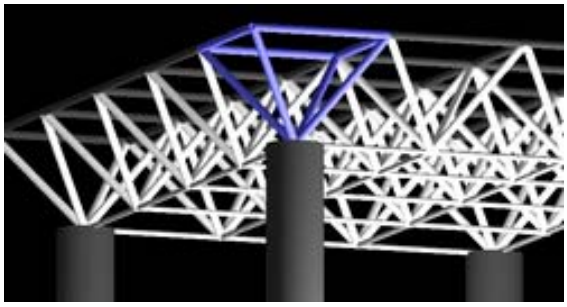
بسمه تعالی

مجموعه نکات مقدماتی و پیشرفته طراحی

سازه های فضاکار

SpaceFrame Structures Or Spatial Structures



مدرس: جناب پروفسور هوشیار نوشین

استاد دانشگاه ساری انگلستان

Prof. H.Nooshin,UK,Surrey University

تهیه کننده: مجتبی اصغری mojtaba808@yahoo.com

www.Saze808.com

اردیبهشت ۸۹- دانشگاه شهید باهنر کرمان

فهرست:

«مجموعه نکات مقدماتی»

مقدمه

فصل اول)آشنایی با نرم افزار Formianو جبر فرمکسی

فصل دوم)آشنایی با انواع سازه های فضاکار

فصل سوم) اجزای سازه فضاکار

فصل چهارم) اتصالات در سازه های فضاکار

فصل پنجم) بارگذاری سازه های فضاکار

فصل ششم) تحلیل و طراحی سازه های فضاکار

فصل هفتم)مثال از تحلیل و طراحی شبکه تخت دولایه در SAP

فصل هشتم) نکات اجرایی سازه های فضاکار

مراجع

پیوست) مثالی از مراحل اجرای پروژه ها

پیوست) نمونه هایی از ترسیم انواع شبکه های تخت، چلیک ها و گنبد ها در Formian

جهت تهیه مجموعه نکات پیشرفته ،انتهای همین جزوه را مطالعه فرمایید.

مطالب و نکات مقدماتی طراحی اینگونه سازه ها همزمان با این دوره در تاپیک زیر با عنوان «آنلاین با دوره سازه های فضاکار» در وبسایت ایران سازه با لینک زیر توسط مولف ارائه گردید:

http://www.iransaze.com

مقدمه ای از دوره های سازه های فضاکار

پانزدهمین دوره سازه های فضاکار اردیبهشت ۸۹ با حضور جناب پروفسور نوشین و تنی چند از دانشجویان به نام ایشان که همگی جزو اساتید معروف و معتبر دانشگاه های سراسری کشورمان هستند همچون جناب دکتر کاوه ،جناب دکتر عیسی سلاجقه ،دکتر عابدی،دکتر چناقلو و تنی چند از اساتید دیگر در دانشگاه شهید باهنر کرمان برگزار گردید.این دوره مطابق روال ۱۴ سال گذشته در دو هفته مجموعه ۱۲روز به ارزش معادل ۳ واحد درسی با برگزاری امتحان پایان دوره برگزار گردید که حاصل آن آشنایی مقدماتی و پیشرفته مهندسین سازه و معماری برای تاشه پردازی هرگونه شکل سازه های فضاکار دولایه ،گنبد،چلیک و ... در نرم افزار اختصاصی Formian و متعاقب آن طرح سازه های فضاکار بوده که همه ساله دانشجویان سازه و معماری و یا فارغ التحصیلان این دو رشته و علاقه مندان به موضوع سازه های فضاکار در کشور برای کسب اطلاعات تخصصی در این زمینه گرد هم جمع میگردند.آدرس اینترنتی وبسایت دوره سازه های فضاکار :

http://spacestructurescourse.acecr.ir

این دوره به درستی با ترکیبی از مهندسین معمار و سازه برگزار گردید چراکه برای ساخت سازه فضاکارهمانند هر طرح سازه ای دیگر ابتدا باید مهندس معمار آشنا با طرح ها و ایده های نو در سازه های فضاکار بوده تا بتوان با داشتن آشنایی کلی از اجرایی بودن طرح ، ایده های نو برای سازه طرح نماید و مهندس سازه هم باید قادر به مدل کردن سازه و سپس انتقال آن به نرم افزار طراحی سازه Sap باشد تا با لحاظ سایر نکات مربوط به بارگذاری ، ساخت و اجرای این سازه ها، بتواند سازه ای مناسب ارائه نماید.

بنده هم که افتخار حضور در یکی از این ۱۵ دوره کارگاه آموزشی را داشتم سعی کردم برای حفظ نکات پیشرفته طراحی و انتقال مطلوب تر آن جزوه ای تهیه کنم تا بتوانم برای دوستان و دانشجویان علاقه مند بخصوص مهندسین وبگاه مرجع ایران سازه که امکان حضور و استفاده از این اطلاعات برایشان فراهم نبود ارسال دارم.

آشنایی با پروفسور نوشین

پروفسور هوشیار نوشین بی شک یکی از افتخارات ایران در عرصه سازه به ویژه سازه های فضاکار میباشند که مبدع طرح مفاهیم فرمکسی جبر سازه فضاکار به شمار میروند.شاید ایشان را از این نظر بتوان پدر علم سازه های فضاکار در جهان به شمار آورد کما اینکه شاگردان ایشان هم اکنون در عصر حاضر در گوشه های جهان خالق طرح های بی نظر و منحصر به فرد در طراحی و ساخت انواع هندسه های سازه های فضاکار میباشند.

از خدمات استاد:

- تدوین نرم افزار بی نظیر فرمین Formian زیر نظر ایشان که هرچند آخرین ورژن آن به اواخر سال ۲۰۰۰ میلادی برمیگردد اما گستره استفاده از آن به حدی وسیع میباشد که تقریبا تمام سازه های فضاکار حتی سازه های با فرم آزاد را در این نرم افزار می توان با استفاده از جبر فرمکسی مدل کرده و با انتقال به اتوکد و سپس به Sap میشود طراحی هرگونه سازه فضاکاری انجام داد.
- سردبیر ژورنال بین المللی Space Structures Journal
- چاپ کتب و مقالات متعدد در زمینه جبر فرمکسی در ترسیم سازه های فضاکار
- و رئیس پژوهشگاه سازه های فضاکار دانشگاه ساری انگلستان http://www.surrey.ac.uk

آنچه در طراحی سازه های فضاکار قابل اهمیت است این است که هرچند روال طراحی اینگونه سازه ها همانند طراحی سازه های فلزی تنش مجاز یا حالت حدی میباشد (و فقط در بارگذاری ها تفاوت وجود دارد) اما نکته و پیچیدگی اصلی کار مدل کردن هندسه سازه میباشد که نرم افزار فرمین این کار را ساده نموده است.

مورد جالبی در مورد ایشان این میباشد که ملاحظه نمودم پروفسور نوشین با همه علاقه و دانش خود نه تنها خود نقش فعال در برنامه ریزی و تقریبا همه امور این کارگاه دارند بلکه همه شاگردان استاد که از اساتید به نام دانشگاه ها هم هستند به احترام و علاقه اشان به استاد، با کمال میل حضور آوردند و در جمعی صمیمی استاد و شاگردان با هم به بحث و بررسی برای راهکارها و شیوه های نوین سازه های فضاکار از جمله تدوین نشریه اختصاصی و آیین نامه ملی سازه های فضاکار می پردازند.

به نوعی میشود گفت استاد نوشین و شاگردان ایشان هرساله ا در دانشگاه کرمان که به نوعی موسس و بانی آن نیز خود ایشان میباشند(تمام هزینه ساخت دانشگاه کرمان یا همان دانشگاه افضلی پور توسط مهندس افضلی پور دایی دکتر نوشین و خود ایشان طی سال ها تامین شد) گرد هم جمع می شوند تا بانی گسترش علم سازه های فضاکار در ایران باشند.

معرفی تنی چند از شاگردان پروفسور نوشین و سایر سخنرانان دوره سازه های فضاکار:

- دکتر نصرالله دیانت:

دکتر دیانت در سال ۱۹۷۳ اولین دانشجوی ایرانی پروفسور نوشین در مرکز تحقیقات سازه های فضاکار دانشگاه ساری انگلیس بودند که پس از فارغ التحصیلی در کشور شروع به طراحی و اجرای انواع سازه های فضاکار نمودند که میشود ایشان را از طراحان برجسته این حرفه نامید که پروژه های اجرایی فوق العاده ای طراحی نمودند که برای نمونه میتوان از پرژه های زیر نام برد:

طرح سایه بان جایگاه استادیوم زاهدان:

نورگیر سقفی دانشکده علوم دانشگاه سمنان:

- دکتر عیسی سلاجقه

پروفسور عیسی سلاجقه در سال ۱۹۷۶ به عنوان بورس دانشگاه افضلی پور کرمان دانشجوی استاد نوشین در دانشگاه ساری بودند وهم اکنون عضو هیئت علمی عمران دانشگاه شهید باهنر کرمان و از چهره های سرشناس سازه ای به خصوص در زمینه بهینه سازی سازه ها در کشور میباشند.

- دکتر محمود گلابچی- عضو هیئت علمی دانشکده هنر های زیبا دانشگاه تهران و مولف بیش از ۲۰ کتاب در زمینه سازه های فضاکار

- دکتر هریسچیان –عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف(ایشان در این دوره حضور نداشتند)
- دکتر شاهرخ مالک– عضو هیئت علمی دانشگاه امیرکبیر(ایشان در این دوره حضور نداشتند)
- دکتر مقیمی– استاد معماری و عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان که سخنرانی بسیار زیبایی در زمینه فرم های آزاد در سازه های فضاکار داشتند و از جمله معماران برتر ایران در زمینه طراحی انواع سازه های فضاکار در کشور هستند که همراه با دکتر دیانت طرح های بی نظیری در کشور طرح و اجرا نمودند
- دکتر چناقلو– عضو هیئت علمی عمران و رئیس دانشگاه صنعتی سهند تبریز که موضوع تز دکتری ایشان در دانشگاه ساری نزد دکتر بررسی اتصالات صلب و نیمه صلب در سازه های فضاکار بود
- دکتر عابدی– عضو هیئت علمی عمران دانشگاه صنعتی سهند تبریز که موضوع تز دکتری ایشان در دانشگاه ساری بررسی آزمایشگاهی پایداری سازه در برابر خرابی پیش رونده در سازه های فضاکار میباشد که به تازگی کتابی با عنوان بررسی پایداری در سازه های فضاکار از ایشان چاپ گردیده
- دکتر طهوری –موضوع تز ایشان بررسی اثر باد بر روی سازه های فضاکار میباشد
- مهندس سماواتی و مهندس مهرابی– از جمله مهندسانی میباشند که طراحی نمونه های بزرگی از سازه های فضاکار در کشور را بر عهده داشتند و در این دوره همراه با دکتر نوشین برای آموزش نکات اجرایی و طراحی سازه های فضاکار حضور به عمل آوردند.

آیین نامه ملی سازه های فضاکار و پیوست ها (نشریه ۴۰۰ برنامه و بودجه):

از حدود ۷ سال پیش بحث تدوین آیین نامه ملی سازه های فضاکار با توجه به نیاز حال حاضر جامعه مهندسین سازه ما در همین دوره های سالانه کارگاه سازه های فضاکار قوت گرفت طوریکه جناب پروفسور نوشین به همراه شاگردانشان که در راس آنها دکتر دیانت به جهت تجربه های اجرایی و طراحی که داشتند این بحث را سالانه در این دوره پیگیری و برای نحوه چاپ و فصول آن برنامه ریزی می نمودند.هرچند به تازگی با همت شاگردان پروفسور نوشین انجمن سازه های فضاکار در کشور با هدف برگزاری مجموع های عمومی و سمینارها و دوره های آموزشی در کشور و سازمان دهی نظریات و مجلات در دانشگاه تهران تشکیل گردید که از خرداد ۸۹ با برگزاری دوره طراحی سازه های گنبدی در دانشگاه تهران رسما شروع فعالیت می نماید.

البته در شماره ای از ASCE۲۰۰۵ هم یک شماره مختص طراحی سازه های فولادی آمده و همچنین در کشور آلمان شرکت مروMero خود برای طرح انواع سازه های فضاکار استاندارد هایی دارد که به تصویب شورای مهندسین این کشور میرسد که تابحال در کشور ما برای طرح سازه های فضاکار از یکی از آیین نامه های بین مللی استفاده میشد که بعضا برای مثال برای تعیین

نیروی قائم زلزله از آیین نامه چین و برای طراحی اتصالات از مرو و طراحی سازه از AISC استفاده میشد که لزوم یک آیین نامه ملی بسیار مهم و حیاتی می نمود.

با هماهنگی های صورت گرفته با سازمان برنامه و بودجه ، نشریه طبق کد ۴۰۰ سازمان برنامه بودجه با عنوان آیین نامه سازه های فضاکار به زودی چاپ و مورد استفاده مهندسین قرار خواهد گرفت.اما در انتهای این نشریه دو پیوست ویک لغت نامه سازه های فضاکار میباشد که کاربرد فوق العاده ای دارند:

- پیوست آیین نامه سازه فضاکار- این پیوست که شامل انواع هندسه های متداول سازه های فضاکار میباشد شامل انواع کدهای فرمینی مربوط به هر کدام از قالب ها یا به عبارتی الگوهایی که کار طراحی سازه های تیپ معمول بخصوص شبکه های تخت یک و دولایه ، چلیک و گنبد های معمول را آسان خواهد نمود.
- لغت نامه سازه های فضاکار- در این لغت نامه که در حین دوره سازه های فضاکار نیز در اختیار شرکت کنندگان دوره قرار گرفته است، جناب پروفسور نوشین در سال ۱۳۷۳ با معادل یابی برای تک تک ۲۰۰ لغت تخصصی سازه های فضاکار برای آنها معادل هایی از ریشه های فارسی اصیل پیدا نمودند که لازم است این پشتکار استاد را جدا ستود.چراکه استاد در حین دوره هم هیچ گاه لغات انگلیسی با فارسی را به صورت معمول ادغام و ترکیبی به کار نمیبرند و جایی که سخنرانی به زبان فارسی داشته باشند تنها لغات معادل فارسی حتی برای متداول ترین واژه های مرسوم انگلیسی فارسی به کار میبرند که این وابستگی برای یک شخصیتی که بیش از ۵۰ سال در خارج از کشور تدریس و زندگی داشته اند واقعا در نوع خود بی نظیر میباشد.

البته این آیین نامه فعلا محدودیت های دیگری هم دارد از جمله آنکه فعلا تنها در این آیین نامه به سازه های فضاکار فلزی اشاره شده و تنها بحث طراحی آن اشاره میگردد و سایر مباحث مربوط به نحوه کنترل و نصب فعلا در آن نیست.

ضمن اینکه از مهمترین معضلات سازه های فعلی کشور ما این است که آیین نامه مرو با روش حالت حدی دتایل جزئیات اتصال را پیشنهاد نموده در حالیکه ما طبق روش تنش مجاز سازه را طراحی میکنیم که این در مفهومات طراحی با هم تفاوت خواهد داشت.

فصل اول) آشنایی با نرم افزار Formianو جبر فرمکسی

برای ترسیم هندسه سازه های فضاکار بخصوص برای سازه های چلیک و نیم استوانه و کروی هرچند در نرم افزار Sap قابلیت هایی برای ترسیم در نظر گرفته شده اما بخصوص برای سازه های طویل با هندسه پیچیده ترسیم اینگونه سازه ها به روش معمول در Sap یا حتی AutoCad سخت و پیچیده میباشد.

همانطور که احتمالا در یکی از کتب دکتر باجی با ترسیم یک سازه فضاکار با شبکه تخت دولایه معمولی در نرم افزار Sap آشنا شدید ،باید گفت ترسیم یک چلیک یا اشکال هندسی نامنظم بخصوص مواردی که در نقاط میانی یا گوشه ها از هندسه المان هایی حذف میگردند ، در Sap تقریبا غیر ممکن و نیازمند ترسیم برای مثال در AutoCad به صورت سه بعدی و سپس انتقال به Sap دارد

اما نرم افزار Formian با استفاده از جبر فرمکسی که برای آن برنامه نویسی صورت گرفته امکان مدل سازی هرگونه سازه ای حتی سازه های معماری با فرم های آزاد را فراهم می آورد که از قابلیت های آن:

- امکان برنامه نویسی فرمکسی برای مشاهده پرسپکتیو سازه مدل شده

- وجود الگوهای ساده برای ترسیم سریع انواع شبکه های تخت تک و دولایه(الگوهای مربوط به سازه های هندسه چلیک و گنبد ها به همراه توابع جدید که از قرار معلوم در ویرایش های بعدی قرار است اضافه گردد)

- امکان انتقال خروجی به صورت Dxf و نیز خروجی پرینت و PDF از اشکال هندسی ترسیم شده و کد ها

و سایر ویژگی های منحصر به فردی که برای مشاهده این امکانات کافیست سری به سایت خود نرم افزار در دانشگاه ساری انگلستان و نیز قسمت کتابخانه فرمول ها و توابع آن بزنید:

http://www.surrey.ac.uk/eng/research/ems/ssrc/formian.htm

در این قسمت شما با مشاهده توضیحات و مثال ها و کپی پیست کردن کد ها در نرم افزار که آن هم با حجمی کم از سایت قابل دانلود میباشد میتوانید نمونه هایی از کاربرد های این نرم افزار را ملاحظه نمایید.

البته نسخه ای که در سایت دانشگاه قرار گرفته مربوط به سال 1998 میباشد و بعد آن ویرایش دوم Formian v.2.2 که فعلا آخرین نسخه از این نرم افزار میباشد در سال July 2000 عرضه شد که در این دوره در اختیار دانشجویان قرار گرفته است.

از نکات مهم برای استفاده از این نرم افزار این است که نیاز به نصب ندارد وتنها فایل exe میبایست در درایو C کامپیوترتان کپی گردد.

برای آشنایی کامل با نحوه جبر فرمکسی این نرم افزار یک جروه PDF علاوه بر تدریس در سر کلاس در اختیار دانشجویان قرار گرفت اما آنچه که مهم است این میباشد که استفاده از توابع و فهم فرمول های این نرم افزار نیاز به مطالعه جزوات و تمرین مداوم میباشد.

از عیب هایی که برای این نرم افزار می توان نام برد عدم به اصطلاح User Friendly بودن نرم افزار و کار کردن سخت با توابع آن بخصوص برای مختصات های غیر دکارتی است .

اما آنچه هم اکنون قابل توجه است این است که مدل هندسی بیشتر طراحی های انجام گرفته برای سازه های فضاکار در جهان با استفاده از این نرم افزار انجام شده و سپس طراحی آنها در Sap انجام میشود.

فصل دوم) آشنایی با انواع سازه های فضاکار

از مهمترین مزیت های سازه فضاکار رفتار لرزه ای خوب به جهت سبک وزنی آنها میباشد و درجه نامعینی زیادی نیز دارند و نیز مزیت هایی برای پوشش دهانه های زیاد بدون نیاز به ستون ونیز جنبه معماری از دیگر مزیت های اینگونه سازه ها میباشدکه باعث میشود از اینگونه سقف ها برای مکان هایی همچون سالن های صنعتی ،آشیانه هواپیما،نمایشگاه ها و ... استفاده گردد.

سازه های فضا کار دارای ویژگیهای خاصی به شرح زیر می باشد:(به نقل از وبسایت شرکت فضاکاران)

۱. دهانه :
- سیستم سازه فضاکار قادر به پوشاندن دهانه های بزرگ با حداقل مواد مصرفی می باشد.(فولاد مصرفی در سازه فضاکار یک سوم کمتر از سازه های متداول دیگر می باشد)

۲. سرعت نصب :
- به علت پیش ساخته بودن قطعات سرعت عملیات مونتاژ و نصب بسیار بالا و اقتصادی می باشد.

۳. وزن کم و قابلیت جابجایی :
- سازه فضاکار دارای وزن کم بوده و قابلیت جابجایی با دست را دارا می باشد.

۴. انعطاف پذیری در طراحی :
- سازه فضاکار قابلیت افزایش و کاهش سطح را دارا بوده و امکان جابجایی ستونها بدون اینکه خطری برای سازه فضاکار ایجاد گردد میسر می باشد.

۵. مقاومت در برابر نیروهای دینامیکی :
- سازه فضاکار مقاومت بالاتری در برابر بارهای دینامیکی همچون زلزله انفجار باربار در مقایسه به سازه های متداول دیگر از خود نشان می دهد.

۶. عبور تاسیسات :
- از فضای بین دولایه در شبکه های فضایی به راحتی می توان جهت عبور تاسیسات الکتریکی و مکانیکی استفاده نمود.

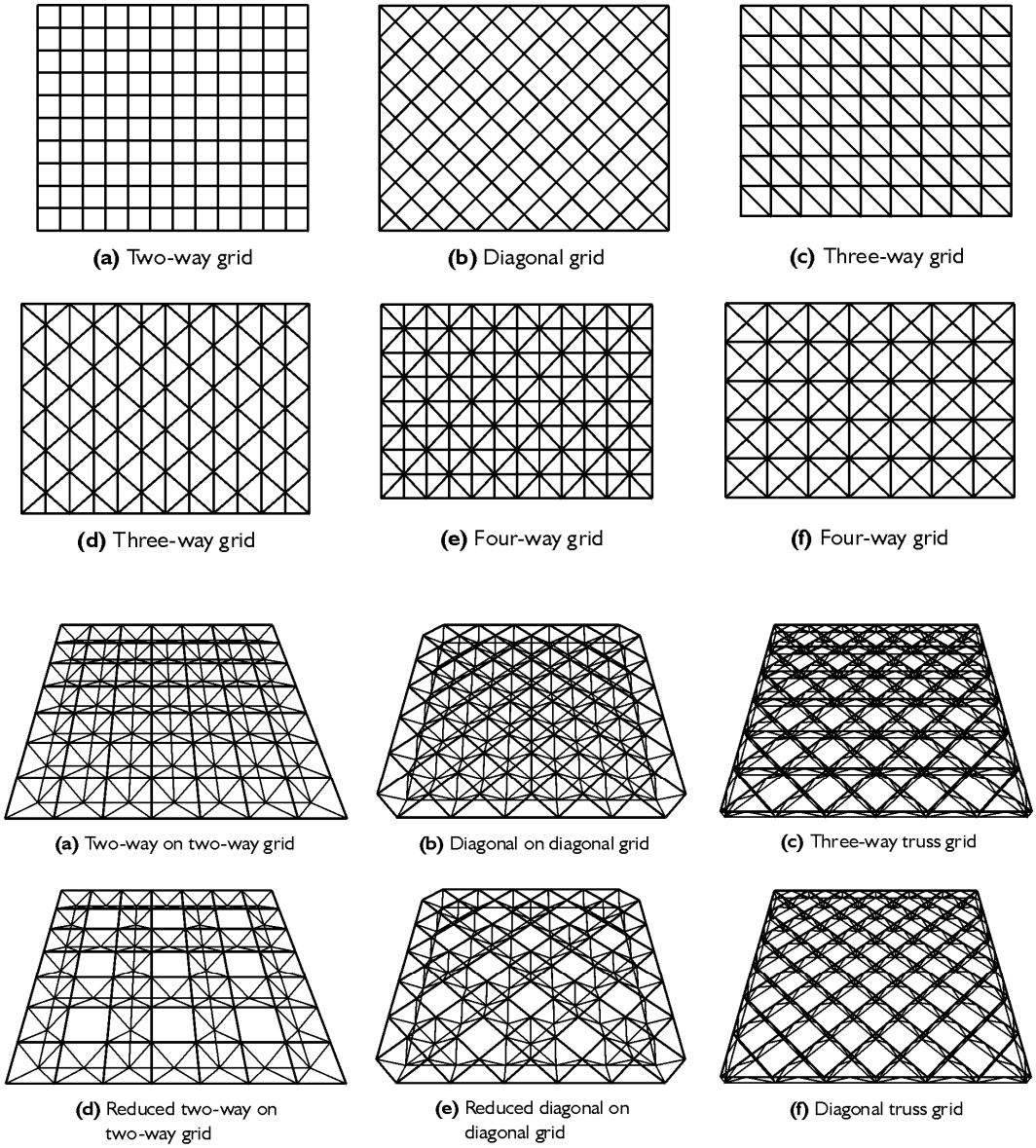
۷. ظاهر زیبا:
- سازه فضاکار از نظر نمای ظاهری بسیار زیبا بوده و نیازی به استفاده از سقف کاذب در این سازه نیست.

۸. ایمنی سازه :
- سختی زیاد سازه تغیر شکل سازه را پایین می آورد.
- درجه نامعین این نوع سازه بالا بوده و معمولا خرابی موضعی باعث خرابی کل سازه نمی گردد.
- بعلت رفتار سه بعدی، توزیع تنش در تمام جهات انجام می گردد.

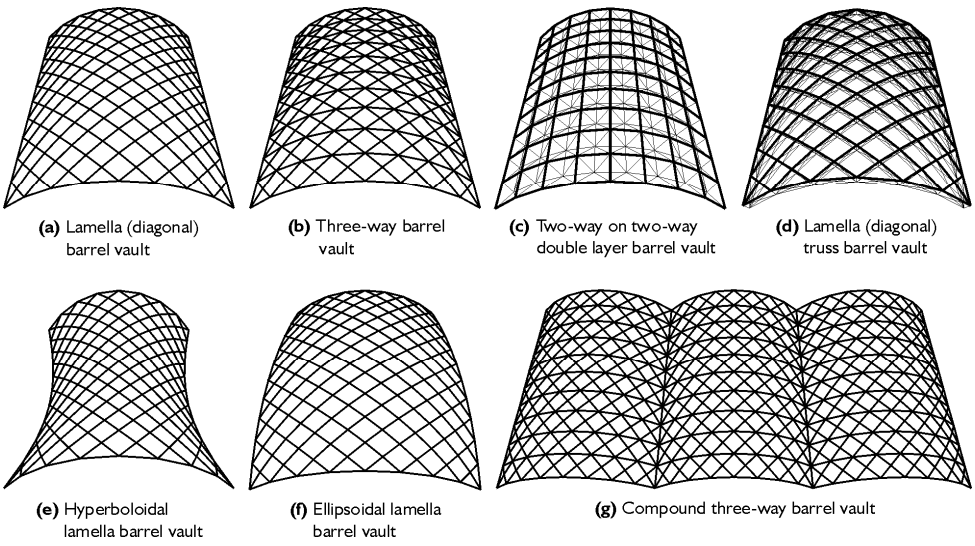
انواع مدل های هندسی سازه های فضاکار:

- سازه فضاکار تخت یک یا دولایه Double Layer Space Structures

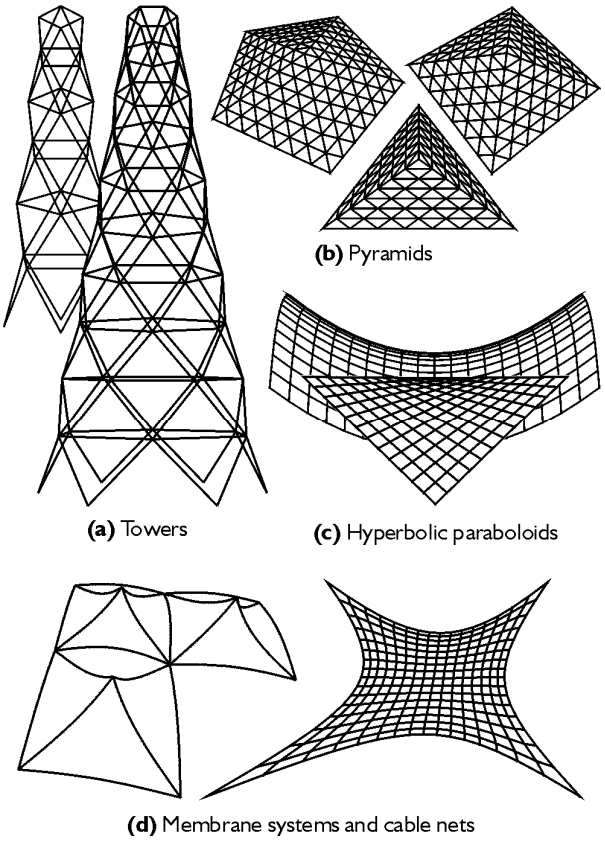
در سازه های فضاکار تک لایه اتصال هم وند ها به هم صلب میباشد درحالیکه در سازه های دولایه اتصالات میتواند مفصلی باشد.



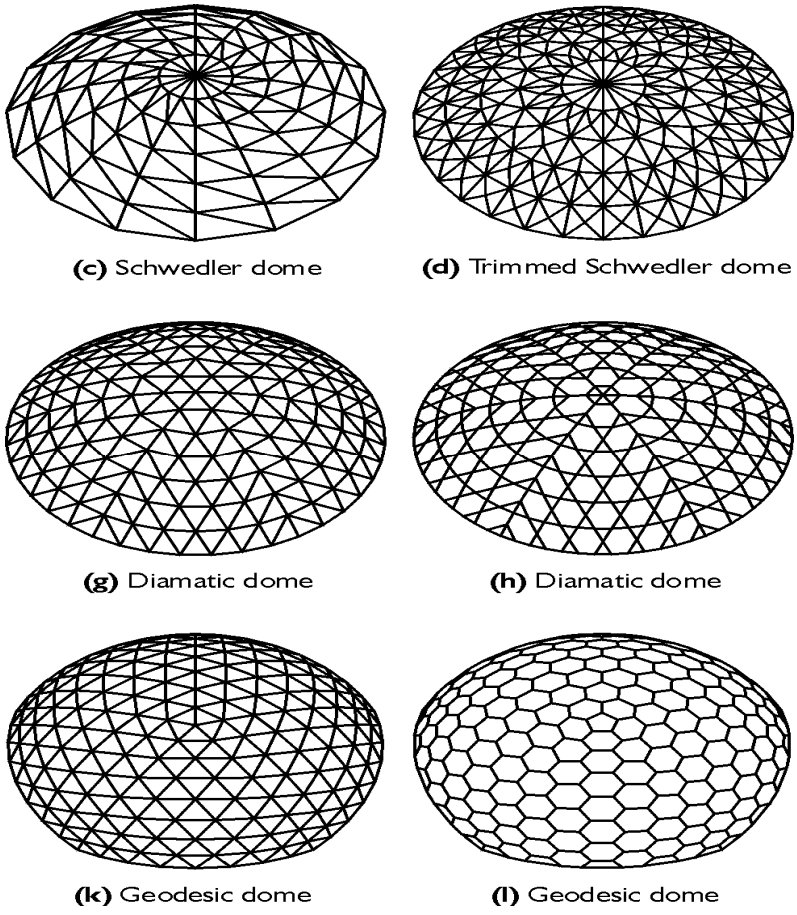
- چلیک(شبکه های انحنا دار سهموی یا سهلوی و چلیک مرکب) Barrel



- سایر اشکال (برج ها و شبکه های lattic)



- گنبد ها (دیاماتیک و ژئودیزیک و گنبد های چند قوسی)Dome



- مصالح سازه فضاکار:

برای سازه فضاکار اغلب از مصالح فولادی با مقاطع لوله یا بعضا ناودانی وسپری به عنوان اعضای افقی ، مایل و عمودی استفاده می شود.در این میان مصالحی چون پوسته Shell، آلومینیوم ، چوب ، و مخلوط آنها وحتی بتن هم در بعضی موارد استفاده شده است.

یکی دیگر کاربرد های سازه فضاکار در دکل های انتقال برق به عنوان سازه های فضاکار شبکه ای میباشد:

Lattice Spatial Structure

اما نوع متداول مصالح سازه فضا کار در کشور ما فولادی میباشد

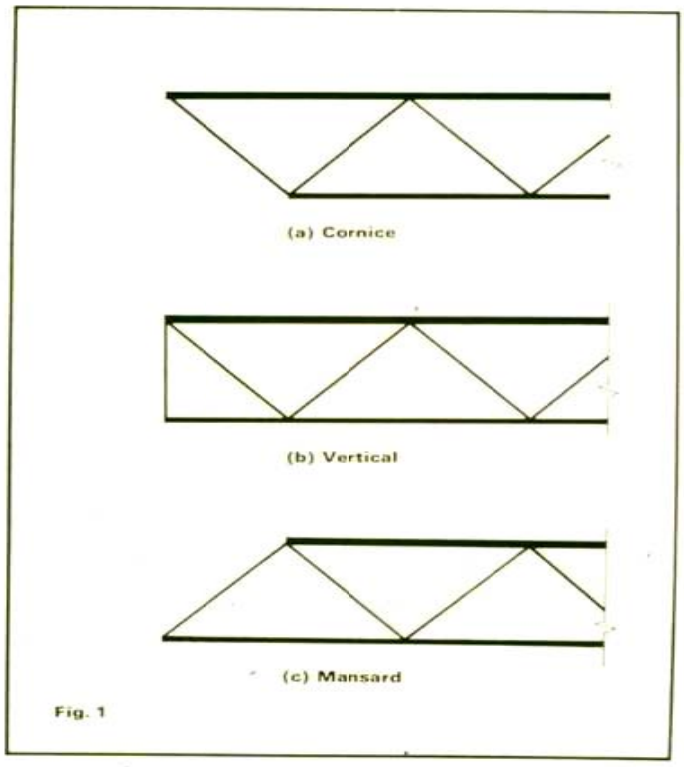
۲–۱–شبکه های تخت دولایه Double Layer Space Structures

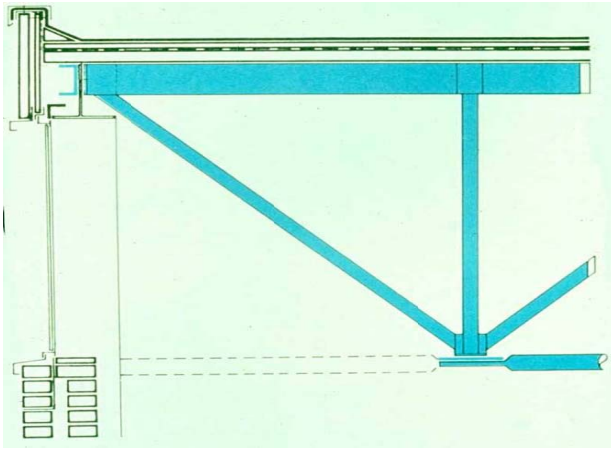
شبکه های دولایه شامل شبکه ای در بالا و پایین و خرپاهای متقاطع به عنوان جان میباشد.در شبکه های تخت وجود اعضای مورب نسبت به حالتی که در آن تمام اعضاء افقی و قائم میباشد رفتار بهتری دارند و اقتصادی تر میباشد.

مزایا و معایب اتصال مفصلی در شبکه دولایه:

- لزومی به مفصلی بودن اتصالات خرپاها نمیباشد
- در این سیستم می شود با استفاده از اتصالات جوشی یا استفاده از گوی و پیچ شبکه دولایه ساخت .

– انواع اشکال برای انتهای شبکه دو لایه در انتهای هر جهت که در حالت میانی شکل زیر اعضای افقی و عمودی انتهایی نقشی در باربری ندارند و میتوان همانند اشکال اول و سوم آنها را حذف نمود:





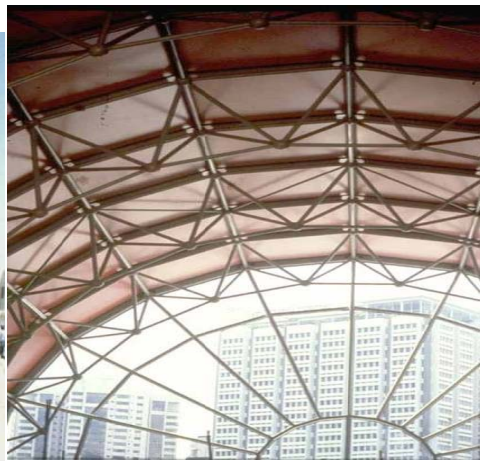
۲-۲–چلیک ها Barrel Vults

در شکل چلیک دولایه ای با مصالح پوشاننده تفلون میباشد که از جنس غشایی یا membrane تعریف می شود.تفلون جزو مصالح پارچه ایست که تنها نقطه ضعف آن انتشار گاز های سمی در هنگام آتش سوزی میباشد.

برای چلیک های طولانی وجود دنده میانی می تواند مجموعه چلیک را اقتصادی کند:

چلیک لملا با اتصالات صلب:

در چلیک مرکب دره وسط همانند تیر عظیم عمل می کند: (بیشتر زیبایی نقوش درحالت سه لایه میباشد)



۲-۳–گنبد ها Domes

اگر گنبد تک لایه باشد باید حتما اتصالات هم وند های گنبد را از نوع صلب طرح و اجرا نمود، چراکه اگر اتصالات مفصلی باشد در پایداری آن مشکل ایجاد خواهد شد و فروجهشی در جهات قائم خواهیم داشت که البته اگر گنبد دولایه باشد خطر فروجهش وجود نخواهد داشت.

سیستم های گنبد درجه نامعینی زیادی دارند اما با این حال ممکن است با خرابی یک المان ، کل سازه فرو بریزد

انواع گنبد ها:

1-گنبد های دنده ای Ribbed Dome

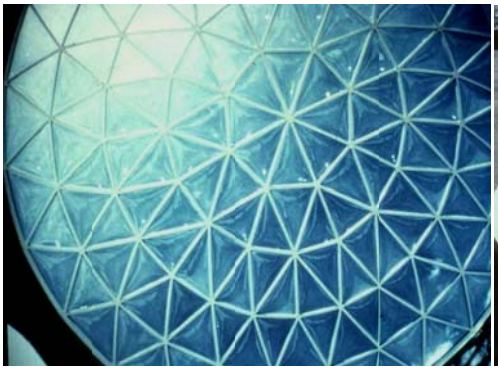
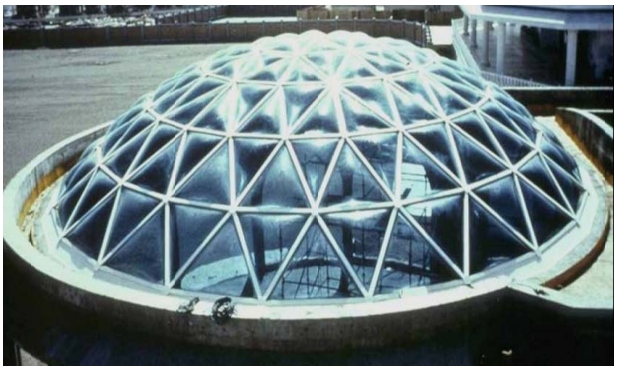
برای جلوگیری از ازدحام دنده ها درمحل تاج میتوان هم وند هایی در بالای گنبد را به صورت منظم حذف یا به اصطلاح حرص نمود.

2-گنبد اشودلر Schwedler Dome

در این نوع گنبد ها هم وند های مورب به دو صورت میتواند به هم وند های قائم اتصال یابد یا به صورت صلب یه آن متصل گردد یا آنکه از روی آنها بگذرد که در این صورت اقتصادی تر خواهد بود

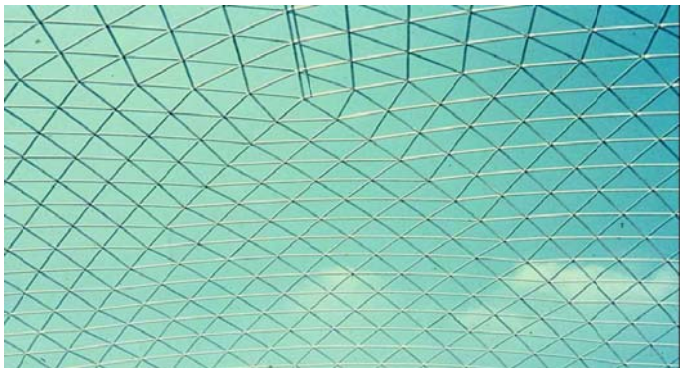
علت استفاده تسمه به صورت ضربدری غیر متصل به هم اینست که چون یکی از اعضا در کشش می افتد و دیگری در فشار،بنابراین نیازی به عضو فشاری نیست و دو عضو یکی در میان به کشش در خواهند آمد.

3- گنبد های لملا Lamella Dome (دارای اعضای مورب)

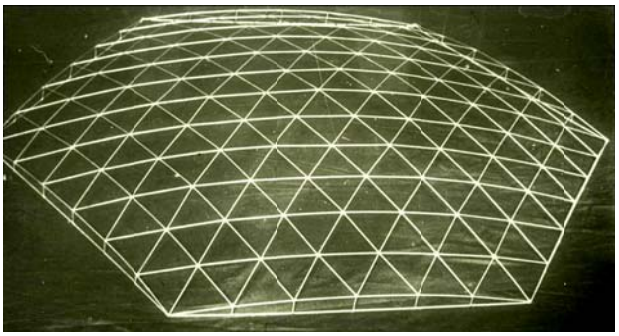
4- گنبد دیامتیک Diamatic Dome

از تعدادی قاچ تشکیل شده که هرکدام از آنها در سه جهت شبکه بندی می شوند.گنبد های دیامتیک نیاز به اصلاح ندارند.اما مهترین عیب این نوع گنبد ها اینست که به جهت نوع بخصوصش تعداد تیپ بندی ها به میزان قابل توجهی نسبت به سایر انواع گنبد ها افزایش خواهد یافت.



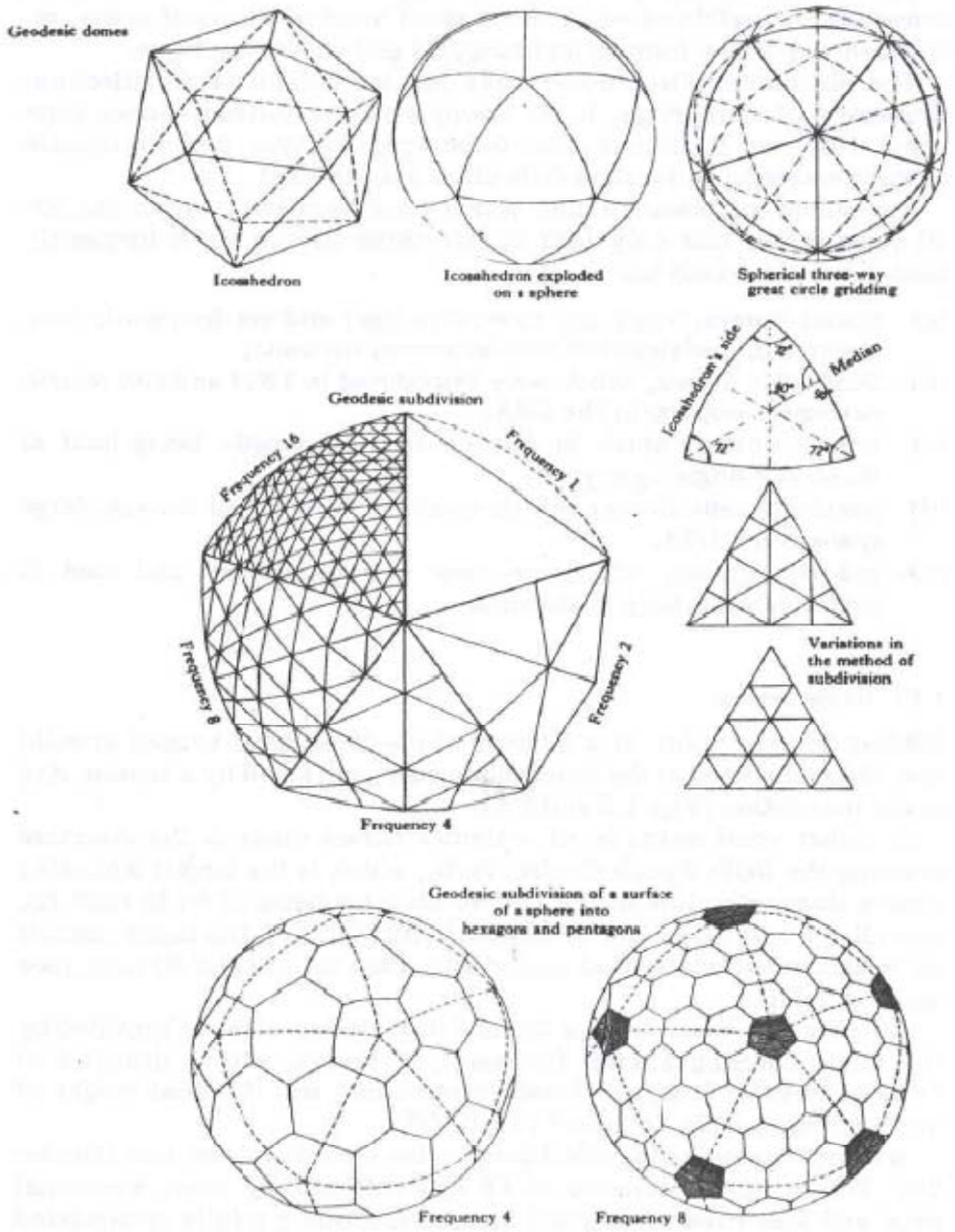
5- گنبد برایی: Leric Dome

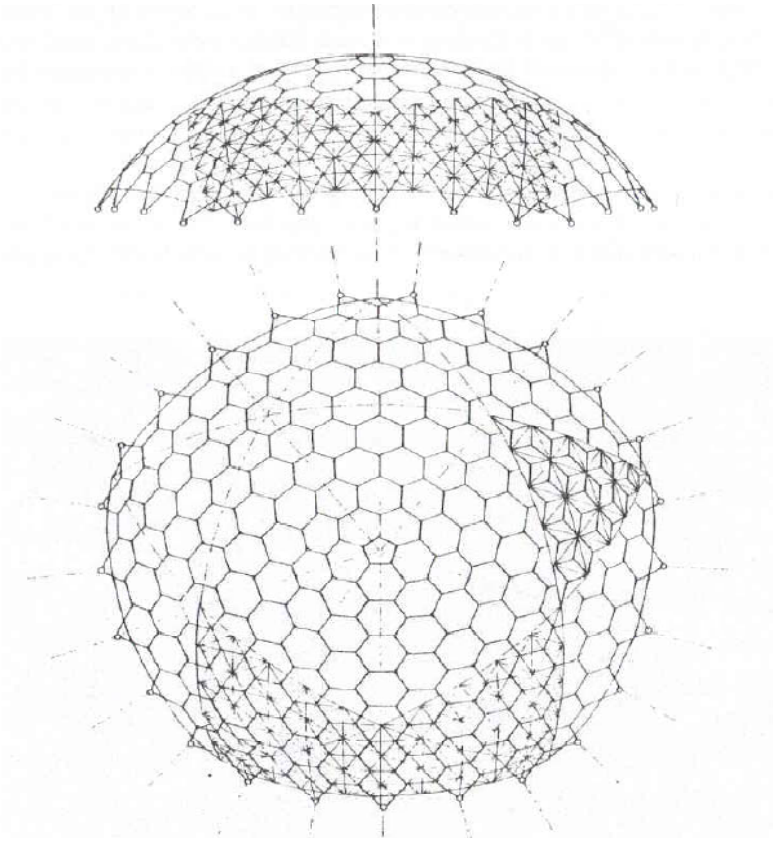
در این نوع گنبد ها هم اگر تک لایه باشند باید اتصالات از نوع صلب باشد



6- گنبد ژئودزیک (افلاطونی)

این نوع گنبد ها با اشکال منظم هندسی و از تصویر نیمرخ های چند وجهی روی کره (که معمولا از ۵رخ بالای ۲۰ رخی منظم میباشد) تشکیل می شود.





نحوه تشکیل گنبد از چندرخی های منتظم

گنبد های ژئودزیک نسبت به گنبد های دیامتیک شباهت زیادی دارد اما تفاوت اصلی آن اینست که بدلیل تشکیل هندسه منظم تر ، تعداد تیپ های کمتری از اعضاء ایجاد میکند

7- گنبد اسکالوپ Scallop Dome

گنبد چند قوسی.از این نوع گنبد ها اغلب برای دهانه های بالای 100 متر استفاده می شود و همانند گنبد های دیامتیک مشکل عمده آنها زیاد شدن تعداد تیپ اعضاء در این نوع گنبد ها میباشد.

فصل سوم) اجزای سازه فضاکار:

در سازه های فضاکار نزدیک به ۵۰٪ درصد از کل هزینه ها صرف هزینه اتصالات میگردد در حالیکه در سازه معمولی هزینه اتصالات نزدیک به ۲۰٪ کل هزینه میباشد.از این رو مهمترین اجزای سازه فضاکار اتصالات آنها میباشد.

گوی : عبارت است از یک کره فولادی تو پر که به منظور ایجاد پایداری و ارتباط بین اعضای سه بعدی بکار می رود.گویها خود و اعضا مربوطه شان را در یک موقعیت ثابت نگه می دارند و باعث ایجاد تعادل بین نیروهای اعضا می شوند.گویها همچنین دارای سوراخهای رزوه دار شعاعی نیز می باشند که عضوهای سازه توسط انتهای مخروطی خود تحت زوایای مشخصی بر روی این سوراخها که دارای سطح ماشینکاری شده می باشند، می نشینند و پیچ می شوند .

گوی پیچ ها می تواند از جنس آلومینیوم یا فولاد باشد.اما اگر فولادی باشد باید برای تغییر شکل های موجود کنترل گردد که در این صورت اتصالات بزرگتری خواهیم داشت.آلومینیوم علاوه بر اینکه وزن و مدول الاستیسیته یک سوم فولاد دارد ، مقاومت کششی بالاتری نیز دارد.

گوی متداول در کشور ما از جنس آلیاژ فولادی سیکا۴۵ با مقاومت Fy , Fu کمی بیش از St52 میباشد که گوی ها ،مخرروطی ها و همه اجزای سازه فضاکار به صورت طرح مرو Mero از آلیاژ فولاد و توسط ۶-۷ شرکت داخلی در خود کشور تولید می گردد.

گوی های اتصال مرو از جنس آلیاژ فولاد فرچ شده کوبین کاری شده سیکا ۴۵ میباشد.مهمترین عیب سیکا ۴۵ اینست که چنانچه نیاز به جوش روی آن باشد،جوش پذیری خوبی ندارد و باید با پیش گرمایش امکان جوش روی گوی را فراهم نمود.گوی استاندارد با زوایای مابین پیچ برابر ۴۵ درجه میباشد.

ضخامت های معمول گوی ها از ۶۰-۹۰ میلیمتر شروع میشود تا ۳۰ سانتیمتر

قطر معمول خارجی گوی ها به طور استاندارد در اندازه های ۶۰-۹۰-۱۱۰-۱۳۰-۱۵۰ سانتی متری میباشد

آنچه در طراحی اتصالات بخصوص طراحی گوی ها حائز اهمیت است بررسی عدم تداخل بولت های درون آن بررسی شود که این مورد می تواند با نرم افزار های جانبی یا بصورت دستی کنترل گردد.

همچنین اگر در محل اتصال پیچ ها از داخل بسته و محکم شوند اتصال انعطاف پذیری بیشتری خواهد داشت.

مخروطی :جهت ملاحظات هندسی در محل اتصال المان به گوی از قطعه مخروطی شکل فولادی که به لوله جوش می شود استفاده می گردد .این قطعه دارای دو نوع کششی و فشاری می باشد .مهمترین نقش آن جلوگیری از تراکم لوله های در نزدیکی گوی میباشد

لوله : عضو دیگر سازه ها که جهت تحمل نیروهای محوری (کششی ، فشاری) بکار می رود لوله ها می باشند که دو انتهای آن بریده شده و سر آن بوسیله قطعه مخروطی که اتصال آن را با سایر قطعات امکان پذیر می سازد،جوش می شود .

لوله هایی که در خرپای سازه فضاکار استفاده میشود ۶ متری میباشد که برای جلوگیری از هدر رفتن مصالح در قطعات ۲ و ۳ متری برش داده میشود.برای همین برای اعضای هم وند های سازه های فضاکار اعضای با طول و مقاطع یکسان و در طول ۲ یا ۳ متر پیشنهاد شده است.

توصیه شده است تمامی لوله ها یا هم وند های یک سازه فضاکار تا حد امکان با طول مساوی انتخاب شود و تنها نقطه تمایز آنها در نواحی پر تنش، افزایش ضخامت درونی فولاد لوله باشد.

چنانچه برای یک شبکه تخت دولایه از لوله های به اندازه ۳ متر استفاده شود ارتفاع شبکه برابر ۲.۱ متر خواهد بود که بیشتر نمونه های اجرایی مخصوصا برای سالن های صنعتی به این تیپ میباشد.

لوله های مستعمل بیشتر با قطر ۱.۵-۲-۲.۵-۳-۴-۵ اینچی میباشد

پیچ : یک اتصال جدا شدنی بوده و جهت انتقال نیرو از آن کمک گرفته می شود .در شبکه فضایی شرکت فضاکاران صنعت در حالت کششی عمل می کند و نیروی کششی از گل پیچ به نشیمنگاه مخروطی انتقال پیدا می کند.پیچ های این سیستم دارای کلاس سختی بالا (۸.۸ و ۱۰.۹) می باشند .

در استاندارد DIN برای پیچ ها دو نوع کلاس بندی نموده است:

پیچ کلاس 8.8 : 8 اولی به معنای Fu=8Ton\cm2 و 8 دومی به معنای $F_y = \frac{8\times8}{10} = 6.4$ Ton/cm2

پیچ کلاس 10.9 : 10 اولی به معنای Fu=10Ton\cm2 و 9 دومی به معنای $F_y = \frac{10\times9}{10} = 9$ Ton/cm2

طول رزوه موجود در بولت ها بستگی به قطر بولت ها دارد که برای پیچ کلاس ۸.۸ مقدار رزوه ۰.۹ برابر قطر پیچ و برای پیچ کلاس ۱۰.۹ مقدار طول رزوه ۱.۱ برابر قطر پیچ

برای محل هایی که مقدار کشش بیشتری داریم مجبور به استفاده از پیچ با مقاومت بالا ۱۰.۹ خواهیم بود که طول رزوه مناسبی دارد.

بولت های رایج از نوع های خاص M12-M20-M24-M27-M32-M64 میباشد که به طور اختصاصی برای سازه های فضاکار همراه با تعبیه پین های کنترل کننده با طول های متفاوت ساخته میشود که طول بولت ها بستگی به نیروهای کششی طرح دارد.

در طراحی اتصالات مهمترین نکته بررسی هندسه گوی و عدم تداخل طول رزوه پیچ های درون گوی میباشد.

معمولا طول قطر گوی ها را دست بالا انتخاب میکنیم تا تعداد تیپ های موجود کاهش یابد.همچنین در لوله های اتصال مرو برای ورود پیچ در محل اتصال پس از میزان نمودن لوله سوراخی در نقاط انتهایی لوله ها تعبیه شده است گه اگرچه مقاومت هم وند ها را می تواند تا حدی کاهش دهد اما برای خروج وتبخیر آب میتواند مفید باشد.

اگر هم وند در فشار باشد: نیرو از عضو مخروطی و از آن به وسیله اسلیو و از طریق سطح صاف به گوی منتقل میگردد.اما اگر هم وند ها در کشش باشند: پیچ ها و طول رزوه شده درون گوی بیشترین تاثیر را در انتقال نیرو دارند.

اسلیو :(غلاف) مهره ای می باشد که در فشار عمل می کند و جهت محکم نمودن پیچ ها در داخل گوی نیز استفاده می شود.اسلیوها به دو شکل شیاردار و سوراخ دار تولید می شوند که توسط پین به پیچ متصل می گردند .جهت محکم کردن و اطمینان از ورود کافی بولت درون رزوه از اسلیو یا غلاف استفاده میکنیم که طول آن بستگی به نیروی موجود در اتصال و طول بولت دارد.پین روی اسلیو(غلاف) برای کنترل میزان فرورفتگی پیچ درون گوی تعبیه گردیده است.

غلاف ها در دو نوع فرچ کاری یا نوع استفاده ا دستگاه تراشکاری اتوماتیک CNC تولید میشود.

طراحی پیونده های سازه‌های فضاکار:

طراحی پیونده براساس بیشترین نیروی عضو متصل شده به آن طراحی می گردد:

ویژگی‌های فنی سازه‌های فضاکار به شیوه‌ی تک پیچ

۱ -همونداها از لوله فولادی ST37 و بر اساس محاسبات می‌باشند.

۲ -پیچ و مهره‌های مورد استفاده به شیوه‌ی گالوانیزه سرد، آب‌کاری می‌شوند.

۳ -پوشش نهایی همونداها از یک لایه رنگ پودرکوره‌ای و به شیوه‌ی الکترواستاتیک انجام می‌پذیرد.

۴ -پیونده‌ها از پیچ و مهره تمام گالوانیزه با کلاس سختی ۸/۸ و ۹/۱۰ بر اساس محاسبات می‌باشند.

۵ -طراحی معماری سازه (به کمک نرم‌افزارهایFORMIAN ، AUTOCADو ...) و محاسبات اولیه سازه بر اساس آیین‌نامه‌های موجود (بارگذاری، زلزله و ... و به کمک نرم‌افزارهایSAP، SAFEو ...) انجام و پس از تحلیل و بررسی‌های لازم، ابعاد همونداها و اتصالات مشخص می‌شوند.

ویژگی‌های فنی سازه‌ی فضاکار به شیوه‌ی گوی‌سان مرو

۱ -پیچ‌ها از کلاس سختی ۸/۸ و ۹/۱۰ بر اساس نتیجه محاسبات می‌باشند.

۲ -همونداها از لوله صنعتی فولادی ST37 بر اساس نتیجه محاسبات مشخص می‌شوند.

۳ -پیونده‌ها به صورت گوی توپر بوده و به روش کوبن کاری (فورجینگ) و از فولاد CK45 تولید می‌شوند.

۴ -پوشش نهایی همونداها از دو لایه رنگ اپوکسی یا یک لایه رنگ پودر کوره‌ای به شیوه‌ی الکترواستاتیک می‌باشد.

۵ -غلاف‌ها (اجزای فشاری شبکه)، پیچ‌ها (اجزای کششی شبکه) و گوی‌ها به صورت گالوانیزه‌ی پودری پوشش می‌شوند.

۶ -غلاف‌ها و مخروط‌ها به روش کوبن کاری و از فولاد CK45 تولید شده و با جوشکاری CO2 به همونداها متصل می‌شوند.

۷ -طراحی معماری سازه به کمک نرم‌افزارهایFORMIAN) ، AUTOCADو ...) و محاسبات اولیه سازه بر اساس آیین‌نامه‌های موجود (بارگذاری، زلزله و ...) و به کمک نرم‌افزارهایSAP) ، SAFEو ...) انجام و پس از تحلیل و بررسی‌های لازم، ابعاد همونداها و اتصالات مشخص می‌شوند.

فصل چهارم) اتصالات در سازه های فضاکار

انواع دتایل های رایج اتصالات:

سازه‌های فضاکار از نظر نوع ساختار و پیونده‌ها (اتصالات) به دسته‌های زیادی تقسیم می‌شوند که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره می کنیم:

- سیستم انگلیسی Space Deck
- سیستم آلمانی Mero Deck
- Diamond Deck
- Single Bolt
- Octatube Nodes
- Unitrust و Unibat

در ایران نزدیک به ۴۰ شرکت طراح و سازنده سازه های فضاکار وجود دارد که همگی آنها از طرح مرو mero برای اتصالات بهره میبرند.در داخل کشور جمعا ۷ کارخانه تولید گوی های مرو وجود دارد.

در این بین با پژوهش ها و مطالعات جناب دکتر دیانت ، ایشان موفق شدند طرحی با نام سهند برای اتصالات ابداع کنند که برای اتصال یکسره یال های پایین بکار رود. سایر اتصالات:

حدود ۷۰ سال است که بیشتر از اتصالات مرو در جهان استفاده میشود اما در این بین اتصالات دیگری هم بودند که بیشتر نقاط ضعف داشتند تا مزیت.از این بین می توان به چند نمونه از اتصالات زیر اشاره نمود:

اتصال نیامیNS-اتصال Uni Struct-SDC-اتصالات جوشی-سیستم Kubic-سیستمHarneyو...

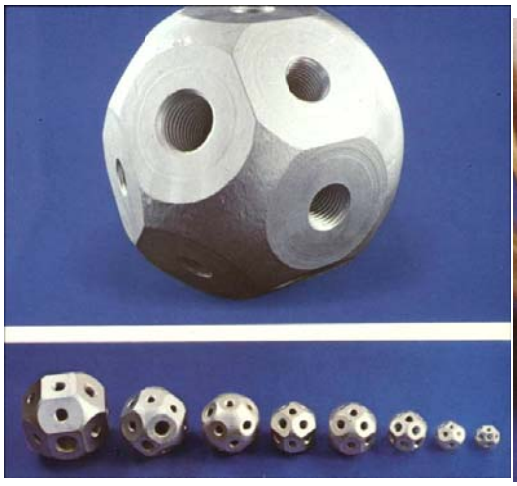
اتصال نیامیNS

- **آشنایی با اتصال مرو Mero**: www.mero.de

یکی از معتبر ترین شرکت های فعال در زمینه اجرای سازه های فضا کار شرکت آلمانی Mero میباشد

اطلاعات بیشتر: www.meroiran.com

سیستم سازه های فضایی توپی که مروایران از آن استفاده می کند



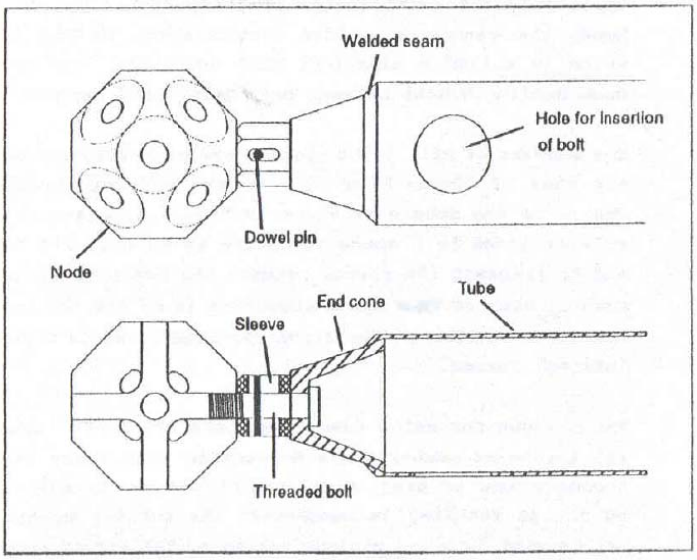
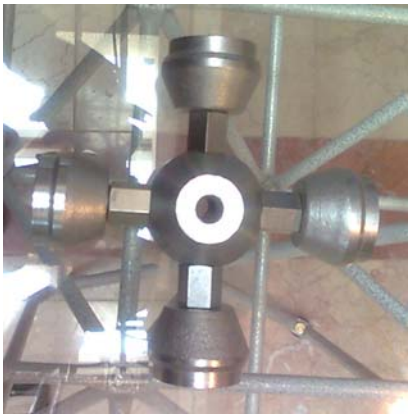


Fig 4.2 KK-system (MERO)

نمونه هایی از اتصالات در سازه های فضاکار:



پوشاننده سازه فضاکار: Cladding

سقف یا پوشش رویی سازه فضاکار که به جهت انتقال بار برف و میباشند معمولا از جنس آلومینیوم و از نوع صفحه membrane با ضخامت و سختی بسیار پایین میباشد که در طراحی سازه های فضاکار میبایست برای تعریف این پوشش روی سازه فضاکار المان صفحه ای از نوع membrane با سختی پایین و با ضخامت بسیار کم و نیز جرم و وزن کم استفاده نمود.خیلی مهم است که بدانیم چگونه تعداد تیپ های پوشش سقف ها را

کاهش دهیم. می توان از تعریف پوشاننده برای روی سازه فضاکار در مدل Sap خودداری کرد و مستقیما باید بارهای وارده را بر ۴ گره دور پوشاننده تقسیم کرد که این کار باید به دقت برای تمام گره های سازه انجام شود.

پوشاننده های پاشامی membrane :

این نوع پوشاننده ها معمولا از جنس تفلون ،پلی اتیلن ، Colted PVC و فایبرگلاس با الیاف شیشه میباشد.اما نوع معمول جنس این نوع سازه های پارچه ای در سازه های چادر با ابعاد معمول از نوع پلی اتیلن میباشد.

-در محل هایی که از پاشام فقط به عنوان سایه بان استفاده میشود از جنس HDPE و محل هایی با دهانه زیر ۳۵ متر از PVC و در فضاهای بزرگ مثل پوشانه های استادیوم،ترمینال از فایبر گلاس استفاده می شود.

-اگر می خواهیم نور طبیعی زیاد بالای ۶۰٪ را وارد فضا کنیم طول عمر ساختمان کاهش میابد و معمولا راه حل آن استفاده از حصیری میباشد. پس از مدل سازی سازه های پارچه ای در 3DMax با استفاده از نرم افزارهای تحلیل و طراحی سازه های پارچه ای چون Fortex، mehler ، Form Finder تحت بار برف و باد مدل بررسی میگردد. هزینه طرح نصب و اجرای سازه پارچه ای حدودا ۲۸۳ هزار تومان در متر مربع میباشد.[1]

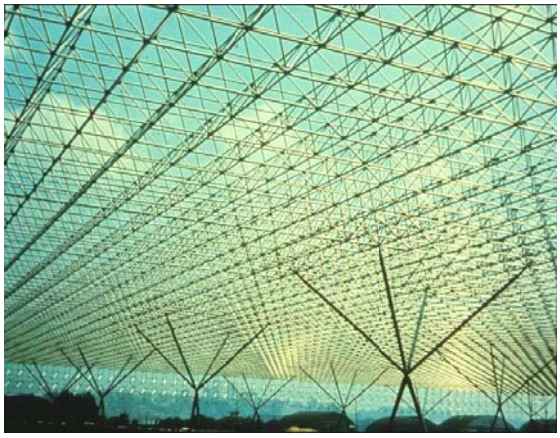
- ساندویچ پانل : قابلیت عایق در مقابل صوت و حرارت
- ورق پلی کربنات : قابلیت عبور نور در انواع رنگی ، شفاف و نیمه شفاف ، تخت و چند جداره
- ورق گالوانیزه : در رنگهای متنوع الکترو استاتیک
- ورق :upvc مقاوم در برابر اشعه فرا بنفش آفتاب

[1]-استخراج شده از شرکت سازه های غشایی دیبا

فصل هشتم) نکات اجرایی سازه های فضاکار:

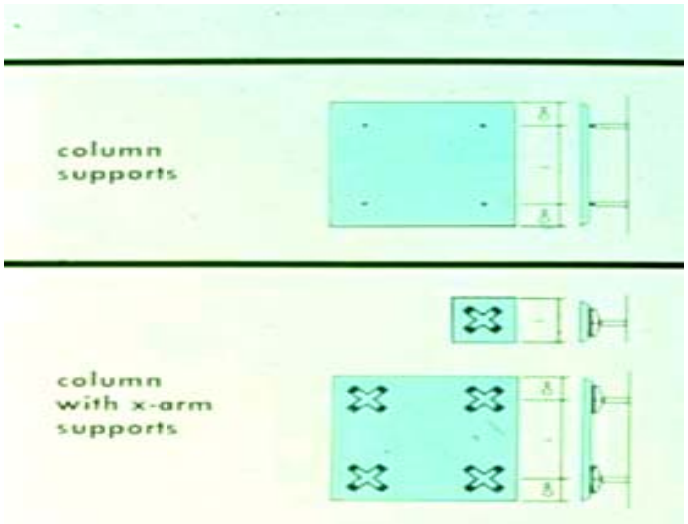
- تکیه گاه ها در سازه های فضاکار

در سازه های فضاکار ستون های مورب به عنوان مهاربند هایی در برابر بار جانبی زلزله شناخته میشوند و نقش بادبند ها در سازه های معمولی را در برابر بارهای جانبی زلزله را ایفا میکنند همانند شکل زیر که ستون ها با طراحی به شکل اعضای مورب همزمان نقش مهار بارهای جانبی را در راستای خود را دارا میباشند:



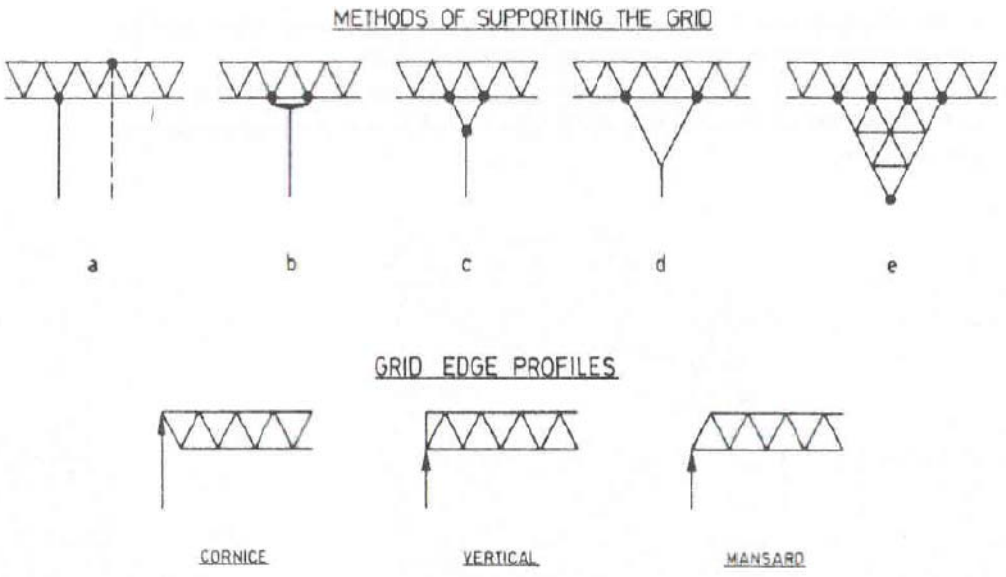
محل های مناسب قرار گیری تکیه گاه ها(ستون ها) زیر سازه فضاکار :

- سعی شود تکیه گاه های شبکه دولایه در ۴ گوشه نباشد چراکه در اینصورت رفتاری شکننده ای خواهند داشت



- به جهت وجود لنگر مثبت که در اکثر طول دهانه سقف برای لایه های بالا فشار و برای لایه های پایین کشش را به همراه دارد و از آنجا که ظرفیت کششی مقاطع فولادی از ظرفیت فشاری آنها بیشتر است بنابراین بهتر است مقاطع اعضای شبکه پایین کوچکتر از مقاطع بالایی در نظر گرفته شود جز در درحالتیکه ستون در فاصله از لبه باشد که در اینصورت در قطعه انتهایی جهت لنگر معکوس میگردد.
- ستون ها بهتر است زیر گره های مربوط به لایه بالایی و با دتایل زیر ادامه داده شود و علت اینکار اینست که:

اگر تکیه گاه زیر گره های بالایی قرار دهیم اعضای جانی به کشش می افتند و چنانچه تکیه گاه زیر گره های پایینی قرار دهیم اعضای جانی به فشار می افتند و از آنجا که ظرفیت کششی مقاطع فولادی از ظرفیت فشاری آنها بیشتر است بنابراین اقتصادی تر آنست که تکیه گاه زیر لایه بالا قرار دهیم.



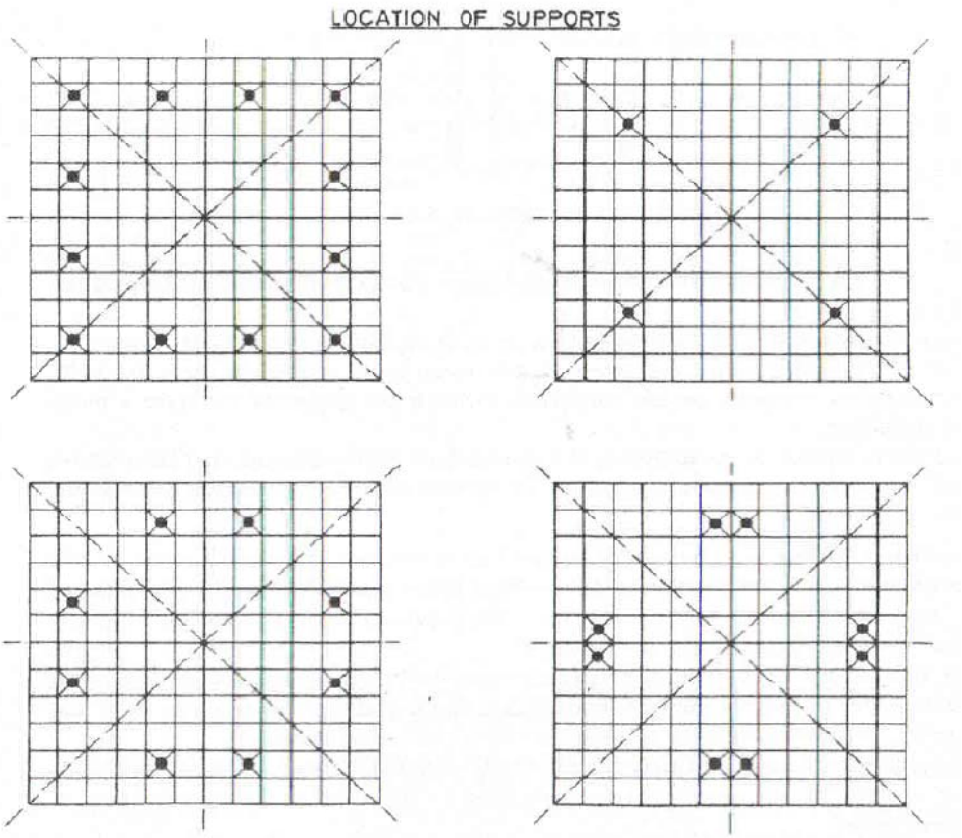


Fig. 1.39. Methods of supporting double-layer grids.

- اگر به جهت معماری و نیز جلوگیری از ازدیاد طول ستون و خطر کمانشی بحرانی ستون مجبور به قراردهی تکیه گاه زیر لایه پایینی شدیم بهتر است در روی تکیه گاه شبکه هرمی مانند شکل زیر استفاده کنیم:

- چنانچه تمام اتصالات یک خرپا در یک صفحه باشد نمیتوان همه اتصالات را مفصلی در نظر گرفت چراکه صفحه تحت بار جانبی دچار ناپایداری میگردد. و حتما باید اتصالات اعضای مورب به اعضای افقی را جوشی اجرا کرد
- سازه های فضاکار میبایست برای نیروی حرارت معمول ۳۰ درجه به منزله جلوگیری از قرارگیری درز انبساط حرارتی طراحی شود.
- در شبکه های سه لایه ،لایه میانی خیلی کاربری چندانی ندارند

نحوه بالا بردن و مونتاژ سازه های فضاکار:

همانطور که در اشکال زیر دیده میشود به جهت جلوگیری از تمرکز تنش وارده به گره های خرپا و نیز احتیط لازم برای جلوگیری از واژگونی سازه در حین بالا بردن نیاز به زنجیر کردن سر جرثقیل به ۴ گره میباشد که در پایین نشان داده شده برای یک سازه فضاکار به ابعاد احتمالی ۵۰ در ۵۰ نیاز به ۴ جرثقیل در ۴ گوشه میباشد که هرکدام ۴ گره از سازه را گرفته اند:

هزینه طرح ، اجرا و نصب سازه فضاکار حدودا ۷۰-۸۰ هزار تومان در متر مرع خواهد بود.

مراجع:

- جزوات لاتین ارائه شده توسط جناب پروفسور نوشین در دو قسمت Part A , Part B مجموعا در ۷۰۰ صفحه به همراه واژه نامه تخصصی سازه های فضاکار
- وبسایت دانشگاه ساری انگلستان و بخش پژوهشگاه سازه های فضاکار این دانشگاه

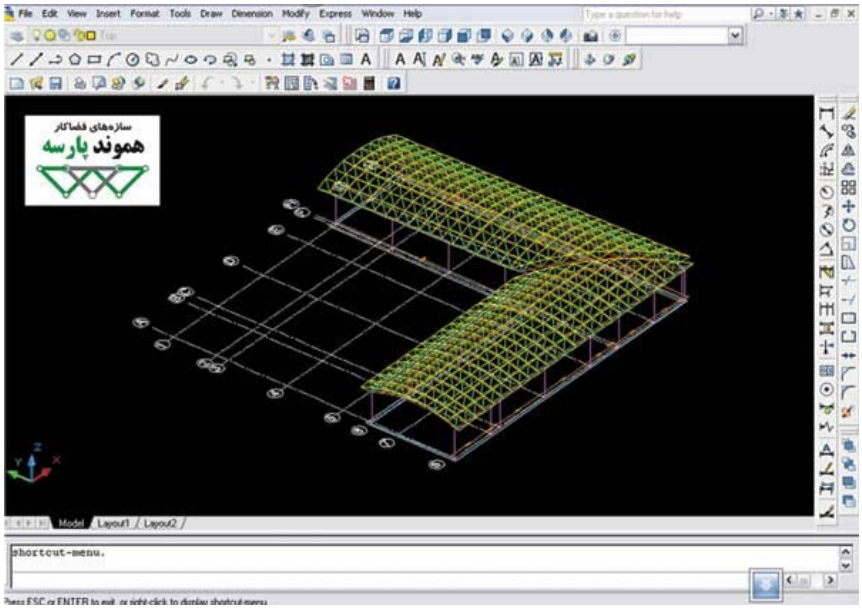
http://www.surrey.ac.uk/eng/research/ems/ssrc/formian.htm

- فایل های پاورپوینت و سخنرانی های جناب پروفسور نوشین ،جناب دکتر عیسی سلاجقه ، جناب دکتر دیانت و جناب مهندس سماواتی در حاشیه دوره سازه های فضاکار ، اردیبهشت ۸۹ دانشگاه شهید باهنر کرمان
- وبسایت های اینترنتی شرکت های طراح و سازنده انواع سازه های فضاکار، شرکت های (فضاکاران صنعت ، فضا سازه ،سایه سار ، هموند پارسه ،مرو ایران ،سازه های غشایی دیبا و شرکت طرح و فن آوری معمار رای)
- پیشنویس نشریه سازه های فضاکار(نشریه شماره ۴۰۰ سازمان برنامه و بودجه) و پیوست آن
- آیین نامه سازه های فضاکار کشور چین

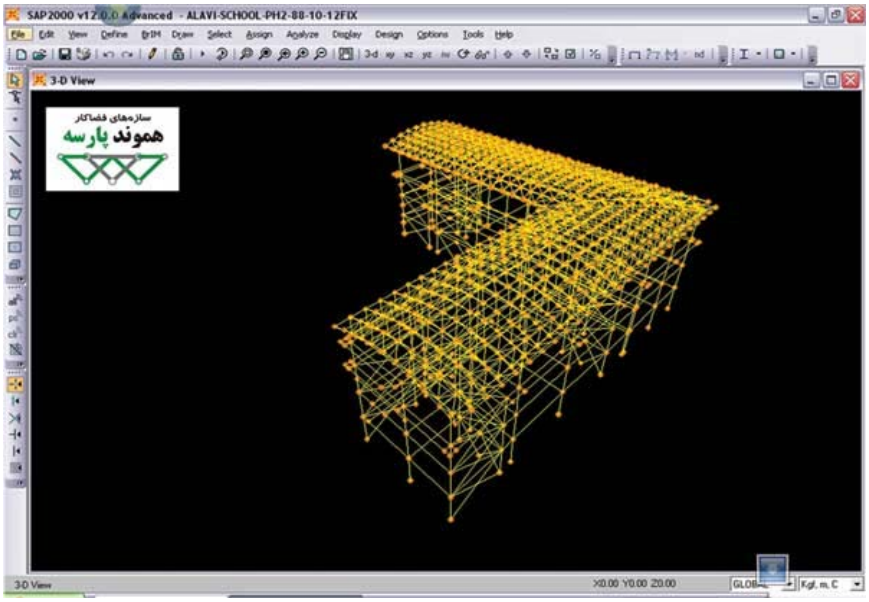
پیوست) مثالی از مراحل اجرای پروژه ها

نمونه عملی: (برای نمونه در شرکت هموند پارسه)

۱- طراحی: (مدل سازی در Formian وانتقال و ادیت نقشه در AutoCad)



۲- محاسبات: (توسط نرم افزار Sap-AISC ASD89)



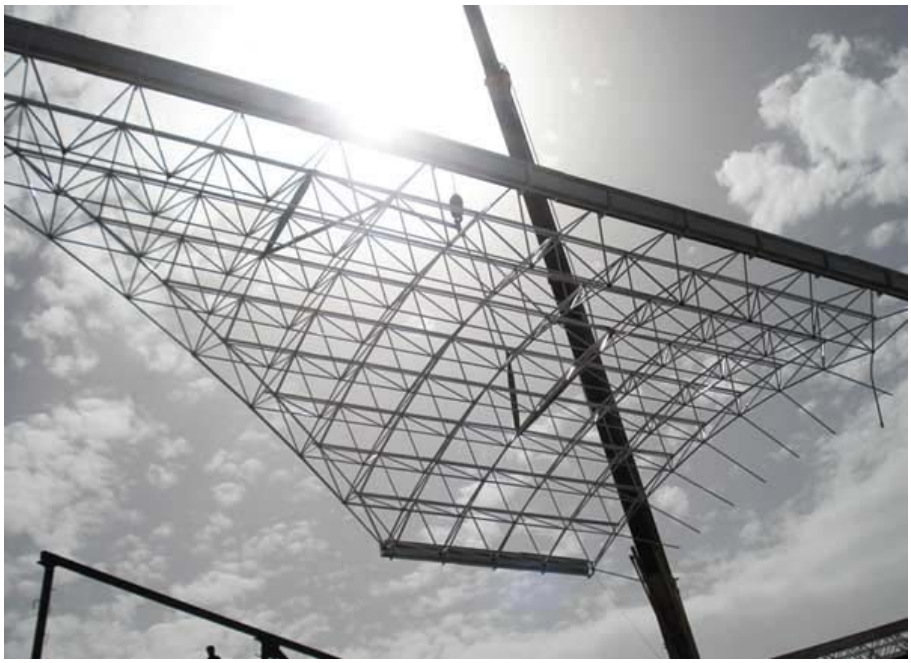
۳- تولید هموند های گویسان مرو

٤-رنگ آمیزی هموند ها

٥- ستون گذاری

٦- بافت سازه فضاکار

۷- نصب سازه فضاکار



۸- نصب پوشانه: (در این پروژه از جنس آلومینیوم)

چند توصیه مهم!!

در سازه های فضاکار برخلاف سازه های معمولی ،با خرابی و ضعیف طرح نمودن یک المان ممکن است کل سازه فرو بریزد یا حتی در حین نصب برای سازه مشکل بوجود آید که منجر به ضرر مالی یا حتی جانی شود ونکات آورده شده در این جزوه به هیچ وجه به معنی سهل و آسان بودن طرح و اجرای سازه فضاکار نیست، طوریکه با رعایت این نکات هر مهندس قادر به طراحی و تحلیل اینگونه سازه ها خواهد بود!

در کشور نزدیک به ۴۰ شرکت مجری نصب سازه های فضاکار مشغول فعالیت میباشند که در این میان تنها حدود ۱۰ مهندس طراح سازه فضاکار به صورت حرفه ای در کشور شناخته شده میباشند که این نشان دهنده این نکته است که طراحی اینگونه سازه ها حتی نصب و اجرای آن نیاز به تخصص و تجربه فراوان دارد ، لذا به مهندسین جوان توصیه میکنم قبل از اینکه به طور حرفه ای وارد این مقوله شوند اول از همه در دوره سازه فضاکار که همه ساله توسط جناب پروفسور نوشین برگزار میگردد شرکت داشته باشند و ضمن آشنایی مقدماتی با اینگونه سازه ها در این دوره طی مدت زمانی با کسب تجربه و مطالعه مورد های مشابه اقدام به طراحی اینگونه سازه ها نمایند.

بنابراین به مهندسین توصیه میکنم به این نکات به چشم نکات جانبی بیاندیشند و مورد توجه قرار دهند چراکه در این جزوه همه نکات و لم های طراحی مقدور نبود گنجانده شود .

و هم یک مورد مهم تر اینکه انتظار نداشته باشید شخصی همه نکات و لم ها را یکجا در اختیار شما قرار دهد حتی اگر هزینه ای هم برای آن قرار دهد باز همه نکات و تجارب چند ساله یک طراح در یک جزوه قابل جمع بندی نیست!

آنچه در دوره سازه های فضاکار به آن اشاره شد بیشتر بحث آشنایی مقدماتی و کلی با دریایی از اطلاعات مرتبط با انواع سازه های فضاکار (معماری و سازه) بود و نه وقت آن بود و نه جای آن که به نکات کلیدی تحلیل و طراحی سازه های فضاکار اشاره شود. و شاید برای یکچنین اطلاعاتی یک دوره یا یک کلاس اصلا کفایت نکند.

- نکات فصل پنجم ، ششم و هفتم تماما با پیگیری مستقیم مولف وسوالات از طراحان برجسته این حرفه تدوین گردید و ممکن هست در آن نقاط ضعفی هم دیده شود.لذا به این جزوه به عنوان جزوه کمکی دیده شود.

سعی گردید در این جزوه تنها به نکات مقدماتی اشاره شود و نکات تکمیلی که شامل فصول پنجم ، ششم و هفتم میباشد به عنوان نکات پیشرفته در قالب مجموعه ای از پروژه ها و اطلاعات سازه های فضاکار به عنوان مجموعه ای راهبردی و پیشرفته جهت کمک رسانی به مهندسین طراحی و سازنده اینگونه سازه ها در قالب 1DVD عرضه گردد:

مجموعه ۱۳:

سازه های خرپایی و فضایی Space Frame، Truss Moment و Progressive Colapse Data شامل:

-جزوه آموزش نکات پیشرفته تحلیل و طراحی سازه های فضاکار به همراه یک مثال کاربردی در SAP در 20 صفحه

- نقشه های اجرایی از اتصالات در سازه های فضاکار به همراه دتایل اتصالات مرو در CAD

- پروژه های اجرایی Sap سازه فضاکار شامل یک سازه چلیکی دولایه و یک شبکه تخت دولایه

- آیین نامه سازه های فضاکار کشور چین (نسخه لاتین) و پیوست نشریه ۴۰۰ برنامه بودجه

-آخرین ورژن از نرم افزار قدرتمند ترسیم هندسه سازه های فضاکار Formian v.2.2 به همراه نمونه مثال هایی از ترسیم انواع سازه های فضاکار در این نرم افزار به همراه اسلاید ها و تصاویر انواع سازه های فضاکار و فیلم های آموزش از نصب و اجرای انواع سازه های فضاکار در جهان

-جزوات لاتین و PDF مفاهیم جبر فرمکسی در ترسیم هندسه سازه های فضاکار در فرمین

-مجموعه مقالات و فایل های اجرایی و محاسباتی به همراه فایل های PDF , PPT
-مجموعه سمینارها و پایان نامه و ها و مقالات دانشگاهی در زمینه Truss Momentو مجموعه نقشه ها پروژه های اجرایی

مهندسین و شرکت های محاسباتی می توانند برای تهیه این مجموعه با شماره تلفن زیر تماس حاصل نمایند:

۰۹۱۱-۳۵۴۶۶۴۲-مجتبی اصغری