

سازه های فضایی :

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 بشری علاقه به داشتن فضاهای بزرگ بدون حضور ستون های میانی خواهان بسیاری پیدا کرده است . در این راستا از اوایل قرن حاضر تعدادی از متخصصین مجذوب قابلیت های منحصر بفرد سازه های فضاکار گشته پاسخ بسیاری از نیازهای جدید را در این سازه ها جسته اند و البته به نتایج بسیار مثبتی نیز دست یافته اند . 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 متخصصین و دانشجویان قرار دارد. در این مقاله منظور از عبارت سازه فضاکار سیستم های اسکلت فلزی بوده که از بافت تعدادی 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 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 کارایی هر بافتار باید در مقایسه با بافتارهای دیگر سنجیده شود . مثالهای متعددی از سازه های فضاکاری که در دنیا و ایران ساخته شده است وجود دارد ؛ استادیوم های ورزشی ، مراکز فرهنگی ، سالن های اجتماعات ، مراکز خرید ، ایستگاه های قطار ، آشیانه های هواپیما ها ، مراکز تفریحی ، برجهای رادیویی و

.....

تعریف و تاریخچه سازه های فضایی:

سازه های فضایی شکلهای هندسی منظمی هستند که در کنار یکدیگر تکرار شده و با اتصال مکرر این اجزا شبکه ای مستحکم و یکپارچه با ساختاری سه بعدی ایجاد می کنند . این اجزا از المانهای طولی (با مقطع های مربعی ، دایره ای ، مثلثی و ...) و اتصالیهایی که هر روز بر انواع آنها افزوده می شود تشکیل می شود .

جنس المانهای طولی متنوع بوده و بسته به نوع مصرف آنها متغیر خواهد بود ولی معمولاً از انواع پلاستیک و پروفیل ، فولاد و آلومینیوم استفاده می شود.

به عنوان نمونه هایی از این نوع سازه ها در ایران ، پوشش مرقد مطهرامام و سقف چند غرفه نمایشگاه بین المللی تهران را می توان نام برد . البته این نوع سازه پدیده خیلی جدیدی نیست ، زیرا گراهام بل طرحهایی از شبکه های منظم هندسی که کاربرد ساختمانی داشته باشد تهیه کرده بود . همچنین آلاچیقهای عشایر محلی ایران ، سبکی مانند این نوع سازه ها دارند ولی در دهه ۶۰ میلادی بود که این نوع سازه ها به صورت موضوعی بین المللی و قابل بحث مطرح شد به طوری که اولین کنفرانس بین المللی سازه های فضایی (فضایی) در سال ۱۹۶۶ در دانشگاه ساری انگلستان برگزار شد .

دلیل شهرت ناگهانی چه می تواند باشد ؟ سازه های فضایی چه خصوصیتی دارند که همه کشورها به آن روی آورده اند ؟

این سوال چند جواب می تواند داشته باشد

- سازه های فضایی ا قطعه های پیش ساخته استاندارد تشکیل می یابند که در صورت تولیدانبوه ،قیمت این قطعات بسیار پایین می آید .این قطعات توسط کارگران نیمه ماهر قابل نصب هستند .

- یکی ازمهمترین خصوصیات سازه های فضایی ،قابلیت پوشش سطحهای وسیع بدون ایجاد مانع وهمچنین قابلیت پوشانیدن دهانه های بسیاربلنداست که برای استفاده در امر ساختن استادیوم های ورزشی ،سالنهای چندمنظوره،آشیانه های هوایی،سقف استخرها و ... ایده آل است .

- سادگی ولی درعین حال زیبایظاهری این سازه ها توجه بسیاری از مهندسین معمار را به خود جلب کرده ، به طوری که قبل ازمهندسین ساختمان ،این آرشیکتها بودند که به این نوع سازه روی آوردند وتنوع بسیاروسیع آن ،که بویژه با پیشرفت علم کامپیوتر وایجاد برنامه گرافیکی جدیدی برآن افزوده شده ،قدرت خلاقیت بسیار زیادی به طراح می بخشد .

- دانشمندان پس ازانمایشهای زیاد،به مقاومت بسیارزیادانواع مختلف سازه های فضایی در مقابل بارگذاریهای سنگین متمرکز یا نا متقارن پی برده اند . سازه های فضایی دارای آنچنان نیروی پایداری و مقاومت نهایی هستند که سازه را قادر به تحمل بارگذاری موضعی بیش از حد میکند . تجربه نشان می دهد که انواع ویژه ای از شبکه های فضایی حتی در صورت صدمه دیدن ، به صورت ناگهانی فرو نمی ریزند و این ویژگی ، در صورت بروز حریق و انفجار ، اهمیت بیشتری دارد .

همچنین استحکام این قابهای فضایی ،امکان جابجایی بعضی ازستونها رابدون ایجاد نقض ساختمانی می آورد .

- با پیشرفت تکنولوژی، مهندسين و طراحان ، انواع جديدي از اتصالات ارزان قيمت را اختراع کرده اند که اتصال چند قطعه را در فضا توسط کارگران نيمه ماهر بدون هيچ مشکلي ممکن می سازد .

- از آنجا که سازه های فضايي از نظر استاتيکی نامعين هستند بنابر اين تحليل دستي آنها با استفاده از روش های دقيق، کار بسيار دشواری است. اين امريکی از دلايل معوق ماندن طرح های سازه های فضايي در گذشته بوده است ، ولی امروزه با استفاده از کامپيوتر های الکترونيکی و روش های رياضي نوين ، امر تحلیلی سازه بسيار سريعتر و دقيق تر از گذشته صورت می گيرد . همچنين استفاده از روش های نوين طراحی بهينه سازه با حداقل مصالح را امکان پذير می سازد و سازه ، دست بالا طراحی نمی شود .

از آغاز پيدایش سازه های فضايي اشکال بسيار گوناگونی به انواع آن افزوده شده که دارای طبقه بندی جامع ذيل است :

۱- داربست های اسکلتی (Skeleton Frameworks)

۲- سيستم های پوسته تحت تنش (Stressed Skin Systems)

۳- سازه های معلق (Suspended Structures)

۴- سازه های هوای فشرده (Pneumatic Structures)

در انواع اين سازه ها ، اتصالاتی مختلف که در طی مدت زمان طولانی تکميل شده اند به کار گرفته می شوند و اکثر آنها شکل ظاهري بسيار ساده ای دارند . با استفاده از اين اتصالات امکان ساختن اين سازه ها به صورت دو و يا چند لايه وجودمی آيد و با استفاده از قطعات پيش ساخته می توان سازه های عظيمی را با هزینه کم و به آسانی ايجاد کرد .

یک نمونه از سیستمهای موفق، سیستم گوی ولوله (mero) است که اتصالهایش گوی هایی با ۱۸ سوراخ است که از جهات مختلف عضو می پذیرد و قدرت عمل زیادی را به طراح و سازنده می بخشد . یک نمونه جالب از سازه های دو لایه ، ساختمان نمایشگاه واقع در سائوپولو ، برزیل است که محوطه ای به مساحت ۲۶۰ در ۲۶۰ متر مربع را با تکیه بر ۲۵ ستون و با استفاده از ۴۸۰۰۰ عضو لوله ای آلومینیومی پوشش می دهد . نمونه جالب دیگری از کاربرد سازه های فضایی قابل جداسدن ، پارکینگ هیترو لندن است . این پارکینگ قابلیت تحمل ۳۲۵ اتومبیل را داشته و استفاده از آن بسیار اقتصادی است . این نمونه ، تصور اکثر افراد را مبنی بر اینکه شبکه های فضایی فقط برای مسقف کردن محوطه بکار می روند را باطل می سازد . نمونه دیگر ، آشیانه هواپیما در لندن است که دهانه ای به طول ۱۳۸ متر دارد . این سقف باید لوازمی به وزن حدود ۷۰۰ تن را تحمل کند که ۳۰۰ تن آن متحرک و شامل چندین دستگاه جرثقیل است که امکان تعمیرات و نگهداری هواپیما را به سهولت فراهم می آورد .

سازه فضایی (space structure) به سازه ای اطلاق می شود که سه بعد دارد . که این سازه ها در مقابل سازه های صفحه ای (plane structure) مانند خرپاهای صفحه ای قرار می گیرند که بیش از دو بعد ندارند. بطور دقیق تردد حالت سازه صفحه ای بارهای خارجی و داخلی در صفحه ای منفرد وارد می شوند . که همان صفحه ای است که شامل خود سازه نیز می شود . در سازه های فضایی ترکیبی از بارهای خارجی ؛ بارهای داخلی و جابجایی های سازه بر فراز یک صفحه منفرد توسعه می یابد . این تعریف یک تعریف کلی از سازه های فضا کار است . در عمل سازه فضا کار به مجموعه ای از سازه ها اطلاق می شود که شامل تیرها طاقهای گنبدی گنبدها برج ها شبکه های کابلی سیستم های پوسته ای

ترکیبات تاشو و اشکال کششی است . سازه های فضا کار دامنه بزرگی از اشکال و سازه های ساخته شده با مواد مختلف مثل فولاد آلومونیم چوب بتن کامپوزیتهای مسلح فیبری شیشه و یا ترکیبی از این موارد را شامل می شود .

سازه های فضا کار از نظر اسمی به سه گروه تقسیم می شوند :

۱-سازه های فضا کار شبکه ای '**lattice space structures**'

که شامل المانهای طولی معمولی جدا از هم است

۲-سازه های فضا کار پیوسته '**continuous space structures**'

که شامل اجزایی مانند دالها پیوسته ها و جلد ها می شود .

۳-سازه های فضا کار دو وجهی '**biform space structures**'

که شامل ترکیبی از اجزای جدا و پیوسته است

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 فضایی محسوب می شوند ، اما در اینجا منظور سازه های سه بعدی خاص هستند که معمولاً دارای اعضای مستقیم با اتصالات صلب یا مفصلی می باشند.

۳- انواع سازه های فضایی :

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 دو لایه 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 هواپیما 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 پیوندها 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 می گیرند و ستون به چند گره متصل شود و بهتر است برای توزیع منظم نیرو در سازه ها در اطراف کنسول داشته باشیم .

ب) شبکه های چیلک :

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 تیرکمری 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 ، و تیروستون و شکل خورشیدمانند انجام داد . انواع چلیک ها عبارتند از : چلیک اریبی ، چلیک لملا با مقاطع بیضی گونه ، سه می گون ، هذلولی گون و

اگر شبکه ای در دو جهت دارای انحنا باشد ، گنبد نامیده می شود . شاید رویه یک گنبد بخشی از یک کره یا یک مخروط با 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 . از انواع گنبدها می توان گنبد از نوع دنده ای اشاره کرد که در صورتیکه تعداد دنده ها زیاد باشد باید 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 . گنبد دیگری به نام اشغدر (مهندس آلمانی) وجود دارد که تعداد زیادی از این نوع گنبدها بعد از قرن ۱۹ توسط اشغدر 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 . نمونه دیگر از گنبدها ، گنبد لملا است . این گنبد را می توان به نوعی ترکیبی از یک یا چند حلقه که با یکدیگر متقاطع هستند ، دانست . از نمونه دیگر گنبدها می توان به گنبدهای دیامتیک و گندهای حبابی و ژئودزیک

اشاره کرد. اتصالات در گنبدهای دنده ای و اشفدلر حتما صلب هستند . از لحاظ پخش منظم نیرو ، گنبدهای ژئودزیک ، دیامتیک و حبابی بسیار مناسب هستند .

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 ال بوده و در این موارد از نظر جلوه های ظاهری و مسائل سازه ای حالت منحصر بفردی رانسبت 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 روزافزون سازه های فضاکار در جهان ، اقتصادی تر بودن این سیستم ها است .

سازه های فضایی

سازه های فضایی بعلت پخش نیرو در جهات مختلف از استحکام توام با سبکی استثنایی برخوردار می باشد. به نحوی که وزن آنها ۳۵٪ از سازه های متداول کمتر است و بعلت استفاده حداکثر از سیستم پیش ساختگی از سرعت ساخت و نصب بیشتری برخوردار می باشد و بعلت یکپارچگی میتوان کلیه سازه و تاسیسات مربوطه را در تراز زمین سوار کرده و سپس سقف را بالا برده و نصب کرد.

سازه فضایی با گسترش فضای باز بدون ستونها مترادف است که این امر راندمان فضا را بسیار بالا می برد (تا ۲۵٪) و این گسترش در هر دو بعد براحته میسر است .

شکل منتظم سازه های فضایی نمای خوش آیندی را عرضه می دارد که به لحاظ معماری با ارزش می باشد و از این روست که بسیاری از معماران در سالنها و مراکز اجتماعات و غیره از سقف کاذب استفاده نکرده و خود سازه را به نمایش می گذارند.

سازه های فولادی

احداث ساختمان بمنظور رفع احتیاج انسانها صورت گرفته و مهندسين سازه و معمار مامور هستند تا نقشه های مرتبط به آن را تهيه کرده، با انجام محاسبات دقيق ساخت بنای مورد نظر را به مرحله اجرا برسانند. آنچه که در انجام فرآیند های نامبرده از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد، ۳ موردی است که آن را در زیر مشاهده می نمائید:

• ایمنی

• زیبایی

• اقتصاد

همانطور که می دانیم، احداث ساختمان های مسکونی و غیره در کشور تماما با اجرای اسکلت بتنی و فلزی صورت می گیرد، البته که در نقاطی از کشور با توجه به اقلیم آن شکل ساختمان و مصالح مورد نیاز تغییر خواهد یافت به گونه ای که اجرای ساختمان های بنایی با توجه به محدودیات در نظر گرفته شده از سوی آئین نامه زلزله ایران انجام می شود. از اینرو آشنایی با مزایا و معایب نوع اسکلت به کار رفته در ساخت و ساز می تواند نکته بسای رمهمی برای مالکین و مهندسين مجری طرح باشد.

مزایای ساختمان فلزی:

مقاومت مطلوب: مقاومت قطعات فلزی زیاد بوده و نسبت مقاومت به وزن از مصالح بتن بزرگتر است ، به این علت در دهانه های بزرگ سوله ها و ساختمان های مرتفع ، ساختمانهایی که برزمینهای سست قرارمیگیرند ، حائز اهمیت فراوان میباشد .

ویژگیهای همسان : فلز در کارخانجات بزرگ تحت نظارت دقیق تهیه میشود ، یکنواخت بودن خواص آن میتوان اطمینان کرد و خواص آن بر خلاف بتن با عوامل خارجی تحت تاثیر قرار نمی گیرد ، اطمینان در یکنواختی خواص مصالح در انتخاب ضریب اطمینان کوچک مؤثر است که خود صرفه جویی در مصرف مصالح را باعث میشود .

پایایی : دوام فولاد بسیار خوب است، ساختمانهای فلزی که در نگهداری آنها دقت گردد . برای مدت طولانی قابل بهره برداری خواهند بود - ویژگی های ارتجاعی : ویژگی های مفروض ارتجاعی فولاد با تقریبی بسیار خوبی مصداق عملی دارد . فولاد تا تنشهای بزرگی از قانون هوک بخوبی پیروی مینماید . مثلاً ممان اینرسی یک مقطع فولادی را میتوان با اطمینان در محاسبه وارد نمود. حال اینکه در مورد مقطع بتنی ارقام مربوطه چندان معین و قابل اطمینان نمی باشد .

شکل پذیری : از خاصیت مثبت مصالح فلزی شکل پذیری آن است که قادرند تمرکز تنش را که در واقع علت شروع خرابی است و نیروی دینامیکی و ضربه ای را تحمل نماید ، در حالیکه مصالح بتن ترد و شکننده در مقابل این نیروها فوق العاده ضعیف اند. یکی از عواملی که در هنگام خرابی ، عضو خود خبر داده و از خرابی ناگهانی و خطرات آن جلوگیری میکند.

پیوستگی مصالح : قطعات فلزی با توجه به مواد متشکله آن پیوسته و همگن می باشد و ولی در قطعات بتنی صدمات وارده در هر زلزله به پوشش بتنی روی سلاح میلگرد وارد میگردد ، ترکهایی که در پوشش بتن پدید می آید ، قابل کنترل نبوده و احتمالاً " ساختمان در پس لرزه یا زلزله بعدی ضعف بیشتر داشته و تخریب شود .

مقاومت متعادل مصالح: مصالح فلزی در کشش و فشار یکسان و در برش نیز خوب و نزدیک به کشش و فشار است. در تغییر وضع بارها، نیروی وارده فشاری، کششی قابل تعویض بوده و همچنین مقاطعی که در بار گذاری عادی تنش برشی در آنها کوچک است، در بارهای پیش بینی شده، تحت اثر پیچش و در نتیجه برش ناشی از آن قرار میگیرند. در ساختمانهای بتنی مسلح مقاومت بتن در فشار خوب، ولی در کشش و یا برش کم است. پس در صورتی که مناطقی احتمالاً تحت نیروی کششی قرار گرفته و مسلح نشده باشد تولید ترک و خرابی مینماید.

انفجار: در ساختمانهای بارهای وارده توسط اسکلت ساختمان تحمل شده، از قطعات پرکننده مانند تیغه ها و دیواره ها استفاده نمی شود. نیروی تخریبی انفجار سطوح حائل را از اسکلت جدا می کند و انرژی مخرب آشکار میشود، ولی ساختمان کلاً "ویران نخواهد گردید. در ساختمانهایی بتن مسلح خرابی دیوارها باعث ویرانی ساختمان خواهد شد.

تقویت پذیری و امکان مقاوم سازی: اعضاء ضعیف ساختمان فلزی را در اثر محاسبات اشتباه، تغییر مقررات و ضوابط، اجراء و میتوان با جوش یا پرچ یا پیچ کردن قطعات جدید، تقویت نمود و یا قسمت یا دهانه هائی اضافه کرد.

شرایط آسان ساخت و نصب: تهیه قطعات فلزی در کارخانجات و نصب آن در موقعیت، شرایط جوی متفاوت با تهمیدات لازم قابل اجراء است.

سرعت نصب: سرعت نصب قطعات فلزی نسبت به اجراء قطعات بتنی مدت زمان کمتری می طلبد.

پرت مصالح: با توجه به تهیه قطعات از کارخانجات ، پرت مصالح نسبت به تهیه و بکارگیری بتن کمتر است .

وزن کم: میانگین وزن ساختمان فولادی را می توان بین ۲۴۵ تا ۳۹۰ کیلوگرم بر مترمربع و یا بین ۸۰ تا ۱۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب تخمین زد ، درحالی که در ساختمانهای بتن مسلح این ارقام به ترتیب بین ۴۸۰ تا ۷۸۰ کیلوگرم بر مترمربع یا ۱۶۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب می باشد .

اشغال فضا: در دو ساختمان مساوی از نظر ارتفاع و ابعاد ، ستون و تیرهای ساختمانهای فلزی از نظر ابعاد کوچکتر از ساختمانهای بتنی میباشد ، سطح اشغال یا فضا مرده در ساختمانهای بتنی بیشتر ایجاد میشود .

ضریب نیروی لرزه ای: حرکت زمین در اثر زلزله موجب اعمال نیروهای درونی در اجزاء ساختمان میشود، عبارت دیگر ساختمان بر روی زمینی که بصورت تصادفی و غیر همگن در حال ارتعاش است، بایستی ایستایی داشته و ارتعاش زمین را تحمل کند . در قابهای بتن مسلح که وزن بیشتر دارد، ضریب نیروی لرزه ای بیشتر از قابهای فلزی است . تجربه نشان میدهد که خسارت وارده بر ساختمانهای کوتاه و صلب که در زمینهای محکم ساخته شده اند ، زیاد است . درحالیکه در ساختمانهای بلند و انعطاف پذیر، آنهایی که در زمینهای نرم ساخته شده اند ، صدمات بیشتری از زلزله دیده اند. عبارت دیگر در زمینهای نرم که پیود ارتعاش زمین نسبتاً " بزرگ است ، ساختمان های کوتاه نتایج بهتری داده اند و برعکس در زمینهای سفت با پیود کوچک ، ساختمان بلند احتمال خرابی کمتر دارند.

عکس العمل ساختمانها در مقابل حرکت زلزله بستگی به مشخصات خود ساختمان از نظر صلبیت و یا انعطاف پذیری آن دارد و مهمترین مشخصه ساختمان در رفتار آن در مقابل زلزله، پریود طبیعی ارتعاش ساختمان است.

معایب ساختمانهای فلزی:

ضعف در دمای زیاد : مقاومت ساختمان فلزی با افزایش دما نقصان می یابد. اگر دمای اسکلت فلزی از ۵۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی گراد برسد، تعادل ساختمان به خطر می افتد.

خوردگی و فساد فلز در مقابل عوامل خارجی: قطعات مصرفی در ساختمان فلزی در مقابل عوامل جوی خورده شده و از ابعاد آن کاسته میشود و مخارج نگهداری و محافظت زیاد است.

تمایل قطعات فشاری به کمانش : با توجه به اینکه قطعات فلزی زیاد و ابعاد مصرفی معمولاً کوچک است ، تمایل به کمانش در این قطعات یک نقطه ضعف بحساب می رسد.

جوش نامناسب : در ساختمانهای فلزی اتصال قطعات به همدیگر با جوش، پرچ، پیچ صورت میگیرد . استفاده از پیچ و مهره و تهیه ، ساخت قطعات در کارخانجات اقتصادی ترین، فنی ترین کار می باشد که در کشور ما برای ساختمانهای متداول چنین امکاناتی مهیا نیست. اتصال با جوش بعلت عدم مهارت جوشکاران ، استفاده از ماشین آلات قدیمی، عدم کنترل دقیق توسط مهندسین ناظر ، گران بودن هزینه آزمایش جوش و برزگترین ضعف میباشد.

تجربه ثابت کرده است که سوله های ساخته شده در کارخانجات در صورت رعایت مشخصات فنی و استاندارد ، این عیب را نداشته و دارای مقاومت سازه ایی بهتر در برابر بارهای وارده و نیروی زلزله است.

انواع سیستمهای اتصال سازه های فولادی

جهت وصل کردن یک یا چند قطعه در ساختمانهای فولادی نیاز به یک قطعه رابطی می باشد که دو قطعه بتوانند توسط جوش به هم متصل شوند که این قطعه رابط همان انواع اتصالات است .

انواع اتصالات در ساختمانهای فلزی به شرح زیر است :

۱- انواع اتصالات تیر به ستون .

۲- انواع اتصالات پای ستون .

۳- اتصال دو تیرآهن به هم و تولید ستون یا تیر دابل .

۴- اتصالات بادبندها به ستونها و تیرها .

حال به توضیح تک تک اتصالات فوق می پردازیم .

۱-انواع اتصالات تیر به ستون :

اتصال تیر به ستون معمولاً به دو صورت است یا به صورت صلب و گیردار هستند و یا به صورت مفصلی اند. هر کدام از حالت‌های مذکور نیز چند قسمت دارند که شامل موارد زیر می‌باشد.

الف (اتصال صلب با جفت صفحه موازی .

ب (اتصال صلب با جفت سپری .

ج (اتصال صلب با صفحه انتهایی روی ستون .

اتصالات صلب در مواردی به کار می‌روند که از جانب تیر یا ستون در سر گره‌ها ممان جذب شود. اتصال صلبی که امروزه در کشور اجراء می‌گردد و به صورت کامل اجراء نمی‌شود اتصال صلب با جفت صفحه موازی است. در اتصال صلب باید جوش به صورتی باشد که قطعه کاملاً گیردار باشد و جای هیچ‌گونه حرکتی وجود نداشته باشد یعنی دور تا دور قطعه جوش شود.

اتصالات مفصلی هم معمولاً در همه ساختمانها در یک طرف سازه بکار می‌روند که این اتصال بسیار ساده است و فقط جهت اتصال دو قطعه بکار می‌رود و ممانی تحمل نمی‌کند. در این اتصال تغییر شکل وجود دارد در حالی که در اتصال مفصلی هیچ‌گونه تغییر شکلی نداریم. نحوه جوش دادن اتصالات مفصلی به این صورت است که (در مورد نبشی‌ها) فقط بر بالایی و پائینی جوش می‌شود و بقیه قسمت‌ها نباید جوش شود.

انواع اتصالات مفصلی رایج عبارتند از :

الف (اتصال ساده نشسته (نبشی نشیمن) .

ب) اتصال به وسیله صفحه نشیمن ولچکی .

ج) اتصال به وسیله صفحه نشیمن و صفحه برشگیر (تیغه) .

آنچه که امروزه اجراء می شود اتصال ساده نشسته و اتصال با صفحه نشیمن ولچکی است.

اتصالات ساختمان ابوحامد به این صورت است که در جهت صلب اتصال با جفت صفحه

موازی است و در جهت مفصلی اتصال به وسیله نبشی نشیمن ولچکی انجام می شود .

خصوصیت اصلی اتصال مفصلی این است که زاویه بین تیر و ستون بتواند تغییر کند و

خصوصیت اصلی اتصال صلب این است که زاویه بین تیر و ستون نتواند تغییر کند .

در اتصال ساده نشسته - نبشی هایی که در بالا می گذارند فقط برای ایجاد تعادل است و

نقش باربری ندارد و حداقل نمره آن ۶ خواهد بود .

۲- انواع اتصالات پای ستون :

اتصالات پای ستون نیز مانند سایر اتصالات هم صلب و هم مفصلی دارند . که در اتصال صلب

از سخت کننده استفاده می شود و در اتصال مفصلی از نبشی ها ولچکی ها استفاده میشود

. اتصال صلب را در جهتی می گذاریم که ممان داریم و اتصال مفصلی را نیز در جهتی می

گذاریم که ممان نداریم . جوش اتصال پای ستون نیز باید شرایط دو اتصال صلب و مفصلی را

تامین کند .

۳- اتصال دو تیرآهن به هم :

برای تولید ستون دابل یا تیر دابل لازم است که دو تیر آهن را به هم توسط بست یا پلیت متصل کرد و نیز برای طویل کردن ستونها نیز باید بین تیر آهن ها اتصال وجود داشته باشد) چون طول شاخه های تیر آهن ۱۲ متر است).

۴- اتصالات بادبند ها به تیر و ستونها :

معمولا بادبندها توسط یک صفحه فلزی که از قبل در محل تقاطع تیر به ستون جوش داده شده است به ستونها و تیرها متصل میشوند. این صفحات که تحت فشار و کشش هستند باید برای هر دو عامل طرح شوند و بادبند هایی که روی این صفحات قرار می گیرند باید به طور کامل جوش داده شوند .

سیستمهای اتصالی

بعضی وقت ها در وسط نیز صفحه می گذارند . چون بادبندها نمی توانند از روی هم عبور کنند در وسط قطع می شوند و به صفحه وسط کاملا جوش داده می شوند و ادامه می یابند . همانطور که قبلا ذکر شد بادبند های این ساختمان ناودانی تک و دبل می باشد که بوسیله صفحات تقویت به تیر و ستونها متصل شده اند .

در انتخاب یک سیستم مناسب اتصال جهت انتقال بار، علاوه بر نگرش سازه ای، به قابل اجرا بودن آن نیز باید توجه کرد. انواع سیستمهای اتصال - پرچ، پیچ، جوش و اتصالات خاص - زمانی مناسب می باشد که از مطابقت آن با عملکرد سازه ای، تکنولوژی اتصال و اقتصاد آن اطمینان حاصل شود.

پرچ

پرچ از قدیمی ترین وسایلی است که از آن برای اتصال در سازه های فولادی استفاده می شود ولی امروزه کاربرد آن منسوخ شده است. پرچ شامل یک استوانه توپر فولادی است که سر آن شکل داده شده است. این قطعه بصورت گرم در سوراخ اتصال قرار داده شده سر دیگر آن بوسیله چکش بادی شکل داده می شود. پرچ پس از سرد شدن منقبض می شود و انقباض باعث فشردگی دو قطعه اتصال می شود. بدین صورت یک اتصال اصطکاکی کامل بدست می آید از آنجایی که میزان انقباض و نیروی بوجود آمده در پرچ قابل محاسبه نیست نمی توان از آن در محاسبات طراحی استفاده کرد. پرچ را می توان بصورت سرد نیز کوبید که دیگر هیچ نیروی پیش تنیدگی در آن بوجود نمی آید. امروزه بدلائل زیر از پرچ در سازه های فولادی استفاده نمی شود :

- پیشرفت تکنولوژی جوشکاری
- تولید پیچ های با مقاومت بالا
- نیاز به نیروی انسانی زیاد و ماهر برای پرچکاری
- احتیاج به نظارت دقیق
- سر و صدای زیاد در حین اجرا
- خطر آتش سوزی در حین کار

پیچ

پیچهایی که در اتصالات سازه های فولادی مورد استفاده قرار می گیرند، به دو دسته تقسیم می شوند :

• پیچهای معمولی

• پیچهای با مقاومت بالا

از پیچهای معمولی در اتصالاتی استفاده می شود که نیروهای موجود در اتصال کم باشد. از این پیچها که بصورت یاتاقانی یا برشی عمل می کنند در ساخت مهاربندها، خرپاهای کوچک، لایه ها و اعضای درجه دوم سازه های فولادی استفاده می شود. پیچهای با مقاومت بالا در هنگام تولید به منظور افزایش مقاومت، بصورت گرم نورد می شوند. نحوه اتصال انتقال بار در این پیچ های با مقاومت بالا در سوراخهایی قرار می گیرند که قطر آن از قطر پیچ بیشتر است و در هنگام اتصال برای ثابت نگه داشتن پیچ و جلوگیری از سائیدگی قطعات فولادی، از واشر استفاده می گردد.

جوش

جوشکاری فرایندی است که در آن دو قطعه فلز بوسیله حرارت به یکدیگر جوش می خورند تا یک اتصال بوجود آید. عمل جوش در اتصالات ساختمان درست شبیه بستمهای مکانیکی می باشد. جوشها برای ساخت اتصالات، جهت انتقال نیرو بین اعضای سازه و همچنین برای انتقال دادن تنشهای محاسباتی از یک قسمت عضو ساخته شده به قسمتهای دیگر به کار می روند. قوانین و ضوابط جوشکاری در ساختمان سازی بوسیله انجمن امریکایی جوشکاری "

AWS " به صورت مدون گردآوری شده است. این مجموعه بصورت آیین نامه ای در زمینه جوشکاری در ساخت ساختمانهای فولادی (AWS(D1.0 و همچنین مشخصات جوشکاری در پلها، بزرگراهها و راه آهن ها (AWS (D.1.0 گردآوری شده است. مشخصات اتصالات جوش شده در ساخت ساختمانهای فلزی در AISC آورده شده است. AISC نیز در مواقع لزوم به استاندارد (AWS(D.1.0 ارجاع می دهد.

انواع روشهای جوشکاری

۱- جوشقوس الکتریکی با الکتروود روکشدار

جوش قوس الکتریکی با الکتروود روکشدار از رایج ترین روشهای جوشکاری هستند که هم در جوشکاریهای کارخانه ای و هم در جوشکاریهای کارگاهی کاربرد دارند.

۲- جوش قوس الکتریکی غوطه ور (زیر پودری)

جوش قوس الکتریکی از مهمترین روشهای جوشکاری کارخانه ای است. این روش هم بصورت تمام خودکار و هم بصورت نیمه خودکار قابل اجراست. پودر نرم، روی محلی که باید جوشکاری شود ریخته می شود و الکتروود به سمت آن روانه می گردد. هنگامی که قوس الکتریکی تشکیل می شود، قسمتی از پودر ذوب می شود و به صورت تفال جوشکاری در می آید و روی فلز مذاب را می پوشاند. جوش قوس الکتریکی غوطه ور نسبت به جوش الکتریکی با الکتروود روکشدار دارای نفوذ بیشتر و همچنین سرعت جوشکاری بیشتر می باشد. در این نوع جوشکاری، سطح جوشکاری شده صاف است و ترشحات جوشکاری تشکیل نمی گردد. لازم است گل جوش پس از انجام هر مرحله جوشکاری برداشته شود. پودر ذوب نشده نیز در جوشکاریهای بعدی قابل استفاده است. در روش تمام خودکار، دستگاه کنترل الکتریکی، پودر

و سیم جوشکاری (الکتروود) را از دو مجاری مجزا در حین حرکت در امتداد درز، تامین می کند.

۳- جوش قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز

جوشکاری با روش قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز به دلیل انطباق آن با تمام شرایط کاری، دارای اهمیت روز افزونی در جوشکاری کارخانه ای شده است. در این روش جوشکاری که ممکن است بصورت تمام خودکار یا نیمه خودکار انجام شود، از سیستم الکتروود بدون پوشش با قوس الکتریکی و پوشش گازی استفاده می گردد. بوسیله تغییر دادن نوع گاز یا تعویض قطب قوس الکتریکی ، می توان مقطع عرضی فلز جوش شده را کنترل نمود. بدین ترتیب که می توان مقطع را بصورت عریض با نفوذ کم و یا عرض کم با نفوذ زیاد، در مرکز خط جوش در آورد. به جوشی که از دی اکسیدکربن به عنوان گاز محافظ استفاده می شود ، جوش CO2 گفته می شود.

۴- جوش قوس الکتریکی با پودر مغزی

از این روش جوشکاری می توان بصورت خودکار یا نیمه خودکار در کارگاههای بزرگ یا کارخانه ها استفاده کرد. این روش شبیه جوشکاری به روش قوس گازی است با این تفاوت که الکتروود ممتد فلزی آن لوله ای شکل بوده و مواد پودر در داخل آن لوله قرار دارد. البته این روش مزایایی نیز نسبت به روشهای قبلی دارد، بعنوان نمونه در این روش محافظ قوس الکتریکی تحت تاثیر وزش باد در فضای آزاد قرار نمی گیرد.

۵- جوش الکتروگاز

جوش الکترو گاز نوعی جوشکاری به روش قوس الکتریکی یا قوس الکتریکی با پودر مغزی می باشد که برای اتصالات قائم تا ضخامت ۳ اینچ قابل اجرا است. این نوع جوشکاری بصورت تمام خودکار انجام می شود. این حفره می تواند بین دو لبه کار (جوش تخت) و یا بین لبه و سطح کار (جوش گوشه) باشد. صفحات مسی که بوسیله آب خنک می شوند، دو طرف حفره جوش را میپوشانند. داخل این حفره فلز مذاب جوش قرار دارد و با خنک شدن فلز جوش، صفحات مسی به تدریج و به این صورت جوشکاری از پایین به سمت بالا کامل می گردد. قوس الکتریکی و محافظ فلز جوش بوسیله گاز یا بخار ایجاد شده از پودر مغزی قابل تامین هستند.

۶- جوش الکترو اسلاگ

در جوشکاری به روش الکترو اسلاگ، برای جوشهای تخت و یا گوشه، جوشها به صورت قائم و از پایین به بالا در حفره جوشکاری کامل می گردند. آب خنک کننده و صفحات مسی، دو طرف سطح اتصال را میگیرند و به صورت یک قالب مواد مذاب حاصل از عمل جوشکاری را در خود جای می دهند و به تدریج جوش را از پایین به بالا کامل می کنند. به خاطر توزیع یکنواخت گرما در اتصال، جوشکاری به روش الکترواسلاگ در مواردی مناسب است که حداقل تغییر شکل در اجزای اتصال، مورد نظر باشد. در صورتی عمل جوشکاری با موفقیت انجام می شود که اتصالات قائم ارتفاع قطعات اتصالی حداکثر ۲۰ اینچ باشد.

۷- جوش گلمیخ

این نوع جوشکاری روشی است که بوسیله آن انتهای گلمیخها به اعضای سازه ای جوش داده می شوند. دستگاه نوع تفنگی با کنترلرهای مخصوص، گلمیخ را در جای خودش نگه می دارد و پس از آن بین گلمیخ و عضو سازه ای قوس الکتریکی ایجاد می کند و هنگامی که درجه حرارت به نقطه ذوب رسید، به طور خودکار گلمیخ را به داخل حوضچه مذاب فشار می دهد.

۸- جوش مقاومتی

در جوش مقاومتی، گرمای لازم برای رسیدن به نقطه ذوب، بوسیله مقاومت الکتریکی جریان عبور داده شده از نقطه اتصال تامین می شود. هنگامی که فلز به دمای مناسبی رسید، دو نقطه به هم فشرده می شوند تا در محل اتصال بصورت یکپارچه درآیند. در کارهای ساختمانی، جوش مقاومتی اساساً " برای ساخت مقاطع کوچک و قطعات سبکتر بکار می روند (مثل ساختن تیرچه های خربایی)

