

طراحی جامع سازه‌های صنعتی سوله مثالهای کاربردی با نرم‌افزار

تألیف:

مرضیه عباسی طرئی

مرتضی مهروند

عباس حق‌اللهی



نشر عالم عمران

www.elme-omran.com

Info@elme-omran.com

عضو:



انجمن حقوقی ناشران کتاب و نشر

این اثر مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر و مؤلف، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

سرشناسه	عباسی طرثی، مرضیه، ۱۳۶۰
عنوان و پدید آورنده	طراحی جامع سازه‌های صنعتی سوله، مثالهای کاربردی با نرم‌افزار
نوبت چاپ:	تالیف مرضیه عباسی طرثی، مرتضی مهروند، عباس حق‌اللهی.
مشخصات نشر	اول
مشخصات ظاهری	تهران: علم عمران، ۱۳۹۲.
شابک	ده، ۳۰۶، ص: مصور، جدول، نمودار.
بها	978-600-5176-19-3
یادداشت	۱۷۵۰۰۰ ریال
موضوع	کتابنامه: ص. ۲۹۵.
شناسه افزوده	ساختمان‌های صنعتی -- طرح و ساختمان -- برنامه‌های کامپیوتری -- سازه -- طرح و محاسبه
رده‌بندی کنگره	مهروند، مرتضی، ۱۳۶۰ - حق‌اللهی، عباس، ۱۳۳۸
رده‌بندی دیویی	۱۳۹۲ ط ۲ ع / TH۴۵۱۱
شماره کتابشناسی ملی	۶۹۰/۵۴
	۳۳۰۸۲۱۱



طراحی جامع سازه‌های صنعتی سوله، مثالهای کاربردی با نرم‌افزار
تألیف: مرضیه عباسی طرثی، مرتضی مهروند، عباس حق‌اللهی

چاپ نخست	پاییز ۱۳۹۲
تعداد و قطع صفحات	۳۰۶ صفحه خشتی
شمارگان	۱۰۰۰
بها	۱۷۵/۰۰۰ ریال
شابک ۹۷۸-۶۰۰-۵۱۷۶-۱۹-۳	ISBN 978-600-5176-19-3

نشر علم عمران: تهران، خیابان کارگر جنوبی، بین انقلاب و روانمهر، بن بست گشتاسب شماره هفت، واحد ۶، تلفن: ۶۶۴۸۴۵۰۸، دورنگار: ۶۶۴۷۶۷۶۲
حقوق چاپ و نشر برای نشر علم عمران محفوظ است.



سازمان اسناد و کتابخانه ملی
جمهوری اسلامی ایران

سرکار خانم مندی مرفیجی

سلام علیکم

بر خویش فرزند بی و انچه که از خدمات ارزنده و تلاشهای مؤثر سرکار شما خانم مندی مرفیجی تقدیر
و تشکر می آوریم. بی شک تلاشهای ستر سرکار باوکل به نفع و سود موجب سلامت و سرافرازی
جامعه مسلمان می باشد. ضمن تقدیر لوح سپاس، بفرموده روز افزون کار را در حوضه های مختلف زندگی
آرزو می نمائیم.

سید مرتضی

رئیس سازمان اسناد و کتابخانه ملی

سازمان اسناد و کتابخانه ملی
جمهوری اسلامی ایران

اگر شایسته تقدیم باشد، تقدیم می‌کنم به:

مادر و پدر عزیزم

بابت سالهایی که حمایت کردند

و برادرزاده نازنینم

مرضیه عباسی طرئی

تقدیم به همسر و فرزندانم

برای جبران گوشه‌ای از محبت‌هایشان که راهی سخت را آمده‌اند و بدون همراهی و همدلی آنها

نگارش این کتاب ممکن نبود.

مرتضی مهروند

مقدمه نویسندگان

ساختمانهای صنعتی یکی از اجزای اصلی و مهم در رشد صنعتی یک کشور محسوب می‌شوند. با توجه به روند رو به رشد صنعت در کشور ایران ساخت سالنهای صنعتی افزایش یافته است. با توجه به کمبود یک مرجع کامل و مناسب در زمینه محاسبات و طراحی سوله بر آن شدیم تا کتابی در این زمینه به رشته تحریر درآوریم. در این کتاب سعی شده است تا تمامی اطلاعات مورد نیاز یک مهندس طراح برای محاسبه سازه یک سوله مورد بررسی قرار گیرد. با این وجود، ذکر این نکته ضروری است که مسئولیت طراحی پروژه‌های مهندسی بر عهده مهندسین محاسب و طراح است. در کتاب حاضر به بررسی مطالب زیر پرداخته شده است.

در فصل اول کتاب بررسی اجمالی ساختمانهای صنعتی انجام شده است که ضمن معرفی این گونه ساختمانها اطلاعات مفیدی را در اختیار مهندسین قرار می‌دهد. در فصل دوم به صورت ویژه به بررسی ضوابط بارگذاری سوله پرداخته شده است و ضوابط ویژه از جمله بارگذاری باد، برف، زلزله و... در این بخش گنجانده شده است. فصل سوم به بررسی ضوابط مربوط به تحلیل قاب پرتال پرداخته است تا تئوری تحلیل قاب پرتال برای مهندسین با ذکر مثال یادآوری گردد. در فصل چهارم ضوابط طراحی دستی قسمتهای مختلف سوله به همراه مثالهای متعدد مطرح شده است. همچنین ضوابط کنترلی ضمیمه D آیین‌نامه AISC نیز در این بخش به طور کامل با ذکر جزئیات بیان شده است. فصل پنجم و ششم در این کتاب اختصاص به تحلیل و مدلسازی دو سوله با ابعاد و اندازه‌های متفاوت در برنامه SAP2000 دارد. در این دو فصل علاوه بر نحوه مدلسازی، تحلیل و طراحی سوله در برنامه SAP2000 نحوه محاسبات دستی و کنترل محاسبات سوله نیز تشریح شده است.

امید است که این کتاب مورد توجه دانشجویان و مهندسین محاسب و طراح قرار گیرد. در اینجا از جناب مهندس مهدی داودنوبی مدیر انتشارات علم عمران به خاطر زحمات فراوان در بازخوانی، ویرایش و همچنین ارائه نقطه نظرات فنی تشکر و قدردانی می‌نماییم. همچنین از جناب مهندس محسن بشارت فردوسی، به خاطر نقطه نظرات و پیشنهادهایشان صمیمانه تشکر می‌نماییم. از مهندس امید خالدان به خاطر ارائه نقطه نظرات فنی مفید و مهندس مسعود برزجان به خاطر داوری کتاب قدردانی می‌شود.

با وجود سعی و تلاش فراوان و بررسی‌های صورت گرفته، بر این باوریم که کاستیها و نواقصی در این مجموعه وجود دارد. از خوانندگان و مهندسین گرامی تقاضا می‌گردد نقطه نظرات و پیشنهادات خود را از طریق ایمیل اعلام نمایند.

مهندس مرضیه عباسی طرئی saharabbasi89@gmail.com

مهندس مرتضی مهروند mehrvand@gmail.com

دکتر عباس حق الهی haghollahi@srttu.edu

فصل اول- سازه‌های صنعتی

- ۱-۱- سازه‌های فضا کار ۱
- ۱-۱-۱- مقدمه ۱
- ۱-۱-۲- مزایای سازه‌های فضا کار ۲
- ۲- سازه‌های غشایی ۶
- ۱-۲-۱- مقدمه ۶
- ۲-۲-۱- ویژگیهای این سازهها ۶
- ۳- ساختمانهای صنعتی فولادی (سوله) ۱۰
- ۱-۳-۱- مقدمه ۱۰
- ۲-۳-۱- اعضای تشکیل دهنده سوله ۱۰
- ۳-۳-۱- برخی مشخصات سالنهای صنعتی سوله ۱۴
- ۴-۳-۱- خصوصیات سازه‌های صنعتی سوله ۱۵
- ۵-۳-۱- بارهای وارده به قابهای اصلی ۱۵
- ۱-۵-۳-۱- بارهای اصلی سقف سوله ۱۵
- ۲-۵-۳-۱- بارهای اصلی قاب دیوارهای پیرامونی سوله ۱۵
- ۶-۳-۱- جرثقیل ۱۶
- ۷-۳-۱- فاصله ستونها و دهانه ۱۶

فصل دوم- ضوابط بارگذاری سوله

- ۱-۲- آئین‌نامه‌ها و استانداردها ۱۷
- ۲-۲- انواع بار ۱۸
- ۱-۲-۲- بار مرده ۱۸
- ۲-۲-۲- بار برف ۲۰
- ۱-۲-۲-۲- بار برف مینا ۲۰
- ۲-۲-۲-۲- بار برف بر روی بامها P_f ۲۰
- ۳-۲-۲-۲- ضریب اثر شیب C_s ۲۲
- ۴-۲-۲-۲- بارگذاری نامتقارن ۲۲
- ۵-۲-۲-۲- نکات خاص در بارگذاری برف ۲۳
- ۱-۵-۲-۲-۲- بار برف بر روی طره‌ها ۲۳

- ۲-۲-۲-۲- اضافه بار ناشی از تراکم برف روی بام ۲۳
- ۳-۲-۲-۲- اثر لغزش برف در بامهای کوتاهتردار ۲۵
- ۳-۲-۲-۲- بار باد مطابق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ۲۹
- ۱-۳-۲-۲- سرعت مینای باد ۳۰
- ۲-۳-۲-۲- نیروی باد بر ساختمانها و سایر سازهها ۳۰
- ۳-۳-۲-۲- فشار یا مکش ناشی از باد ۳۰
- ۴-۳-۲-۲- ضریب اثر تغییر سرعت C_e ۳۱
- ۵-۳-۲-۲- نمایش تاثیر ضریب C_e در محاسبه ۳۲
- ۶-۳-۲-۲- نمایش تاثیر ضریب C_e در محاسبه ۳۳
- ۷-۳-۲-۲- ضریب شکل C_q برای سازه اصلی باربر جانبی ۳۴
- ۸-۳-۲-۲- نمایش مقادیر C_q برای سازه اصلی باربر جانبی ۳۵
- ۹-۳-۲-۲- نمایش مقادیر C_q برای سازه اصلی باربر ۳۵
- ۴-۲-۲- بار زلزله مطابق با ضوابط آئین نامه ۲۸۰۰ ۳۸
- ۱-۴-۲-۲- روش استاتیکی معادل برای محاسبه نیروی ۳۸
- ۲-۴-۲-۲- ضریب زلزله ۳۸
- ۳-۴-۲-۲- نسبت شتاب مینای طرح A ۳۹
- ۴-۴-۲-۲- ضریب بازتاب ساختمان B ۴۰
- ۵-۴-۲-۲- ضریب اهمیت ساختمان ۴۲
- ۶-۴-۲-۲- ضریب رفتار ساختمان R ۴۴
- ۵-۲-۲- بارگذاری جرثقیل مطابق با ضوابط مبحث ششم ۴۷
- ۱-۵-۲-۲- انواع جرثقیل ۴۷
- ۱-۱-۵-۲-۲- جرثقیل جفت پل سقفی ۴۷
- ۲-۱-۵-۲-۲- جرثقیل تک پل سقفی ۵۰
- ۳-۱-۵-۲-۲- جرثقیل بازویی ۵۲
- ۴-۱-۵-۲-۲- جرثقیل دروازه‌ای ۵۳
- ۲-۵-۲-۲- بارگذاری جرثقیل ۵۴
- ۱-۲-۵-۲-۲- بار قائم ۵۵
- ۲-۲-۵-۲-۲- بار افقی جانبی (عرضی) ۵۶
- ۳-۲-۵-۲-۲- بار افقی طولی ۵۶

۱۱۵	۴-۱-۷- طراحی کلاف
۱۱۶	۴-۱-۸- طراحی سینه بند
۱۱۸	۴-۱-۹- طراحی تیر آبچکان
۱۱۸	۴-۱-۱۰- طراحی اتصالات
۱۱۹	۴-۱-۱۰-۱- انواع اتصالات
۱۲۰	۴-۱-۱۰-۲- طراحی اتصالات فلنجی
۱۲۸	۴-۱-۱۱- طراحی صفحه ستون
۱۳۵	۴-۱-۱۲- طراحی فونداسیون
۱۳۹	۴-۱-۱۳- طراحی جرثقیل
۱۴۰	۴-۱-۱۳-۱- جرثقیل تک پل سقفی

فصل پنجم- تحلیل و طراحی سوله با سقف سنگین

۱۵۵	۵-۱- معرفی پروژه
۱۶۰	۵-۲- بارگذاری
۱۶۰	۵-۲-۱- بار مرده
۱۶۰	۵-۲-۲- بار برف
۱۶۰	۵-۲-۳- بار باد
۱۶۲	۵-۲-۴- بار زلزله
۱۶۳	۵-۲-۵- بار جرثقیل سقفی
۱۶۴	۵-۳- ساخت مدل در نرم افزار SAP2000
۱۶۴	۵-۳-۱- ایجاد مدل و تنظیم خطوط شبکه
۱۶۶	۵-۳-۲- ترسیم سازه
۱۶۹	۵-۳-۳- تعریف مشخصات مصالح
۱۷۱	۵-۳-۴- تعریف مقاطع
۱۷۷	۵-۳-۵- تعریف سقف تیرچه بلوک
۱۷۸	۵-۳-۶- تعریف حالت‌های بارگذاری
۱۸۲	۵-۳-۷- اختصاص مشخصات
۱۸۲	۵-۳-۷-۱- اختصاص تکیه گاه‌های سازه
۱۸۲	۵-۳-۷-۲- آزاد سازی انتهای اعضا

۵۸	۲-۲-۵-۴- ضربه قائم، بار جانبی عرضی و بار جانبی طولی
۵۸	۲-۲-۵-۵- اثر همزمانی جرثقیل ها
۵۸	۲-۲-۶- موارد آییننامه‌های از مبحث ششم در
۶۰	۲-۲-۶- ترکیبات بار
۶۱	۲-۲-۷- بار زنده مطابق با ضوابط مبحث ششم
۶۱	۲-۲-۷-۱- بار زنده کف
۶۸	۲-۲-۷-۲- بار زنده بام

فصل سوم- تحلیل قاب‌های پرتال

۶۹	۳-۱- انواع قاب‌های پرتال
۷۱	۳-۲- مفاهیم عمومی تحلیل
۷۱	۳-۳- تحلیل الاستیک قاب پرتال
۷۱	۳-۳-۱- قاب پرتال با اتصال پایه گیردار
۷۲	۳-۳-۲- قاب پرتال با اتصال پایه مفصلی

فصل چهارم- طراحی اعضای سوله

۷۵	۴-۱- طراحی سوله
۷۶	۴-۱-۱- طراحی ستون
۷۶	۴-۱-۱-۱- بخش D2 تنش‌های مجاز- فشار
۷۷	۴-۱-۱-۲- بخش D3 تنش‌های مجاز- خمش
۷۹	۴-۱-۱-۳- بخش D4 ترکیب تنشها
۸۰	۴-۱-۱-۴- محاسبه ضریب طول موثر اعضای
۱۰۱	۴-۱-۲- طراحی تیر شیروانی، تیر شیب‌دار
۱۰۴	۴-۱-۳- طراحی وال پست
۱۰۸	۴-۱-۴- طراحی بادبند
۱۰۸	۴-۱-۴-۱- طراحی بادبند‌های دیوار
۱۰۹	۴-۱-۴-۲- طراحی بادبند‌های سقف
۱۱۱	۴-۱-۵- طراحی پرلین، لاپه (Purlin)
۱۱۴	۴-۱-۶- طراحی میل مهار

۲۲۸	۲-۶- بارگذاری
۲۲۸	۱-۲-۶- بار مرده
۲۲۸	۲-۲-۶- بار برف
۲۲۹	۳-۲-۶- بار باد
۲۳۰	۴-۲-۶- بار زلزله
۲۳۱	۵-۲-۶- بار جرتقیل سقفی
۲۳۳	۳-۶- ساخت مدل در نرم افزار SAP2000
۲۳۳	۱-۳-۶- ایجاد مدل و تنظیم خطوط شبکه
۲۳۴	۲-۳-۶- ترسیم المانهای سازه
۲۳۹	۳-۳-۶- تعریف مشخصات مصالح
۲۴۰	۴-۳-۶- تعریف مقاطع
۲۵۰	۵-۳-۶- تعریف حالت‌های بارگذاری
۲۵۳	۶-۳-۶- اختصاص مشخصات
۲۵۳	۱-۶-۳-۶- اختصاص تکیه گاه‌های سازه
۲۵۴	۲-۶-۳-۶- آزاد سازی انتهای اعضا
۲۵۵	۳-۶-۳-۶- تغییر ابتدا و انتهای بعضی ستونها
۲۵۶	۴-۶-۳-۶- بارگذاری سازه
۲۵۶	۱-۴-۶-۳-۶- بار سطحی سقفها
۲۵۷	۴-۶-۳-۶- بارگذاری سازه
۲۵۷	۱-۴-۶-۳-۶- بار سطحی سقفها
۲۵۸	۲-۴-۶-۳-۶- بار برف
۲۵۹	۳-۴-۶-۳-۶- بارگذاری باد
۲۶۳	۴-۴-۶-۳-۶- بار گذاری جرتقیل
۲۶۸	۵-۶-۳-۶- اختصاص مقاطع
۲۶۸	۷-۳-۶- معرفی ترکیب بارهای مورد نیاز
۲۷۱	۸-۳-۶- تعریف جرم مشارکت در نیروی جانبی
۲۷۱	۹-۳-۶- نسبت دادن نواحی صلب
۲۷۲	۱۰-۳-۶- تحلیل سازه
۲۷۳	۱۱-۳-۶- طراحی با استفاده از نرم افزار

۱۸۳	۳-۷-۳-۵- تغییر ابتدا و انتهای بعضی ستونها
۱۸۵	۴-۷-۳-۵- اختصاص مقطع سقف
۱۸۵	۵-۷-۳-۵- بارگذاری سازه
۱۸۵	۱-۵-۷-۳-۵- بار سطحی سقفها
۱۸۶	۲-۵-۷-۳-۵- بار برف
۱۸۷	۳-۵-۷-۳-۵- بار گذاری باد
۱۹۱	۴-۵-۷-۳-۵- بار گذاری جرتقیل
۱۹۵	۶-۷-۳-۵- اختصاص مقاطع
۱۹۵	۸-۳-۵- معرفی ترکیب بارهای مورد نیاز
۱۹۸	۹-۳-۵- تعریف جرم مشارکت در نیروی جانبی
۱۹۹	۱۰-۳-۵- نسبت دادن نواحی صلب
۱۹۹	۱۱-۳-۵- تحلیل سازه
۲۰۰	۱۲-۳-۵- طراحی با استفاده از نرم افزار
۲۰۱	۱۳-۳-۵- تنظیم پارامترهای طراحی
۲۰۳	۱۴-۳-۵- انجام عملیات طراحی
۲۰۴	۱۵-۳-۵- کنترل تغییر مکان
۲۰۶	۱۶-۳-۵- ایجاد خروجی برای برنامه SAFE
۲۰۶	۱۷-۳-۵- نمایش مقادیر نیروها
۲۰۸	۴-۵- طراحی دستی اجزای سوله
۲۰۸	۱-۴-۵- طراحی و کنترل ستون
۲۱۱	۲-۴-۵- طراحی پرلین
۲۱۲	۳-۴-۵- طراحی میل مهار
۲۱۳	۴-۴-۵- طراحی سینه بند
۲۱۳	۵-۴-۵- طراحی تیر آبچکان
۲۱۴	۶-۴-۵- طراحی اتصالات
۲۱۶	۷-۴-۵- طراحی بیس پلنت
۲۲۵	۱-۶- معرفی پروژه

فصل ششم- تحلیل و طراحی سوله با جرتقیل سی و دو تن

۲۷۴	تنظیم پارامترهای طراحی
۲۷۵	انجام عملیات طراحی
۲۷۷	کنترل تغییر مکان
۲۷۸	ایجاد خروجی برای برنامه SAFE
۲۷۸	نمایش مقادیر نیروها
۲۸۰	طراحی دستی اجزای سوله
۲۸۰	طراحی و کنترل ستون
۲۸۳	طراحی پرلین
۲۸۴	طراحی میل مهار
۲۸۴	طراحی سینه بند
۲۸۵	طراحی تیر آبچکان
۲۸۵	طراحی اتصالات
۲۸۸	طراحی بیس پلیت

۲۹۵..... فهرست مراجع

۲۹۷..... معرفی مهندسین مشاور پاتیاب سازه

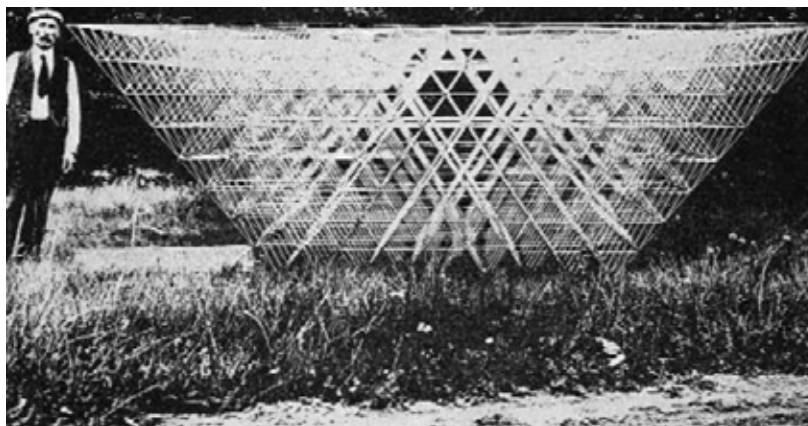
فصل اول

سازه‌های صنعتی

۱-۱- سازه‌های فضا کار

۱-۱-۱- مقدمه

یکی از انواع سازه‌های صنعتی که کاربرد زیادی در سازه سالنهای مختلف دارد سازه‌های فضا کار می‌باشند. این نوع سازه‌ها از المانهای باریک و سبک ساخته می‌شوند و به دلیل وزن بسیار سبک، رفتار مناسبی در برابر بارهای ناشی از باد و نیروهای زلزله را نشان می‌دهند. این سازه‌ها که معمولاً از فولاد ساخته می‌شوند می‌توانند از آلومینیوم و آلیاژهای سبک وزن دیگری نیز ساخته شوند. شکل ۱-۱ را ملاحظه کنید.

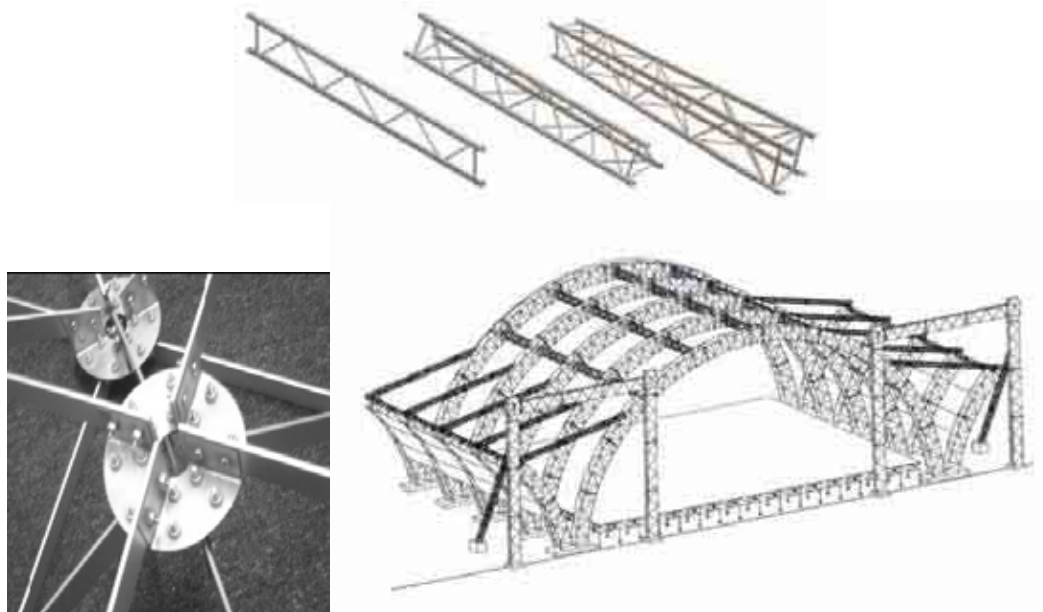


شکل ۱-۱- اولین نسل از سازه‌های فضا کار ساخته شده توسط الکساندر گراهام بل

۱-۱-۲- مزایای سازه‌های فضا کار

از مزایای این گونه سازه‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

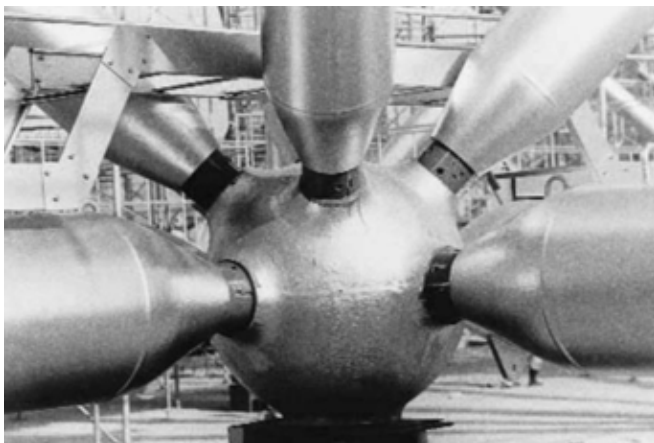
- پوشش دهانه‌های بزرگ: این نوع از سازه‌ها قادر به پوشش دهانه‌های بزرگ با حداقل مواد مصرفی می‌باشند و لذا سازه‌هایی از این قبیل برای مکان‌هایی مانند سالن‌های صنعتی، آشپزخانه هوایما، نمایشگاهها و ... بسیار مناسب هستند.
 - سرعت نصب: قطعات مربوط به این نوع سازه‌ها به صورت پیش‌ساخته در کارخانجات مربوطه تهیه می‌گردند و در محل اجرا به سرعت نصب می‌شوند.
 - انعطاف‌پذیری در طراحی: با توجه به امکان افزایش و کاهش دهانه‌ها با تغییر در تعداد المانها و تغییر در محل قرارگیری پایه‌ها، امکان طراحی سالن با دهانه‌های مختلف به راحتی فراهم می‌شود و در نتیجه این نوع سازه‌ها در رده سازه‌های انعطاف‌پذیر می‌باشند.
 - مقاومت در برابر نیروهای دینامیکی زلزله: نیروی زلزله، به دلیل وزن کم و حجم کم مصالح تاثیر کمتری بر روی این نوع سازه‌ها دارد و همچنین پاسخ این نوع سازه‌ها در برابر بارهای دینامیکی زلزله بهتر از سایر سیستم‌های متداول می‌باشد.
 - نصب آسان تاسیسات: به دلیل فضای موجود در بین شبکه‌های فضایی به راحتی می‌توان تجهیزات تاسیساتی را عبور داده و آنها را نصب نمود.
 - زیبایی ظاهری: ترکیب میله‌ها سازه زیبایی را ایجاد می‌کند که نسبت به سازه‌های مشابه از منظره مناسبتری برخوردار است.
 - ایمنی سازه: ایمنی اینگونه سازه‌ها از سه منظر قابل بررسی می‌باشد:
 - تغییر شکل این نوع سازه‌ها به دلیل سختی نسبتاً زیاد سیستم، اندک می‌باشد.
 - بطور معمول خرابی‌های موضعی باعث خرابی کلی در این نوع سازه‌ها نمی‌شود. به عبارتی دیگر در اینگونه سازه‌ها پدیده خرابی پیش رونده اتفاق نمی‌افتد.
 - به دلیل اینکه سازه سه‌بعدی می‌باشد و رفتار سه‌بعدی دارد لذا توزیع تنش در تمام جهات صورت می‌گیرد.
- اشکال ۱-۲ الی ۱-۷ برخی از کاربردهای انواع سازه‌های فضا کار و اتصالات آنها را نشان می‌دهد.



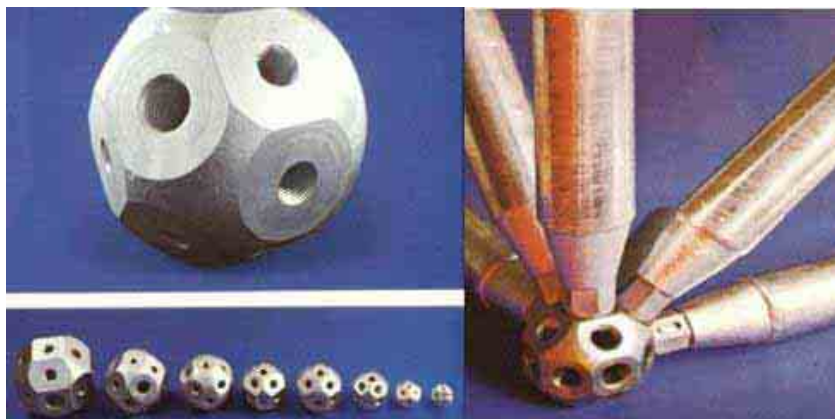
شکل ۱-۲- سازه‌های فضا کار از جنس آلومینیوم



شکل ۱-۳- استفاده از سازه فضاکار آلومینیومی در پوشش دهانه استخر



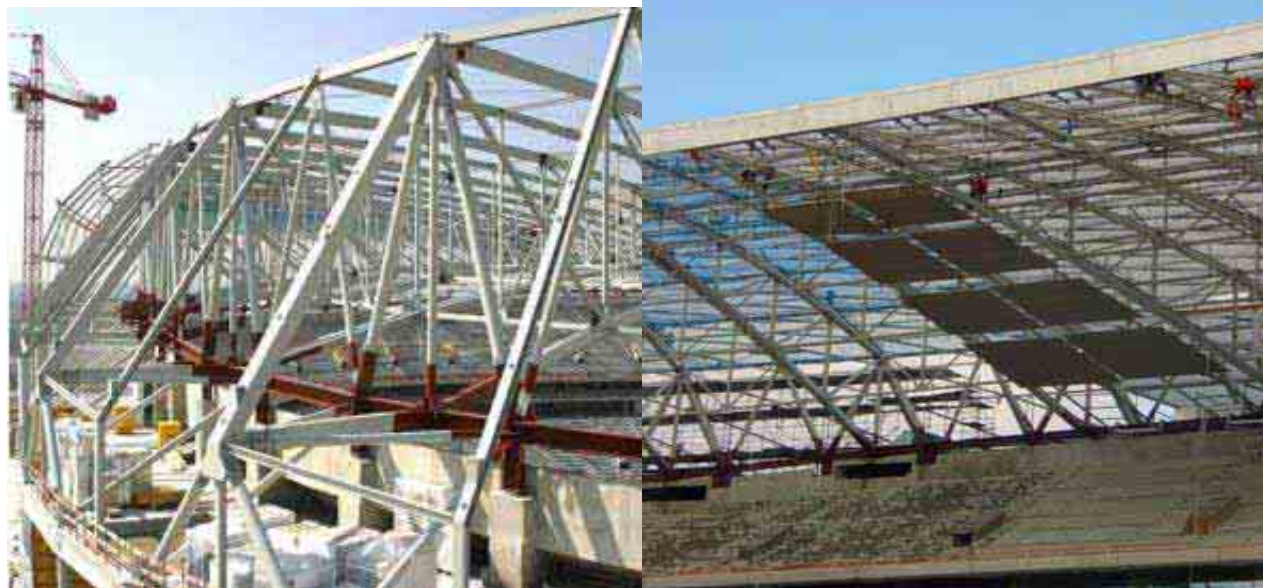
شکل ۱-۴- اتصالات رایج در سازه‌های فضا کار



شکل ۱-۵- اتصالات رایج در سازه‌های فضا کار



شکل ۱-۶- استفاده از سیستمهای خرپایی جهت سقف سالنهای ورزشی



شکل ۱-۷- استفاده از سیستمهای خرپایی جهت سقف استادیوم

۱-۲- سازه‌های غشایی

۱-۲-۱- مقدمه

سازه‌های غشایی به آن دسته از پوشش‌های صنعتی گفته می‌شود که دارای صفحات پوشاننده‌ای با ضخامت کم نسبت به دیگر ابعاد خود می‌باشند و با استفاده از این تکنیک سطح وسیعی را پوشش می‌دهند.

امروزه با پیشرفت فناوری، سازه‌های غشایی به کلی دگرگون و متحول شده‌اند، هر چند بهبود مصالح، موجب بهبود عملکرد پوشش‌های غشایی شده‌است، ولی روش‌های نوین طراحی عامل اصلی بهره‌وری این سازه‌ها می‌باشد.

۱-۲-۲- ویژگی‌های این سازه‌ها

- ریشه در سنت کهن چادرسازی دارند.
 - به لحاظ ارزانی مصالح، سهولت اجرا و سرعت برپایی بسیار جذاب می‌باشند.
 - کوتاهی عمر، کم دوامی، آسیب‌پذیری در مقابل آتش‌سوزی، بی‌ثباتی شکل و چروک شدن از کاستی‌های این نوع پوشش می‌باشد.
 - از اولین کاربردهای این نوع چادرها در سالن‌های نمایشی و سیرک‌ها و چادرهای نظامی می‌باشد.
 - پیشرفت فن‌آوری‌های امروز باعث شده است تا:
 - دوام و طول عمر مصالح بیشتر شود.
 - مقاومت در برابر آتش‌سوزی بیشتر شود.
 - گسترش حریق و دودهای ناشی از آن کاهش یابد.
 - انرژی کمتری برای تنظیم شرایط محیط مورد نیاز باشد. مثلاً در مناطق گرمسیر با استفاده از این غشاءها می‌توان مقدار زیادی از نور خورشید را منعکس کرده و دمای ساختمان را با صرف انرژی کمتری تنظیم نمود و در مناطق سردسیر با بهره‌گیری از لایه‌های عایق حرارتی که منعطف و مات می‌شوند و در نتیجه با انرژی کمتری شرایط مناسب حاصل می‌شود.
- سازه‌های غشایی در سال ۱۹۶۰ توسط فرانک اوتو دوباره‌ای گرفت. دو طرح پیشنهادی اوتو عبارتند از: شبکه سیمی آویخته که در نمایشگاه مونترال و همچنین ورزشگاه المپیک مونیخ استفاده شد که هر دو، جزو عظیم‌ترین و پیچیده‌ترین سازه‌های غشایی هستند. در اشکال ۸-۱، ۹-۱ و ۱۰-۱ نمونه‌ای از سازه‌های غشایی نشان داده شده است.



شکل ۱-۸- استفاده از سازه‌های غشایی جهت سقف استادیوم المپیک مونپخ



شکل ۱-۹- نمونه‌ای از پوشش‌های غشایی اجرا شده با سطح وسیع پوشش

امکان استفاده از برنامه‌های کامپیوتری در سال‌های ۱۹۷۰، دقت و سرعت فوق‌العاده در محاسبات، امکان آنالیز و محاسبه دقیق این سازه‌ها را فراهم نمود.



شکل ۱-۱۰-۱- استفاده از پوشش‌های غشایی در ترمینال بندر جدّه

پروژه ترمینال حجاج بندر جدّه در کشور عربستان، در سال ۱۹۸۱ با طراحی گروه SOM از نمونه‌های زیبای این نوع سازه‌ها می‌باشد، در این پروژه ارتفاع هر یک از پایه‌ها در حدود 45 m است و هر واحد پوشش‌های غشایی مساحتی در حدود 1000 m^2 را می‌پوشاند، جنس غشاء سقف از نوع فیبر شیشه‌ای با حفاظ تفلون در نظر گرفته شده‌است. این پروژه در زمرة اولین پروژه‌های بزرگ می‌باشد که در محاسبه آن از برنامه‌های رایانه‌ای استفاده شده‌است. پس از اتمام پروژه نتایج به دست آمده از برنامه‌های رایانه‌ای با آنچه که در بارگذاری‌های واقعی به وجود آمده بود در حدود 10% اختلاف داشتند که بیانگر دقت در آنالیز و طراحی به کمک رایانه می‌باشد.

نکته بسیار مهم در مورد سازه‌های غشایی یا کششی این است که آنها همیشه باید در کشش باشند، در غیر این صورت با وزش باد مانند پارچه‌ای چین و چروک برداشته و قسمت‌های مختلف آن به هم کوبیده می‌شوند و از بین می‌روند. در سازه‌های غشایی وجود پیچیدگی و چروک نشانه عدم وجود کشش و وجود پارگی نشانه وجود کشش بیش از حد است. تاثیر باد در طول برپایی سازه‌های غشایی و تثبیت وضعیت پایداری نهایی آن را نباید نادیده گرفت. در اشکال ۱-۱۱ و ۱-۱۲ نمونه‌ای از سازه‌های غشایی چادری نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۱- استفاده از سازه‌های غشایی در بندر جدّه



شکل ۱-۱۲- نمونه ای از سازه‌های غشایی چادری

برای مثال در حین برپایی پوشش غشایی سایه‌بانی به طول 150 m در شهر هالیوود در حالی که از دو انتها ثابت شده بود، این پوشش به باد سپرده شد و پوشش تحت تاثیر باد، بارها موج برداشته و پشت و رو شد و مرتب به هم خورد تا پس از مدت کوتاهی خراب و به طور کلی از بین رفت. در طی سالیان بعد، با به کارگیری فن‌آوری ریخته گری فولاد و استفاده از آن به جای جوشکاری ضمن آنکه از تمرکز

تنش‌ها در اتصالات کاسته شد، این اتصالات توانستند با اشکال ساده، تراش دار و بسیار زیبا، روحیات سازه‌های غشایی را بهتر منعکس کنند. همچنین استفاده از آلومینیوم حدیده شده موجب حذف پیچ و قطعات ضخیم گذشته شده‌است. شکل ۱-۱۳ را ملاحظه کنید.



شکل ۱-۱۳- نمونه ای از سازه های غشایی

۱-۳- ساختمانهای صنعتی فولادی (سوله)

۱-۳-۱- مقدمه

این ساختمان‌ها چنانچه از نامشان بر می‌آید به جهت کاربری‌های صنعتی و ایجاد سالن‌های تولیدی مورد استفاده قرار می‌گیرند، همچنین در موارد دیگری مانند سالن‌های ورزشی، انبارها و ... نیز کاربرد دارند.

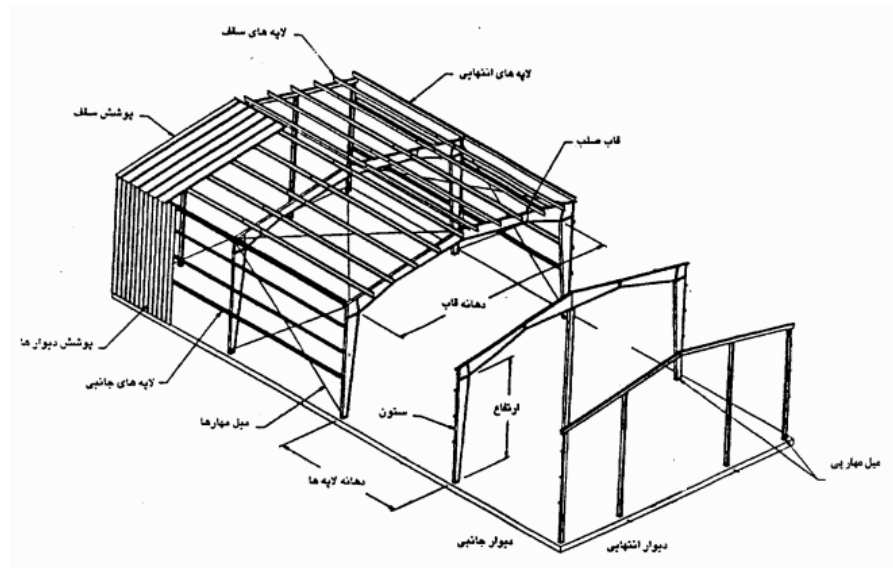
۱-۳-۲- اعضای تشکیل دهنده سوله

سوله‌ها از قابهایی مسطح تشکیل شده‌اند که با فواصل یکسان از یکدیگر قرار می‌گیرند، این قابهای مسطح با استفاده از المانهایی به یکدیگر متصل شده و تشکیل یک خرپای فضایی را می‌دهند، فاصله قابهای مسطح به طور معمول در ایران ۶ متر می‌باشد، به طور کلی سوله تشکیل شده است از:

- پوشش سقف: معمولا در سالنهای صنعتی سوله برای پوشش نهایی سقف از ورقهای موجدار گالوانیزه استفاده می‌گردد، در مواردی هم می‌توان از ورق آلومینیومی، شادولاین و یا ساندویچ پانل استفاده نمود.

- **قاب مسطح عرضی:** از قاب‌های عرضی جهت پوشش دهانه‌های بزرگ سوله با ایجاد یک قاب خمشی استفاده می‌گردد. این قابها شامل تیر اصلی و ستون (شییدار یا پله‌ای) می‌باشند.
- **تیر اصلی (Rafter):** به طور معمول یک تیر ورق با مقطع متغیر می‌باشد. وظیفه این تیر انتقال بارهای سقف به ستونها می‌باشد.
- **ستون (Column):** ستونها بار اعمال شده از طرف تیرها را به فونداسیون منتقل می‌کنند. ستونها معمولاً به صورت تیر ورق با مقطع متغیر و یا ستونهای پله‌ای اجرا می‌شوند. همچنین به دلیل ایجاد قاب خمشی در جهت عرضی بار زلزله توسط تیرها و ستونها مهار می‌گردد.
- **پرلین (Purlin):** پرلین‌ها اعضای خمشی هستند و برای اینکه سقف سوله به صورت یک دیافراگم عمل نماید و بتواند به راحتی بار خود را به تیرهای اصلی قاب عرضی انتقال دهد استفاده می‌گردند. نام دیگری که به پرلین نسبت داده می‌شود لاپه می‌باشد. عموماً چون از مقاطع Z برای این اعضا استفاده می‌گردد لذا به این المانها "زد" نیز گفته می‌شود. استفاده از مقاطع ناودانی به همراه پشت بند به عنوان پرلین از سیستم‌های متداول در ایران می‌باشد. پرلین‌ها یا لاپه‌ها در سقف اجرا می‌شوند و به صورت تیرهای فرعی و به عنوان مهار جانبی در فواصل قابهای عرضی قرار می‌گیرند.
- **میل مهار (Sagrod):** از میل مهار برای کنترل مولفه نیروی ثقلی در امتداد شیب و همچنین تکیه‌گاه لاپه‌ها حول محور ضعیف آن استفاده می‌گردد. به طور معمول میل مهارها در فواصل یک سوم طول پرلین‌ها قرار می‌گیرند.
- **بادبندهای سقفی و جانبی (Roof And Side Bracing):** بادبندهای سقفی بیشتر برای یکپارچه سازی سیستم قاب سقف سوله و مقابله با نیروی باد طراحی می‌گردند و بادبندهای جانبی برای مقابله با نیروی زلزله و باد (هر کدام که حاکم گردد) طراحی می‌شوند. در اکثر سوله‌ها برای بادبندهای سقفی از میلگردهای ساده و برای بادبندهای جانبی از میلگرد، ناودانی، نبشی و ... استفاده می‌گردد.
- **آبچکان و ناودانی:** برای هدایت آبهای سطحی بام ناشی از بارش باران و برف و همچنین ایجاد فاصله بین آبروها و سالن سوله از این اعضا استفاده می‌گردد.
- **وال پست (Wall Post):** سطح مقطع دیوارهای مربوط به قاب‌های ابتدایی و انتهایی سالن سوله در اغلب موارد بسیار زیاد می‌باشد لذا برای مهار این دیوارها و جلوگیری از تخریب آنها در مقابل نیروهای جانبی (باد و زلزله و...) در فواصل مشخص از ستونهای کمکی استفاده می‌گردد که به آنها Wall Post گفته می‌شود.

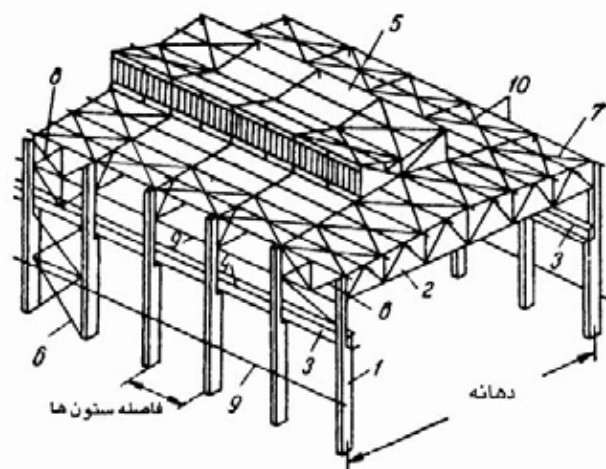
قسمت‌های مختلف مربوط به سوله‌های رایج در ایران در اشکال ۱-۱۴ الی ۱-۱۷ قابل تشخیص است.



شکل ۱-۱۴- سوله با سیستم سقف متداول (تیر- لایه- پوشش سقف)

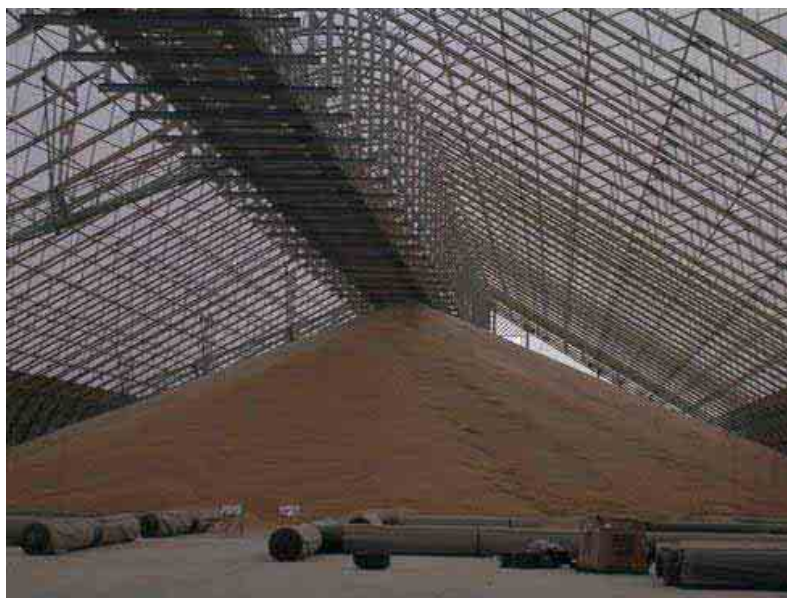


شکل ۱-۱۵- سوله با سیستم سقف متداول (تیر- لایه- پوشش سقف)



- ۱- ستون،
- ۲- خرپای سقف (خرپای قاب)،
- ۳- شاه تیر چرنقیل،
- ۴- تیر مهاربندی،
- ۵- نورگیر،
- ۶- مهاربندی قائم بین ستونها،
- ۷- مهاربندی افقی سقف،
- ۸- مهاربندی قائم سقف،
- ۹- قاب‌بندی دیوار،
- ۱۰- لایه.

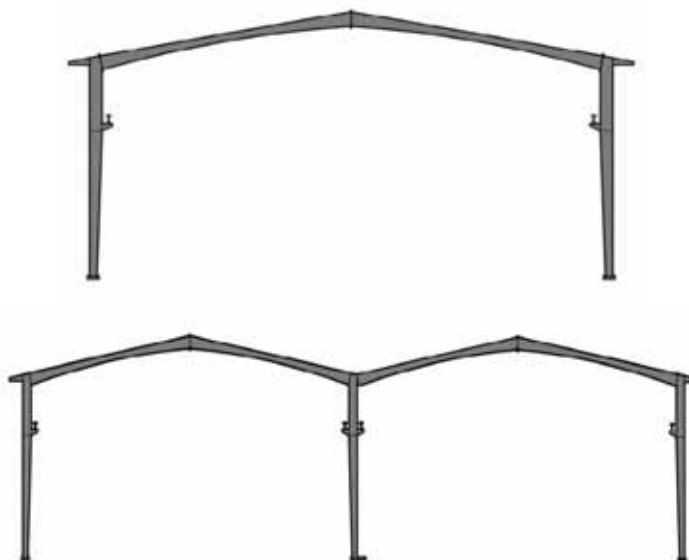
شکل ۱-۱۶- سوله با سیستم سقف خرپایی



شکل ۱-۱۷- سوله اجرا شده با سیستم سقف خرپایی

۱-۳-۳- برخی مشخصات سالنهای صنعتی سوله

- در این نوع سازه‌ها امکان ایجاد فضاهای بزرگ با استفاده از حداقل تعداد ستون فراهم می‌گردد.
- اغلب این ساختمانها یک طبقه بوده و گاهی در بیش از یک طبقه هم ساخته می‌شوند.
- سوله‌های یک طبقه، معمولاً در یک یا چند دهانه ساخته می‌شوند. شکل ۱-۱۸ را ملاحظه کنید.
- در گذشته استفاده از خرپا جهت پوشش دهانه‌های بزرگ معمول بوده است، در حالیکه امروزه استفاده از قابهایی با مقطع متغیر و اتصالات صلب متداول‌تر می‌باشد.
- استفاده از مقاطع متغیر در قابهای صنعتی سوله این امکان را برای طراحان فراهم می‌کند تا در قسمتهایی که لنگر خمشی در اعضا بیشتر است از ممان اینرسی بیشتری استفاده نمایند.



شکل ۱-۱۸- قاب عرضی (اصلی) سوله، در یک و دو دهانه

سیستم سقف این نوع سازه‌ها شامل سازه باربر، پوشش سازه‌ای و عایق رطوبت و حرارت می‌باشد. سازه باربر سقف شامل تیر اصلی یا خرپا در هر قاب می‌باشد که بر روی آنها لایه و پوشش سقف قرار می‌گیرد. سیستم سقف می‌تواند شامل دالهای پیش ساخته سبک با ابعاد بزرگ باشد که بطور مستقیم روی تیرها و یا خرپای سقف قرار می‌گیرند.

سقف‌های سوله معمولاً به صورت شیب‌دار اجرا می‌گردند و برای نگهداری لاپه‌ها در برابر مولفه نیرویی مماس با سقف از میل مهارهایی استفاده می‌گردد که اغلب در فواصل یک سوم و یا وسط دهانه لاپه‌ها اجرا می‌گردند.

۱-۳-۴- خصوصیات سازه‌های صنعتی سوله

در سازه سوله، قابهای عرضی عناصر اصلی باربر هستند که اعضای طولی قاب‌بندی مانند شاه‌تیرهای جرثقیل، تیرهای پیرامونی، قاب‌بندی دیوار، لاپه‌های سقف و نورگیرها را حمل می‌کنند. قاب‌بندی یک سوله باید دارای پایداری در دو جهت اصلی و صلبیت فضایی کافی باشد که این امر بطور معمول توسط تعبیه مهاربندهایی در دیوارها و سقف به دست می‌آید، همچنین ممکن است که این صلبیت از طریق اتصالات گیردار تیر به ستون فراهم گردد.

۱-۳-۵- بارهای وارده به قابهای اصلی

- بار سقف
- بار منتقل شده از قاب دیوارهای پیرامونی سوله
- بارهای جرثقیل (بار قائم، بار افقی طولی و عرضی)
- بارهای ناشی از تغییرات درجه حرارت محیط بیرونی ساختمان سوله

۱-۳-۵-۱- بارهای اصلی سقف سوله

- بار مرده
- بار زنده
- بار زلزله
- بار باد

برای تامین صلبیت سازه سقف در سوله‌ها از مهاربندی‌های سقفی استفاده می‌گردد.

۱-۳-۵-۲- بارهای اصلی قاب دیوارهای پیرامونی سوله

- وزن دیوار
- بار باد