

آموزش معماری در مهندسی عمران: چالش‌های امروز، ضرورت‌های آینده

محمود گلابچی

استاد دانشکده معماری - دانشگاه تهران

چکیده

ویترویوس سه مرتبه برای معماری قائل است: سودمندی، پایداری و ایستایی. از مجموع آن چه که در تعریف یک طراحی معماری صحیح از گذشته تا به حال بیان شده است و براساس آنچه که در طراحی سازه به عنوان اهداف نهایی در نظر گرفته می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت اساساً یک طرح خوب واجد سه مشخصه سادگی^۱، وحدت^۲ و ضرورت^۳ می‌باشد. از سوی دیگر نیازهای اصلی که یک سیستم سازه‌ای باید به آن پاسخ دهد شامل عمل کرد^۴، ایمنی^۵ و اقتصاد^۶ می‌باشد. میزان موفقیت ساختمان در تحقق این نیازها را می‌توان با توجه به مشخصه‌های بیان شده مورد بررسی قرارداد. بدین ترتیب طراحی که نیازهای کاربردی را به طور عملی و نیز اقتصادی تامین می‌نماید، فقط به حداقل انتظاراتی که از یک طرح وجود دارد پاسخ داده است. این مقاله نشان دهنده آن است که گرچه هدف طراحی سازه ایجاد فرم‌های سازه‌ای است که ضمن تامین نیازهای کاربردی، بارهای وارد بر ساختمان را با اقتصادی‌ترین روش‌ها و بالاترین بازده سازه‌ای تحمل نمایند، اما هدف طراحی سازه باید علاوه بر دستیابی به نتایج فوق ایجاد فرم‌های ساختمانی باشد که هم از لحاظ عملکردی و هم از نظر زیبایی شناسی تامین کننده معیارهای مورد نظر باشند. این تحقیق نشان می‌دهد که در مشارکت و همکاری تنگاتنگ میان معماران و مهندسين سازه وظیفه مهندسان ساختمان ارائه طرح‌هایی است که از هر دو جنبه پایداری و زیبایی شناسی واجد شرایط لازم باشند به طوری که سازه مکمل حس زیبایی شناسی معماری بوده و صرفاً کاربردی و ارزان نباشد. براساس این تحقیق معمار و مهندس ساختمان باید در تمام مراحل طراحی ساختمان، از مراحل اولیه که طرح در حد مفاهیم اولیه در ذهن معمار تجسم می‌یابد تا مراحل طراحی تفصیلی و اجرا همکاری و مشارکت بسیار نزدیک با یکدیگر داشته باشند. در این تحقیق با استفاده از مطالعات نظری، بررسی تحلیلی تحقیقات انجام شده قبلی در این زمینه و نقد دیدگاه‌های مختلف در زمینه معماری و مهندسی ساختمان نحوه استفاده دانش مهندسی سازه در زمینه خلق مفاهیم تازه و ایجاد فرم‌های سازه‌ای بدیع با استفاده از مصالح ساختمانی جدید و بهره‌گیری از اتصالات مناسب سازه‌ای بیان می‌شود و نهایتاً نقش هنر مهندسی سازه در شکل‌گیری فرم‌های بدیع در معماری امروز جهان و ضرورت تحول در آموزش معماری در مهندسی عمران در راستای تحقق این هدف بصورت تحلیلی تبیین می‌شود.

واژه‌های کلیدی: معماری، مهندسی عمران، آموزش، هنر مهندسی سازه، فرایند طراحی

مقدمه

موضوع بخشی از آموزش آنان در مهندسی عمران مورد توجه قرار گیرد.

هدف از طراحی سازه به وجود آوردن ساختمان‌های مقاومی است که تامین کننده نیازهای کاربردی و نیز زیبایی شناسی مورد نظر باشند. طراح نه تنها باید دامنه وسیعی از انتخاب‌های مختلف را مد نظر داشته باشد، بلکه باید رفتار این سیستم‌ها را در شرایط مختلف بارگذاری دقیقاً بررسی نماید و از تامین سایر نیازهای طرح اطمینان حاصل نماید.

در این مقاله نقش و تاثیر اساسی مهندسين سازه در شکل‌گیری یک معماری صحیح، خوب و قابل قبول مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و راه‌های ممکن برای تحقق نقش واقعی و شایسته مهندس سازه در طراحی فرم و شکل‌گیری اجزای مختلف ساختمان ارائه می‌گردد. هم‌چنین به تفصیل تاثیر خلاقیت مهندسين سازه و

در ذهن عموم مردم، مهندسی سازه محدود به درک مفاهیم ریاضی، تجزیه و تحلیل سازه، تجسم تفصیلی سیستم‌های سازه‌ای و طراحی آن می‌باشد. تصور اکثر افراد از وظایف مهندس سازه جوابگویی به نیازهای یک معماری برای ایجاد یک سیستم سازه‌ای است که ضمن تحمل نیروهای وارده رفتار شناخته شده‌ای در شرایط مختلف بارگذاری داشته و از ایمنی لازم برخوردار باشد. فرآیندی از طراحی که نیاز به محاسبات بسیار زیاد جهت تعیین تنش‌ها و تغییر شکل‌ها دارد. هرچند مهندسين ساختمان واقعاً چنین محاسباتی را انجام می‌دهند اما باید سهمی بسیار بیشتر از محاسبات سازه‌ای در شکل‌گیری یک طرح معماری بدیع و نوین داشته باشند و این



شکل ۱: ساختمان پت سنتر در پرینستون.

وحدت

وحدت در یک طرح به معنای هماهنگی، یک پارچه و منسجم بودن است و نه یک شی واحد بودن. تعریف وحدت در یک پل هوایی کوچک بسیار متفاوت است با تعریف آن در یک نیروگاه تولید برق. این ساختمان‌ها از اجزاء متفاوتی تشکیل می‌شوند که باید در راستای تحقق یک هدف معین قرار گیرند. چنانچه اجزاء یک طرح در راستای نیل به یک هدف مشخص طراحی شده باشند، وحدت در تمامی اجزای طرح قابل مشاهده خواهد بود. نوعی وحدت تصنعی نیز وجود دارد که باید از آن احتراز نمود. مجموعه‌ای از اجزاء غیرمتناسب، ناهماهنگ و ناموزون را ممکن است در کنار یکدیگر قرارداد ولی عدم دستیابی این مجموعه به یک هدف واحد نتیجه‌ای جز غیرقابل قبول بودن طرح به همراه نخواهد داشت. در استادیوم المپیک مونیخ (شکل ۲) از طراحی‌های فرای آتو^۷ اجزاء طرح در عین زیبایی دارای وحدت و یکپارچگی می‌باشند.



شکل ۲: استادیوم المپیک مونیخ.

ضرورت

این اصل به نوعی کلید حل معماری طراحی می‌باشد، بهترین نتیجه هنگامی به دست می‌آید که تمامی نیازهای پیش‌بینی شده در یک پروژه تحقق یابد. این اصل ناشی از توجه به ویژگی‌های فطری انسان است. ذهن انسان در پذیرش آنچه مورد نیاز است احساس

بکارگیری دانش مهندسی سازه در ارائه فرم‌های سازه‌ای که تامین کننده خواسته‌های معماری و معیارهای زیبایی شناسی ساختمان باشند مورد بررسی قرار می‌گیرد و ضرورت توجه به این امر در آموزش معماری در مهندسی عمران در راستای تحقق این هدف بیان می‌شود.

اهداف طراحی سازه

برای یک طراحی خوب، صحیح و مناسب تعاریف متعددی ارائه گردیده است. ویتروویوس سه مرتبه برای معماری قائل است: سودمندی، پایداری و زیبایی [۱]. از مجموع آنچه که در تعریف یک طراحی صحیح از گذشته تا به حال بیان شده است و براساس آنچه که در طراحی سازه به عنوان هدف نهایی در نظر گرفته می‌شود می‌توان نتیجه گرفت اساساً یک طرح خوب واجد مشخصاتی بشرح زیر می‌باشد:

الف- سادگی

ب- وحدت

ج- ضرورت

هریک از این مشخصات باید در تمامی مراحل طراحی مورد توجه قرار گیرد و حتی در مرحله تعیین جزئیات و طراحی اجزاء ساختمان به طور دقیق رعایت گردد.

سادگی

این اصل در تمامی هنرها بنحو گسترده مورد توجه می‌باشد و یک اصل مشترک در زمینه‌های مختلف طراحی از طراحی معماری تا طراحی صنعتی بشمار می‌رود و نتیجه آن احساس آرامش و آسایشی است که حاصل کوشش فراوان طراح جهت تحقق این اصل بسیار مهم است. سازه‌ای که در آن تامین نیازها و خواسته‌ها و آسایش استفاده کنندگان به سختی محقق می‌گردد دارای سادگی نیست. ساده بودن به معنی ابتدایی بودن نیست، سازه‌ای که منطبق با نیازهای طرح بوده، به سهولت قابل اجرا باشد و در عین حال دارای پیچیدگی‌های تحلیلی و محاسباتی نباشد را می‌توان یک سازه واجد اصل سادگی دانست. ریچارد راجرز در طرح ساختمان پت سنتر در پرینستون (شکل ۱) به خوبی از این ویژگی جهت ارائه طرح‌های بدیع و نوین با بکارگیری مفاهیم اولیه و ساده استفاده نموده است.

اقتصاد می‌باشد. میزان موفقیت ساختمان در تحقق این نیازها را می‌توان با توجه به ویژگی‌های بیان شده مورد بررسی قرار داد. بدین ترتیب طرحی که نیازهای کاربردی را به طور عملی و نیز اقتصادی تامین می‌نماید فقط به حداقل انتظاراتی که از یک طرح وجود دارد پاسخ داده است. وظیفه سنگین طراح برای دستیابی به سادگی، وحدت و ضرورت تلاش و کوشش بسیار در جهت رسیدن به مناسب‌ترین راه حل‌های سازه‌ای و تحقق این ویژگی‌ها را الزامی می‌نماید. در ساختمان ۱۰۰ طبقه مرکز جان هنکاک (شکل ۴) در شیکاگو، طرح معماری با رعایت اصل سادگی و براساس نیازهای سازه‌ای از سیستم لوله ای^۹ که ساختمان تماماً به صورت یک لوله عمودی با مقطع متغیر در برابر نیروها مقاومت می‌کند، شکل گرفته است. در این سیستم تمامی ساختمان به صورت واحد بعنوان یک لوله عمودی با ابعاد مقطع متغیر در برابر نیروها مقاومت می‌نماید و برای تامین پایداری جانبی ساختمان، اعضا مهاربندی قطری براساس ضرورت در نمای ساختمان قرار گرفته‌اند.

نتایج حاصل از تحقق این اصول در چنین طرحی‌هایی نشان دهنده ضرورت آموزش این اصول در برنامه درسی رشته‌های مهندس عمران است.

مهندس سازه، تصور و انتظارات

مهندسی سازه تخصصی نوین و پدیده نسبتاً جدیدی است. برای مدت‌های زیادی هیچ تمایزی بین طراحان، معماران و مهندسين و حتی بین مهندسين و سازندگان وجود نداشت. در پی جدا ساختن تخصص‌های گوناگون و تفکیک وظیفه طراحی سازه از طراحی معماری و تعریف مهندس سازه و تعیین وظایف خاص و محدود برای مهندسين سازه در زمینه محاسبات سازه‌ای، از آنان تصویری فاقد خلاقیت و تخیل بوجود آورده است بنحوی که مهندسين سازه عموماً به عنوان افرادی که فقط علاقمند به ریاضیات محض و محاسبات پیچیده درارتباط با نیروها و تغییر شکل‌ها می‌باشند شناخته می‌شوند. به همین دلیل امروزه مهندسين سازه مشکلات فراوانی برای اثبات خلاقیت و قدرت تخیل خویش دارند. جک زونز این مشکل را چنین بیان می‌نماید:

آرامش می‌کند و در حضور عناصر زائد و ساختگی احساسی ناآرام دارد.

طراحی هوشمندانه و استثنایی موزه هنر میلواکی (شکل ۳) توسط سانتیاگو کالاتراوا در ویسکانسین، امریکا با ترکیبی خلاقانه از سازه‌های کششی، فرم‌های آزاد و سقف‌های دارای انحنا و ادغام آن با پل عابر پیاده کابلی پاسخی مناسب به معیارهای فوق‌الذکر و نشان دهنده بکارگیری صحیح اصول پایداری سازه و رفتار مناسب ساختمان در برابر نیروها همراه با رعایت اصل ضرورت در طراحی سازه و ساختمان می‌باشد. رعایت همین اصول و توجه به این معیارها در طراحی موزه هنر میلواکی علت اصلی موفقیت این طرح بوده است. طرحی که می‌تواند از نظر نوآوری با قصر بلورین^۸ طراحی جوزف پاکستون مقایسه شود.



شکل ۳: موزه هنر میلواکی.

این اصول (سادگی، وحدت و ضرورت) را نباید تنها به عنوان مراحل تحقق یک طرح در روند طراحی در نظر گرفت. بلکه این ویژگی‌ها به منزله معیارهایی هستند که می‌توان یک طرح خوب را نیز توسط آنها ارزیابی نمود. آموزش سه مشخصه سادگی، وحدت و ضرورت در رشته مهندسی عمران از مهم‌ترین نیازها برای اطمینان از تحقق چنین اهدافی در طرح‌ها و پروژه‌ها می‌باشد و این امر نیازمند نگرشی جدید در برنامه ریزی آموزشی این رشته و ایجاد یک تحول در زمینه توجه به معماری با تعریفی جدید در رشته مهندسی عمران است.

عمل کرد، ایمنی، اقتصاد

به طور معمول نیازهای اصلی که یک سیستم سازه‌ای باید به آن پاسخ دهد شامل عمل کرد، ایمنی و

برای بسیاری از افراد و حتی متخصصان در اغلب موارد بسیار مشکل است تا نقش واقعی مهندسی را بشناسند. بخش عمده کار مهندسی از نظرها مخفی می ماند و به همین دلیل درک آن آسان نمی باشد. در چنین شرایطی جای تعجب نیست که معمارانی به مهندسیین سازه طرح مانند یک تکنسین نگاه کنند. واقعیتی که ریچارد راجرز نیز در مورد آن اظهار تاسف می کند و اضافه می نماید که:

“اکثر اوقات حقایق به اندازه کافی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار نمی گیرند، زیرا برای همه آسان تر است که روش های ساده و متداول را برای حل مشکلات انتخاب نمایند، البته نباید فراموش کرد که مهندسیین سازه هر چند از دانش فنی و مهارت بالایی برخوردار باشند بندرت تمایل به درمیان گذاشتن عقاید خود دارند. از سوی دیگر تجربه اندکی در بیان این که از دید خود آنها چه کسی یک مهندس سازه موفق تلقی می شود دارند.”

تبادل نظر لازمه دستیابی به شرایط لازم برای یک همکاری موفق بین معمار و مهندس ساختمان است. مهندسیین باید رفتار و عکس العمل یک ساختمان را در شرایط متفاوت بارگذاری تحلیل نمایند. این مسئولیت، مهندسیین ساختمان را نسبت به سایرین یعنی کسانی که اطلاعات فنی لازم را ندارند و حساسیت نقش مهندسیین و مشکلات را بخوبی درک نمی نمایند، محافظه کار تر می کند. در ساختمان مرکز فرهنگی ژرژ پمپیدو^{۱۳} در پاریس (شکل ۶) طراحی ریچارد راجرز و رنزو پیانو همکاری مشترک بین معمار و مهندس سازه و قرار گرفتن سازه در بیرون ساختمان سبب گردیده است حداکثر انعطاف پذیری در فضاهای داخلی ساختمان ایجاد گردد. در نتیجه می توان فعالیت های مختلف و نمایشگاه های متعدد را با حفظ خصوصیات هریک در آن برگزار نمود.



شکل ۶: مرکز فرهنگی ژرژ پمپیدو در پاریس.



شکل ۴: ساختمان جان هنکاک در شیکاگو.

“... اگر سعی کنید تا بفهمید چه کسی هواپیمای کنکور را طراحی کرده است، چنین تصویری در ذهن شکل می گیرد که گروهی شامل صنعتگران، برنامه ریزان، ناظران و سازندگان آن را ساخته اند و اقتصاد آن نیز تحت کنترل مدیرانی است که افراد با تخصص های مختلفی را بکار می گیرند و در نهایت و آخر از همه طراحان را نیز شامل می شود. این تصویر بسیار عادی و بعضاً شبیه کاریکاتور نشان دهنده القاء این مطلب در ذهن بسیاری از انسان هاست که دنیای مهندسی در یک محیط انتزاعی و دور از معانی و مفاهیم واقعی گم شده است.”

باکمینستر فولر^{۱۰} با بهره گیری مناسب از خصوصیات مصالح و درک صحیح از رفتار سازه های پربازده گنبد های ژئودزیک^{۱۱} و با طراحی ساختمان های بدیع همچون غرفه امریکا در نمایشگاه جهانی مونترال^{۱۲} موفقیت های بزرگی در زمینه اجرای این سازه ها کسب نمود و امتیازات قابل توجه این سیستم ساختمانی را به خوبی در معرض قضاوت و استفاده معماران و مهندسان قرار داد (شکل ۵).



شکل ۵: غرفه امریکا در نمایشگاه جهانی مونترال.

تنها به یک رقابت تبدیل نخواهد شد بلکه معمار و مهندس پذیرای نقش واقعی یکدیگر در شکل‌گیری یک معماری خوب خواهند بود. نتیجه چنین تفکری بخوبی توسط نورمن فاستر در طراحی برج ۸۴۰ متری میلینیوم^{۱۷} (شکل ۸) به کار گرفته شده است. در این طرح از سیستم لوله‌ای با شکل مخروطی و مهاربندی‌هایی در نمای بیرونی ساختمان برای پایداری در برابر نیروهای قائم و افقی استفاده شده است.



شکل ۸: برج میلینیوم.

بررسی‌های فوق‌نشان دهنده ضرورت تحول در برنامه آموزشی رشته مهندسی عمران و توجه به این امر می‌باشد که مهندس ساختمان باید با الگوهای موفق هنر در زمینه طراحی چه در گذشته و چه حال آشنا باشد، هم چنان که معماران، هنرمندان و موسیقی‌دانان معمولاً این گونه هستند. مهندسان ساختمان می‌توانند به قدرت تخیل و درک بسیار بالا دست یابند آن‌گاه که این قابلیت را پیدا کنند که بتوانند توضیح دهند چرا یک بنای خاص خوب طراحی شده و چرا بنای دیگری طراحی خوبی ندارد و یا اینکه چرا پیر لوییجی نروی، میلارت، فلیکس کاندلا و ادوارد تروجا و افرادی در عصر حاضر مانند پیتر رایس و سانتیاگو کالاتراوا مهندسين سازه موفق بوده‌اند. چنین بحث‌هایی به آنها این امکان را خواهد داد تا بتوانند طبیعت و ویژگی‌های طراحی مهندسی را به خوبی دریابند و به دریافت‌های دقیق‌تری از نحوه موفقیت طرح‌های برجسته دست یابند و از آن در طراحی‌های خویش بهره‌گیرند.

در مقابل پیتر رایس که برجسته‌ترین طراحی‌های سازه‌ای را برای مهم‌ترین طرح‌های معماری قرن بیستم در قالب شرکت اوو اروپ و شرکاء ارائه نموده است در سخنرانی خویش هنگام دریافت نشان افتخار آکادمی سلطنتی معماران بریتانیا^{۱۴} در سال ۱۹۹۲ ادعا می‌نماید که مهندسين ساختمان نیاز به هویتی مستقل دارند:

”...برای تعیین حدود و یا بیان فرق بین مهندسی سازه و معماری، به نظر من معمار روشی ذهنی را در کار خود مورد توجه قرار می‌دهد در حالیکه مهندس سازه روش‌های عینی را به کار می‌گیرد. اما این دنیای عینی مهندسی عناصر فراوانی دارد که درمورد بسیاری از آنها هنوز شناخت کاملی وجود ندارد. معمار مکانی را در نظر می‌گیرد و می‌گوید به نظر او چه چیزی باید در آن مکان قرار داده شود. در حالی که مهندس با استفاده از داده‌ها و اطلاعات ذهنی خویش باید بیشتر سعی در اختراع فرم‌ها نماید تا تعریف فضاها.“

طراحی پل ژاپن^{۱۵} به دهانه ۱۰۰ متر در ناحیه لادفانس پاریس^{۱۶} (شکل ۷) که توسط پیتر رایس که و با بهره‌گیری از یک فرم قوسی بدیع انجام شده است، به خوبی تاثیر بکار گرفتن این روش‌های عینی را در طراحی چنین سازه‌ای همراه با نوآوری و ابداع فرم‌های جدید نشان می‌دهد.



شکل ۷: پل ژاپن در پاریس.

این نقش‌های متفاوت و در عین حال یکسان از نظر اهمیت که برای رسیدن به یک هدف واحد در نظر گرفته می‌شوند باید کاملاً درک شوند تا بتوان به ارزیابی صحیح و تشخیص درست درمورد اهمیت کار و حرفه یک مهندس دست یافت. در آن صورت رابطه بین طراحی و ساختار نه

مهارت‌های مهندس سازه

برای کسی که مهندس سازه نیست معمولاً درک مهارت‌های لازم در روند طراحی مهندسی امری دشوار است. این امر بدان دلیل است که تنها اثر باقیمانده از فعالیت طراحی که افراد مشاهده می‌کنند همان بنای تکمیل شده است که معمولاً سازه ساختمان در آن پنهان است. شناخت مهارت‌های مهندس سازه شامل آنچه که مهندسين سازه می‌دانند و فعالیت‌هایی است که آنان در روند طراحی سازه انجام می‌دهند. این مهارت‌ها می‌تواند در مسیر دستیابی به اصول زیبایی شناسی سازه‌ای موثر واقع شود. موارد زیر فهرستی از این مهارت‌ها را شامل می‌گردد که بخش‌هایی از آن در حال حاضر در برنامه آموزشی رشته‌های مهندسی عمران پیش بینی شده است و بخش‌هایی نیز باید در یک بازنگری مجدد در آموزش این رشته مورد توجه قرار گیرد:

- پیش‌بینی بارگذاری‌های ممکن یک بنا و نقش عکس‌العمل‌های آن
- بررسی گسیختگی‌های احتمالی سازه تحت تاثیر نیروها هم از نظر رفتار اعضای تشکیل دهنده و هم از نظر پایداری کل سازه در برابر نیروهای وارده بعنوان یک مجموعه واحد
- قابلیت ارزیابی نیروهای وارد بر ساختمان هم از نظر کیفیت و هم از نظر کمیت
- داشتن احاطه نسبت به خصوصیات و رفتار مواد و سازه‌ها
- توانایی تطبیق نحوه تفکر و نگرش به مصالح، سازه و رفتار آن به تناسب موقعیت‌های مختلف
- توانایی خلق مدل ریاضی سازه با استفاده از هندسه، جبر، مثلثات، احتمالات و غیره
- توانایی بوجود آوردن روندی برای طراحی و ساخت سازه‌ای که تاکنون اجرا نشده است
- ساختن مدل‌های نمونه‌ای در ابعاد کوچک‌تر به منظور ارزیابی و آزمایش تئوری‌های سازه‌ای
- قدرت تفسیر نتایج بدست آمده از نمونه‌های ساخته شده برای کاربرد در ابعاد واقعی
- انتخاب معیارهای اجرایی براساس ارزیابی یک سازه و تعیین حدودی که نباید مقادیر و کمیت‌ها در طراحی از آنها فراتر رود

- درک تاثیر متقابل سایر خواسته‌ها و معیارهای طرح (از قبیل هزینه ساخت، تاسیسات ساختمان، خدمات، عمر مفید، دوام، مقاومت در برابر آتش و غیره) بر سازه ساختمان و بالعکس
- ارزیابی قابلیت و امکان ساخت طرح‌های پیشنهادی
- ارائه طرح‌هایی که به سهولت و با هزینه کمتر قابل اجرا می‌باشند
- قابلیت درک اینکه در چه زمانی و با چه شرایطی طراحی سازه به نحو مناسب تکمیل شده است
- طراحی ساختمان مرکزی بانک هنگ کنگ^{۱۸} به ارتفاع ۱۸۰ متر و با ۴۷ طبقه توسط نورمن فوستر نشان‌دهنده به کارگیری صحیح و هوشمندانه این مهارت‌ها در یک طرح بی‌نظیر و استثنایی (از نظر معماری، طراحی سازه و کیفیت اجرا) می‌باشد (شکل ۹). به گفته نورمن فوستر مسیر نیروی وزن طبقات معلق، بازوهای کششی شیب دار و برج‌های نگهدارنده نیروی عمودی به طور کامل در نمای ساختمان دیده می‌شوند و همراه با آویزهای نگهدارنده نحوه عمل کرد سقف معلق را بخوبی مشخص می‌کنند.



شکل ۹: ساختمان مرکزی بانک هنگ کنگ.

معماران و مهندسان

هرچند سازه ساختمان و عمل کرد آن متمایز از هم به نظر می‌رسند ولی همواره سازه اثری تعیین کننده بر معماری ساختمان دارد. سازه اولاً بخش ضروری و غیر قابل حذف ساختمان است، ثانیاً سازه باید همواره تابع



شکل ۱۰ سالن ورزش پلاز تولدو اسپرت در رم.

نتیجه گیری

هم چنان که در بخش "اهداف طراحی سازه" نشان داده شد، طراحی یک ساختمان باید قبل از هر چیز بعنوان یک فعالیت مشترک و یک کار گروهی با مشارکت معمار و مهندس سازه شناخته شود و به همین دلیل نسبت دادن طرح های مهندسی به اشخاص معین کار دشواری است. یک طراحی بدیع و نوین برای یک ساختمان هنگامی میسر خواهد بود که فرآیند طراحی و شکل گیری مراحل مختلف طرح نتیجه هم فکری، همکاری و تلاش معمار، مهندس ساختمان، مهندس

قوانین طبیعت و فیزیک باشد و به همین دلیل نمی تواند هر خواسته ای را در طراحی معماری تامین کند، ثالثاً هر چند سازه یک بخش ضروری ساختمان است ولی اکثراً پنهان است و در بسیاری موارد چنین به نظر می رسد که ظاهراً تاثیری بر معماری ساختمان ندارد و سرانجام ایجاد سازه در بردارنده هزینه هایی است. البته هزینه ایجاد سازه در مقایسه با دیگر هزینه های ساختمان رقم اصلی را شامل نمی شود. اما به هر حال هزینه هایی ایجاد خواهد نمود و عموماً در ساختمان ها هزینه ایجاد سازه یک چهارم تا یک سوم هزینه کل ساختمان است. در بعضی ساختمان ها مانند پل ها یا سالن های با دهانه زیاد، هزینه سازه مهمترین بخش از هزینه کل ساختمان است.

سازه عاملی است که می تواند منجر به اختلاف نظر بین معمار و مهندس ساختمان شود. امروزه یک معمار خوب باید دارای دانش عمومی در مورد رفتار سازه ها باشد. بعلاوه او باید یک هنرمند باشد و مقید و متعهد به رعایت اصول طراحی معماری و معیارهای زیبایی شناسی. از طرف دیگر مهندس سازه بدلیل نحوه نگرش خاص او به مسائل ساختمان یک فرد عمل گراست. طراحی کاملاً موفق خواهد بود که معمار آن رفتار سازه ها را بخوبی درک کند و مهندس سازه آن به طراحی معماری و معیارهای زیبایی شناسی آگاه و متعهد باشد. در نهایت معمار رهبر تیمی است که فرآیند طراحی و اجرای ساختمان را بر عهده دارد و تمام مسئولیت و نیز افتخار موفقیت پروژه در این بخش نصیب وی خواهد شد. در ساختمان سالن ورزش پلاز تو دلو اسپرت در شهر رم، پیر لوئیجی نروی با انتخاب فرم کاملاً مناسب ستون ها و سقف پوسته ای از بتن مسلح با فرم گنبد لاملا^{۱۰}، یکی از بهترین و زیباترین آثار معماری قرن بیستم را که نشان دهنده درک صحیح و دقیق وی از رفتار سازه ها می باشد، با کیفیتی تحسین برانگیز طراحی و اجرا نموده است (شکل ۱۰).

نتایج حاصل از آگاه و متعهد بودن مهندس سازه به طراحی معماری و معیارهای زیبایی شناسی بخوبی ضرورت تحول در آموزش معماری در مهندسی عمران را در راستای تحقق اهداف فوق الذکر متجلی می سازد. همچنان که بررسی آثار برجسته معماری و مهندسی جهان اهمیت دستاورد های حاصل از چنین تحول را آشکار می نماید.

رفتار سازه ها و نه فقط محاسبات دقیق آن ها دست یابند، آن گاه این قابلیت را پیدا خواهند کرد که بخوبی درک کنند چگونه یک بنای خاص می تواند با طراحی صحیح و مناسب هم به معیارها و خواسته های طراحی معماری پاسخ دهد و هم اصول پایداری سازه را بدرستی رعایت نماید.

بخش "مهارت‌های مهندس سازه" و بررسی "نقش معماران و مهندسان" نشان می دهد هنر مهندسی سازه استفاده از تئوری‌های محاسبه و طراحی سازه برای تبدیل ایده‌ها و مفاهیم به ساختمان‌هایی است که بتوانند خوب عمل نمایند، از مواد و مصالح به نحو اقتصادی استفاده نمایند و به نیازهای زیبایی شناسی در ساختمان پاسخ مثبت دهند. در چنین شرایطی مهندس سازه در جهت تقویت طراحی معماری ساختمان عمل خواهد نمود. بررسی های ارائه شده در این بخش ها نشان دهنده آن است که "مهندسی سازه یک هنر است" که هدف آن ایجاد ساختمان‌هایی است که جوابگوی نیازهای عمل کردی، معیارهای زیبایی شناسی، نیازهای دوران بهره‌برداری و محدودیت‌های مربوط به شرایط اجرای ساختمان باشد. مهندس سازه در این مسیر نه تنها باید اصول طراحی سازه را در انتخاب مناسب‌ترین سیستم های سازه ای مورد نظر قرار دهد، بلکه باید عمل کرد این سیستم‌ها را نیز در شرایط متفاوت برای رسیدن به خواسته‌ها و معیارهای فوق دقیقاً مورد بررسی و ارزیابی قرار دهد تا فرآیند طراحی معماری و محاسبات سازه‌ای به یک نتیجه واحد و مشترک که تامین کننده تمامی نیازهای طرح باشد، منتهی گردد. بررسی فهرستی از مهارت‌های مهندس سازه نشان دهنده آن است که بخش هایی از آن در حال حاضر در برنامه آموزشی رشته های مهندسی عمران قرار دارد و بخش هایی نیز باید در یک بازنگری مجدد در آموزش این رشته مورد توجه قرار گیرد. این امر نیازمند نگرشی جدید در برنامه ریزی آموزشی رشته مهندسی عمران و ایجاد یک تحول در زمینه توجه به معماری با تعریفی جدید در این رشته است

تأسیسات و حتی سازندگان آن در چنین مسیری می‌باشد و این امر ضرورت آموزش مبانی مورد نیاز برای اطمینان از تحقق چنین اهدافی در طرح ها و پروژه ها و از جمله سه مشخصه سادگی، وحدت و ضرورت و اصول حاکم بر تحقق توأم سه اصل عمل کرد، ایمنی، اقتصاد را در رشته مهندسی عمران بخوبی آشکار می سازد.

مباحث مطرح شده در بخش "مهندس سازه، تصور و انتظارات" نشان می دهد مهندس سازه عضوی از تیم طراحی و ساخت می‌باشد که به خوبی به ویژگی‌های مصالح و رفتار سازه ها تحت تأثیر بارهای متفاوت واقف است. هم چنین فرآیند ساخت و تولید اجزاء را بخوبی درک میکند. مهندس سازه باید در روند شکل‌گیری یک طرح معماری، وظیفه خطیر طراحی سازه و اجزاء آن را در قالب محاسبات ساختمانی، طراحی فرم سازه، طراحی اعضا سازه و اتصالات آن با تحقق معیارهای طراحی، الزامات و محدودیت های طرح در ابعاد مختلف به عهده گیرد. از بررسی مباحث این بخش می توان نتیجه گرفت هدف اصلی طراحی معماری باید ایجاد فرم‌هایی باشد که هم نیازهای کاربردی ساختمان را تامین نمایند و هم از نظر زیبایی شناسی موفق باشند و هدف اصلی طراحی سازه باید ایجاد فرم‌های سازه‌باشد که ضمن تامین نیازهای کاربردی، بارهای اعمال شده را نیز به بهترین نحو و بصورت اقتصادی تحمل نمایند. در همکاری نزدیک که باید بین معماران و مهندسين سازه وجود داشته باشد وظیفه مهندسين سازه آفرینش طرح‌هایی است که از نظر عمل کردی پاسخ گوی نیازهای طرح بوده و از نظر فنی، اجرایی و اقتصادی دارای شرایط لازم باشند و علاوه بر آن از نظر مطلوبیت‌های فرم ظاهری ساختمان مکمل حس زیبایی شناسی معماری باشند. باید تفاوت میان نقش‌های متفاوت و در عین حال بسیار مهم معمار و مهندس بخوبی درک شود تا ارزش واقعی کار هریک به خوبی شناخته شود. در نهایت رابطه بین طراحی و ساخت تنها زمانی به رقابتی مثبت و سازنده تبدیل خواهد شد که این شناخت بخوبی تامین شده باشد. بررسی های این بخش نشان دهنده ضرورت تحول در برنامه آموزشی رشته مهندسی عمران و توجه به این امر می باشد که مهندس ساختمان باید همانند معماران، و هنرمندان با الگوهای موفق در زمینه هنر طراحی چه در گذشته و چه حال آشنا باشد. مهندسان ساختمان باید به قدرت تخیل بالا و درک دقیق

مراجع

- ۱ - فروزی، پ. (۱۳۷۱) "یک تئوری نوین در معماری" نوشته: بروس آلسوپ، انتشارات کتابسرا.
- ۲ - گلابچی، م. (۱۳۸۲) "سیستم‌های ساختمانی آینده، نگاهی به معماری فردا" نوشته: مارتین پاولی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم، شماره ۲۴۸۳.
- ۳ - گلابچی، م. (۱۳۸۱) "سازه در معماری" نوشته: ماریو سالوادوری، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ نهم شماره ۲۲۷۴.
- ۴ - گلابچی، م. (۱۳۸۲) "درک رفتار سازه‌ها" نوشته: فولر مور، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم، شماره ۲۵۰۲.
- ۵ - مهدی، ف. (۱۳۵۳) "فرم‌های ساختمانی" انتشارات دانشگاه شیراز.
- 6 - Berger, H. (1996). *Light Structures – Structures Of Light*, Basel, Switzerland, Berkhauser.
- 7 - Cowan, H. (1971). *Architectural Structures*, New York, Elsvier.
- 8 - Huxtable, A. L. (1960). *Pier Luigi Nervi*, New York, Braziller.
- 9 - Golabchi, M. (1995). *The Art and Practice of Structural Engineering*, 4th Civil Engineering Seminar, University of Manchester, England.
- 10 - Golabchi, M. (1994). *Selection of Appropriate Structural Systems for Large Spans*, Department of Civil Engineering, University of Leeds, England.
- 11 - John Chilton, (2000). *Space Grid Structures*, Oxford, Architectural Press.
- 12 - Nervi, P. L. (1963). *Pier Luigi Nervi, Buildings, Projects, Structures 1953-1963*, New York, Praeger.
- 13 - Ove Arup, (1986). *Ove Arup & Partners, 1946-1986*, Academy Edition, London, ST.Martin's Press.
- 14 - Rice, P. (1992). *Royal Institue of British Architects (RIBA) Gold Medal Speech*, London.
- 15 - Roth, L. M. (1993). *Understanding Architecture*, Herbert Press.
- 16 - Salvadori, M. (1990). *Why Buildings Stand Up, The Strength of Architecture*, New York, W.W.Norton & Company Inc.
- 17 - Siegel, C. (1975). *Structure and Form in Modern Architecture*, Huntington, New York, Robert E. Kreiger.
- 18 - Snelson, K. (1989). *The Nature of Structure*, New York, The New York Academy of Science.
- 19 - Zunz, J. (1992). *Mirror on the Wall, How Fair Is the Engineering Image*, London, Arup Journal.
- 20 - Margolius, I. (2002). *Architects + Engineers = Structures*, Willey - academy, London.
- 21 - Mainstone, R. J. (2002). *Developments in Structural Form*, Cambridge, The MIT Press.
- 22 - Davies, C. (1991). *High Tech Architecture*, London, Thames and Hudson Ltd.
- 23 - Frampton, K. (1985). *Modern Architecture (A Critical Histoty)*, Thames and Hudson Limited.
- 24 - Salvadori, M. and Levy, M. (1981). *Structural Design in Architecture*, Cliffs, N. J., USA, Prentice-Hall Inc.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1 - Simplicity | 2 - Unity |
| 3 - Necessity | 4 - Function |
| 5 - Safety | 6 - Economy |
| 7 - Frei Otto | 8 - Crystal Palace |
| 9 - Tube System | 10 - Buckminster Fuller |
| 11 - Geodesic Dome | |
| 12 - American Pavillion, World Exposition, Montereal | |
| 13 - Georges Pompidou Center | 14 - RIBA |
| 15 - Japan Bridge | 16 - La Defense, Paris |
| 17 - Millinnium Tower | 18 - Hong Kong Bank Headquarter |
| 19 - Lamella | |