مدول های ســـازه‌ای برج ایـــفل، زیبا، پایا و بسیار دقیق

(اقتباس یافته از بال‌های کرکس)

بهرام احتشام کردکندی
کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه ملی مهارت، عضو سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران
Behtesham11@gmail.com

۱- چکیده

درس‌هایی که باید از طبیعت آموخت، اگرهایی که ازگذشته‌های دور تاکنون مورد ارزیابی، تز و آنتی‌تز است. چگونه است که سازه‌های بزرگ مهندسی همواره توانسته‌اند زیبایی و ایستایی را در حین ماندگاری توامان ایجاد نمایند.آنچه که مستلزم است توجه به نکته‌ی ریز کلیدی است و آن، طبیعت تنها منبع الهام، شگرف و شگفتی می‌آفریند. متن مطالعاتی بیان شده اشاره به ساختارسازه‌ای دارد که فناوری را با طبیعت بیرون خود عجین ساخته و دارای طبیعت مهندسی درون است و به شیوه تحلیلی کواریانس و آموزه‌های تجربی به اثبات رسیده و با کنکاش کتابخانه‌ای سعی می‌کند که جنبه‌ی هنری سازه و یا سازه‌ی هنری مدل اعضای سازه را به کمیت و کیفیت، آنالیز و مطرح نمایدکه از بن‌مایه مدول هندسه طبیعت زنده که محرک است اقتباس یافته است. دراین راستا به کالبد سازه‌ای برج ایفل به‌عنوان هیولای معماری مدرن و پس ازآن اشاره کرده است، تاکهن و پایا، استواری و پویایی، زیبایی و معماری و نتیجتاً سازه و معماری را درآن سوی رویاها به بحث بکشاند. معادل‌سازی طبیعت زنده و سازه‌ی خرپا، حقیقتاً بیونیک معماری است و دستخوش تکنولوژی مهندسی با الهام ازریزشبکه طبیعت، زیبایی معماری است که مثلث بنیادین خرپا می‌باشد.

۲- مقدمه

آنچه که مشاهده می‌شود شرح بر این است که لزوماً سازه‌های کارامد و ماندگار که پایدار هستند از چهارچوب و کانسپت هندسه طبیعت شکل گرفته‌اند و شکل می‌گیرند[۱]، طبیعت پیرامون محیط‌ها و موجودات وابسته

به آن است، همه‌چیز مربوط به طبیعت است. نمونه‌ی موردی مورد تجربه قرارگرفته در بطن حداقل اشکال سه‌گوش منظم و نامنظم نهفته درطبیعت پیرامونی زیست انسان می‌باشد که خلق و کشف می‌شوند. متن مورد نظر سعی بر دریافت اطلاعاتی از طبیعت دارد که با انتخاب یک و یا تکرارشونده آن، فرم‌های سازه‌ای طبیعی را درساخت فرم‌های سازه‌ای مصنوعی و انسان‌ساخت که به‌عنوان الگوی طرح از آن استفاده شده است[۲] و جنبه‌ی کلی آن درک و تحلیل نیروها و سپس تعادل و سپس پایداری فرم بنا است را به بحث بکشاند، درس‌هایی که باید از طبیعت آموخت.

۲-۱- ضرورت و طرح مسئله

اشاره و توجه به چگونگی پایداری و ایستایی مدل‌های انتخاب شده از هندسه‌ی طبیعت است که چگونه ممکن است از عهد باستان تا میانه و سپس درحال حاضر توانسته است مقاومت لازم را برای ایستایی اعضای شکل گرفته خود به‌وجود آورد و چندین سال استواری (با در نظرداشتن نگهداری و رسیدگی به بنا) را ارائه دهد، علی‌ایحال طبیعت کمک کننده است که نتایج و بهره‌وری مناسبی را در هنر مهندسی ایجاد کرده است.

۲-۲- روش حل مسئله

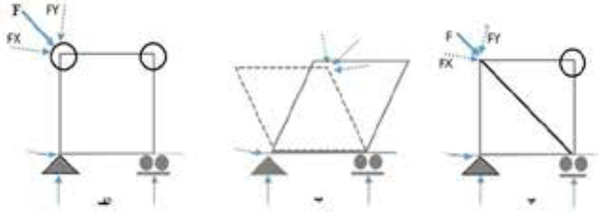
با توجه به شرح مقاله و همان‌طور که در چکیده مطرح شد لزوماً شایسته است روش‌هایی را برای تفسیر و شرح متن انتخاب نمود که جنبه‌ی کمیت و کیفیت موضوع را درآن واحد و هر دو درکنار هم مطرح نماید، در این بین نیاز به شیوه‌های استدلال تجربی که اثبات نیز شده‌اند و همچنین جنبه‌ی تحلیلی ریاضی‌گونه می‌باشد، استفاده نمود.

۳- کلیات و تجزیه تحلیل طرح

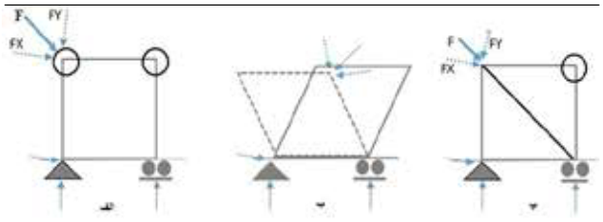
صرف نظر از موضوع همساز بودن بنای معماری با محیط پیرامونی که لزوماً یکی ازقیودهای طرح و ساخت بنای معماری لحاظ و یا توصیه می‌شود[۳,۶]، بحث همزاد بودن بنای معماری با محیط پیرامونی دراین نگرش مورد تاکید است[۳,۶]، لیکن می‌تواند همسازبودن بنای معماری را نیزبا محیط پیرامونی ایجاد نماید و پیرو قواعد و استدلال‌ها نیز باشد.

۳-۱- پایداری و ناپایداری

لزوماً و معمولا بناهای معماری و سازه‌های استراکچری آن دارای ساختاری کلی است که به‌صورت همگن می‌باشد در این رابطه مؤلفه‌هایی همچون فرم شکلی کلی بنا و قاب‌های آن و سیستم اتصالات و عکس‌العمل تکیه‌گاه اعضای سازه نقش تأثیرگذارتری نسبت به سایر مؤلفه‌های آن درزمینه پایداری و ناپایداری[۴] سازه خواهد داشت.



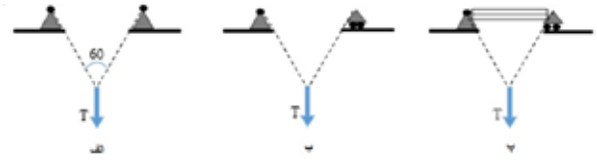
شکل۱- الف - قاب سازه‌ای مربع شکل با یک تکیه‌گاه مفصلی ساده ولغزنده با وجود اتصال صلب پایدارخواهد بود. ب- قاب سازه‌ای مربع شکل در اثر نیروهای وارده و عدم صلبیت در اتصالات و فاقد اعضای قطری مورب ناپایدار می‌باشد. پ- قاب سازه‌ای مربع شکل با وجود عضو قطری مورب به دو سازه خرپایی شکل تقسیم شده است و حتی با وجود اتصالات مفصلی نیز پایدار می‌باشد.



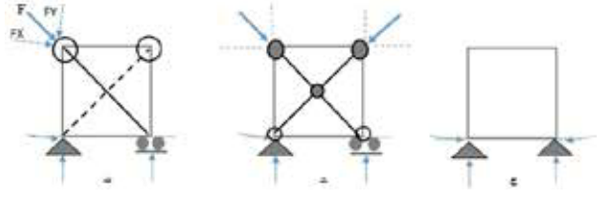
شکل ۲- ت- قاب سازه‌ای مربع شکل با دو عضو قطری مورب و حتی با وجود اتصالات مفصلی نیزپایدار می‌باشد. (عضو نزدیکتر به نیروی وارده عضو فشاری و عضو دورتر از نیروی وارد شده عضو کششی است). ث- قاب سازه‌ای مربع شکل با اعضای قطری مورب و اتصالات مفصلی به چهار سازه خرپایی شکل تقسیم شده است و پایدارو یک درجه نامعین می‌باشد. ج- قاب سازه‌ای مربع شکل دارای دو تکیه‌گاه مفصلی ساده می‌باشد با در نظر داشتن اتصالات صلب وحتی غیرصلب با یک درجه نامعین سازه پایدار است.

۳-۳- کمیت و کیفیت سازه خرپا

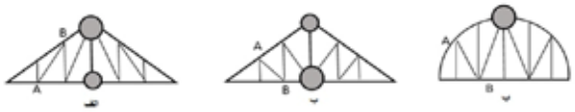
پیروی از کمیت عددی و پیشروی ازکیفیت مفهومی، کمیت کانسپت طبیعت فناوری شده است و کیفیت کانسپت کالبدی از طبیعت زنده است که درک و سپس آنالیز می‌شود. آنچه که مسلم است خرپاها به‌عنوان یک شبکه صفحه‌ای مثلث‌گونه و یا همچنین شبکه فضایی مثلث‌گونه می‌باشد که پایدارو معین و یا پایدارنامعین دارای شرایط بهره‌وری سازه‌ای مناسبی است. خرپاهای صفحه‌ای نیروهای محوری (فشاری - کششی) را فقط در صفحه تحمل و در یک جهت گسترس و قابلیت بارگذاری دارند و خرپاهای فضایی در دو صفحه و در دو جهت گسترش یافته و همچنین در دو و یا چند جهت نیروهای محوری (فشاری - کششی) را تحمل و انتقال می‌دهند[۷,۸].



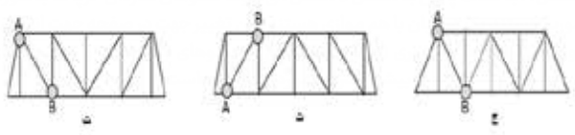
شکل۳- الف - دو تکیه‌گاه مفصلی همراه با دو عضو کششی در پایین تار خنثی برای جلوگیری ازرانش داخلی به‌صورت پایداراست. (هرچه قدرزاویه‌ی مابین دو عضو کششی در شکل مشاهده شده بیشتر باشد، نیروی رانش داخلی و خارجی در صفحه بیشتر خواهد بود). ب - یک تکیه‌گاه مفصلی و یک تکیه‌گاه غلتکی لغزنده همراه با دو عضو کششی در پایین تارخنثی دربرابررانش داخلی مقاومت نداشته و ایجاد حرکت درصفحه می‌کند و جسم ناپایداراست. پ - همانند شکل ب می‌باشد که درجهت مقابله با نیروی رانش داخلی و حرکت در صفحه، عضو فشاری در قسمت فوقانی قرار می‌گیرد و قاب خرپایی شکل را در سازه به‌وجود آورده و نتیجتاً سازه پایدار می‌باشد. مصالح با خاصیت کششی طبق اولویت شامل: کابل - میله - بعضی از انواع چوب - مصالح با خاصیت فشاری طبق اولویت شامل: سنگ - بتن - لوله - بعضی از انواع چوب



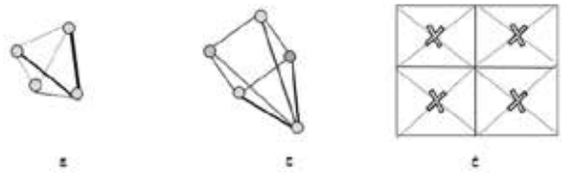
شکل۴ - ت - دوتکیه‌گاه مفصلی همراه با دو عضو فشاری در ناحیه فوقانی با اتصالات مفصلی برای جلوگیری ازرانش خارج صفحه، به‌صورت پایداراست. ث - یک تکیه‌گاه مفصلی و یک تکیه‌گاه غلتکی لغزنده همراه با دو عضو فشاری درناحیه فوقانی با اتصالات مفصلی در برابررانش خارجی مقاومت نداشته و ایجاد حرکت درصفحه می‌کند و جسم ناپایداراست. ج - همانند شکل ث می‌باشد همراه با اتصالات مفصلی است که درجهت مقابله با نیروی رانش خارجی و حرکت درصفحه، عضو کششی درقسمت تحتانی قرارمی‌گیرد و قاب خرپایی شکل را درسازه به‌وجود آورده و نتیجتاً سازه پایدارمی‌باشد.



شکل۵- الف - خرپای مسطح مثلثی با مدل سازه‌ای پرات pratt - برای پوشش دهانه‌های تا ۳۰ مترمناسب است، در مفصل فوقانی رأس پنج عضو سازه خرپا بهم پین شده است و در مفصل تحتانی صفحه سه عضو بهم پین شده است. اعضای مورب در ۱/۲ صفحه با یکدیگر موازی هستند و در ابتدا مفصل A به سمت بالا به مفصل B متصل می‌شود. ب - خرپای مسطح مثلثی با مدل سازه‌ای‌ها و Hawe برای پوشش دهانه‌های تا ۳۰ مترمناسب است. درمفصل فوقانی رأس سه عضو سازه خرپا بهم پین شده است و در مفصل تحتانی صفحه پنج عضو بهم پین شده است. اعضای مورب در ۱/۲ صفحه با یکدیگر موازی هستند و در ابتدا مفصل A به سمت پایین به مفصل B متصل می‌شود. پ - خرپای مسطح قوسی شکل Ring برای پوشش دهانه‌های تا ۳۰ مترمناسب است. اعضای خرپا به‌صورتی که در ابتدا



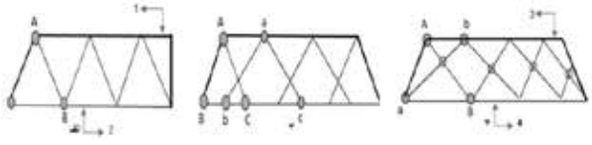
شکل ۶- معمولا خرپاهای مسطح مستطیل‌شکل با مدل‌های سازه‌ای متفاوت برای پوشش دهانه‌های تا ۱۰۰ متر نیز با مصالحی همچون فولاد مورد استفاده قرارمیگیرد ت - خرپای مسطح مستطیل شکل با مدل سازه‌ای پرات Pratt اعضای مورب در ۱/۲ صفحه با یکدیگرموازی هستند و درابتدا مفصل A به سمت پایین به مفصل B متصل می‌شود. ث - خرپای مسطح مستطیل شکل با مدل سازه‌ای پرات Hawe اعضای مورب در ۱/۲ صفحه با یکدیگرموازی هستند و درابتدا مفصل A به سمت بالا به مفصل B متصل می‌شود. ج - خرپای مسطح مستطیل‌شکل با مدل سازه‌ای وارن Warren (نمونه‌ای تکمیل شده ازفرم شکلی بال‌های کرکس). اعضای خرپا به‌صورتی که در ابتدا مفصل A به سمت پایین به مفصل B متصل می‌شود. عضوهای سازه‌ای خرپا که به‌صورت مورب هستند یک درمیان با هم موازی هستند که این تغییر جهت در صفحه جهت انتقال و توزیع بهتر نیروهای محوری (فشاری و کششی) برعضوهای سازه است و ریزشبکه‌های بیشتری در این مورد ایجاد شده است.



شکل ۷- چ - سیستم سازه‌های فضاکار، سیستم‌های فضایی هستند که مدول‌های تکرارشونده هندسی آن به صورت چهاروجهی با قائده مثلث است، لوله‌های توخالی که گسترش سازه با سه عضو و یک مفصل متصل کننده ایجاد می‌شود. ح - سیستم سازه‌های فضاکار، که مدول‌های تکرارشونده هندسی آن به‌صورت پنج وجهی با قائده مربع است. خ - سیستم سازه‌های فضاکار دارای انعطاف‌پذیری مناسبی است که در حین حذف هرکدام از چشمه‌ها و عضوها در مکانیزم کلی سازه (توزیع، انتقال و یکنواختی) و ایستایی آن اختلال ایجاد نخواهد شد از این رو بایست سرپایه‌ها و سرستون‌ها در زیر اتصالات وسیع تراجرا گردد، و اینکه فضاسازی مناسبی را نیز در پلان معماری ایجاد خواهد کرد.

۴-۱- بال‌های سخت‌شده پرندگان، علی‌الخصوص بال‌های کرکس

همان‌طور که مطرح شد و مطرح می‌شود نظم و قواعد هندسی و زیبایی هنری موجود در طبیعت پیرامونی موجب الهامات متعدد و بیشماری، توسط مهندسان و معماران در این زمینه بوده است[۲,۳]. می‌توان این‌گونه بیان نمود که طبیعت توامان ساختگاه و خاستگاه اثر معماری و محصول ایجاد شده توسط آن است، که زیبایی و ایستایی وکارایی را برای باشنده‌ی فضاها خلق نموده‌است. موضوع ریشه‌ای بحث در مورد واحد هندسی خرپا و اشکال متشابه و متجانس مورد الهام گرفته شده ریزشبکه طبیعت است که در این بین با توجه به مطالب موردی بیان شده از سازه خرپاها خصوصاً خرپای مسطح وارن، این سازه‌ی خرپا که بسیار سازه‌ی کارامد و پایا است نمونه‌ی تکامل یافته از فرمت شکلی بال‌های پرندگان شکاری علی‌الخصوص بال‌های پرنده کرکس[۲,۸] می‌باشد که اعضای قطری و مورب آن در صفحه مسطح یک در میان موازی و در هم فرورفته به‌عنوان اتصال دهنده عضوها است و نقش سازه‌ای فشاری وکششی به ترتیب دارای صلبیت و غیر صلبیت کشسان می‌باشد و استفاده شده است.

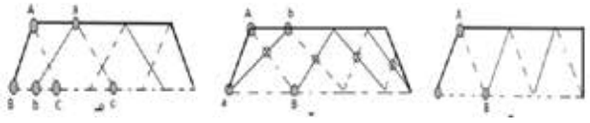


شکل ۸- الف - نمونه خرپای برگرفته شده از بال‌های کرکس برای پایداری صفحه، اعضای فوقانی و کناری سخت و ارتجاع‌ناپذیر هستند و مفصل A درجهت رو به پایین به مفصل B متصل شده است. برای عملکرد بهتر و ایستایی سازه، نیاز به عضو عمودی و مهاربندی می‌باشد .۱: صلبیت اعضا، که تحت تأثیر نیروی محوری فشاری می‌باشد.۲: اعضای تحتانی ارتجاع‌پذیر و کشسان هستند که تحت تأثیر نیروی محوری کششی می‌باشد. ب وپ - فرم شکلی از استخوان‌بندی بال‌های کرکس که مدول مثلث‌ها درهم فرورفته‌اند و در نقطه تلاقی اعضای مورب بایست بهم متصل شوند (اتصال جوش و گیردار- اگر اتصال مفصلی درنظر گرفته شود برای پایداری اعضای لوزی‌شکل نیاز به عضو عمودی می‌باشد که دو مثلث را ایجاد نماید و رفتار سازه‌ای همانند سازه خرپا ایجاد شود) هرچقدر استخوان‌ها و اعضا به تکیه‌گاه (مفصل بزرگ) نزدیک می‌شود، تجمع و تراکم‌پذیری عضوها بیشتر خواهد شد (دلیل برصلبیت کامل سازه درآن نقطه می‌باشد). ۳- صلبیت اعضا، که تحت تأثیر نیروی محوری فشاری می‌باشد. ۴- اعضای تحتانی ارتجاع‌پذیر و کشسان هستند که تحت تأثیر نیروی محوری کششی می‌باشد.

تعادل و بالانس بودن واژه مهمی در ساختار و سازه یک جسم ساکن و غیرساکن است.

۴-۲- سیستم سازه‌ای برج ایفل و نمونه‌ای ازبال‌های پرنده کرکس

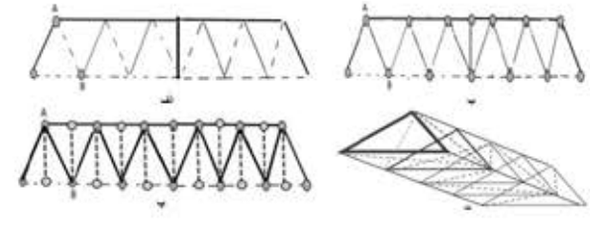
ترکیبی ازمجموعه خرپاهای مسطح که اعضای آن به‌وسیله‌ی میخ و پرچ، پیچ و مهره و ورق وصله‌هایی در تقاطع اعضا, بهم متصل شده‌اند. این بنا بزرگترین بنای تمام فولاد است که از فرم شکلی خرپایی بال پرنده کرکس جهت استقامت واستواری و مستهلک نمودن نیروهای مختلف وارد شده، از فرم کلی و برداشت ازطبیعت آن با تغییراتی در ساختار هندسی، طبیعتاً شکل گرفته است. درواقع این بنا مجموعه اعضایی ازسیستم سازه‌ی خرپای مسطح است که دارای قواعد سازه‌های فضاکار می‌باشد. کوچکترین واحد هندسی خرپا مثلث است خرپا مجموعه‌ای از شکل مثلث است که گسترش آن با مجموعه‌ای از مثلث‌ها شکل می‌گیرد. نیروها و بارهای وارد شده بر سازه خرپا ابتدا به مفصل پین و سپس توسط عضوهای سازه به تکیه‌گاه‌ها انتقال می‌یابد، اعضای خرپا نقش انتقال‌دهنده نیروها و فیوزسازه‌ای را دارند و تحت نیروهای محوری فشرده و کشیده می‌شوند. در مکانیزم سازه‌ای رفتار نیروها کمی اصطحکاک در اتصالات وجود خواهد داشت از این رو تنش خمشی ایجاد می‌نماید که بسیار ناچیز است و در تحلیل رفتار نیروها خنثی شده و در نهایت لحاظ نخواهد شد[۷,۸].



شکل ۹- الف و ب - ساختار و استخوان‌بندی بال کرکس، بررسی رفتارهای نیرویی آن به این صورت که هرچه به تکیه‌گاه خود نزدیک‌تر شود تراکم‌پذیری و فاصله اعضا از یکدیگر کمتر خواهد شد، این مکانیزم جهت افزایش صلبیت و پایداری بیشتر است. اعضای قطری که همدیگر را قطع کرده‌اند برای پایداری نیاز به اتصال گیردار در محل تقاطع‌ها دارند و یا بایست مهاربندی شوند تا اینکه سازه پایدار باشد. (فشار به‌صورت خط ممتد و کشش به‌صورت خط‌چین نمایش داده شده است). پ - نمونه‌ای ساده شده و تغییر پیدا کرده از ساختارسازه‌ای بال کرکس می‌باشد (خرپای وارن)، اتصالات مفصلی می‌باشد و اعضای پیرامونی سازه دارای صلبیت کامل است. برای پایداری بهتر و افزایش مقاومت با عضوهای عمودی مهارشوند. (فشار به‌صورت خط ممتد و کشش به‌صورت خط‌چین نمایش داده شده است، ممکن است اعضای صفر نیرویی نیز وجود داشته باشد)

۴-۳- خرپای وارن نمونه‌ای کاملتر و اقتباس‌یافته از استخوان‌بندی بال‌های کرکس

این فرم هندسی خرپا با تغییراتی در ساختار استخوان‌بندی بال کرکس، همان بازخورد و رفتارنیرویی را دارد که سازوکار سازه‌ای بال کرکس ایجاد کرده و رفتار می‌کند، اما با تغییراتی در نوع اتصالات و نحوه‌ی قرارگیری اعضای تشکیل دهنده‌ی سازه درصفحه موردنظر می‌تواند رفتارهای سازه‌ای مناسبتری را در این زمینه نسبت به استخوان‌بندی بال‌های این پرنده و همچنین در دهانه‌های وسیع‌تر بدون پایه‌های میانی و وسط به‌وجود آورد. همان‌طور که مطرح شد در سیستم سازه‌ای برج ایفل که از خرپاهای مسطح و ترکیب سایر فرم‌های سازه‌ای خرپا استفاده شده است، از فرم هندسی شکل خرپای وارن [۴،۸]و همچنین تکامل یافته‌تر و مهاربندی شده از این نوع خرپا به‌صورت متعدد و متنوع استفاده شده است.



شکل ۱۰- الف - خرپا با فرم هندسی وارن بدون مهاربندی عضوهای عمودی که حول محیط پیرامون صفحه، اعضا جهت ایجاد صلبیت به‌صورت فشاری هستند، اعضای تحتانی به‌صورت کششی خواهند بود و اعضای مورب قطری یکی‌درمیان تحت فشاری و کششی خواهند بود تا این‌که در وسط دهانه محور تقارن عمودی ادامه می‌یابد. (فشار به‌صورت خط ممتد و کشش به‌صورت خط چین نمایش داده شده است). ب- خرپا با فرم هندسی وارن مهاربندی شده با اتصالات گیردار می‌تواند پایداری و رفتارسازه‌ای مناسبی داشته باشد. پ- نمونه‌ای کامل از فرم شکلی خرپا وارن که با اتصالات مفصلی توسط اعضای عمودی سازه، سازه خرپا کاملا مهارشده است. اعضای پیرامونی صفحه خرپا صلب و فشاری هستند و درناحیه تحتانی اعضای کششی هستند. اعضای عمودی، اگر نیرویی به آن اعضا وارد نشود صفر نیرویی خواهند بود درغیر این‌صورت مطابق با شکل به‌صورت کششی هستند. (درسیستم سازه‌ای برج ایفل از این نوع خرپا و ترکیبی استفاده شده است). ث - خرپای مسطح وارن در سه سطح بهم متصل شده‌اند و در هرصفحه دارای مهاربندی مورب قطری می‌باشد و در سیستم سازه‌ای جرثقیل‌های برج کاربرد فراوانی دارد که بنیان ابتدایی آن برگرفته ازاستخوان‌بندی بال‌ها است.

۵- جمع‌بندی

بدیهی است که تعادل و بالانس بودن واژه مهمی در ساختار و سازه یک جسم ساکن و غیرساکن است که قواعد آن ازطبیعت آموخته می‌شود. در این بین می‌توان به‌آرامی نشست و فقط به دیزاین محتوا و حرکت در فضا و کانسپت ساختار سازه‌ای شکل‌دهنده‌ها در طبیعت پیرامون فکر کرد و در حد بهینه به اهداف مطلوب آن رسید و بسیاری از مسائل پیچیده در اهداف بنای معماری را حل‌وفصل کرد و سپس آن‌را با دوستان به اشتراک گذاشت که طبیعت تنها منبع برای الهامات و نشأت گرفتن است و باز هم درس‌هایی که باید ازطبیعت آموخت، ولیکن می‌شود اگرهایی که بایست مورد آزمایش و تجربه قرار بگیرد تا اینکه پاسخگو نیازها و مطلوب واقع شود. توجه و پیام اصلی متن، مطلبی در مورد الهامات، از موجودات و محصولات موجود در طبیعت است که بتوان در صورت لزوم ساختارها را تغییر داد و آن‌ها را تجزیه نمود، ترکیب نمود تا اینکه الحاقاتی را به آن بیفزود تا این‌که تکثیر شوند و کارایی و زیبایی و ایستایی را براساس نوع محصول هرکدام برحسب نیاز که مبرم است در اولویت و یا در اولویت‌تر قرار داد. در این بین سازه خرپا به‌عنوان یکی از حائز اهمیت‌ترین و کارامدترین فرم شکلی را جهت تحمل و انتقال و توزیع نیروها و سپس مستهلک کردن درساختار بناها ایجاد می‌نماید که دربسیاری ازساختارهای سازه‌ای بنا و ایمنی بنا به‌کاربرده می‌شود که بطن اصلی آن، مجموعه‌ای سازه‌ای نشأت گرفته از طبیعت است و حال آن‌که علاوه‌بر فرم هندسی تابعیت از ساختار و اسکلت خواهد داشت. نمونه‌ای از فرمت هندسی و سازه‌ای در استخوان‌بندی جانوران مشاهده می‌شود. در واقع موضوع متن اشاره زیادی به معماری بیونیک و فناوری‌های ایجاد شده درعلم و هنر آن دارد که بناهای زیادی به این روش و الهام گرفته‌شده ازریزشبکه طبیعت ساخته شده است،که سازه و معماری آن را و یا معماری و سازه‌ی آن را بیشتر بهم نزدیک کرده و جزئی از توابع کلی هم می‌باشند. دوستی مابین سازه و معماری و پایدار بودن بناهایی که با چنین ساختاری ازطبیعت شکل‌گرفته و مدیریت شده‌اند، سبک‌اند اما محکم وثابت و نگهداشت، و چندین سال استواری را توانسته‌اند به نمایش بگذارند.

> لـــزوماً و معـمـولا بـنـاهـای مـعـمـاری و سازه‌های استراکچری آن دارای ساختاری کلی اسـت کـه بـه‌صـورت همگن می‌باشد.

۶- مراجع

[۱] مشایخ فریدونی، سعید. (۱۳۷۷).درس‌هایی که باید ازطبیعت آموخت.مجله صفه. انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
[۲] گلابچی، محمود. وخرسندنیکو، مرتضی.(۱۳۹۳).معماری بایونیک.انتشارات دانشگاه تهران.
[۳] گروتر، یورگ. ت، جهانشاه پاکزاد.(۱۳۹۲).زیبایی شناختی درمعماری.انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
[۴] گلابچی، محمود. (۱۳۸۹).استاتیک کاربردی برای دانشجویان معماری.انتشارات دانشگاه تهران.
[۵] پاولی، مارتین. ت , محمودگلابچی.(۱۳۹۰).سیستم‌های ساختمانی آینده - نگاهی به معماری فردا. انتشارات دانشگاه تهران.
[۶] بانی مسعود, امیر. (۱۳۸۹).معماری غرب- ریشه‌ها و مفاهیم.نشرهنرمعماری قرن.
[۷] سالوادوری، ماریو. ت، محمود گلابچی.(۱۳۹۱).سازه درمعماری.انتشارات دانشگاه تهران.
[۸] مور، فولر. ت، محمود گلابچی.(۱۳۹۱).درک رفتارسازه‌ها .انتشارات دانشگاه تهران.