

مهندسی و هنر سازندگی

نوشته

دکتر مهندس همایون حقیقی

طراح و محاسب ساختمانهای بتن آرمه

در دانشکده دانشجویان و در اجتماع دوستان و آشنایان شکل خود را ضمن سئوالی بضمون « وظایف مهندس ساختمان و آرشیتهک چیست؟ همبستگی آنها با ساختمان چگونه است؟ چه فرقی بین این دو گروه وجود دارد؟... » و پرسشهای دیگری از این قبیل مطرح میکردند. در هر مورد جوابی شایسته بآن داده میشد. اخیراً مهندس معروف فرانسوی (Sarger) در این زمینه مقاله‌ای نوشته است و بسئوالات فوق با منطبق قوی و بیان مستدلی پاسخ گفته است. ترجمه این مقاله سودمند در زیر از نظر خوانندگان میگردد.

رابطه فعلی بین معماری و مهندسی :

آرشیتهکت یا مهندس؟ چرا در ابتدای بحث این سوال را مطرح میکنم؟ زیرا مسئله بساختن ارتباط دارد. در سراسر جهان، اشیاء بسیاری از قبیل هواپیما، اتومبیل، ماشین ابزار پل و غیره ساخته میشود، ساختن منازل مسکونی اعم از انفرادی و یا دسته جمعی، ساختمانهای عمومی و غیره از جمله ساختمانهای میباشند که هرگز افراد لاقط درازمه قدیم بخود این زحمت را نداده و یا نمیدهند تا از چگونگی تقسیم کار بین افرادیکه برای احداث اینگونه ساختمانها زحمت میکشند و کار میکنند مطلع گردند. ساختن هرشیی بوجود « ایده سازنده‌ای » پایه گذاری شده است. مبتکر و یا خالق ساخته شده‌شیی مورد نظر را لاقط برای یک لحظه در عالم خیال مجسم میکند، مصالحی که برای ساختن شییی مورد نظر مبتکر لازم است بنحوه و چگونگی اجرای « ایده » جان میبخشد. تصور میرود هیچ جسم ساخته شده صرف نظر از بزرگی و عظمت و یا کوچکی و حقارتی که ممکن است داشته باشد از این قاعده مستثنی نمیشد.

مرحله بعدی ساختن و وجود پذیری « شییی » میباشد تمام تکنیسین های ماهر بایکدیگر بمنظور تحقق بخشیدن به « ایده » کار میکنند و زحمت میکشند و با احترام گذاشتن به « ایده » به تحقق آن همت میگذارند. علم و دانش تکنیسین هوی اجازه میدهد تا در صورت لزوم تغییراتی در « ایده » مبتکر بعمل آورد تا آنرا اجرا شدنی کنند.

گاهی کنترل تکنیسین ها موجب از بین رفتن «ایده» اصلی میگردد زیرا «ایده» تحقق پذیر نبوده است. یک هواپیمای زیبا و خوب ، یک پل قشنگ ممکن نیست ساخته شود مگر آنکه دسته تکنیسین ها صحت «ایده» را از نظر فنی گواهی کرده باشند .

چرا بسازندگان هواپیما ، سد . . و غیره عنوان «آرشیتهک» را اطلاق نمیکنیم ؟
از این جا نتیجه میشود که آرشیتهک باید حتماً مهندس باشد و در غیر اینصورت آرشیتهک نمیتواند دارای «ایده» قابل دفاعی باشد آرشیتهک مانند صنعت خلاقه ماشین ها نمیتواند بدون کمک دسته ای از مهندسین «ایده» خود را عملی سازد . آرشیتهک بدون مهندس نمیتواند بنائی را برپا سازد . مردانی هستند که مانند مهندس تربیت شده اند اینها بدون هیچگونه بحثی آرشیتهک های بزرگ را تشکیل میدهند . متقابلاً این فکر بمخایه خطور میکند آیا میتوان آرشیتهک هائی تصور کرد که کارشان فقط تقلید از سبک های ساختمانی باشد ؟ از این نظر که باید از آرشیتهک در مقابل مهندس دفاع کرد فکر فوق بذهن راه مییابد و این خود ناراحت کننده است .
بعقیده من اساساً نباید سوال فوق را مطرح کرد .

درحقیقت آرشیتهک معمولاً و عملاً دارای دفتر و همکارانی میباشد . مهندس و یا مهندسین که آرشیتهک با آنها مشورت میکند بنوبه خود دارای دفتر و همکارانی هستند . پیمانکار نیز همکاران خود ، مهندسین و کارگرانی دارد .

از آنچه گفته شد و با توجه باین نکته که مطالب فوق پرروی حقایق مسلم پایه گذاری شده است تلاش احداث یک اثر را بدینگونه میتوان بین دسته های مختلف تقسیم کرد :

اثر : }
- آرشیتهک
- گروه مهندسین
- نقشه کش
- پیمانکار

بطوریکه ملاحظه میشود برای بوجود آوردن یک اثر ساختمانی دستگاههای مختلفی باید بایکدیگر همکاری کنند حال آنکه در مورد اشیاء صنعتی چنین نیست زیرا اشیاء صنعتی بوسیله یک دستگاه که آنرا میتوان شبیه سازمان پیمانکاری دانست ساخته میشود . علت عقب ماندگی هنر معماری با مقایسه به پیشرفت سریع محصولات صنعتی (هر محصولی که باشد) در همین نکته است .

روح خلاقیت

معماری هنراست

تمام بحث های فلسفی ، تمام مناظره ها ، تمام حالت های تعرضی و یا دفاعی اتخاذ شده و بالاخره تمام عدم تفاهم ها و در یک کلمه تمام ایده های تندی که در این باره وجود دارد همه و همه ناشی از مجرد فکر کردن میباشد

اگر معماری هنر است و این خود وجه تمایزش از علوم می باشد بدین لحاظ است که باید آنرا مطلقاً هنر ساختن دانست، حقیقت فوق در قرن گذشته جنبه قطعی بخود گرفت. بدین معنی که در قرن گذشته با توجه بمصالح موجود روز دیگر مسئله ای از لحاظ ساختمان باقی نمایده بود. راه حلهای ساختمانی استعمال چوب، آجر و سنگ که مسائل فنی را تشکیل میداد در اختیار آرشیتکت قرار داشت دیگر در این باره چیزی باقی نمانده بود تا آرشیتکت آنرا ابداع کند.

دستور عمل های مطمئن قواعدیکه در باره تناسب های ستداول قطعات ساختمانی فارغ از نوع مصالح مصرفی وضع شده بود کارها را آسان و راحت کرده بود.

آرشیتکت که همواره در اصل سازنده محسوب میشد منابع ساختمانی مصالح ستداول آنروز را بمرور مصرف میکرد غیر از تقلید کردن از ساختمانها و کراسیون های فانتزی قدیمی وظیفه دیگری برایش باقی نمانده بود.

معماری بمرور از ساختمان مستقل میشد. بی تناسب نیست یاد آور شویم در زمانیکه Viollet—le—duc رابطه نزدیک بین زیبایی و سبک Gothique را ثابت میکرد خود بلوار Haussmann را با اسکلت فلزی و عوامل دکور کننده کاملاً « منطبق » با « اصول معماری » میساخت.

چند سال قبل از آن تاریخ یک شاهکار معماری در اروپا بوجود آمده بود که در آن فقط مصالح جدید مصرف گردیده بود و بهیچوجه دستور عمل های « استیل » رعایت نشده بود.

شخصی بنام Paxton سر باغبان قصر Chatsworth متعلق به دوک Devonshire جهانرا از نبوغ خود به شگفتی انداخت. شاهزاده Consor فکر بنای اولین نمایشگاه جهانی را اعلام داشت دوست و چهل پنج پروژه اجرائی پیشنهاد شد. بدیهی است که بنای واحدی میبایست محصولات دستی جهان را در خود جای دهد. متجاوز از دوازده آرشیتکت فرانسوی در این مسابقه شرکت کردند. کمیته ساختمانی که آرشیتکت های جهانرا دعوت کرده بود حتی یک پروژه را هم قبول نکرد. فقط « تحسین و احترام خود را برای شرکت مجانی و با ارزش آنها اعلام داشت.

در آن هنگام بود که مردی در مدت یک هفته پروژه ای شبیه بیک گلخانه بسیار بزرگ ساخته شده از آهن و شیشه را برای این منظور پیشنهاد کرد. این مرد هیچگونه تعلیم مهندسی نداشت و ادعای « آرشیتکت » بودن هم نمیکرد. او باغبانی بیش نبود. گلهای متعددی تا آنوقت کاشته بود. آخرین اقدامش ساختن گلخانه ای بود برای نیلوفر بزرگی بنام Victoria Regia که از گینه آورده بودند.

پروژه اش بحث شدیدی را در محافل برپا کرد Paxton باغبان نمیتوانست از نظر فنی بهیچ قاعده ساختمانی که استعمال و مصرف فولاد را تجویز میکند استناد و تکیه نماید. تنها تجربه اش در این باره شرکتش در شورای اداری شرکت های جدیدالتاسیس راه آهن بنمایندگی از طرف اربابش دوک Devonshire بود. آرشیتکت ها و مهندسين رسمی و دیپلمه بدلیل حفظ شخصیت و حیثیت ملی با چنین « پروژه الهامی » مخالفت کردند. زیرا از این ساختمان صدها هزار خارجی دیدن میکرد و بایستی « گنجینه های جهان » را در خود

جای دهد. هفت هکتار زیربنای آن بود. این امر ممکن بود شهرت انگلستان عصر سلطه ویکتوریا را به مخاطره اندازد. حیثیت انگلستان در میان بود، Paxton بافکار عمومی متوسل شد مجله اخبار مصور لندن Illustrated London New پروژه‌اش را چاپ کرد و آن را کاخ کریستال Crystal palace نام نهاد. دوماست سه ماه متجاوز از چهار هزار تن آهن و چدن مصرف گردید تعجب آور اینکه تمام قطعات قبلاً در کارخانه ساخته و سپس به محل حمل گردید و در آنجا سوار شد.

از «معماری» به ترتیبی که در آنموقع از آن انتظار میرفت اثری نبود. بین مهندس که خلاق بود و آرشیتکت که دیگر جز تزئین کاری نداشت جدائی کامل بوجود آمد. یک شانس غیر مترقبه بکمک Paxton آمد. برای تزئین بنا Owen Jones گچ بر را بکمک طلبید. از نظر رنگ آمیزی از علاقه شدیدش بمعمارى سریانی Maurianie واقع در شمال افریقا الهام گرفت.

در مدت سه ماه فولاد و چدن را رنگ کرد. رنگ‌های آبی، زرد، قرمز شیشه، نور و آفتاب از فردیکه تا آنموقع ناشناس بود پدر «رنگ کاری الوان» را که امروزه رایج است بوجود آورد.

متأسفانه این اثر عظیم و بدیع در اثر آتش سوزی چند سال قبل از جنگ جهانی دوم ویران شد. جدائی روح هنر و تکنیک تا بدان پایه رسید که سی و هشت سال بعد از بنای «کاخ بلورین» ایفل برای ساختن برج معروف خود با مخالفت صریح تمام بزرگان هنر درپاریس روبرو شد.

Dutert آرشیتکت گالری ماشین در نمایشگاه ۱۸۸۹ خود را از اینکه زیر نقشه ساختمانی فلزی تهیه شده از طرف مهندس Cottencin را امضاء کرده بود ملامت میکرد. صحیح است که او نیمه خطائی کرده بود، زیرا بایستی گالری ماشین خراب میشد. اما درباره پل دره‌ای گارابیت Garabite از این جهت خوشحال بود که ایفل پل مذکور را در یک منطقه بیابانی واقع در Auvergne دور از خطوط اصلی حمل و نقل دور از نگاهها و قضاوت‌های مردم هم عصرش بسازد.

بسیار جالب است وقتی ملاحظه میکنیم که بهمین دلیل بعدها بزرگان هنر معماری سویس به Maillard اجازه ندادند پلهایش را بدون تغییرات لازم از نظر زیبایی آنهم در دره‌های دوردست و دور از انظار سیماحان بسازد. این اجازه فقط از لحاظ صرفه جوئی داده شده بود اینها هم از آن جهت بود که ایفل در فرانسه «مایار» در سویس هر دو از زمره پیشروان مصرف مصالح جدید آهن و یا بتن آرسه بودند آنها این مصالح جدید را نه فقط بعنوان اسکلت بکار میبردند تا بعداً «آرشیتکت» و یا دکوراتور بیاید و صفحعات دکور خود را روی آن بچسباند بلکه این مصالح را بعنوان وسیله جدید بنائی بکار میبردند و دیدی است این مصالح جدید از لحاظ زیبایی برای خود قاعده جدیدی را داراست.

این دو مهندس بزرگترین همیشه‌قدمان تجدید نظر طلبی در هنر ساختمان می‌باشند (البته بدون توجه بمنابع معماری موجود متداول عصر خودشان). آنها در محاسبات خود همان منطق استادان قدیم یعنی امکانات جدید ناشی از مصالح ساختمانی نوین «بدون توجه زیبایی مطلق» را مد نظر قرار دادند.

بدون شک آنها کاری جز شخم زدن زمین و سهیلا ساختن زمین نکرده‌اند. دیگران دنباله تحقیقات

را گرفتند و فولاد مانند بتن هنوز استیل نهائی مربوط بخود را نکرفته است که ماده دیگری مانند پلاستیک سعی دارد بعنوان مصالح بنائی جزء مصالح معماری شناخته شود.

بدین ترتیب در طول مدتی که تکنیک ساختمان بخواب رفته بود و تا اوایل قرن اخیر آرشیتکت فراموش کرده بود که اوهم قبل از هر چیز یک مهندس است.

ناگهان در پیدایش معماری جدید و مصالح جدید و وسائل مدرن جهت کارگذاری مصالح جای خود را گرفت. بدیهی است این چشم گشودن از خواب گران در کشورهای قدیمی بعلمت سنن و رسوم موجود در خارج از تعلیمات رسمی معماری مشاهده میشود. در کشورهای جدید و در حال توسعه چنین سدی در مقابل معماری نوین وجود ندارد. همه میدانند بتن آرمه در کشور برزیل پایه و اساس معماری جدید را تشکیل میدهد حال آنکه در فرانسه صرف نظر از چند مورد استثنائی بتن آرمه مخالف و معایر معماری محسوب میشود. اگر از ساختمان بتن آرمه ای بدون هیچگونه پوششی بهمان نحو که از قالب درمیآید استفاده شود این عمل یک «پیشتازی» بحساب میآید^(۱)

آنتوان پره Antoine—Perret نقل میکند که کلمانسودر موقع نامزد کردن آگوست پره August--Perret

برای گرفتن نشان افتخار «لژیون دنور» با منطق ضعیفی چنین گفت «... این کسی است که تاثیر شانزلیزه را ساخته است...» آگوست پره در جواب با ذکاوت خاصی گفت «اگر آنرا نمیساخت!...» با وجود آنکه میتوان بتن آرمه را اختراع فرانسویها دانست معذمانند هر ماده جدیدی در ابتدا آنرا نامتناسب و زشت دانسته و طبقه آرشیتکت های درجه اول با آن نامانوس بودند. این ماده ساختمانی جدید مانند رقیقش فولاد ابتدا فقط از نظر فنی و آنهم اضطراراً بکار برده میشد.

در حقیقت فولاد و بتون را مصالح ساختمانی مورد نیاز مهندسين میدانستند نه مصالح ساختمانی هنرمندانی بنام «آرشیتکت». از اینرو فقط مهندسين و پیمانکارانی مانند برادران Perret و با Maillart باعلاقه بسیار بخاصیت ذاتی این مواد توجه داشتند و آنها را بکار میبردند. در ابتدا از آنها بعنوان مواد پرکننده Ersatz استفاده میکردند و آنها را بجای مواد یکه دارای خواص مشترک بودند بکار میبردند مثلاً اگر تیر بتن آرمه از تیر چوبی بصرفه نزدیکتر بود تیر بتن آرمه ساخته میشد ولی آنرا رنگ کرده و بشکل چوب در میآوردند و یا آنکه با ساختن سقف کاذب تیر بین آرمه را از انظار مخفی مینمودند.

آیا جالب نیست که هنوز هم در کتابهای درسی و فرمولرها دلهای بتنی که بر روی تیرها تکیه کرده و سقف را تشکیل میدهد هوردی Hourdis یعنی پرکننده یا باصطلاح بنائی خودمان «کری» نامیده میشود. و شکل تیرهای بتن آرمه بزحمت واستثناً از چهار گوش یعنی از فرم چهار تراش های چوبی خارج میشود. در مقام مقایسه اولین واگوتهای راه آهن را باید دلیجانهای دانست که بر روی ریل حرکت میکردند و یا بادبادک را باید اولین هواپیماهای ساخت بشر دانست نخستین اتوموبیل همان درشکه است بالاخره اولین

۱ - ستونهای داخل ساختمان مجلل یونسکو پاریس فاقد پوشش بوده شکل اولیه آنرا پس از درآمدن از

قالب باتمام زیربهایش حفظ کرده اند.

خرپای فلزی و یا بتن آرمه از خرپای چوبی الهام گرفته است.

«ما یار» بسیار شیرین و زیبا بتن آرمه را بشرح زیر تعریف کرده و تفاوت آنرا با سایر مصالح ساختمانی بیان داشته است:

« بتن آرمه در قالب ریخته میشود. بتن آرمه مانند چوب رشد و نمو نمیکند و مانند آهن های پروفیل از نورده گاه نمیگذرد اتصالش نیز مانند مصالح بنائی نیست. بتن آرمه ماده ساختمانی است که در قالب ریخته میشود شکل خاص قالب در اثر تجربه های ممتد بدست آمده است. بتن آرمه را میتوان بچدن تشبیه کرد این مقایسه میتواند بسیاری از مطالب فی المثل چگونگی تغییر شکل از یک قطعه ساختمانی بقطعه ساختمانی دیگر بایک روش تدریجی و پیوسته و با اجتناب از زوایای تند را بما بیاموزد».

از اینرو اگر ماده ساختمانی جدیدی در ابتدا بعنوان پرکننده بکار برده شود این ماده نمیتواند موجودیت خود را کاملاً نشان دهد مگر وقتیکه هنرمندان از خاصیتی که ماده جدید را از مصالح سابق متمایز میسازد استفاده کنند. ولی تشخیص و تمایز خواص مواد جدید در صلاحیت تجسس فنی میباشد. از اینرو جای تعجب نخواهد بود اگر در اوایل قرن اخیر ارشیتکت با توجه به هنرش اصولاً این مسائل را بکناری نهاده و آنها را حائز اهمیت کمتری میدانست. بدین ترتیب یکی از منابع و موارد تجدید نظر در معماری را به نفع مهندس از دست داد. زیرا *Eiffel, Maillart, Perrt, Freyssi net, Nervi, Torroya, Gandella* و بسیاری دیگر از این قبیل که بدون شک تأثیر زیادی در معماری معاصر داشته اند هم در زمره مهندسين بشمار میروند ولی مهندسين همواره خواه بعلمت دیدن یک دوره دروس محاسبات و آنالیز و خواه بعلمت نبوغ و گرفتن الهام چنانکه نروی *Nervi* در این باره میگوید:

« با احتراز از کارهائیکه نظراً همواره صحیح بوده ولی بقدر کافی کنترل نشده با پرداختن بکارهای عملی با «لمس کردن مصالح» همواره سازندگان ورزیده و خوبی بشمار رفته اند»
در این جا بخود اجازه میدهم خاطره شخصی را یادآور شود:

در حالیکه چندین تئوری راجع بمحاسبه گنبد های بتن آرمه میدانستم روزی از *Nervi* سوال کردم آیا روش خاصی برای محاسبه گنبد ها دارد باشوخی در جواب گفت «... محاسبه نمیشود و بلکه حس میگردد...» لذا این حقیقت نتیجه میشود که کوشش علمی برای مشاهدات بدلیل سیستم های ساختمانی بیشتر از بررسی و محاسبات دارای اهمیت میباشد و بدینگونه تعریف حد فاصل عملیات مهندس و محاسب معلوم میگردد محاسب بررسی میکند و بالاخره تأیید میکند راه حلی را که برای مهندس جنبه بدیهی داشته است. بدون شک این حالت بسیار نادرمی باشد بکنفر میتواند هم مهندس و هم محاسب باشد بعبارت دیگر تربیت مهندسی همراه با محاسبه است. همان روش که در قرن گذشته از هنر ساختمان «هنر خالص» را بوجود آورد و زیبایی مجرد فرمانروای مطلق ارشیتکت گردید همان روش محاسبات فنی را بصورت مجرد فرمولر و آمر مطلق وجود و روح مهندس محاسب گردید.

علوم ریاضی برخلاف عقیده عمومی علوم واقعی *Exacte* بآن معنی که از تعریف سرد و بیروح آن برمیآید

نمیباشد. علوم ریاضی زیان علمی و سریعتر ولی کم حقیقت‌تسراز منطق را تشکیل میدهند. همانطوریکه ضرب‌المثلی میگوید:

حل یک مسئله ممکن نیست مگر بکمک فرضیه‌هایی که حل آنرا ممکن میسازد.

بدون شک فرضیه‌ها یک وسیله قوی و درعین حال مؤثر برای تجزیه هستند ولی غیر مستقل از افکار بشری میباشند. مثلاً برای حل بعضی انتگرالها بشر مجبور است در ابتدا آنرا بصورت چند عامل در آورد سپس با اشکال زیاد پیش خود قضاوت کرده برحسب عادت و یا بعلمت تنبلی و بالاخره در اثر یک روح کنجکاوی از بعضی عامل‌ها صرف نظر میکند و یا بعضی عامل‌ها را چشم‌ناپوشیدنی بحساب می‌آورد این انتخاب یعنی قبول کردن بعضی فاکتورها و صرف نظر کردن از برخی دیگر رل مهم و اصلی را بازی میکنند این عمل موجب میشود که جواب از نظر «مطلق» غیر حقیقی باشد ولی در هر حال مسئله بیک نحوی با تقریبی از حقیقت مطلق حل شده و در دسترس بشر قرار گرفته است.

این انتخاب هنر بوده و درست بمنزله انتخاب رنگ و خطوط اصلی تابلوئی توسط نقاش میباشد. از اینرو حل ریاضی مسائل غامض و پیچیده نمیتواند جواب دقیق و صحیح مسئله باشد همچنانکه تابلو یک نقاش نیز حقیقت محض موجود در طبیعت را نمایش نمیدهد.

برای نقاش همانند مهندس این خطر وجود دارد که فرمولهای تهیه شده بعوض آنکه وسیله‌ای ناقص در میان کلیه وسائل موجود برای نزدیک شدن بحقیقت باشد بصورت قواعد رسمی، سحرآسا و «حقیقی» درآیند در آنصورت نقاش همواره شاگرد استاد و مهندس بصورت محاسب در خواهد آمد. اثر یکی مانند دیگری سرد و بیروح خواهد بود.

برعکس دانستن حدود نسبی فرمولهای ریاضی که حقیقت را بطور تقریب بیان میکنند اجازه میدهد تا مهندس بصورت یک سازنده حقیقی در آید شرط لازم قوه خلاقیت مهندس میباشد. مایار در اواخر زندگیش درس زیر بهما می‌آموزد:

« این عقیده که محاسبات بایستی ابعاد را بطور یکنواخت و بدون هیچگونه کمک خارجی تعیین نماید قوی است که جملگی برآیند با توجه بعدم اسکان در نظر گرفتن تمام شرایط و اثرات، محاسبات نمیتوانند برای سازنده بجز پایه و اساس کار بحساب آیند. آنوقت برعهده سازنده است که اثرات ملحوظ نشده در محاسبات را دقیقاً در نظر گیرد بدیهی است در آنصورت برحسب شرایط محیط میتوان نتایج حاصله از محاسبات راعیناً مرعی داشت و یا آنکه تغییری در آن بعمل آورد و حالت اخیر وقتی رخ خواهد داد که سازنده آن همان شخص محاسب ساختمان نباشد.

مصالح ساختمانی و وسائل مصرف آنها

اما روحیه فوق‌الذکر که باید مسائل فنی را بان مرتبب دانست کافی برای ساختن نمیباشد اگر در این مقاله بکرات از Robert Maillart نام برده‌ایم از این لحاظ میباشد که این مهندس سوئسی در تمام

جهان بعنوان خلق کننده و بوجود آورنده « زیبایی » ساختمانهای بتن آرمه شناخته شده است.

از خود میپرسیم این ساده ساختمانی جدید قبل از مایار چه بوده است؟

ولی راستی اگر از مایار بتن آرمه را بگیریم چه خواهد ماند؟

همان شرایط تاریخی که در اواخر قرن گذشته موجب شد تا از آرشیتکت دکوراتوری بیش باقی نماند سبب گردید تا مهندس رل یک محاسب را بازی دیگر کند در ساختمان مسئله ای باقی نمانده بود تا به حل آن همت گماشته شود ولی فرمولهای « زیبایی » و یا « محاسباتی » بودند که بایستی در هر مورد بکار برده شوند. زیرا مهندس و آرشیتکت همان مصالحی را بکار میبردند که از قرنهای پیش مصرف میشده است.

پیدایش مصالح جدید موجب تجدید نظر در هنر ساختمان گردید. نورد کردن فولاد وسیله ای بدست ایفل داد تا آثار خود را بوجود آورد همانطوریکه بعدها صنعت سیمان سازی میدان برای مایار بوجود آورد.

درسی سال گذشته ملاحظه گردید مصالح جدید چندی در اختیار هنرمندان گذارده شده است. بدیهی است. پیشقدم بودن کار آسانی نیست بایستی با « زیبایی » و « محاسبات فنی » عصر خود مبارزه کرد من در اینجا به پلاستیک فکر میکنم بدون شک تاریخ درباره این ماده نیز تکرار خواهد شد یعنی مواد پلاستیک ابتدا بعنوان پرکننده مصرف خواهند شد. مواد پلاستیکی که شبیه چوب ساخته میشوند دارای این حسن هستند که حشرات آنها از بین نبرده و کمانش آنها نیز تضمین میگردند بدیهی است از لحاظ قیمت گرانتر از چوب میباشد. مواد پلاستیک بجای شیشه و صفحات فلزی موجدار نیز بکار برده میشوند تیرها، سقفهای پلاستیکی و بالاخره اکنون نمونه کامل یک خانه از مواد پلاستیک با تقلید کامل از مواد چینی برای سرویس بهداشتی منازل ساخته شده است. امروزه انواع و اقسام مختلف مواد پلاستیک در اختیار سازندگان میباشد متناسفانه تا این لحظه مایار مواد پلاستیک یعنی کسیکه این ماده را در ساختمان عمومیت بخشید نمیشناسیم.

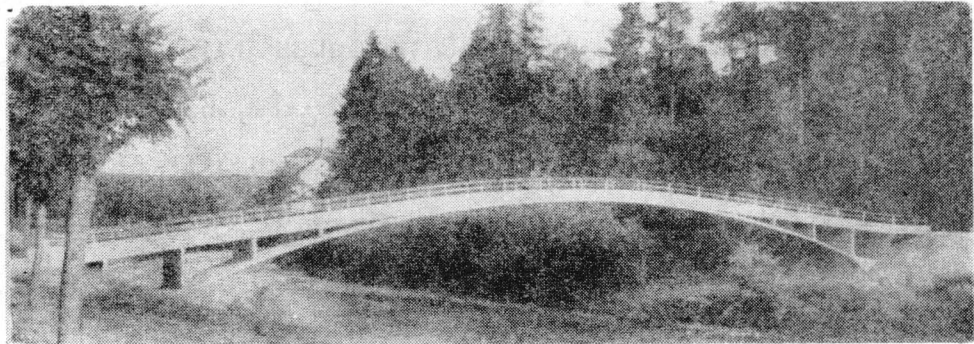
برای این کار فقط کفایت آنها در ساختمان نه بعنوان جانشین ماده ساختمانی دیگر بلکه با توجه بخصوصیاتی که آنها از مواد ساختمانی دیگر متمایز میسازد بکار برد. این موضوع خود یک مسئله فنی، یک مسئله آزمایشی و آنالیز و بالاخره مسئله ساختن میباشد.

تاکنون مهندسی مانند Prouvé جرات کرده اند تا با مصالح جدید پلاستیک و آلومینیوم اسکلت های ساختمانی سبک بوجود آورند و با کار خودشان پایه یک « زیبایی » جدید را در هنر معماری بنام دیوارهای پرده یا دیوارهای نازک Murs – Ridaux بوجود آورند.

در این جا مناسب میدانم بعنوان جمله معترضه یاد آور شوم :

معماری مانند هنرهای دیگر روش مشخص و طریقه منحصر بخود را در بردارد مثلاً سبک گوتیک Gothique در اثر پیدایش یک نوع اسکلت ساختمانی جدید بوجود آمد. اشکال مختلفی که از سبک گوتیک در نقاط مختلف بر حسب ذوق، سلیقه و محیط بوجود آمد هیچگونه ربطی با سیستم ساختمانی مخصوصی که سبک گوتیک از آن بوجود آمده نداشته اند. همه میدانند مثلاً قسمت مخصوص خواندن آواز بعضی از کلیساهای بزرگ ساخته شده سبک گوتیک با روش Rainaissance تزئین شده است ولی کمتر باین مطلب توجه شده است

که بعضی آثار رومیها در زمان اوج توسعه سبک گوتیک مطابق با مدروز یعنی همان سبک گوتیک تزئین گردیده است. از اینرو در دیر Jumiège با آنکه قوسها با سبک رومی ساخته شده است معهداً تزئین آن بروش Gothique صورت پذیرفته است بنابراین جای تعجب نیست اگر دیوارهای نازک نوع جدیدی از «زیبائی» را خلق کرده باشد که بنا به تعریف هیچگونه رابطه‌ای حتی با خود جسم هم ممکن است نداشته باشد زیرا یک دیوار نازک نه جنبه پرکننده را دارد و نه جنبه پوششی را.



اگر دیوارهای نازک چیز دیگری غیر از پرکننده نمیباشد اگر این دیوارها که از مواد سبک و عبور دهنده نور ساخته شده‌اند وظیفه دیگری غیر از جدا کردن محیط خارجی و حجم داخلی بنا ندارد و ضمناً در استخوان بندی ساختمان نقشی بعهده ندارد در اینصورت آیا این حرف صحیح نیست که سازندگان کلیساهای بزرگ ساخته شده بسبک گوتیک از قرن دوازدهم چنین دیوارهایی را ساخته‌اند؟ اگر از این نظر نگاه کنیم بر همیشه‌های منقوش کلیسا که نور را عبور میدهند و محیط خارجی را از حجم داخلی جدا میکنند چه نام باید گذارد؟ آیا در آن زمان یک نوع شیشه منقوش Vitrail وجود نداشته است؟ راجع به سیستم گنبد های نازک بتنی و سقف‌های واقع در روی یک سطح چپ Surface Gauche که شکوفا شدن آنها با سیستم ساختمانی که آنرا بوجود آورده است رابطه بسیار دوری دارد چه میتوان گفت؟ (مد) میگردد و تغییر میکند ولی آثار سیمان فقط آثاری باقی خواهند ماند که با معنی «زیبائی» «حقیقتاً» هماهنگی داشته باشند. ساختمانها در مرحله اول تابع مصالحی هستند که با آن ساخته میشوند و در ثانی بمقدار زیادی به نحوه و طرز اجرا و احداث بستگی دارند زیرا استعمال مصالح فقط مستلزم شناسائی سالم و یا حساب شده خواص مصالح نبوده بلکه لازمه اش شناسائی جهات مختلف نحوه مصرف و امکانات بکار بردن آن نیز میباشد. مهندس هم خود را فقط مصروف بشناسائی دانه بندی بتن و تغیر مقدار سیمان مصرفی آن نمیکند بلکه چون بتن در «قالب» ریخته میشود مهندس جنس کفراژ و چگونگی قالب ریختن بتن را هم مطالعه میکند.

همانطوریکه انواع مختلف چوب از چوب کاج که بمصرف ساختن میز «سفید» میرسد گرفته تا چوب‌های نادری که در منبت کاری بکار می‌رود وجود دارد. Perret بما چنین می‌آموزد که انواع مختلف بتن بر حسب دانه بندی، رنگ مواد چسبنده و سطح ظاهری قالب وجود دارد. (۱) از اینرو بتن که مدت درازی فقط وسیله‌ای

۱ - باید توجه داشت بتن بر حسب مورد نوعش فرق کرده از بتن یاسیمان کم گرفته تا بتن یاسیمان زیاد از لحاظ وزن مخصوص بتن‌های با وزن مخصوص کوچکتر از یک بنام بتن سبک و مجوف وجود دارد.

برای ارضای حس کنجکاوی متصدیان آزمایشگاهها ویا وسیله‌ای برای تفریح هنرمندان دوره گرد و تعمیر کنندگان کوچک بوده است ساده‌ای که ابتدا برای ساختن گلدانهای گل بکار میرفته بعدا جزء مصالح ساختمانی مهندسین و سپس مورد استفاده آرشیتکت‌ها در کارهای ساختمانی مدرن قرار گرفت .

تاریخ تمام مصالح شبیه هم بوده ومانند یکدیگر نیز خواهد بود . آهن و فولاد اکنون مقام خود را در معماری امروزه بدست آورده اند حال آنکه در اوایل قرن بیستم در موارد بسیار نادری فولاد و آهن رادر معماری بکار میرده اند . مصرف اصلی آنها در ساختمانهای کارگاهها از قبیل کارخانه ها ، پل . . . و غیره بوده است آنهم باین دلیل که از نظر اقتصادی ماده دیگری وجود نداشت تا بتواند در پوشاندن دهته های بزرگ از قبیل ها ، ایستگاه راه آهن ، نمایشگاه ها و غیره با فولاد رقابت کند و با این همه بدلائل «دکور معماری» برای آنکه زشتی اسکلت فلزی از نظرها مخفی همانند گرچه لزومی نداشت معهذا نما را با بنای کلاسیک و یاسنگ میپوشاندند بعنوان مثال میتوان ایستگاه راه آهن orsay ویا کاخ بزرگ Grand — Palais^(۱) را نام برد . هرگاه مصالحی که بتوان دکور اسکلت فلزی دو اثر فوق الذکر را پوشانده اند برداریم بازهم این دو اثر زیبا و قشنگ هستند .

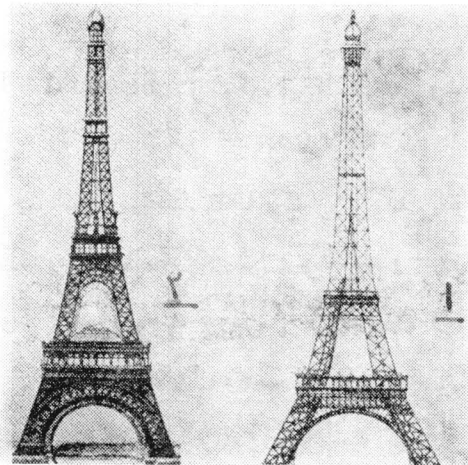
برای تعیین بهترین راه حل در احداث ساختمانی اگر شناسائی عوامل مقاومت مصالح ، نحوه اجرا در کارگاه و یاد در کارخانه ضروری است این شناسائی نمیتواند موجب ندیده گرفتن روش اصلی و عملی اجرای پروژه گردد گاهی مهندس مشاور که مسئول بررسی و مطالعه پروژه میباشد فراموش میکند که نحوه ویا امکان اجرای پروژه را مطالعه کند . اگر مهندس مشاور میتواند خود را از قید فرمولهای تهیه شده برهاند ولی هرگز نمیتواند با عادت پیمانکاران ساختمانی مبارزه کند . در این صورت ساختمان هرگز ساخته نخواهد شد زیرا مهندس نتوانسته ویا نخواست است وظیفه خود را تا آخر ایفا کند . در اینگونه موارد نقص را باید در تعلیمات ویا تربیتی که دیده ویا یافته است و بالاخره در محدودیت های شغلی که به مهندس تحمیل شده است جستجو کرد .

مهندس فرا گرفته است چگونه مسئله ای را با جزای قابل محاسبه تجزیه کند . مهندس یا در قسمت مطالعه و محاسبه پروژه ها ویا در امور مربوط بکارگاه متخصص میگردد و با اصطلاح مهندس دفتر فنی ویا مهندس کارگاه میشود . بررسی مجموعه مسائل یک اثر ساختمانی اعم از محاسبات و نحوه اجرای پروژه تواما در صلاحیت مهندس نیست . در این جا وظیفه آرشیتکت شروع میشود و او است که باید مسئولیت ساختمان را بعهده گیرد .

بعضی از مهندسین خود را از این قید و بندها رها ساخته اند خواه آنکه خود آرشیتکت شده اند ویا آنکه بنحوی از انحنا با یک پیمانکار ساختمانی همکاری داشته اند ویا آنکه همه آرشیتکت ، مهندس و پیمانکار بایکدیگر همکاری کرده اند کسانیکه چنین تمایلی داشته اند ترقی هنر معماری بخصوص تجدید نظر کلی در

هنرمعماری امروزه را موجب شده‌اند مایار پیمانکار بود ، تالیفاتش در زمینه مهندسی در مجلات معماری منتشر شده‌است .

راستی پره Perret در موقع ساختن تئاتر شالیزه کی وچکاره بوده است؟ آیا باید نروی Nervi را از این لحاظ که درعین حال آرشیتکت و پیمانکار است سرزنش و سلامت کرد؟ Freyssinet با اختراع تکنیک جدیدی در ساختمان «بتن پیش فشره» و بوجود آوردن موسسه‌ای که مسئول گسترش تکنیک فوق‌الذکر می‌باشد یک اثر معماری بوجود نیاورده‌است؟ آیا Freiotto , Torroja , Candella ، مهندس هستند یا آرشیتکت؟ بدیهی است در این جا مسئله روابط حقوقی و قضائی فیما بین آرشیتکت ، مهندس و پیمانکار مطرح نیست بلکه آنچه مورد نظر می‌باشد روابط فکری و روحی فیما بین ، آرشیتکت و پیمانکار و طرق اجرای کار است بعبارت آخری روابط حقوقی ممکن است در کشوری با کشور دیگر فرق داشته باشد در کشوری برای آرشیتکت ، مهندس و پیمانکار بودن منع قانونی داشته باشد حال آنکه در کشور دیگر چنین منعی وجود نداشته باشد. فقط این مسئله باقی میماند برای کاوشهای فنی که تجدید نظر طلبی در معماری را تشکیل می‌دهد مهندس و مسائل علمی پیمانکاران را در اختیار خود دارد. مهندس دیگر دانشمندی که در آزمایشگاه کار میکند نیست بلکه یک ماشین حساب خواهد بود. آنهائیکه میخواهند مهندس را بفردیکه کارش منحصر به تجزیه کردن مسائل



و حل آن می‌باشد بدل سازند آیا بعداً بدلیل آنکه آنها فاقد روح بررسی کلی مسائل و خلاقیت می‌باشد سرزنش نخواهند کرد. زیرا درسیکه در حقیقت از بررسی زندگی مهندسین بزرگ گرفته میشود عبارت از چگونگی تحلیل و قدرتیکه در قبول مصالح جدید ساختمانی از خود ابراز میداشتند.

لذا دوباره باین مطلب برمیگردیم که مسائل را بایستی بر حسب رویه مردم در مقابل ماده جدید، باین کیمیا که مواد ساختمانی را بمصالح معماری تبدیل میکنند مربوط کرد.

مردان بزرگ و تعلیم آنها

آیا قابل توجه نیست چنین قدرتی را نزد تمام مهندسین که آثارشان بعنوان شاهکار و نمونه شناخته

شده است میتوان یافت؟ آیا ضروری نیست یادآور شویم علاوه بر اطلاعات فنی که بنظر میرسد جزء سرشت آنها شده و بلکه وجودشان گشته است تحقیقات زیبایی شناسی آنها را بنحو اساسی به خود مشغول داشته است نروی (Nervi) در این باره چنین مینویسد :

« در حالیکه هر گونه قضاوت قبلی را در باره زیبایی بکناری میگذارم سعی میکنم خودم را بیایه یک خالق و سازنده ساده برسانم که با عشق تمام بمطالعه مسائلی که با آن برخورد میکنند میپردازد... »
« اطمینان دارم جوابی که از حل طبیعی این گونه مسائل از نظر زیبایی بدست میآورم هرگز مرا فریب نداده و گمراه نخواهد کرد».

افکار Nervi ما را بیاد ایفل میاندازد که در سال ۱۸۸۷ با تأیید پروژه برج سیصد متری خود چنین مینویسد :

... آیا بهترین شرط تعادل نیروها با شرط اسرار آمیز هماهنگی در شکل جسم مطابقت ندارد.
اولین اصل زیبایی در هنر معماری اینست که خطوط اصلی ساختمان برای کاریکه در نظر گرفته شده اند شایستگی داشته باشند چه شرایطی را میتوانم در محاسبه برج خود منظور دارم؟
مقاومت در مقابل باد بسیار خوب. خوشوقتیم که چهار خط الراس اثرم بزرگترین اثر از لحاظ قدرت و زیبایی را در بیننده میگذارد.

برنارد لافای Bernard—Lafaille در کنگره بین المللی پل و خراباها در سال ۱۹۳۴ در برلن چنین اظهار داشته است :

... محاسبات ریاضی بما اجازه میدهند تا با یک روش کلی اثر قوا را بر روی اشکال مقاوم ، اثر نیروهای نامشخص را نسبت به کناره ها و یا محیط پیش بینی کنیم و این عمل بنویه خود یکنوع تفکر توأم با هوش و نبوغ میباشد. این نوع تفکر موجب تقویت حس تحلیل و سازندگی نه فقط برای تعیین حدود طبیعی «ضخامت - ابعاد و دهنه» میشود بلکه موجب شناسائی حقیقی هنر معماری میگردد...»
بالاخره مایا چنین مینویسد :

«... یک مهندس همواره مایل است خود را از شر شکلها و فرمهاییکه در اثر سنن هروی تحمیل شده آزاد سازد ، و نگاهش همواره دنبال مصالح کاملتر و باصرفه تر میباشد باین امید که « روزی مانند صنعت اتومبیل و هواپیما سازی بیک سبک جدید متناسب با مصالح جدید بیک چیز «زیبائی» برسد...»

آیا این تحلیل عاشقانه «زیبائی» را نزد Fuller , Candella , Freyssinet و دیگران نمیشناسیم؟
بالاخره این مردان بزرگ چه ارمغان هائی برای هنر معماری جدید آورده اند قبل از ایفل خرپای فلزی را به تقلید خرپای چوبی می ساختند خرپا بصورت چند ضلعی و گاهی همراه با انحنای کم ساخته میشود. فضا را همواره بقطعات کوچک برطبق هندسه اقلیدس تقسیم میکردند قطعات ابتدائی که کارشان تقسیم حجم اولیه بنا بود است بصورت مقسم و نمایش دهنده نحوه تقسیم نیروها تظاهر میکرد. ولی اصل بر این قرار داشت که این نحوه تقسیم دو بعدی بوده و فضا را بیک سری صفحات و یا سطوح منحنی ابتدائی تقسیم میکرد.

ایفل اولین مهندسی بود که راجع به فضا با وجود پیچیدگی و مشکلات موجود در آن فکر کرده است. با وجود آنکه ساختمانهای سه بعدی ممکن است اسکلتشان بایکدیگر فرق داشته باشند ولی میتوان همه آنها را فرزندان و ساخته فکر ایفل دانست.

مقدم بر همه او به خطوط نیروی فضائی فکر میکرد. اسکلتها دیگر برطبق روش متداول تابع صفحات قاطع نبوده بلکه خود آنها را بالذاته و حجماً در نظر میگرفت.

ایفل نیروهای فضائی وارد بساختمان را بدستهائی تقسیم کرده و هر دسته را بصورت خطوط نیرو در اسکلت ساختمان جاسیداد.

بجای آنکه حجم بسته‌ای از تیرهای اطمینان ساختمان را دربرگیرد. آسانورهائی برای نگهداشتن بنا اختراع کرده. باین لحاظ ایفل در حقیقت مبتکر اسکلت‌های سه بعدی میباشد. از این روجالب است یادآور شویم که در سال ۱۸۶۴ برای قطعات و شبکه پل دره‌ای Busseau — Sur — Creuse از لوله‌های فولادی استفاده کرده است. بعلاوه پنج سال بعد از این تاریخ روی رودخانه Sioule پایه پل Sainte Bomet de Rochfort را از اسکلت فلزی ساخت. در آمریکا برای اولین بار در سال ۱۸۹۵ از لوله‌هاییکه از ورق‌های فولاد جوش داده شده تهیه شده بوده برای Firthof Forth Bridge اثر گراهام بل Grahambell استفاده کردند و برای اولین بار در سال ۱۹۰۷ اولین منشور مثلث القاعده‌ایکه از لوله ساخته شده آزمایش گردید.

ساختمانهای بالوله چه در فرانسه و چه در آمریکا بدون آنکه توجه اساسی بان مبذول گردد ساخته شده‌اند فقط نود سال بعد از ساختن پل دره‌ای توسط ایفل بود که بچگونگی و اصول خرپاهای سه بعدی پی برده شد و یا بعبارت دیگر دوباره کشف گردید.

ولی این کشف خیزه‌کننده بود Fuller با نبوغی جامع نبوغ مهندس و با الهام از خداوندن هنر که بصورت وحی معماری در آمده بود اساس فلسفه عمیق فضائی خود را پایه‌گذاری کرد زیرا کارهای او نه فقط جنبه فانتزی مجرد را داشت بلکه مجموعه‌ای از تجزیه و ترکیب جهان بزرگ عظمت و دنیای کوچک خودمان بود.

بالاخره همانطوریکه بنظر من میرسد اگر کشف اسکلت فضائی « ایفلی » بوسیله نیروهای سه بعدی ناشناخته بود ولی نوسازی عصر جدید چه نزد Konradwochsmann در اتازونی و چه نزد Duchateâu در فرانسه با میل و رغبت صورت گرفته است. مطالعه پرقسور Makowski در انگلستان و Riclais در آمریکا اهمیت این نوع ساختمانها را که معماری بتازگی بان توجه کرده است نشان میدهد. آیا لازم است یادآور شویم این پدیده‌های زود رس ناشناخته که بعداً با درخشندگی خیره‌کننده‌ای تظاهر کرده است فقط مختص اسکلت‌های سه بعدی ساخته شده از لوله نمیباشد؟

در سال ۱۸۹۲ در بازار بین‌المللی Nigni—Novgorod دو مهندس روسی که اسامی آنها برما

معلوم نیست اولین اسکلت با کابل فلزی که سقف‌های معلق بشکل چادر بان آویزان بوده‌اند ساخته‌اند. بنظر می‌رسد Novicki سیستم و معایب اسکلت‌های ساخته شده از کابل را کشف کرده است زیرا این نوع ساختمانها به تنهایی قادر نیستند در مقابل باد مقاومت کنند. باید نود سال صبر کرد تا کشف «پیش تمیندگی» Prétension به سقف‌ها و گنبد‌های پیش فشرده اجازه دهد تا در جای خود استوار بایستند این مسائل آدمی را بشوق می‌آورد زیرا در مقابل دیدگان ما دورنمای غیر قابل تصور پوشش فضا‌های وسیع و بزرگ را با اسکلت‌های سبک مجسم مینماید. من معتقدم که Freiotto سبک جدیدی شبیه تحولی که سبک رومن در تبدیل به سبک Gothique یافته است بوجود آورده است. سبکی که بالاخره فرم معماری بخود گرفته است. مهندسين با ساختن گنبد هائیکه بر روی کناره‌ها تکیه کرده‌اند. خواه این گنبد‌ها صلب و یا قابل انعطاف باشند یک بار دیگر استخوانبندی معماری را از آنچه مقدمات رسمی اجازه میدهند غنی تر کرده‌اند. جالب آنست که در این تحول بدون آنکه جنجال و سرو صدائی برپا شود این نوع ساختمانها در دسترس هنر معماری قرار گرفته است.

در صدسال پیش یک مهندس فرانسوی گزارش با کادسی علوم فرانسه درباره مقاومت پوست تخم مرغ تقدیم داشت. گزارشی که توأم با تفریح و تحقیقات محض بود. گزارشی که مبین ضرب‌المثل معروف «منجمی که در چاه افتاده است» می‌باشد.

دهها سال بعد مهندس زایس Zeiss اولین سقف گنبدی نازک را از بتن آرمه ساخت گنبدی که از یک منحنی تشکیل میشد و بوسیله قوسهای برجسته‌ایکه هم اکنون نیز بمنظور تقویت واستحکام بکار برده میشود تقویت میشد ولی در آن موقع این گنبد نمونه زودرس از سقف‌های گنبدی شکل امروزه محسوب میشد. بعد ها منژ Monge فرمول انالیتیک سهمی‌های هذلولی Pargaboloide Hyperbolique را عرضه داشت و در عین حال سقف‌های نازک بدون تقویت کننده چندی بعد توسط Monier در اتریش ساخته شد. بدیهی است سقف هائیکه با کمال گستاخی توسط Monier ساخته شده بود در عمل بوسیله آزمایش‌های رسمی تأیید شد.

ولی محاسبات معلوم داشت که در بین اینگونه سقف‌ها کشش بوجود می‌آید بطوریکه Maillart می‌نویسد «تکنیک» بر روی بعضی فرضیه‌ها بمنظور شناسائی حد ایمنی تنش‌های سطحی پایه گذاری شده است سقف‌های Monier عملاً ساخته شده و برپا ایستاده بودند ولی از نظر تئوری چنین حقی را نداشتند و نیاید هرگز برپا میمانند. زیرا همانگونه که مهندس سازنده وجود دارد محاسب تجزیه کننده ساختمان بقطعات فرضی کوچک نیز وجود دارد و بعلاوه تهیه کنندگان و مجریان آئین نامه ۱۸۵۳ که در ۱۸۹۸ تجدید نظر شده است و بالاخره بخشنامه اجرائی ماه سه ۱۹۶۰ و غیره نیز وجود دارد!

باید توجه داشت سه عامل فوق‌الذکر را نباید با یکدیگر اشتباه کرد Maillart نیز قبل از مرگش این مطلب را اعلام داشت.

چند سال قبل B. lafaille از تحقیقات Monier بر روی سقف‌های نازک و Monge بر روی سطوح

چپ با کمک مهندسين Aymond , Isscnmann — pilarski آزمایشاتی بعمل آورد .

نامبرده از عده ای مهندس محاسب مشهور مانند Beschpine که با آکادمی علوم پاریس درباره گنبد های نازک مکاتبه داشت ویا پرفسور Vasilesco استاد دانشکده Renne احاطه شده بود . مقررات و آئین نامه های بتن آرمه روح حساسش را بستختی میآورد . ارتودوکس نبود و من افتخار میکنم که تا دم مرکش باوی همکاری داشته ام . با معلومات درخشانش ایده های بسیار عالی ابراز میداشت که قابل فهم برای مردم عصرش نبود ویا امکان اجرا شدن آنها در آن زمان موجود نبود . چه از نظر روانی و چه از لحاظ عمل در حکم ساحری بود ، هنرمند قابل بمعنی اخص کلمه بود در عمرش حتی یک لحظه هم محاسب نبود و تا اعماق افکار و ضمیرش آرشیکت بود . او بوجود آورنده و خالق « سهمی های هذلولی » در بتن آرمه بود . بر روی تمام آثارش قبلاً آزمایشات لازم را بعمل میآورد .

در همان زمان تروخا Torroja در اسپانیا بر روی گنبد های نازک چپ مطالعه کرد و گنبد های نازک چپی ساخت . اطلاعات وسیع مهندسی بوی اجازه داد تا تایید کند که :

« برای پیدایش مجموعه ساختمانی حاصل از روش و تجربه های یک سازنده سنتج از هنر ، تکنیک » نبوغ و مطالعه تخیل و حساسیت بایستی از دنیای مطلق محض برای رسیدن بسرحد اسرار آمیز الهام گذشت « آنگاه » . فکر شکل دادن به مصالح برای آنکه بصورت مقاومی در آید قبل از هر گونه محاسبه ای بوجود میآید باین ترتیب برای Torroja مانند تمام مهندسين بزرگ زیبایی « کلاسیک » و یا « مدرن » نیست که شکل « ساختمانی » مصالح را تعیین میکنند بلکه ایده « حقیقت بینی » است که بمصالح بهترین شکل را میدهد تا در آن شکل بهترین مقاومت را از خود نشان دهد موجب تعیین « شکل ساختمانی » میگردد بالنتیجه این « شکل ساختمانی » است که زیبایی خاصی بمصالح مصرفی میدهد .

برای Torroja نیز مانند سایر مهندسين بزرگ ایده « شکل ساختمانی » قبل از هر گونه محاسبه ای بذهن خطور کرده و وجود دارد زیرا محاسبه نه تنها یکنوع تحقیق و بررسی مغایر با منطق میباشد بلکه در عین حال نیز با بررسیهای عادی که قبلاً بعمل آمده و محقق شده است محدود میباشد .

تئوریهای فعلی مقاومت مصالح منحصراً بر پایه حدود تقریبی تجربه هائی که تحت شرایط و آئین نامه های خاصی بعمل آمده اند پایه گذاری شده اند که در بعضی حالتها دارای ارزش و در دیگر حالتها فاقد ارزش میباشند .

حدود فعلی ارزش محاسبات برای مهندسين همانند حدود فعلی نگارش کلمات برای آرشیکتها در چندین ده سال اخیر مشخص و روشن شده است .

مهندسين ویا آرشیکتها همینکه بخواهند در باره سطوح چپ ویا گنبدی ها مطالعه کنند بایستی به ماکت Maquette توسل جویند . ماکت های آزمایشی به دسته اول اجازه میدهند تا به نیروهای حقیقی وارده نزدیک گردند و بدست دوم امکان مطالعه حجمهای فضائی جدیدی را خواهند داد که بدین ترتیب شکل میپذیرند .

از اینرو آرشیتکت مانند مهندس در حقیقت بر روی « صفحه » مطالعه میکنند ما حجمها را محدود آنها که صفحه باشد و یا بعبارت دیگر بسطوح منحنی شکل ساده مانند بیضی، استوانه، مخروط و غیره نمایش میدهیم. این سطوح ساده را ما بخوبی میشناسیم و در باره آنها قبلاً مطالعه کرده‌ایم و بعلاوه در باره آنها تجربه‌هایی عینی داریم.

فرمولهای ریاضی مسائل مربوط بمقاومت آنها را که باز هم در صفحه میباشند و بشکل منحنی‌هایی هستند که فقط بوسیله دو محور مختصات مشخص میشوند برایمان حل کرده‌اند. برعکس سطوح چپ‌نه از نظر ترسیمی ونه از لحاظ محاسبات قابل تصویر بر روی صفحه‌اند.

نمایش آنها بسیار پیچیده میباشد بهمین دلیل Candela ابتدا ماکت ساختمانهای خود را میساخت و بهمین دلیل Leonhardt و قتیکه ورودیه Duntsgartenschau شهر کلنی را بمنظور محاسبه برای Freiotto فرستاد. شخص اخیر الذکر بدون ساختن ماکت نتوانست جواب آنرا بدهد بهمین دلیل B. Fuller مدت بیست سال تمام شخص شوخی محسوب میشد زیرا او معتقد بود که مقاومت ساختمانهایش را بوسیله آزمایش امتحان کنند نه از طریق محاسبات ریاضی و فرمولهائی که برای ساختمانهای فضائی در نظر گرفته شده است اگر لازم است مقاومت ساختمانی آزمایش شود بایستی این بررسی در مرحله ثانوی بعمل آید. در این جاعدم اسکان بررسی مقاومت طاق‌های Sarazin و از آن مهتر طاق‌های ایرانی را از نظر ریاضی یادآور میشویم. بدین ترتیب مهندس حدود هنر خود ومصالح ساختمانی را که در اختیار دارد میداند. با آزمایش و امتحان خطوط نیروئی که مصالح تحمل خواهند کرد، قوانین بکار بردن، خواص و نقاط ضعف مصالح ساختمانی را نتیجه بگیرد در یک کلمه مهندس بعلمت وقوف بحدود مقاومت مصالحی که در زمان خود با آنها سروکار دارد پیدا میکند بعلمت کار روزانه و مبارزه‌ای که دائماً بر علیه مقررات خشک اداری، فنی و غیره بعمل می‌آورد برضایت خاطر خود نائل میگردد رضایتی که در یک کلمه جهانی آنرا به « ساختن » میتوان تعریف کرد. ساختن که بقول Augutte Perret :

« زبان مادری آرشیتکت است. »