



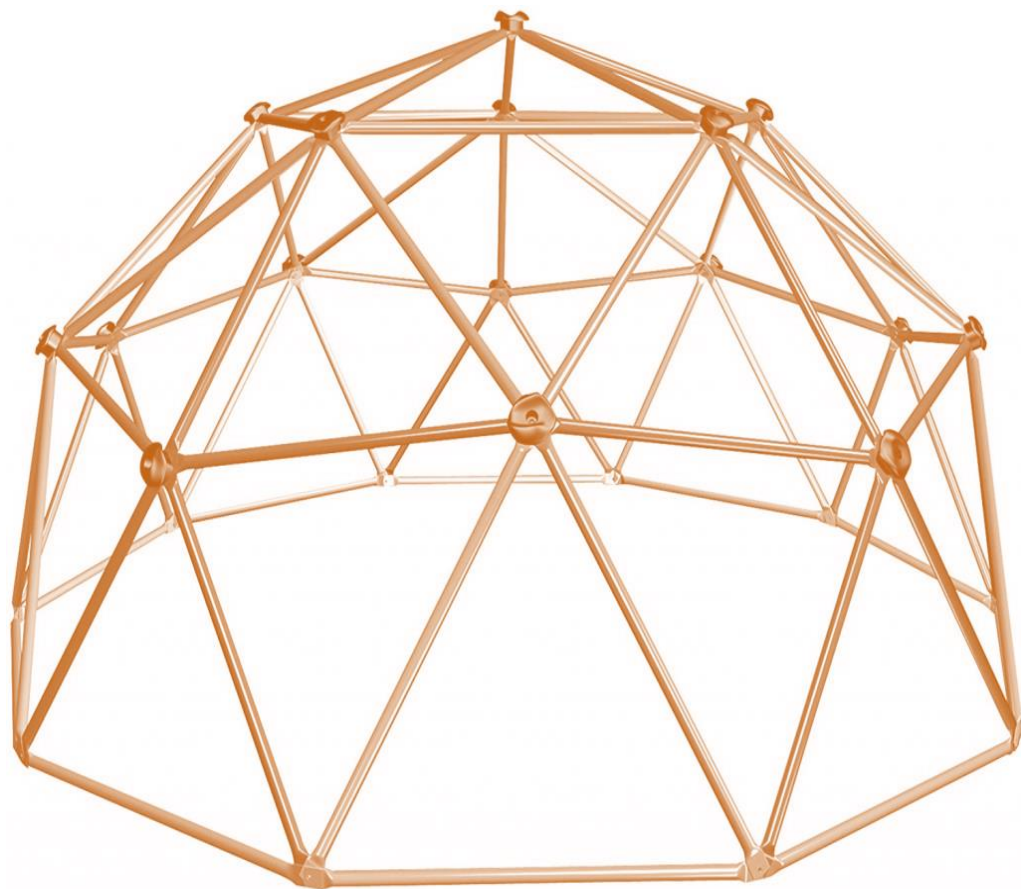
دانشگاه سمنان  
دانشکده هنر-گروه معماری

## سازه های مشبک فضایی

مدرس : دکتر مقیمی



# سازه های مشبک فضایی



## مقدمه:

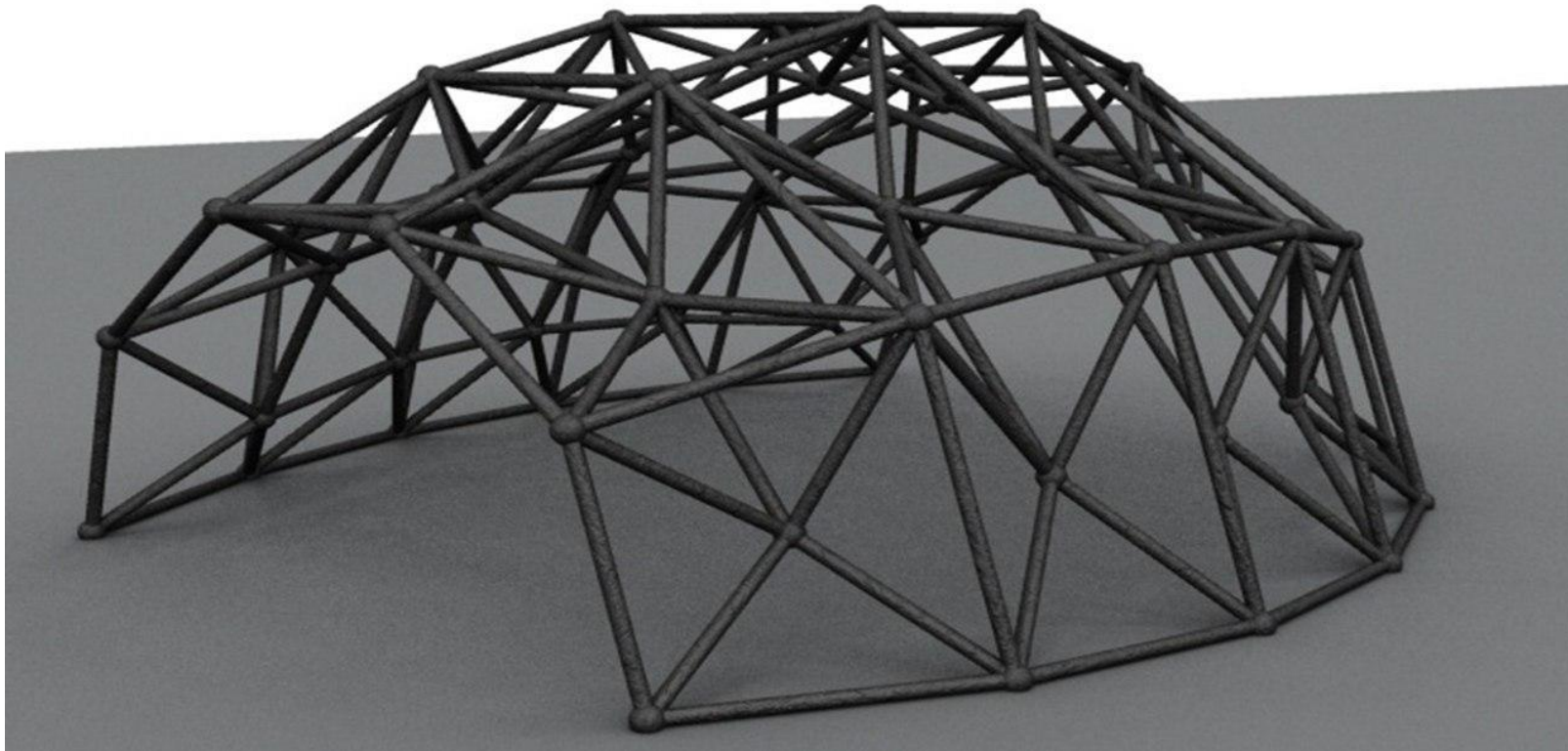
سازه های مشبک فضایی از اوایل قرن بیستم میلادی (هنگامی که اولین نمونه های این نوع سازه ها در سال ۱۹۰۳ توسط الکساندر گراهام بل ساخته شد.) به عنوان گروهی از سازه ها که از مزیت سبک و مقاوم بودن و نیز سرعت و سهولت اجرا برخوردارند، همواره با فرم های متنوع برای عملکردهای گوناگون مورد استفاده قرار گرفته اند. رفتار سه بعدی این سازه ها، پیش ساخته بودن و امکان تولید انبوه آن سبب شد شبکه های فضایی به عنوان یکی از موثر ترین روش ها برای پوشش سقف ها و اجرای ساختمان هایی با دهانه های زیاد، مورد توجه معماران و مهندسان قرار گیرد.



## سازه های مشبک فضایی یا سازه های فضا کار:

این سازه ها سیستم های اسکلت فلزی بوده که از بافت های تعداد زیادی المان یا مدول با شکل های استاندارد به یکدیگر تشکیل می شوند که نهایتاً یک سیستم سبک با صلبیت زیاد ایجاد می کند. سازه ای که اصولاً رفتار سه بعدی دارد.

سازه مشبک فضایی



## کاربرد سازه های فضاکار

آشیانه هواپیما ها

سالن های کارخانه

پوشش استادیوم های ورزشی، باشگاه های ورزشی

پارکینگ های طبقاتی

مراکز فرهنگی و تفریحی، مراکز خرید، تالارهای تجمع و سخنرانی، سالن اجتماعات، سینماها، آمفی تئاترها

ایستگاه های راه آهن

ترمینال ها

سازه مشبک فضایی



## مزایای استفاده از سازه های مشبک فضایی:

تقسیم بار

سهولت در نصب تاسیسات

مقاومت

اجزای مدولار

آزادی در انتخاب محل تکیه گاه ها

هندسه منظم

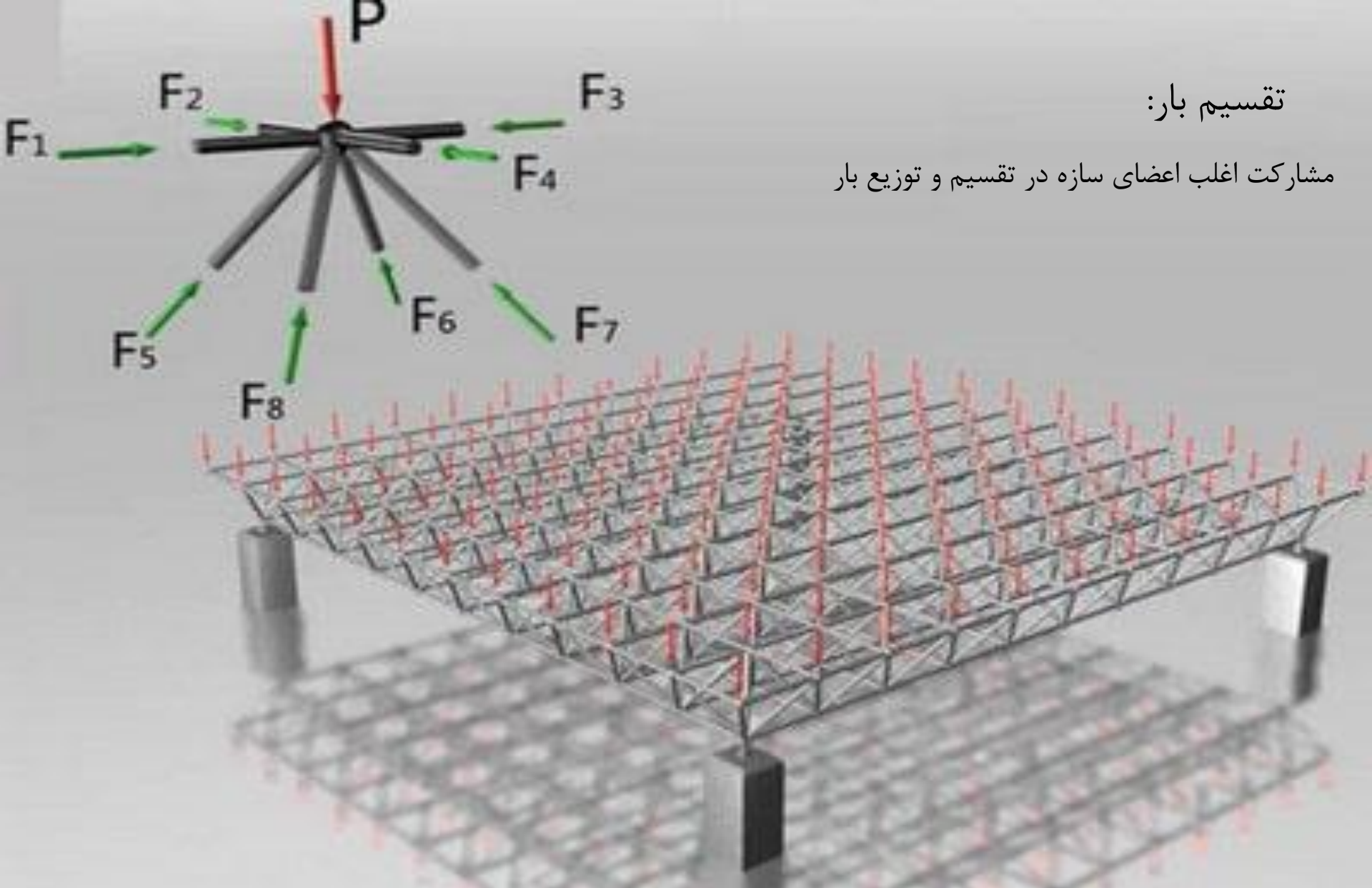
سهولت نصب

سازه مشبک فضایی



## تقسیم بار:

مشارکت اغلب اعضای سازه در تقسیم و توزیع بار





## سهولت در نصب تاسیسات

به دلیل وجود فضای باز بین دولایه شبکه های فضایی، نصب تاسیسات مکانیکی، الکتریکی و کانال های هوا درون ارتفاع سازه به سادگی میسر است.

\*نیاز به کار فولادی ثانویه بسیار کم شده یا حتی حذف می شود.

سازه مشبک فضایی





مقاومت:

شبکه های فضایی سازه های مقاومی هستند به این معنی که؛  
فروریختن تعداد محدودی از اعضا، لزوما منجر به فروپاشی سازه ها نمی شود.  
\*البته اگر اعضای بحرانی تخریب یا تضعیف شوند، ممکن است سازه فرو بریزد.



سازه مشبک فضایی



مدولار ترین سیستم های سازه ای، متشکل از اجزای پیش ساخته شده

## مزایای اجزای مدولار:

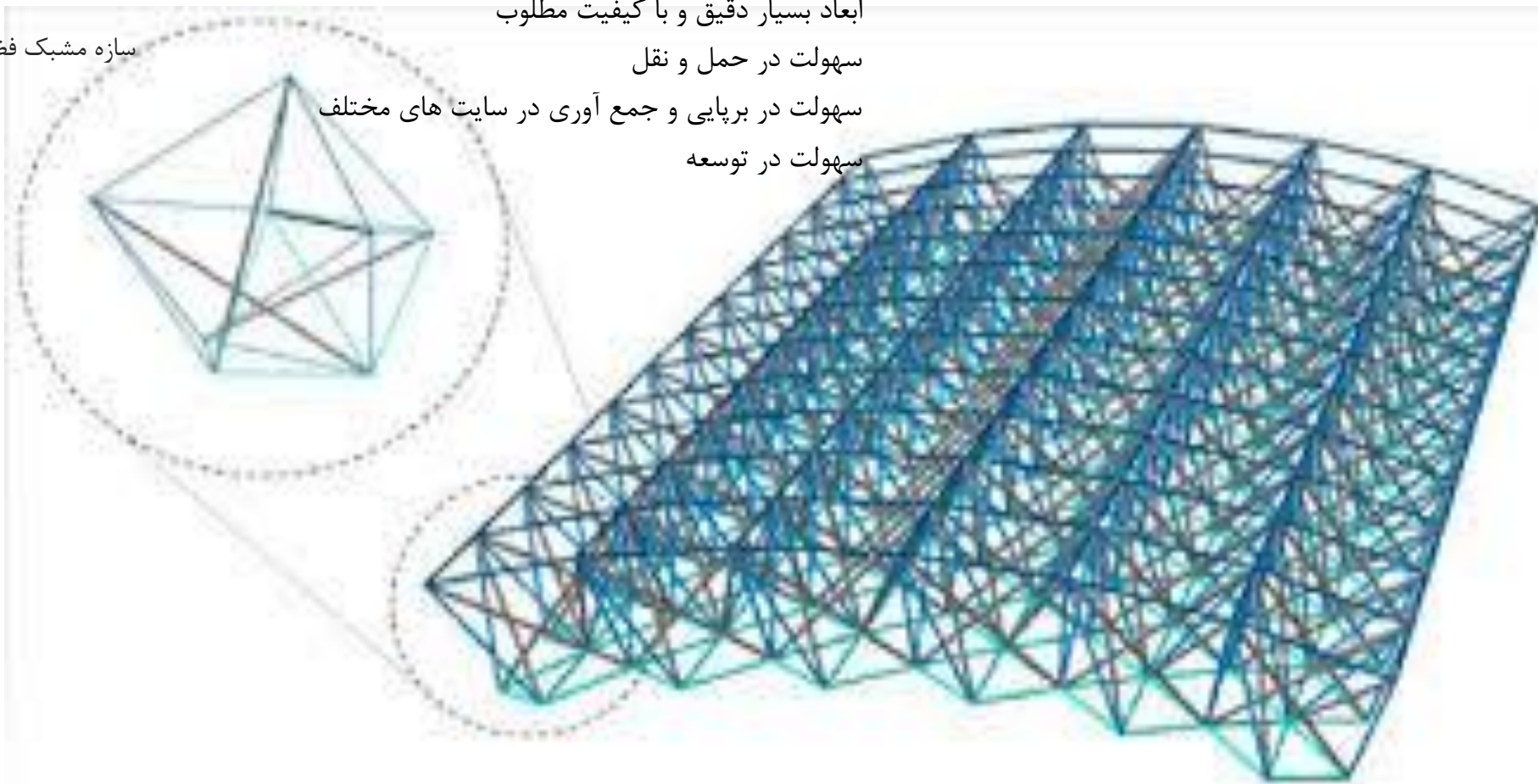
ابعاد بسیار دقیق و با کیفیت مطلوب

سهولت در حمل و نقل

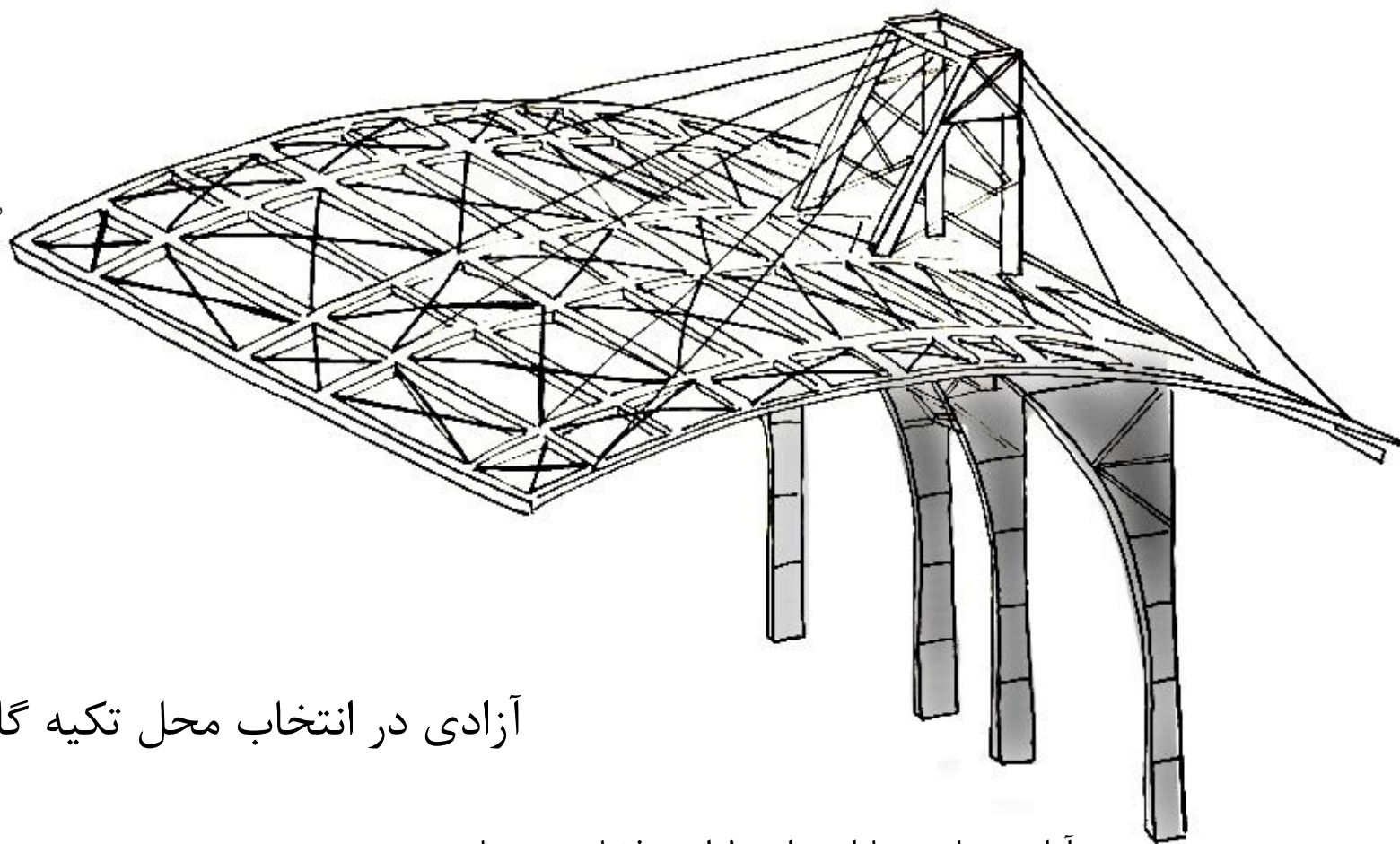
سهولت در برپایی و جمع آوری در سایت های مختلف

سهولت در توسعه

سازه مشبک فضایی







سازه مشبک فضایی

## آزادی در انتخاب محل تکیه گاه ها:

آزادی زیاد معماران برای طراحی فضای زیر سازه

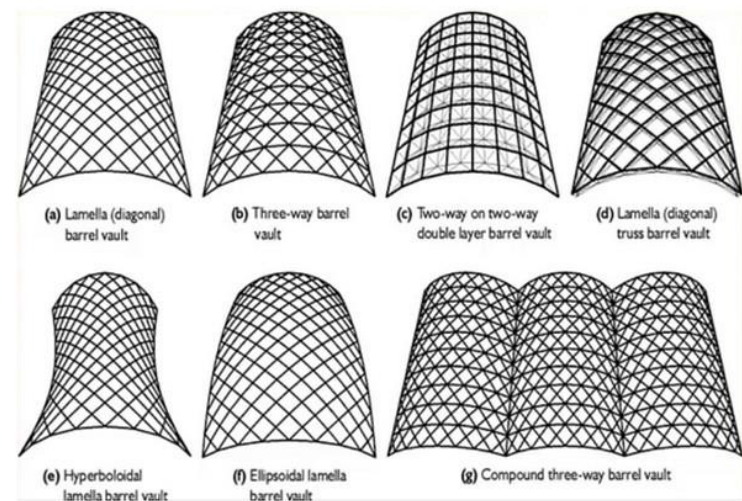
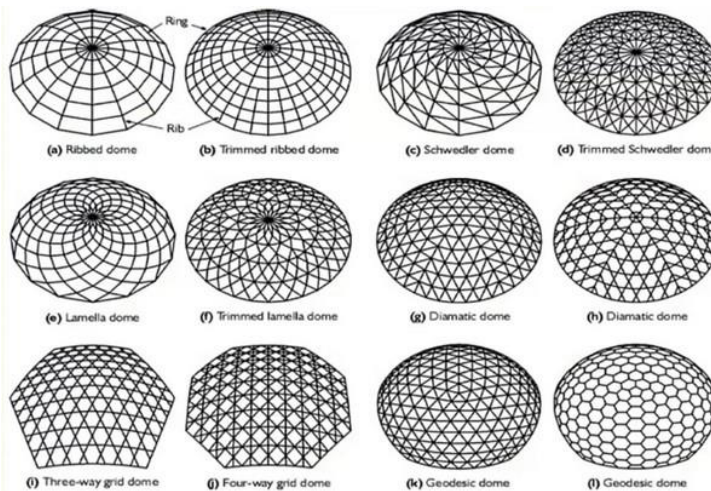
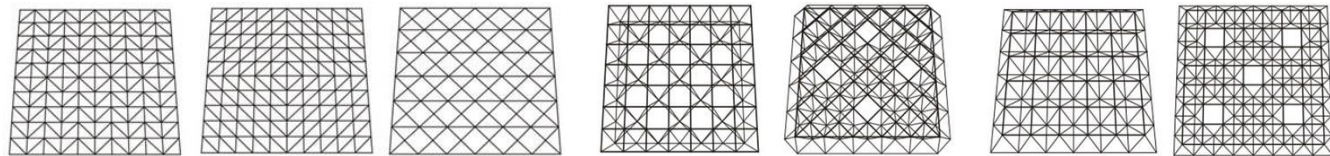
(برای مثال ستون ها می توانند در محدوده دیوارهای داخلی پنهان شوند)

← استفاده از دهانه های تقریبا مربع شکل ارجحیت دارد، زیرا منجر به کاربرد موثر تر مصالح می شود.



به منظور سهولت در ساخت، اغلب شبکه های فضایی، الگوی منظمی دارند.

سازه مشبک فضایی





## سهولت در نصب:

قطعات پیش ساخته به راحتی به یکدیگر متصل می شوند.

\*نصب این نوع سازه با سقف هایی که دهانه ی وسیع دارد، در محل هایی که دسترسی مشکل و محدود است.



سازه مشبک فضایی

# معایب و محدودیت های سازه های مشبک فضایی

هزینه

زمان نصب

هندس منظم

مقاوم سازی در برابر آتش سوزی





## هزینه:

در مقایسه با سیستم های سازه ای دیگر مثل قاب مسطح هزینه ی بسیار بیشتری دارد.  
\*به ویژه در مواقعی که از شبکه های فضایی در دهانه های کوچک استفاده می شود.

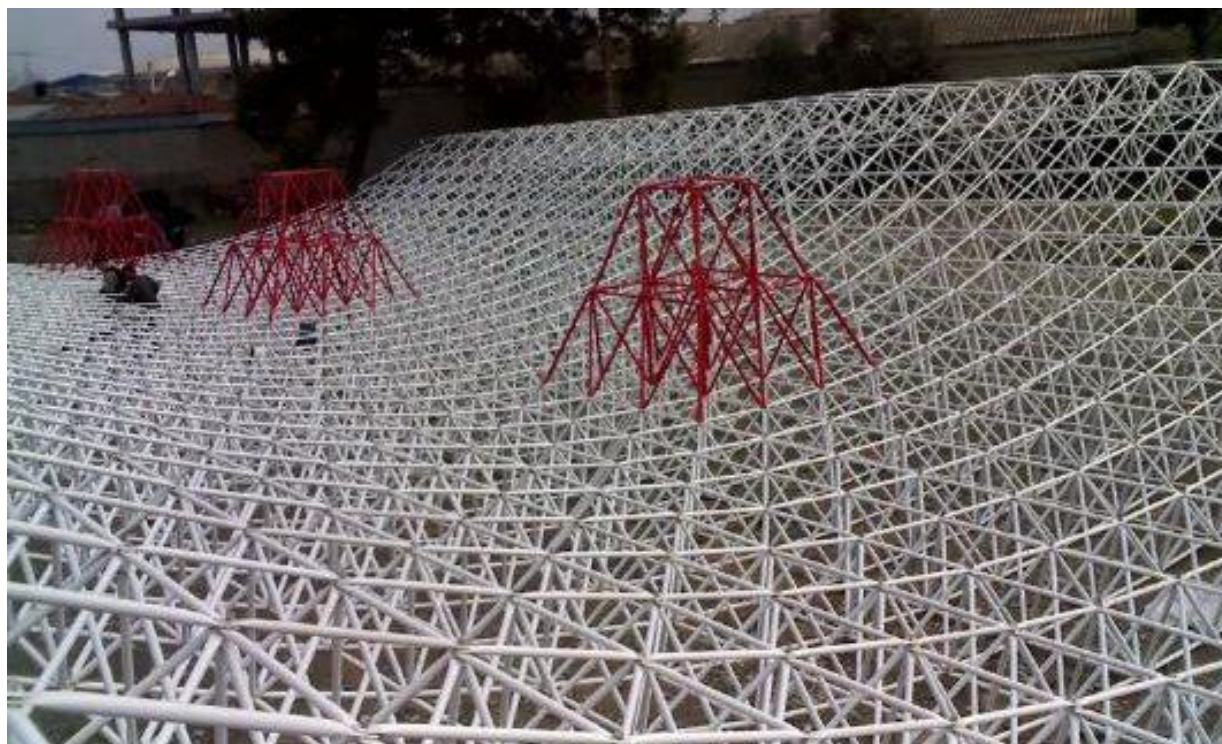
## زمان نصب:

تعداد و پیچیدگی گره ها و انتخاب مدول شبکه، ممکن است سبب طولانی تر شدن زمان نصب در محل اجرا شود.

\*در مواردی که از اجزای گران قیمت استفاده می شود، طراحی شبکه با حداقل تعداد گره ها در عمل شیوه بسیار مناسبی است زیرا هزینه ی مصالح کمتر و زمان نصب کمتر می شود.

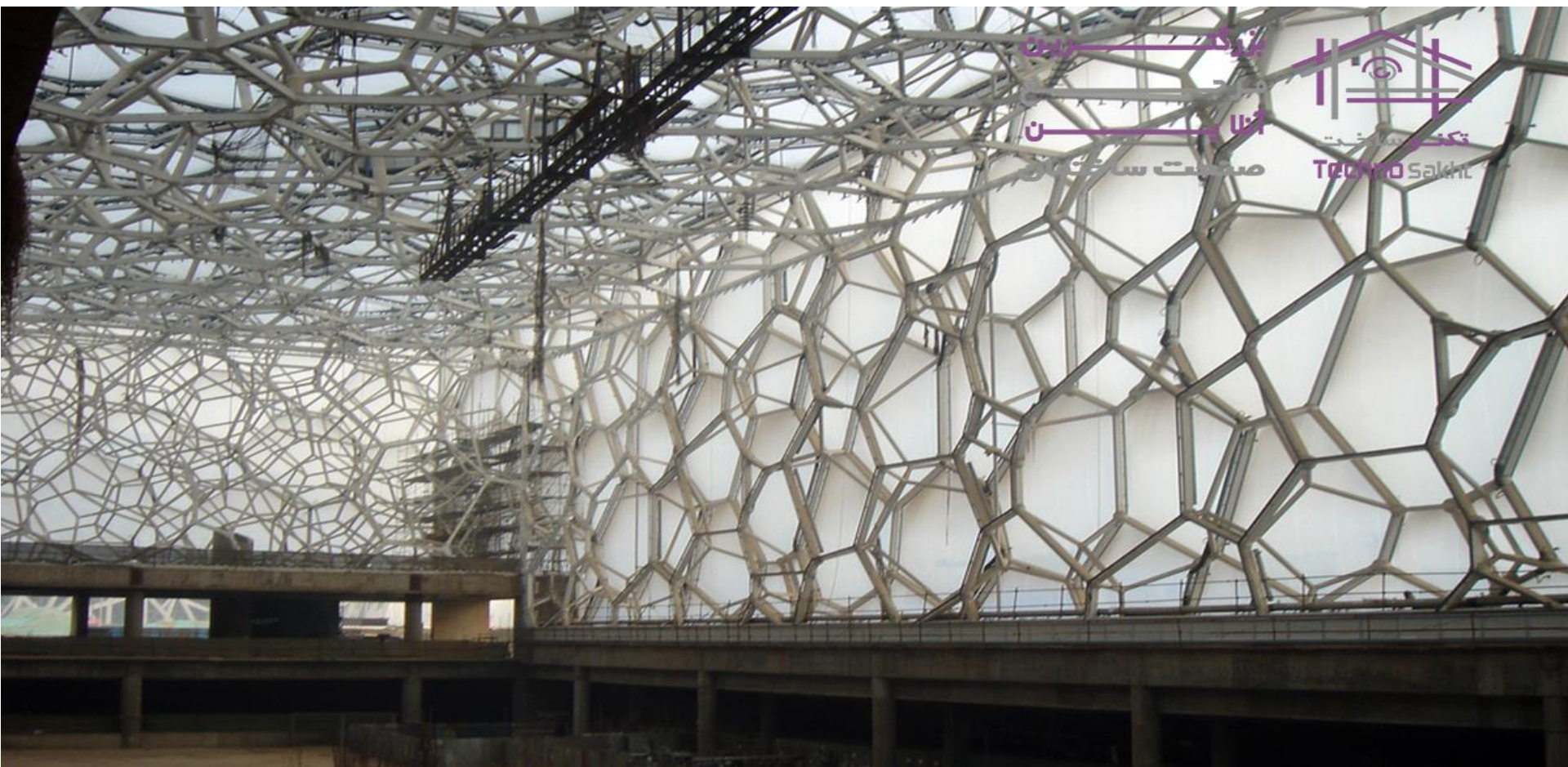


## سازه مشبک فضایی



## هندسه منظم:

شکل واقعی و منظم هندسه ی شبکه های فضایی در بیشتر زوایای دید از بین می رود و سازه در عین سبکی، فشرده به نظر می رسد.





## مقاوم سازی در برابر آتش سوزی:

شبکه های فضایی اغلب در ساخت بام مکان هایی که به مقاومت در برابر حریق نیاز ندارند، بکار می رود. محافظت در مقابل آتش، به علت تعداد زیاد اعضاء و سطوح بزرگ اعضاء شبکه های فضایی اقتصادی نمی باشد.

\*اگر از این نوع سیستم ها برای نگهداری کف ها استفاده شود، در صورتی که سازه به صورت نمایان باشد، به محافظت در برابر آتش سوزی نیاز دارند.

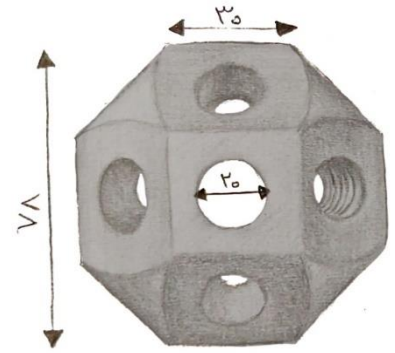


# اجزای سیستم سازه های مشبک فضایی:

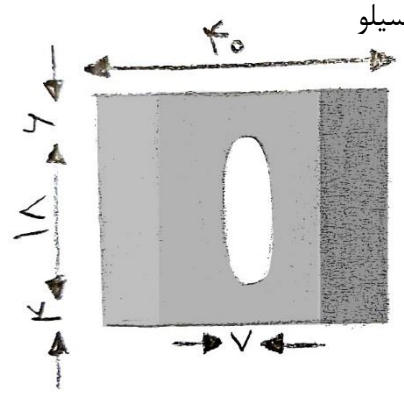
- گوی
- مخروطی
- لوله
- پیچ
- اسلیو (غلاف)



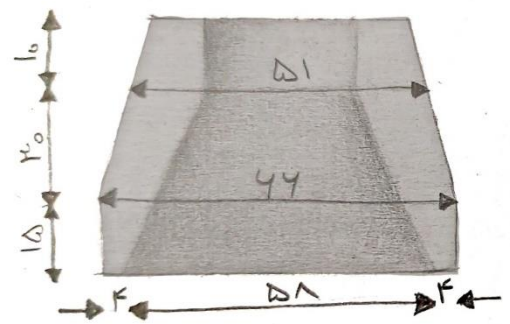
گوی



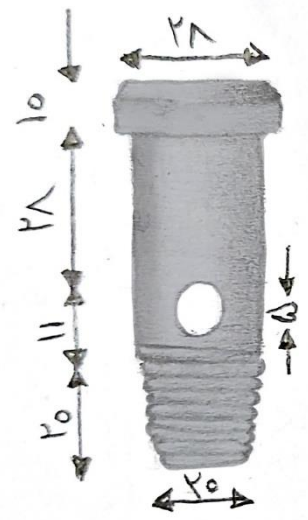
اسیلو



مخروطی



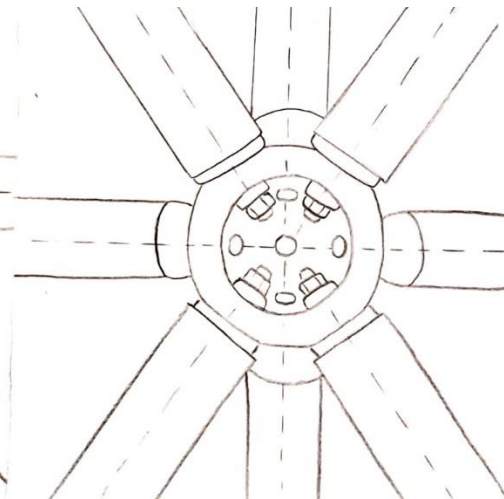
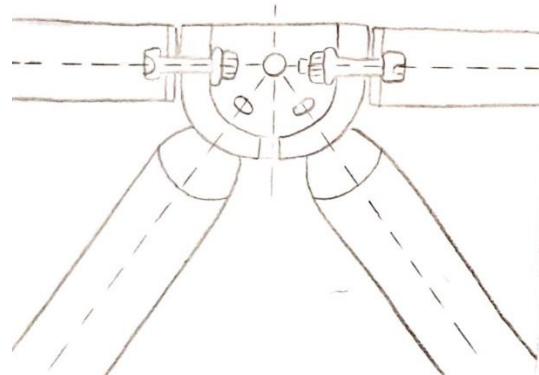
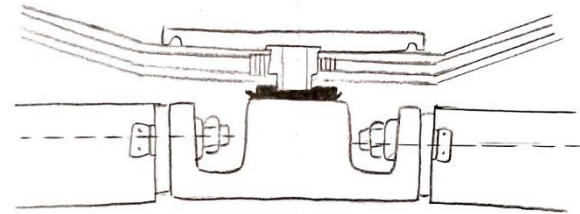
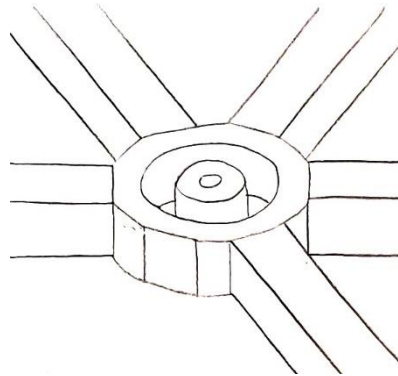
پیچ



سازه مشبک فضایی



سازه مشبک فضایی



## گوی:

یک کره فولادی تو پُر برای ایجاد پایداری، تعادل و ارتباط بین اعضای سه بعدی در سازه قرار می گیرد.

## مخروطی:

قطعه مخروطی شکل فولادی که جهت ملاحظات هندسی در محل اتصال المان به گوی ها، به لوله جوش می شود.  
انواع: فشاری و کششی

## لوله:

عضوی برای تحمل نیروهای محوری کششی و فشاری، که به وسیله مخروطی به سایر اعضا متصل می شود.

## پیچ:

یک اتصال جدا شدنی، که جهت انتقال نیرو از آن کمک گرفته می شود.

## اسیلو:

مهره ای که در فشار عمل می کند و برای محکم نمودن پیچ ها در داخل گوی نیز استفاده می شود.  
انواع: شیار دار و سوراخ دار



# اجزای سیستم سازه فضایی



گوی  
مخروطی  
لوله  
پیچ  
اسلیو

منبع: کتاب سازه های فضایی



از یک کره فولادی تو پر که به منظور ایجاد پایداری و ارتباط بین اعضای سه بعدی بکار می رود. گویها خود و اعضا مربوطه شان را در یک موقعیت ثابت نگه می دارند و باعث ایجاد تعادل بین نیروها یا اعضا میشوند. گویها همچنین دارای سوراخهای رزوه دار شعاعی نیز می باشند که عضوهای سازه توسط انتهای مخروطی خود تحت زوایای مشخصی بر روی این سوراخها که دارای سطح ماشینکاری شده می باشند، می نشینند و پیچ می شوند.



منبع: کتاب سازه های فضایی



## مخروطی

جهت ملاحظات هندسی در محل اتصال المان به گوی از قطعه مخروطی شکل فولادی که به لوله جوش می شود استفاده می گردد . این قطعه دارای دو نوع کششی و فشاری می باشد.



منبع: کتاب سازه های فضایی



## لوله

عضو دیگر سازه ها که جهت تحمل نیروهای محوری (کششی ، فشاری) بکار می رود لوله ها می باشند که دو انتهای آن بریده شده و سر آن بوسیله قطعه مخروطی که اتصال آن را با سایر قطعات امکان پذیر می سازد، جوش می شود.



منبع: کتاب سازه های فضایی





یک اتصال جدا شدنی بوده و جهت انتقال نیرو از آن کمک گرفته می شود.



منبع: کتاب سازه های فضایی

مدرس : دکتر مقیمی

سیستم های ساختمانی

دانشگاه سمنان  
دانشکده هنر - گروه معماری



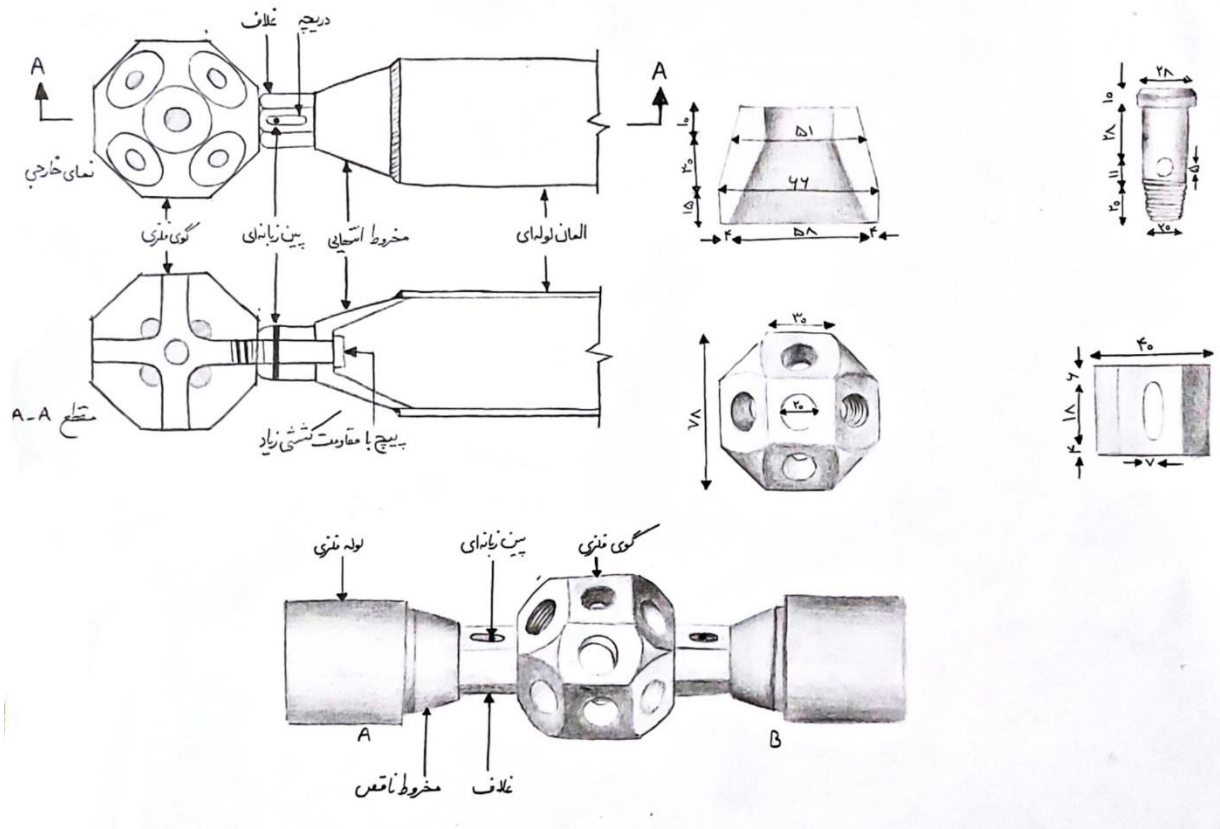
مهره ای می باشد که در فشار عمل می کند و جهت محکم نمودن پیچ ها در داخل گوی نیز استفاده می شود. اسلیوها به دو شکل شیاردار و سوراخ دار تولید می شوند که توسط پین به پیچ متصل می گردند.



منبع: کتاب سازه های فضایی



# شیت بندی جزئیات اتصال



سازه مشبک فضایی



## اتصالات سازه فضا کار

### ۱. اتصال مفصلی:

اتصالاتی که قادر به انتقال لنگر گیرداری عضو تا حداکثر ۲۰٪ لنگر گیرداری عضو باشند.

### ۲. اتصال صلب:

اتصالاتی که قادر به انتقال حداقل ۹۰٪ لنگر عضو باشند.

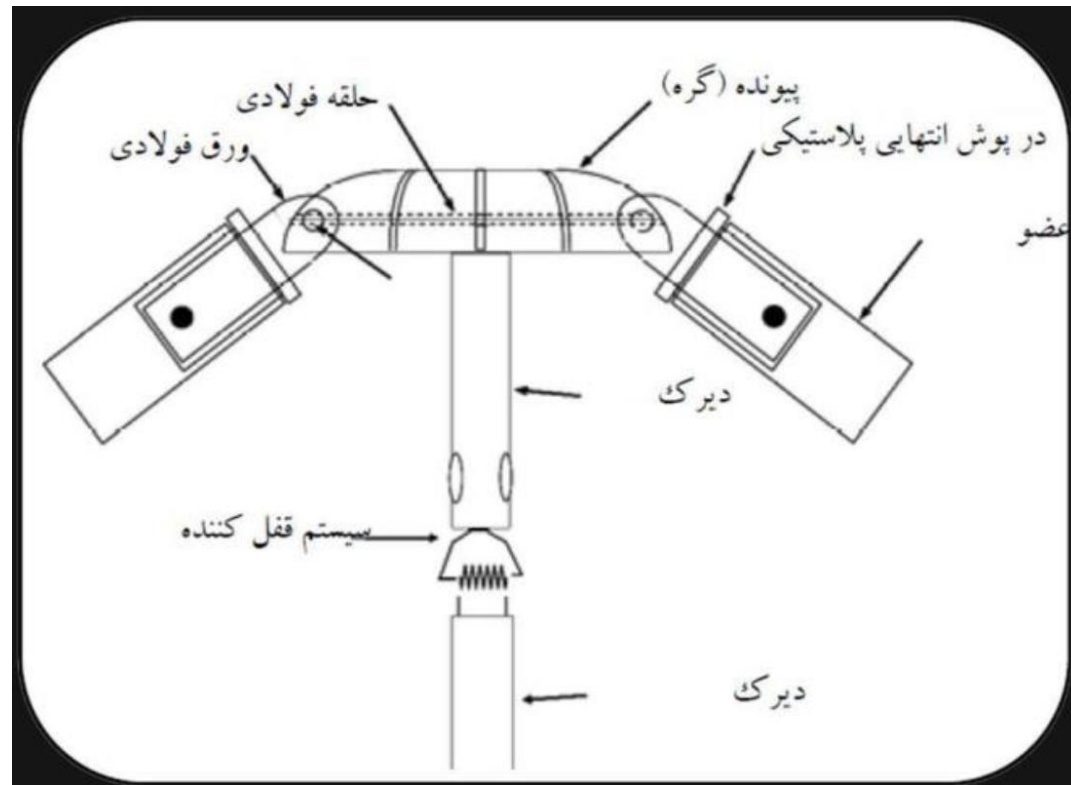
### ۳. اتصالی نیمه صلب:

اتصالاتی که قادر به تحمل و انتقال ۲۰٪ تا ۹۰٪ لنگر عضو باشند.

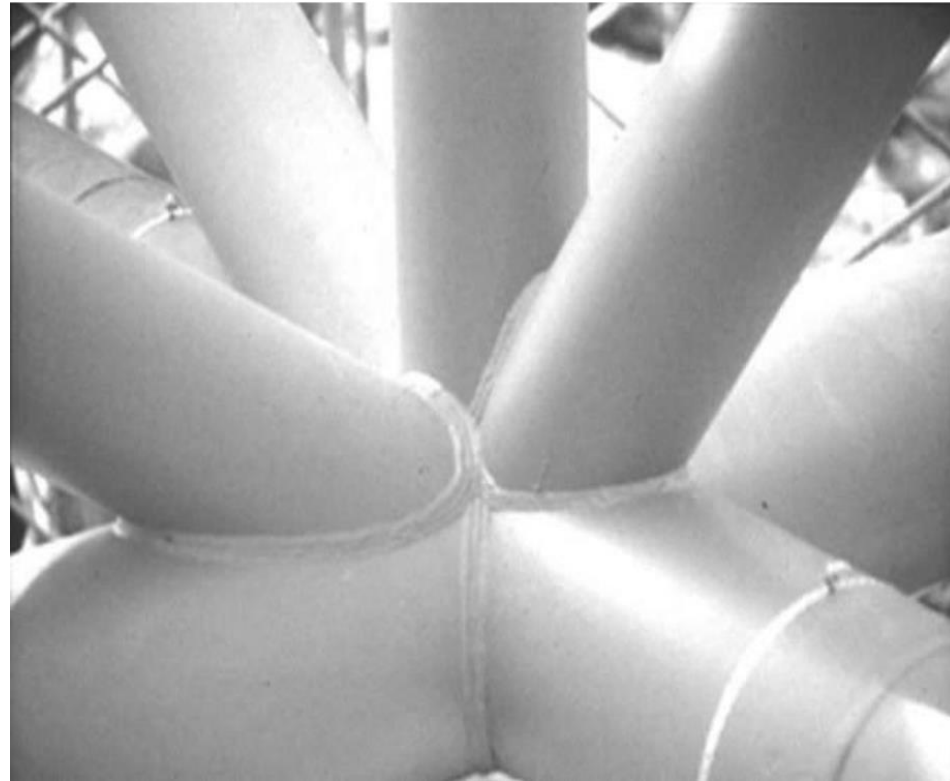


# اتصال مفصلی:

سازه مشبک فضایی



## اتصال صلب:

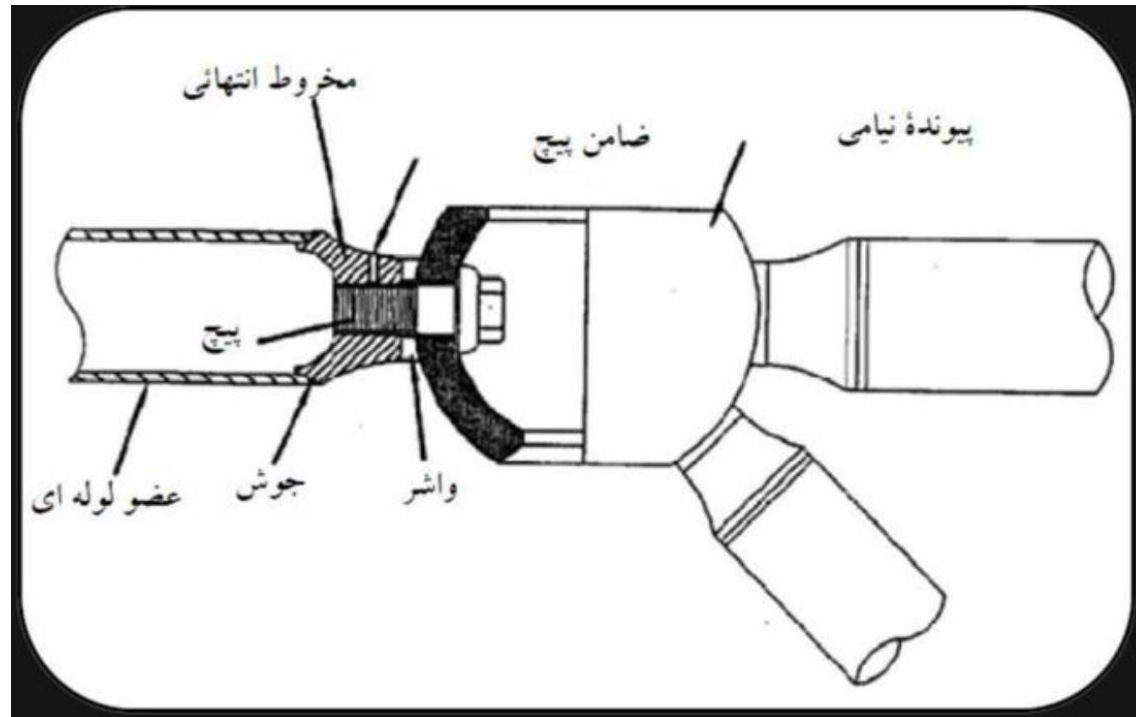


سازه مشبک فضایی





## اتصال نیمه صلب:



سازه مشبک فضایی



## روش های مونتاژ و نصب سازه های فضا کار

سازه مشبک فضایی

۱. مونتاژ کامل سازه بر روی تراز زمین و نصب کل سقف (به صورت یکجا) با استفاده از جرثقیل یا جک های مستقر در بین سازه ← سرعت زیاد در بافت و نصب سازه
۲. مونتاژ بخش هایی از سازه در غالب بلوک های مشخص و سپس مونتاژ بلوک ها به یکدیگر در ارتفاع به کمک جرثقیل ← سرعت کمتر و محدودیت بیشتر
۳. مونتاژ پنجه ای یا عنكبوتی: نوعی بافت در جا که قطعات عنكبوتی (متشکل از ۳ تا ۵ المان لوله ای و یک گوی) در سطح زمین با یکدیگر مونتاژ شده و با چرخ و قرقره یا جرثقیل به به ارتفاع مورد نظر منتقل می شود.
۴. در حین انجام عملیات مونتاژ برای محدود کردن تغییر شکل سازه، در محور اصلی شمع های موقتی تحت بار مرده نصب می شود که پس از اتمام عملیات مونتاژ برای انتقال کامل بار ها به تکیه گاه اصلی، شمع ها را به صورت تدریجی برمی دارند تا سقف شکل طبیعی خود را بگیرد.



سازه مشبک فضایی

## انواع فرم سازه های فضا کار:

تخت

چلیکی

گنبدی

دیسکی

هرمی

سینوسی

نیم قوسی

فرم تخت دو طرف شیبدار



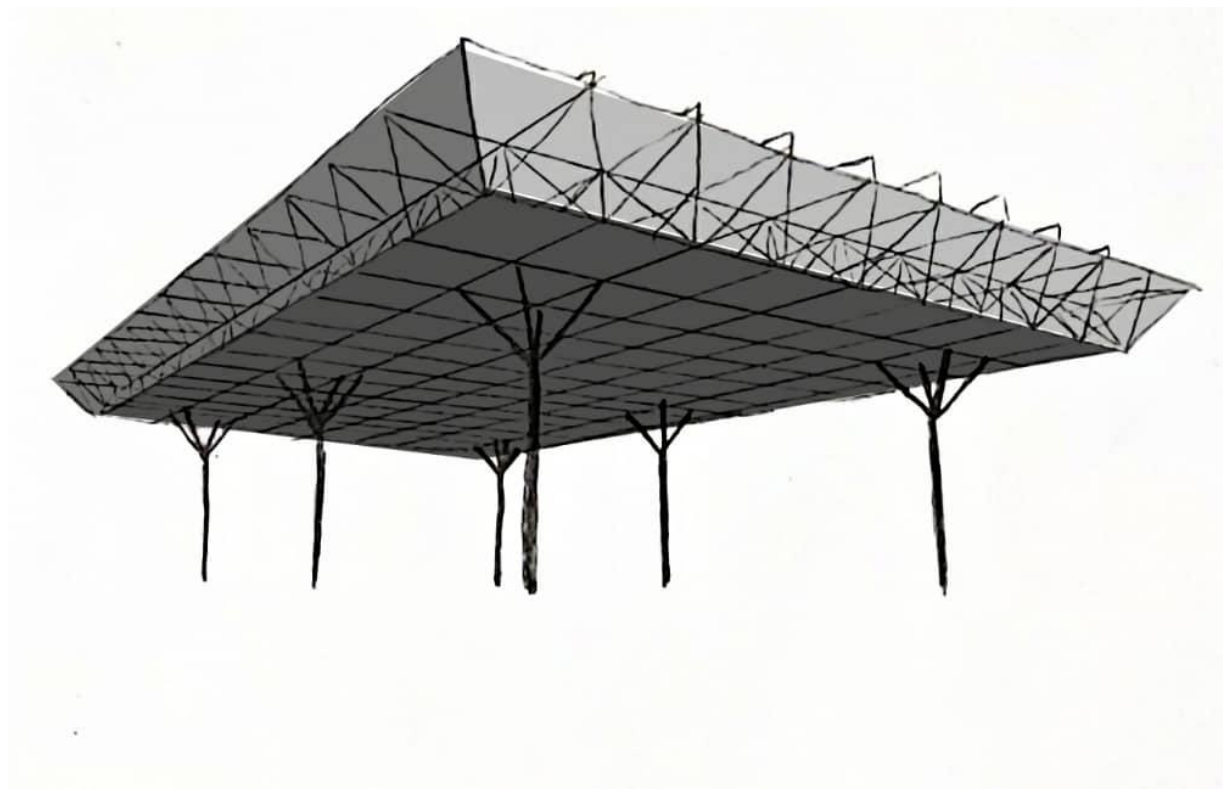
## سازه های فضا کار با فرم تخت:

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 به وسیله عناصری به هم متصل گردیده اند تشکیل می شوند.





سازه مشبک فضایی



## سازه های فضا کار با فرم چلیک:

به شبکه ای که در یک جهت دارای انحنا باشد، چلیک می گویند

\*در طراحی سازه های فضاکار باید در نظر گرفت که انتهای چلیک باید قوی باشد و این تقویت را می شود به وسیله تیر، تیر و ستون و شکل خورشید مانند انجام داد.



## سازه های فضا کار با فرم گنبد:

اگر شبکه ای در دو جهت دارای انحنا باشد، گنبد نامیده می شود.

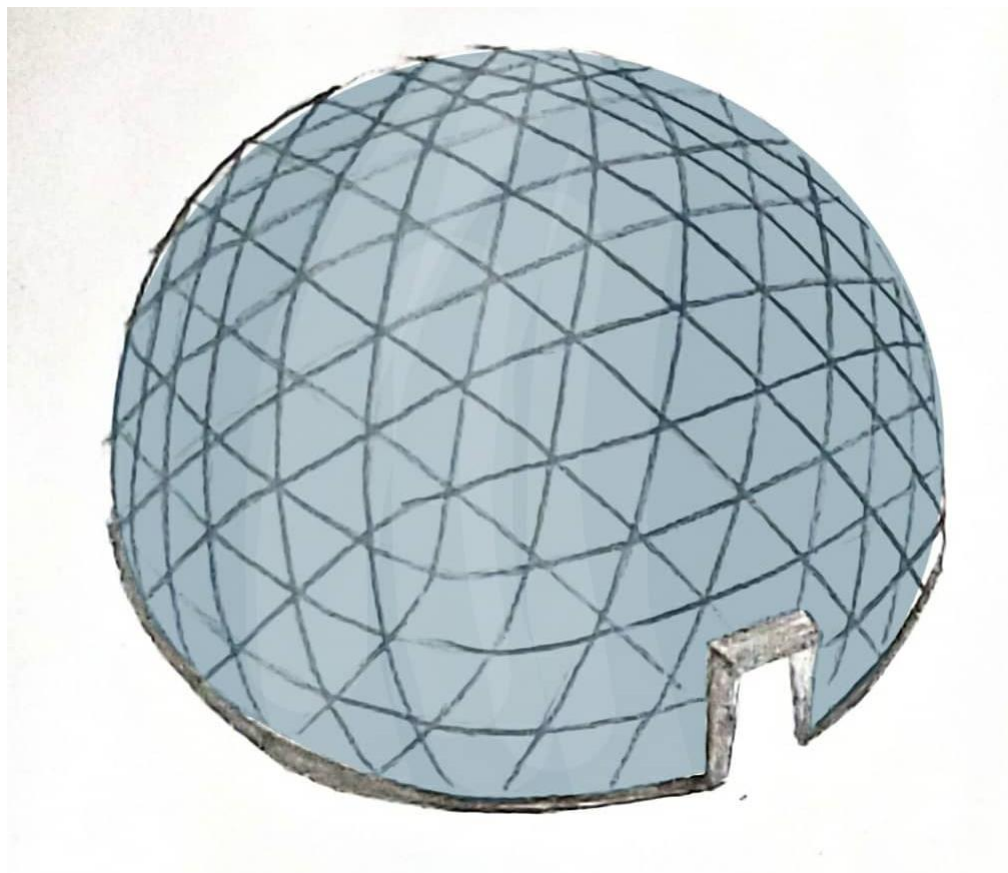
گنبدها سازه هایی با صلبیت بالا می باشند و برای دهانه های بسیار بزرگ تا حدود ۲۵۰ متر مورد استفاده قرار می گیرند و همچنین ارتفاع گنبد باید بزرگتر از ۱۵٪ قطر پایه گنبد باشد.

سازه مشبک فضایی





سازه مشبک فضایی



مدرس : دکتر مقیمی

سیستم های ساختمانی

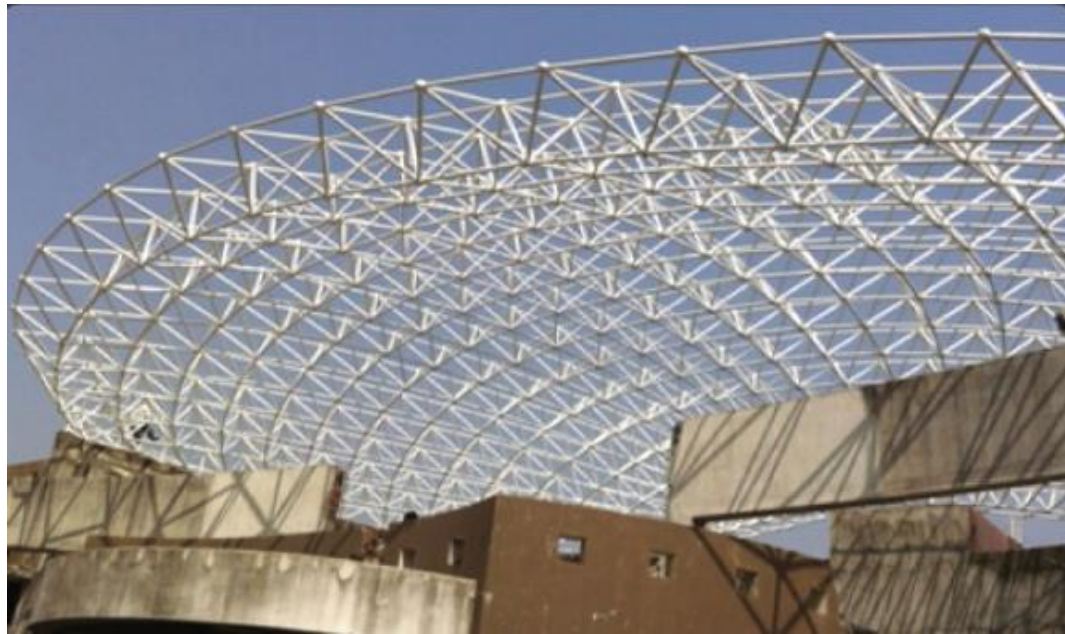
دانشگاه سمنان  
دانشکده هنر - گروه معماری





## سازه فضاکار با فرم دیسکی:

شبکه هایی که پلان دایره ای شکل و فرم تخت دارند در این دسته قرار میگیرند. این فرم سازه ها برای مکان هایی که ستون گذاری در محیط یک دایره می باشد مناسب است.



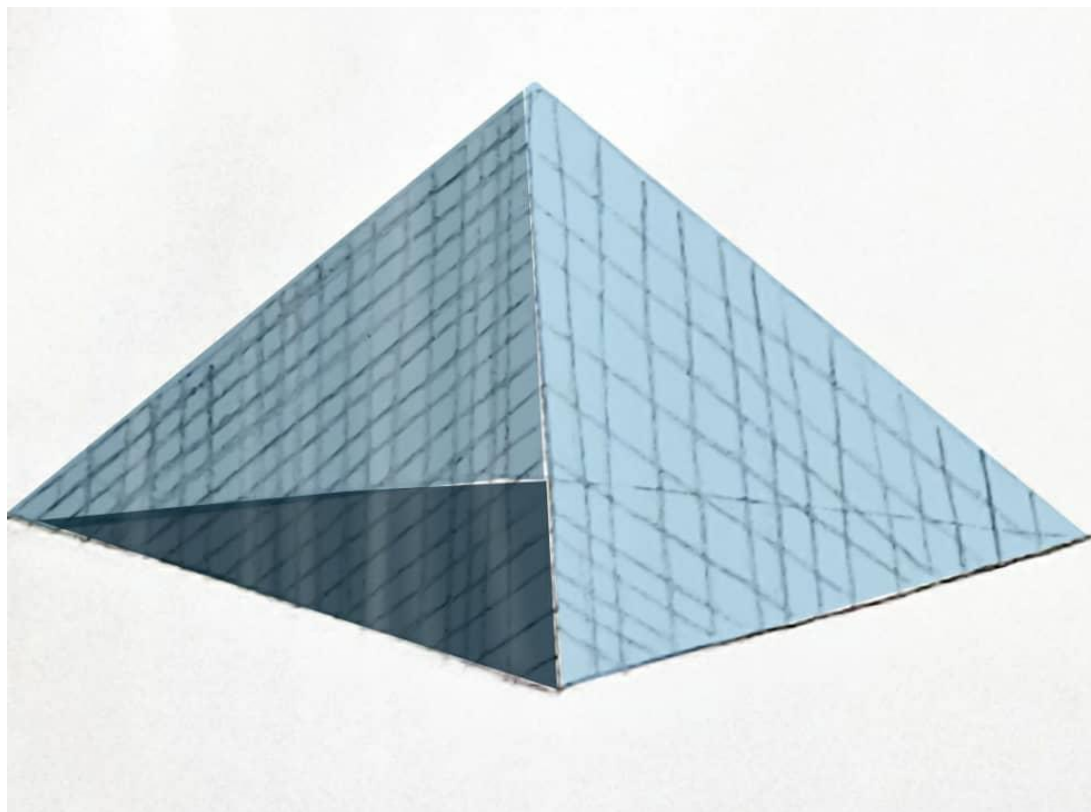
## سازه فضاکار با فرم هرم:

فرمی که از اشکال بسیار پایدار و مقاوم سازه های فضایی است که به راحتی در دهانه های خیلی بزرگ (بالای ۳۰ متر) قابل استفاده است.

\* تنها عیب آن در افزایش مساحت شبکه فضاکار و افزایش هزینه است.



سازه مشبک فضایی



مدرس : دکتر مقیمی

سیستم های ساختمانی

دانشگاه سمنان  
دانشکده هنر - گروه معماری



## سازه فضاکار با فرم سینوسی:

سازه مشبک فضایی

در این فرم سازه از یک یا چند محور دارای نقطه عطف است که حتما باید در این نقاط آب رو نصب گردد.





## سازه فضاکار با فرم تخت دو طرف شیبدار:

در این فرم دو سقف شیبدار در یک نقطه به هم متصل میگردند که شبیه ترین فرم به سوله های صنعتی است.





## سازه فضاکار با فرم نیم قوسی:

در مواردی که ستون های ابتدا و انتهای قوس هم ارتفاع نباشند و سقف قوسی مد نظر باشد از این طرح استفاده میگردد.



انواع فرم های سازه فضاکار که از ترکیب دو یا چند فرم دیگر به دست آمده است:

سازه فضاکار با فرم ترکیب تخت و گنبد



انواع فرم های سازه فضاکار که از ترکیب دو یا چند فرم دیگر به دست آمده است:

سازه مشبک فضایی

سازه فضاکار با فرم ترکیب تخت و قوسی



مدرس : دکتر مقیمی

سیستم های ساختمانی

دانشگاه سمنان  
دانشکده هنر - گروه معماری



## انواع فرم های سازه فضاکار که از ترکیب دو یا چند فرم دیگر به دست آمده است:

سازه مشبک فضایی

سازه فضاکار با فرم ترکیب تخت و قوسی و شیبدار

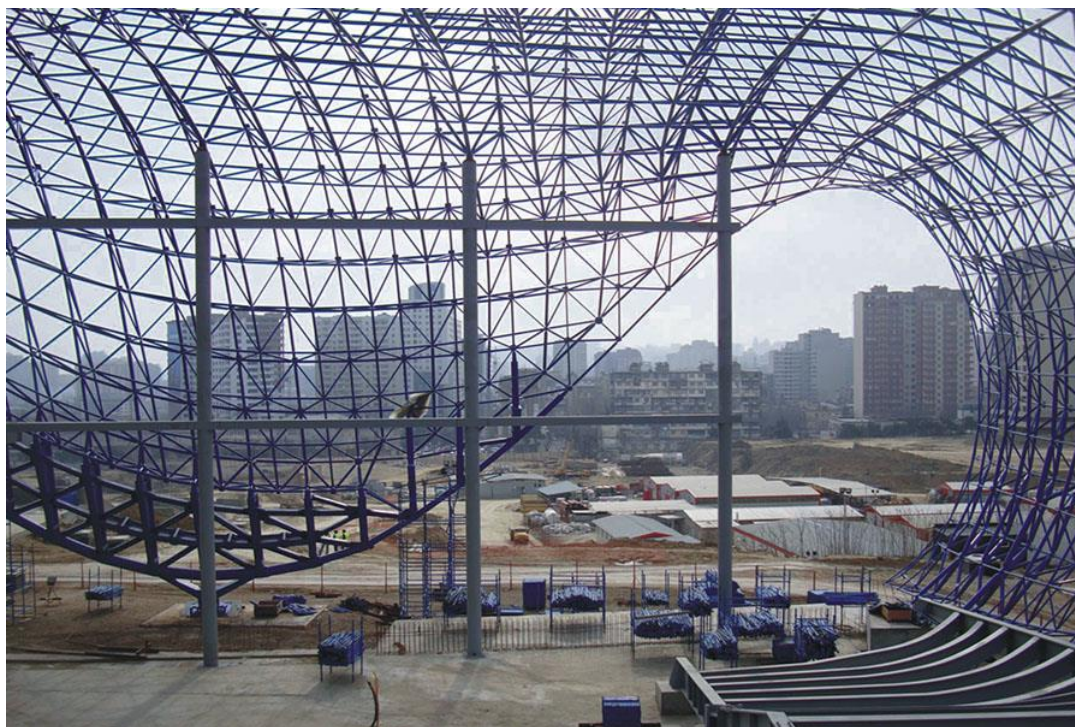




# انواع فرم های سازه فضاکار که از ترکیب دو یا چند فرم دیگر به دست آمده است:

سازه مشبک فضایی

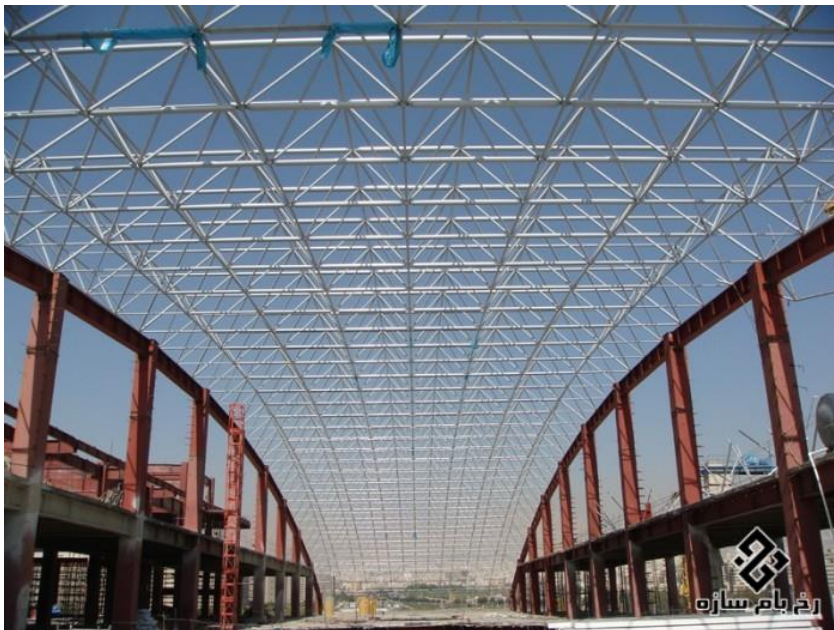
سازه فضاکار با فرم آزاد





سازه مشبک فضایی

سقف انتهایی بازار بزرگ اکباتان (مگمال)



مدرس : دکتر مقیمی

سیستم های ساختمانی

دانشگاه سمنان  
دانشکده هنر - گروه معماری



# نمایشگاه بین المللی تهران - شهر آفتاب

سازه مشبک فضایی



مدرس : دکتر مقیمی

سیستم های ساختمانی

دانشگاه سمنان  
دانشکده هنر - گروه معماری



## نتیجه گیری

سازه مشبک فضایی

برای سازه‌هایی که نیاز به دهانه‌های بسیار بزرگ داریم نمی‌توانیم از سازه‌های متعارف استفاده کنیم و باید حتماً از یک سیستم جدید که نیازهای ما را برآورده می‌کند استفاده کنیم. سازه‌های فضاکار یکی از بهترین این سیستم‌ها برای استفاده در این موارد می‌باشد که مهم‌ترین مزیت آن سبک بودن این سازه نسبت به سایر سازه‌ها و استفاده از شبکه‌های خرپایی برای انتقال هرچه بهتر نیرو به تکیه‌گاه‌ها می‌باشد.

همچنین به دلیل پیچیدگی این سازه‌ها باید ابتدا این سازه را در نرم‌افزار Formian مدل‌سازی کرد سپس به نرم‌افزار SAP وارد کنیم و طراحی این سازه‌ها را در این نرم‌افزار انجام دهیم. در این سازه‌ها به دلیل سبک بودن، اغلب به جای نیروی زلزله نیروی باد حاکم می‌باشد و باید در تحلیل‌ها از نیروی باد استفاده کنیم.



## منابع

کتاب سازه های مشبک دکتر گلابچی  
سایت زیگورات سازه  
سایت ویکی پدیا  
سایر سایت ها و فایل های مربوطه

سازه مشبک فضایی













## نمونه موردی

سالن ورزشی خوابگاه فرزنانگان دانشگاه سمنان











