



دانشگاه سمنان
دانشکده هنر - گروه معماری

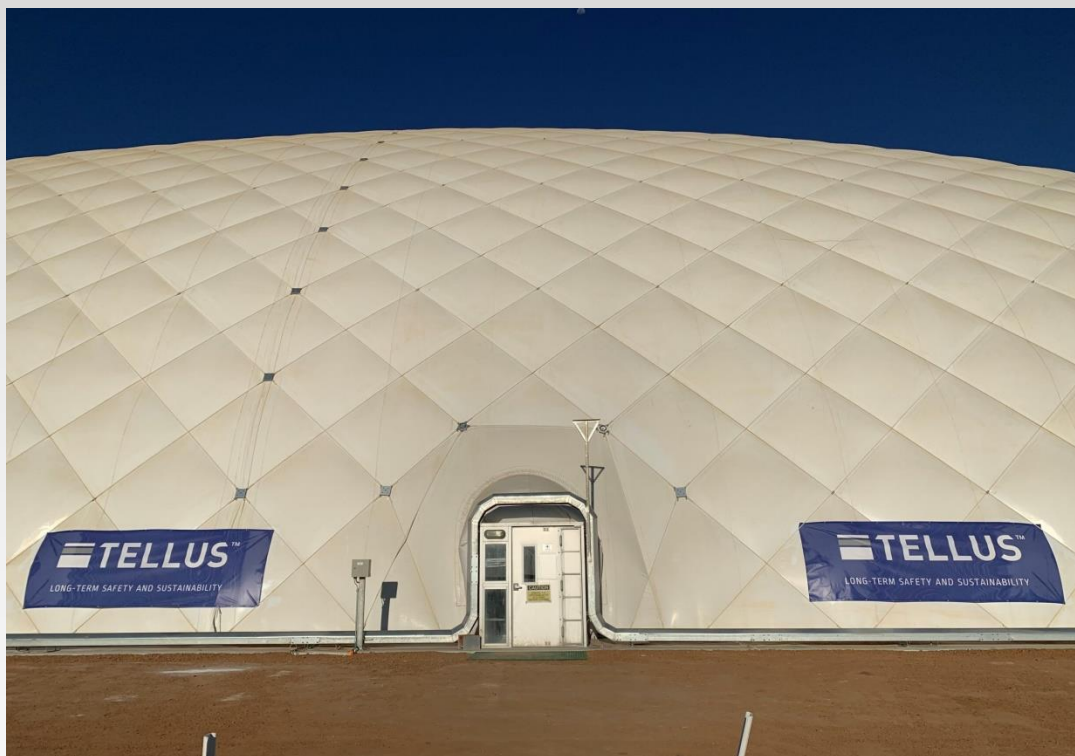
سیستم های ساختمانی

سازه های بادی

دکتر سعید مقیمی

۱۴۰۰-۱۴۰۱

مقدمه



سازه‌های هوای فشرده یا سازه‌های بادی نیروها را از طریق پوسته‌هایی با تنظیم داخلی به وسیله هوا منتقل می‌کند. این سازه‌ها فقط نیروهای کشش را از طریق سطح پوسته انتقال، به علت آنکه سازه‌های هوای فشرده به صورت مستقیم برای حمل بارها و تنظیم هوای داخل آن‌ها شکل گرفته‌اند دارای فرم منحنی طنابی نیز می‌باشند.

منبع: گلابچی، درک رفتار سازه‌ها



مقدمه

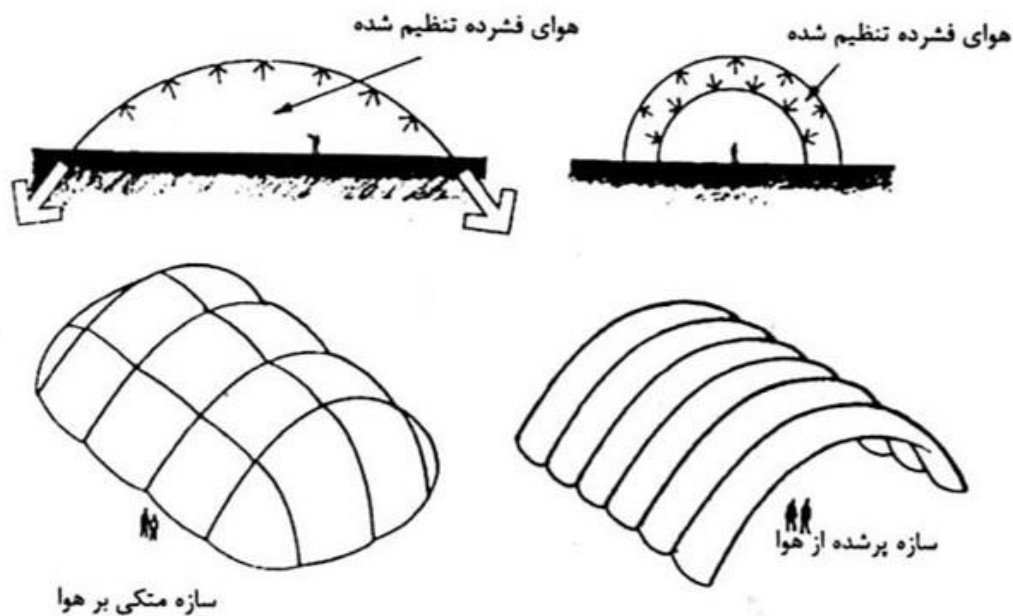


درک چگونگی عملکرد فشار نیروهای درونی روی یک پوسته محصور اصل مهمی برای طراحی و تحلیل سازه‌های هوای فشرده می‌باشد. اصل کلی بدین گونه است که فشار هوا بار یکنواخت گسترده ای را که عمود بر هر نقطه از پوسته است بر آن وارد می‌کند.

منبع : گلابچی ، درک رفتار سازه ها



انواع سازه های بادی



۱. سازه های متکی بر هوا
۲. سازه های پر شده از هوا



اشکال گوناگون سازه های متکی بر هوا

۱. سازه های متکی بر هوا

تمامی سازه های متکی بر هوا تمایل به شکل نیمکره دارند، انحنای آن ها باید حداقل در یک جهت محدب باشد. معمولاً بیشتر اشکال از طریق دوران یک فرم خطی حول یک محور به دست می آیند با پوسته ای متکی بر هوا که شکل نهایی آن را می سازد. چنین فرمی حداقل در یک جهت محدب است. اشکال محیطی زاویه دار تنش های متمرکز زیادی را در گوشه ها ایجاد می کنند، به همین دلیل گوشه ها به صورت مدور هستند.



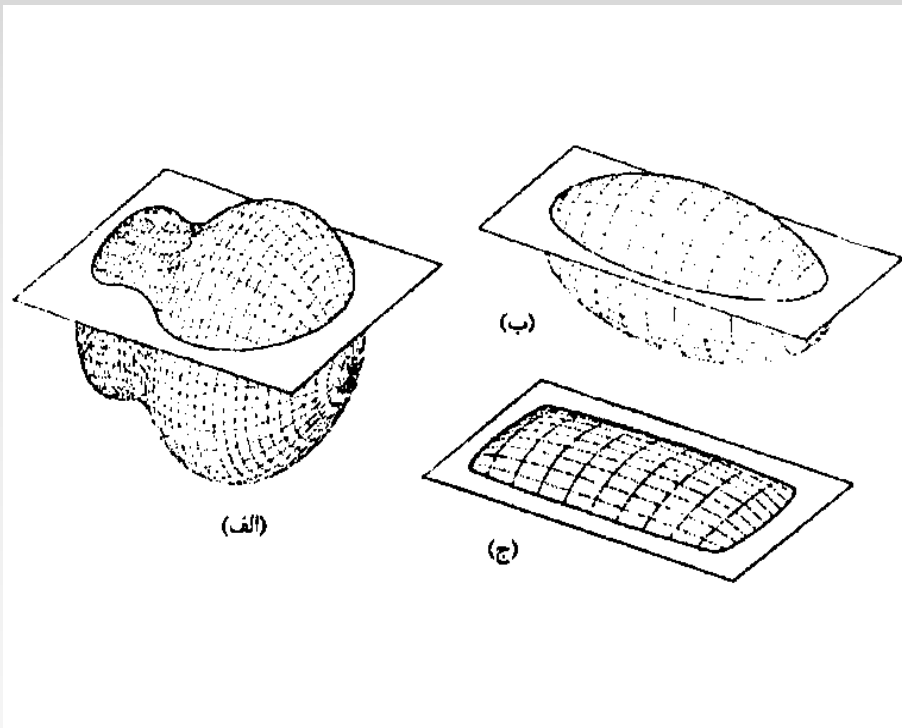
اشکال گوناگون سازه های متکی بر هوا

اشکال غیر کروی با تکیه گاه بادی

الف) فرم زین اسبی دوران یافته

ب) بیضی دوران یافته

ج) مستطیل با گوشه های مدور جهت کاهش تنش



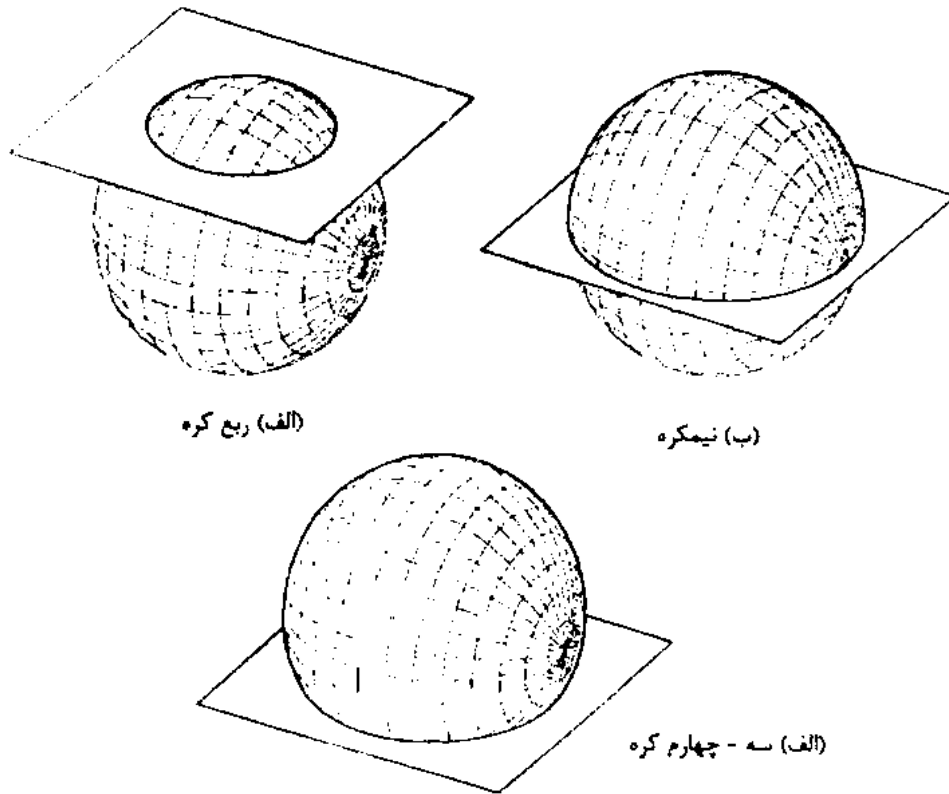
اشکال گوناگون سازه های متکی بر هوا

سازه های کروی متکی بر هوا

الف) ربع کره

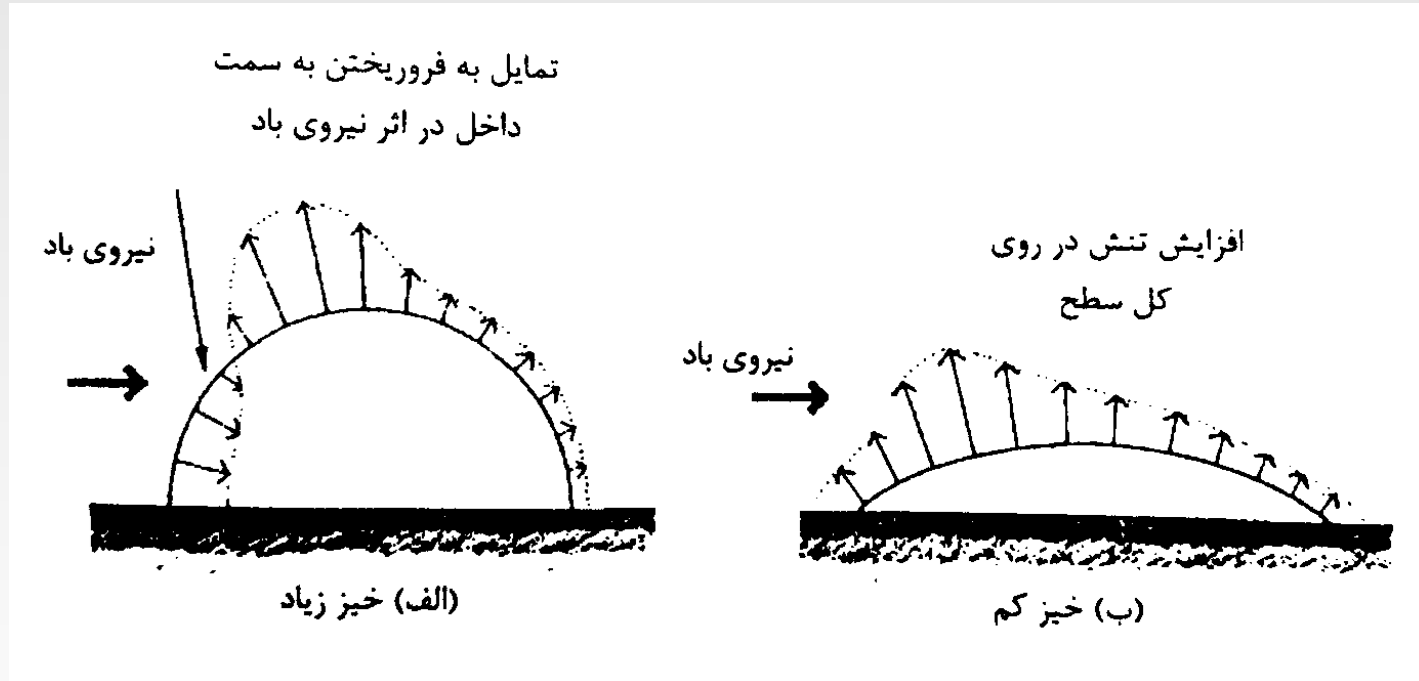
ب) نیم کره

ج) سه - چهارم کره

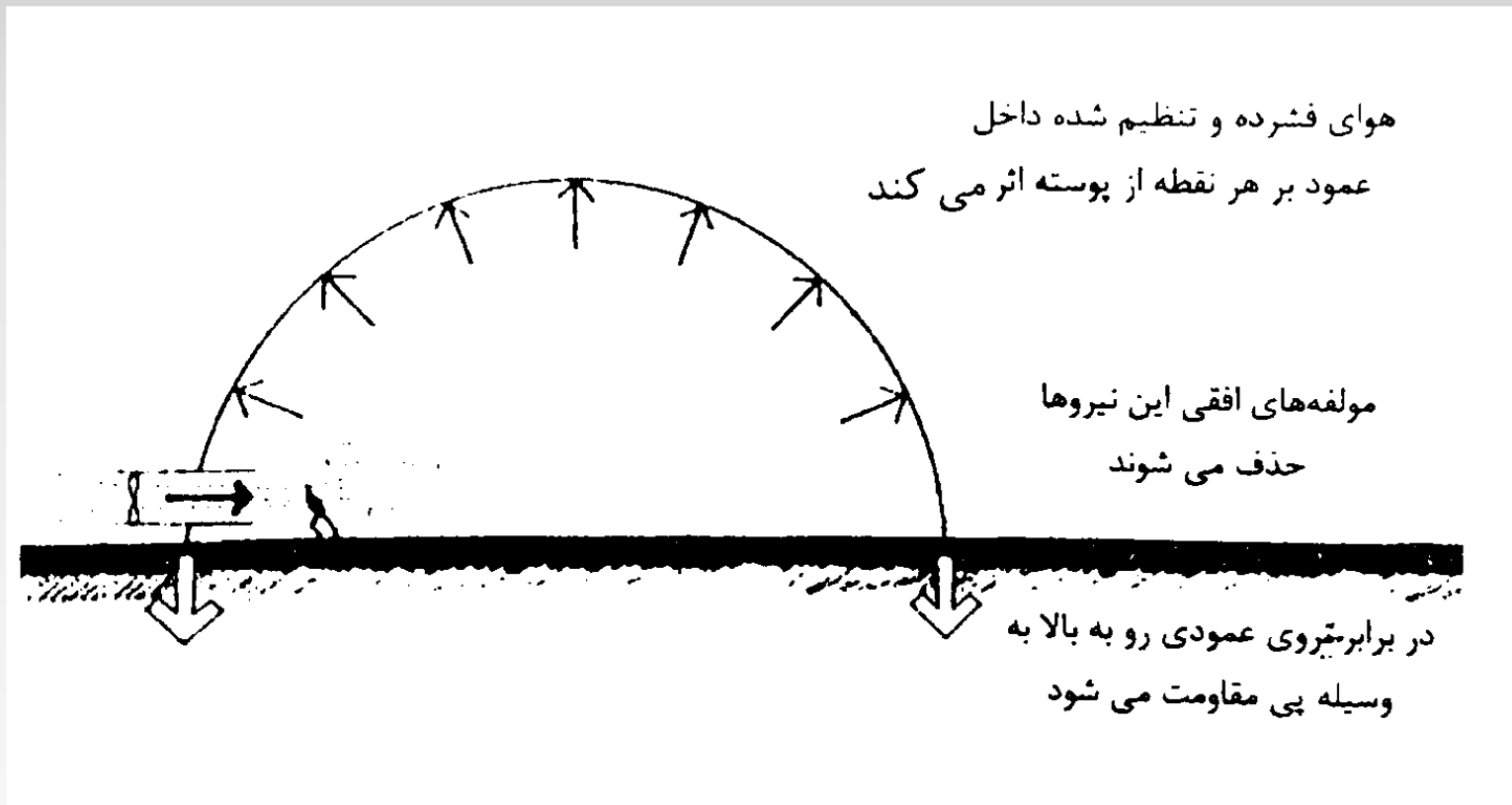


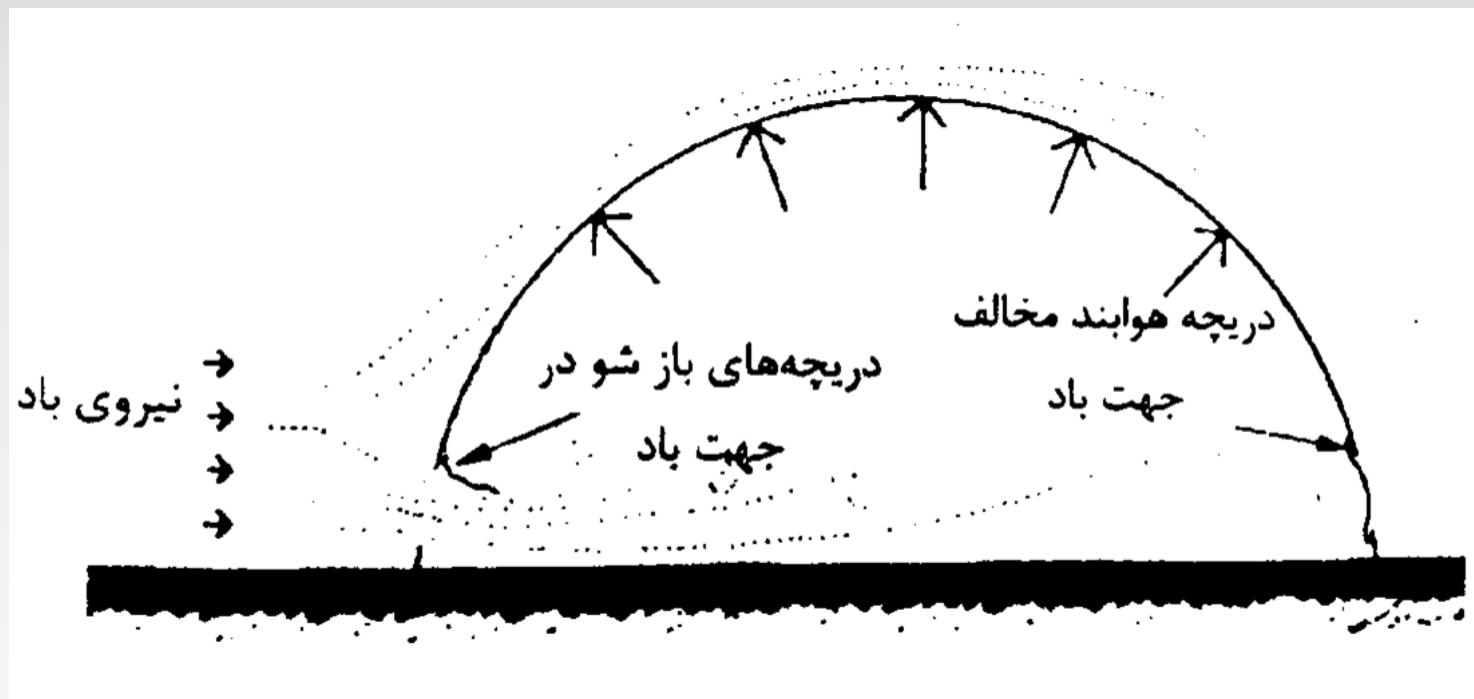
شرایط بارگذاری

مشابه دیگر سازه ها، در سازه های متکی بر هوا، **بارهای مرده** (وزن پوسته و بارهای دائمی معلق از پوسته) و **بارهای زنده** (بار برف، باران، باد و بارهای موقت) مورد مطالعه قرار می گیرند. به علاوه، سازه برای **بارهای ناشی از فشار هوا** که برای باقی ماندن پوسته در کشش ذخیره می گردد و بارهای مرده و زنده را نگاه می دارد نیز تحت بررسی قرار می گیرد.

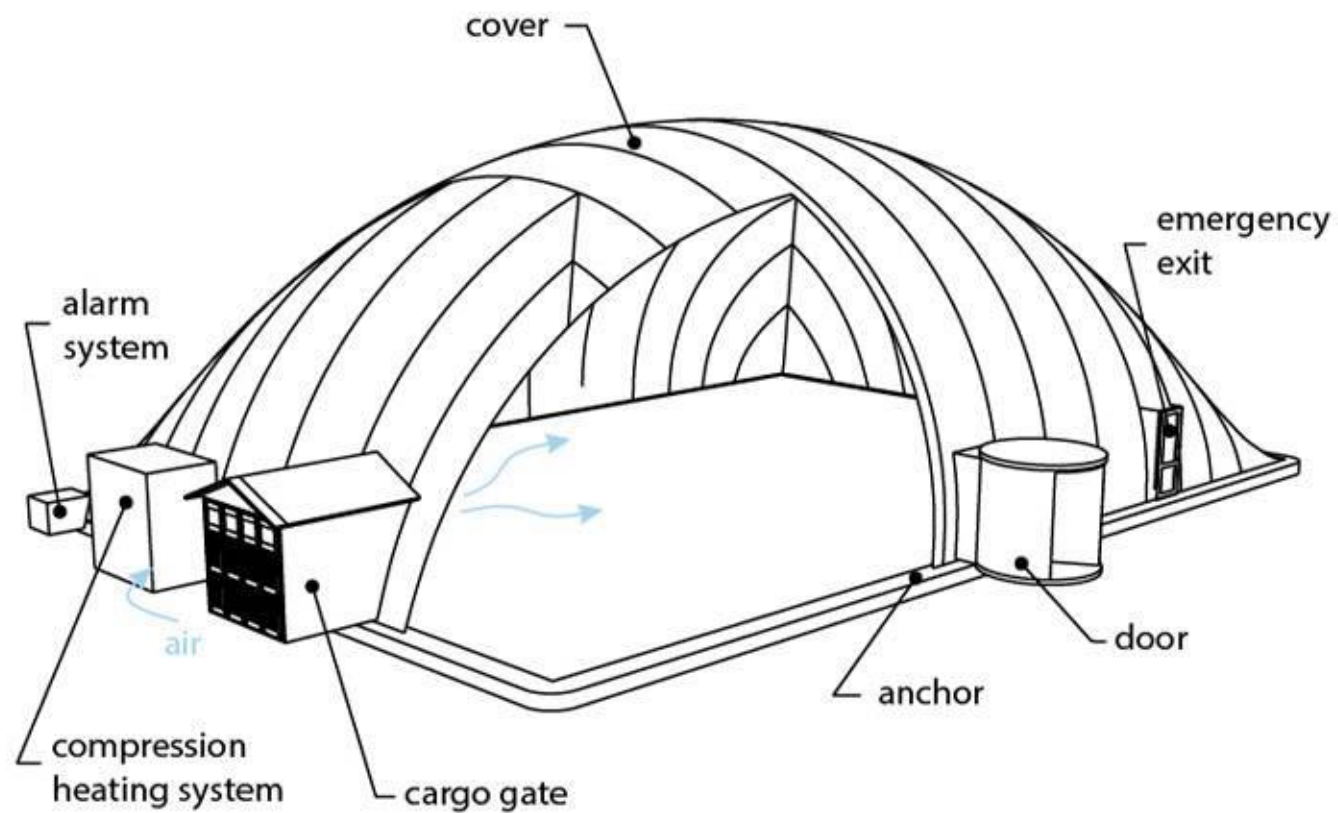


شرایط بارگذاری





تنظیم فشار هوای داخل



بازشوهای دسترسی

مشکل اساسی در سازه های متکی به هوا تامین دسترسی ها به فضای داخلی در عین ثابت نگه داشتن فشار داخلی می باشد.

قفل های هوایی (راهروهایی با دو مجموعه در) مشکل باز شدن درها را حل کرده و باعث کم شدن ازدحام بعدی گشته اند که در هر زمان فقط یکسری از درها

مورد استفاده قرار می گیرند. این راه حل به طور گسترده ای با درهای مضاعف در جایی که دسترسی جهت وسائط نقلیه مورد نیاز می باشد، استفاده می شود.



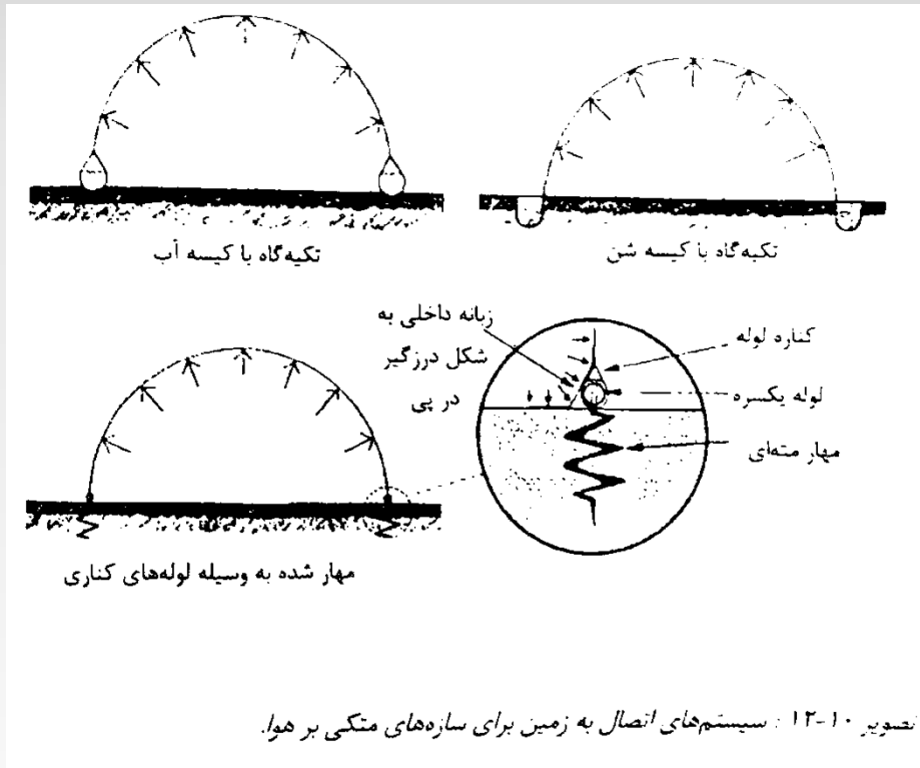
شکل ۸ دسترسی به درون سازه متکی بر هوا با استفاده از قفل هوایی
منبع: بروشور شرکت فندوله



بازشوهای دسترسی



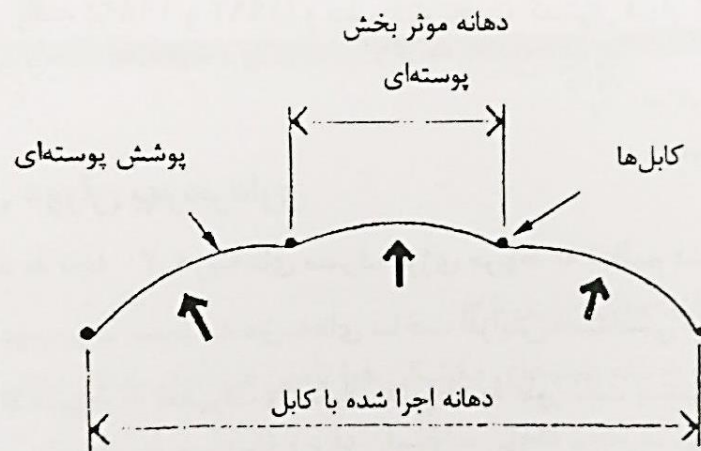
مهار کردن (تکیه گاه)



مصالح

از سال ۱۹۷۴، تمامی سازه های هوای فشرده از پوسته فایبر گلاس با پوشش تفلون ساخته شده اند. این پوسته در برابر آتش سوزی و استهلاک در برابر نور خورشید به خوبی مقاوم است و عمر مفیدی بیش از ۲۵ سال دارد.

کشش در پوسته با افزایش دهانه افزایش می یابد و با افزایش خیز کاهش می یابد. سازه هایی با دهانه های بزرگ، کابل هایی با خیز کم را برای کاهش تنش ها در پوسته به کار میبرند، دهانه موثر پوسته به وسیله فضای بین کابل ها تعیین می شود.



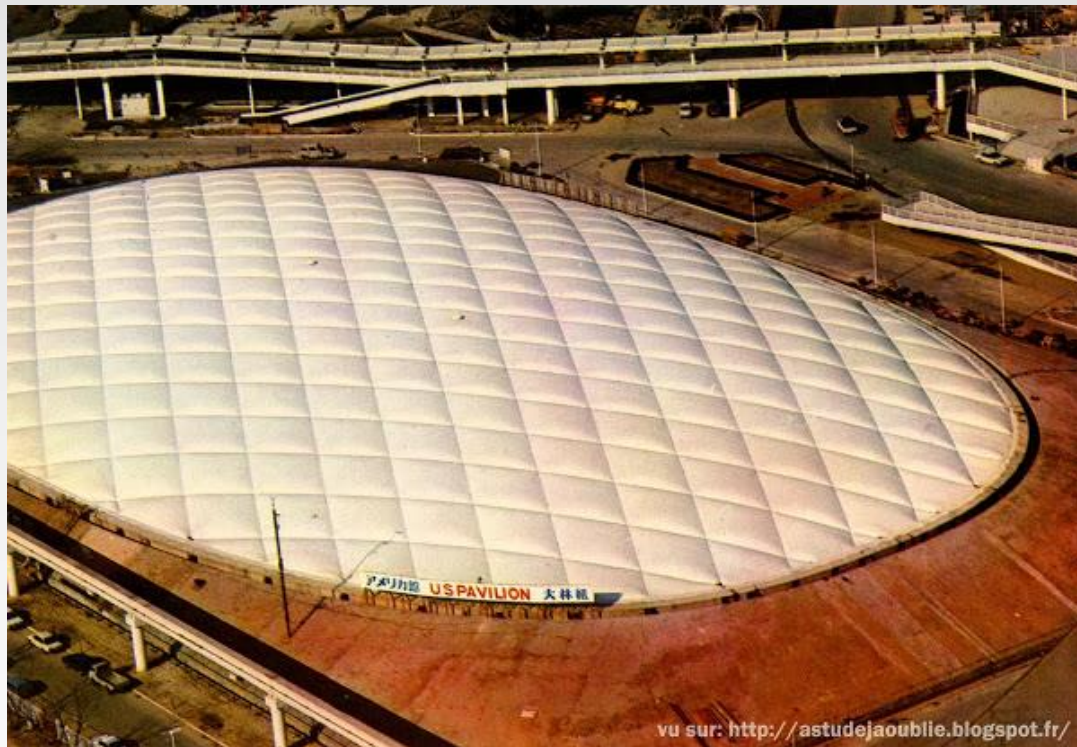
تصویر ۹-۱۲: مقطع از گنبد متکی بر هوا نشان دهنده کاربرد کابل ها برای کاهش تنش در پوسته است. دهانه موثر پوسته برای پوشش کابل ها کاهش یافته است.





مطالعات موردی سازه های متکی بر هوا

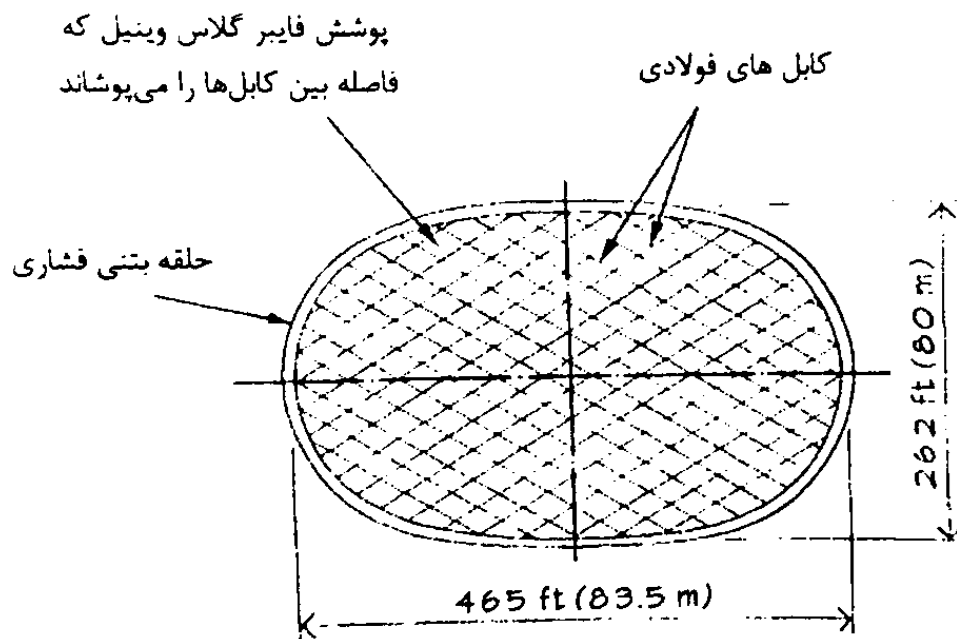
غرفه ایالات متحد، نمایشگاه اکسپو ۷۰
اولین نمونه از ساختمان های با دهانه بزرگ و کابل های مهاری متکی بر هوا بود.



مهندس معمار: دیویس، برادی و همکاران
مهندس سازه: گایگر برگر و همکاران
۱۴۲ متر طول ، ۸۳/۵ متر عرض ، با خیز کم



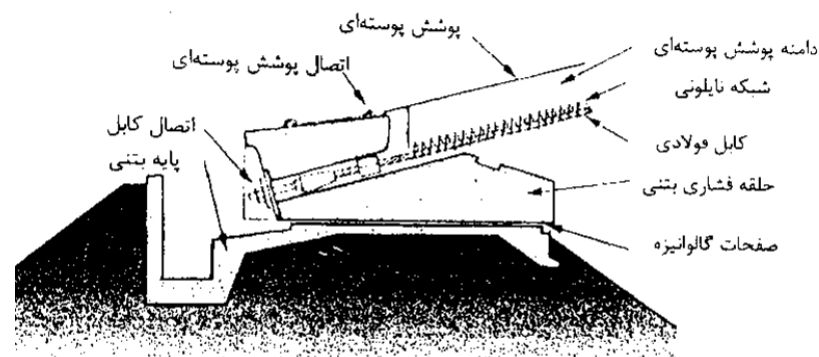
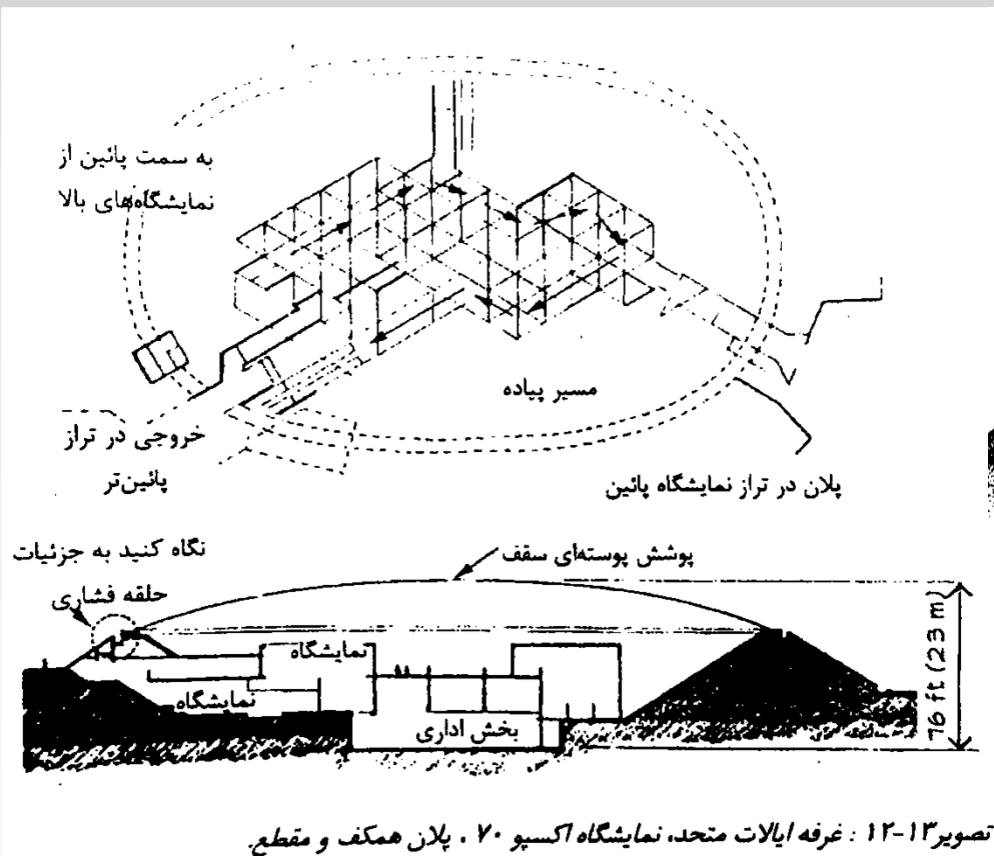
مطالعات موردی سازه های متکی بر هوا



تصویر ۱۲-۱۲ : غرفه ایالات متحد، نمایشگاه اکسپو ۷۰، پلان بام.

پلان ساختمان به شکل تخم مرغی. این فرم پلان متناسب با فرم مستطیل شکل سایت و نیاز به یک حلقه فشاری منحنی ممتد برای مقاومت در برابر نیروی رانش داخلی به دست آمده بود. مقطع عرضی کم ارتفاع داخلی، مقاومت سازه در برابر نیروی باد با سرعت ۲۰۰ کیلومتر/ساعت و زمین لرزه را تامین می نماید.

مطالعات موردی سازه های متکی بر هوا



تصویر ۱۲-۱۴: غرفه ایالات متحد، نمایشگاه اکسپو ۷۰، جزئیات حلقه فشاری بتنی مسلح.

مطالعات موردی سازه های متکی بر هوا

گنبد نقره ای

سازه آن ترکیبی از بتن مسلح و مقاطع فولادی ساخته شده است. ساختمان متشکل از ۱۰۰ پنل است که توسط کابل های مهاری فولادی به تیر پیرامونی متصل شده اند. حلقه پیرامونی یک هشت ضلعی غیر منتظم محاط در یک بیضی بزرگ است.



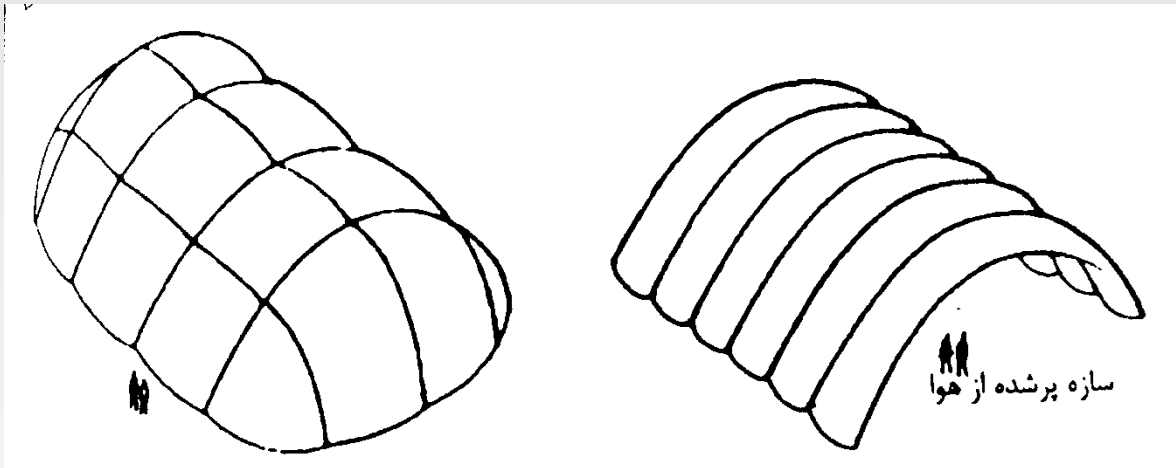
مهندس معمار: اودل/هولت و لاکن باخ
مهندس سازه: گایگر برگر و همکاران
طول: ۲۲۰ متر ، ۱۵۹ متر عرض



سازه های پرشده از هوا

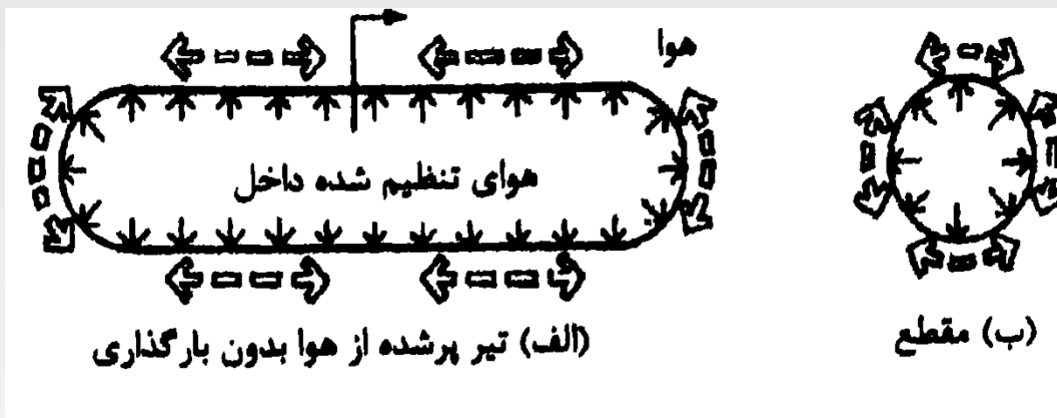
سازه های دندانه ای از مجموعه ای از لوله های پرشده از هوا (معمولا قوسی شکل) که فضایی محصور را به وجود می آورند (طاق یا گنبد) تشکیل شده اند.

سازه های با دیواره دو جداره متشکل از پوسته های موازی می باشند، پوسته ها بوسیله رشته ها یا دیافراگم ها و فضای میانی که دارای فشار تنظیم شده است نگاه داشته می شوند.



رفتار سازه ای

در حالی که در سازه های متکی بر هوا به فشاری کم برای نگه داشتن پوسته سقف نیاز دارند، فشار در اجزا سازه های پر شده از هوا باید مقدار قابل توجهی باشد تا سختی لازم برای پایداری سازه و اعضا تکیه گاه تامین گردد.

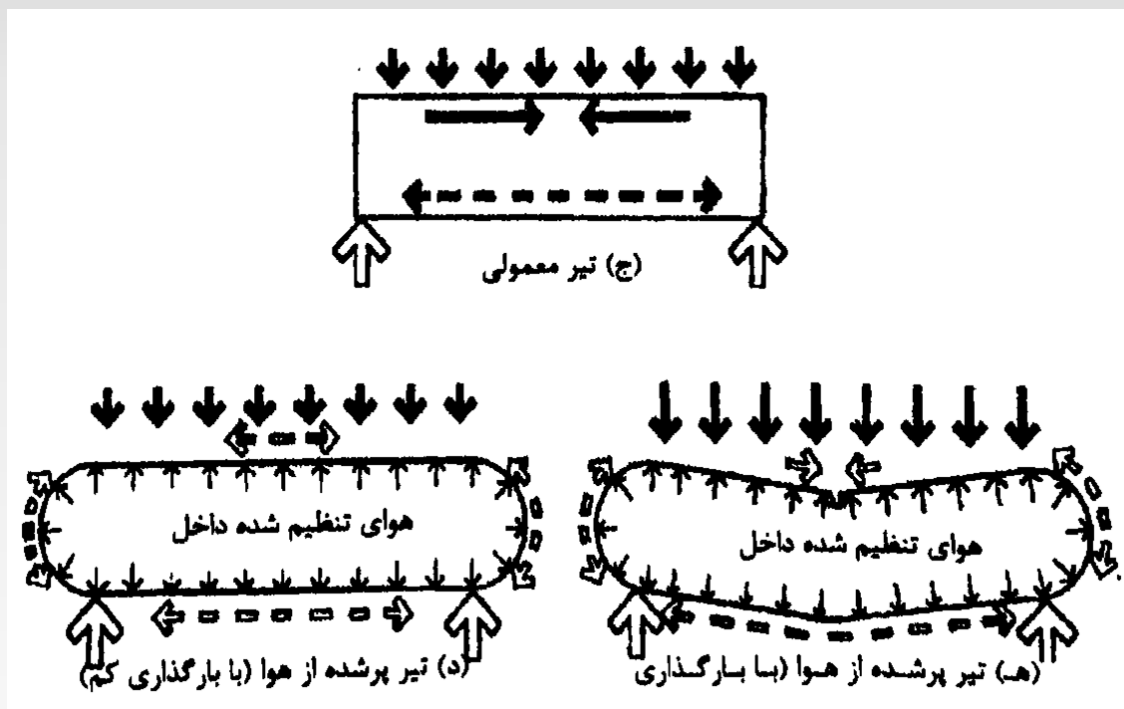


یک لوله پر شده از هوا را در نظر بگیرید. هنگامی که از هوا پر شده، فشار داخلی در دو انتها سبب کشش طولی در پوسته می شود. در همان زمان، فشار داخلی در جهت جداره استوانه ای لوله تمایل به تبدیل پوسته به شکل دایره دارد و ایجاد کشش شعاعی در پوسته می کند.



رفتار سازه ای

اگر لوله در هر انتها دارای تکیه گاه باشد و مانن یک تیر به صورت یکنواخت بارگذاری شود، خمش ایجاد شده باعث فشار در بالا و کشش در پایین لوله می گردد. اگر کشش طولی در لوله (ایجاد شده به وسیله فشار دو انتها) بزرگتر از خمش فشاری تولید شده در بالای لوله باشد، بخش بالای پوسته در کشش باقی می ماند و تیر لوله ای بار را حمل می کند. اگر فشار به قدری کاهش یابد که کشش طولی کمتر از فشار خمشی تولید شده در بالای لوله گردد، پوسته تا شده و تیر فرو خواهد ریخت.

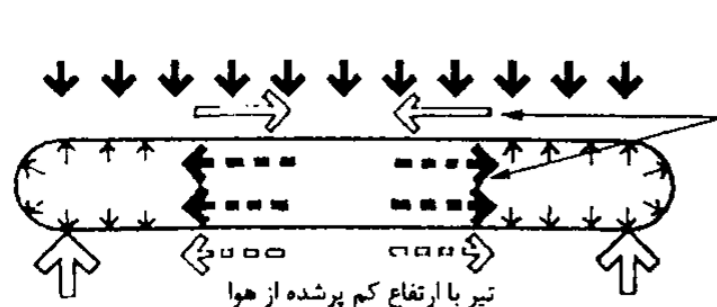
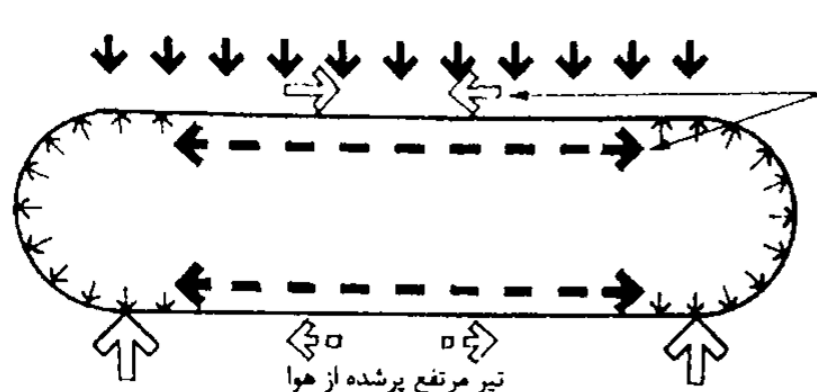


تأثیر ارتفاع

افزایش ارتفاع یک تیر پرشده از هوا ظرفیت آن را در دو جهت افزایش می دهد. به علت افزایش سطح انتهای تیر، تنش طولی فشار القایی نیز افزایش می یابد.

به علاوه به علت افزایش فاصله بین بالا و پایین تیر، فشار خمشی القایی در بالا متناسب با آن کاهش می یابد.

معمولا اجزا پر شده از هوا باید ابعاد بزرگتری نسبت به اجزای معمولی مشابه داشته باشند.



نصویر ۱۹-۱۲: افزایش ارتفاع یک تیر پرشده از هوا کشش طولی فشار القایی را افزایش و فشار القایی خمشی را کاهش می دهد.



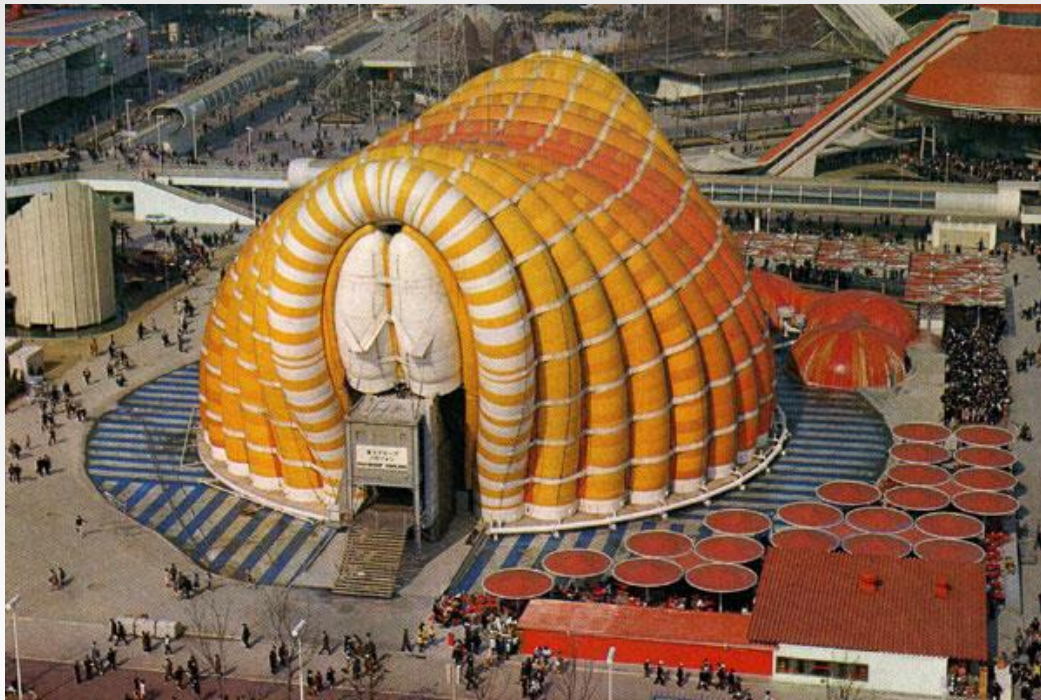
مطالعات موردی سازه های پرشده از هوا

غرفه فوجی، نمایشگاه اکسیو ۷۰

این سازه پنوماتیک مجسمه گونه در پلان به شکل دایره می باشد. از این فرم دایره ای ۱۶ عدد قوس پرشده از هوا هریک به طول ۵۰ متر و قطر ۱۵/۵ منشعب شده است.

مهندس معمار: موراتا

مهندس سازه: کاواگوچی



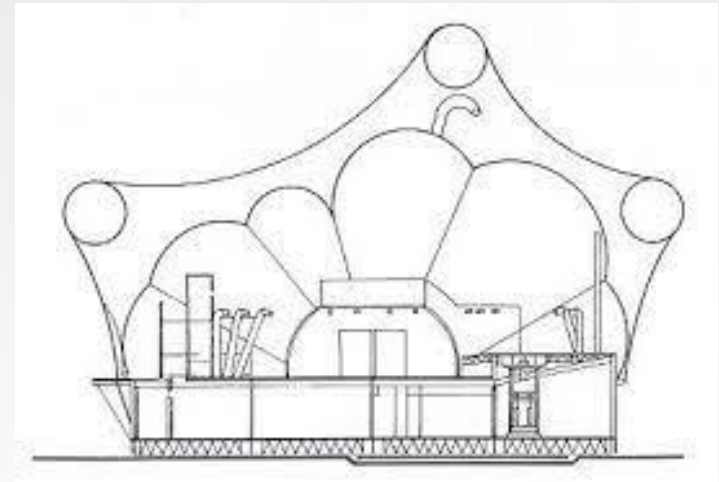
مطالعات موردی سازه های پرشده از هوا

تاتر شناور، نمایشگاه اکسپو ۷۰

مبتکرانه ترین سازه ی هوای فشرده در نمایشگاه جهانی اکسپو ۷۰ این سازه بود که روی یک قاب مدور فولادی متکی بر ۴۰ کیسه شناور که روی یک دریاچه کم عمق شناور بودند، قرار گرفته بود.

مهندس معمار: موراتا

مهندس سازه: کاواگوچی



مزایا



- سازه های بادی را می توان ضمن ثابت بودن، متحرک نیز طراحی نمود و کلیه نیازمندی های ما را از نظر مکانی و زمانی مرتفع می سازد.
- مقاوم در برابر زلزله
- آلودگی زیست محیطی بسیار کم
- رفع آلودگی هوای داخلی بوسیله گردش هوا



مزایا



- این سازه ها امکان ایجاد دهانه های باز و بزرگ را با هر طول و عرض و ارتفاعی دارا هستند.
- سازه های بادی را می توان ضمن ثابت بودن، متحرک نیز طراحی نمود و کلیه نیازمندی های مارا از نظر مکانی و زمانی مرتفع می سازد.
- مقاوم در برابر زلزله
- آلودگی زیست محیطی بسیار کم
- رفع آلودگی هوای داخلی بوسیله گردش هوا



معایب

- ضعیف بودن در برابر بارهای واردشونده
- کاربرد محدود و نیز محدودیت استفاده در طرح های معماری گوناگون
- هزینه های پمپ های هوا
- محدودیت بازشوها و استفاده از بازشوهای خاص



نمونه های دیگر

۱. استخر سرپوشیده هتل هرمز در بندرعباس، اجرا شده به وسیله شرکت فندوله، سال ۱۳۸۳ خورشیدی



شکل ۲۵. استخر سرپوشیده هتل هرمز در بندرعباس، نمونه سازی متکی بر هوا
منبع: بروشور شرکت فندوله



نمونه های دیگر

سالن بادی بولینگ مجموعه ورزشی انقلاب تهران، اجرا شده به وسیله شرکت فندوله، سال ۱۳۸۳ خورشیدی



شکل ۲۶. سالن بولینگ مجموعه ورزشی انقلاب، سازۀ متکی بر هوا



نمونه های دیگر



نمونه های دیگر



منابع :

- گلابچی /محمود/درک رفتار سازه ها /سازه های هوای فشرده/دانشگاه تهران
- فصنامه دانشکده هنر / شماره هفت /۹۰
- spaceframeco.com
- <https://fa.wikipedia.org/wiki>

