سازه فضاکار چیست؟

یاسر دعائی دانشجوی کارشناسی دانشکده فنی(بخش عمران)، دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

امروزه با توجه به استفاده روزافزون از سازه های فضاکار و با بوجود آمدن نرم افزارها در عرصه مهندسی عمران (سازه)، نوآوری هایی در زمینه طراحی و ساخت سازه های فضاکار صورت گرفته به نحوی که امروزه در دنیا شاهد محبوبیت روزافزون این نوع سازه ها هستیم و این محبوبیت ناشی از قابلیت منحصر بفرد این سازه ها است که عبارت از پوشش دهنه های بزرگ به جلوه های زیبا، وزن کم، سادگی تولید، سرعت نصب و ... است. از طرفی با پیشرفت علم و تکنولوژی نیازها و خواسته های جدید در زمینه مهندسی سازه رخ داده است. عامل زمان اهمیت بیشتری یافته و باعث روی آوردن به سازه های پیش ساخته شده است، همچنین با افزایش جمعیت، جوامع بشری علاقه به داشتن فضاهای بزرگ بدون حضور ستون های میانی از جمله مراکز خرید و سوپرمارکت‌ها، مساجد، پل‌ها و سازه هایی که در مدار زمین قرار می گیرند نظیر بشقاب مخابراتی اشاره کرد. این نوع سازه ها بدلیل اشکال بسیار متنوع از جمله گنبدی، چلیکی، قوسی، شبکه ای مسطح دو یا چند لایه و ... دارای جذابیت فراوان هستند. در این مقاله سعی شده است کلیاتی مفید و قابل کاربرد در زمینه سازه های فضاکار اجمالا بیان شود تا مورد استفاده دانشجویان قرار گیرد.

واژه های کلیدی: *سازه فضاکار، شبکه دولایه، چلیک، گنبد، پیونده*

Copyright © 2003-2005 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

۱- مقدمه

امروزه با پیشرفت علوم و تکنولوژی نیازها و خواسته های جدیدی در زمینه مهندسی سازه رخ نموده است. عامل زمان در ساخت سازه ها اهمیت دوچندان یافته و این امر گرایش به سازه های پیش ساخته را افزایش داده است همچنین با افزایش جمعیت جوامع بشری علاقه به داشتن فضاهای بزرگ بدون حضور ستون های میانی خواهان بسیار پیدا کرده است. در این راستا از اوایل قرن حاضر تعدادی از متخصصین مجذوب قابلیت های منحصر بفرد سازه های فضاکار گشته و پاسخ بسیاری از نیازهای جدید را در این سازه ها جسته اند و البته به نتایج بسیار مثبتی نیز دست یافتند. با انتشار این نتایج روز به روز این عرصه با اقبال بیشتری مواجه گردید به گونه ای که با گذشت چندین دهه هنوز هم مطالعه سازه های فضاکار در کانون تحقیقات متخصصین و دانشجویان قرار دارد.

در این مقاله منظور از عبارت سازه فضاکار سیستم های اسکلت فلزی بوده که از بافت تعداد زیادی المان یا مدول با شکلهای استاندارد به یکدیگر تشکیل می شوند و نهایتا یک سیستم سبک و با صلبیت زیاد را ایجاد می کنند.

سازه های فضاکار در اشکال بسیار متنوعی ساخته می شوندکه مهمترین آنها عبارتند از : شبکه های مسطح دو یا چند لایه، چلیک ها، گنبدها و قوس ها. علاوه بر این، سازه های فضاکار دارای بافتار متنوعی نیز می باشند. بدین ترتیب که با تغییر در آرایش المان ها می توان بافتار جدید ایجاد کرد و بدیهی است که کارآیی هر بافتار باید در مقایسه با بافتارهای دیگر سنجیده شود.

مثال های متعددی از سازه های فضاکاری که در دنیا و ایران ساخته شده است وجود دارد: از جمله استادیوم های ورزشی، مراکز فرهنگی، سالن های اجتماعات، مراکز خرید، ایستگاه های قطار، آشیانه‌های هواپیماها، مراکز تفریحی، برجهای رادیویی و ...

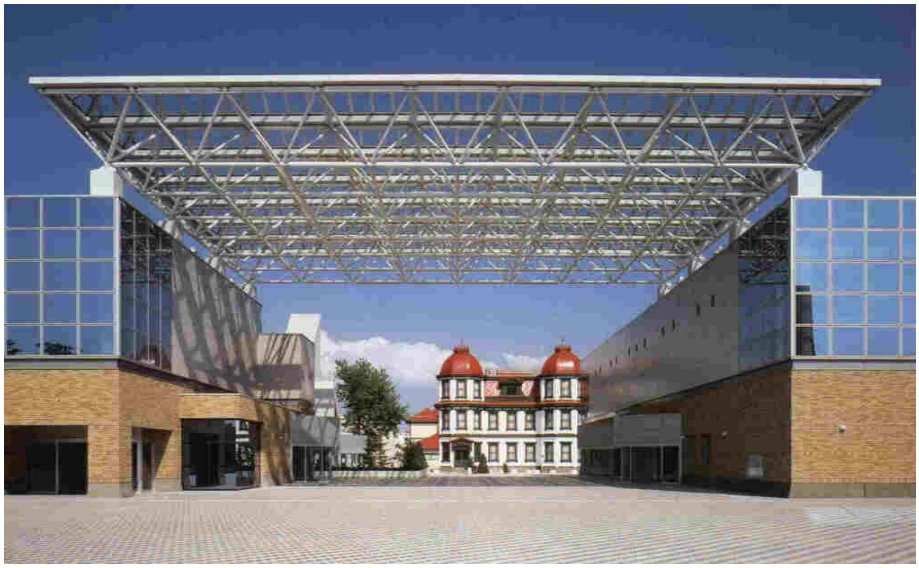
۲- تعریف و تاریخچه سازه های فضاکار

به سازه ای که اصولا رفتار سه بعدی داشته باشد، به طوریکه به هیچ ترتیبی نتوان رفتار کلی آن را با استفاده از یک یا چند مجموعه مستقل دوبعدی تقریب زد، سازه فضاکار نامیده می شود. با این تعریف طیف وسیعی از سازه ها یعنی حتی برخی از قوس ها و گنبدهای آجری گذشته نیز جزو سازه های فضاکار محسوب می شوند، اما در اینجا منظور سازه های سه بعدی خاص هستند که معمولا دارای اعضای مستقیم با اتصالات صلب یا مفصلی می باشند(سعیدی ۱۳۷۸).

Copyright © 2003-2005 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

۳- انواع سازه های فضاکار

الف - شبکه های تخت



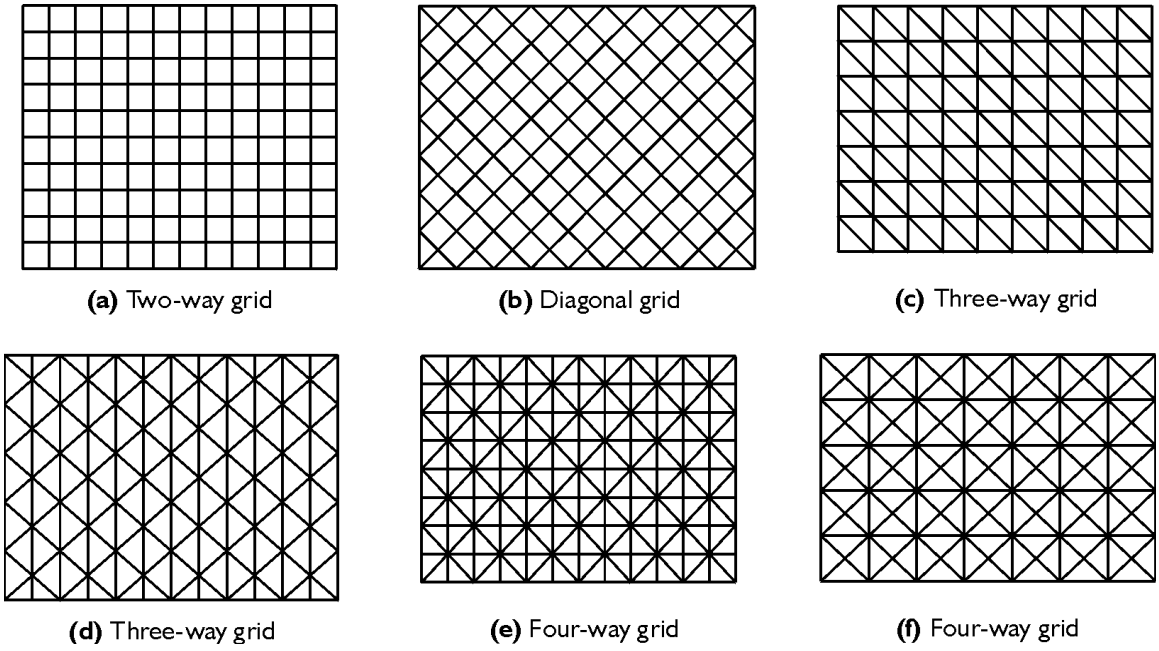
شکل ۱ - شبکه دولایه، کاری از شرکت توموا ژاپن

به ترکیب یک سیستم یک یا چند وجهی با لایه های واحد شبکه گفته می شود. شبکه مسطح ترکیبی از یک دو وجهی که با تیرهای واحد متصل شده است می باشد. شبکه های تخت می توانند دارای یک، دو یا سه و حتی چند لایه باشند، ولی بیشتر به صورت دولایه مورد استفاده قرار می گیرند. شبکه های دولایه از دو صفحه موازی که بوسیله عناصری به هم متصل گردیده اند تشکیل می شوند (نوشین ۱۳۸۰). یک نمونه استفاده از این شبکه ها در آشیانه هواپیماها است.

زمانی که اعضا در شبکه دولایه طویل شوند برای جلوگیری از خطر کمانش کردن از شبکه های سه لایه استفاده می شود و با توجه به اینکه نیمی از هزینه های سازه های فضاکار را پیونده ها تشکیل می دهند این نوع سازه ها اغلب غیر اقتصادی است. نکته دیگری که در طراحی شبکه های دولایه و اکثر سازه های فضاکار باید در نظر گرفت این است که برای توزیع بهتر نیرو و کششی شدن آن ستون ها در داخل شبکه قرار گیرند و ستون به چند گره متصل شود و بهتر است برای توزیع منظم نیرو در سازه در اطراف کنسول داشته باشیم.

چند نمونه از شبکه های دولایه در شکل (۲) نشان داده شده است.

Copyright © 2003-2005 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.



شکل ۲- چند نمونه شبکه دو لایه

ب- چلیک

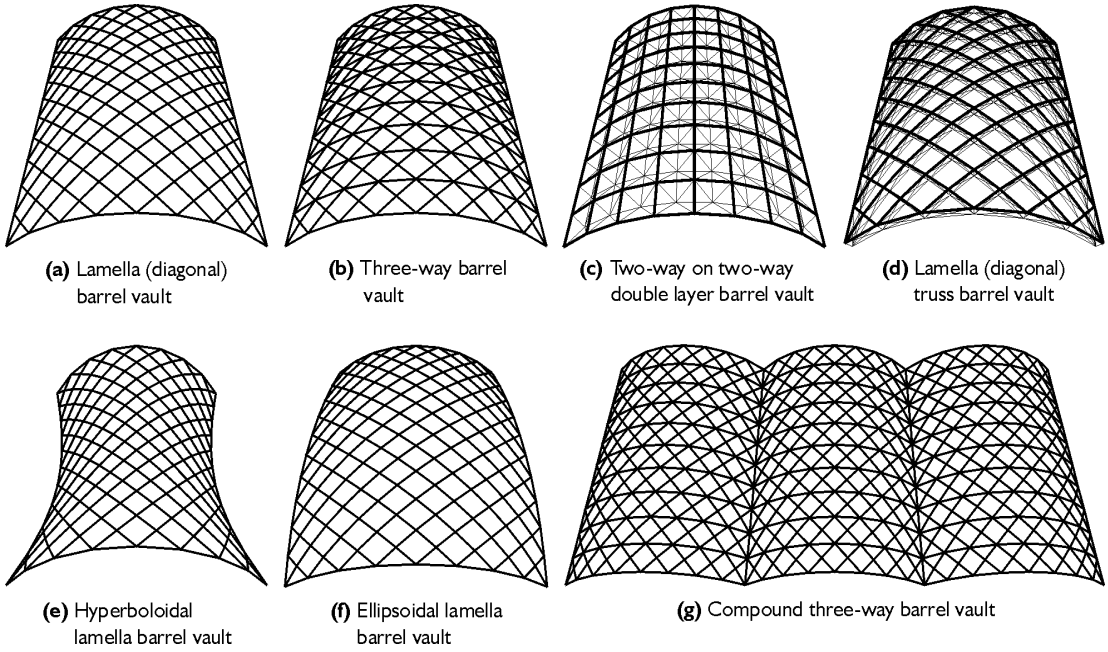
شکل ۳ - نمونه چلیک، کاری از شرکت تایو کوگیو

به شبکه ای که در یک جهت دارای انحنا باشد، چلیک می گویند. این سازه بیشتر برای پوشش سطوح مستطیلی دالان مانند استفاده شده و بعضا فاقد ستون می باشند و روی لبه های چلیک که به تکیه گاه متصل است، قرار می گیرند. چلیک ها دارای محور می باشند(نوشین ۱۳۸۲). اگر چلیک یک لایه باشد اتصالات به شکل صلب است. چلیک ها اغلب به شکل ترکیبی استفاده می شوند و تیر

Copyright © 2003-2005 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

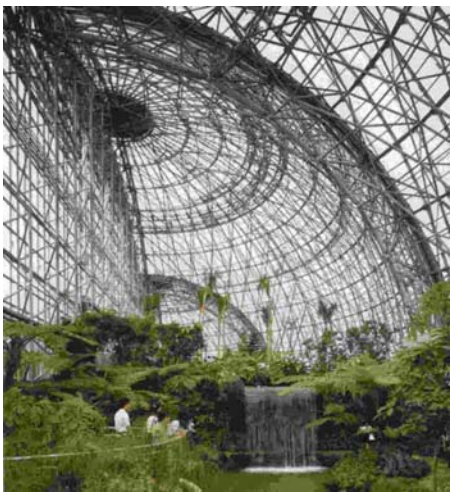
کمری نقش ترکیب کردن چلیک ها به یکدیگر را بازی می کنند. نکته ای که در طراحی این نوع سازه ها باید در نظر گرفت این است که انتهای چلیک باید قوی باشد و این تقویت را می شود بوسیله تیر، تیر و ستون و شکل خورشید مانند انجام داد.

انواع چلیک ها در شکل (۴) نشان داده شده است که عبارتند از: چلیک اریبی، چلیک لَمِلا (**Lamella**) با مقاطع بیضی گون، سهمی گون، هذلولی گون و...



شکل ۴ - چند نمونه چلیک

ج – گنبدها

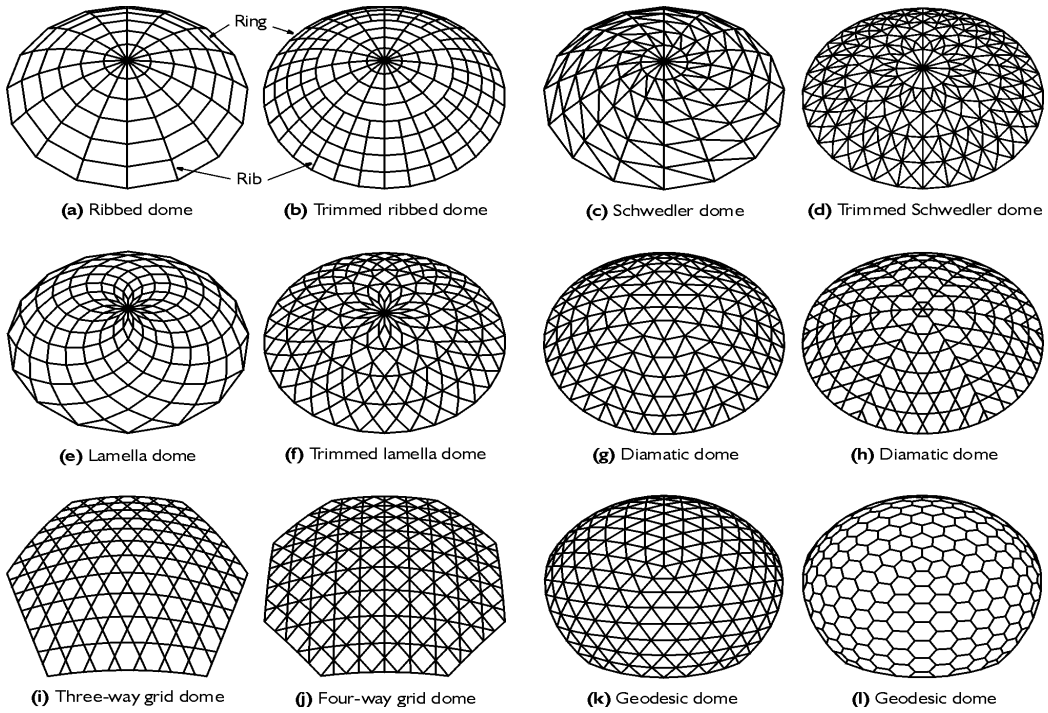


شکل ۵ - نمونه ای گنبد، کاری از شرکت توموا ژاپن

Copyright © 2003-2005 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

اگـر شـبکه ای در دو جهـت دارای انحنـا باشـد، گنبـد نامیـده مـی شـود. شـاید رویـه یـک گنبـد بخشـی از یـک کـره یـا یـک مخـروط یـا اتصـال چنـدین رویـه باشـد. گنبـدها سـازه هـایی بـا صـلبیت بـالا مـی باشـند و برای دهانه هـای بسـیار بـزرگ تـا حـدود ۲۵۰ متـر مـورد اسـتفاده قـرار مـی گیرنـد. ارتفـاع گنبـد بایـد بزرگتـر از ۱۵٪ قطر پایه گنبد باشد. گنبدها دارای مرکز هستند (سعیدی ۱۳۷۸).

مثالهایی از این گنبدها در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل ۶ – انواع گنبدها

گنبـد شـکل a-۶ یـک نـوع گنبـد از نـوع دنـده ای مـی باشـد. در صـورتیکه تعـداد دنـده هـا زیـاد باشـد بایـد بـه مسـئله شـلوغی اعضـا درراس گنبـد توجـه شـود کـه بـرای اجتنـاب از ایـن مسـئله بهتـر اسـت کـه برخـی از دنده های نزدیک راس حذف شود (شکل b-۶).

گنبـد دیگـری بـه نـام اشـفدلر (مهنـدس آلمـانی) در شـکل c-۶ نشـان داده شـده اسـت کـه تعـداد زیـادی از ایـن نـوع گنبـدها بعـد از قـرن ۱۹ توسـط اشـفدلر و دیگـران سـاخته شـده اسـت. از ایـرادات ایـن گنبـد مـی تـوان بـه مسـئله شـلوغی اعضـا در راس اشـاره کـرد، کـه بـرای حـل ایـن مشـکل همـان راه حـل بـالا ارائـه می شود. (شکل d-۶)

نمونـه دیگـری از گنبـدها، گنبـد لَمِـلا اسـت. ایـن گنبـد را مـی تـوان بـه نـوعی ترکیبـی از یـک یـا چنـد حلقـه که با یکدیگر متقاطع هستند، دانست. (شکل های e-۶ و f-۶)

شکل های g-۶ و h-۶ نوع دیگری از خانواده‌ی گنبدها را به نام گنبدهای دیامتیک نشان می دهد.

Copyright © 2003-2005 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

در شکل های i-۶ و j-۶ نمونه دیگری از گنبدها را به نام گنبدهای حبابی ملاحظه می کنید.
در شکل های k-۶ و l-۶ نمونه دیگری از گنبدها به نام گنبدهای ژئودزیک ملاحظه می شود (نوشین ۱۳۸۰).
اتصالات در گنبدهای دنده ای و اشفدلر حتما صلب هستند. از لحاظ پخش منظم نیرو، گنبدهای ژئودزیک، دیامتیک و حبابی بسیار مناسب هستند.

۴- امتیازات سازه های فضاکار

امروزه در سراسر دنیا سازه های فضاکار به سرعت در حال پذیرش و مقبولیت در بین طراحان و مهندسین سازه می باشند؛ این امر را نمی توان فقط مرهون جذابیت و زیبایی بیشتر این سازه ها دانست، بلکه دلایل متعددی که در ذیل به پاره ای از آنها اشاره می شود در گسترش محبوبیت این سازه ها موثر بوده است:

- جذابیت و زیبایی بیشتر و قابلیت ساخت انواع فرمهای دلخواه.
- ذخیره مقاومتی بیشتر به دلیل داشتن درجات نامعینی بالا در مقایسه با سایر سازه های متداول.
- سختی و صلبیت زیاد این سقف ها قابلیت استثنایی برای حمل بارهای بزرگ متمرکز و غیر متقارن بوجود می آورد.
- سیستم های فضاکار برای پوشش سالن های بزرگ اجتماعات، سالن های نمایشگاهی، ورزشگاه ها، آشیانه هواپیما، کارخانه های صنعتی، مساجد و به طور کلی تمام سازه هایی که به نحوی محدودیت تکیه گاه های میانی دارند، ایده آل بوده و در این موارد از نظر جلوه های ظاهری و مسائل سازه ای حالت منحصر بفردی را نسبت به سایر سیستم های جایگزین ایجاد می کند.
- اکثر سیستم های فضاکار پیش ساخته بوده و قطعات مورد نیاز آنها انبوه سازی می شوند به همین دلیل این سیستم ها معمولا به سادگی و در زمان کوتاهی تولید و نصب می شوند.

در آخر می توان گفت که اصلی ترین علت گسترش روز افزون سازه های فضاکار در جهان، اقتصادی تر بودن این سیستم ها است.

Copyright © 2003-2005 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

۵- خلاصه و نتیجه گیری

در این مقاله تلاش بر این بود که اصولی هر چند مجمل درباره سازه های فضاکار بیان شود، تا دانشجویان و محققین با این نوع سازه و انواع مورد استفاده آن در دنیا بیش از پیش آشنا شوند و همچنین زمینه ای باشد برای تحقیق و پژوهش بیشتر در قبال این مسئله. با توجه به قابلیت های سازه های فضاکار که در بالا بیان شده است و از طرفی ذکر این نکته که در کشور ما پیشرفت روزافزون را شاهد هستیم استفاده از این نوع سازه ها برای پوشش دهنه های بزرگ پیشنهاد می شود هر چند که به دلیل مسائل و مشکلات اقتصادی پیشرفت های کمی در مورد نحوه ساخت و نصب و مسائل فنی و ایمنی این سازه ها صورت گرفته است اما امید است با توجه و التفاتی که استاد گرانقدر جناب آقای پروفسور نوشین به این مسئله مبذول فرموده اند شاهد پیشرفت و ترقی روزافزون و استفاده بیشتر و بهتر از این سازه ها در کشور عزیزمان ایران بشود. البته توجه به این نکته که در ایران متخصصین و اساتیدی در این زمینه کارهای بزرگی را انجام داده اند لازم و ضروری است و باید از تجربیات آنها در این زمینه استفاده شود.

برای بدست آوردن اطلاعات بیشتر و همچنین آشنایی بیشتر رجوع شود به سایت دانشگاه ساری انگلستان www.sarrey.ac.uk

۶- فهرست مراجع

- سعیدی، محمود؛ ارزیابی پارامتریک شبکه های دولایه سازه های فضاکار، پایان نامه کارشناسی ارشد، خرداد ۱۳۷۸
- نوشین، هشیار؛ سخنرانی در مورد سازه های فضاکار، جزوه درسی، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۲

Copyright © 2003-2005 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.