مدیریت شهری
شماره ۵۱ تابستان ۱۳۹۷
No.51 Summer 2018
۱۴۷-۱۶۱
زمان دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۶/۲۳ زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۱۱/۲۸

ابعاد معماری طراحی ساختمانهای پوسته‌ای بلند شهری با تاکید بر تحلیل سازه‌ای

داوود پوریان* –گروه مهدسی عمران، واحد صفادشت، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

دردهه چهار دهه اخیر، بیشینه ساختمانها بالاخص ساختمان‌های بلندمرتبه شهرها با بهره‌گیری از سیستم‌های سازه‌ای فلزی به طراحی بناهای معماری شهری پرداخته‌اند. در خالی که سازه‌های فلزی با این حال شامل ضعف‌های فراوانی در ارتباط با اقلیم و مولفه‌های طراحی بیوکلیماتیک، ضعف و دشواری اجرا و مولفه هیا سازه‌ای در ابعاد عمرانی و سیالیت و شناوری و مولفه‌های اجتناب از صلبیت فرمی و پویایی حجمی از جنبه معماری می‌باشند. از سویی دیگر، سازه‌های پوسته‌ای توانسته اند تاحدود زیادی معایب فوق الذکر را ارتقا داده و امکان طراحی متعادل تری را فراهم کنند. در این مقاله انواع سازه‌های پوسته‌ای و ویژگیها و تحلیل‌های سازه‌ای انها مورد اشاره قرار گرفته و نمونه‌های موردی بکار رفته آن در معماری ساختمانهای بلندمرتبه و سایر فضاهای معماری مرود اشاره قرار می‌گیرد.

واژگان کلیدی: ساختمانهای بلند، ابعاد طراحی، پوسته‌ها، تحلیل سازه‌ای.

Architectural Dimensions of Designing Tall Urban Shell Buildings with Emphasis On Structural Analysis

Abstract

During the last four decades, the maximum buildings, especially tall buildings in cities have designed urban architectural buildings using structural metal systems. While metal structures include many weaknesses in relation to the climate and components of bioclimatic design, weakness and difficulty of implementation and structural components in developmental dimensions and fluidity and flotation and components of avoiding form rigidity and volumetric dynamic from architectural aspect. On the other hand, shell structures could promote the mentioned disadvantages to a large extent and provide more balanced design. In this paper, types of shell structures and their structural characteristics and analysis are mentioned and the examples used are mentioned in the architecture of tall buildings and other architectural spaces.

Keywords: Tall Buildings, Design Dimensions, Shells, Structural Analysis

*. نویسنده مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۲۳٤٥٤٦٥۳، رایانامه: poor.davod@yahoo.com

مقدمه

در طول دهه‌های ۱۹۹۰، ۱۹۸۰ و ۲۰۰۰ میلادی در غالب سازه‌های با دهانه‌های وسیع از جمله موزه‌ها، سالن‌های همایش و سینماها، سالن‌های موسیقی، تئاتر، ورزشگاه‌ها و فرودگاه‌ها، تمایل طراحان بیشتر به سوی استفاده از سازه‌های فلزی، غالبا به شکل خرپا، سازه‌های فضاکار و یا سازه‌های مشبک فلزی بوده است. سازه‌های فلزی با این حال شامل ضعف‌های فراوانی به ویژه در زمینه طراحی اقلیمی در مناطق گرمسیری و یا سردسیری که تبادل حرارت در ساختمان می‌بایست به حداقل خود برسد، هستند. در این میان، سازه‌های پوسته‌ای بتنی با توجه به قابلیت پوشش دهانه‌های وسیع، ظرفیت انتقال حرارتی پایین بتن نسبت به فولاد، قابلیت همزمان کاربری سازه‌ای در کنار پوشش کامل سقف و از میان رفتن پل‌های حرارتی به دلیل عدم اختلاف جنس مصالح پوشش دهنده سقف و سازه نگه دارنده آن و همچنین عدم انبساط و انقباض قابل توجه نسبت به سازه‌های فلزی، مزایای فراوانی به جهت استفاده در مناطق با گرما و یا سرمای شدید دارند. با وجود مزایای ذکر شده، مواردی از جمله روند اجرای دشوار بتن ریزی درجا، ضعف سازه‌ای در برابر بارهای غیر یکنواخت و همچنین بارهای جانبی موجب کاهش مقبولیت سازه‌های بتنی در مقابل سازه‌های فلزی در طی دهه‌های اخیر شده است (Lui and Chen, 1988). از سویی دیگر، سازه‌های پوسته‌ای توانسته اند تاحدود زیادی معایب فوق الذکر را ارتقا داده و امکان طراحی متعادل تری را فراهم کنند. در این مقاله انواع سازه‌های پوسته‌ای و ویژگیها و تحلیل‌های سازه‌ای انها مورد اشاره قرار گرفته و نمونه‌های موردی بکار رفته ان در معماری ساختمانهای بلندمرتبهو سایر فضاهای معماری مرود اشاره قرار می‌گیرد. در این مقاله به بررسی ابعاد معماری طراحی ساختمانهای پوسته‌ای بلند شهری با تاکید بر تحلیل سازه‌ای پرداخته می‌شود و تحلیل‌های معماری ان به اجمال مورد اشاره قرار می‌گیرد.

مبانی نظری

پوسته‌ها و سازه‌های پوسته‌ای

سازه‌های پوسته‌ای یکی از فرم‌های زیبائی است که انواع مختلف آن در طبیعت به‌وفور یافت می‌شود و به جرات می‌یتوان گفت پوسته یکی از عالی‌ترین انواع سازه در علم مهندسی به شمار می‌روند و بسیاری از عناصر موجود در طبیعت دارای سازه پوسته‌ای است؛ مانند جمجمه و تخم مرغ و اسکلت حیوانات سیلوها و بدنه هواپیماها و کشتیها و قایقها از انواع دیکر پوسته‌ها بشمار میروند.

پوسته از نظر هندسی به دو دسته تقسیم می‌شوند(Xu L.,, 2002, p. 32):

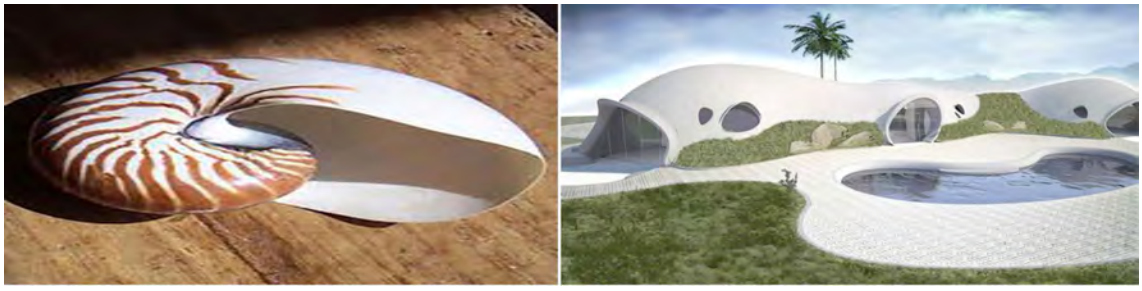
۱. «پوسته‌های گسترش‌پذیر»: به پوسته‌هایی اطلاق می‌شود که بدون ایجاد بریدگی بتوانیم انرا بصورت صفحه در آوریم مانند پوسته استوانه و مخروط. این پوسته‌ها در یک جهت دارای انحنا و در جهت دیگر داری خطوط مستقیم هستند؛

۲. «پوسته گسترش‌ناپذیر»: که مانند حالت اول نیستنند این نوع پوسته دارای تاب زیادی هستند بنابراین در مقابل بارهای وارده بسیار مقاوم هستند پوسته‌های کروی از این پوسته‌ها بشمار میروند.

در رابطه با تنش در پوسته‌ها می‌توان به دو نکته اشاره کرد (Fathi, Daneshjoo, Melchers, 2006):

«تنش در پوسته‌ها»: درموقع محاسبات باید نیروهای برشی و لنگر خمشی و نیروی پیچشی را منظور نمود علاوه بر آن باید نیروی غشائی را درنظر گرفت. نکته قابل توجه این است که در تیرها و قوس‌ها نیروهای برشی و لنگر خمشی تا فاصله دوری درتیر نفوذ می‌کند در صورتی که درسقف‌های پوسته‌ای نیروی برشی و لنگر خمشی کاملا موضعی است و هرچه قدر از تکیه گاه و ناحیه زیر بار دور شویم اثر این نیروها بیشتر خواهد شد؛

«تنش برش باد درپوسته‌ها»: فرض میکنیم بادی با سرعت ۱۶۰ کیلو متر در ساعت بر سطع گنبدی که قطر آن ۳۰ متر با



تصویر ۱. الهام از فرم پوسته حلزون در طراحی معماری ساختمان؛ ماخذ: آرشیو نگارنده.

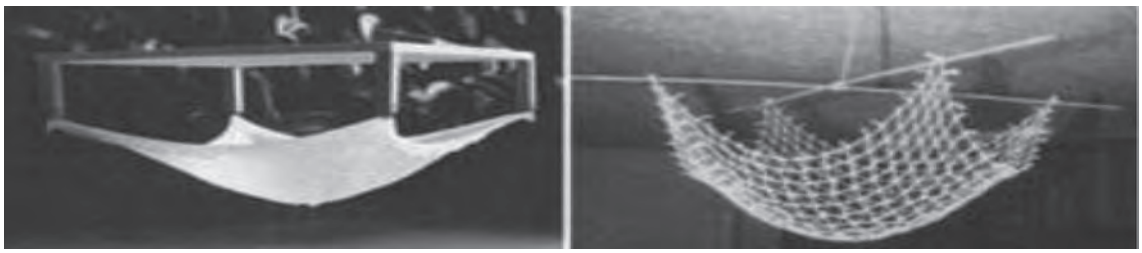
ضخامت ۷,۵ ساتیمتر وارد شود تنش برشی ایجاد شده معادل یک کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است و با توجه باینکه تنش برشی مجاز ۵,٤ کیلو گرم بر سانتیمتر مربع است باین نتیجه میرسیم گنبدها با وجود ضخامت کم در مقابل نیروهای باد بسیار مقاومند.

سقفهای پوسته‌ای سقف‌های هستنند منحی و ممکن است در یک و یا دو جهت انحنا داشته باشند با ترکیب این سقف‌ها میتوان حجم زیبای را خلق نمود و ازطرفی این سقف‌ها قادر به تحمل بارهای سنگین هستنند بنابراین امکان پوشش دهنه‌های بزرگ وجود دارد. با توجه به خمیری بودن آنها میتوان فرم دلخوا را طراحی و اجرا نمود. امروزه با پیشرفت تکنولوژی در تمام علوم و بوجود آمدن نرم‌افزارهای کامپیوتری قادریم طراحی و محاسبات این سقف‌ها را بدقت انجام دهیم. از طرفی امکان شبیه سازی این سقف‌ها قبل از ساخت وجود دارد. فرودگاه بین المللی جان اف کندی که بین سالهای ۱۹۵٦ و ۱۹٦۲ ساخته شد یکی از کارهای موفق ارو سارینن است. این سقف پوسته‌ای یکی از شاهکارهای معماری است که در نوع خود بی نظیر است. حجم تندیس‌گونه این فرودگاه نه تنها مورد استقبال بازدیدکنندگان قرار گرفت بلکه مورد تحسین صاحبنظران واقع گردید (Chiorean, 2009). یکی دیگر از شاهکارهای سقفهای پوسته‌ای ساختمان اپرا سیدنی است که نماد استرالیا بشمار می‌رود و پوششهای قطاعی سقف اپرا قطعاتی از یک کره هستند. یکی از بنیانگذاران سقف‌های پوسته‌ای «هاینس ایسلر» است. این مهندس که در سوئیس متولد شده، اولین فرم پوسته را بوجود آورد. این مهندس مبتکر پارچه‌ها را به شکل منحنی خم می‌کرد و سپس این پارچه‌های خم شده را مرطوب نموده و آنرا در فصل زمستان آویزان می‌کرد تا کاملاً یخ بزنند و با وارونه کردن آنها توانست مطالعاتی در مورد سقف‌های پوسته‌ای انجام دهد. وی باین نتیجه رسید اشکالی که از هندسه ساده تشکیل شده باشند، نسبت به اشکال غیر هندسی مقاوم‌ترند.

تحلیل سازه‌ای معماری سقفهای پوسته‌ای

برای مطالعه سقف‌های پوسته‌ای شکل زیر را در نظر می‌گیریم: اگر از نقاط A خطی بر صفحه مربع عمود کنیم به نقطه E میرسیم بهمین ترتیب میتوانیم نقطه F را بدست آوریم و در شکل وضعیت بارگذاری و نیروی رانشی آنها نشان داده شده؛ بنا براین پوسته قوس BD تحت فشار و قوس EF تحت کشش قرار میگیرند و بار وارده بین قوسها و کابل‌ها تقسیم میشود. اگر قوس BD را مورد مطالعه قرار دهیم نقطه B در قسمت فوقانی و نقطه D در قسمت تحتانی قرار دارد بنابراین سطع پوسته‌ای در سطح خارجی BD تحت فشار و در امتداد EF تحت کشش قرار میگیرد و بار بین منحنی و کابل معلق تقسیم میشود. از آنجائیکه شکل پوسته بگونه‌ای است که بار زیادی را تحمل می‌کند، بنابراین ضخامت پوسته بسیا ر کم است و این ضخامت بین ۸ تا ۱۰ سانتیمتر متغیر است ولی بهر صورت دهنه و میزان بار وارده در ضخامت پوسته موثر

تصویر ۲. نمونه‌ای سازه‌های پوسته‌ای توسط نروی و همکاران؛ ماخذ: pierluigi nervi with antonio nervi and Gino corve-Palazzo Del lavoro, Turin, 1959-61



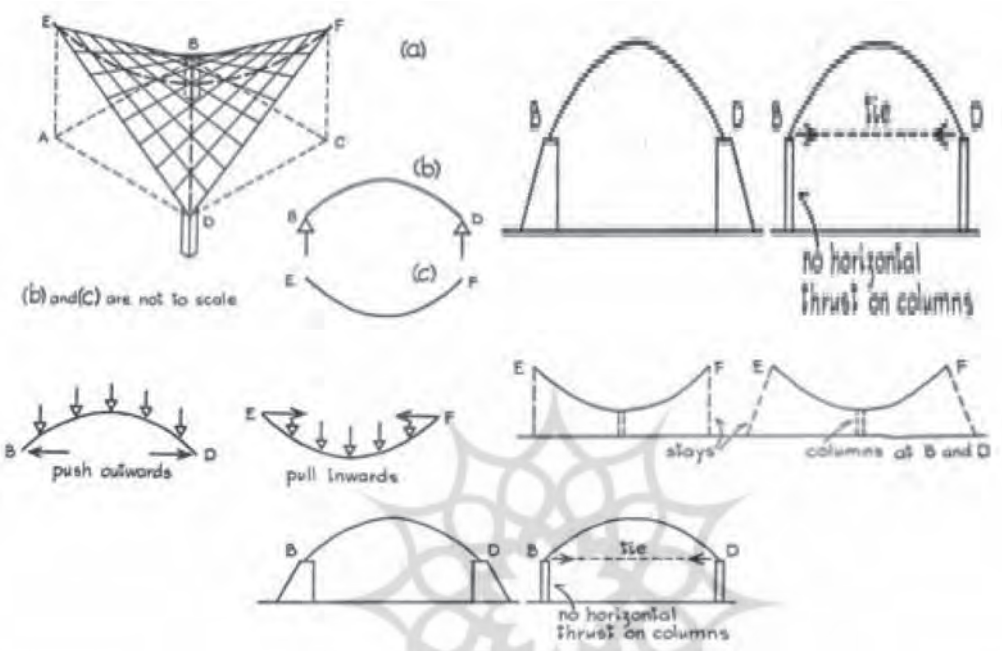
تصویر ۳. نمونه کارهای هاینس ایسلر؛ ماخذ: آرشیو شخصی.

است؛ بطورمثال یک غرفه‌ای که در دانشگاه مکزیک ساخته شده ضخامت آن ۱۶ سانتیمیر است (G. Rocha, 2000).

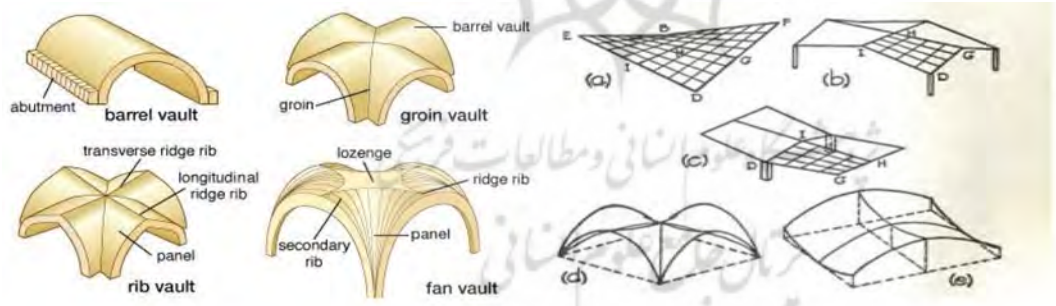
سقف‌های پوسته‌ای ممکن است از ترکیب هیپربولیک و پارابولیک باشند. در شکل زیر یک سقف پوسته‌ای معمولی و یک سقف پوسته‌ای که وزن سقف را به چهار قوس منتقل میشود و یک سقف زین‌اسبی نشان داده شده است.

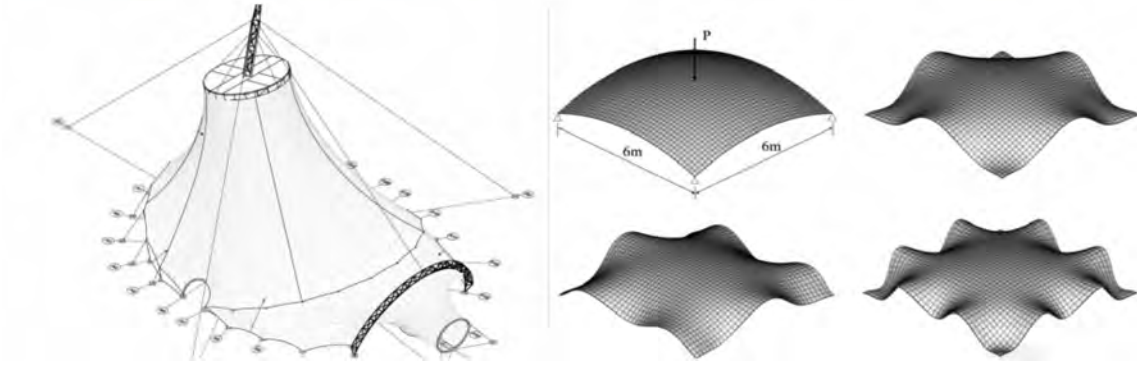
انواع پوسته‌ها عبارتند از:

۱. پوسته سین کلاسیتیک این پوسته‌ها داری دو منحنی هستند و خطوط انحنا در دو جهت مشابه است مانند گنبدها.



تصویر ٤ الی ۸. تحلیل سازه‌ای معماری سقفهای پوسته ای؛ ماخذ: نگارنده.





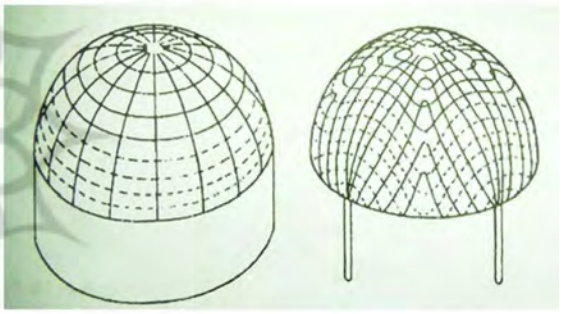
تصویر ۹. (سمت راست) نمونه‌ای از پوسته زین اسبی و تصویر ۱۰. (سمت چپ) پوسته استوانه‌ای؛ ماخذ: نگارنده.

۲. اشکال قابل توسعه این پوسته‌ها در یک جهت دارای انحنا و در جهت دیگر دارای خطوط مستقیم هستند شامل مخروط و استوانه؛
۳. اشکال آنتی کلاسیک شامل مخروطی سهموی شبه هذلولی این پوسته در دو جهت انحنا دارند.

مقاومت رانشی درگنبدها

همانطوریکه قوس‌ها دارای نیروی رانشی بیرونی هستند گنبدها نیز همین خاصیت را دارند. نکته قابل توجه این است که هر چه قدر ارتفاع گنبد بیشتر باشد میزان نیروی رانشی آن کمتر خواهد بود و در گنبدهای مرتفع مقاومت حلقی ای کششی پوسته کافی است در صورتی که در گنبدهای کم ارتفاع معمولا یک حلقه کششی بوسیله افزایش ضخامت گنبد در آن ایجاد می‌شود و این حلقه از نیروی برشی جلوگیری می‌کند (W.F. Chen, 1987).

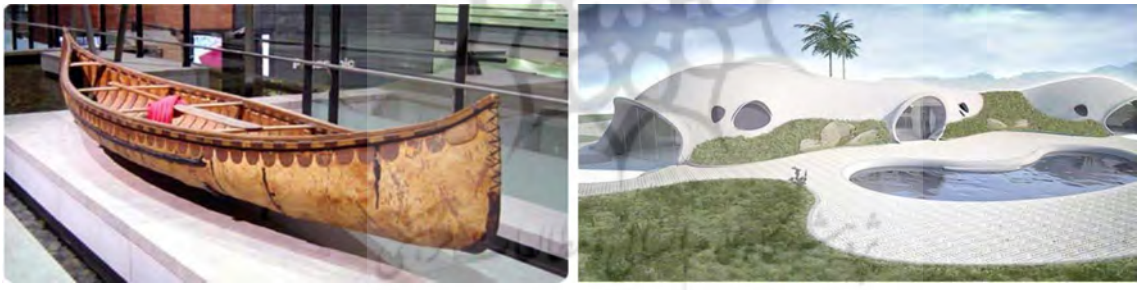
تصویر ۱۱. نمونه‌های انواع پوسته ها؛ ماخذ: درگاه اینترنتی: sabsaze.com



تصویر ۱۲. (سمت راست) توضیح تصویر: در شکل سمت راست تکیه‌گاه روی چهار ستون است و شکل سمت چپ تکیه گاه‌ها ممتد است و تصویر ۱۳. (سمت چپ) پوسته از متریال چوب؛ ماخذ: نگارنده.

تصویر ۱۴ و ۱۵. نمونه‌های از کاربرد سقفهای پوسته‌ای در ساختمانهای شهری؛ ماخذ: اینترنت.

تصویر ۱۶ الی ۱۹. نمونه‌های از کاربرد سقفهای پوسته‌ای در ساختمانهای شهری؛ ماخذ: اینترنت.



تصویر ۲۰. معماری سقف پوسته‌ای که از قایق الهام گرفته شده؛ ماخذ: تحلیل نگارنده.

تصویر ۲۱. نمونه هایی از سقف پوسته‌ای چوبی؛ ماخذ: نگارنده.

تصویر ۲۲. بکارگیری سازه پوسته‌ای در معماری ساختمانهای شهری؛ ماخذ: اینترنت

تصویر ۲۳. معماری سقف اپرای سیدنی و بکارگیری از سازه پوسته‌ای در آن؛ ماخذ: اینترنت

پوسته یک سازه منحنی نازکی است که بارهای کششی و فشاری را تحمل می‌کند. دراین سازه‌ها بار از سقف به سپس به پی‌ها منتقل میشود. از آنجائیکه سطوح منحنی نسبت به سطوح صاف بار زیادی را تحمل میکنند؛ بنابراین پوشش دهنه‌های بزرگ با سقف‌های پوسته‌ای امکان پذیر است. مصالحی که در پوسته بکار می‌رود؛ عبارتند از بتن فولاد ولی بهترین مصالح برای سقف‌های پوسته‌ای بتن مسلح است زیرا بتن نسبت به سایر مصالح قابلیت فرم پذیری بهتری را دارد و همچنین در مقابل فشار مقاوم تر است (Pinheiro and R. A. M. Silveira, 2003).

نمونه‌های موردی

سالن سخنرانی کرسک؛ به‌عنوان نمونه بدیع آن می‌توان به سالن سخنرانی کرسک اشاره کرد. این سالن زیبای

تصویر ۲٤. (سمت راست) سالن سخنرانی کرسک و تصویر ۲۵. (سمت چپ) کلیسای ارتدوکس یونان؛ ماخذ: نگارنده.

تصویر ۲۶. (سمت راست) ترمینال جان‌اف کندی و تصویر ۲۷. (سمت چپ) ایستگاه تژو؛ ماخذ: نگارنده.

سخنرانی بتنی توسط آرشیتکت معرو ف سارتین طراحی و در شهر ماساچوست درسال ۱۹۵۵ بنا گردیده و محاسبات آن توسط امان ویتینی انجام شده است. این بنا عظیم دارای گنبد بزرگی است که شعاع آن ۳٤متر است. این گنبد با بتن مسلح ساخته شده که ضخامت آن بین ۳۰ تا ۵۰ سانتی متر متغیر است. گنبد از یک هشتم کره تشکیل گردیده و تکیه گاه آن سه نقطه است. گنبد با یک لایحه ۵ ساتیمتری فابیرگلاس عایق شده است. ارتفاع این گنبد ۱۸,٦متر است و برای این سالن عایق مناسب صوتی پیش بینی نشده است.

کلیسای ارتدوکس یونان: این کلیسای زیبا درسال۱۹۵٦ توسط فرانک لوید رایت که شهرت جهانی دارد ساخته شده است. این گلیسا گنجایش ٦۷۰ نفر را دارد. در طبقه اول ورودی و پیلوت قرار دارد و در طبقه دوم یک سالن زیبای درنظر گرفته شده است. در قسمت غربی این سالنیک تراس طراحی شده؛ که سقف سالن با گنبد زیبایی ازجنس بتن مسلح پوسته‌ای پوشیده شده است. این گنبد داری قطر ۲۸,٦ متر است. در زیرگنبد پنجره‌های قوسی قرار دارد که نور سالن را تامین میکنند طراحی بصورتی انجام شده که انسان تصور میکند که گنبد معلق استوزن سقف گنبد به دیوارهای قوسی بالای پنجره و از آنجا به سقف زیرین و سپس به دیوارها باربر (که دارای ضخامت زیاری هستند و ستون‌ها وارد میشود. طبقه زیر زمین شامل کلاسها و تاسیسات میباشد.

ترمینال TWA؛ یکی از بناهای زیبا ی وبی نظیر فرودگاه بین المللی اف کندی در نیویورک است. این بنای تاریخی بین سالهای ۱۹۵٦و۱۹٦۲ ساخته شده این ساختمان باشکوه که پرنده‌ای در حال پرواز را نشان می‌دهد. یکی از کارهای موفق ارو سارینن بشمار میرود و شکل دیوارهای مقعر تماشاچیان را بطرف ورودی راهنمائی میکند. حجم تندیس گونه این فرودگاه رویائی یادآور پرنده‌ای پرگشوده برای پرواز است. به جرات میتوان گفت طراحی ساختمان بر اساس عملکردهای آن انجام شده که هرساله ملیونها توریست از این بنای زیبا بازدید بعمل می‌آورند سقف‌های پوسته‌ای زیبای آنظر هر بیننده‌ای را بخود جلب میکند.

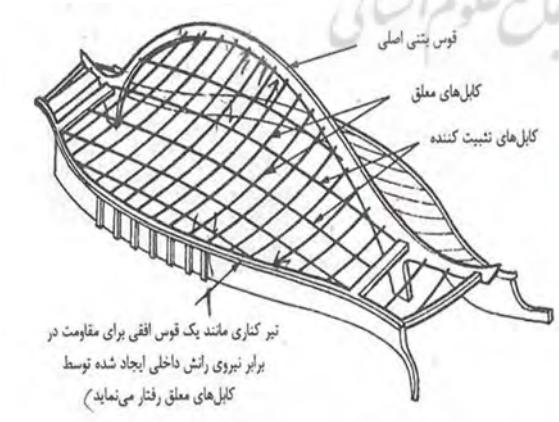
تصویر ۲۸. خانه گنبدی و استفاده از سازه‌های پوسته ای؛ ماخذ: تحلیل نگارنده.

تصویر ۲۹. نمونه سقف پوسته‌ای با الهم گیری از فرم تخم مرغی؛ ماخذ: آرشیو شخصی نگارنده.

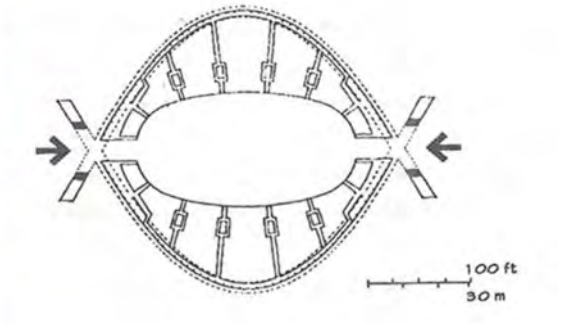
ایستگاه قطار **TGV** در فرانسه: یکی از کارهای زیبا و تماشاهی کالاتراوا طرح ایستگاه در شهر لیون فرانسه است. این هنرمند برجسته با طراحی این ایستگاه توانست اعتبار جهانی برای خود کسب نماید. طرح این ایستگاه عظیم یادآور ماهی یا نوعی پرند ه در حال پرواز است. تالار اصلی ایستگاه دارای ابعاد ۱۲۰*۱۰۰ وارتفاع ٤٠ متر و دهنه ۵۳ متر است. ساختمان شامل شش خط راه آهن و دو محوطه بتنی مخصوص قطارهای سریع السیر و بدون توقف است برای این ساختمان پارکینیک‌های متعدد در نظر گفته شده است.

زمین بازی هاکی دانشگاه بیل: این ساختمان بشگل کشتی به گل نشسته است. این بنا بوسیله اروسانین طراحی شده دارای پلان تخم مرغ شکل است. و گنجایش ۲۹۰۰ تماچی را دارد، بعلت داشتن شکل منحنی محدب از انعکاس صوت جلوگیری می‌کند. در وهله اول قوس سهمی آن به چشم میخورد که دهنه آن ۷۳ متر است این قوس منحنی دارای یک طره ۱۲,۲ متر می‌باشد. برای پوشش سقف از یک سری کابل استفاده شده که این کابل‌ها بفاصله ۱,۸۳ متر قرار گرفته برای استحکام بیشتر سه کابل اضافی در سقف قرار گرفته است دیوارهای اطراف به صورت مورب ساخته شده وبرای جلوگیری از نیروی افقی در روی این دیوار یک قوس افقی بعرض ٤٦ ساتیمر قرار گرفته است.

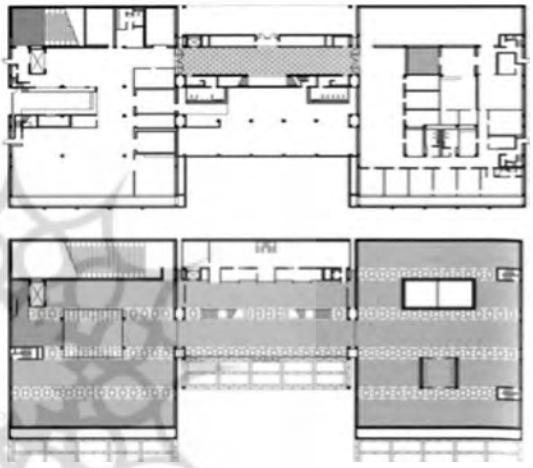
یدان ورزشی رالی: این بنا برای نمایشگاه در نظر گرفته شده و گنجایش ۵۵۰۰ نفر را دارد و در کارولینای شمالی ساخته شده و توسط دیتریک طراحی شده و قسمت جایگاه از حداکتر نور استفاده می‌کند. دهنه این بنا ۹۰,۱ متر است این دهنه با کابل پوشیده شده فواصل کابل‌ها ۱,۸ متر و قطر کابل‌ها بین۱۸ تا ۳۲ میلیمتر است عمود بر کابل‌ها از کابل‌های تثبیت شده استفاده شده که قطر آنها ۱۲ تا ۱۸ میلیمتر است و بواصل ۱,۸ قرار دارد.



تصویر ۳۰. زمین بازی هاکی و سازه پوسته ای؛ ماخذ: اینترنت.



تصویر ۳۱. زمین ورزشی راکی و سازه پوسته ای؛ ماخذ: اینترنت.



تصویر ۳۲. موزه کیمبال و سازه پوسته ای؛ ماخذ: اینترنت.

موزه کیمبال: این ساختمان توسط آرشیتکت معروف لویی کان در سال ۱۹۷۲ ساخته شده و مهندس سازه این بنای زیبا کامدانت است. این ساختمان از چهارده پوسته استوانه‌ای بابعاد ۳۰,۵*۷ متر تشکیل گردیده؛ و پوسته‌ها دارای مقطع دایره هستنند. ضخامت این پوسته استوانه‌ای حدود ۱۲ سانتیمتر بوده و بار از سقف به ستون‌ها منتقل می‌گردد. برای روشنائی این بنا نورگیری هائی دربالای سقف پیش بینی شده است. بین دو سقف پوسته‌ای یک سقف افقی ایجاد گردیده و برای عایق کردن سقف از پوشش مسی استفاده شده است. برای اینکه نور مستقیم وارد سالن نشود در زیر پنجرها منعکس کننده فازی قرار داده شده است. برای جلوگیری از نیروی افقی درتکیه‌گاه‌ها ضخامت پوسته در قسمت تکیه‌ها زیاد گردیده و برای مقاومت بیشتر پوسته‌ها علاوه بر میله گردهای اصلی سه کابل پیش تنیده در قسمت تحتانی قرار داده اند.

میدان اسب دوانی زارزوئلا؛ یکی از اولین نمونه سقف‌های پوسته‌ای چتری که در سال ۱۹۳۵ در مادرید ساخته شد، میدان اسب دوانی زارزوئلا استاین بنای جاودانی که از لحاظ مقاومت درنوع خود بی نظیر است توانسته مدت زیادی برجا بماند. با وجود اینکه انفجارهای زیادی در اسپا نیا رخ داده، کوچکترین ترکی درآن بوجود نیامده و طبق محاسباتی که با کامپیوتر صورت گرفته ابعاد آن بسیار قوی استاین میدان اسب دوانی دارای ابعاد ۵* ۱۹,۸ متر با کنسولی ۱۲,۸ متر و ضخامت پوسته بین ۵۰ تا ۱۳۵ میلیمتر متغیر است.

رستوران لس مانانتیالیس؛ با ترکیب چند قوس پوسته‌ای متقاطع میتوان یک فرم زیبائی را خلق نمود. این رسوران دارای پلان هشت ضلعی است و از چهار قوس متقاطع تشکیل شده قوسها یک حالت رفت و برگشتی دارد. ارتفاع این سازه در مرکز ۵,۸ است و بلندترین ارتفاع آن حدود ۱۰متراست و ضخامت پوسته بین ۱۷ تا ۳٤ میلیمتر متغیر است.

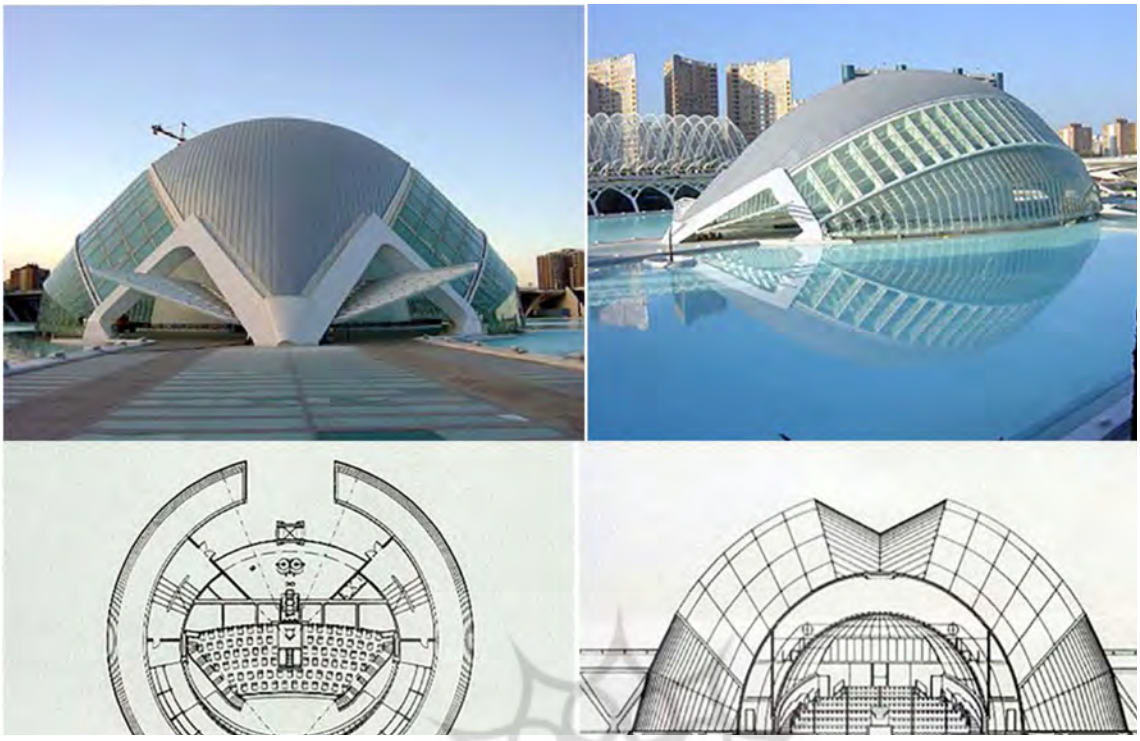
مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۱ تابستان ۱۳۹۷
No.51 Summer 2018

تصویر ۳۳. میدان اسب دوانی و سازه پوسته ای؛ ماخذ: اینترنت.

تصویر ۳٤. رستوران لس مانانتیالیس و سازه پوسته ای؛ ماخذ: اینترنت.

گنبد خورشید؛ این استادیم ورزشی دارای قطر ۸۲,۲ متر می‌باشد و مهندس معمار این استادیم شرکت معماری لوف بارو می‌باشد و شکل کلی سقف چتری دندانه‌ای است. ارتفاع ان از۱۲,۲ شروع شده ودر بالا به ٤۸,۸ میرسد سقف به ۲٤ قوس تقسیم شده که بار آن به حلقه فشاری منتقل می‌شود. این حلقه بر روی ۲٤ ستون بتنی مسلح قرار دارد ضخامت پوسته در پائین ۱۱ سانتیمتر و در بالا ۷,۵ سانتیمتر است.

تصویر ۳۵. گنبد خورشید و سازه پوسته ای؛ ماخذ: اینترنت.



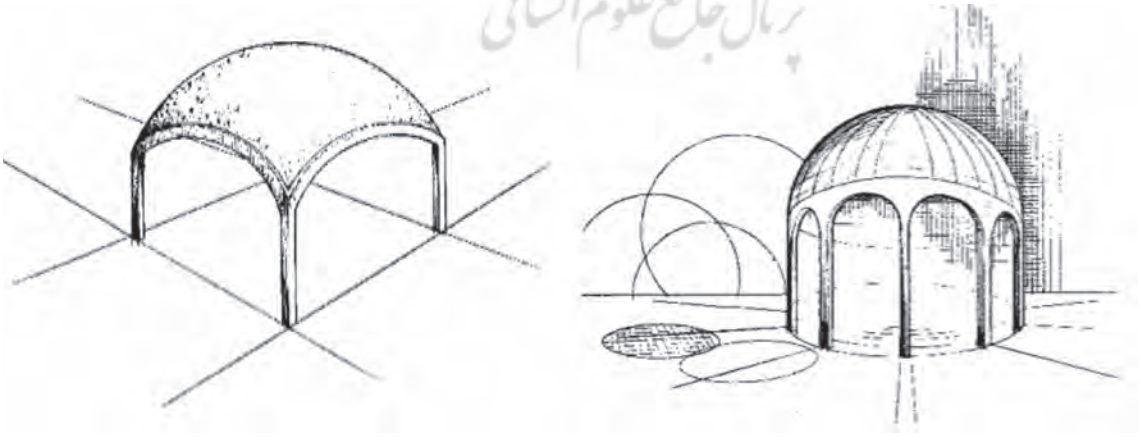
تصویر ۳۶. موزه هنر و علوم در اسپانیا اثر کالاتراوا در میلواکی و ابعاد زیبایی‌شناختی سقف پوسته‌ای آن با الهام گیری از فرم چشم؛ ماخذ: آرشیو نگارنده.

مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۱ تابستان ۱۳۹۷
No.51 Summer 2018

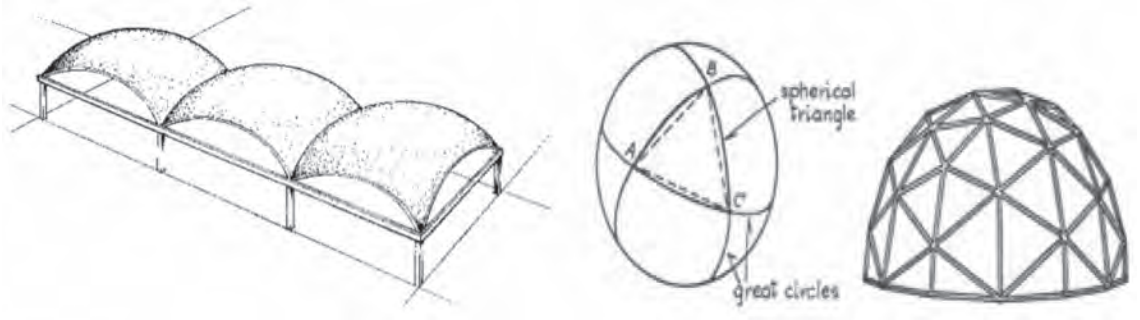
زیبایی‌شناسی سازه‌های پوسته‌ای

گنبدهای بتنی علاوه بر زیبائی میتواند دهنه‌های بزرگ را پوشش دهند، بطور کلی از دوران منحنی حول یک محور گنبد بوجود می‌اید و در اثر چرخش دایره حول محور عمودی کره تشکیل می‌گردد. گنبد از دو قسمت اصلی تشکیل شده و بخش‌های عمودی که از یکسری قوس تشکیل شده که بنام نصف النها ر معروف است و قوس‌های افقی اینقوس‌ها حلقوی هستند و بصورت موازی قرار گرفته اند.

نیروی رانشی: در تکیه گاه گنبدها نیروی رانشی زیادی ایجاد میشود معمولاً گنبدهای کروی دارای خطوط نصف النهارات و مدارات هستنند و بار به این حلقه‌ها وارد میشود. اگر ارتفاع گنبد باندازه کافی باشد، درنتیجه حلقه‌های کششی میتواند این نیروی رانش را خنثی کنند ولی در صورتی که ارتفاع گنبد کافی نباشد برای جلوگیری از نیروی رانش باید از پشت بتد استفاده نمود و یا میتوان یا میتوان با ایجاد حلقه اضافی از رانش جلوگیری نمود.



تصویر ۳۷ (سمت راست). نمونه یک گنبد با پلان دایره و تصویر ۳۸. (سمت چپ) ساخت پوسته با استفاده از مربع؛ ماخذ: نگارنده.



تصویر ۳۹ (سمت راست). نمونه گنبد ژئودزیک و تصویر ۴۰. (سمت چپ) نمونه ساخت گنبد بصورت ممتد؛ ماخذ: نگارنده.

سقف‌های زین اسبی: این سقف‌ها همانطوری که از نامش پیدا است شبیه به زین اسب است؛ به این سقفها آنتی کلاسیک نیز گفته میشود این سقف‌های پوسته‌ای علاوه بر زیبا بودن میتوانند بار زیادی را تحمل نماید. این سقف‌ها ممکن است یکی از اشکال مخروطی، سهموی و هذلولی باشند.

تصویر ۴۱. (سمت راست) تحلیل سازه‌ای نمونه یک سقف زین‌اسبی و تصویر ۴۲. سقف پوسته‌ای ساختکان کلگری؛ ماخذ: نگارنده.

مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۱ تابستان ۱۳۹۷
No.51 Summer 2018

نتیجه گیری و جمعبندی

علی رغم ورود و گسترش سازه‌ها و مصالح نوین منحصر به ۱۰۰ سال اخیر همچون سازه‌های کابلی، تنسگریتی و پنوماتیک و نیز مصالحی همچون پلی کربناتها که می‌توان گفت کمتر مشابهی در پیشینه ساختمان سازی بشر داشته‌اند، می‌توان بتن و فولاد را مهمترین، تاثیرگذارترین و شناخته شده ترین مصالحی که سیر تکامل سازه‌ها را طی یک قرن گذشته دستخوش تحولات چشم گیری نموده‌اند دانست. مقاومت کششی و فشاری بسیار بالای این مصالح این امکان را در اختیار طراحان سازه گذاشته است که دهانه‌های بسیار بزرگ با استفاده از این مصالح پوشش داده شوند. با وجود تحولات شگرف، همزمان با ورود بتن

و فولاد همراه با ارتقای دانش مهندسی و طراحی سازه ای، پایه اصلی غالب سازه‌های بکار گرفته شده جهت استفاده از این مصالح ریشه بسیار عمیقی در دانش معماری گذشته بشر داشته است. استفاده از خرپاهای عظیم فولادی و نیز پوسته‌های بتنی با ابعاد بسیار بزرگ که رایج‌ترین راهکارهای طراحی سازه‌ای جهت پوشش دهانه‌های عظیم بشمار می‌روند، در حقیقت شکل تکامل یافته خرپاهای چوبی با قدمت بیش از هزار سال و نیز سازه‌های پوسته‌ای با استفاده از مصالح بنایی همچون طاق‌ها و گنبدها با عمری بالغ بر ۳ هزار سال هستند که تنها در انتخاب نوع مصالح بروز شده و در مواردی، به لحاظ تکنیک‌های اجرا و ساخت، تکامل یافته اند.در این میان پوسته‌های تویزه دار و دو جداره دارای قدمت بسیار طولانی و نزدیک به ۸ قرن در گنبدها و طاق‌های دو پوشش با مصالح بنایی بوده اند که به شکل گسترده به ویژه در ایران اسلامی پس از رواج شیوه آذری تکامل و توسعه پیدا کرده اند. در رابطه با تحلیل سازه‌ای پوسته، می‌توان گفت که سازه‌ای نازک با سطح منحنی می‌باشد که بارها را بصورت کشش، فشار و برش به تکیه گاه‌ها منتقل می‌نماید. سازه‌های پوسته‌ای مشابه طاقهای سنتی می‌باشد؛ با این تفاوت که سازه پوسته‌ای در برابر نیروهای کششی مقاوم می‌باشد. اغلب پوسته‌های معماری از بتن مسلح ساخته شده اند همچنین از تخته چندلایی، فلز پلاستیک‌های شیشه‌ای مسلح هم استفاده می‌شود. پوسته‌ها به علت شکل منحنی خود مقاومت خوبی در برابر بارهای گسترده یکنواخت در سازه هایی مانند سقف دارند، اما مقاومت این نوع سازه به علت نازک بودن، در برابر خمش‌های ناحیه‌ای که از طریق بارهای متمرکز تولید شده قابل توجه نمی باشد. در پایان می‌توان گفت که پوسته‌ها با توجه به شکلشان به چهار دسته (سین کلاستیک، آنتی کلاستیک، قابل توسعه، و شکل آزاد) تقسیم می‌شوند:

۱. اشکال سین کلاستیک (گنبد ها): دارای دو منحنی هستند که خطوط انحنای آن در جهت مشابه می‌باشد.
۲. اشکال قابل توسعه (مخروط، استوانه، استوانه ای): آنها در یک جهت دارای خطوط مستقیم و درجهت دیگر بصورت منحنی می‌باشند که از خمش در صفحه ی مسطح حاصل شده اند.
۳. اشکال آنتی‌کلاستیک (اشکال زین اسبی شامل :مخروطی، سهموی – هذلولی شبه هذلولی) دارای انحنای مضاعف بوده که خطوط انحنا در جهت مخالف هم می‌باشند.
٤. اشکال آزاد: دارای فرمهای آزادی هستند که از محاسبات ریاضی بدست نمی آیند.

منابع و ماخذ

1. Ang KM, Morris GA. Analysis of three-dimensional frames with flexible beam- column connections, Canadian. J Civil Eng 1984;11:245–54.
2. Chan SL, Chui PPT. Nonlinear static and cyclic analysis of steel frames with semi-rigid connections. Elsevier; 2000.
3. Chen WF, Kishi N. Semirigid steel beam-to-column connections - data-base and modeling. J Struct Eng ASCE 1989; 115:105–19.
4. Chiorean CG. A computer method for nonlinear inelastic analysis of 3D semi-rigid steel frameworks. Eng Struct 2009;31:3016–33.
5. Chopra AK. Dynamics of structures: theory and applications to earthquake engineering.
6. E. M. Lui and W. F. Chen. Behavior of braced and unbraced semi-rigid frames. International Journal of Solids Structures, 24(9):893{913, 1988.
7. E.M. Lui and W. F. Chen. Analysis and behavior of flexibly jointed frames. Engineering Structures, 8:107{118, 1986.
8. Faella,C.Piluso, V.Rizzano, G.,(2000).Structural steel semi-ridi connections: Theory, gesign and software. CRC press LC. Florida.
9. Fathi, M., Daneshjoo, F., Melchers, R.E.; (2006) A method for determining the behavior factor of moment-resisting steel frames with semi-rigid connections; Engineering Structures, 28, 514-531
10. G. Rocha. Load Increment and Iterative Strategies for Nonlinear Analysis of Slender Structural Systems. M.Sc. Thesis. PROPEC/Deciv/ School of Mines, UFOP (in Portuguese), 2000.
11. H.-T.Thai, S.-E.Kim, Nonlinear inelastic analysis of space frames, J.Constr. Steel Res.67 (2011) 585–592.
12. Ihaddoudène, A.N.T., Saidani, M. and Chemrouk, M., "Mechanical model for the analysis of steel frames with semi rigid joints", J. Constr Steel Res., Vol. 65, (2009), 631-640.
13. Iványi, M., "Full-scale tests of steel frames with semirigid connections, Eng. Struct., Vol. 22, (2000), 168- 179.
14. J.G. Orbison, W.McGuire, J.F.Abel, Yield

surface applications in nonlinear steel frame analysis, Comput. Methods Appl.Mech. Eng.33(1982)557–573.
15. Kameshki, E. S., Saka, M. P., "Genetic Algorithm Based Optimum Design of Nonlinear Planar Steel Frames with Various Semi-Rigid Connections ", Journal of Constructional Steel Research 59, pp. 109-134, 2003.
16. Kim, S.E., Park, M.H., Choi, S.H., 2001. Direct design of three-dimensional frames using practical advanced analysis. Engineering Structures 23 (11), 1491–1502.
17. King, W. S. & Chen, W. F. (1993). LRFD analysis for semi-rigid frame design. Eng. J. AISC, Vol. 30, No. 4, pp. 130-140.
18. Kishi, N., Chen, W. F., Goto, Y., Komuro, M., "Effective Length Factor of Columns in flexibly Jointed and Braced Frames", Journal of Constructional Steel Research 47, pp. 93-118, 1998.
19. Kishi, N., Chen, W. F., Goto, Y., Matsuoka, K. G., "Design Aid of Semi-rigid Connections for Frame Analysis", Engineering Journal, v. 30, 3rd Quarter, pp. 90-107, 1993.
20. L. Pinheiro and R. A. M. Silveira. Nonlinear analysis of steel frames with semi-rigid connections. In Proceedings of the XXIV Iberian-Latin American Congress of Computational Methods in Engineering (XXIV CILAMCE), volume 1, pages 1{18, Ouro Preto/Brazil, 2003. (CD-ROM) (in Portuguese).
21. Liew, J. Y. R., Chen, H., Shanmugam, N. E., Chen, W. F., "Improved Nonlinear Plastic Hinge Analysis of Space Frame Structures", Engineering Structures, Vol. 22, pp. 1324-1338, 2000.
22. Lui EM, Chen WF. Analysis and behavior of flexibly-jointed frames. Eng Struct 1986;8:107–18.
23. Lui EM, Lopes A. Dynamic analysis and response of semirigid frames. Eng Struct 1997;19:644–54.
24. M. Sekulovic and M. Nefovska-Danilovic. Static inelastic analysis of steel frames with flexible con-nections. Theoret. Appl. Mech., 31(2):101{134`, 2004.
25. M. Sekulovic and R. Salatic. Nonlinear analysis of frames with fiexible connections. Computers and Structures, 79(11):1097{1107, 2001.
26. Mazzolani F.M. (2000) Moment Resistant Connections of Steel Frames in Seismic Areas, Design and Reliability, E & FN SPON, London, UK.
27. Nader, M.N. and Astaneh-Asl, A. (1992) Seismic Behavior and Design of Semi-Rigid Steel Frames, Earthquake Engineering Research Center, Report No. UCB/EERC92/06, University of California at Berkeley.
28. Newmark NM. A method of computation for structural dynamic. J Eng Mech Div ASCE 1959;85:67–94.
29. Ngo-Huu C, Nguyen P-C, Kim S-E. Second-order plastic-hinge analysis of space semi-rigid steel frames. Thin Walled Struct 2012;60:98–104.
30. Prakash V, Powell GH. DRAIN-3DX: base program user guide, version 1.10. A computer program distributed by NISEE/Computer applications. Berkeley: Department of Civil Engineering, University of California; 1993.
31. S. L. Chan and P. P. T. Chui. Nonlinear Static and Cyclic Analysis of Steel Frames with Semi-Rigid Connections. Elsevier, Oxford, 2000.
32. S.L. Chan, P.P.T. Chui, Nonlinear Static and Dynamic Analysis of Steel Frames with Semi-Rigid Connections, Elsevier, Amsterdam, 2000.
33. Sekulovic, M. and Salatic, R., "Nonlinear analysis of frames with flexible connections", Comput. Struct., Vol. 79, (2001), 1097-1107.
34. Thai HT, Kim SE. Practical advanced analysis software for nonlinear inelastic analysis of space steel structures. Adv Eng Software 2009;40:786–97.
35. U. Vogel, Calibrating Frames, Stahlbau, Berlin, Germany (1985) 295–301.
36. Upper Saddle River, New Jersey 07458: Pearson Prentice Hall; 2007.
37. W.F. Chen, E.M. Lui, Structural Stability: Theory and Implementation, Elsevier, New York, 1987.
38. W.F.Chen, N.Kishi ,Semi rigid steel beam-to-column connections - data-base and modeling, J.Struct.Eng.-ASCE115(1989)105–119.
39. Xu L. The buckling loads of unbraced PR frames under non-proportional loading J Constr Steel Res 2002;58:443–65.
40. Y. B. Yang and S. R. Kuo. Theory & Analysis of Nonlinear Framed Structures. Prentice Hall, 1994.
41. Yu CH, Shanmugam NE. Stability of semi-rigid space frames. Comput Struct 1988;28:85–91.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی