند.

پوسته‌های ساختمانی

برای درک بیشتر پوسته‌های ساختمانی جدید و نگرشی جدید به آن بهتر است نگاهی به ساختمان پوست بدن انسان بیندازیم. پوست انسان از سه لایه تشکیل می‌شود: اپیدرم، درم و هیپودرم. لایه بیرونی یا همان اپیدرم از منافذ غدد تعریق و ساقه مو؛ لایه میانی یا درم از بافت همبند، فولیکول مو، غدد تعریق و ماهیچه و لایه درونی یا هیپودرم هم از سیاهرگ‌ها و سرخرگ‌ها و همچنین بافت‌های همبند که لایه‌ها را به هم متصل می‌کنند، تشکیل می‌شود.

این لایه‌های یکپارچه که هر کدام عملکردهای مختلفی دارند پوستی را به وجود می‌آورند که یک پوشش ضدآب برای بدن بوده و در برابر نور آفتاب از آن محافظت می‌کند و همچنین باعث دور نگه داشتن بیماری‌ها از بدن می‌شود. زمانی که این نگرش در مورد سازه‌های غشایی به کار می‌رود، نخست باید موارد کاربردی پوسته‌های ساختمانی تعریف شود.

پوست بدن انسان نه تنها حساس بوده و اطلاعاتی را در مورد فشار و دما به مغز می‌فرستد بلکه برای حفظ حالت محافظتی خود به طور موثری بهبود پیدا می‌کند. ترکیب این دو ویژگی در یک ماده اولیه مصنوعی همان چیزی است که پروفسور ژنون بائو از دانشگاه استنفورد و تیمش بر روی آن تمرکز کرده‌اند. آن‌ها موفق به ساخت یک پوست مصنوعی شده‌اند که نه تنها نسبت به تماس حساس است بلکه دارای خاصیت خود ترمیمی سریع و تکرار شونده در دمای اتاق می‌باشد که این برای بازار منسوجات بیوپزشکی پیامدهای چشمگیری را به همراه دارد. محققان با ترکیب دو ماده اولیه-یک پلیمر پلاستیکی با خاصیت خود ترمیمی و یک فلز رسانا-موفق به انجام این کار شده‌اند.

امروزه رشد قابل ملاحظه‌ای در بازار پوشاک هوشمند به چشم می‌خورد. در این تکنولوژی‌ها از مسیرهای هوشمند در الیاف مواد اولیه برای خلق

منسوجات الکترونیکی استفاده می‌شود. در حال حاضر جوراب‌ها، نیم تنه‌های ورزشـــی و تی‌شرت‌های مجهز به سنسور ضربان قلب در بازار موجود و در دسترس هستند. با گسترش این بازار تکنولوژی‌های مشتق شده نیز احتمالاً بر تکنولوژی پوسته‌های ساختمانی تاثیر می‌گذارد.
استودیو طراحی FTL چند ســـال پیش در نیویورک به یاری کلودیو کرس و تیم نوآوری کمپانی بی‌ام‌دبلیو آمد تا برای ماشینی به نام جینا بدنه‌ای از جنس پارچه اســـترچ تولید کند. نام این ماشین از نام بازیگر ایتالیایی معروف جینا لولوبریجیدا گرفته شده است. پایه و اساس این پارچه استرچ یک اسکلت آلومینیومی سبک با یک رویه پارچه‌ای است که به طور یکپارچه قابل باز و بسته شدن می باشد(شکل ۱). استفاده از این پارچه در طراحی‌های صنعتی هنوز در مراحل اولیه خود قرار دارد اما همچنان این پرسش وجود دارد که چطور می‌توان با مصرف کمتر مواد اولیه به بهترین نتیجه رسید.

ساختار

برای پوسته‌های ساختمانی سه ســـاختار اصلی وجود دارد. سازه‌های قابی، کابلی و سازه‌های بر پایه استرات و یا سازه‌های هوای فشرده. در هر کدام از این سیســـتم‌ها، پوسته باید از قبل تحت فشار قرار گیرد تا مستحکم شود و همچنین نیازمند فرم‌یابی برای ایجاد سطوح سه بعدی متوازن است. این ســـطوح در حالت ایده‌آل دارای تنش‌های یکسانی هســـتند و به عنوان سطوح حداقل در نظر گرفته می‌شوند اما اغلب و به دلایل فضایی سطوح دارای تنش‌های مختلفی در دو جهت متضاد اولیه هســـتند. فرم‌یابی و تجزیه و تحلیل آن چه از دیدگاه برنامه‌های کامپیوتری و چه از دیدگاه استراحت دینامیک، در نهایت باید منجر به ایجاد یک پوسته ساختمانی متعادل شود که قابلیت تحمل فشارهای رو به پایین و بالا را داشته باشد.

فرم

سازه‌هایی که از پیش تحت فشار قرار می‌گیرند به اشکال زینی-سهمی گون-چنبره‌ای و دوناتی و سطوح تغییر- هیپربولویید و یا چنبره‌ای در می‌آیند. در پوسته‌های ساختمانی پیچیده، این عناصر اصلی ساختمان به صورت پنل‌های چندلایه در می‌آیند که در آن ســـطوح مختلف با خط‌الراس‌ها و خط‌القعرها محدود شده‌اند تا یک شکل هندسی پیچیده ایجاد کنند. تقاطع این خطوط به صورت عناصر خطی سه‌بعدی درآمده که توسط مدل‌سازی فیزیکی و هندسه فرم‌یابی شرح داده می‌شوند.

محصولات آکوستیک

برای ایجاد فرم در یک ســـازه دیدگاه‌های مختلفی وجود دارد از جمله در نظر گرفتن مساله آکوستیکی، محدودیت‌های موقعیتی، زاویه نور خورشید و باد. برای استفاده از محصولات باید سطوح منعکس‌کننده‌ای را ایجاد کرد که امـــواج صوتی را با هم ترکیب کنند و انعکاس دهند. نحوه استفاده از مکان موردنظر برای مثال این که موسیقی پاپ در آن پخش شود یا کلاسیک تعیین‌کننده نوع سطوح موردنیاز است. اشکال مخروطی صدا را در خود محصور می‌کنند، بنابراین در بیشتر سالن‌ها از سطوح هذلولی شکل استفاده می‌شود.
پروژه تالار موســـیقی شهر ســـان ولی در ایالت آیداهو توسط استودیو طراحـــی FTL در ســـال ۲۰۰۸ به اتمام رســـید. در طراحی این تالار محدودیت مکانی و مبحث آکوستیک مدنظر بوده است. مکان تالار در یک پیست اسکی مشهور در رشته کوه راکی بود که محل رفت و آمد افراد مشهور هالیوودی هم بوده است. نظریه اف تی ال ساخت یک سری دیواهای نگهدارنده بود که از زمین بیرون آمده، برای ایجاد یک فضای موسیقیایی به هم می‌رسیدند و مجدداً به درون زمین باز می‌گشتند. فصل موسیقی تنها در ماه‌های تابستان برگزار می‌شود اما فشار حاصل از برف زمستانی چیزی بیشتر از ۱۰۰ پوند بر فوت مربع است. اف تی ال دریافت که سفارش‌دهندگان خواستار بنایی هستند که هم دارای کیفیت فصلی و موقتی یک چادر تابستانی باشد و هم دارای امکانات دایمی‌تری باشد که بتواند خواسته‌های نمایشی و آکوستیکی آن‌ها را برآورده کند. آن‌ها تشخیص دادند که یک ساختار پارچه‌ای دایمی در برابر برف‌های محلی مقاومت نمی‌کند. طراحی نهایی، شـــبکه کابل فولادی و نوعی چوب سفت و محکم بود که تحمل بارهای عمودی وارد شده را داشته باشد. با مطرح شـــدن این ایده، اف تی ال احساس کرد که ماده اولیه چوب با توجه به فضای اطراف بسیار مناسب است و به ساختمان‌های اطراف هم می‌خورد. یک سقف مسی، مشکل مربوط به اختلاف شیب را برطرف می‌کند. جایگاه تماشاچیان هم با یک پارچه‌کشی پوشانده می‌شود که این پارچه از پاییز تا زمستان برداشته می‌شود.
از لحاظ موسیقیایی سقف چوبی باعث بهتر شنیده شدن صدا می‌شود، یک سری پنل‌های آکوستیک هم در زیر شبکه کابلی قرار گرفته‌اند که برای انواع مختلف موسیقی قابل تنظیم است.

سایه‌بان و عایق‌بندی

یکی از ویژگی‌های اساسی پارچه‌های کششی به آن‌ها امکان استفاده به عنوان جزیی از سایه‌بان‌ها را می‌دهد. پرده‌ها از زمان قدیم برای این منظور به‌کار می‌رفتند چه در بنای کولوســـئوم در رم چه در چادرهای اعراب بیابان‌نشین و چه سایه‌بان‌های خیابان‌ها در جنوب اسپانیا. مقدار سایه با استفاده از این پارچه‌ها در شرایط مختلف آب و هوایی و مناطق مختلف جهان قابل تغییر است. بر اساس تقسیم‌بندی آب و هوایی که توسط پروفسور کوپن در قرن نوزدهم و بر اساس زندگی نباتی در اطراف ســـیاره زمین انجام شد، می‌توان سایه و عایق‌بندی را هم‌زمان در یک ســـازه سبک داشت. ویژگی سایه‌بان‌های مورداستفاده در شرایط آب و هوایی ســـرد و مرطوب نظیر شمال اروپا کاملاً با انواع مورد استفاده در شرایط آب و هوایی گرم و خشک نظیر جنوب غربی آمریکا و یا آب و هوای گرم و مرطوب نظیر امریکای مرکزی متفاوت است.

در آب و هوای سرد و مرطوب بیشتر از تکنولوژی‌هایی نظیر سازه‌های فویلی بالشی استفاده می‌شود در حالی که در آب و هوای گرم و خشک معمولاً پارچه‌های مشبک به‌کار گرفته می‌شود. از پارچه‌های مستحکم نیز در آب و هوای گرم و مرطوب استفاده می‌شود.

کمپانی طراحی اف تی ال در طراحی ورودی کازینو امپایر سیتی در یانکرز مجبور بود آب و هوای شمالی آن منطقه را در نظر بگیرد. اف تی ال یک سیستم فویلی بالشی اتیلن تترافلورو اتیلن که توسط یک سازه توری فولادی پشتیبانی می‌شد را طراحی کرد که هم ورودی ساختمان به حساب می‌رفت و هم در هنگام آفتاب و باران تا سقف ۳۰ ماشین در زیر آن جا می‌شدند. این طراحی همچنین دارای نورپردازی بود و به سمبلی برای کازینو تبدیل شد. این کمپانی همچنین یک ساختار چنبره‌ای شکل برای توری فولادی طراحی کرد اما برای به حداق رساندن وزن به دنبال ساختارهای شبیه منحنی‌های فونیکولار بودند. بالش‌های اتیلن تترافلورواتیلن تا ۹۸درصد شفافیت دارند و یک جایگزین نرم برای سقف‌ها و نماهای شیشه‌ای به‌حساب می‌روند.

تولید انرژی

در سازه‌های غشایی طبیعتاً از تاق‌های بزرگ بدون پشتیبان استفاده می‌شود که می‌توان با به‌کارگیری تکنولوژی فیلم‌های نازک خورشیدی برای ایجاد برق در داخل، آن‌ها را اصلاح کرد. علاوه بر آن از غشاهای کشیده شده می‌توان به عنوان پوششی برای توربین‌های بادی استفاده کرد تا با به حداقل رساندن میزان تلاطم به بهبود کارایی توربین در سرعت‌های پایین‌تر باد کمک کند. از زمانی که پنل‌های خورشیدی برای نخستین بار در سال ۱۹۹۸ توسط کمپانی اف تی ال در موزه ملی طراحی نیویورک به کار گرفته شد، این کمپانی از تکنولوژی‌های مس ایندیوم گالیوم سلنید (CIGS) و سیلیکون بی‌نظم برای ایجاد روش‌های جایگزین تولید برق با استفاده از پوسته‌های ساختمانی استفاده می‌کند. این روش با تولید تقریبی تنها ۵ وات در فوت مربع همچنان ناکارآمد است. اما از آن جایی که مساحت سقف پوسته‌های ساختمانی معمولاً زیاد است، ناکارآمدی تکنولوژی فیلم نازک با مقرون‌به‌صرفه بودن ابعاد جبران می‌شود.

نورپردازی

در طبیعت چندین روش اساسی برای نورپردازی وجود دارد، منبع نوری، حالت فیلمی، سطحی و حجمی. غشاها می‌توانند حالت‌های طبیعی سطحی و حجمی را برای نوردهی به‌کار گیرند. استفاده از نور مصنوعی در حالت حجمی باعث ایجاد حجم‌های نورانی در فضا می‌شود. در پروژه اخیر کمپانی اف تی ال برای نورپردازی کامپیوتری دانشگاه دولتی آریزونا واقع در فینیکس از لامپ‌های تخلیه با شدت بالا برای بر روی سطح اصلی برای ایجاد یک حجم نورانی استفاده شده است و برای روشن و خاموش شدن سازه فولادی نیز دیودهای قابل برنامه‌ریزی برای انتشار نور به‌کار گرفته شده است.

جمع‌آوری آب

مساله جمع آوری آب از زمان رومی‌ها یک موضوع مهم در سقف‌های به‌کار رفته در آب و هواهای خشک بوده است. امروزه با افزایش اهمیت مسایل مربوط به پایایی و جمع‌آوری آب‌های رگباری، علاقه به جمع‌آوری این آب‌ها در مخازن برای استفاده مجدد افزایش یافته است. سازه‌های غشایی برای جمع‌آوری آب باران بسیار ایده‌آل هستند و می‌توان شکل سقف را برای این هدف دستکاری کرد.

کمپانی اف تی ال در سال ۲۰۰۹ پروژه ی ایستگاه اتوبوس رزا پارکس را در مرکز شهر دیترویت به اتمام رسانده است (شکل۲). هدف از طراحی این ایستگاه متشکل کردن شش جایگاه انتظار و اتصال آن ها به «پیپل موور»-سیستم ریلی هوایی می‌باشد. اف‌تی‌ال یک سقف ۶۰۰۰ متر مربعی را طراحی کرد که ۱۳ اتوبوس می‌توانستند در زیر آن مسافر را سوار و پیاده کنند. به دلیل فضای شهری منحصربه‌فرد و سیستم ریلی هوایی، انجام پی‌ریزی با محدودیت‌هایی مواجه بود. البته لازم بود تا این طرح تا محدوده ریل‌های هوایی را پوشش دهد. راهکار شرکت برای حل این مساله ایجاد یک سری دکل‌های A شکل بود که از یک سیستم کابل‌کش بستی برای معلق نگه داشتن ۸ خرپای منحنی شکل استفاده می‌شد. با بیرون قرار گرفتن یک سر خرپاها بر بالای جاده، منطقه اتوبوس‌ها پوشش داده می‌شد. مقطع خرپاهای A شکل دارای نقاط پایین و بالا بوده که در پارچه ایجاد انحنا کرده و امکان جمع‌آوری آب از سقف را فراهم می‌کنند، این آب در مخزنی که در زیر قرار گرفته است جمع می‌شود. لبه نقاط پایینی مجهز به لوله‌های تغذیه‌کننده و یک شیار بزرگ است که آب از آن جا به درون یک آبگیر ریخته می‌شود. منطقه جمع‌آوری آب توسط صندلی‌های انتظار مسافرین احاطه شده است. از آب جمع‌آوری شده برای آبیاری گیاهان و فضای سبز منطقه استفاده می‌شود.

چشم‌انداز آینده

پوسته‌های ساختمانی بسته به منطقه‌ای که در آنجا استفاده می‌شوند تحت تاثیر عوامل زیادی قرار دارند. فعالیت‌های آتی که در این راستا انجام خواهند شد قصد دارند تا این عوامل را یکپارچه کرده و آن را به یک پوسته چندجانبه تبدیل کنند مانند پوست بدن انسان که بتواند عملکردهای مختلفی را ارائه دهد. گام بعدی در مسیر رشد سازه‌های غشایی چندلایه کردن سیستم‌های یکپارچه است که هنگام اتصال به هم به‌صورت یک غشای چندکاره درآید که بازتابی از طبیعت است.

مرجع:

Nicholas Goldsmith, "Textile architecture: Light Building Skins", Textile World, September 2016