

طراحی عملکردی در مهندسی سازه و تاثیر آن بر طراحی معماری*

دکتر کتایون تقی زاده*

استادیار دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۳/۲۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۸۷/۲/۷)

چکیده:

هر آنچه در دنیا وجود دارد، دارای سازه است. از قرون وسطی تاکنون، همواره معماران و سازندگان راهکارها، شیوه‌ها و مصالح جدیدی را برای اجرای ساختمان‌ها و ترکیب سازه با معماری به منظور رسیدن به راه‌حل‌های بدیع و نو اختراع کرده‌اند. یک بخش غیرقابل تفکیک در طراحی معماری، در نظر گرفتن نوع پوشش فضا، پی‌ها، دال‌ها، ستون‌ها و سقف‌هاست. تلفیق معماری و سازه، ترکیبی است از هنر، ارزش‌های زیبایی‌شناسی، تکنولوژی، مصالح و رفتار آنها، عملکرد و اجرا. طراحی سازه‌ای را می‌توان به عنوان فرآیندی از مرتب کردن مصالح در سه بعد فضا در نظر گرفت، به طوری که بعضی از اهداف از قبل تعیین شده را در حداکثر کارایی ممکن تامین نماید. بسیاری از افراد با عبارت "فرم از عملکرد پیروی می‌کند" آشنا هستند. همه افراد می‌توانند نوع سازه بکار رفته را در ارتباط با عملکرد مورد نظر آن در ساختمان‌هایی مانند پل‌ها، سدها، عملکردهای ورزشی، نیروگاه‌ها، بیمارستان‌ها، سیلوها و ... تشخیص دهند. اما هنگامی که فقط روش‌هایی که در آن نیازهای عملکردی تعیین کننده هنر مهندسی سازه‌اند، در نظر گرفته شود، نتایج قابل توجهی حاصل می‌شود. در این مقاله ابتدا عوامل موثر در طراحی سازه‌ای بررسی و تبیین شده و سپس تاثیر این عوامل بر عملکرد، زیبایی‌شناسی و فرم معماری مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

واژه‌های کلیدی:

طراحی معماری، طراحی سازه‌ای، زیبایی‌شناسی، کارایی سازه‌ای.

* مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری نگارنده تحت عنوان "اهمیت تکنولوژی و نقش سازه در تصویرگیری اثر معماری، با رویکرد معماری معاصر ایران" است که در اسفندماه ۱۳۸۵ به راهنمایی دکتر محمود گلابچی در پردیس هنرهای زیبا به انجام رسیده است.

** تلفن و نمابر: ۰۹۶۹۶۰۹۶۶۴-۰۲۱، E-mail: ktaghizad@ut.ac.ir

مقدمه

سازه را محاسبه کرد. متأسفانه این روش خیلی عملی نیست، زیرا در این روش هزینه نسبی مصالح مختلف حذف می‌شود و اکثر هزینه‌های با اهمیت مانند ساخت و نصب در نظر گرفته نمی‌شوند.

طراح باید انواع نیروها و ترکیب آنها و نیروهای داخلی که ممکن است در عمر مفید سازه موثر باشند را در برآورد حجم احتمالی آنها بکارگیرد. چنین امری با راهنمایی کمیته‌هایی که مقررات و استانداردها را تدوین می‌کنند، امکان‌پذیر است. آیا می‌توان یک ساختمان را با هزینه‌ای زیاد برای مقابله در برابر زلزله و یا برخورد هواپیما طراحی کرد؟ اگر نه آیا می‌توان از حداقل تمهیدات برای به حداقل رساندن آسیب‌دیدگی ساختمان در برابر نیروهای فوق استفاده کرد؟

به هنگام تحلیل و آنالیز در بکارگیری مفاهیم تئوری و تکنیک‌های تحلیلی برای مدلسازی ریاضی سازه مهارت زیادی مورد نیاز است. تمامی تئوری‌ها تقریبی‌اند و طراح باید با دقت روشی را انتخاب کند که بیشتر به واقعیت سازه مورد نظر شباهت دارد و آن را به تصویرهندسی و مشخصات مصالح بکار برد. برای دستیابی به چنین هدفی طراح باید از زمینه توسعه تئوری‌ها و قوانین و مقرراتی که بکار می‌برد، آگاه باشد.

از بررسی خلاصه مطالب فوق کاملاً مشهود است که مهارت کافی، درایت و تصور قوی برای طراحی سازه‌ای مورد نیاز است، حتی در اکثر حالت‌های تکنولوژیکی محدود، می‌توان آن را به عنوان هنر توضیح داد. بزرگ‌ترین بخش این هنر تحت مواجهه با فرم مناسب برای یک سازه: قرارگیری و جابجایی مصالح در فضا برای اجرای عملکرد مورد نیاز با حداکثر کارایی قرار می‌گیرد. نرم‌افزارهای کامپیوتری و تئوری‌های سازه‌ای موجود، فقط می‌توانند تحلیل سازه را براساس هندسه پایه که از قبل تعریف شده است، تامین کنند.

در فرهنگ آکسفورد، اولین معنی برای کلمه "هنر" مهارتی که از طریق دانش و تمرین اکتساب می‌شود، تعریف شده است. در لغت نامه دهخدا هنر این‌گونه تعریف شده است: "آن درجه از کمال آدمی است که هشیاری و فراست و فضل و دانش را دربردارد و نمود آن صاحب هنر را برتر از دیگران می‌نماید". طراحی سازه‌ای آن‌گونه که در دوره‌های دانشگاهی درباره آن تفکر می‌شود، ترکیبی از تعیین اندازه اعضای موردنیاز در یک سازه معین و تحلیل آنها به منظور کنترل تنش‌ها و تغییر شکل‌ها در برابر محدودیت‌هایی که استانداردها تعیین می‌کنند، است. آیا هنر در طراحی سازه‌ای زمانی که از یک مهارت متکی به قوانین عقلی و خیلی دقیق فراتر می‌رود، وجود دارد؟

طراحی سازه‌ای را می‌توان به عنوان فرآیندی از مرتب کردن مصالح در سه بعد فضا در نظر گرفت، به طوری که بعضی از اهداف از قبل تعیین شده را در حداکثر کارایی ممکن تامین نماید. برای رسیدن به چنین هدفی در ابتدا باید فلسفه "هدف" و "کارایی" را مشخص کرد.

یک مهندس باید هدف سازه‌ای را برای حمل بارهای وارده که به پی منتقل می‌شوند، در مستقیم‌ترین راه ممکن در نظر بگیرد. کلمه "ممکن" این نکته را مشخص می‌کند که این هدف با عملکردی که سازه برای آن ساخته می‌شود، مداخله‌ای ندارد. سازه یک ساختمان باید همساز با نیاز به فضای شفاف درون پوشش نهایی باشد، مانند یک پل که باید اجازه عبور آب در زیر آن یا عبور و مرور وسایل نقلیه را فراهم نماید. هنگامی که این نیازها با صراحت عملکرد سازه‌ای تضاد و ناسازگاری دارند، یکی یا هر دو آنها از بعضی جهات به خطر می‌افتند.

کارایی سازه‌ای چیست؟ یک مهندس ممکن است آن را نسبت سود (محصول) به هزینه (سرمایه) تعریف کند. می‌توان به منظور اندازه‌گیری کاملاً دقیق هزینه، مصالح بکار رفته در یک

عوامل تاثیر گذار بر طبیعت سازه

عوامل موثر بر فرم و طبیعت سازه را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- ۱- سازه باید به طور عملی با نیازهای فضایی، سیرکولاسیون و عملکرد تعریف شده برای ساخت یک بنا (آموزشی، مذهبی، تجاری، نیروگاهی، صنعتی و ...) مطابقت کند.
- ۲- فرم سازه‌ای باید به گونه‌ای انتخاب شود تا با محدودیت‌های موجود با توجه به طبیعت زمین محل ساخت، سازگار باشد. این موارد شامل توپوگرافی، طبیعت خاک و نوع سنگ‌ها،

موانع درون سایت مانند تاسیسات زیرزمینی، ساختمان‌های چشم‌انداز سایت می‌باشند.

۳- ایستایی و پایداری ساختمان
الف - فرم سازه‌ای باید متناسب با مشخصات مکانیکی و روش‌های ساخت مصالح انتخاب شده باشد.

ب- سازه باید به طور مناسب در برابر نیروهای وارد بر ساختمان مقاومت کرده و ایمنی کافی در برابر کمانش یا شکست مصالح را تامین نماید.

در عامل اول این سوال مطرح می شود که به چه اندازه کارایی سازه‌ای باید تحت تاثیر نیازهای عملکردی باشد؟ چه بهایی باید برای رسیدن به کارایی عملکردی در مقابل کارایی سازه‌ای پرداخت؟

تاثیر شرایط زمین محل احداث ساختمان بر فرم (عامل دوم) به خوبی در مجلات مهندسی در بررسی پروژه‌های اجرا شده اثبات شده است و انتخاب فرم هماهنگ با مشخصات مصالح (عامل سوم - بخش الف) موضوع مورد علاقه نویسندگان در مورد فلسفه طراحی سازه‌ای است.

عوامل سوم - ب تا سوم - ه باعث سوالاتی در مورد تخمین میزان بارهای وارده، ابعاد عوامل ایمنی و انتخاب ضوابط اجراست. به علاوه در این زمینه در ادبیات مهندسی و در کتاب‌هایی مانند کتاب بلاکلی مطالب بسیاری تدوین شده است (Blockley, 1980).



تصویر ۲- تاثیر شرایط محل احداث ساختمان بر فرم سازه‌ای، پروژه باغ بهشت، انگلستان.
ماخذ: (www.eden-project.net)

برای طراحی مقاوم در برابر نیروهای ناشی از زلزله (عامل چهارم) نمی توان تضمین کاملی برای مقاومت در زلزله‌های بسیار شدید داد و تامین چنین خواسته‌ای قطعاً غیراقتصادی خواهد بود. فلسفه مورد پذیرش در این زمینه این است که مقداری تخریب را باید پذیرفت، ولی با اطمینان از این که سازه‌های ساختمان‌های مهم مانند بیمارستان‌ها و ایستگاه‌های آتش‌نشانی و عملکردهای پرمخاطره مانند مخازن نفت سالم باقی می ماند، هرچند که مقدار کمی تغییر شکل داشته باشند.

دو ملاحظه فلسفی اصلی در تعیین عوامل امنیت در سازه وجود دارد. اول تشخیص میزان خطری است که مردم و مالکان برای زندگی و یا سرمایه خود می پذیرند. این امر را می توان با مشاهده خطراتی که در سفرها توسط وسیله‌های مختلف حمل و نقل، در تصادفات جاده‌ها یا حوادث ورزشی مقایسه کرد، افراد مختلف چنین مخاطراتی را هنگام سفر و یا تمرینات و مسابقات ورزشی پذیرا شده‌اند، اما توقع بیشتری از ایمنی ساختمان‌هایی

ج- سازه باید بارهای وارده را بدون تغییر تصویربیش از اندازه تحمل کرده و نباید ایجاد ارتعاشات و نوساناتی نماید که موجب ترس استفاده‌کنندگان شده و همچنین نباید با تاسیسات و دیگر خدمات جنبی تداخل داشته باشد.

د- مصالح نباید دچار خستگی بیش از اندازه یا حرکت‌های نامناسب با دیگر مصالح شوند.

ه- سازه باید در برابر نیروهای ناشی از زلزله و دیگر نیروهای جانبی مانند طوفان و ... مقاومت کند.

۴- سازه باید درجه بالایی از مقاومت در برابر آتش‌سوزی را با اجازه فرار استفاده‌کنندگان و دسترسی آتش‌نشانان داشته باشد.

۵- مصالح سازه‌ای باید در برابر خوردگی و یا دیگر عوامل مقاومت مناسب داشته باشند.

۶- سازه باید از نظر زیبایی‌شناسی خوشایند باشد، حداقل از نظر بصری و ترجیحاً به معنای کامل کلمه.



تصویر ۱- تاثیر بصری سازه متناسب با عملکرد معماری، ورزشگاه سرپوشیده هاکی دانشگاه مِیل، آمریکا.
ماخذ: (www.libraries.mit.edu)

۷- سازه باید حداقل هزینه ساخت و تعمیرات مورد نیاز را برای رسیدن به استانداردهای مناسبی که بین کارفرما و بخش‌های طراحی توافق شده است، داشته باشد.

۸- مصالح و یا اجزا استاندارد انتخاب شده از نظر اقتصادی و یا تجاری باید به میزان لازم در محل اجرای طرح در دسترس باشند.

۹- باید امکان ساخت و نصب سازه با استفاده از تکنیک‌های در دسترس در هر محل وجود داشته باشد.

۱۰- پیش‌بینی رفتار سازه مورد استفاده باید از نظر مفاهیم و مدل‌های کامپیوتری ممکن باشد.

اجرای چنین عواملی تحت تاثیر سیاست‌های داخلی و خارجی گروه طراحی، مسائل و مشکلات در ارتباطات انسانی، نگرش‌ها و ارتباطات و سطح خلاقیت، انگیزه‌ها و مهارت‌های طراح قرار دارد. با توجه به عواملی که در بالا به آنها اشاره شد، سوالاتی به شرح زیر مطرح می شود:

عملکردهای ورزشی، نیروگاه‌ها، بیمارستان‌ها، سیلوها و ... تشخیص دهند. اما هنگامی که فقط روش‌هایی که در آن نیازهای عملکردی تعیین کننده هنر مهندسی سازه‌اند، در نظر گرفته شود، نتایج قابل توجهی حاصل می‌شود. به عنوان یک مثال ساده، تقاضا برای مسکن انبوه پس از جنگ و میل به داشتن جوامع اقتصادی در مراکز پرجمعیت شهر، مهندسان را به طراحی برای ساختمان‌های بلندتر راهنمایی کرد. امروزه بی‌میلی زیادی نسبت به ساختمان‌های بلند برای خانواده‌های کم درآمد باعث تغییرات بسیاری در این زمینه شده است.

مهندس سازه باید به دو دلیل موارد متعددی را در مورد طراحی عملکردی بداند: اول آن که وی می‌تواند با هوشمندی آن‌چه را که در اطراف وی قرار دارد در طی فرایند طراحی حس کند، این که چنین عواملی چگونه بر کار وی تاثیر مستقیم دارد، مهم نیست. دوم آن که اگر طراح چنین تقاضاهایی را مشکل یا پرهزینه تشخیص دهد، می‌تواند پیشنهادات سازنده‌ای برای دستیابی به فرم سازه‌ای کارتر و بدون تغییرات زیاد در عملکرد ارائه دهد.

تاثیر نیازهای عملکردی بر طرح سازه‌ای

با توجه به مطالب فوق می‌توان به این نکته دست یافت که نیازهای عملکردی نقش مهمی را در تعیین فرم سازه‌ای ایفا می‌کنند. ابعاد و محل قرارگیری سطوحی که باید در طرح تامین شود، محل قرارگیری نقاط اصلی مورد نیاز تکیه‌گاهی، مقدار بارهای وارده و ترکیب لازم برای فضاهای داخلی از جمله این نیازها می‌باشند. این عوامل در اغلب موارد انواع سیستم‌های سازه‌ای را که مانند دهانه‌های تیرها و دال‌ها، طول و محل قرارگیری ستون‌ها و شکل و نوع سطوح نهایی و پوشش دهنده بکار برده می‌شوند، تعیین می‌کنند.



تصویر ۳- تاثیر عملکرد بر معماری بر طراحی سازه‌ای، ورزشگاه آکیانر^۳، آلمان. ماخذ: (www.ammersee_region.de)

هدف عمده و اصلی از طراحی و اجرای تمام سازه‌ها حمل بارهای وارده است، حتی اگر فقط وزن خود را تحمل کنند. در بعضی موارد که بار به طور مستقیم در نقاط جدا از هم وارد می‌شود، یک سازه اسکلتی مناسب است، مانند سازه‌های به کار رفته در تیرهای اصلی برق. در اغلب موارد، مانند سیلوها،

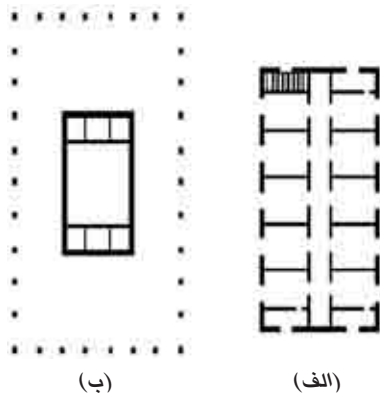
که در آنها به زندگی، کار، تفریح و ... مشغول‌اند، دارند. روش‌های مرسوم و قراردادی از ساخت و اجرا که بخشی از آن توسط اقتصاد و بخشی توسط توسعه‌های تاریخی صنعتی تعیین می‌شوند، تاثیر قابل توجهی بر فرم (عوامل هشتم و نهم) دارند، هرچند طراح در اغلب موارد از چنین روش‌های جدیدی آگاه نیست زیرا به روش‌های مرسوم عادت کرده است. این جنبه از تاثیرپذیری فرم از روش‌های ساخت به خوبی در ادبیات موجود در مورد فلسفه طراحی نشان داده شده است.

به فرایند برنامه‌ریزی تئوری‌های رفتارهای سازه‌ای (عامل دهم)، که به هنر ساده‌سازی و ایده‌آل‌سازی اضافه می‌شود، کمتر توجه شده است. حتی متون کتاب‌هایی در مورد تئوری سازه‌ای تمایل به تفسیر این سؤال وجود دارد که چه عواملی از مقررات مربوط به ساختمان حذف شده‌اند، چه مواردی حفظ شده‌اند و صحت محاسبه چگونه کنترل می‌شود؟ برای مقایسه محاسبات با استفاده از روش‌های متفاوت کامپیوتری و مقایسه صحت تئوری با رفتار واقعی آزمایشات زیادی انجام شده است^۴. چنین امری این باید دانش عمومی در فلسفه طراحی سازه‌ای باشد.

هیچ تئوری به شکل موازی برای کاربرد در طراحی سازه‌ای مناسب و راضی کننده نیست. ارتباط بین تئوری‌های کلاسیک و قوانین استاندارد برای طراحی سقف‌های بتن مسلح یک نمونه ابتدایی از این امر است. فرایند برنامه‌ریزی قوانین استاندارد برپایه تئوری یک فعالیت بسیار پیچیده می‌باشد. در این موارد باید به تقریب بیشتر و سادگی بیشتر در سایه تمرین‌های مرسوم و هندسه مشخص از سازه‌های عملی برای رسیدن به یک روش طراحی عادی و دائمی دست یافت. این عوامل باید برای عینیت بخشیدن عوامل کاربردی که در تئوری‌های اصلی حذف شده‌اند (مانند خزش در بتن، نقص در هندسه ستون‌ها و ...) توسعه یابند. تعداد بسیاری از مهندسان به استانداردها به عنوان محدودیتی غیرلازم در زمینه قوه ابتکار و مهارت‌های طراحی نگاه می‌کنند. تعدادی هنوز هم احساس می‌کنند که استانداردها توسط دانشگاه‌ها وضع شده‌اند و مجموعه‌ای وسیع و غیرلازم‌اند. ولی در عین حال نتیجه چنین مباحثاتی باعث مشارکت بیشتر در فلسفه طراحی شده است. بنابراین به دلیل وجود مجموعه‌ای وسیع و متفاوت از سوالات در طراحی ساختمان، قبل از آن که طرح بتواند پیش رود، باید تصمیمات معقول درباره پاسخگویی به آن سوالات اتخاذ شود. به طور قطع بسیاری از پاسخ‌ها در قراردادهای تامین می‌شوند و بسیاری نیز تحت استانداردهای طراحی قرار می‌گیرند، مجموع این پاسخ‌ها فلسفه طراحی را شکل می‌دهد.

طراحی عملکردی و سازه

بسیاری از افراد با عبارت "فرم از عملکرد پیروی می‌کند" آشنا هستند. همه افراد می‌توانند نوع سازه به کار رفته را در ارتباط با عملکرد موردنظر آن در ساختمان‌هایی مانند پل‌ها، سدها،



تصویر ۴- پلان تیپ از (الف) بلوک ساختمان اداری بلند، و (ب) ساختمان بلند از نوع خوابگاه شبانه‌روزی.
 ماخذ: (Highrise building and urban design, Praeger, NY, 1967)

به عبارت دیگر ساختمان‌های مسکونی، سوییت‌ها و انواع شبانه‌روزی‌های خاص، نیاز به تعداد زیادی از دیوارهای داخلی داشته و در این نوع از ساختمان‌ها نیاز کمتری به انعطاف‌پذیری فضاها وجود دارد. به علاوه آرایش فضای می‌تواند در هر طبقه تکرار شود، به طوری که دیوارهای داخلی در تمام ارتفاع ساختمان و در هر طبقه تکرار می‌شوند و مفهوم کاملی از انتقال نیروها به زمین را فراهم می‌سازند (تصویر ۴-ب).

با چنین طرح‌هایی استفاده از دیوارهای باربر سنگین با عایق صوتی موردنیاز بین واحدها و یا اتاق‌های مجاور به سادگی میسر می‌شود. در این حالت دهانه طبقات کوچک‌اند و فشاری برای تطبیق مقاومت، سختی و سبکی مانند آنچه که در طبقات یک ساختمان اداری دیده می‌شود، وجود ندارد. چنین سازه‌ای ممکن است با دیوارهای باربر آجری در ساختمانی به ارتفاع ۱۳ طبقه ساخته شود^۴.



تصویر ۵- نمونه‌ای از ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی با پلان‌های تکرارشونده در هر طبقه، مارینا سیتی، آمریکا.
 ماخذ: (www.chicagoarchitecture.info)

تمامی نیازهای خالی از لطف عملکردی ممکن است فضای بین ستون‌ها را پوشش دهد. در ساختمان منزیس، دانشگاه موناخ در ملبورن، اتاق‌ها در جبهه شمالی ساختمان (تصویر ۶) برای سکونت کارکنان ارشد طراحی شدند و بنابراین بزرگ‌تر از اتاق‌هایی بودند که در جبهه جنوبی برای دانشجویان طراحی شده بود. ستون‌های طبقه اول به فاصله تقریباً ۶ متر از یکدیگر قرار

انبارها و مخازن، بار وارده به تصویرگسترده است. بعضی مواقع محل بار وارده متفاوت است، مانند پل‌ها و کف‌های معلق. چنین بارهای گسترده و متحرکی نیاز به قوانین سطوح پیوسته دارند. در جرثقیل نیاز به تامین خطوط پیوسته تکیه‌گاهی برای شکل دادن دو ریل موازی است، بنابراین عملکرد تکیه‌گاه بار وارده اغلب تاثیر مستقیم در فرم سازه‌ای دارد.

سرپناه مقاوم در مقابل باد، باران و برف و از سرما و گرما نیز می‌باشد. چنین امری موجب طراحی سطوح بسته و محصور برای تمام ساختمان می‌شود. نیازهایی مانند حفظ حریم، تامین عایق صوتی، تامین استانداردها و آیین‌نامه‌های ساختمانی و توافق‌های محلی و بومی جز تقاضاهای اصلی است. این عوامل تعیین‌کننده بارهای وارده بر سازه وارد می‌باشند و به طور گسترده‌تر، آن چه که سازه باید در برابر آن مقاومت کند. فرم پیشنهادی سازه‌ای با توجه به نیازهای عملکردی، شاید در بعضی مواقع به مهندس کمک کند، مانند ساختمان‌های مسکونی آپارتمانی که در آن دیوارهای جداکننده داخلی و نزدیک به هم مقاومت بیشتری را از آن چه مهندس سازه احتیاج دارد، فراهم می‌کنند و در بعضی مواقع نیز مشکلاتی را ایجاد کنند، مانند ساختمان‌های اداری با دهانه‌های بزرگ و بدون دیوارهای داخلی.

طراحی سه بعدی

در نظر گرفتن یک ساختمان چند طبقه با جزئیات بیشتر به عنوان مثالی از تاثیر طراحی سه بعدی بر طراحی سازه‌ای می‌تواند کمک موثری باشد. تمایلات شخصی در آرایش فضا درون ساختمان اداری در حال حاضر دسترسی به فضاهای قابل انعطاف‌تر را برای افراد استفاده‌کننده از آن ممکن ساخته است. دهانه‌های بزرگ و بدون ستون که به طور معمول کمتر از ۸ متر نیستند، در سیستم سازه‌ای مورد نیاز است، به طوری که پارتیشن‌های سبک می‌توانند بین دفاتر مختلف با توجه به درخواست و نیازهای استفاده‌کنندگان نصب شوند. چنین ساختمان‌هایی (تصویر ۴) اغلب متشکل از یک هسته مرکزی شامل آسانسورها، پله‌ها و سرویس‌های بهداشتی و پوسته سازه‌ای بیرونی می‌باشند. دهانه تیرهای طبقات از هسته مرکزی تا پوسته بیرونی، هر طبقه را از داشتن ستون‌های داخلی آزاد می‌کند. در طراحی ساختمان‌های بسیار بلند، طراحان پوسته بیرونی را به عنوان یک طره عمودی با مقطع قوطی برای مقابله در برابر نیروهای جانبی در نظر می‌گیرند.

نوع اندازه فضا مورد نیاز است: فروشگاه‌های بزرگ و فروشگاه‌های کوچک مجاور هم. شبکه‌ای متشکل از ستون‌هایی به ابعاد ۵ تا ۱۰ متر برای طراحی چنین عملکردهایی مناسب است. استفاده از تیر و دال در سازه چنین ساختمان‌هایی این مزیت را دارد که ایجاد بازشو در آن بدون زیان رساندن به مقاومت آن راحت است. دال‌های مسطح معمولاً ارزان‌ترند، ولی برای ایجاد بازشو به خصوص در نزدیکی ستون‌ها خیلی مناسب نمی‌باشند. بتن پیش‌ساخته در چنین مواردی زیاد بکار برده نمی‌شود، زیرا برای پلان‌های با فرم‌های غیرمنظم و بارگذاری‌های غیرمتقارن مناسب نیست.

طراحی سازه با اهداف خاص صنعتی

در طراحی سازه‌های صنعتی ارتباط بین عملکرد و فرم معمولاً مستقیم‌تر از حالتی است که در ساختمان‌های مسکونی وجود دارد. در اکثر کارخانه‌ها مهم‌ترین هدف از طراحی سازه تامین پوشش برای حفظ کارگران و ماشین‌آلات از جریان‌ات جوی است. اما جریان مواد و کالا درون کارخانه و آرایش خطوط تولید نیز ممکن است بر تصویر ساختمان تاثیرگذار باشد.

در بسیاری از ساختمان‌های صنعتی سازه اصلی باید جرتقیل‌های سقفی و سازه فرعی ماشین‌آلات سنگین را نگاه دارد. نیاز برای چنین کاربردهایی اغلب بر فرم سازه‌ای چیره می‌شود. اتکینز^۷ (۱۹۶۲) سه نوع از سازه‌های صنعتی را شناسایی و معرفی کرده است:

- مخازن دیگ‌های بخار
- پالایشگاه‌های نفت
- کارخانه‌های سنگ‌شکن و ساخت فولاد

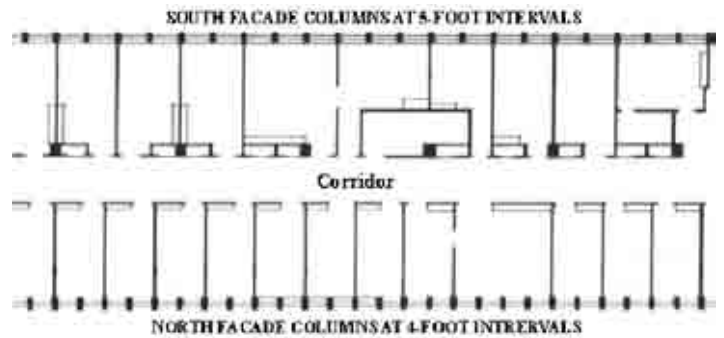
که در آنها سازه اصلی دستگاه‌ها را نگاه می‌دارد و در بعضی موارد آن را به شکل واقعی یک خانه ماشینی شکل می‌دهد. در اغلب موارد ماهیت فعالیت‌هایی که باید انجام شود و همچنین شکل و اندازه ماشین‌آلات مکانیکی فرم مناسب پوشش نهایی را پیشنهاد می‌کند.



تصویر ۷- ارتباط بین فرم نوع عملکرد و سازه: (الف) نوار نقاله خود نگهدارنده، (ب) نوار نقاله نگهداشته شده توسط دیوار با جرتقیل با بازوی متحرک. ماخذ: (Falconer and Drury 1975)

کاملاً مشخص است که نیازهای عملکردی فرمی را پیشنهاد می‌کنند که روشی مخصوص از عملکرد سازه‌ای آن است. این روش در اروپا برای تعیین فرم مخازن مخصوص تجزیه فاضلاب‌ها به شکل کره مورد استفاده قرار گرفت، زیرا در چنین

داشتند، بنابراین در نمای فوقانی مهندس معمار چهار عدد پنجره برای ایجاد فاصله از یک ستون به فاصله ۰/۱ متر در بخش شمالی قرار داده بود. البته دیوارهای متقاطع داخلی باید روی محور ستون‌ها قرار می‌گرفتند، به طوری که عرض اتاق‌ها مضربی از ۱/۵ متر در جبهه شمالی و ۱/۲ متر در جبهه جنوبی باشد.



تصویر ۶- ساختمان منزیس، دانشگاه موناخ، بخشی از پلان تپ طبقات. ماخذ: (Highrise building and urban design, Praeger, NY, 1967)

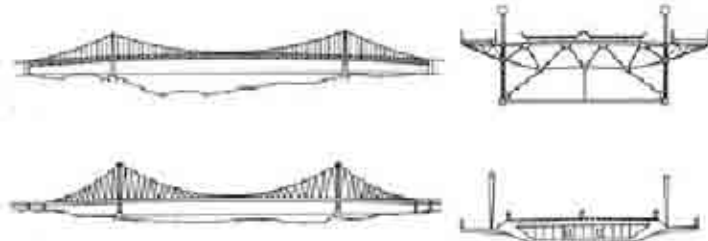
محدودیت‌های مشابهی در فاصله بین ستون‌ها (و در نتیجه در دهانه طبقات و بام) با فضای مورد نیاز برای اتومبیل‌ها در پارکینگ‌های طبقاتی، عرض مطلوب راهروها و ابعاد خط تولید در کارخانه‌ها نیز وجود دارد. اگر یک ساختمان چند طبقه دارای زیرزمین برای پارکینگ اتومبیل باشد، معمولاً فاصله ستون‌ها را فضای پارک اتومبیل در کل ارتفاع ساختمان مشخص می‌کند.

نیاز عملکردی دیگر تامین فضای باز در طبقه همکف در ساختمان‌های چندطبقه است. ممکن است این طبقه به گالری‌ها، فروشگاه‌های بزرگ یا هال ورودی بسیار بزرگ اختصاص یابد. در بعضی موارد یک فضای بدون ستون زیر ساختمان مورد نیاز است، به طوری که چشم‌انداز به دورنمای میدان عمومی یا فضای سبز را مسدود نکند. این امر طراحی یک درز انقطاع بزرگ در سیستم سازه‌ای متشکل از ستون‌های نزدیک به هم یا دیوارهای باربر به یک ستون با ابعاد بیشتر و بلندتر را ضروری می‌نماید. این تیرهای انتقالی با دهانه بزرگ مورد نیاز نه تنها بارهای بسیار سنگین را حمل می‌کنند، بلکه تعداد اعضای موجود برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی را نیز کاهش می‌دهند و پایداری را فقط در نقطه‌ای که این مشکلات بسیار شدید هستند، فراهم می‌کنند.

یکی از مهم‌ترین جنبه‌های طراحی عملکردی تامین مسیر گردش اتومبیل، محصولات و افراد است. این امر گروه‌بندی و در بعضی موارد ابعاد فضاها، اتاق‌ها، راهروها، پلکان‌ها و سالن‌های تجمع را تحت تاثیر قرار می‌دهد. لازم به ذکر است که بیمارستان‌ها دارای مشکلات پیچیده‌تری در طراحی عملکردی‌اند که در موارد تحقیق شده در این مقاله قرار نمی‌گیرند (Gero, 1977; Tregenza, 1976).

دارلو^۸ (۱۹۷۲) توضیحات جالبی در مورد ارتباط سازه با عملکرد در مراکز خرید ارائه می‌کند. نیاز اصلی برای انعطاف‌پذیری نه فقط در آرایش فضاها، بلکه در تاسیسات مکانیکی و الکتریکی نیز مطرح است. به‌طور معمول در چنین عملکردهایی دو

بهترین درجه هماهنگی بین فرم و عملکرد در طراحی آخرین پل‌های معلق به خوبی اثبات شده است، که در آنها خرپاهای سخت‌کننده و سیستم‌های سطح پل با طراحی آیرودینامیکی یک تیر اصلی با مقطع قوطی جایگزین شده‌اند (تصویر ۱۰).



تصویر ۱۰- تغییر در طراحی پل معلق، مقایسه طرح و مقطع عرضی بین پل فورث رود^{۱۱} (۱۹۶۴) و پل سون^{۱۲} (۱۹۶۶).
ماخذ: (Art of Structural Design, Holgate, A. 1986)

از مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که خصوصیات نیازهای عملکردی می‌تواند تاثیر بسزایی در محدودیت‌های مهندس سازه داشته باشد و یا ممکن است برای وی فرصت‌های غیر منتظره‌ای را در جستجوی معانی مناسب‌تر از کارایی انتقال نیروها فراهم کند.

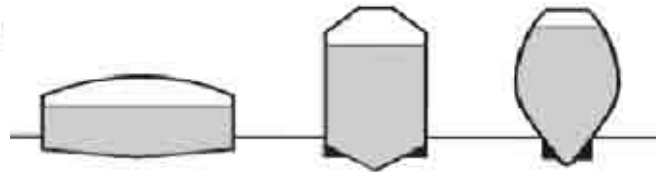


تصویر ۱۱- هماهنگی فرم و عملکرد در طراحی پل معلق آکاشی کایکو^{۱۲} در ژاپن.
ماخذ: (www.mosty200bridge.eu)

انعطاف‌پذیری در طراحی

باید بر این نکته تاکید کرد که ارزش الزامات عملکردی با شیوه زندگی، فرایندهای صنعتی و توسعه نیازهای اجتماعی تغییر می‌کند. پوشش ساختمان‌ها نباید خیلی صلب و محکم و فقط مناسب برای یک نوع عملکرد مشخص طراحی شود. از یک سو کسانی مانند طراحان بیمارستان و به خصوص طرفداران موج معماری‌های-تک^{۱۳} در جهان معماری امروز، کسانی که در تلاش‌اند ساختمان‌های انعطاف‌پذیر طراحی کنند، وجود دارند و از سوی دیگر افرادی پیرو سبک میس و ندروهه و توسعه دهندگان دفاتر اداری مدرن‌اند، که سعی دارند فضاهای ساده‌ای را با این فرض که استفاده‌کنندگان تغییراتی به دلخواه خود در این دفاتر انجام می‌دهند، تامین نمایند.

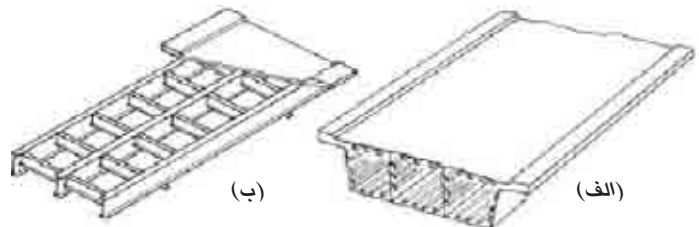
عملکردهایی نیاز به تامین یک پوشش پیوسته برای مقاومت در برابر فشار داخلی استفاده از عملکرد پیوسته‌ای را ایجاب می‌کند. در ابتدا این مخازن متشکل از یک بدنه استوانه‌ای با یک مخروط کوتاه در بالا و پایین آن (تصویر ۸-الف) بودند. محدودیت این فرم افزایش تنش‌های انتقالی زیاد در اتصال بین مخروط و استوانه است. در سال ۱۹۵۰ فینستروالد^{۱۴} مخزنی به فرم پیوسته تخم‌مرغ را طراحی کرد، اولین گروه از چنین مخازنی در سال ۱۹۵۸ در برلین کامل شدند (تصویر ۸-ج). نتیجه شکل جدید، کاهش بسیار گشتاورهای خمشی عمودی و تنش‌های کششی بود به طوری که پیش‌تنیدگی در جهت عمودی لازم نبود^{۱۵}.



تصویر ۸- یکپارچگی سازه و عملکرد در مخازن.
ماخذ: (Prestressed concrete design and construction 2nd edn. Wilhelm Ernst, Berlin, 546)

یکپارچگی عملکرد و فرم سازه‌ای

همان‌گونه که قبلاً توضیح داده شد، عملکرد یک پل، نیاز به تامین یک سطح صاف افقی برای تعیین وسعت و محل قرارگیری پل دارد. در ساخت پل‌های قدیمی (تصویر ۹-الف) چنین سطحی باید به اندازه کافی قوی ساخته می‌شد تا فاصله بین تیرهای متقاطع نزدیک به هم را پوشش دهد و آنها نیز به نوبه خود روی تیرهای طولی اصلی قرار می‌گرفتند. امروزه این یک راه‌حل طبیعی است که کل سطح پل در عملکرد سازه‌ای با یکپارچه کردن آن به عنوان یک تیرآهن فشاری و مقاوم در برابر تنش‌های طولی یکی شود. معادل تیرهای متقاطع و تراورس‌های قدیمی امروزه صرفاً به عنوان سخت‌کننده طراحی می‌شوند. این نوع از سازه پل به عنوان سطحی دارای محور اصلی عمودی شناخته می‌شود. پیشرفت نهایی استفاده از تیرهای اصلی با مقطع قوطی بوده است که در آن بال‌های تیرهای اصلی قدیمی برای شکل دادن به سطح بالایی و پایینی یکی شده‌اند، این در حالی است که جان تیرها برای شکل دادن به جان‌های کناری و داخلی مقطع قوطی باقی مانده‌اند (تصویر ۹-ب).



تصویر ۹- پیشرفت یکپارچگی فرم و عملکرد سازه‌ای:
(الف) ساخت پل قدیمی که در آن سطح پل به طور مجزا روی تیرها و تیرهای متقاطع بین روی تیرهای اصلی قرار می‌گیرند، (ب) ساخت امروزی پل که در آن سطح پل نه تنها نیروهای را پخش می‌کند، بلکه به عنوان جان فوقانی تیر با مقطع قوطی نیز عمل می‌کند.
ماخذ: (Art of Structural Design, Holgate, A. 1986)

و تحسین راهی را که یک معمار برای حل نیازهای عملکردی بدون مصالحه با مقوله معمارانه انتخاب کرده است، تحسین می‌کنند. بسیاری از روانشناسان در سطوح ابتدایی و پیشرفته "معنایی" را که مشاهده‌کننده از طریق مشخصات معلوم و معین یک ساختمان درک می‌کند، مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌دهند. بنابراین، در سطح خام و ابتدایی، یک ایوان به سبک نئوکلاسیک که به یک ساختمان متصل شده است، برای اکثر مردم نشانه‌ای از "ساختمان عمومی" است و شاید اشاره‌ای باشد به "تالار شهر"، هر چند که می‌تواند "موزه"، "گالری هنری" یا "کلیسای کلاسیک" نیز باشد. در سطحی بالاتر، یک سقف شیبدار ممکن است به معنی "سرپناه" یا "حفظ و امنیت" باشد.

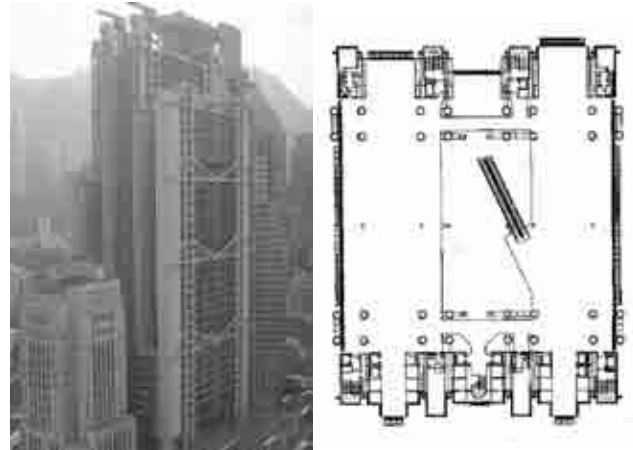


تصویر ۱۳- راه‌حل میس و ندروهه برای مسئله گوشه یک ساختمان، ساختمان سیگل، شیکاگو، ۱۹۴۷.
ماخذ: (www.greatbuildings.com)

یک خرپا یا یک سازه فضاکار^{۱۷} شاید در ابتدا نشانه‌ای از یک "کارخانه" باشد، که برای بعضی‌ها برابر است با "یک کار تکراری سخت و خسته‌کننده در یک محیط سرد و پریاهو" و برای عده‌ای دیگر "یک محیط کاری طبقه‌بندی شده". به همین دلیل معماران مدت زیادی است که در تلاش معرفی کارایی سازه‌های فضاکار برای عملکردهای غیرصنعتی مانند مراکز خرید و هتل‌ها می‌باشند. ولی مدت زیادی نیست که معماران برای تغییر افکار عمومی در معرفی سازه‌های فضاکار با عنوان "فریبنده" و "مهیج" تلاش می‌کنند.



تصویر ۱۴- استفاده از سازه فضاکار به تصویرگنبد ژنودنیک برای عملکرد نمایشگاهی، غرفه آمریکا، اکسپو ۱۹۸۶، کانادا.
ماخذ: (www.architecture.uwaterloo.ca)



تصویر ۱۲- نمونه‌ای از معماری‌های - تک در استفاده از فضاهای انعطاف پذیر با عملکرد اداری، بانک هنگ‌کنگ.
ماخذ: (www.greatbuildings.com)

بلیک^{۱۵} (۱۹۷۷) در این مورد بحث جالبی دارد که سازه‌های قدیمی که به هنگام تحول قرن طراحی شدند، برای تطبیق با عملکردهای امروزی و مدرن بسیار بهتر از سازه‌هایی که امروزه طراحی می‌شوند عمل می‌کنند. زیرا این حقیقت وجود دارد که روش ساخت ساختمان‌های قدیمی به تعداد بسیاری از گزینه‌های مسیر بارگذاری صحیح پاسخ مناسب داده است. بنابراین حتی اگر ارتباط بین عملکرد و فرم مورد شک است، گروه طراحی نباید مسئولیت خود را برای تامین به بهترین نحو آنچه که در آینده مورد نیاز است، فراموش کند و این تأثیری بدیهی و آشکار بر سیستم سازه‌ای خواهد داشت.

زیبایی‌شناسی در سازه و معماری

لغتنامه آکسفورد "زیبایی‌شناسی" را "علم شرایط وابسته به حواس و ادراک" یا "فلسفه ادراک زیبایی" تعریف می‌کند. در لغت نامه دهخدا زیبایی‌شناسی این‌گونه تعریف شده است: "شناختن زیبایی و رشته‌ای از روانشناسی. هدف از زیبایی‌شناسی شناساندن جمال و هنر است و آن درباره مجموعه انفعالات و احساسات درونی و زیبایی و زشتی و ... گفتگو کند." "زیبایی‌شناسی" معمولاً به ادراک بصری اشاره دارد و در بسیاری از کتاب‌ها برای تفسیر معماری، بر قوانین ترکیبات صوری که معماری با نقاشی و مجسمه‌سازی در آن مشترک است، تکیه می‌کنند.

به طور کلی این‌گونه برداشت می‌شود که زیبایی‌شناسی یک جزء عقلانی در کشف احساس قوه تشخیص است که طراحان در تقابل با نیازهای یک پروژه به کار می‌برند یا "لطافت و زیبایی" یک راه‌حل مشخص است. در ریاضیات لذتی وجود دارد که نشان‌دهنده سهولت آن و تلاشی اقتصادی است، در جایی که دیگران به سختی آن را حل کرده‌اند و یا حتی در حل آن شکست خورده‌اند. بدیهی است تنها مبتکران اند که این جنبه از معماری را به طور کامل مورد توجه قرار می‌دهند. منتقدان توانایی تشخیص

همچنین تروجا درباره " سنگینی و وقار بتن " و " ناآرامی و سبکی فولاد " بحث می‌کند (Torroja 1958, 282). چنین اشاراتی به "آرامش" در یک سازه که بیش از قابلیت باربری وزن خود سازه مورد توجه قرار می‌گیرد و "ناآرامی" در یک سازه که اشاره‌ای است به کوچکی مقاطع آن، کاملاً با آن چه که یک بیننده تمایل دارد سازه را تعریف کند، همخوانی دارد (Banham 1960, 143 and Collins 1965, 216).

بنابراین احساس امنیت یا عدم امنیت در بین قوانین حسی در یک ساختمان، واکنشی مسقیم به سازه آن است. اسکات اشاره می‌کند که اگر ساختمانی به شکلی ظاهر شود که احساس عدم پایداری در سازه آن وجود داشته باشد، این سازه احساسی از عدم سهولت استفاده را به وجود می‌آورد، زیرا " ما خود را در عباراتی از معماری رونویسی می‌کنیم" (Scott 1924, 213).

دو اثر معماری که سازه آنها به عامل احساس عدم پایداری به خوبی پاسخ داده اند، عبارتند از سقف کلیسای جامع کاونتری^{۲۴} در انگلستان و برج گلف لایف^{۲۵} در جکسونویل فلوریدا. در سقف کلیسای کاونتری که در آن دنده‌های سقف که از روی یک ستون در یک طرف رواق کلیسا بلند می‌شوند، به طور مستقیم به ستون مقابل نمی‌رسند، بلکه با یک فاصله بر روی ستون کنار آن قرار می‌گیرند. در برج گلف لایف، ستون‌های کناری حذف شده‌اند، این به معنی رها کردن گوشه‌های طبقات تکیه‌گاهی روی ۱۲/۸ متر طره است. هرچند یک مهندس می‌داند که مقاومت سازه در این ساختمان‌ها به خوبی محاسبه شده است و این که ستون‌ها در گوشه‌های ساختمان‌ها به طور طبیعی تحت تنش‌اند، ولی با این وجود، حذف مجموع آنها و طول زیاد طره‌ها باز هم ناراحت کننده است.



تصویر ۱۵ - احساس عدم امنیت می‌تواند با عدم تقارن در سازه ایجاد شود. دنده‌های سقف در کلیسای کاونتری (۱۹۶۲) در انگلستان مستقیماً از روی یک ستون به ستون مقابل آن نمی‌رسد.

ماخذ: (Art of Structural Design, Holgate, A. 1986)

معماران اغلب به چنین عواملی به عنوان ملاحظات زیبایی‌شناسانه در طرح‌های خود توجه می‌کنند. چنان که رادولف^{۲۶} اشاره می‌کند:

"میس وندروهه به خوبی آگاه بود که ستون‌های باریک در طرح‌های وی نمی‌توانند احساس امنیت لازم را در ساختمان‌ها ایجاد کنند. بنابراین وی با استفاده از بخش‌های تقسیم‌کننده پنجره به شکل اجازه داد دیوارهای شفاف تا حدی ادامه یابند که با ستون‌ها به شکل یکپارچه خوانده شوند" (Cook and Klotz, 1973, 121).

مشکلات بسیاری در این زمینه قابل مشاهده است. معانی متفاوت از مشاهده ساختمان‌ها در افراد مختلف ناشی از محل جغرافیایی، زمینه اجتماعی و تجربیات قبلی است. همچنین معنی عناصر معین مانند خرابی فضایی ممکن است در مدت زمان کوتاهی کاملاً تغییر کند. از نظر یک مهندس این معانی می‌تواند با تفکر عمیق‌تر و غیرجذاب در ارتباط باشد. مهندسان در دوران قبل به تغییر فرم کلیساها برای برتری در ساخت، روش‌های نصب و درک عملکرد سازه‌ای تمایل داشتند. هرچند مدارکی در نوشته‌های آبوت زوگر^{۲۹} که بین سال‌های ۱۰۸۱ تا ۱۱۵۱ زندگی کرد، وجود دارد مبنی بر این که بلندی و غرور کلیساهای گوتیک اولیه و میل به رسیدن به حداکثر نسبت پنجره به سطح دیوار که در آن زمان بسیار مورد آزمایش قرار گرفت، با قوه ابتکار طراحان ملهم از شرایط وابسته به علوم الهی کاملاً در ارتباط است (Panofsky 1946, 19-22). بنابراین نمادهای مذهبی و اجتماعی عاملی قابل ملاحظه و مهم در طراحی و تعیین عکس‌العمل افراد مختلف به ساختمان‌های اطرافشان می‌باشند. ابعاد و اندازه ساختمان تاثیر قابل توجهی بر استفاده‌کننده و مشاهده‌کننده آن دارد. این دلیلی است برای مخالفت عمومی نسبت به ساختمان‌های اداری چندطبقه و احساسات وابسته به بیگانگی و بی‌هویتی.

عامل اصلی دیگر در تاثیر روانشناسانه یک ساختمان، طبیعت فضایی است که ساختمان را تعریف می‌کند^{۲۷}. ترس از فضای بسته و احساس وابسته به وسعت و فراخی نیازی به بحث ندارد. فضای درون یک کلیسای گوتیک یا یک فضای ورزشی دارای سقف گنبدی باعث ایجاد احساسات متفاوتی نسبت به یک ساختمان اداری باز با سقف کوتاه می‌شود. این تجارب با آزمایش بر مشاهده‌گران ثابت در یک جا و همچنین افرادی که در اطراف یک ساختمان حرکت می‌کنند، اثبات شده‌اند. حرکت از یک فضای تنگ و بسته به یک فضای باز، یا حرکت در سه بعد در طول یک پله مارپیچی، به خصوص جایی که سطوح نیم طبقه جدا از هم وجود دارد، احساسات متفاوتی را در بیننده ایجاد می‌کند.

بسیاری از مشاهده‌گران احوال و اخلاق انسانی و حرکت را به نوع سازه ساختمان نسبت می‌دهند. در نوشته‌های اسکات^{۲۸} این عبارت به چشم می‌خورد که: "ما معماری را از راه عبارات و معانی ذهن خود نقل می‌کنیم" (Scott, 1924, 213). اسکولی^{۲۹} این را رویکرد "آنتروپوسنتریک"^{۳۰} می‌نامد.

مهندس برجسته اسپانیایی، ادوارد تروجا در کتاب "فلسفه سازه‌ای" درباره استعاره معماران نوشت:

"ما نمی‌توانیم هنگامی که مفاهیمی مانند ... نیروهای صعودی و نزولی را مشاهده می‌کنیم، از لبخند زدن خودداری کنیم" (Torroja 1958a, 269).

سوال اصلی تروجا این بود که آیا روزی فرا خواهد رسید تا یک طراح و مهندس قادر باشند "بین نیروهایی که شتابانه از پشت‌بند‌های معلق باریک گوتیک بالا می‌روند و آنهایی که به آرامی بر روی ستون‌های حجیم پانتئون حرکت می‌کنند، تفاوتی قائل شوند" (Torroja 1958, 269).

نتیجه

از مصالح متفاوت‌اند و شکل نهایی سازه و مقاومت آن در برابر نیروهای خارجی با توجه به نوع ماده ساختمانی مورد استفاده، متفاوت خواهد بود.

از نکات مطرح شده در تاثیر نیازهای عملکردی بر طرح سازه‌ای می‌توان نتیجه گرفت که سازه‌های معمارانه، اگر با حساسیت و مهارت کافی طراحی شوند، در ایجاد تصویری زیبا از ساختمان بسیار موثر خواهند بود. در بخش یکپارچگی عملکرد و فرم سازه ای می‌توان نتیجه گرفت که خصوصیات نیازهای عملکردی می‌تواند تاثیر بسزایی در محدودیت‌های مهندس سازه داشته باشد و یا ممکن است برای وی فرصت‌های غیر منتظره‌ای را در جستجوی معانی مناسب‌تر از کارایی انتقال نیروها فراهم کند.

از مباحث مطرح شده درباره زیبایی‌شناسی در سازه و معماری این نکته مهم مشخص می‌گردد که جدایی از تکنولوژی یا هنر هر دو غیرمطلوب و غیرصحیح است. درک این که تکنولوژی جزء لازم هنر معماری است و هنر نیز به تکنولوژی برای خدمت بهتر به انسان کمک می‌کند، امری اساسی است. این امر هیچ‌جا حقیقی‌تر از پیوند میان دو مقوله معماری و سازه نیست. پیوندی بین زیبایی و علم که برای تامین اساسی‌ترین نیازهای مادی و معنوی بشر به وجود می‌آید. زیبایی سازه‌ای بدون صحت سازه‌ای وجود داشته باشد.

هرآنچه در دنیا وجود دارد، دارای سازه است. از قرون وسطی تاکنون، همواره معماران و سازندگان راهکارها، شیوه‌ها و مصالح جدیدی را برای اجرای ساختمان‌ها و ترکیب سازه با معماری به منظور رسیدن به راه‌حل‌های بدیع و نو اختراع کرده‌اند. یک بخش غیرقابل تفکیک در معماری، در نظر گرفتن ملاحظاتمانند پوشش فضا، پی‌ها، دال‌ها، ستون‌ها و سقف‌هاست. تلفیق معماری و سازه، ترکیبی است از هنر، ارزش‌های زیبایی‌شناسی، تکنولوژی، مصالح و رفتار آنها، عملکرد و نصب.

تفاوت بین معمار و مهندس در این است که نقش معمار در خلاقیت، ابتکار، احساس و مسئولیت‌پذیری وی در برابر کارفرما، موضوع پروژه و شرایط آن متجلی می‌شود. در حالی که نقش مهندس، امری شبیه اختراع و نه آفرینش یک اثر در نظر گرفته می‌شود. منشا الهام برای معمار مانند دیگر هنرمندان، خلاقیت، احساس و دریافت‌های شخصی اوست. در حالی که مهندس اساساً در تغییر شکل و تبدیل مسائل به بیان ریاضی برای دستیابی به هدفی معین، غوطه‌ور است.

در بخش عوامل تاثیر گذار بر طبیعت سازه خوب باید تامین کننده شرایط اقتصادی در بهترین شکل باشد. شرایطی مانند کمترین هزینه و بیشترین صرفه اقتصادی باید همواره در طراحی سازه مد نظر باشد. خواص مصالح مصرفی در نوع سازه انتخابی تاثیر بسزایی دارد. روش‌های ساخت معمولاً برای هر نوع

پی‌نوشت‌ها:

۱. Eden Project
- ۲ نمونه‌ها و مثال‌های زیادی را می‌توان در متون زیر یافت:.. (1971) Lord, (1978) Chung, Lee and Ho, (1976) Green and MacLeod, (1977) Ockleston (1955), RILEM (1955), Swamy and Potter
۳. Alianze Arena
- ۴ یکی از برج‌ها در توسعه کالینز پالاس در ملبورن متتصویراز یک ساختمان اداری ۳۵ طبقه با فضای‌های بدون ستون است که روی آن ساختمان ۱۵ طبقه هتل با ستون‌های نزدیک به هم قرار گرفته است. این ساختمان یک آتریوم مرکزی دارد که در تمام ارتفاع هتل ادامه یافته است. نتیجه تغییر در فاصله ستون‌ها طراح را ناگزیر به استفاده از سیستم بتن پیش تنیده برای انتقال بارها به ستون‌های اداری در طبقات پایین کرده است (Constructional Review) (May 1977, 54-61).
۵. Marina City
۶. Darlow

- .Atkins ۷
 .Finsterwalder ۸
 ۹ مرجع: .Leonhardt (1964) Prestressed concrete design and construction 2nd edi. Wilhelm Ernst, Berlin, p.546.
 ۱۰ .Forth Road Bridge
 ۱۱ .Severn Bridge
 ۱۲ .Akashi Kaikyo Bridge
 ۱۳ .Hi-Tech (High Technology)
 ۱۴ .Hong Kong Bank
 ۱۵ .Blake
 ۱۶ .Siegel Building
 ۱۷ .Space Frame
 ۱۸ .USA Pavilion, Expo67
 ۱۹ .Abbot Suger
 ۲۰ با توجه به نوشته کالینز (Collins, 1965, 285) عبارت فضا (Space) در معنای معماری آن تا قرن ۱۸ بکار نرفته است. همچنین رجوع شود به VI.
 .Giedion (1967), Part
 ۲۱ .Scott
 ۲۲ .Scully
 ۲۳ - Anthropocentric اعتقاد به این که انسان اشرف مخلوقات و مرکز ثقل موجودات است.
 ۲۴ .Coventry Cathedral
 ۲۵ .Gulf Life Tower
 ۲۶ .Radolph

فهرست منابع:

- سالوادوری، ماریو (۱۳۸۵)، سازه در معماری، ترجمه دکتر محمود گلابچی، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
 مور، فولر (۱۳۸۵)، درک رفتار سازه ها، ترجمه دکتر محمود گلابچی، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
 گلابچی، محمود (۱۳۸۲)، سازه نظام دهنده و تعیین کننده فرم، معماری و شهرسازی، تهران.
- Atkins, W.S.A. (1962), The housing of large-scale plant, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, v.22, 424-30.
 Banham, R. (1960), *Theory and design in the first machine age*, Architectural Press, London.
 Blake, P. (1977), *Form follows fiasco*, Little Brown, Boston.
 Blockley, D. (1980), *The nature of structural design and safety*, Ellis Horwood. Chichester.
 Collins, P. (1965), *Changing ideals in modern architecture*, Faber and Faber, London.
 Cook, J.W. and Klotz, H. (1973), *Conversations with architects*, Praeger, New York.
 Darlow, C. (ed.) (1972), *Enclosed shopping centres*, Architectural Press, London.
 Gero, J.S. (ed.) (1977), *Computer applications in architecture*, Applied Science, London.
 Holgate, A. (1986), *The art in structural design*, Oxford University Press, London.
 Panofsky, E. (ed.) (1946), *Abbot Suger on the abbey church of St-Denis and its art treasures*, Princeton University Press, Princeton.
 Scott, Geoffrey. (1924), *The architecture of humanism*, University Paperbacks, London.
 Torroja, E. (1958), *Philosophy of structures*, University of California Press, Berkeley.
 Tregenza, P. (1976), *The design of interior circulation*, Crosby Lockwood Staples, London.