طبیعت، منبع الهام سازه‌های معماری

محمدشریف شهیدی / پژوهشگر دکترای معماری دانشگاه تربیت مدرس Email:shahidi_amir@yahoo.com

طبیعت طراحی زبردست و مهندسی چیره‌دست است که هم در انتخاب فرم و شکل‌های یک جسم (متناسب با نیاز آن) بهترین‌ها را انتخاب می‌کند و هم در انتخاب اسکلت و مکانیسمی که به آن جسم ایستایی و دوام ببخشد، ساده‌ترین، متناسب‌ترین و مؤثرترین را به‌کار می‌گیرد. جالب است که در طبیعت، فرم یک جسم و اجزای برپادارنده و شکل‌دهنده آن به صورت متقابل، یکدیگر را تعریف می‌کنند. بر این اساس در اواخر قرن بیستم نیز، توسعه و پیشرفت‌های تکنولوژی و پژوهش‌های انجام‌شده توسط برخی از معماران و مهندسان، این امکان را برای ساختن سازه‌های سبک فراهم کرد و در واقع یکی از دستاوردهای بزرگ در زمینه معماری و مهندسی، توسعه سازه‌هایی با وزن کم بود که این کار تنها با الهام از ساختارها و تئوری‌های طبیعی ممکن می‌شد. به‌طور کلی معماری می‌تواند در تقلید از طبیعت ۳ رویکرد را دنبال نماید:

۱- رویکرد فرمی: در این رویکرد طبیعت به صورت سمبل وارد عرصه معماری می‌شود.

۲- رویکرد سازه‌گرا: در این نگاه به اجسام طبیعی از منظر ساختاری جهت تحمل نیروها نگریسته می‌شود.

۳- رویکرد تکامل گرا: در این بخش الگوهایی از رشد موجودات یا ارگان‌های طبیعی وارد عرصه معماری می‌شود.

در این نوشتار سعی شده است تا دیدگاه‌هایی در خصوص رویکرد دوم یعنی رویکرد سازه‌گرا ارائه شود. نمودهای شاخص این رویکرد سازه‌های کابلی، سازه‌های بادی، سازه‌های پوسته‌ای و گنبد ژئودزیک هستند.

واژگان کلیدی: طبیعت، ارگانیسم طبیعی، عملکرد، فرم، سازه

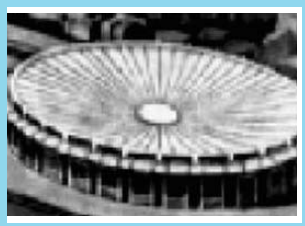
سازه‌های کابلی

بهترین مهندس در دنیای حیوانات عنکبوت است؛ تار عنکبوت مانند آب، لطیف و همچون درخت انعطاف‌پذیر و سازه‌ای شگفت‌انگیز است که تمامی مهارت‌ها در آن به‌کار رفته است. «هورست برگر» تار عنکبوت یکی از معجزات ساختمانی طبیعت است، آن‌ها از سیم‌های فولادی با همان قطر، قوی‌ترند و دارای خاصیت کشسانی هستند که به آنها اجازه می‌دهد ۲۵,۱ برابر سیم‌های فولادی کش بیایند. این ساختارهای سبک، ظریف و مقاوم توجه مهندسان را به خود جلب کرده است. مهندسین آنها را برای خلق مفهوم کابل‌های کشسان به کار می‌گیرند، تارهای عنکبوت به عنوان نمونه اولیه سازه‌های ساختمانی پل‌های معلق به کار رفتند و با تنوعی که دارند یک پدیده هنر مهندسی به‌شمار می‌روند. در کنار عنکبوت همان مدل ساختمانی را می‌توان در مدل‌های طبیعی دیگر نظیر پاهای پرده‌دار مرغان آبی، باله‌های ماهی و بال‌های خفاش نیز به خوبی مشاهده کرد که در آنها رده‌های ساختاری در یک سطح غشایی توزیع و در آن محکم شده‌اند. در ساختمان‌سازی با کابل‌های کشسان، عنصر باربر اصلی شبکه فولادی است که بر روی آن غشاهایی از مصالح مختلف می‌تواند قرار گیرد. چنین ساختارهایی برای پوشاندن فضاهایی که نقاط تکیه‌گاهی آنها فاصله زیادی با هم دارند، از کارایی بالایی برخوردار است.

از نمونه های معماری این گونه ساختاری می توان به سقف نمایشگاه مونترال، سقف استادیوم مونیخ، استادیوم المپیک مسکو، میدان گاو بازی در کارولینای شمالی و زمین هاکی روی یخ دانشگاه ییل اشاره کرد.

سازه‌های بادی

در طبیعت، بیشترین فرم‌ها از فرم‌های کوچک کروی پوسته‌ای به‌وجود می‌آیند (سازه‌های پنوماتیک). فرم‌های کروی پوسته‌ای رفتاری مشابه رفتار حباب صابون را دارند که دارای انعطاف‌پذیری مناسب و مقاومت کافی در لایه بیرونی برای محافظت از محتویات درون خود هستند. حباب‌ها با توجه به شکل فرمی خود به حداقل سطوح نیز دست می‌یابند چراکه به تبع آن حداقل مواد به‌کار رفته در آن نیز رعایت می‌شود. سبکی و ساختار منعطف آن منجر به ساختار شکل‌پذیر حباب‌ها می‌شود. هر سلول حیوانی یا گیاهی یک ساختار پنوماتیکی دارد که از غشا و همچنین محتویات داخل آن یعنی پروتوپلاسم (ماده اصلی جسم سلولی) تشکیل شده است. یکی از اصلی‌ترین عناصر تشکیل‌دهنده درون سلولی، سطح کشسان آن است که مقاومت آن باعث فرم‌دادن به شکل عمومی آنها می‌شود. نمونه‌هایی از سازه‌های پنوماتیکی را می‌توان در سیستم رسانشی جانداران و گیاهان مشاهده کرد. از جمله در درون سیستم گوارشی و خون‌دهی بدن جنین، روده، قلب، شکم و کلیه‌ها و همچنین در میوه‌های نرمی همچون انگور، گوجه‌فرنگی و هسته غلات، در زرده تخم‌مرغ یا تخم‌های نرم حشرات و خزندگان. گفتنی است که نوعی وزغ، عضوی در زیر آرواره خود دارد که می‌تواند آن را پر از باد کند،



استادیوم المپیک مسکو متکی بر کابل‌های کشسان ملهم از تار عنکبوت

استادیوم المپیک مونیخ ملهم از تار عنکبوت

گلخانه Eden در انگلستان ملهم از حباب

تالار کنفرانس در دانشگاه MIT نمونه الهام‌گرفته از پوست تخم مرغ

نمونه معماری: پاویون United States

که هوای داخل آن رفتاری مشابه عضو فشارآورنده بر روی غشا را دارد. این فشار هوا باعث کشش غشایی می‌شود. نمایشگاه دهه هفتاد ازوکای ژاپن و طراحی پاویون فوجی، پاویون یونایتداستیتز، پروژه Edenینمونه‌های معماری این نوع سازه هستند.

سازه‌های پوسته‌ای

پوست تخم‌مرغ پرندگان نمونه زیبایی از قانون استفاده از مصالح با حداکثر کارایی است. عملکرد اصلی پوست تخم‌مرغ پرندگان، حفاظت از جوجه درون آن است که با استفاده از حداقل مصالح به خوبی پاسخ داده شده است. با استفاده از مصالح بیشتر، هم به مادر صدمه وارد می‌شود و هم وزن پوسته زیاد شده و مانع شکستن آن توسط جوجه می‌شود. پوست تخم پرندگان را می‌توان به عنوان فرم قوسی سه‌بعدی در نظر گرفت که در آن نیروها به شکل فشاری منتقل می‌شوند (تقی زاده، ۱۳۸۵: ۷۵). چنین فرم قوسی شکل سه بعدی، عامل اساسی طراحی ساختمان‌ها با استفاده از گنبد و فرم‌های پوسته‌ای بوده است. همچنین پوسته دانه‌های آجیل مانند گردو، بادام، نارگیل، پوسته خارجی حشرات، پوسته بیرونی انواع بذر و دانه‌ها نمونه‌های مشابهی از این گونه‌اند. این ساختارهای طبیعی به‌واقع دارای سختی و مقاومت زیاد نسبت به نمونه‌های سازه‌ای تخت مشابه آن هستند. در بدن انسان، ساختارهای قوسی شکل، عضوهای حیاتی بدن را محافظت می‌کنند؛ جمجمه کار محافظت از مغز را بر عهده دارد و قفسه سینه حفاظت از قلب، کلیه‌ها و دیگر اعضا را بر عهده دارد. در پوسته‌های قوسی شکل؛ تمامی تنش‌ها در تمامی پوسته توزیع و در نهایت به تکیه‌گاه‌ها منتقل می‌شود. اصول سازه‌ای موجود در پوسته‌هایی چون صدف‌ها و پوست تخم‌مرغ کاملاً می‌تواند در معماری نیز صادق باشد. چرا که ساختار بهینه این پوسته‌ها چه از نظر به‌کارگیری حداقل عناصر مادی با بیشترین توانایی باربری و انتقال نیروها، همچنین کمترین ضخامت ممکن، خصوصیات بارزی است که بهره‌گیری از آن در معماری باعث بهینه‌سازی سازه‌ای خواهد شد. در اینجا گفتنی است که صدف‌های دوتکه‌ای با وجود ضخامت کم پوسته‌ها، حداکثر مقاومت را دارا هستند، بدون اینکه مواد زیادی در ساخت آن به‌کار رود. یعنی سازه‌ها می‌توانند برای افزایش در سختی و صلبیت سطح با تغییر در فرم‌های منحنی مقاوم شوند.

از انواع مختلف پوسته، می‌توان به نمونه‌هایی از قبیل پوسته با قوس استوانه‌ای، پوسته گنبدی شکل، پوسته‌های شبه هذلولی و سطوح سهمی‌وار اشاره کرد. از نمونه‌های معماری سازه‌های پوسته‌ای می‌توان کلوب شبانه جاکاراندا، رستوران مانانتیالز و تالار کنفرانس MIT را نام برد.

سازه‌های ژئودزیک

بعضی از نمونه‌های سازه‌های طبیعی تأثیر مستقیم بر انسان‌های اولیه نداشته‌اند، مانند آرایش مولکولی در ترکیبات شیمیایی که جستجوی طبیعت برای دست‌یابی به سادگی، مقاومت و زیبایی را در سطح میکروسکوپی نشان می‌دهد. «پریمولوی»، شیمیدان معروف ایتالیایی که بعداً نویسنده‌ای موفق نیز شد، یک ایده ساده ولی الهام‌بخش از زیبایی‌شناسی حاصل از صحت و درستی در فرم سازه‌ای مولکول کربن را این‌گونه توضیح داده است : در حقیقت آنچه در شیمی اتفاق می‌افتد مشابه چیزی است که در معماری ساختمان‌های بزرگ که زیبا، ساده و متقارن، محکم و نیرومند هستند. به‌طور خلاصه همان چیزی که در مولکول‌ها اتفاق می‌افتد همان چیزی است که در گنبد کلیسای جامع و یا قوس یک پل می‌بینیم. زیبایی واقعی را که درون هر دوره به‌طور خاص می‌توان جستجو نمود، شاید بتوان در شکل سنگ‌ها، فرم بدنه کشتی و یا بال هواپیما یافت. آیا «پریمولوی»، زیبایی باورنکردنی طرح «باک مینستر فولر» که سازه‌ای شگفت‌انگیز بود را دید. فرمی که برای اولین بار در سال ۱۹۹۰ در نانو تکنولوژی به‌کار برده شد و استفاده از مصالح جدید و مقاوم‌تری را در آینده نوید می‌داد. باک مینستر فولر بر این باور بود که کاراترین ساختارهای شبکه‌ای با یک فرم کروی و ترکیبات شش‌ضلعی یا سه‌ضلعی که ژئودزیک خوانده می‌شود، ساخته می‌شوند. یک سازه ژئودزیک متشکل از یک سری قطعات چهار وجهی است که شکلی کروی دارند و هرگز تغییر شکل نمی‌یابند. این ساختار ترکیبی بسیار سخت، سبک، منظم و ساده است که دارای عناصر قابل پیش‌ساخته‌شدن است. به‌عبارت دیگر این قابلیت را دارد که در مدت کم و با صرف هزینه پایین ساخته شود.

نتیجه‌گیری

طبیعت همواره به‌عنوان منبعی برای تقلید بشر در معماری مورد توجه بوده است. این توجه تنها به فرم‌های موجود محدود نبوده بلکه فرم در کنار ساختار و سازهٔ بنا، توانسته است توجه معماران به خود را معطوف نماید. فرم‌های طبیعی همواره به حالتی شکل گرفته‌اند که بتوانند پایداری لازم را برای کالبد خود تأمین نمایند، لذا می‌توان از فرم‌ها و عناصر طبیعی به عنوان پایدارترین و نیز مقرون به‌صرفه‌ترین سازه‌ها نام برد که با الهام از آنها، فرم‌های بهینه‌ای برای معماری به‌دست آورد. درواقع می‌توان گفت اجسام طبیعی همواره در جهت هماهنگ‌سازی خود با نیروهای وارد از محیط بیرون گام برمی‌دارند. زیربنای این هماهنگ‌سازی را سازه جسم طبیعی تشکیل می‌دهد. بر این مبناست که ارگانیسم طبیعی می‌تواند پاسخگوی عملکردهای خود باشد و در راستای آن فرم خود را تشکیل دهد. در رویکرد تکنولوژیک به معماری، عملکردی سبب ایجاد فرم و سازه‌ای متناسب با آن می‌شود که بتواند پاسخگوی نیروهایی باشد که از بیرون به بنا وارد می‌شود و این خود نیازمند ابزار فنی یا تکنولوژیک می‌باشد. به عبارت دیگر، می‌توان گفت در طبیعت، عملکرد و فرم در دل خود، سازه را نیز به همراه دارد و در معماری بر اساس عملکرد است که فرم و سازه شکل می‌گیرد.

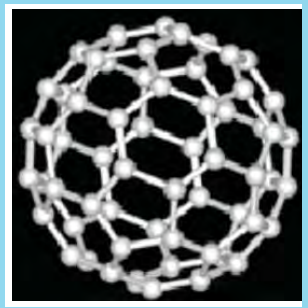
منابع

تقی زاده، کتایون (۱۳۸۵)، ***آموزه هایی از سازه‌های طبیعی، درس‌هایی برای معماران***، مجله هنرهای زیبا، شماره ۲۸.

صادقی، سامان (۱۳۸۵)، ***ساختار و سازه های بیونیک در شکل دهی به فرم معماری***، نخستین همایش سازه و معماری، تهران.

فرشچی، حمید رضا (۱۳۸۵)، ***آموزه های طبیعت در هنر مهندسی معماری سازه***، نخستین همایش سازه و معماری، تهران.

مور، فولر (۱۳۸۴)، ***درک رفتار سازه‌ها***، ترجمه محمود گلابچی، انتشارات دانشگاه تهران.



مدل شیمیایی:
طرح گنبد ژئودزیک فولر