

## سازه فضا کار چیست؟



### 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 شو ند و نهایتا یک سیستم سبک و با صلبیت زیاد را ایجاد می کنند.

سازه های فضاکار در اشکال بسیار متنوعی ساخته می شوند که 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، آشیانه های 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 گنبد های 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

## (۳- انواع سازه های فضاکار

### الف - شبکه های تخت

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

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.

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. اگر چلیک یک لایه باشد اتصالات به شکل صلب است . چلیک ها اغلب به شکل ترکیبی استفاده می شوند و تیر کمری نقش ترکیب کردن چلیک ها به یک دیگر 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 لملا

با مقاطع بیضی گون، سهمی گون، هذلولی گون و... (Lamella)

اگر شبکه ای در دو جهت دارای انحنا باشد، گنبد نامیده می شود . شاید رویه یک گنبد بخشی از یک کره یا یک مخروط یا اتصال چندین رویه باشد . گنبدها سازه هایی با صلبیت بالا می باشند و برای دهانه های بسیار بزرگ تا حدود ۲۵۰ متر مورد استفاده قرار می گیرند . ارتفاع گنبد باید بزرگتر ( از ۱۵٪ قطر پایه گنبد باشد. گنبدها دارای مرکز هستند مثلهایی از این گنبدها در شکل ( ۶ ) نشان داده شده است.

۶-۱ یک نوع گنبد از نوع دنده ای می باشد.

در صورتیکه تعداد دنده ها زیاد باشد باید گنبد شکل به مسئله شلوغی اعضا در راس گنبد توجه شود که برای اجتناب از این مسئله بهتر است که برخی از دنده های نزدیک راس حذف شود

۶-۲

گنبد دیگری به نام اشفدler مهندس آلمانی در شکل ۶-۷

نشان داده شده است که تعداد زیادی از این نوع گنبدها بعد از قرن ۱۹ توسط اشفدler و دیگران ساخته شده است. از ایرادات این گنبد می توان به مسئله شلوغی اعضا در راس اشاره کرد، که برای حل این مشکل همان راه حل بالا ارائه می شود. شکل ۶-۷

نمونه دیگری از گنبدها، گنبد لَمِلا است. این گنبد را می توان به نوعی ترکیبی از یک یا چند حلقه که با یکدیگر متقاطع هستند، دانست. شکل های ۶-۷e, f

شکل های ۶-۷h , g نوع دیگری از خانواده ی گنبدها را به نام گنبدهای دیامتیک نشان می دهد.

در شکل های ۶-۷i-j نمونه دیگری از گنبدها را به نام گنبدهای حبابی ملاحظه می کنید.

در شکل های ۶-۷k, l نمونه دیگری از گنبدها به نام گنبدهای ژئودزیک ملاحظه می شود

اتصالات در گنبدهای دنده ای و اشفدler 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 مهندسين 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 معمولاً 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.

## 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.