

سازه در معماری

فصل اول

هدف سازه:

(۱) توجه به سود مندی

هدف اصلی سازه محصور کردن و مشخص نمودن یک فضا است ، هر چند گاهی برای اتصال دو نقطه مانند: آسانسور و گاهی برای تحمل نیروهای طبیعی مانند سدها و دیوارهای حائل می باشند.

بارها : طبیعت بارها اساساً با توجه به طراحی معماری ، جنس مصالح و موقعیت قرارگیری سازه تغییر می کند شرایط بارگذاری بر سازه از زمانی به زمان دیگر و یا به سرعت با گذشت زمان عوض می شود.

اغلب بارهای سازه که باید توسط یک سازه در برگیرنده یک معماری معین تحمل شوند در اثر گذشت زمان تغییر نمی کنند این بارها که اصطلاحاً استاتیکی نامیده می شوند مبنای طراحی سازه قرار می گیرند.

- مطابق آیین نامه نیروی باد استاتیکی در نظر گرفته می شود هر چند که واقعاً چنین نیست.

بارها معمولاً به جای مطالعه و ارزیابی موردی بوسیله ضوابط و آیین نامه ها سنجیده می شوند.

بارهای تعیین شده به وسیله آیین نامه های بارگذاری قراردادی می باشند.

نیروی اجتناب ناپذیر وزن سازه و سنگینی کلیه بارهای ثابت و دائمی ساختمان تشکیل دهنده " بار مرده " ساختمان هستند.

ابعاد یک عضو یا یک عنصر سازه ای اساساً بستگی به بارهای عمل کننده بروی آنها دارد یکی از این بارها ، بار مرده است که خود در وهله اول بستگی به ابعاد آن عضو دارد.

بار مرده در بسیاری از موارد مهمترین بار روی سازه است . و ممکن است با ضرایب بزرگ خود سایر بارها را کوچک جلوه دهد.

بار مرده به سادگی بعد از تعیین ابعاد سازه توسط تجربیات قبلی و وزن آنها بوسیله جداول راهنما محاسبه می شود.

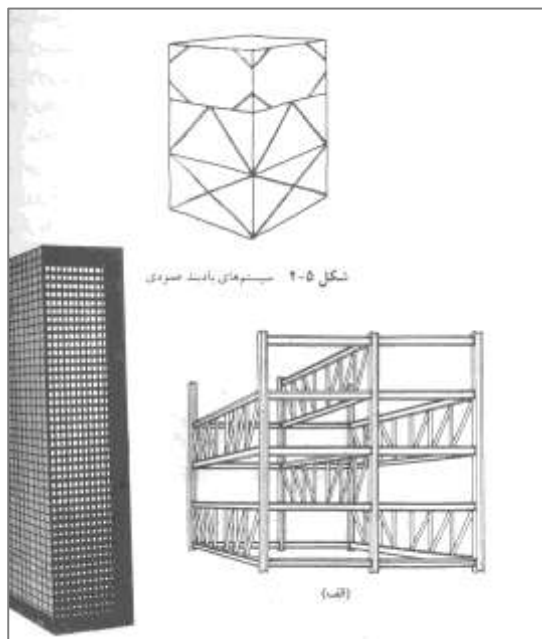
بارهای زنده : سایر بارها غیر از بارهای مرده ساختمان که شامل تمامی وزن های منقول می باشند را بارهای زنده می نامند.

مانند انسان ها ، ماشینها ، اثاث ، دیوار های جدا کننده و سایر عناصر غیر سازه ای باران ، برف ، مکش باد ، فشار آب و خاک و بدلیل ماهیت نامعین آنها تعیین میانگین های مطمئن در آیین نامه ها ضروری است.



بادبندهای افقی

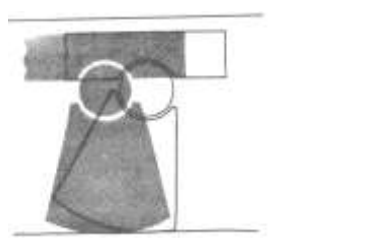
برج فیات در پاریس استفاده از صفحات سفت کننده در قابهای دیوار های خارجی این بازشدگی ها از بالا تا پایین ساختمان کاهش یافته است و در نتیجه مقاومت برشی صفحات را متناسب با افزایش نیروی برشی باد افزایش می دهد.



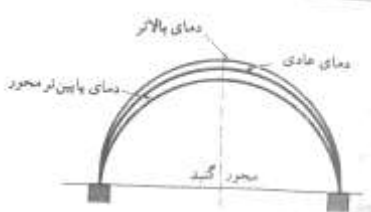
بارهای ناشی از تغییر درجه حرارت و نشست ساختمان :

سازه ها هم در معرض تغییرات درجه حرارت قرار دارند که گاهی معادل تاثیرات بارهای بزرگ و بحرانی در سازه ها می باشند به طور مثال در یک پل فولادی گاهی این تغییرات به اندازه ای است که نصف مقاومت و تحمل فولاد را در مقاومت در برابر این تغییرات به خود اختصاص می دهد و فقط نصف مقاومت اصلی صرف تحمل نیروهای بارهای وارده بر پل می شود روش مشخص حذف این بار اضافی ایجاد یک تکیه گاه غلتکی در یک سر پل می باشد تا امکان تغییر طول در اثر حرارت های مختلف را به پل بدهد

این شکل

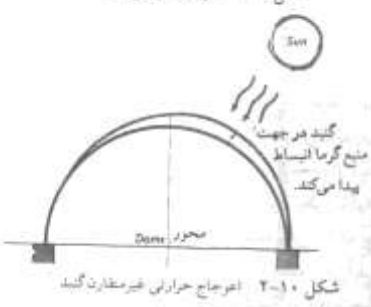


نشان دهنده تکیه گاه غلتکی می باشد



شکل ۹-۲ حرکات حرارتی گنبد

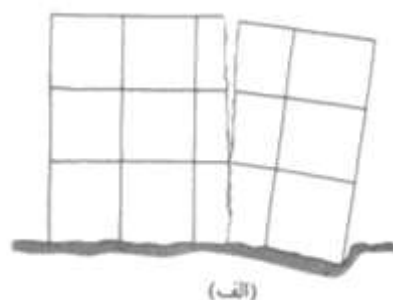
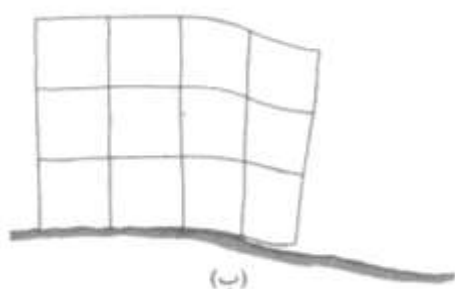
در گنبد ها هم تغییر درجه حرارت گاه باعث بالا و پایین رفتن گنبد (نفس کشیدن) می شود که در این حالت هم نوع خاصی از تکیه گاه های غلتکی این خطر را بر طرف می کند.



گاهی یک جانب گنبد دچار حرارت بیشتر

و تغییر ناشی از آن می شود (اعوجاج یا انبساط و انقباض ناهماهنگ) .

یک سازه بویژه زمانی به تغییرات حرارتی حساس است که شکل سازه ، شرایط تکیه گاهی آن و مصالح به کار رفته جهت جلوگیری از تغییر ابعاد ناشی از تغییرات درجه حرارت عمل کنند.



نشت های ناهمگن پی

تنش های حرارتی و تشعشعهای ناشی از نشست مثال هایی هستند که بیشتر ناشی از وقوع تغییر شکل ها می باشند تا بار های وارده



تنش های ذخیره شده در تیر فولادی

بارهای دینامیکی : بارهایی که سریعاً هم از نظر مقدار و هم از نظر محل اثر تغییر می نماید یا به طور ناگهانی بر سازه وارد می شود بار های متحرک یا دینامیکی نامیده می شوند.

این بارها به دو گروه اصلی تقسیم می شود : (۱) بارهای ضربه ای (نیرو زیاد ، مدت کم) مانند چکش زدن

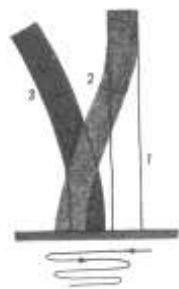
(۲) بارهای تشدید شونده (نیرو کم ، مدت زیاد) مانند نیروی حاصل از کشیدن تناوبی زنگ کلیسا



بار تشدید یافته

زمان نوسان کامل یک سازه را زمان تناوب اساسی یا پریود اساسی آن گویند. که بستگی به صلبیت و وزن سازه دارد.

هر چه صلب تر با سرعت تر نوسان می کند



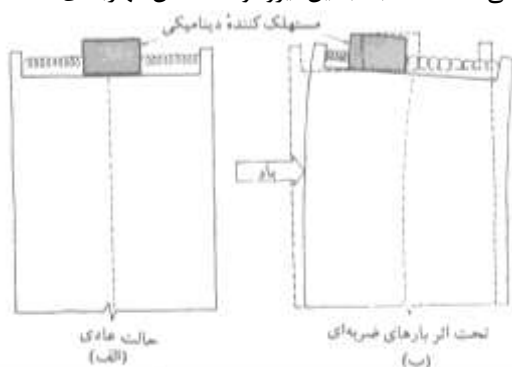
زمان اعمال باربر سازه (در مقابل پریود اساسی آن) اندازه گیری می شود اگر این زمان اندازه گیری شده در مقایسه با پریود اساسی کوتاه باشد بار را دینامیکی و اگر زمان اثر بار طولانی باشد بار را استاتیکی گویند. در شرایط عملی گوناگون اثر بار های دینامیکی تا ۱۰۰٪ بیشتر از اثر استاتیکی آنها می باشد. بیشتر بار های اعمال شده به سازه های در بر گیرنده معماری ، دارای خصوصیت ضربه ای نمی باشند جز بار های ناشی از زلزله

از آنجایی که نیرو های دینامیکی ناشی از حرکات ناگهانی زمین (زلزله) غالباً افقی هستند مقابله با این نیرو توسط همان مهاربندی

مقاوم در برابر باد صورت می گیرد. استفاده از تکیه گاه در زیر پی و

استفاده از مستهلک کننده های دینامیکی این حرکات را کاهش می

دهند



حالت عادی
(الف)

تحت اثر بارهای ضربه ای
(ب)

تأثیر زلزله بر ساختمان بستگی به جنس خاک و خصوصیات سازه ای ساختمان دارد ، باد پدیده دینامیکی پیچیده تری است که سبب نوسانات آئرو دینامیکی می گردد



• پل معلق تاکوما در واشنگتن توسط باد یکنواخت

با شتاب کم به مدت ۴۵ دقیقه واژگون گشت

فصل سوم

مصالص سافتمانی

تحت تاثیر بار های وارد بر سازه اعم از بار های دائمی ، متناوب و بار هایی که در زمان بسیار کوتاه وارد می شوند تغییر شکل سازه الف: نباید به طور نامحدود افزایش یابد

ب: باید پس از حذف بارگزاری از بین برود

ماده ای که پس از حذف بار ها سریعاً به حالت اولیه بر می گردد دارای رفتار ارتجاعی (الاستیک) است . تمام مصالح ساختمانی در محدوده ی خاصی ارتجاعی عمل می کنند از طرف دیگر هیچ ماده ساختمانی به طور کامل ارتجاعی نیست.

اغلب مصالح ساختمانی نه تنها خاصیت ارتجاعی دارند

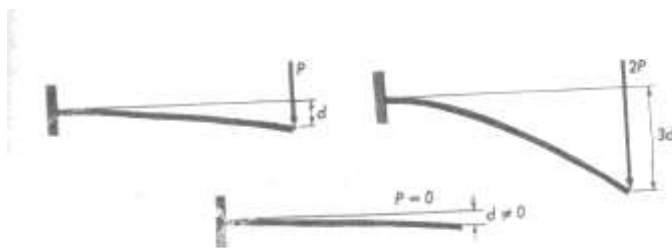
بلکه در محدوده هایی دارای رفتار ارتجاعی خطی بوده

تغییر شکل آنها متناسب با بار وارده بر آنها می باشد

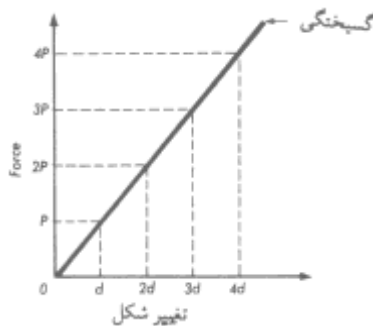
مصالحی که پس از حذف بار تغییر شکل دائمی از خود

نشان می دهند دارای رفتار غیر ارتجاعی (پلاستیک)

هستند.



مصالحی که در آن در اثر بار وارده رفتار غیر ارتجاعی بروز می کند مزیتی است که همچون اخطار قبل از فرو ریختن عمل می کند.



شیشه وپلاستیک موادی هستند که تا مرز گسیختگی و فرو ریختن به طور خطی دارای

حالت ارتجاعی اند .این مواد برای هدف ساختمانی بسیار نا مناسب هستند.

فولاد در درجه حرارت معمولی دارای حالت ارتجاعی خطی و متعاقب آن دارای حالت غیر

ارتجاعی است اما در -35°C به طور ناگهانی می شکند به همین خاطر ساختمانهای

فلزی در مقابل آتش سوزی ضعیف عمل می کنند در نتیجه فولاد با مواد ضد آتش یا

مقاوم در برابر آتش باید پوشانده شود.

نمودار تغییر شکل شیشه

مصالص ساختمانی مدرن مانند فولاد ، ایزوتروپیک (دارای خواص یکسان در هر جهت) می باشند بدین معنی که مقاومت آنها بستگی

به جهت تنش های ناشی از تاثیر بار ها ندارد اما چوب غیر از ایزوتروپیک است زیرا استقامت متفاوتی در جهت تلاش و عمود بر آن از

خود نشان می دهد.

مصالص بر اساس تنشی که عمل می کنند دسته بندی می شوند :

کششی ، فشاری ، برشی

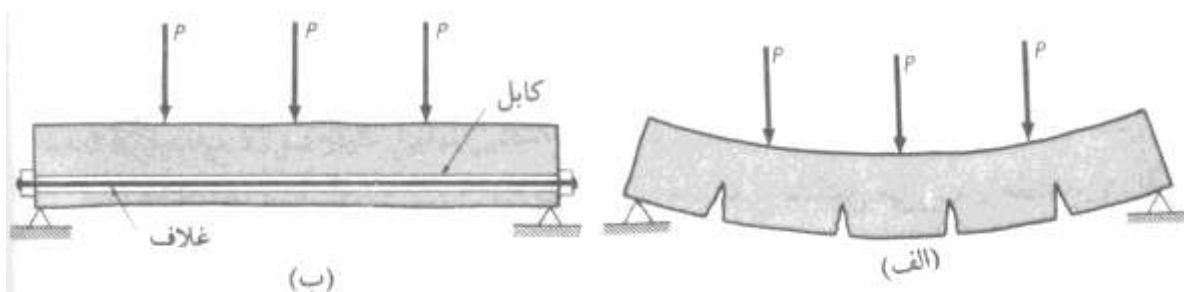
کشش نوعی تنش است که مایل است اجزاء ماده را از هم جدا سازد

فشار هر یک از اجزای جسم را به دیگری فشار می دهد

برش تمایل دارد ذرات جسم را نسبت به هم بلغزند مانند حالتی که یک کابل فلزی بوسیله دو لبه یک انبردست برش می خورد. تمامی مصالح ساختمانی می توانند نیروهای فشاری را تحمل نمایند. بعضی مانند فولاد در مقابل نیروهای فشاری و کششی، مقاومت خوب و یکسان دارند. بقیه مانند سنگ و بتن غیر مسلح مقاومت کششی خوبی ندارند. مصالحی که در برابر نیروهای کششی مقاومت خوبی دارند معمولاً نیروهای برشی را هم تحمل می کنند.

مصالح ساختمانی متناسب با باری که تحمل می کنند، تغییر شکل های متفاوتی دارند. معیار و میزان این پایداری و استحکام که از خواص هر ماده ساختمانی می باشد ضریب ارتجاعی (مدول الاستیسیته) نامیده می شود. ضریب ارتجاعی نیرویی است که بصورت تئوریک سبب می شود طول یک میله فولادی با سطح مقطع واحد (تحت تاثیر آن نیرو) تا دو برابر طول اولیه افزایش یابد. ضریب ارتجاعی فولاد $\frac{2}{1}$ میلیون کیلو گرم بر سانتی متر مربع و آلومینیوم $\frac{1}{7}$ میلیون کیلو گرم بر سانتی متر مربع است. این ضریب در حالت فشار معمولاً با حالت کشش متفاوت است. فولاد و آلومینیوم هر کدام ضریب ارتجاعی فشاری و کششی یکسانی دارد (ضریب ارتجاعی فشاری چوب در جهت طولی بیشتر است). هر چه ضریب ارتجاعی بیشتر باشد تغییر شکل کم تر است. ضریب اطمینان مصالح بستگی به شرایط مختلفی دارد: یکنواختی و همگنی ماده، حد تسلیم و مشخصه های مقاومت آن، چگونگی و نوع تنش های وارد، مدت زمان تاثیر بارهای وارده، عملکرد و موارد استفاده ساختمان. اگر ماده ای نقطه تسلیم کاملاً مشخصی نداشته باشد (مانند بتن) یا اصولاً فاقد نقطه تسلیم باشد (مصالح ترد و شکننده) ضریب اطمینان نمی تواند بر اساس آن سنجیده شود.

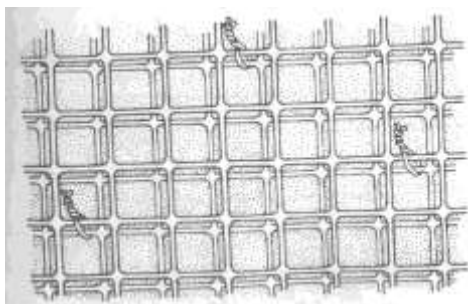
به بار یا ترکیب بارهایی که معادل با مقاومت گسیختگی یک عضو، بر آن تنش وارد می کند، بار نهایی گفته می شود. با توجه به مقاومت کششی کم بتن از این مصالح در موارد ساختمانی به همراه ترکیب با فلز استفاده می کنیم از انواع این نوع بتن، بتن پیش تنیده یا پس کشیده می باشد.



از بتن پیش تنیده، کابل ها از جنس سیم های بسیار قوی را در درون قالب های فلزی بتن به طرف بیرون کشیده می شوند زمانی که بتن سفت شده کابل ها را در بر گرفت این کابل ها را از اطراف قالب بریده و کشش درونی آنها بتن را تحت فشار قرار می دهد. در بتن پس کشیده کابل ها را ابتدا بدون وارد کردن تنش از درون غلاف هایی که در بتن در نظر گرفته شده رد می کند و هنگامی که بتن سخت شد، این کابل ها بوسیله جک ها که در خارج قرار دارند در جهت خلاف بتن سخت شده کشیده می شوند و در نتیجه بتن را

تحت فشار قرار می دهند. پس کشیدگی عموماً در محل ساختمان انجام می شود. فرو سیمان یا سیمان مسلح (آهن و بتن) ماده ساختمانی است که از یک شبکه فولادی موازی هم و ملات سیمان ترکیب ساخته است.

این ماده ظرفیت تحمل فشار یک بتن بسیار خوب و کشش قابل توجه فولاد را داراست. بیشتر در ساخت بدنه ی قایق های کوچک به کار می رود.



سازه در معماری ، دکتر گلابچی

فصل چهارم

الزامات سازه ای

: اصولی که همیشه پایه و اساس یک معماری خوب بوده اند : تعادل، پایداری، مقاومت، عملکرد، اقتصاد و زیبایی

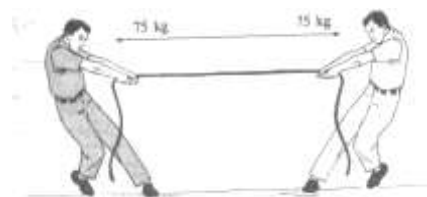
تعادل : ضرورت اساسی تعادل متضمن این نکته است که یک ساختمان و تمامی اجزاء و قسمت های آن باید در حالت سکون قرار بگیرند (در واقعیت ، همیشه حرکات را به صورت جزئی داریم) سازه های معین استاتیکی سازه های هستند که قوانین نیوتن را مبنی بر تعادل و در واقع سکون اجسام در آنها قابل اعمال است .

تحمل بارها با ایجاد نیروهایی که بستگی به خصوصیات مصالح مورد استفاده ندارد، صورت می گیرد سازه هایی که بر اساس قوانین نیوتن قابل محاسبه نیستند و برای محاسبه آنها احتیاج به دانستن خصوصیات مصالح آنها باشد سازه های نامعین استاتیکی می باشند .

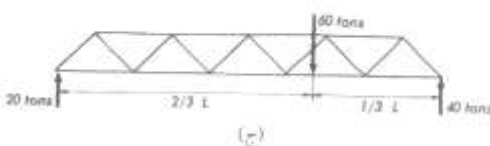
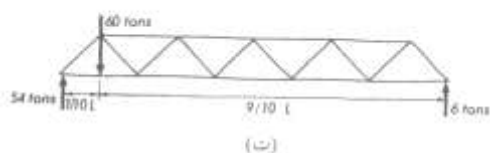
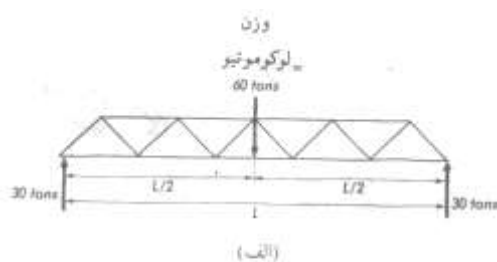
- بیشتر سازه های مدرن از نظر استاتیکی نامعین هستند .



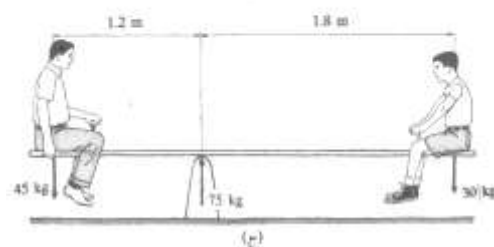
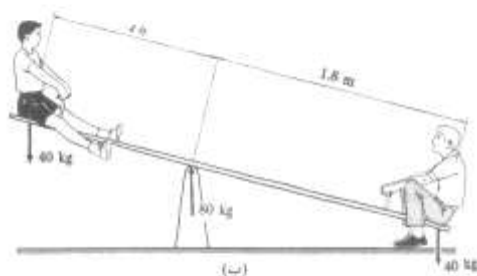
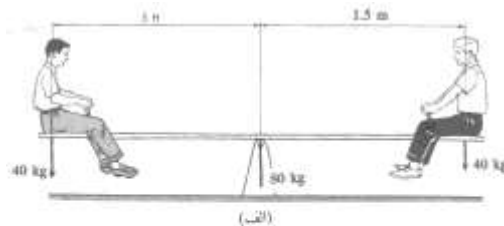
تعادل نیروی عمودی



تعادل نیروی افقی



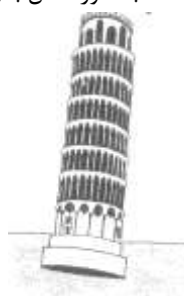
عکس العمل های به هنگامی که یک لوکوموتیو به آن حرکت کند .



در بازی الاکلنگ فاصله بچه ها از تکیه گاه بازوی اهرم نامیده می شود و تعادل حاصل از آن تعادل دورانی می باشد تعادل در این حالت وقتی به

وجود می آید که حاصلضرب وزن کودک در بازوی اهرم هر دو طرف یکسان باشد. حاصلضرب یک نیرو در بازوی اهرمش را گشتاور می گوئیم .

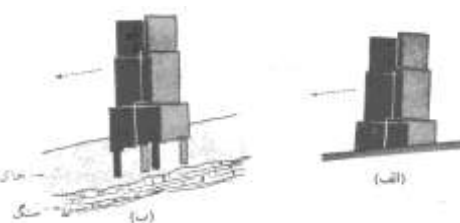
پایداری : اصل پایداری ساختمان هنگامی که به صورت یک جسم صلب در نظر گرفته می شود به خطر حرکات غیر قابل قبول کل ساختمان مربوط می شود . وقتی یک ساختمان بلند در برابر بادهای شدید نتواند مقاومت را حفظ کند ممکن است به طور کامل بدون آنکه اجزا آن از هم جدا شوند واژگون گردد چنین ساختمانی در برابر دوران ناپایدار است .



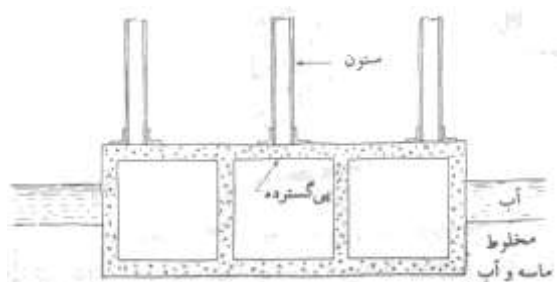
اگر یک ساختمان متعادل نباشد ، یا روی زمین با مقاومت های متفاوت فرار گرفته باشد یا خاک زیر ساختمان به طور نامساوی نشست کند (مانند برج پیزا) ساختمان ممکن است دوران کند .

ناپایداری ناشی از نشست نابرابر .

گاهی ناپایداری بدلیل لغزش ساختمان روی خاک یا لایه های در برگیرنده پی روی لایه زیرین است (مانند خاک رس که آب در آن نفوذ می کند) بوجود می آید .



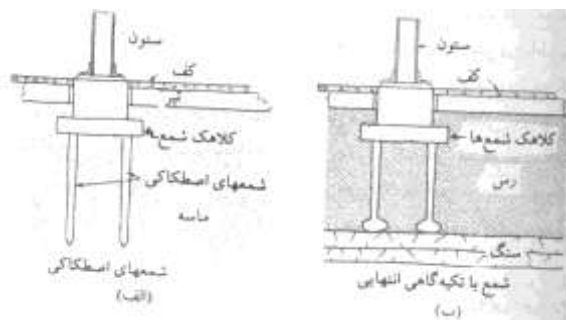
تمامی این ناپایداری ها به پی ساختمان و زمین مربوط می شود .



پی گسترده برای پخش وزن ساختمان به سطح وسیعتر خاک در مواردی که سازه سنگین است یا خاک زیر پی سست است .

پی های شمعی به صورت اصطکاکی (سطح شمع با خاک) و یا با رسیدن به لایه سخت وزن سازه را تحمل می کند .

مقاومت : شرط لازم برای مقاومت ، بی عیب بودن سازه و قسمتهای مختلف آن تحت تاثیر تمامی بارهای ممکن است . صلبیت با مقاومت یکی نیست .مقاومت مصالح اغلب با توجه به ضوابط و آئین نامه ها ارزیابی می شود .



عملکرد : عملکرد سازه ای به تاثیرات سازه انتخاب شده بر اهدافی که ساختمان برای آن برپا شده است مربوط می گردد .

*نکته :خیز مجاز تیر را $\frac{1}{360}$ دهانه تعیین کرده اند تا مانع ترک خوردن اندود داخلی سقف شوند .

اقتصاد : همیشه یکی از لازمه های معماری نیست گاهی برای ساخت بنای یادبود با اهداف سمبلیک و یا فضاهای مذهبی و معنوی به اقتصاد توجه کمتری می شود .

زیبایی : تاثیر زیبایی بر سازه را نمی توان انکار کرد .

سازه های بهینه :

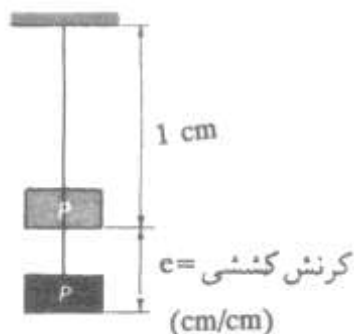
بهترین سازه می تواند پایدارترین ،مقاومترین ،کارا ترین ،زیباترین و اقتصادی ترین سازه تعریف شود .

فصل پنجم

وضعیت های اساسی تنش

تنش به وجود آمده از تغییر شکل حاصل از تاثیر نیرو در سازه بر دو وضعیت اساسی می باشد : کشش و فشار
کشش وضعیتی از تنش است که در آن ذرات مواد تمایل به کشیدگی و جدایی دارند .

- افزایش طول یک واحد طول را کرنش کششی گویند



در مثال یک کابل آویزان شده با یک وزنه ، در صورتی که مصالح در محدوده رفتار ارتجاعی خود تحت تنش قرار گیرند، افزایش طول کابل بستگی به سطح مقطع ، طول آن

$$\sigma = \frac{\text{بار وارده}}{\text{واحد سطح مقطع}} \quad \text{و مقدار بار وارده دارد .}$$

در محدوده رفتار ارتجاعی خطی ، کرنش کششی نسبت مستقیم با بار وارد بر سطح مقطع کابل دارد که به آن تنش کششی گویند



نسبت تنش کششی به کرنش کششی یک مشخصه برای مواد می باشد که به آن مدول الاستیک در حالت کشش گویند . برای یک کرنش مشخص تغییر طول کابل نسبت مستقیم با طول کابل دارد (پس هرچه بلندتر ، کرنش بیشتر هرچه قطورتر کرنش کمتر و هرچه بار بیشتر ، کرنش بیشتر)

در شرایط مساوی آلومینیوم ۳ برابر فولاد تغییر طول می دهد .

افزایش طول مهمترین تغییر شکل در اثر کشش ساده است اما علاوه بر آن تغییر طول جانبی یا قطر هم وجود دارد .
 • نسبت کرنش عرضی به کرنش طولی را ضریب پواسون است . این نسبت برای فولاد حدود $\frac{1}{3}$ می باشد .

فشار ساده : فشار وضعیتی دیگر از تنش است که ذرات مواد را به هم فشرده می سازد .

کاهش طول یکی از اثرات اعمال فشار است . تمامی تعاریف بالا (برای کشش) را برای فشار هم داریم .
 موادی که توانایی تحمل نیروی کشش را ندارند اغلب در مقابل نیروی فشاری مقاوم هستند مانند سنگ مصالح بنایی ، ملات و بتن

تمام عناصر ساختمانی باریک و بلند تحت فشار رفتاری مانند خمیدگی عضا دارند. با افزایش تدریجی فشار ناشی از اعمال نیرو جزء باریک به حد مشخص می رسد که دیگر به جای کوتاه شدن خمیده می شود و معمولا می شکنند. این حد خطرناک بار کمانش جزء نامیده میشود .

یک ستون باریک تحت تاثیر نیروهای وارده فشرده و کوتاه می گردد، با این عمل موقعیت نیروهای وزن را پائین می آورد. تمایل به پائین آوردن موقعیت نیروهای وزن یک قانون اصلی طبیعت است و از طرفی نیرو در بین انتخابهای متفاوت آسانترین مسیر را انتخاب می کند، نیرو در انتخاب کمانش یا کوتاه شدن ستون برای بارهای کوچک کوتاه می شود و زمانیکه بارها به حد کمانش برسند به جای کوتاه شدن با کمانش وخمش موقعیت بارها را پائین تر می آورد .



انحراف جزئی بار از مرکز ستون هم باعث سهولت عمل کمانش می شود .

خطر کمانش ارتباطی به ایجاد تنشهای بیشتر از تنش مجاز فشاری و یا جاری شدن تحت یک تنش پلاستیک ندارد .

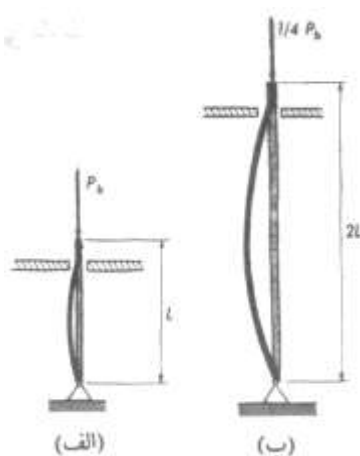
کمانش از یک جهت به تشدید شباهت دارد . اگر مقدار بار فشاری نزدیک بار کمانش باشد

ستون ناپایدار می شود و رفته رفته خم می شود تا زمانی که شکسته شود .

کمانش یک ستون بستگی به مواد و مصالح آن ، طول آن ، شکل سطح مقطع آن و

تیرداری ستون در تکیه گاههایش دارد . نیروی کمانش با مدول الاستیک مصالح متناسب

است و با مربع طول ستون نسبت عکس دارد .



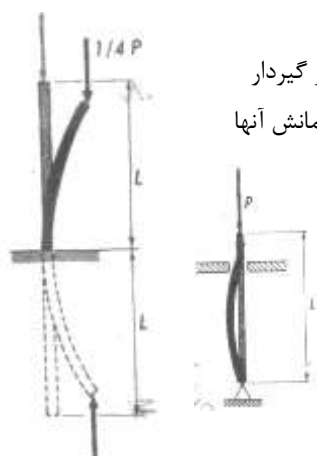
برای پایداری و مقاومت در برابر کمانش اعضای فشاری نباید باریک باشند در عین حال

سطح مقطع کوچکی باید داشته باشند تا در مصرف مصالح صرفه جویی شود .

پروفیل I شکل با جان باریک و بال پهن ، مقاطع قوطی شکل و به طور کلی مقاطعی که

بیشتر مصالح آنها خارج از مرکز سطح مقطع قرار می گیرد برای این منظور مناسب

خواهند بود .



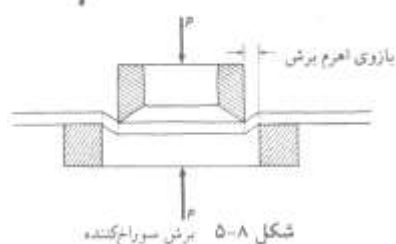
مقاومت در کمانش با گیر دار کردن تکیه گاه عضو تحت فشار افزایش پیدا می کند. یک ستون یک سر گیردار

مانند نیمه یک ستون دو سر مفصل با طول دو برابر کمانش پیدا می کند بنابراین مقاومت در برابر کمانش آنها

چهار برابر کمتر از مقاومت مشابه همان ستون با اتصال مفصلی است .

برش ساده : برش وضعیتی است از تنش که در آن اجزاء ماده نسبت به هم می لغزند مانند

پرچها در اتصالات پرچی و دستگاه سوراخ کن (پانچ)



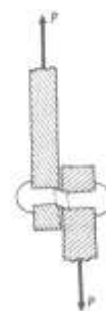
نیروی برشی تغییر شکل قابل توجهی به صورت تغییر مقطع مستطیلی

شکل به متوازی الاضلاع بوجود می آورد، مقدار کرنش برشی به

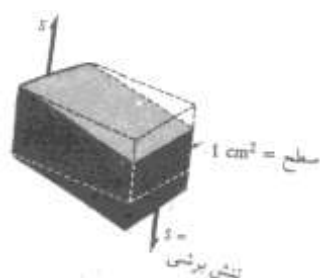
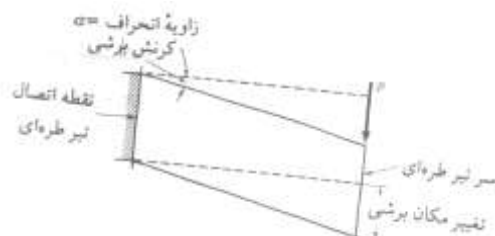
جای اندازه گیری تغییر طول (که در کشش یا فشار صورت می

گیرد) با اندازه گیری زاویه حاده متوازی الاضلاع نسبت به حالت

اولیه مشخص می شود .

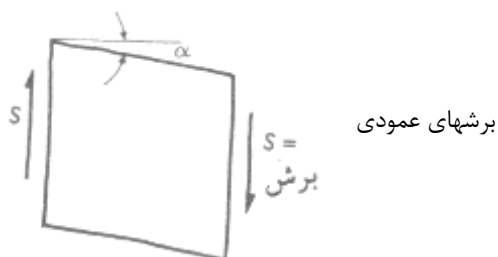


کرنش برش در تیر طره ای

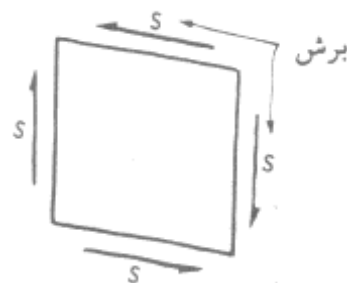


نیروهای بوجود آورنده این تغییر شکل در سطوحی که لغزش در راستای آنها صورت می گیرد عمل می کنند و زمانی که این نیروها را در واحد سطح اندازه میگیرند به آنها تنش های برشی گفته می شود .
در محدوده رفتار ارتجاعی خطی تغییر شکل متناسب با نیرواست. از این رو کرنش برشی با تنش برشی متناسب میباشد.
نسبت تنش برشی با کرنش برشی را مدول برش می نامند که مشخصه مصالح است و حدوداً کمتر از نصف مقدار مدول الاستیک ماده در کشش و فشار است .

• نیروی برشی یک نیروی مماسی است نه محوری

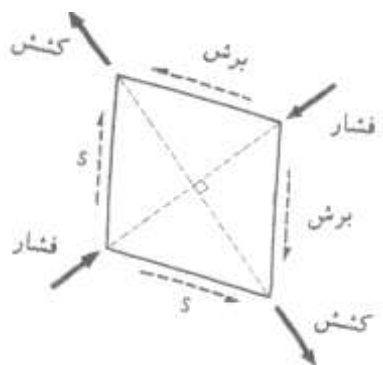


برش های لازم برای ایجاد تعادل در چرخش



می توان برش را به صورت برآیند کشش و فشار که بر هم عمودند و با راستای برش زاویه ۴۵ می

سازند ، در نظر گرفت



تعادل بین برش ، کشش و فشار

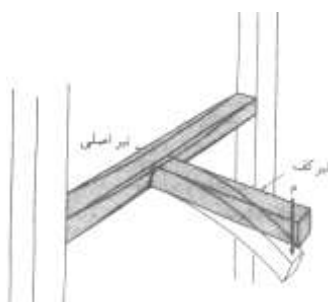
وضعیت های اساسی تنش بجای سه وضعیت ، دو وضعیت کشش و فشار است.
در نظر گرفتن برش به عنوان برآیند دو نیروی کششی و فشاری که بر هم عمود هستند از نظر علمی بسیار مهم است ، پس مصالحی که مقاومت کشش یا فشاری مناسب ندارد ، در مقابل برش هم مقاومت مناسبی ندارد.
یک میله با مقطع دایره را که سطح بیرونی آن با خطهای مستقیم شبکه بندی شده است را در نظر می گیریم اگر میله پیچانده شود ، به طوری که دو سر میله در دو جهت مخالف هم چرخانده شوند شبکه های مربعی سطح میله به صورت متوازی الاضلاع در می آیند از آن جایی که تغییر شکل های مشابه فقط می توانند در نتیجه تنشهای مشابه ایجاد شوند چرخش باید کرنشهای برشی و در نتیجه تنشهای برشی را در مقطع میله و برای حفظ تعادل در سطح محوری عمود بر مقطع بوجود آورد. این وضعیت تنش اگرچه ناشی از برش خالص است اما پیچش نامیده می شود. هرگاه باری یا بارهایی موجب چرخاندن سازه ای شوند در آن سازه پیچش بوجود می آید.

صلبیت در مقابل پیچش بستگی به جدول برش دارد .

*کارآمدترین مقاطع در مقابل پیچش مقاطع توخالی هستند که به تنشهای برشی بیشترین

بازوی اهرم را در چرخش به دور محور تیرمی دهند.

تیر اصلی تحت پیچش



خمش ساده: ترکیب فشار و کشش در تارهای مختلف یک عنصر سازه ای خمش نامیده می شود.

در شکل به علت خمش تیر، تارهای بالا تحت کشش و تارهای پائین تحت فشار قرار می گیرد و این کشش و فشار به نسبت فاصله از تار وسط یا تار خنثی افزایش می یابد.

وضعیتی از تنش که در آن تنش از یک کشش $\max$ تا یک فشار $\max$

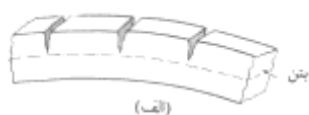
برابر به صورت خطی تغییر یابد خمش ساده نامیده می شود.

از آنجا که انتقال افقی بارهای عمودی وسط دهانه بین دو تکیه گاه عمودی

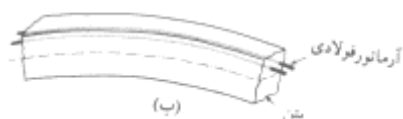
صورت می گیرد خمش از اهمیت ویژه ای برخوردار است . یک ماده

ساختمانی در صورتی از نظر خمش مناسب است که مقاومت کششی و فشاری یکسانی دارد (چوب بهمین دلیل مصالح مناسبی است .

در بتن مسلح ، حضور آهن، ضعف بتن در مقابل مقاومت کششی جبران کرده است به همین خاطر میلگرد باید در قسمتی قرار گیرد که مورد کشش قرار می گیرد.



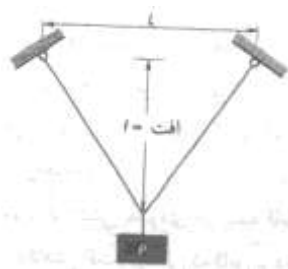
تیر بتن مسلح در خمش



فصل ششم

سازه های کششی و فشاری

کابل ها: بدلیل مقاومت کششی زیاد فولاد همراه با کارایی کشش ساده کابل فولادی عنصر سازه ای ایده آل برای پوشاندن دهانه های بزرگ است. کابل ها انعطاف پذیرند زیرا قطرشان در مقابل طولشان خیلی کوچک است $\leftarrow$ مقاومت خنثی محدودی دارند. در شکل زیر شکل مثلثی کابل میزان افت را مشخص می کند که فاصله عمودی بین تکیه گاهها و پائین ترین نقطه در کابل می باشد. بدون افت کابل نمی تواند باری را تحمل می کند زیرا در آن صورت نیروهای کششی کابل فقط منفی می شود و نمی تواند با یک نیروی عمودی تکیه گاه متعادل شود.



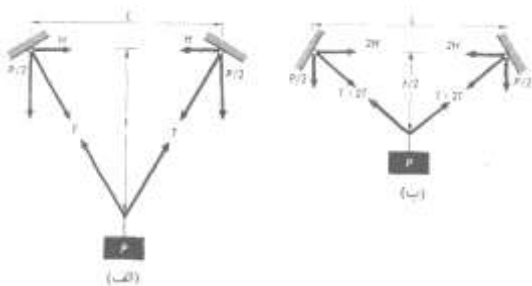
نیروی مایل در کابل در محل هر تکیه گاه می تواند به صورت ترکیب دو نیرو در نظر گرفته شود:

۱- یک نیروی عمودی که برابر نصف بار است.

۲- یک کشش افقط درونی یا رانش

• رانش نسبت معکوس با افت دارد.

تغییرات رانش کابل با افت

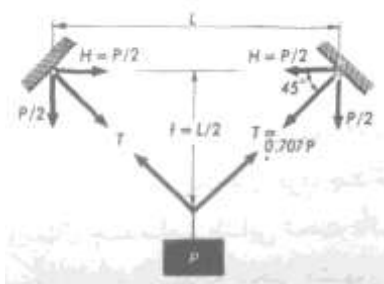


بهترین افت برای یک دهانه افقی مشخص بین دو تکیه گاه ثابت برابر

نصف دهانه و به صورت قرینه می باشد در این حالت کابل مثلثی با زاویه

۴۵ درجه را می سازد.

تازه ای به



اگر تعداد بارها در کابل افزایش یابد بدست آوردن تعادل شکل

خود می گیرد.

گویند. این

شکل بدست آمده کابل ، تحت تأثیر بارهای متمرکز را چند ضلعی طنابی

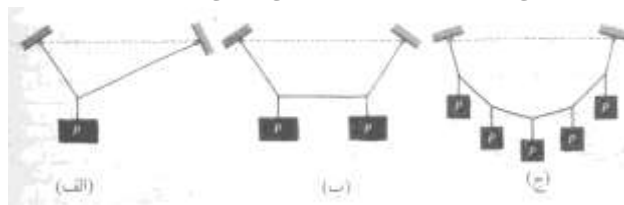
یک شکل طبیعی است که کابل برای حمل بارها در کشش به خود می گیرند . اگر تعداد بارها به اندازه ای شود که این چند ضلعی

شکل منحنی به خود بگیرد به آن منحنی طنابی گویند که تحت تأثیر مجموعه ای از بارهای یکنواخت که در جهت افقی هم فاصله

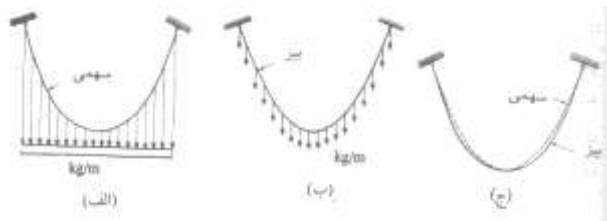
هستند به منحنی مشهور هندسی سهمی نزدیک می شود.

* افت بهینه برای یک کابل سهموی برابر 0.3 دهانه کابل

است.



منحنی های طنابی



اگر بارهای یکسان به جای این که به طور افقی هم فاصله باشند در طول کابل در فواصل مساوی قرار گیرند منحنی طنابی حاصل با سهمی متفاوت است منحنی حاصل یک منحنی «بیز» است که همان شکل طبیعی یک کابل است که تحت تأثیر وزن خود (که در طول کابل دارای توزیع یکنواخت است) قرار داشته باشد افت بهینه

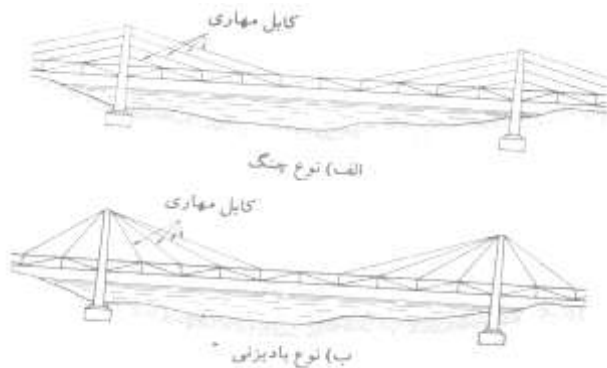
برای بیز حدود $\frac{1}{3}$ دهانه است

یک کابل که وزن خود (بار مرده) و بار یکنواختی که در جهت افقی به طور مساوی توزیع می شود را تحمل کند شکل میان سهمی و بیز پیدا می کند. مانند شکل



پل معلق + خرپای آویزان از کابل، کابل ها علی رغم کارایی بالا و اقتصادی بودنشان تغییر شکل زیاد و آنها با تغییر بار همراه است. کابل ها ناپایدارند.

خرپاهای تقویت کننده معمولاً در جهت محور پل سخت هستند بهمین خاطر پل ها بدلیل مقاومت کمتر عرضی در اثر بادهای جانبی جابه جا می شوند. مخصوصاً پل های طویل و با ارتفاع خرپای کم امکان پیچش را ایجاد می کنند و بنابراین سیمهای مهار تقویت کننده و افزایش سختی خمشی و پیچشی سطح مقطع سواره رو راهی برای حل این معضل هستند.



پل های مهاری شده با کابل

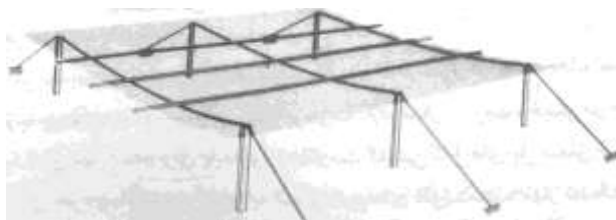


مهار کردن کابل های پل معلق

سقف های کابلی

بدلیل بازده سازه ای فوق العاده زیاد کابل های فولادی در دهانه های زیاد از آن استفاده می شود ساده ترین سقف شامل تعدادی کابل به صورت موازی است که از ستونها و پشت بندهایی با مقاومت خمشی مناسب آویزان شده اند و یا از روی عناصری با مقاومت فشاری عبور کرده به زمین مهار شده اند.

سطح سقف به شکل استوانه یا چند ضلعی معکوس می باشد.





معمار نروی، کارکرد: کارخانه تولیدی شکل

ایده بدلیل مهار نوسانات شدید در اثر سبکی کابل

سقف با بهره گیری از ایده پل معلق

ویژگی ها: سقف شامل تیر و دال های بتن

مسلح پیش ساخته (برای سنگین کردن سقف)، از لحاظ ایستایی مانند خرپای تقویت کننده عمل می کند و به خاطر وزنش باعث

پایداری کابل ها می شود، دیوارها مستقل از سقف توسط پشت بند و ستون عمودی برای مقابله در برابر باد

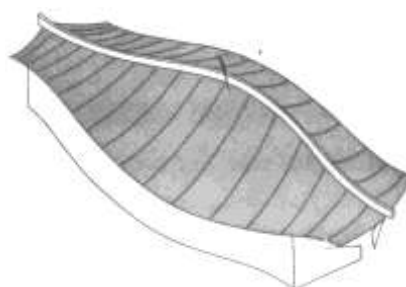
نام بنا: ورزشگاه دانشگاه ییل معمار : سارنین

سقف کابلی با عنصر میانی قوسی شکل

کابل ها از یک قوس مرکزی (که در دو انتهای دارای انحنای معکوس می باشند)

آویزان شده اند و توسط دیوارهای محیطی منحنی شکل سنگین مهار شده اند.

مصالح سقف چوب است.



ورزشگاه رالی: اثر: نوپکی

شامل دو قوس بتنی متقاطع مایل

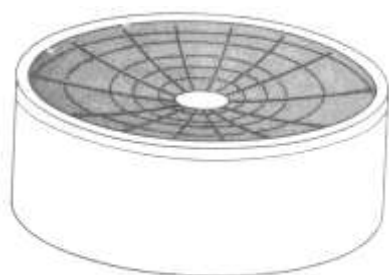
سقف کابلی با شکل زین اسبی که به دلیل وزنشان در مجموعه کابل های اصلی

تنش کششی ایجاد کرده و بار کابل ها را نیز تحمل می کنند.

قوس ها متکی بر ستون های قائم هستند . سقف از ورق های کنگره ای فلزی ساخته شده است. کابل های مقعر کابل های اصلی هستند

و کابل های محدب پایدار کننده کابل های اصلی (شکل سطح کابل ایجاد شده شکل زین اسبی است) تحت تأثیر باد پایدارتر از سقف

استوانه ای است.



نام بنا: ورزشگاه مونته ویدیو (اوروگوئه) معمار : ویرا

ویژگی : یک دسته کابل شعاعی ، طبقه فولادی کششی مرکزی را به طبقه بتنی

فشاری خارجی متصل می کند. پوشش سقف شامل تعداد زیاد دال بتنی گوه

شکل است که به صورت پیش تنیده به وجود می آیند. زهکشی سقف به وسیله

پمپاژ آب باران صورت می گیرد.

در طراحی آشیانه های هواپیما ایجاد درهای ورودی بزرگ که به صورت کشویی باز و بسته می شود الزامی است ، در عین حال تنها در

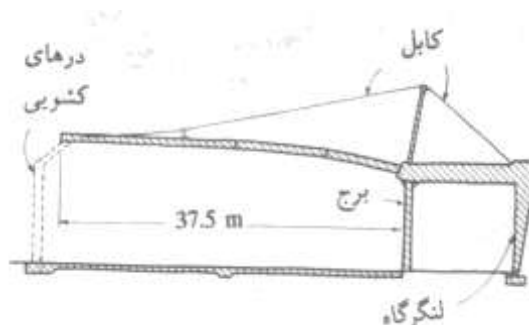
سه ضلع این فضای مستطیل شکل ستون می تواند باشد راه حل آن استفاده از یک دهانه طره ای بود که معادل نیمی از دهانه یک پل

معلق عمل می کرد سقف شامل ورق های تاشده بتن مسلح می باشد.

وزن محدود و مقاومت خمشی و فشاری زیاد ورق های تاشده بتن مسلح می باشد.

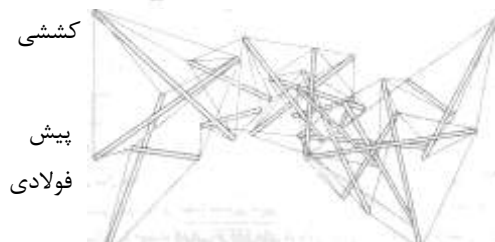
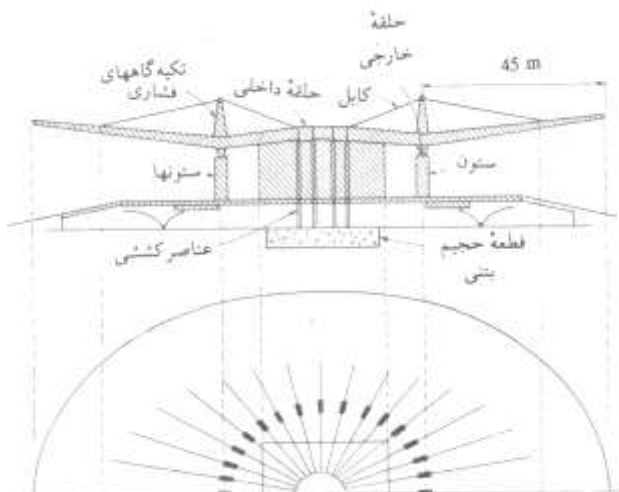
مقاومت کششی زیاد کابل ها باعث می شود که بتوان این نوع سازه را

برای طره های تا ۳۷/۵ متر به طور اقتصادی به کار برد.

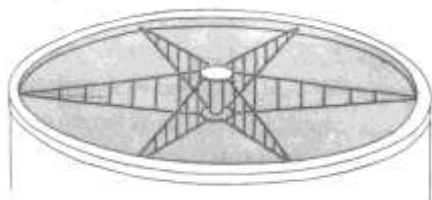
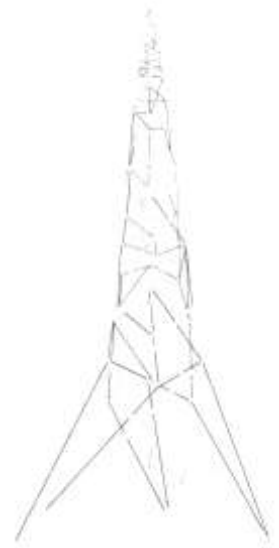


نام بنا: پایانه شرکت پان آمریکن در فرودگاه بین المللی کندی در نیویورک:

سقف شامل حلقه بیضوی خارجی و داخلی و ورق های بتن مسلح است که بر روی تیرهای شعاعی تکیه دارد. تیرها از حلقه خارجی طره شده اند و به وسیله کابل ها نگهداری می شوند حلقه خارجی بر ستون های فشاری تکیه دارد و حلقه داخلی به اجزاء کششی قائم متصل بتنی در داخل زمین مهار شده است.

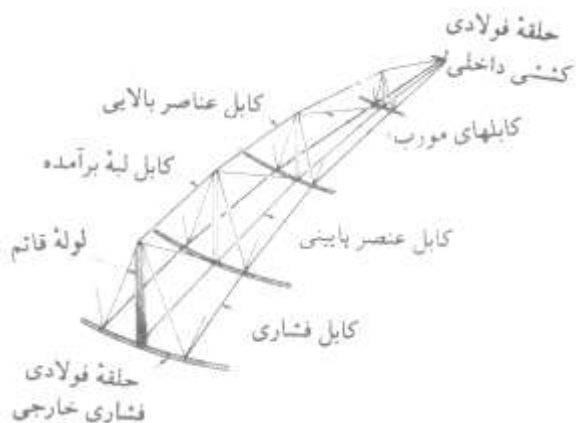


مجسمه های کش بتنی با اعضا با اعضای پیوسته و اعضا نا پیوسته اعضا کششی از کابل های فولادی تنیده و اعضا فشاری از لوله های بود.

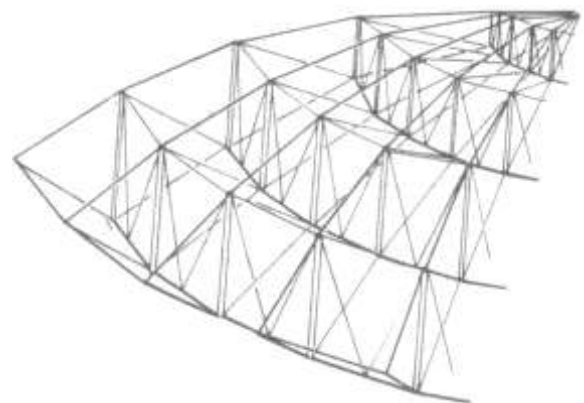


نام بنا: سالن کنفرانس یوتیکا، نیویورک

سازه چرخ دوچرخه ای یک نوع سازه کش بستی از عناصر شعاعی کششی و حلقه های کششی و فشاری، حلقه کششی داخلی و حلقه فشاری خارجی با کابل متصل شده است که بین کابل ها میله فشاری قرار دارد. سقف بوسیله ورق های فلزی پیش ساخته پوشیده شده که نوسانات سقف را از بین می برد.

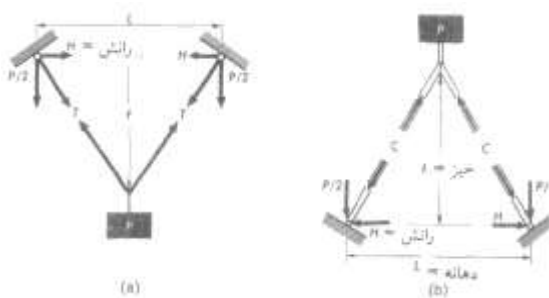


خرپاهای کش بستی، گنبد کششی گایگر

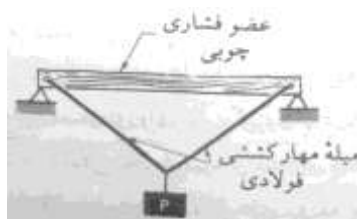


گنبد کش بستی گایگر سن پترزبورگ فلوریدا

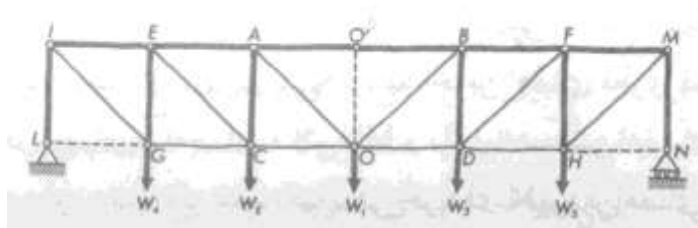
استفاده از گنبد کش - بتنی گایکر با استفاده از خرپاهای شعاعی با عناصر مورب و سیمهای از جنس کابل فولادی که در برابر عناصر عمودی فولادی لوله ای شکل پیش تنیده شده اند ، این سیمها بین حلقه فولادی کششی داخلی و حلقه بتنی فشاری خارجی قرار داده شده. این گنبد از نظر اصول مشابه سیستم چرخ دوچرخه ای است.



خرپاها: یک کابل با باری در وسط دهانه یک سازه کششی محض است اگر آن را برعکس کنیم این افت منفی یا خیز صعودی ماهیت کلیه تنشها را تغییر می دهد و کابل های رو به بالا به یک سازه فشاری خالص تبدیل می گردند. این ساده ترین مثال یک خرپا است.



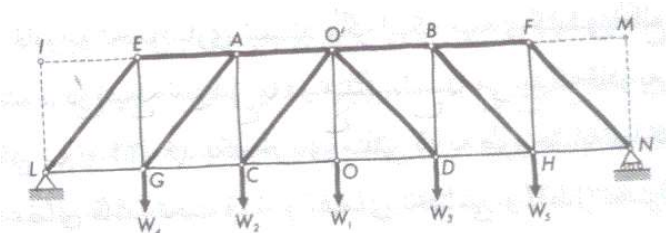
خرپاها برای پوشاندن دهانه های بزرگ از ترکیب خرپاهای مثلثی اولیه بدست می آید که اتصال اعضای آنها مفصلی است.



در این شکل اعضای فوقانی و قائم تحت فشار و اعضای تحتانی و اظهار تحت کشش هستند. این حالت در پل های راه آهن مورد استفاده قرار می گیرد و از لحاظ مکانی در زیر سطح سواره رو اجرا می گردد.

* LG', HN, OO' باری را تحمل نمی کند و صفر نیرویی هستند .

* اگر بار مرده اعضا را ناچیز بگیریم و بارها را در محل گره ها وارد کنیم تمامی اعضا به صورت فشاری یا کششی هستند اما اگر بارها در میان گره ها و بین اعضا وارد شوند خمش هم در اعضا داریم.



در این حالت اعضای عمودی و تحتانی به صورت کششی و اعضای فوقانی و اقطار به صورت فشاری . این حالت بیشتر در پلهای اتوبانها مورد استفاده قرار می گیرد و غالباً در زیر سطح سواره رو است.

گاهی ممکن است اعضای خرپا دچار کمانش شود که باید

سعی شود در طراحی خرپاهایی با اقطاری که هم کششی و هم فشاری هستند ساخته شود تا هرگاه بدلیل کمانش عضوی غیر فعال شد اقطار کششی بار را تحمل نمایند.

اتصال اعضای خرپا با استفاده از پرچ یا پیچ یا جوشکاری صورت می گیرد.



پل خرابایی مرکب

خرپا با اعضاء فوقانی منحنی شکل بسیار شبیه پل های معلق عمل می کند

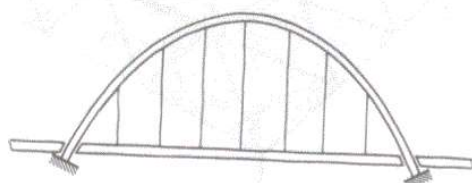


خرپاهای موازی معمولاً در طراحی سازه های فولادی برای سالن های بزرگ



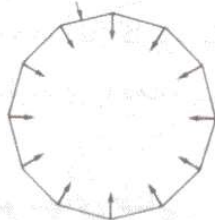
تیرچه باجان باز برای پوشاندن دهانه کوچک در کف به کار می رود

- خرپاهای عمودی در ساختمانهای فولادی برای مقاومت در برابر نیروی باد و زلزله به کار می روند.
قوسهای طنابی: قوسهای طنابی حاصل از معکوس کردن کابل کششی سهموی است. در این قوس فقط نیروهای کششی ایجاد می شود

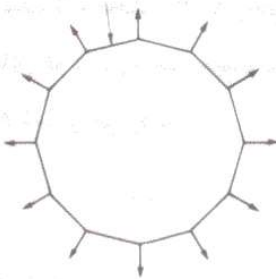


گائودی در کلیسای خانواده مقدس در بارسلون شکل ایده آل قوس را از برگرداندن چند ضلعی طنابی کششی تحت تاثیر همان بارها بدست آورد.

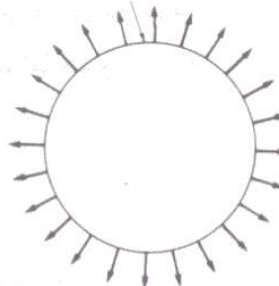
چندضلعی فشاری



چندضلعی کششی



دایره کششی

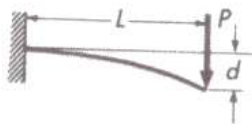


چند ضلعی طنابی برای بارهای شعاعی مساوی

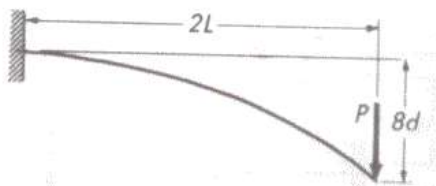
فصل هفتم

تیرها

تیرهای طره ای: مکانیزم انتقال بار در تیرها به صورت ترکیبی از خمش و برش است.
الف: با افزایش طول طره تغییر شکل در اثر بار گذاری معادل توان سوم نسبت طولهاست



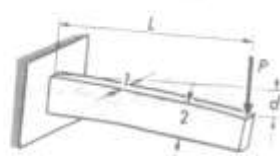
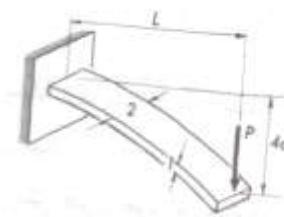
(الف)



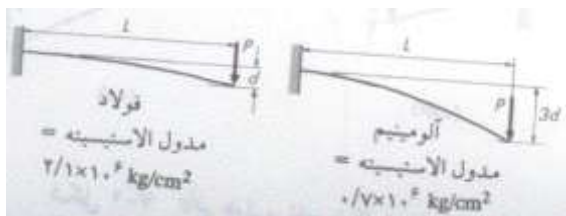
(ب)

ب: تغییر شکل خمشی در تیر به طور

معکوس متناسب است با بعد افقی مقطع تیر و توان سوم بعد عمودی آن

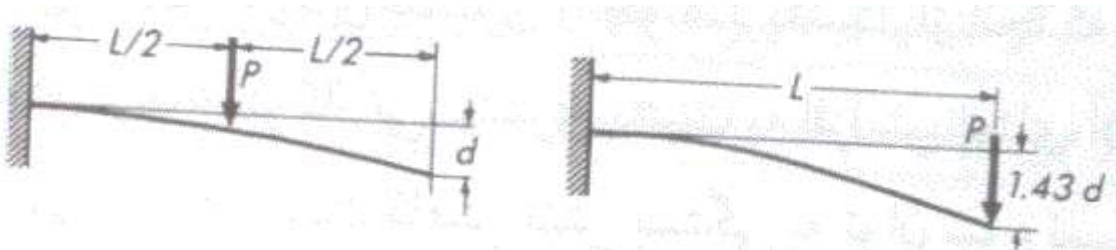


تاثیر ضخامت و پهنا بر تغییر شکل تیر طره ای



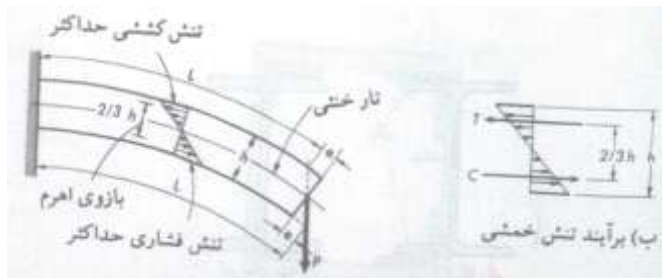
ج: تغییر شکل خمشی متناسب با معکوس ضریب ارتجاعی آن مواد است.

د: هر چقدر مکان بار گذاری از تکیه گاه به سمت انتهای آزاد تیر حرکت کند مقدار تغییر شکل خمشی بیشتر می شود.



تاثیر محل بار گذاری بر تغییر شکل تیر طره ای

- عامل هندسی دیگری که بر این نوع تغییر شکل اثر دارد شکل سطح مقطع است.
تنشهای خمشی به طور خطی از کشش ماکزیمم در تارهای بالا تا فشار ماکزیمم در تارهای زیرین تیر تغییر می کنند و در تارمیانی تیر (محور خنثی) به صفر می رسد



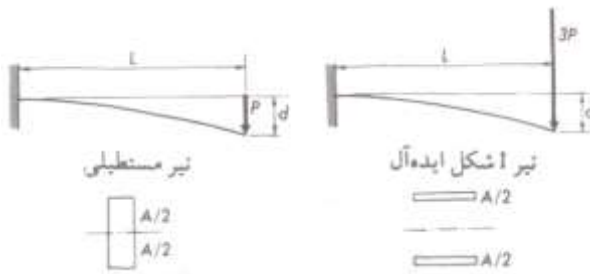
بدلیل تمایل چرخاندن تیر در جهت خلاف عقربه ساعت توسط تنش های خمشی ، هر چه ارتفاع و ضخامت تیر بیشتر باشد بازوی اهرم تنشهای خمشی هم بزرگتر می شود . بنابراین افزایش ارتفاع تیر کارایی بیشتری نسبت به افزایش پهنای آن ایجاد خواهد کرد. این امر از آن جا که نسبت کاهش تنش بستگی به توان سوم نسبت ارتفاع مقطع تیر دارد.

- تیرهای عمیق تیرهای هستند که طول آنها کمتر از دو برابر ارتفاع آنها می باشد که بارها را اغلب توسط عمل برش تحمل می کنند و هیچ تغییر خطی تنش در مقطع آنها دیده نمی شود .

از آن جا که در مقاطع مستطیل شکل تارهای زیادی (در تارهای نزدیک به تار خنثی) تنشهای کمتر از حد تنش مجاز را دریافت می کنند برای مقرون به صرفه کردن صرف مصالح تمرکز مصالح را در قسمتهای بالایی و پائینی تیر قرار داد به این دلیل استفاده از تیر I شکل با بیشترین تمرکز مواد در بالها رواج زیادی گرفت .

بال ها در خمش شرکت می کنند جان به طور جزئی در خمش نقش دارد. شکل ایده آل تیر، تیری است با تمرکز مواد تشکیل دهنده در بالا و پائین و بدون جان (که در عمل امکان پذیر نیست)

تناسب



مقاومت با شکل مقطه تیر

- مقطع قوطی ، مقطع مناسب برای مقاومت برای مقاومت در مقابل خمش و پیچش، اشکال متقارن مانند شکل . قوطی در مواقعی که مقاومت کششی و

فشاری یکسانی است، مناسب است.

مقطع T شکل تیر بتن مسلح برای آن به کار می رود که بتن در فشار قوی تر از کشش عمل می کند و تنها در قسمتهایی میلگرد استفاده می شود که کشش باشد.



- میزان سختی که مقاطع مختلف در مقابل خمش از خود نشان می دهند با کمیتی به نام ممان اینرسی

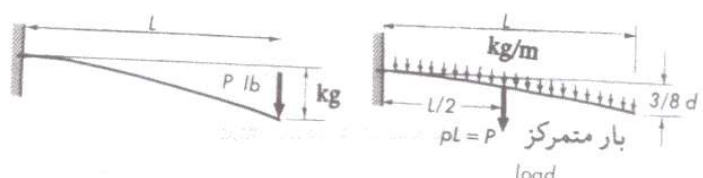
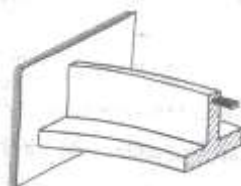
سنجیده می شود . ممان اینرسی نسبت مستقیم با سطح مقطع تیر و با مجذورفاصله مواد تا محور خنثی که به آن شعاع ژیراسیون

گویند، دارد. و نیز نسبت معکوس با تغییر شکل ها و تنشهای خمشی یک تیر دارد. تغییر شکلهای و

تنشهای خمشی یک تیر طره ای بستگی به موقعیت بار روی آن دارد. در نتیجه بیشترین تنشها در

محل اتصال تیر طره ای که در دورترین نقطه نسبت به بار است و در آن نقطه بیشترین گشتاور را

ایجاد می کند ، وجود دارد.



تغییر شکل های ناشی از بار متمرکز و بار گسترده

کارایی تیر را با تغییر سطح مقطع از تیر از سر آن تا انتهای تیر افزایش داد این عمل به روشهای زیر انجام می گردد:

الف : با ثابت نگه داشتن عمیق تیر و تغییر اندازه بال تیر از انتهای آزاد (سر) آن تا پایه

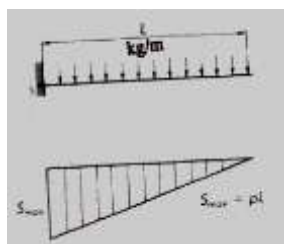
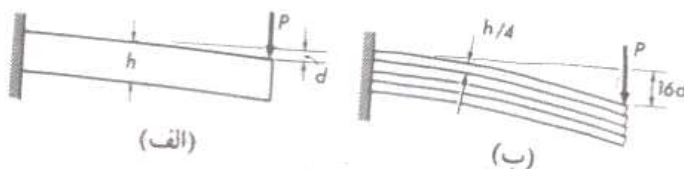
ب : با ثابت نگه داشتن سطح بالها و افزایش عمق تیر از سر به طرف پایه آن

ج: با افزایش ابعاد بالها و جان تیر از انتهای آزاد تیر طره ای به طرف پایه آن



در صورتی که جان تیر آهن نازک و بیش از حد مجاز بلند باشد کمانش جانبی اتفاق می افتد که کمانش توام با خمش و پیچش است.

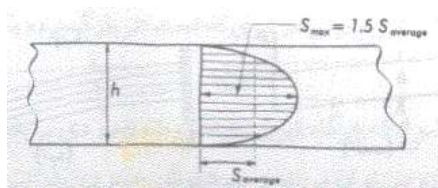
مقایسه تغییر شکل تیرهای با ضخامت کم که بر روی هم قرار گرفته اند و تیر یکپارچه



توزیع برش در تیری که تحت اثر بار گسترده یکنواخت باشد

• وظیفه اصلی جان در مقطع I شکل ایجاد تنشهای برشی است و بالها اساساً خمش را تحمل

می کند. تنش برشی max تقریباً برابر با بار تقسیم شده بر سطح جان است نیروی برشی از انتهای آزاد تیر طره ای تا تکیه گاه متناسب با بار افزایش می یابد و معمولاً در تکیه گاه حداکثر است



• در یک مقطع مستطیل شکل تیر تنشهای برشی به صورت سهمی در بعد عمودی مقطع توزیع می شود و مقدار آن در محل تار خنثی max است که این مقدار برابر ۱/۵ برابر متوسط تنش برشی است.

تیرهای با تکیه گاه ساده : وقتی یک تیر با تکیه گاه ساده گفته می شود که در دو انتهای آن تکیه گاه وجود داشته باشد ، امکان

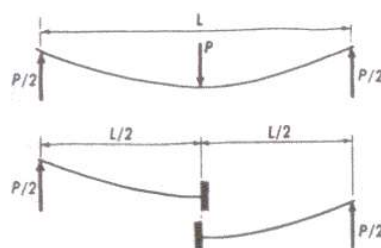
دوران در دو سر آن فراهم باشد و تیر در برابر تغییرات طولی

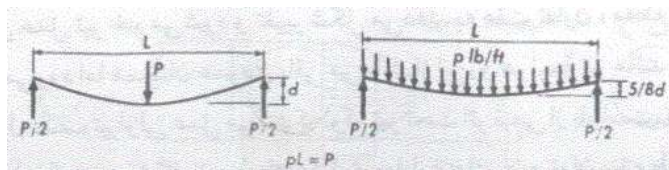
تیر آزاد باشد



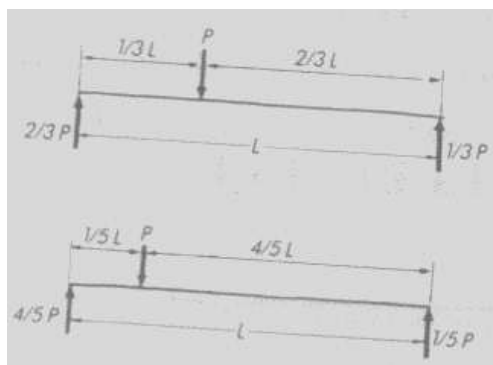
همان طور که تغییر شکل تیر طره ای متناسب با بار انتهای آن و توان سوم طول

آن می باشد تغییر شکل یا خیز تیر با تکیه گاه ساده نصف $\frac{1}{8}$ یا $\frac{1}{16}$ تیر طره ای با همان طول و تحت اثر همان بار است .





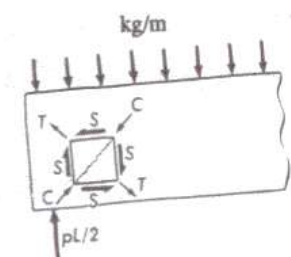
به همین ترتیب بار نیمه ای که بر نصف طول تیر عمل می کند حداکثر به اندازه $\frac{1}{4}$ تنشهای خمشی تیر طره ای تنش ایجاد می کند یک تیر با تکیه گاه ساده محکمتر و سخت تر از تیر طره ای



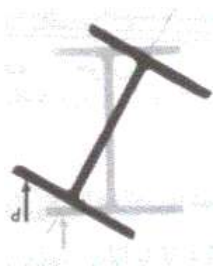
با همان طول است و می تواند در وسط دهانه چهار برابر بیشتر تحمل بار داشته باشد و تحت اثر این بار $\frac{1}{4}$ خیز یا تغییر شکل تیر طره ای را خواهد داشت. وقتی که همان بار متمرکز بطور یکنواخت توزیع شود تنشهای در تیر نصف می شوند و تغییر شکل ها به $\frac{5}{8}$ حالتی که بار در وسط دهانه تیر است می رسند.

تنشهای خمشی در یک تیر با بار گسترده یکنواخت نیز بیشترین مقدار را در وسط دهانه دارند و نیز برش در نزدیکی تکیه گاهها ماکزیمم می باشد. برش در وسط دهانه از بین می رود. از بین رفتن عمل برش در نقطه ای که تنشهای خمشی به حداکثر میرسد خاصیت عمده انواع تیرهاست

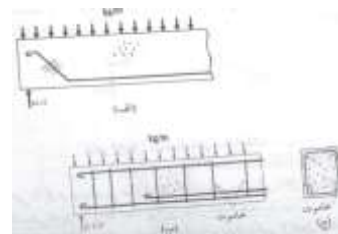
واکنش های ناشی از بار نامتقارن



- وجود نیروی برشی حداکثر در نزدیک تکیه گاه یک تیر به روشنی به وسیله ترکهای ۴۵ درجه در نزدیکی تکیه گاه تیر بتنی که به حد کافی فولاد گذاری برشی نشده آشکار است به منظور اجتناب از حالت بالا تیرهای ساده بتن مسلح به صورت زیر باید میلگردگذاری شوند.

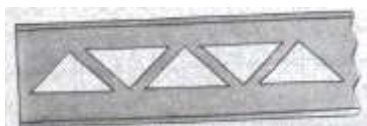


ترکهای ناشی از برش نزدیک تکیه گاههای تیر استفاده از خاموت که لایه های افقی تیر را به هم متصل می کند مقاومت لازم در برابر برش افقی ایجاد می کند

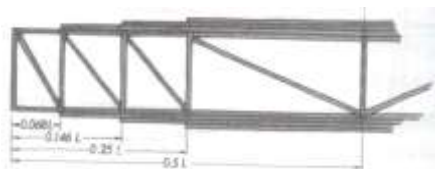


تیر اصلی مرکب با سخت کننده های جان برای جلوگیری از کمانش

- میلگردها در یک تیربتنی با تکیه گاه ساده در کف به کار می روند و اگر لازم باشد از نظر تعداد و سطح در مرکز تیر افزایش می یابند.



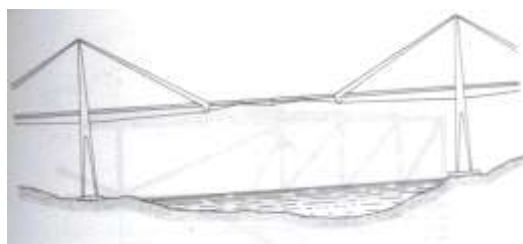
پیچش در اثر قرار گیری اشتباه بارها به سمت کناره های بال بالایی و ایجاد بازوی اهرم نسبت به جان تیر ایجاد می شود.



سبک کردن تیر و خالی کردن مصالح در حوالی تار خنثی

خرپا با حداکثر کارایی .

اما بدلیل اقتصادی بودن معمولاً طول اعضای عمودی خرپای مستطیل شکل مساوی است.

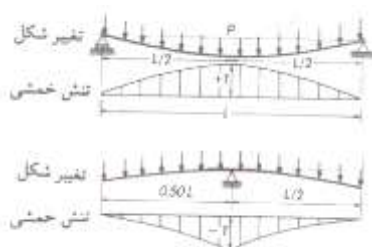


معمولاً خیز تیرها در ساختمان ها به $\frac{1}{360}$ دهانه و در پل ها به $\frac{1}{800}$ دهانه محدود می شود.

- طولی ترین پل ساخته شده از بتن مسلح ، دهانه اصلی شامل تیرهای طره ای مهار شده و تیرهای میانی با تکیه گاه ساده است. ترکیب موثر سازه کششی و خمشی، اتصالات منحنی بین دهانه امکان تغییرات انبساط حرارتی را امکان پذیر می کند.

تیرهای گیر دار و تیره های یکسره :

برای بالا بردن کارایی تیرها ساده باید تکیه گاهها به طرف مرکز منتقل شوند بدین ترتیب علاوه بر قسمت اصلی تیر در آن دو بخش طره ای بوجود می آید که باعث می شود خمیدگی (خیز) وسط دهانه کاهش پیدا کند تیر ممکن است در وسط دهانه

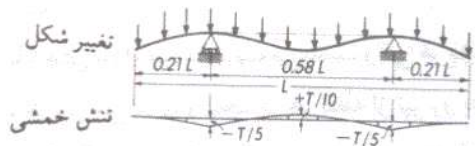
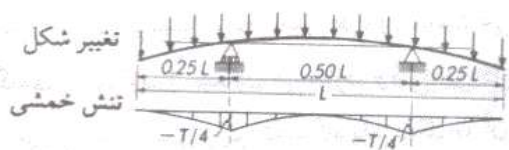


انحنای رو به بالا نداشته باشد اما همیشه در انتهای آن دارای انحنای رو به پایین است. بررسی رفتار تیر با کاهش طول طره های جالب است وقتی هر دو تکیه گاه در وسط دهانه یکی شده اند دو نیمه تیر طره ای میشوند و در هر نقطه از تیر رو به پایین است بیشترین تنشها در تکیه گاه اتفاق می افتد که از نظر مقدار برابر و در خلاف جهت تنشهای وسط دهانه تیر ساده هستند.

وقتی نسبت طول طره به دهانه بین دو تکیه گاه یک به دو باشد تغییر مکان

مقطع وسط دهانه به مقدار جزئی به طرف بالا است

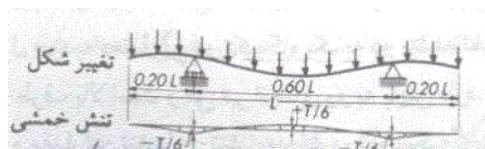
ولی کل تیر انحنای رو به پایین دارد . بزرگترین تنشها روی تکیه گاهها اتفاق می افتد و مقدارش $\frac{1}{4}$ تنش حداکثر در تیر با تکیه گاه ساده در انتهاست .



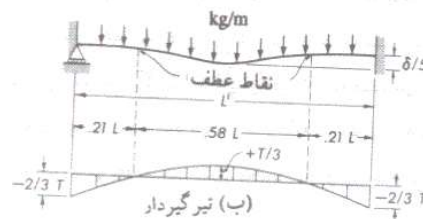
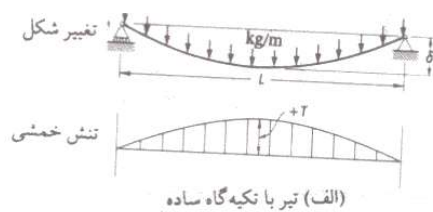
وقتی نسبت طول طره به دهانه بین تکیه گاهها یک به دو و نیم باشد مقاطع تیرروی تکیه گاه دوران نمی کنند. تنشهای روی تکیه گاه دو برابر تنشها در وسط دهانه (با علامت مخالف) و برابر $\frac{1}{5}$ تنشهای حداکثر تیر با تکیه گاه ساده در انتها می باشد

وقتی دو انتهای دو تیر ثابت (گیردار) شود مانند دهانه میانی یک تیر ساده

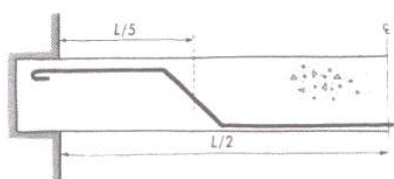
با طره های جانبی با نسبت طره به دهانه ۱ به $\frac{2}{5}$ رفتار می کند



تنشهای ماکزیمم در چنین تیر گیرداری تحت بار گسترده یکنواخت در دو انتهای ثابت آن ایجاد می گردد. این تنشها دو برابر مقدار تنش در وسط دهانه و دو سوم تنشهای وسط دهانه تیر با تکیه گاه ساده است .



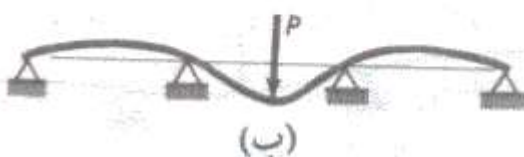
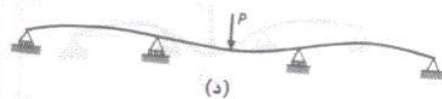
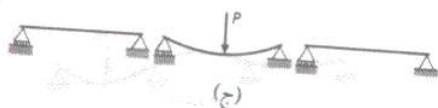
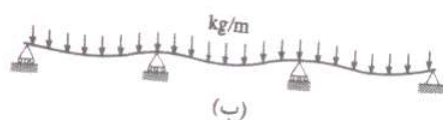
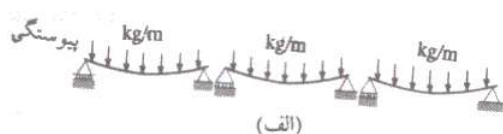
تیر گیر دار ۵ برابر تیر با تکیه گاه ساده سخت تر است ، خیز وسط دهانه اش $\frac{1}{5}$ خیز تیر با تکیه گاه ساده است



در تیرهای گیردار بتنی باید میگردهای کششی نزدیک وسط دهانه در پایین مقطع و نزدیک تکیه گاهها در بالای مقطع قرار داشته باشد

انحنای محور تغییر شکل یک تیر گیر دار در دونقطه عطف تغییر جهت می دهد که نقاط تغییر انحنای یا نقاط عطف نامیده می شود. هر جا که تنشهای خمشی به صفر برسند در واقع علامت تنشها عوض شود، آنجا نقطه عطف می باشد. در نتیجه رفتار تیر در نقاط عطف مانند تکیه گاه ساده است زیرا تنشهای خمشی در دو انتهای مفصلی یک تیر با تکیه گاه ساده به صفر می رسند. بنابراین یک تیر با دو انتهای گیردار معادل یک تیر با تکیه گاه ساده همراه با دو تیره جانبی طره ای خواهد بود و این علت اصلی ظرفیت بیشتر تحمل بار و نیز سختی بیشتر این تیر است.

یک تیر گیردار یا ستون با انتهای گیردار در کمناش طولی چهار برابر استحکام یک تیر یا ستون با تکیه گاه ساده خواهد بود.



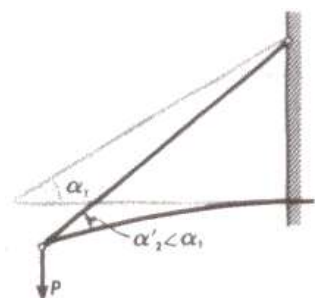
تغییر انحنای در تیر یکسره تحت اثر بارهای متحرک

هر گاه امکان بار روی دهانه های مختلف قرار گیرد وجود داشته باشد تیرهای گیردار ساخته شده از بتن مسلح باید هم در بالا و هم در پایین میلگرد کششی داشته باشند، مانند بارهای متحرک روی پل ها

تنشهای خمشی ثانوی :

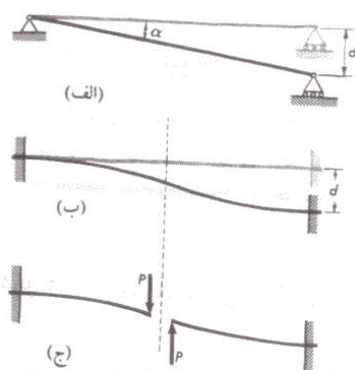
تنش های فشاری و کششی در کل مقطع یک سازه ای ثابت هستند تنشهای مستقیم نامیده می شوند . این تنشها با تنشهای خمشی که با رفتار خطی در مقطع از فشار $\max$ به کشش $\max$ تغییر می کنند ، متفاوت هستند . تنشهای مستقیم مانند میله های مفصلی یک خرپا هستند که در سطح مقطع خود فشار یا کشش ساده یکنواخت دارد.

• یک سازه در کشش یا فشار بسیار سخت تر است تا در خمش



عمل خمش در خرپا

اگر در یک خرپا اتصالات مفصلی در اثر شرایط آب و هوایی ، زنگ زدگی ، رنگ کردن قفل شود در این حالت مقدار تنشهای خمشی اضافی ایجاد می شود . به این تنشها ، تنشهای خمشی ثانوی گفته می شود که ممکن است به مقادیری بیش از ۲۰٪ تنشهای مستقیم برسد .



نشستهای نا هماهنگ انتهای تیر ، در این نشست تیر ساده بهتر عمل می کند زیرا خود را با موقعیت جدید وفق می دهد و این یک عیب تیرهای گیردار است .

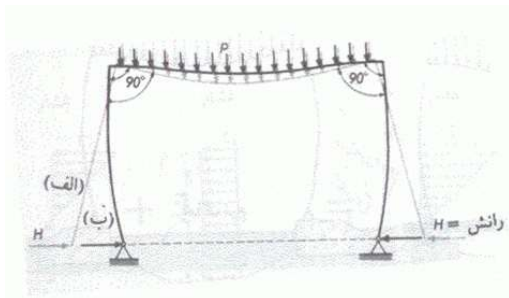
• در سازه هایی که احتمال نشست یا تغییر شکل های ناشی از درجه حرارت دارد تکیه گاههای گیردار ایجاد تنشهای ثانویه می کنند . در نتیجه بهتر است از یک سازه انعطاف پذیر استفاده شود .

• صلبیت برای مقابله در برابر بارها و انعطاف پذیری برای مقابله در برابر تغییر شکل ها مناسب است .

فصل هشتم

قابها و قوسها

نعل درگاهها یک تیر ساده هستند که بوسیله دو ستون نگهداری می شوند و بار سقف را تحمل میکند. ستونها اعضا فشاری عمودی هستند که توسط نعل درگاه تحت فشار هستند. ستونها نیز باید در برابر بعضی از بارهای افقی مانند نیروهای باد مقاومت کنند. این مقاومت در ستونهای چوبی و فلزی بدیل توان خمشی آنها و در پایه های سنگی یا ساخته شده از مصالح بنایی به خاطر وزن آنهاست ستونها و پی ها اساساً تحت فشار هستند و این مشخصه یک سیستم تیر و ستون است



تغییر شکل قاب با اتصال مفصلی در تکیه گاه

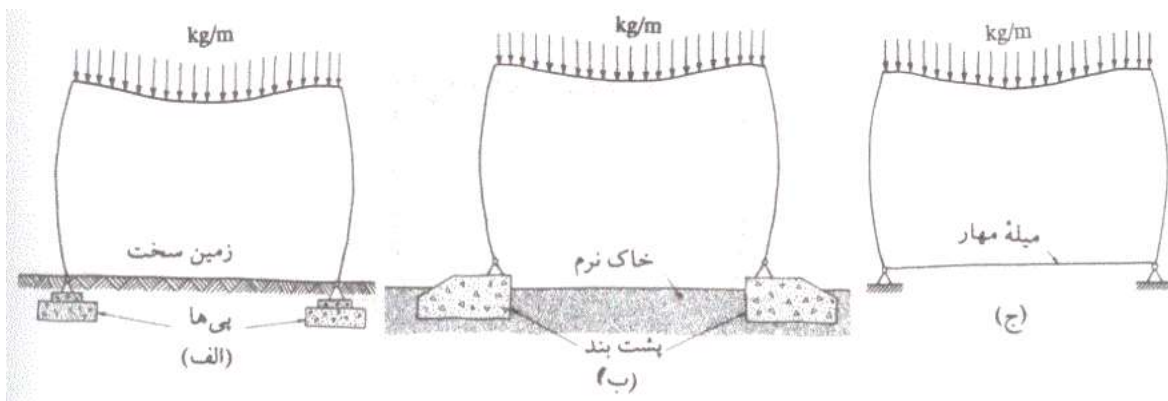
از اتصال عناصر عمودی و افقی قاب ، سه پیامد حاصل می شود

(الف) دو انتهای تیر تقریباً مهارشده در نتیجه تیر صلب تر و مقاومت خمشی

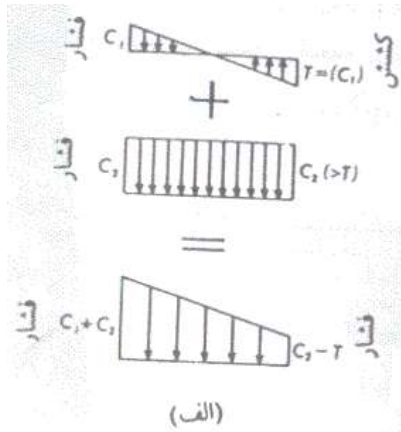
بیشتری برای حمل بارهای سنگین پیدا می کند

(ب) ستونها نه تنها بارهای فشاری تیر و وزن خودشان بلکه تنشهای خمشی حاصل از اتصال با تیر را نیز تحمل می کنند.

(ج) یک نیروی افقی جدید برای نگه داشتن قاب در حالت تعادل تحت تاثیر بارهای عمودی لازم است. یک نیروی مهار که ستونها را به حالت عمودی برمی گردانند و از طریق ستونها در تیر نیروی فشاری ایجاد می کند مانند نیروی رانش پی.



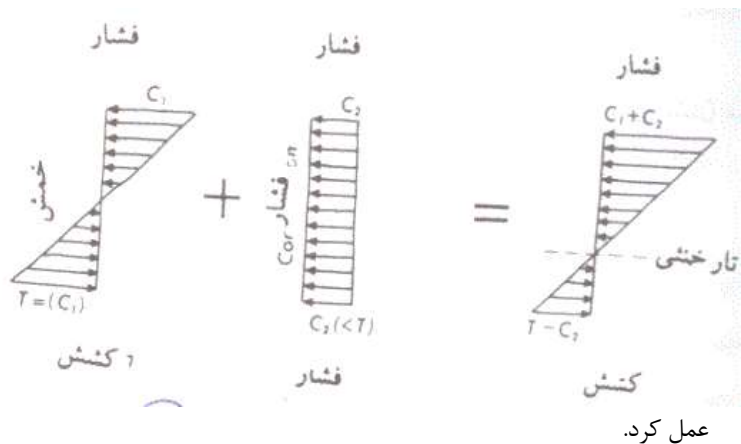
هر سه عضو یک قاب ساده تحت تاثیر نیروی فشاری و خمشی قرار دارند. خمش ساده باعث توزیع خطی تنش از یک تنش کششی ماکزیمم به یک تنش فشاری ماکزیمم مساوی در مقطع عضو می شود. معمولاً در ستونها فشار غالب است. ولی در تیرها خمش غالب است به طوری که در بعضی قسمتهای تیر تنشهای کششی ایجاد می شود.



تنشهای ناشی از فشار و خمش در ستون سمت راست قاب ساده

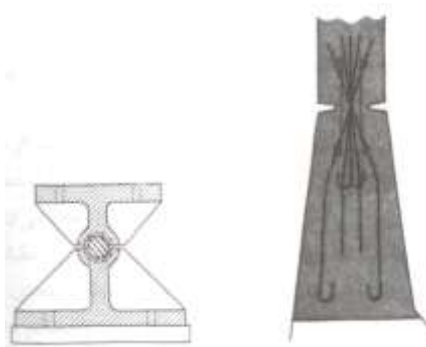
تنشهای ناشی از فشار و خمش در تیر قاب ساده

اتصال ستونها به تکیه گاه می تواند ساده یا گیردار باشد. در اسکلت فولادی بوسیله پیچ اتصال مفصلی واقعی را می توان ایجاد کرد، در قابهای بتن آرمه برای ایجاد اتصال ساده مانند شکل زیر می توان

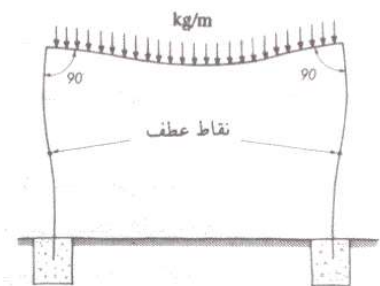


عمل کرد.

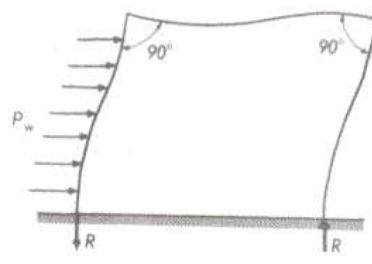
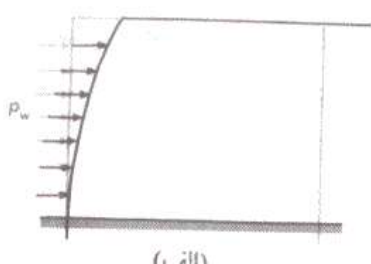
اتصال مفصل ، مفصلهای فولادی و بتنی مسلح



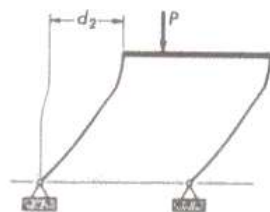
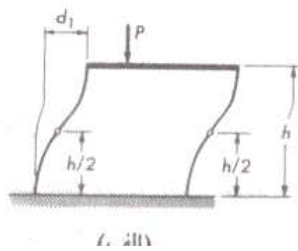
تغییر شکل قاب با اتصالات گیردار تحت تأثیر بارهای عمودی نشان می دهند که در ستونها نقاط عطف بوجود می آید .



نیروهای مهاري در قاب صلب بيشتر از قاب مفصلي مي باشد ، قاب ها نسبت به سيستم هاي تير و ستون مقاومت بيشترى در مقابل بار

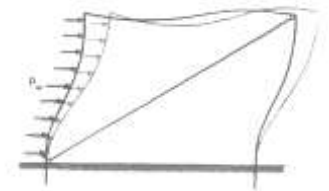


عمودى دارند ولى مزيت عمده اين سيستم مقاومت قابل ملاحظه در برابر بارهاي جانبي است. ستون رو به باد در كمش و ستون پشت باد در فشار است.



تغییر شکل قابهای مفصلی و گیردار با تیر سخت تحت تأثیر بار نامتقارن

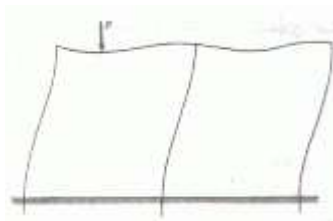
قاب سخت شده توسط
عناصر مورب



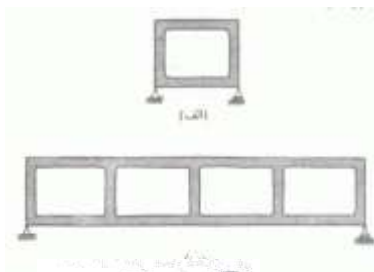
* به طور کلی سیستم های سازه های مستطیل شکل مثل قابها از سازه های مثلثی شکل انعطاف پذیرتر هستند ، ولی سیستم های مثلثی بندرت با اهداف عملکرد سازه های مدرن هماهنگی دارند.

قابهای چند دهانه:

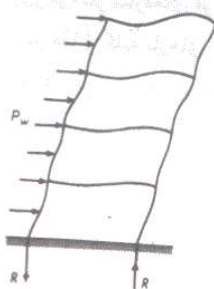
مزایای تیرهای پیوسته می تواند با استفاده از قابهای چند دهانه مورد بهره برداری قرار گیرد. در این قابها یک تیر افقی توسط ۳ یا بیشتر از سه ستون با اتصالات صلب تحمل می شود.



تغییر شکل جانبی قاب چند دهانه

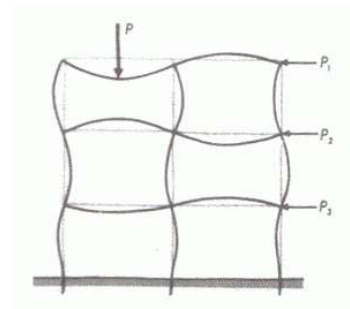


در این حالت از لحاظ تئوری تنها دو دهانه خارجی نیاز به تقویت یا مهار شدن خواهند داشت. خرابی ویرندیل که نوعی قاب که با چند دهانه با تیر یکسره در بالا و پایین ستونها است نیز سیستمی بسته می باشد و ممکن است به عنوان یک خرپا برای پوشش دهانه های بزرگ و یا پل ها به کار رود. در این حالت قاب چند دهانه ممکن است مثل یک تیر با بالهای کششی و فشاری تصور شود که ستونها وظیفه تحمل نیروی برشی را دارند.



قاب چند طبقه تحت اثر بار جانبی

قاب چند طبقه تحت تأثیر بار متمرکز



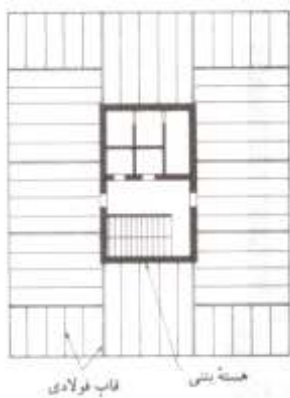
قاب سه بعدی



قاب های سه بعدی سازه های صندوقه ای را تشکیل می دهند که در اکثر سازه های فولادی و بتنی به کار می روند این قابهای سه بعدی به طور یکپارچه در مقابل کلیه بارهای افقی که از جهات مختلف وارد می شوند مقاومت می کنند.



شرکت بیمه جان هنگام سمت راست
برجهای سیزر در شیکاگو در سمت چپ



این ساختمانها دارای سازه های فولادی با قابهای با دهانه کم در قسمت بیرونی ساختمان هستند این سازه ها اساساً مانند لوله های فولادی طره شده با مقطع مستطیل شکل عمل می کنند.

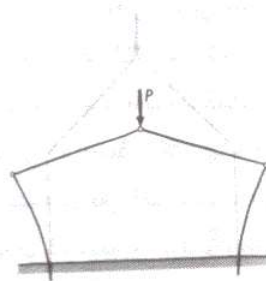
آسمان خراشهای بتنی نمی توانند به بلندی آسمانخراشهای فولادی برسند بلندترین آن ها واترتاور در شیکاگو است که ارتفاع آن ۲۷۳ متر بود. این ساختمانها معمولاً شامل قابهای خارجی و هسته مرکزی ساخته شده از دیوار بتنی است. دیوارهای بتنی هسته مرکزی به علت سختی جانبی شان در ساختمانهای بلند با قابهای خارجی فلزی به کار می روند.

آسمانخراش یک تیر باریک و قائم طره ای است که در مقابل بارهای جانبی و عمودی مقاومت می کنند. ستونها از بالا به سمت پائین ضخیم تر می شود.

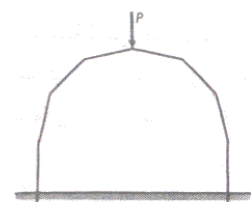
نمای ساختمان های جدید اغلب از فلز یا بتن و شیشه ساخته می شوند که به آنها دیوارهای پرده ای گفته می شود.

قابهای جناغی و قوس ها:

اگر عضو فوقانی یک قاب به حالت افقی نباشد و به صورت شیروانی باشد طراحی بهتری صورت گرفته . هر چه ارتفاع شیروانی بیشتر باشد ، رانش و به دنبال آن خمش در اعضا کاهش می یابد.



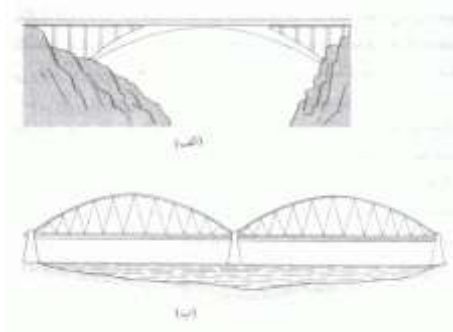
قاب چند ضلعی

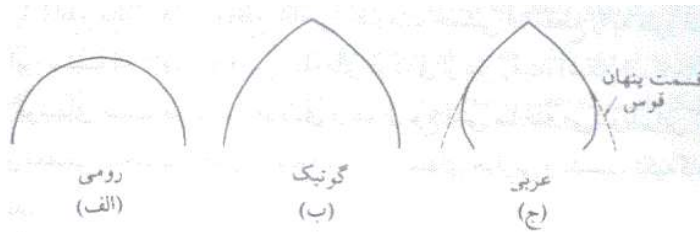


در طراحی با مصالح بنایی چون قوس تحت بارگذاری سنگینی بر اثر وزن دیوارها قرار می گیرد شکل قوس معمولاً منحنی طنابی بارهای مرده بود. و مقدار کمی خمش در اثر بارهای زنده در آن ایجاد می شود. اگر قوس فولادی باشد بار زنده اهمیت بیشتری پیدا یا وارد میکند و مقدار زیادی خمش ایجاد می شود ولی این خمش به علت مقاومت کششی فولاد بندرت بحرانی می شود. میله رابط می تواند رانش پی را تحمل کند.

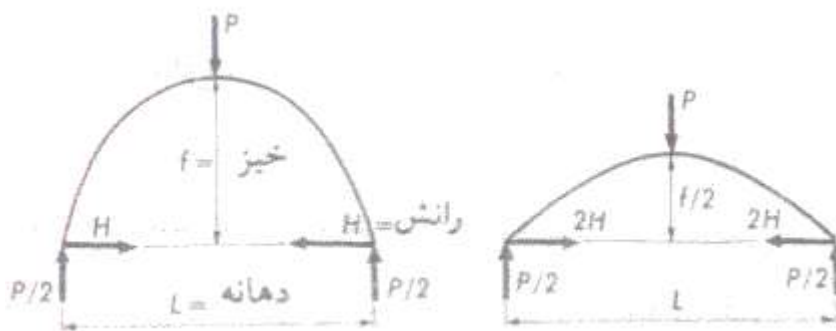
در شکل:

الف : میله ها فشاری هستند و ب: میله ها کششی هستند.

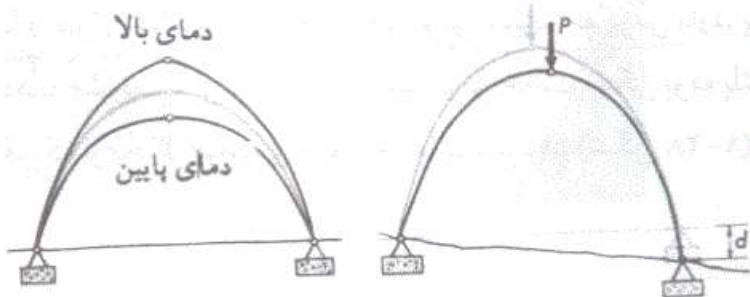




رانش متناسب با کل بارها و طول دهانه می باشد و با خیز قوس نسبت معکوس دارد.



تناسب رانش قوس با خیز



قوس سه مفصلی باعث می شود در برابر تغییرات حرارتی و نشست انعطاف پذیری بیشتری داشته باشد.

جا به جایی قوس سه مفصلی

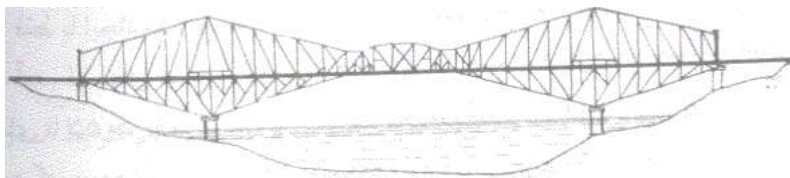
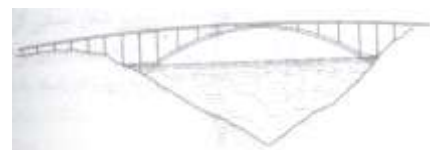


یک کلیسای گوتیک

یک کلیسای گوتیک اساساً یک سازه قابی شکل است که اعضای منحنی شکل قاب منحصراً تنشهای فشاری را تحمل می کنند.

خیز زیاد قوس رانش را کاهش می دهد و پشت بندهای شمشیری با شکل قوس نصف رانش را از ستونهای داخلی به خارجی منتقل می کند. وزن ستونهای خارجی همواره با برجها به نیروی رانش جهت تقریباً عمودی می دهند.

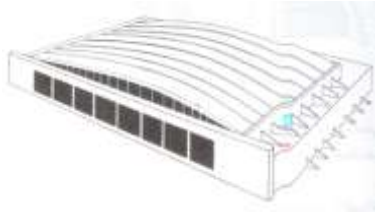
* بزرگترین قوس یک دهانه ساخته شده از بتن مسلح پل کرک در یوگسلاوی است



پل کبک بلندترین دهانه طره ای جهان

سقفهای قوسی:

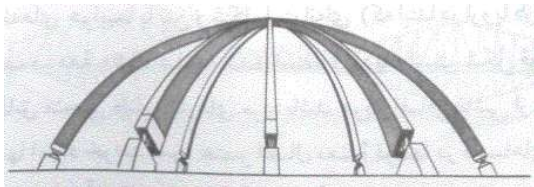
از یک سری قوس موازی که بوسیله اعضاء مورب به هم متصل می شوند و توسط ورقه هایی پوشانده می شود و نهایتاً تشکیل یک سقف استوانه ای می دهند.



سقف استوانه ای قوسی

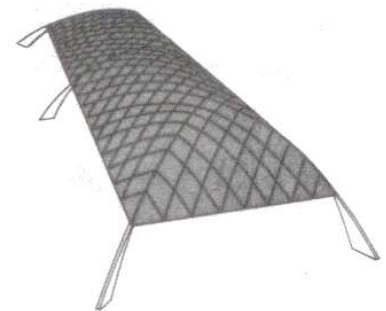


سقف با قوس مورب

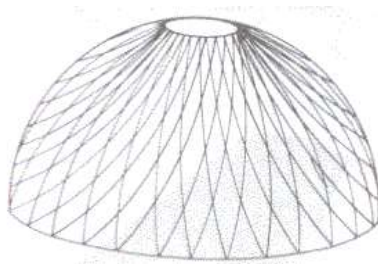


سقف با قوس های شعاعی

سقف استوانه ای لاملا از تقاطع یک سری قوس های موازی با قوس های موازی دیگری که به طرف دیگر متمایل شده اند . این حالت مخصوصاً وقتی که طول اضلاع مستطیل زیاد با یکدیگر تفاوت نکند موثرتر است.



گنبد لاملا:

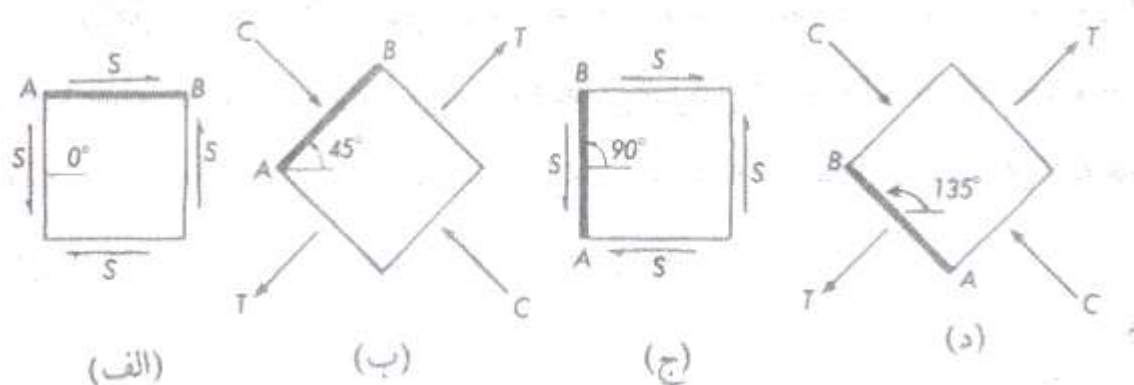


دنده های متقاطع ، مارپیچی هستند سقفهای دنده دار قوسی از نظر سازه ای رفتاری مشابه پوسته ها دارند.

فصل نهم

نکات ظریف در رفتار سازه ها.

برش خالص برآیند فشار و کشش است که با هم زاویه قائمه می سازند.

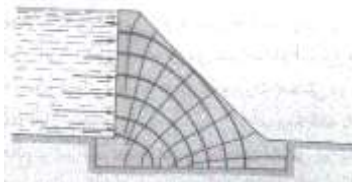


برای زاویه برابر صفر حالت افقی ضلع AB تنش برشی خالص است برای زاویه 45° این تنش تبدیل به فشار می شود برای یک زاویه 90° دوباره تنش برشی است و برای یک زاویه 135° درجه به کشش تبدیل می گردد.

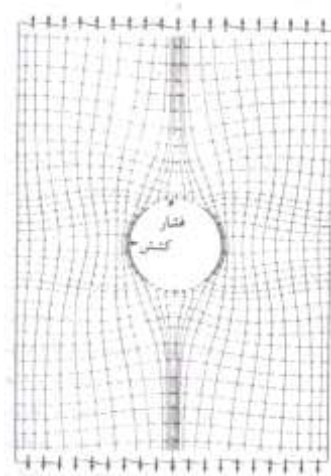
در حالت ابتدای برش ساده تنش max، کششی است که با زاویه 135° درجه وارد شده و تنش min، فشاری است که با زاویه 45° درجه وارد می شود. در این شرایط هیچ گونه برشی در اضلاع عنصر وجود ندارد.

* جهات عمودی که در آنها تنشهای مستقیم به حداکثر یا حداقل می رسند جهات اصلی نامیده می شود و مقادیر این تنش را مقادیر اصلی می نامند.

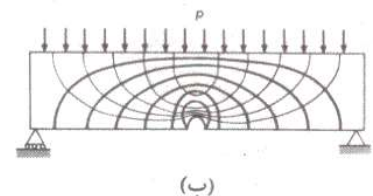
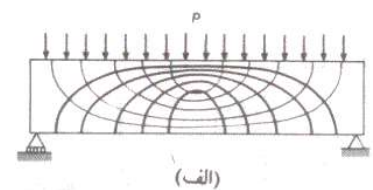
خطوط اصلی تنش را خطوط ایزواستاتیک گویند.



خطوط ایزواستاتیک سد



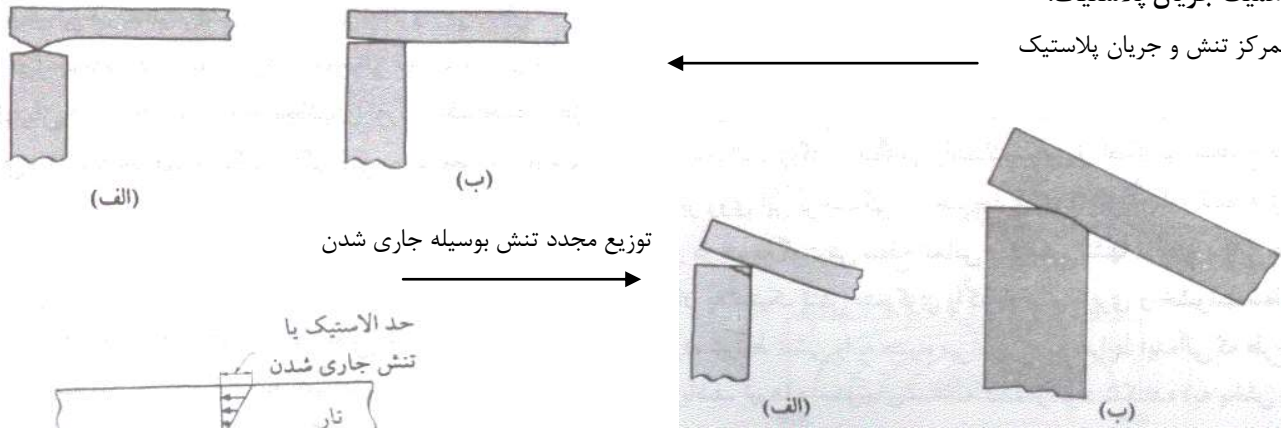
خطوط ایزواستاتیک در یک میله کششی سوراخدار



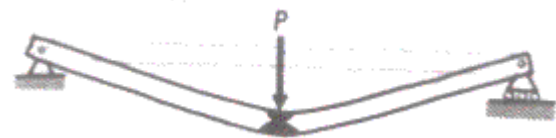
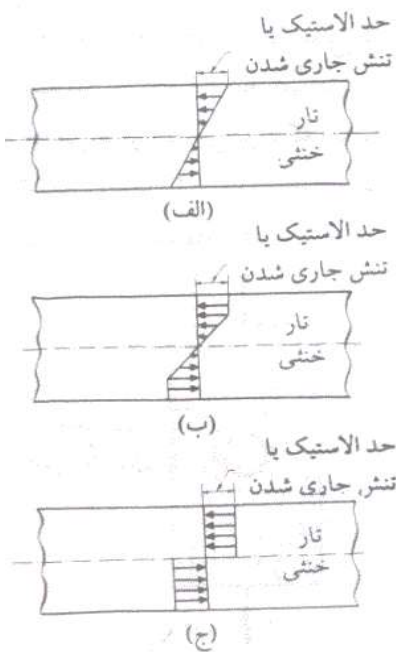
خطوط ایزواستاتیک تیر با تکیه گاه ساده

اهمیت جریان پلاستیک:

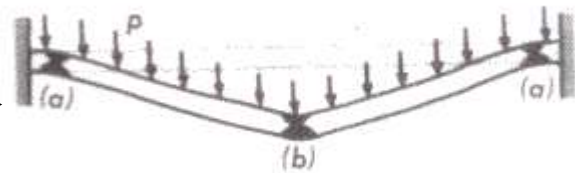
تمرکز تنش و جریان پلاستیک



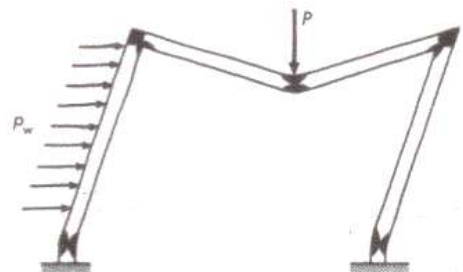
جریان پلاستیک در مقطع تیر، در قسمت (ج) گویی تیر در وسط دهانه خود یک مفصل دارد و تبدیل به یک مکانیزم سه مفصلی می شود و این حالت روند تخریب را طولانی تر می کند



مفصل پلاستیک در تیر با تکیه گاه ساده



مفصل های پلاستیک در تیر با انتهای گیردار



مفصل های پلاستیکی در قاب ساده

- * جریان پلاستیک مکانیزمی است که بوسیله آن سازه تنشهای موجود را مجدداً توزیع می کند و در برابر یک گسیختگی ناگهانی ایمن می شود.
- * سازه ای که بدین ترتیب طراحی می شود و قادر به توزیع مجدد تنش بین اعضایش است سازه با تکیه گاه اضافی نامیده می شود و از نظر استاتیکی یک سازه نامعین است. داشتن تکیه گاه اضافی یک ضامن اساسی برای امنیت سازه در برابر تخریب سازه ای است و باید پایه و اساس طراحی تمام سازه های مهم باشد.

فصل دهم

شبکه ها، صفحه ها، ورقه های تا شده، قابها و فرپاهای فضایی:

انتقال نیرو در دو جهت :

سازه هایی مانند کابل، قوس، قاب، تیر سراسری دارای ویژگی توزیع و انتقال نیروها در یک جهت می باشند این سازه ها را سازه های مقاوم یک بعدی می نامند.

اگر یک صفحه مستطیل شکل با مجموعه تیرها پوشانده شود هر بار وارد بر سقف فقط در یک تیر تغییر شکل می دهند که این سیستم دارای کارایی پائین است برای حل این مشکل باید از

سیستمی استفاده کرد. که بار را در دو جهت منتقل کند.

شبکه های مستطیل شکل (موازی): اگر بار در حمل تقاطع

دو تیر وارد شود هر دو تیر بار را تحمل می کنند و به این

ترتیب بار بطور دو طرفه منتقل می شود.

در این حالت هر تکیه گاه $\frac{1}{4}$ بار وارد بر تیر را تحمل می

کند.

اگر دو تیر با سطح مقطع یکسان دارای دهانه های با نسبت یک به دو

از لحاظ طولی باشند نسبت سختی آنها ۸ به ۱ خواهد بود. در نتیجه تیر

کوتاه $\frac{8}{9}$ بار و تیر بلند $\frac{1}{9}$ بار را حمل خواهد کرد.

این مثال نشان می دهد فقط در صورتی که دو تیر از نظر سختی کاملاً یا

تقریباً مساوی باشند انتقال دو طرفه صورت می گیرد اگر سختی تیرها

متفاوت باشد تیر سخت تر بار بیشتری را حمل خواهد کرد. برای برقرار

کردن یک انتقال دو طرفه موثر در دهانه های نامساوی یا باید تیر بلندتر را

با سطح مقطعی سخت تر انتخاب کرد یا شرایط تکیه گاهی سخت تری در تیر بلند تر ایجاد کرد.

* بارها تمایل دارند در امتداد کوتاهترین مسیر ممکن به طرف تکیه گاه حرکت کنند و عمل دو طرفه به محض این که نسبت اضلاع

مستطیل بیشتر از $\frac{1}{5}$ شود از بین می رود.

شبکه تیر در هم بافته شده (مانند شبکه بتن مسلح که به علت ساخت یکپارچه و پیوسته حاصل می شود) می تواند کارایی بیشتری

داشته باشد.

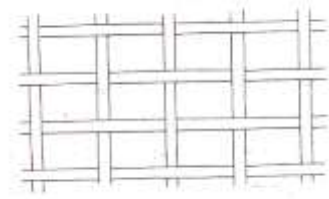
جایگزینی خراباها به جای تیرها، شبکه ها را به قاب های فضایی مستطیل شکل تبدیل می

کند که دارای همان رفتار دو طرفه می باشد.

اتصالات صلب بین تیرهای دو سیستم رفتار سازه ای دیگری را در شبکه ها ارائه می دهد.

اگر وقتی دو تیر که در وسط دهانه به هم متصلند تحت اثر یک بار متمرکز در نقطه

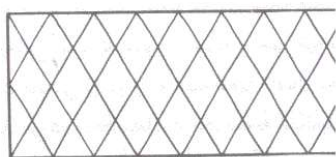
تقاطعشان قرار گیرند مقاطع وسط دهانه آنها به طرف پائین حرکت می کنند اما به علت



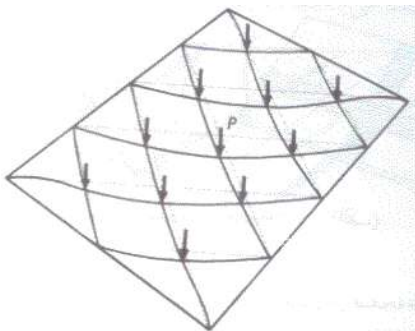
تقارن همچنان عمودی باقی می ماند وقتی محل تقاطع دو تیر در وسط دهانه نباشد مقاطع تیر منحرف شده و حول محور خود می چرخد. پیوستگی حاصل از اتصالات صلب، تغییر شکل خمشی یک تیر را به تغییر شکل دورانی (پیچشی) تیر دیگر تبدیل می کند. علی رغم خصوصیات جالب شبکه ها باید به خاطر داشت که در عمل غالباً سیستم تیرهای یک طرفه از نظر اقتصادی نسبت به سیستم شبکه های دو طرفه مقرون به صرفه تر می باشند زیرا مخارج اجرای اتصالات در شبکه های دو طرفه زیاد است.

* برای مناسب بودن تیرها از نظر مقاومت و تغییر شکل ، نسبت ضخامت به دهانه نمی تواند کمتر از $\frac{1}{20}$ باشد.

شبکه های مورب: راه حل دیگر برای کاهش ضخامت کف ها و هزینه های کلی ساختمان استفاده از شبکه های مورب می باشد که تیرها بر هم عمود نیستند.



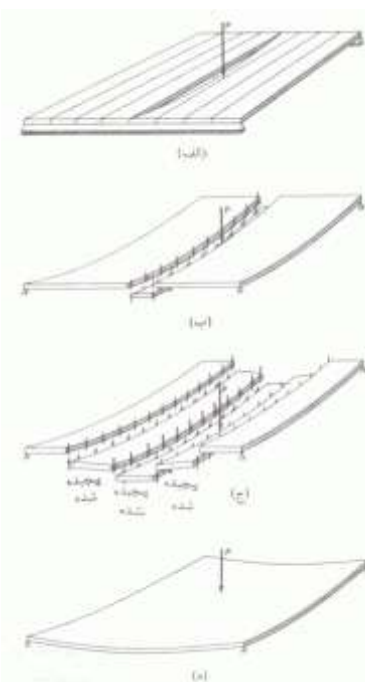
وقتی یک ضلع مستطیل بسیار بزرگتر از ضلع دیگر باشد بیشتر دهانه های تیرهای شبکه مورب برابر خواهند بود و در نتیجه فقدان رفتار دو طرفه تا حدود زیادی جبران می شود. از طرف دیگر تیرهای قطری نزدیک به رؤس مستطیل کوتاهتر و سخت از سایر تیرها است و تکیه گاه قوی تری برای تیرهایی که با آنها تقاطع دارند خواهند بود. این تیرها با آن که دارای تکیه گاه ساده هستند مانند تیرهای گیردار عمل می کنند.



در این حالت نسبت ضخامت به

دهانه آنها می تواند حتی $\frac{1}{40}$ تا

$\frac{1}{60}$ کاهش یابد.



رفتار صفحه ای (ورق های مسطح):

مزایای یک سیستم سازه ای کاملاً یکپارچه با رفتار دو طرفه در تمام نقاط طبعاً بیشتر از شبکه دو طرفه تیرها است.

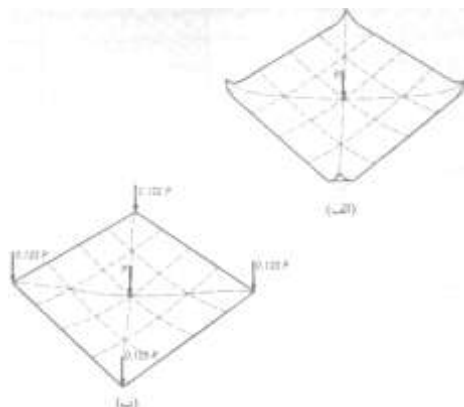
رفتار صفحه ای

* تحمل بار توسط پیچش یکی از مشخصات صفحه ها است و وجه تمایز آنها با تیرها و شبکه ها است.

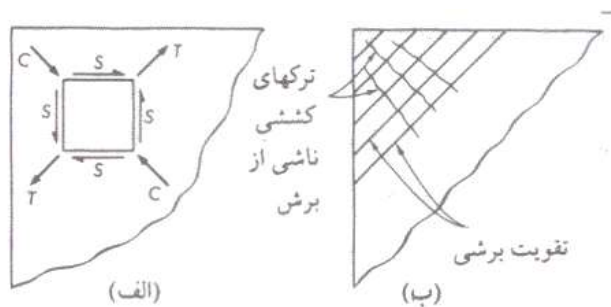


تغییر شکل صفحه مربع شکل با تکیه گاه ساده تحت اثر بار یکنواخت

پیچیده شدن گوشه های صفحه

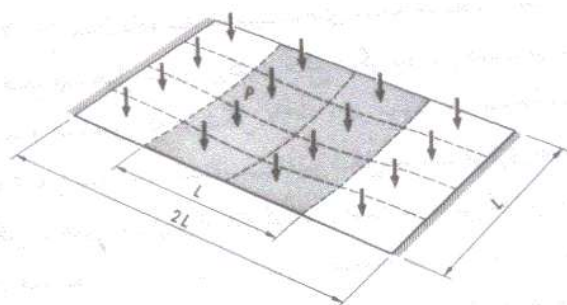


* اطلاع از میزان تنش های $\max$ و $\min$ یا تنشهای معکوس و جهاتی در صفحه که در آنها تنشهای برشی پیچشی به حداکثر می رسند برای تعیین محل صحیح میلگردهای تقویتی در صفحه های بتن مسلح بسیار ضروری است.

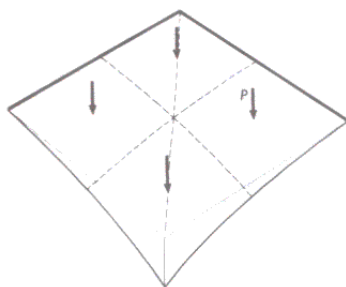


تقویت برشی در گوشه های صفحه

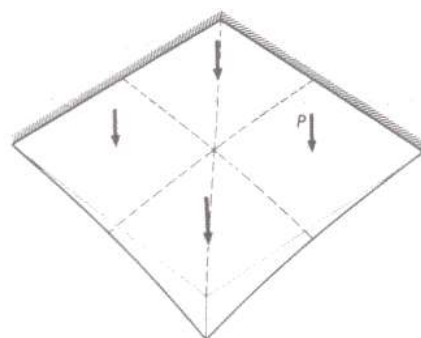
سازه های صفحه ای:



تکیه گاههای ساده و گیردار در اضلاع رو به روی هم در صفحه

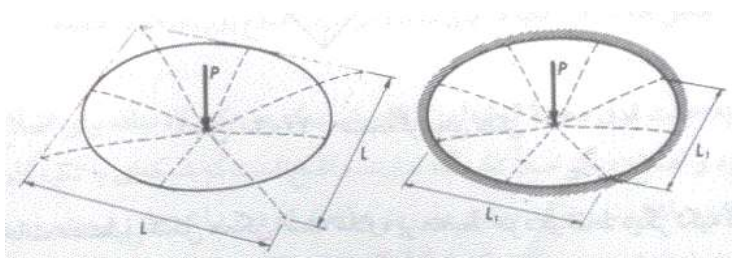


تکیه گاههای ساده و گیردار در اضلاع مجاور در صفحه

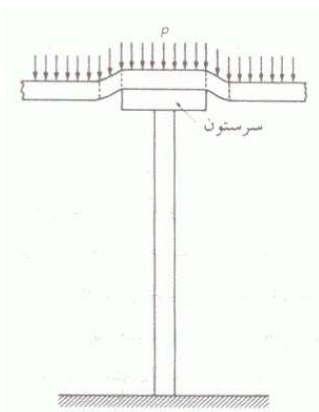


صفحه گوشه ای بالکن

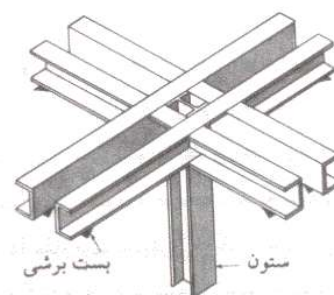
رفتار یک صفحه دایره ای با لبه های گیردار شبیه یک صفحه مربع شکل محاط در آن دایره است.



سر ستون باعث می شود سقف در مقابل نیروی برش سوراخ کننده ستونها مقاومت بهتری داشته باشد ، به جای سر ستون می توان از اتصال دهنده های برشی فولادی در طراحی بتن مسلح استفاده نمود که موجب انتقال بار از ستون به دال بتنی است .



اتصال دهنده برشی





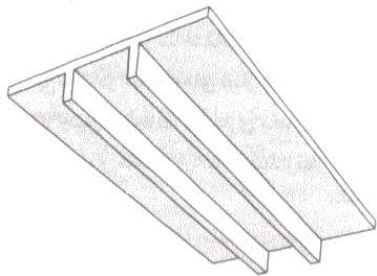
* مجموعه آپارتمانی هبیتات در مونترال ← ساختمان سازی جعبه ای یا سلولی (پانل های پیش ساخته و دال بتنی).

محفظه های انبار

صفحات شیب داری مقداری از بار را توسط کشش و فشار در جهت پایین شیب خود حمل کرده و مقداری را نیز توسط رفتار صفحه ای در جهت عمود بر صفحه تحمل می کنند.

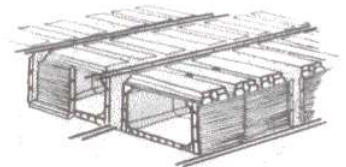
صفحات تقویت شده با تیر:

این صفحات مزیت پیوستگی را به دلیل عملکرد صفحه ای و مزیت افزایش عمق مقطع را به دلیل دارا بودن تیر از خود نشان می دهند.



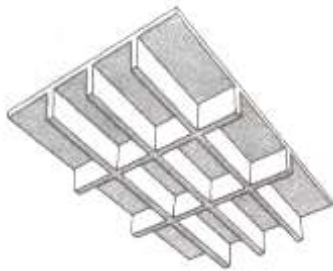
یک نمونه از این صفحات سقف تیرچه بلوک است.

کف فولادی از ورق نازک گالوانیزه ساخته شده است و به علت مقطع موجدارش تیرهای یک طرفه در



دال بتنی ایجاد می کند.

یک صفحه تقویت شده با تیرهای عمود بر هم در دو



جهت سقف یا دال داخل (دال ارتوتروپ) نامیده می شود که برای پوشش سطح مستطیلی شکل به کار می رود .

* با توجه به نظریه آرکانجلی می توان شبکه تیرها را در امتداد خطوط ایزواستاتیک صفحه ها بوجود آورد. الگوی قرارگیری تیرها به شرایط تکیه گاهی صفحه و نحوه توزیع بار بر آن بستگی دارد.

مقاومت نهفته در صفحه ها: صفحه ها سازه های مقاوم دو بعدی خوانده می شود.

یکی از مشخصات اساسی سازه های دو بعدی مقاومت نهفته بالای آنهاست که ناشی از دو منبع جداگانه می باشد:

- (۱) توزیع مجدد تنشها
- (۲) عملکرد غشاهای نازک



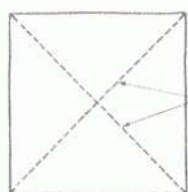
در یک صفحه تنشهای max اصلی فقط در یک نقطه یا نقاط محدود از صفحه اتفاق می افتد و بیشتر مقاطع تحت اثر تنشهای کمتری هستند با افزایش بار در مقاطع بحرانی توزیع مجدد تنش صورت می گیرد سپس تنشهای سایر مقاطع نیز زیاد می شود.

به محض آن که یکی از مقاطع جاری می شود تنشها در سایر مقاطع تا به حد جاری شدن افزایش می یابند . این عمل تا زمانی که تمامی خطوط مقاطع جاری شوند تداوم می یابد و به این ترتیب لوله های گسیختگی ایجاد می شود. وقتی تعداد لوله های گسیختگی زیاد شود، مجموعه به صورت مکانیزم

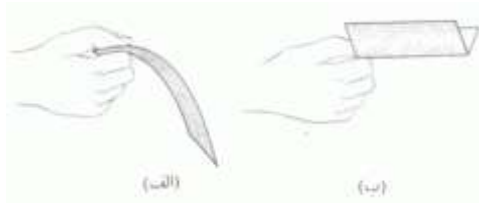
متحرکی در آمده قادر به تحمل بار اضافی نخواهد بود.

* اشکالی که بدون کشیدن یا ایجاد برشهایی در آنها امکان گسترش یا انطباق آنها بر روی صفحه نباشد اشکال گسترش ناپذیرند مانند کره اما استوانه یک شکل گسترش پذیر است.

* رفتار صفحات ، رفتار غشایی معادل رفتار دو بعدی کابلی است.



لولاهای گسیختگی



ورق های تا شده:

می توان با تا کردن صفحه کارایی آن را بالا برد . یک صفحه کاغذ که از یک لبه نگه داشته شده

تحمل وزن خود را ندارد

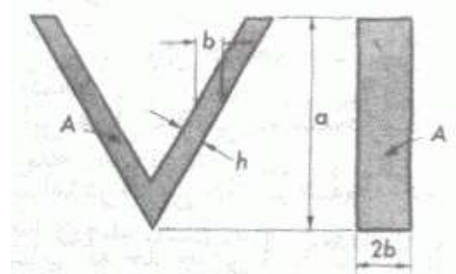
اما با خم کردن آن بخشی از مواد از تار خنثی دور می شوند و بازوی لنگر افزایش

می یابد و مقاومت خمشی

افزایش می یابد و صفحه

خود را نگاه می دارد

جنس ورق های تا شده



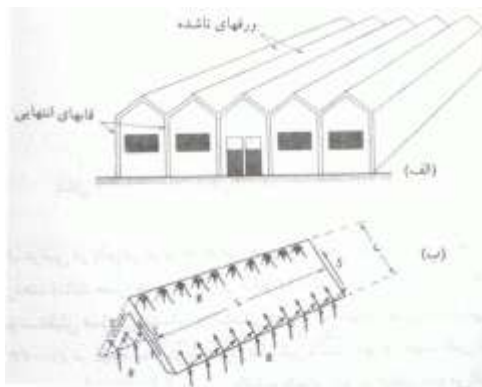
فولاد ، چوب ، آلومینیوم یا بتن مسلح است . رفتار این ورق ها به صورت

ترکیبی از رفتار تیرهای طولی و عرضی است از آنجا که طول دالها چندین

برابر پهنای آن ها است هر دال به تنهایی یک صفحه است که فقط رفتار تیر

یک بعدی در جهت عرض را از خود نشان می دهد (بدلیل اختلاف زیاد

نسبت اضلاع)

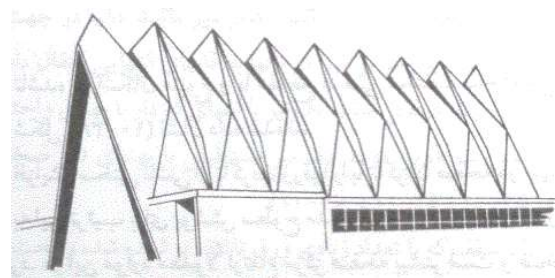


رفتار طولی تیر در ورق تا شده



ورق های چند ضلعی تا شده

ساختمان با ورق تا شده



تخریب این سازه بیشتر ناشی از کمانش ورق های نازک در نقاطی است که تنش

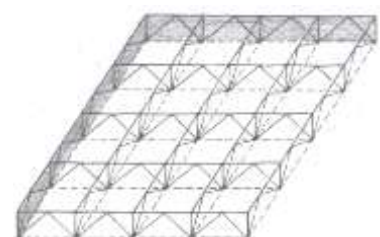
فشاری ایجاد شده است.

قابهای (خرپاهای فضایی) Space Frames

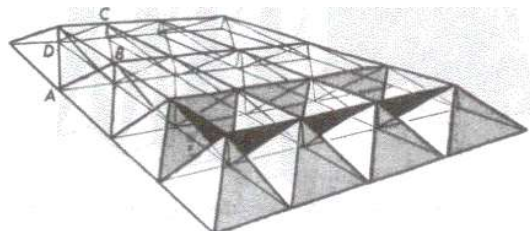
می توان با جایگزین کردن خرپاها بجای تیرها، عمل دو طرفه سیستم شبکه مستطیلی یا

مورب را برای پوشش سطوح بزرگ به کاربرد ، به علت مقاومت پیش کش کم خرپاها تنها مقدار

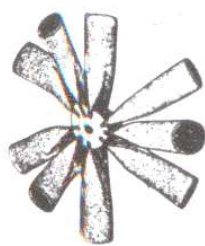
کمی از بار را با عمل پیش کش تحمل می کنند.



در صورتی که نقاط اتصال خرپاهای موازی عمودی بوسیله میله های مورب به هم متصل شوند افزایش قابل توجهی در مقاومت پیچشی این سقفها حاصل می شود.

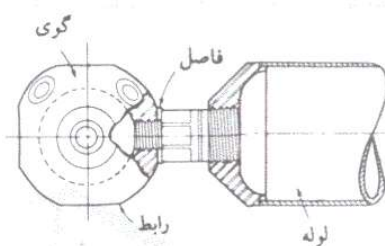
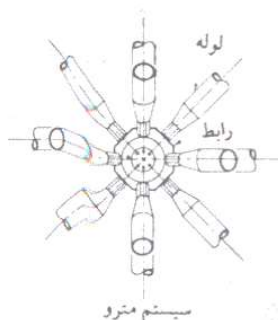


چنین خرپاهای فضایی مثلثی قابهای فضایی نامیده می شوند و معمولاً پوشاننده سطوح هستند.

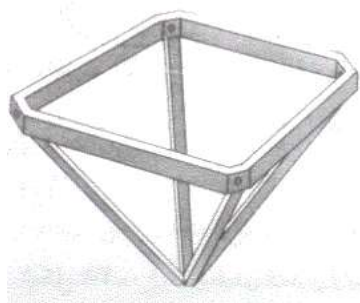


(الف)

رابط های فشاری و پیچشی

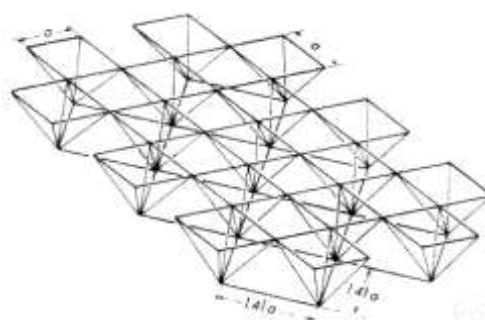


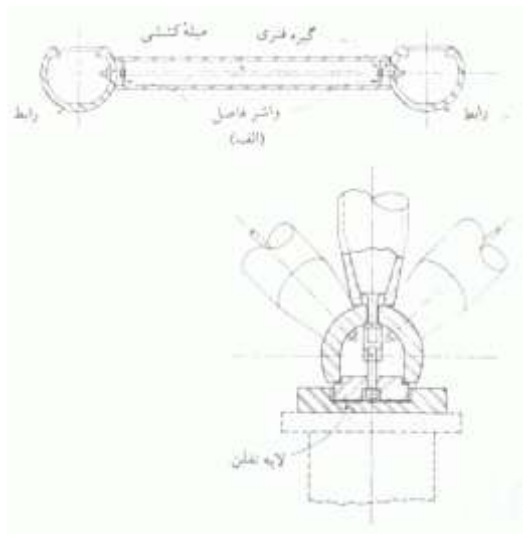
خرپای تو مشاوری



خرپای تاکناکا که دارای میله های فشاری بصورت شبکه مربعی در سطوح فوقانی ، عناصر مورب فشاری ، میله های کششی به صورت شبکه مربعی در سطح تحتانی این خرپا میباشد، تحت بار گسترده یکنواخت از نظر استاتیکی سازه معینی است و دارای اعضاء اضافی نیست در حالی که سایر انواع خرپاهای فضایی نامعین هستند.

خرپای دو شاتو خرپای فضایی مشابه تاکناکا گوشه های هرمهایش بوسیله پیچ های با مقاومت زیاد به هم متصل می شوند.





در سیستم PG میله ها خرپا لوله های فولادی می باشند که توسط میلگردهای فولادی که در داخل لوله ها قرار دارند به رابط های کره ای تو خالی متصل می شوند.

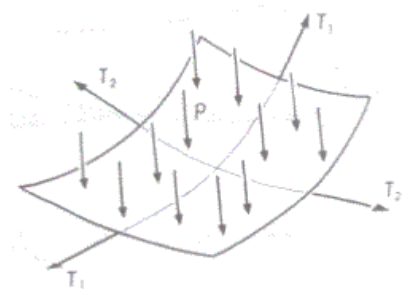
مرکز انجمن جاکوب- جاویتس در نیویورک , توسط سیستم PG ساخته شده است.



فصل یازدهم

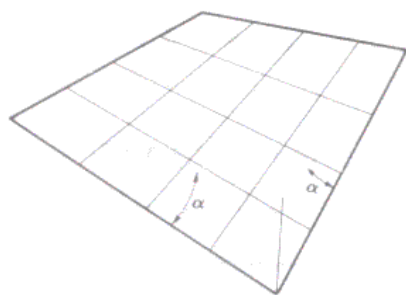
غشاهای

رفتار غشایی: غشاء ورق نازکی از ماده است که برای انواع مقاصد عملکردی تنها تنش کششی تولید می کند و در مقابل فشار، خمش و برش مقاومتی از خود نشان نمی دهد یک تکه پارچه یا ورقه لاستیک مثال خوبی از غشاء هستند. خاصیت قابل ملاحظه آن داشتن کمترین سطح نسبت به سایر پوشش ها برای محدوده معین است.



* حبابهای صابون نازکترین غشایی هستند که می توانیم بسازیم.

هر چند غشاهای سازه های مقاوم دو بعدی هستند اما نمی توانند تنشهای صفحه ای (خمش و برش) قابل توجهی ایجاد کنند زیرا ضخامت آن ها در مقایسه با گستردگی سطحشان بسیار کوچک است و نیز غشاهای نمی توانند بدون کماتش فشار را تحمل کنند. یک غشا را می توان به صورت تقاطع دو کابل تلقی نمود



بنابراین در غشای می توان رفتار کابلی را در دو جهت مشاهده کرد که ناشی از شکل منحنی وار غشاء و به عبارت دیگر ناشی از خصوصیات هندسی شکل غشاست که انحناء نامیده می شود. حال مشخص می شود که خصوصیات مقاومت دو طرفه غشاهای در آن مکانیزم حمل بار دیگری ایجاد می کند که ناشی از برشهای درون سطحی با مماس است که در داخل سطح غشا عمل می کنند.

اختلاف شیب بین دو ضلع مقابل بر حسب واحد اندازه گیری (یعنی تغییر واحد شیب در زوایای عمود بر جهت شیب) را تاب خوردن هندسی سطح غشاء می گویند.

در یک غشاء تاب خورده اختلاف شیب بین دو نیروی برشی مساوی در اضلاع مقابل

سبب نیروی اضافی بالابرده می شود. این نیروی اضافی است که قسمتی از بارهای عمودی را

تحمل می کند و به غشاء خاصیت تحمل بار با رفتار برشی درون سطح غشاء را می دهد.

از آن جایی که برش معادل با برآیند کشش و فشار است این ظرفیت اضافی تحمل بار تنها زمانی

می تواند بوسیله غشاء ایجاد شود که فشار معادل ناشی از برش کمتر از کشش ناشی از رفتار

کابلی باشد، در غیر این صورت فشار اضافی موجب کماتش غشاء نازک می شود اگر این اتفاق

بیفتد غشاء به گونه ای تغییر شکل می دهد که بار را فقط با کشش تحمل کند در نتیجه غشاهایی

که دچار کماتش نمی شوند بارهای عمودی را بدون تغییر شکل با سه مکانیزم جداگانه تحمل می

کنند: رفتار کابلی ناشی از انحناء در یک جهت، رفتار کابلی ناشی از انحناء در جهت عمود بر حالت

اول و رفتار برشی ناشی از تاب خوردگی هر کدام از این سه عملکرد با از بین رفتن انحناء یا تاب

خوردگی مربوطه از بین می روند.

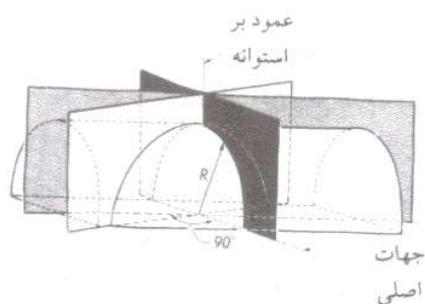
انحناهای اصلی و تنشهای اصلی غشایی:

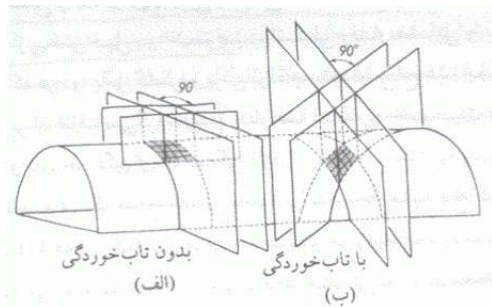
نتایج حاصله از بخش قبل خصوصیات اساسی رفتار غشایی را بیان می کند که:

الف) تنشهای غشایی که هر دو عامل کشش و برش بوده همیشه در سطوح غشاء ایجاد

می شوند و هرگز در جهت عمود بر آن ظاهر نمی گردند ب) رفتار غشاء اساساً به

خصوصیت هندسی شکل غشاء یعنی به انحناء و تاب خوردگی های آن بستگی دارد.





صفحات قطع کننده انحناى استوانه از حالت موازى محور تا عمود بر آن از صفر تا مقدار حداکثر تغییر می کند. دو جهتی که انحنای دارای بیشترین یا کمترین مقادیر می شوند جهت های اصلی انحناى سطح غشا نامیده می شوند. قسمتی از استوانه که دارای اضلاع موازى با این جهات است دچار تاب خوردگی نمی شود اما برای قسمتهای دیگر تاب خوردگی مشاهده می گردد.

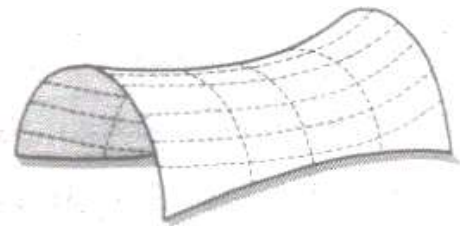
✱ حجم کره در تمام جهات بدون تاب خوردگی است.

این حالت برای تمام سطوح عمومیت دارد.

✱ قطعاتی که در زاویه 45° درجه نسبت به جهات اصلی هستند تنش به حداکثر خود می رسد.

✱ با آن که خطوط اصلی انحنا یک خاصیت هندسی برای سطح غشاء هستند خطوط اصلی تنش بستگی به شکل سطح و علاوه بر آن به مشخصات بارهای وارده و شرایط تکیه گاهی دارند.

با در نظر گرفتن رفتار کابلی یک غشاء در طول جهات اصلی تنش درمی یابیم جهاتی که بیشترین نسبت افت (بیشترین انحناء) را دارند، بار بیشتری را از جهاتی که نسبت افت کمتری دارند تحمل می کنند. در کره انحنا در همه جهات یکسان است و غشاء کروی تحت فشار یکنواخت نصف بار را با رفتار کابلی در یک جهت و نصف دیگر را با رفتار کابلی عمود بر آن تحمل می نماید.



در استوانه ای که تحت فشار یکنواخت عمودی است خطوط مستقیم باری را تحمل نمی کند زیرا دارای انحنا نمی باشند و کلیه بار بوسیله تنش در طول خطوط منحنی که عمود بر محور استوانه می باشد تحمل می شود.

چادرها و بالن ها:

دیرک به عنوان عضو فشاری و کابل های کششی آن را مهار می کنند

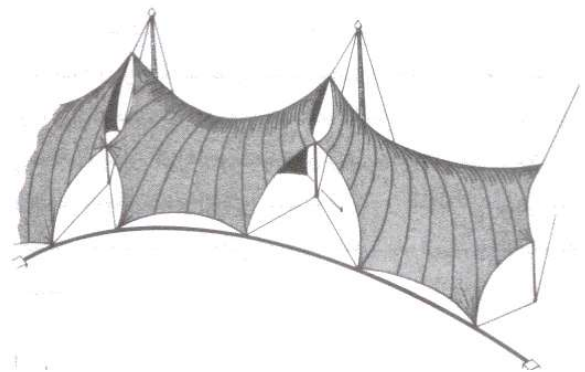
✱ چادرها در پوشش های موقت بهترین نوع سازه هستند.



نام بنا: استادیوم المپیک مونپخ

معمار: فرای اتو

سازه چادری، دیرکهای عمودی و مایل فشاری، استفاده از سطوح زین اسبی





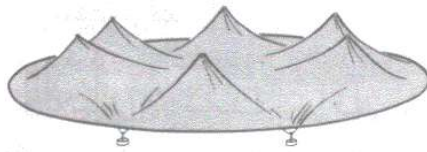
بزرگترین چادر ساخته شده ترمینال حج در فرودگاه جدّه.
معمار: کایگر - برگر

چادر باغ وحش فرانکلین در بوستون، سه دیواره بافته شده پلاستیکی تقویت شده با کابل، این چادر توسط سه پایه که از سه قوس مایل فولادی تشکیل شده است نگه داشته می شود. این سه پایه بر یک حلقه بتن مسلح تکیه دارد که بوسیله کشش کابل ها فشرده می شود. پایداری تا حدودی توسط مکش داخلی حل شده است.



* عملکرد سازه ای غشا با ایجاد کشش در آن قبل از بارگذاری به مراتب بهتر می شود آتش نشان ها از یک صفحه گرد پارچه ای که در جهت حلقه خارجی کشیده می شود برای گرفتن اشخاصی که از ارتفاعات زیاد پایین می پرند، استفاده می کنند (غشاء آتش نشانی ها یک نمونه از عناصر پیش تنیده است).

* چتر مثال دیگری از غشاء پیش تنیده است. میله های متصل به پوشش پارچه ای کششی، در فشار کار میکنند.
* قایق اسکیمویی از نوع غشا از پوست خوک آبی به وسیله اسکلت فشاری و حلقه محیطی اطرافش تحت کشش قرار می گیرد. اشکال جالب سقف ها غشایی که به وسیله نیروهای خارجی پیش تنیده شده اند غالباً بصورت شکل های زین اسبی هستند.



چادر غشایی پیش تنیده

چادر غشایی مرور پیش تنیده



وقتی که غشاها یک حجم یا تعدادی از احجام جداگانه را کاملاً احاطه می کنند می

توانند به تنهایی بوسیله فشار داخلی خود پیش تنیده شوند در این حالت به آنها سازه هوایی یا بادی گفته می شود.

* استوانه باد شده بارهای فشاری را تا اندازه ای مانند یک ستون تحمل می کند تا آن جاکه فشار وارده بار برابر با کشش طولی ناشی از فشار داخلی شود وقتی فشار به این حد نزدیک شد غشاء کمانش می کند.

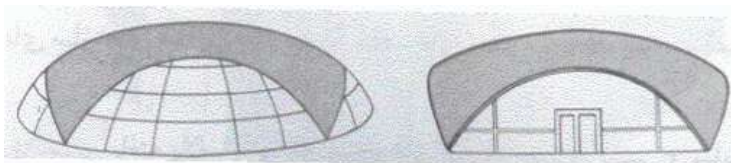


غرفه فوجی در نمایشگاه جهانی اوزاکا. استفاده از لوله های پلاستیکی باد شده - معمار: موراتا

سقف بالنی برای تئاتر تابستانی (شکل بالن عدسی شکل است) طراح: ویدلنیگر

این بالن باد شده برای آخرین بار به عنوان قالب سقف گنبدی که روی آن بتن ریخته شده مورد استفاده قرار گرفت.

سازه های هوایی به دو دسته تقسیم می شوند: ۱) سازه هوایی بسته باد شده (مانند بادکنک) ۲) سازه متکی بر هوا (مانند بالن).



از سازه بالن باد شده به عنوان قالب بتن در نظر گرفته شده است (بتن گانایت).

با افزایش دهانه سقف های بالنی متکی بر هوا، کشش درون غشا از مقاومت داخلی آن بیشتر می شود و غشا باید تقویت شود که معمولاً این کار با استفاده از کابل های فولادی صورت می گیرد مانند گنبد هوایی برد-ار:



نمایشگاه جهانی اوزاکا ,

طراح: کایگر

کابل ها بر اساس شبکه مورب با اضلاع ۶متری قرار داشت که بوسیله یک حلقه فشاری طنابی بتنی مهار شده بود.



استادیوم گنبد نقره ای در پونتیاک، گنبد متکی بر هوا تقویت شده با کابل.

فصل دوازدهم

پوسته های نازک و گنبد های مشبک:

سازه های با ترکیب پایدار:

سازه های فرم پایدار سازه هایی هستند که مقاومتشان را بوسیله شکل گرفتن مطابق با باری که باید تحمل کنند بدست می آورند. غشاهای که بارها را به کمک انحنا و چرخش تحمل می کنند، نیز متعلق به گروه سازه های با فرم پایدار کاملاً کششی می باشند. چنانچه غشاهای وارونه شوند یک سازه با فرم پایدار خواهیم داشت که تحت فشار عمل می کند (اما غشاهای مقاومت فشاری خوبی ندارند). پوسته های نازک سازه هایی با فرم پایدار هستند که بقدری نازک می باشند که تنشهای خمشی در آنها پدید نمی آید، در عین حال به اندازه کافی ضخامت دارند که توانایی تحمل بار را با ایجاد کشش و برش داشته باشند. سازه ای بتن مسلح برای ساخت پوسته ها مناسبتر از چوب، فلز و مواد پلاستیکی هستند.

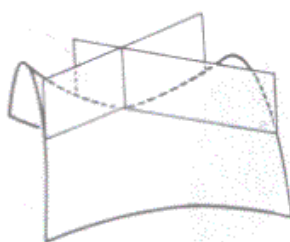
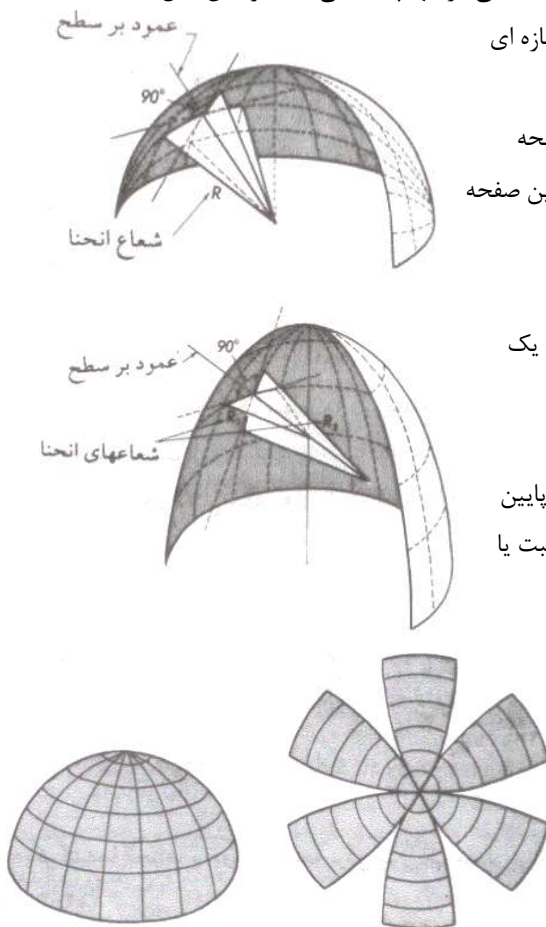
انحنایها: برای نشان دادن انحناهای یک سطح در یک نقطه کافی است که سطح را با صفحه مسطحی از محور عمود بر آن سطح در نقطه مورد نظر می گذرد برش دهیم، با دوران این صفحه انحنا تغییر می کند و ممکن است در تمام جهات همواره رو به بالا یا رو به پایین باشد. * تمام برش های یک گنبد دارای انحنا رو به پایین است که در گنبد کروی در تمام مقاطع یکسان هستند، برای انواع دیگر گنبدها با دوران صفحه برش بین یک مقدار انحنا یک گنبد سهموی حداکثر تا حداقل تغییر می کند.

سطوحی مانند گنبد یا فنجان که در آنها مقدار انحنا حول یک نقطه تغییر می کند ولی همیشه رو به بالا یا رو به پایین است را سطوح با برشهای هم جهت می نامیم. انحنا رو به پایین مثبت و رو به بالا را منفی می نامیم. سطوحی را که در تمام نقاط و جهات دارای انحنا مثبت یا منفی است سطوح غیر قابل گسترش هستند، زیرا نمی توان آنها را بدون کشیدن یا برش

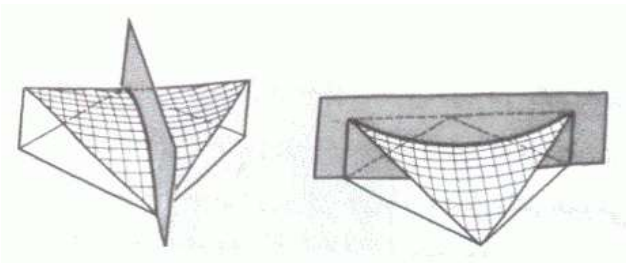
دادن بر سطح صاف گسترده.

سطوحی مانند سقفهای استوانه ای یا کانال های آب که دارای خمیدگی های تماماً مثبت یا منفی هستند اما انحنا آنها در یک جهت خاص صفر است را سطوح قابل گسترش می نامند. این سطوح بسته به سطوح دوار سختی و مقاومت کمتری دارند.

زین اسب در جهت عرض دارای انحنا رو به پایین و در جهت طولی دارای انحنا رو به بالا است.

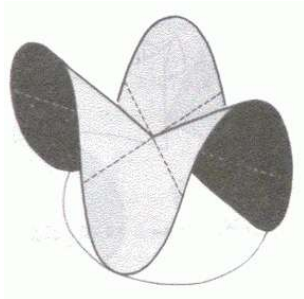


سطح زین اسبی



خطوط اصلی انحنا در سطح زین اسبی

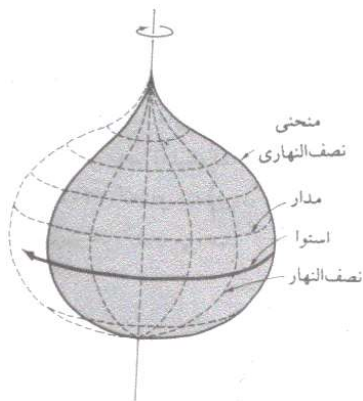
سطوح زین اسبی که در تمام برش ها دارای جهت یکسان نیستند، عموماً در دو جهت خاص دارای انحنا صفر می باشند که در امتداد این دو جهت خطوط مستقیم بر روی سطح آنها قرار دارند (غیر قابل گسترش). به طو مشخص قله در سطح زین اسبی قابل تشخیص نیست



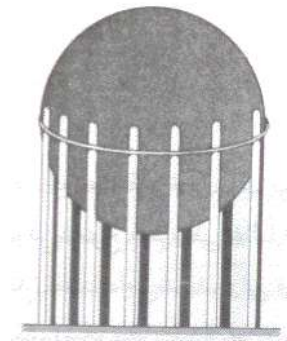
سطوحی که انحنا صفر را در سه جهت در یک نقطه ارائه می کنند سطوح زین میمونی هستند.
زین میمونی

یک سطح با بیش از سه انحنای صفر دارای یک شکل حلزونی است.
سطوح دوار: سطوح دوار بوسیله یک منحنی مسطح حول یک محور قائم توصیف می شوند.

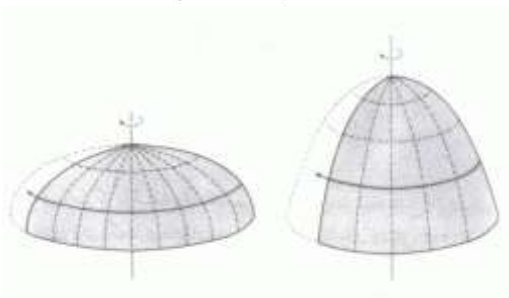
سطوح دوار



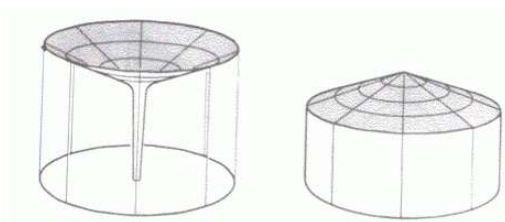
مخزن پوسته ای برای نگهداری مایعات شیمیایی



شکل سمت چپ: سطوح بیضوی
شکل سمت راست: سطوح سهموی



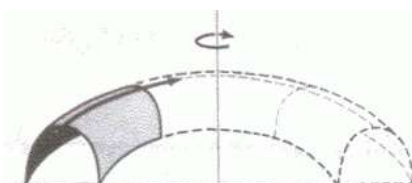
سطوح سهموی مزایای سازه ای بیشتری حتی در مقایسه با سازه های کروی از خود نشان می دهند.



سطوحی که در اثر دوران یک خط مستقیم حول یک محور قائم که با آن متقاطع است پدید می آید مخروط نامیده می شود.

سطوح مخروطی

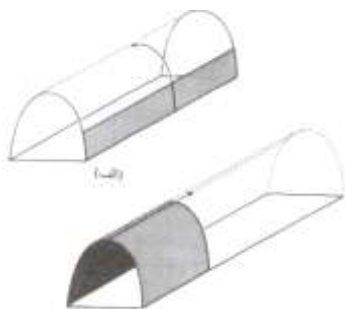
سطوح مارپیچ، پوسته های استوانه ای مدور از دوران یک نیم دایره یا هر منحنی دیگر به دور یک محور قائم بدون تقاطع با آن پدید می آیند. این سازه ها برای مسقف کردن سطوح حلقوی بسیار مناسب هستند.



سطوح مارپیچ

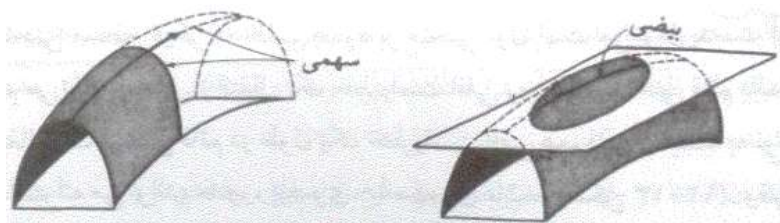
سطوح انتقالی:

سطح یک پوسته انتقالی را با انتقال و به عبارت دیگر، با لغزاندن یک منحنی سطح روی یک منحنی دیگر که اغلب عمود بر منحنی اول است می توان بدست آورد. یک استوانه به دو روش حاصل می شود: انتقال یک خط راست افقی عمود بر آن و یا بسته به نوع منحنی انتقال یافته استوانه می تواند مدور، بیضوی یا سهموی باشد. وقتی که این خط مستقیم مایل باشد استوانه ای که بوجود می آید نیز مایل خواهد بود و برای پوشاندن پلکان با طاقهای استوانه ای خمیده مناسب خواهد بود.



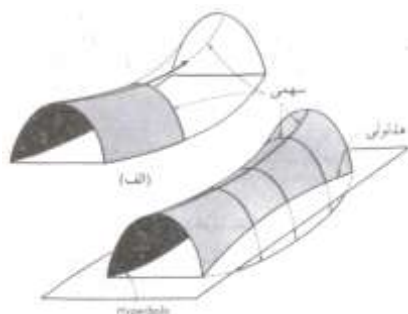
سطوح استوانه ای

انتقال یک سهمی قائم، با انحنای روبه پایین روی سهمی عمود دیگری که آن هم دارای انحنای روبه پایین است سطحی را پدید می آورد که آن را سهموی بیضوی می نامیم (برای پوشاندن سطوح مستطیلی). مقاطع افقی این شکل بیضی و مقاطع قائم آن سهمی می باشند.



سطح سهموی بیضوی

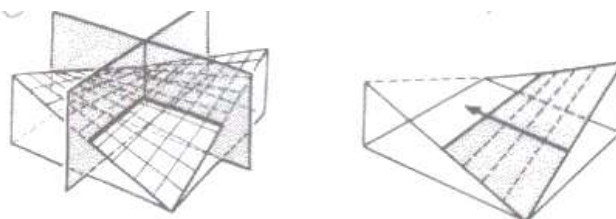
سطح سهموی هذلولی (Hyper) از انتقالی یک سهمی با انحنای روبه پایین بر روی یک سهمی دیگر با انحنای روبه بالا بدست می آید.



سطح سهمی هذلولی:

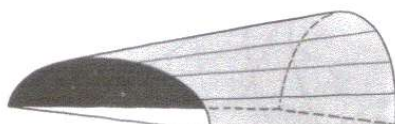
سطوح خط دار: هر سطحی که در اثر لغزاندن دو انتهای یک پاره خط بر روی منحنی جداگانه بوجود آید، سطح خط دار نامیده می شود

مولدهای مستقیم الخط سطح سهموی هذلولی



وقتی که دو منحنی دو پاره خط باشند که در فضا بطور مورب قرار گیرند ، سطح خط دار یک سهموی هذلولی است.

استوانه در حقیقت یک سطح خط دار است که در اثر لغزاندن یک پاره خط افقی روی دو منحنی قائم یکسان بدست آمده.

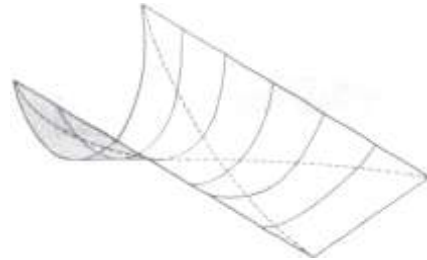
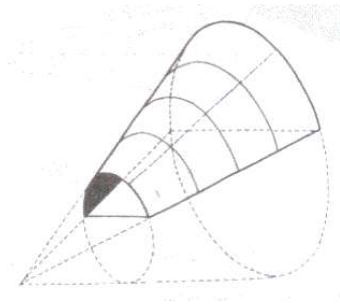


یک گروه متفاوت دیگر از سطوح خط دار در اثر لغزاندن یک پاره خط راست روی دو منحنی متفاوت که در صفحات موازی قرار دارند پدید می آیند این سطوح مخروطی شکل نامیده می شود. این سطوح، سطوح مستطیل شکل را می پوشانند و در جهت مورد نظر

(اغلب شمال) نور را به داخل فضا وارد می کنند.

اگر یکی از دو انتهای پاره خط روی یک منحنی و انتهای دیگرش روی یک خط راست بلغزد سطح شبه مخروطی بدست می آید.

سطح شبه مخروطی طره شده.



قطاع مخروطی

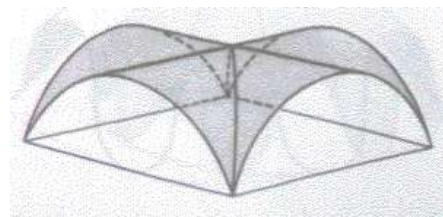
از دوران یک انتهای پاره خط حول یک نقطه و لغزیدن انتهای دیگر آن روی یک منحنی بدست می آید برای پوشاندن پلان دوزنقه ای یا به عنوان سقف طره ای مانند شبه مخروطی به کار میرود.

هذلولی یک صفحه ای: لغزش یک پاره خط مایل روی دو دایره افقی موازی در فضا (برای ساختن برجهای خنک کننده کارخانه های سیمان و دیگر صنایع).



سطوح پیچیده:

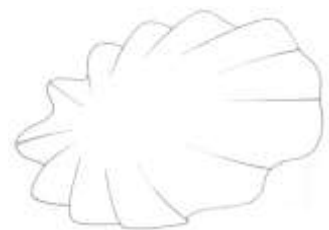
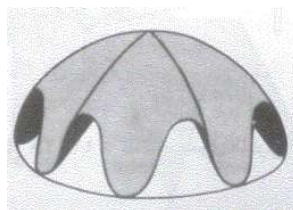
دو پوسته استوانه ای شکل که همدیگر را با زاویه قائمه قطع می کنند پلان مربع یا مستطیل را با طاق دو طرفه می پوشانند.



سطح مخروطی موجدار

سطح استوانه ای موجدار

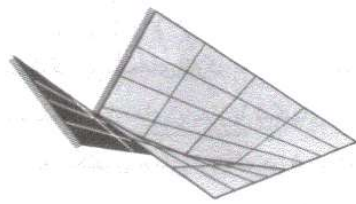
طاق دوطرفه.



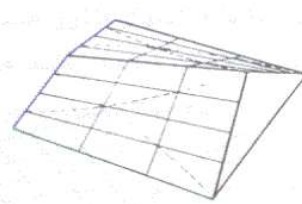
سهموی موجدار

گنبد کروی کنگره دار

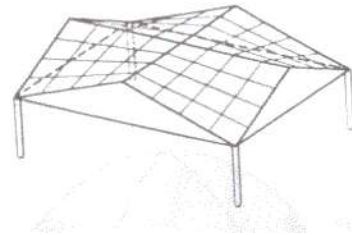
سطح بیضوی کنگره دار



سطح شبه مخروطی سهموی هذلولی طره شده.



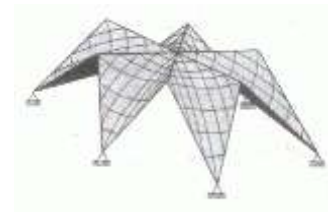
سطح شبه مخروطی سهموی هذلولی



سقف سهموی هذلولی.



ترکیب سهموی هذلولی های مورب

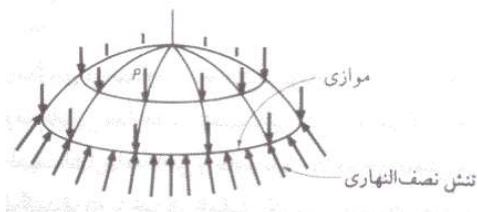


سطح سهموی هذلولی چتری

رفتار غشایی در گنبد های دوار:

رفتار سازه ای گنبد دوار در مسیر نصف النهارها تنشهای فشاری هستند در طول مدارها بطور ثابت اثر می کنند. هر نصف النهار مانند یک قوس طنابی رفتار می کند.

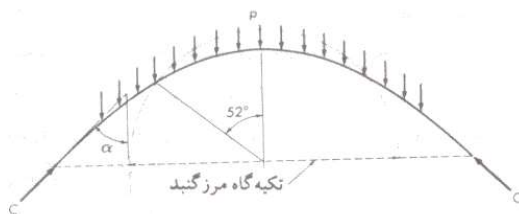
اختلاف اساسی در گنبد نسبت به قوس منفرد حضور مدارهاست که اجازه جابجایی قوس های منفرد را نمی دهد.



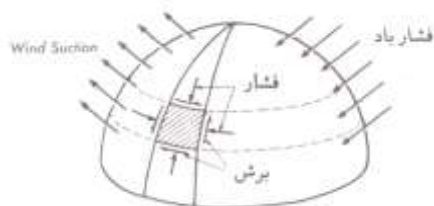
در گنبدهای کم خیز، مدارها خود نیز تحت فشار قرار می گیرند

گنبد با خیز زیاد مدارها در قسمت بالایی دارای فشار و در نقاط پایینی کششی هستند.

* در یک گنبد دوار تحت اثر بار مرده مداری با زاویه 52° درجه با محور اصلی، تغییر طول نمی دهند و تحت اثر بار برف (مرده+زنده) مدار بدون تنش در زاویه 45° درجه نسبت به محور اصلی قرار دارد.

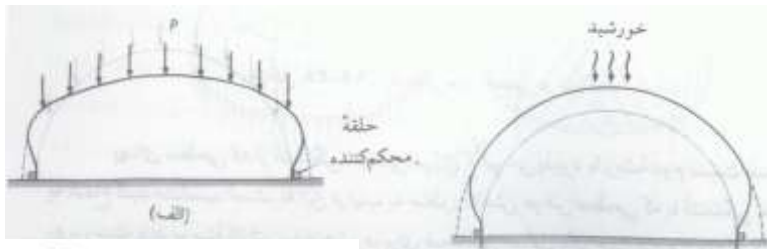


در تعادل گنبد مکانیزم برش هم وجود دارد که از بارهای جانبی مانند فشار و مکش باد به وجود می آید.

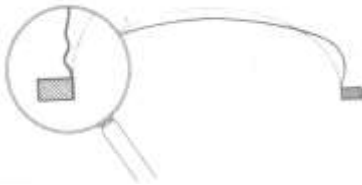


تنش های خمشی در گنبدها:

* گنبدها بارها را با تنشهای غشایی (فشار، کشش و برش) تحمل می کنند.
تغییر شکل های خمشی در مرز گنبدی که با حلقه محکم شده باشد



آشفتگی های خمشی در مرز پوسته گنبد بوجود می آید، عمیقاً در پوسته نفوذ نمی کنند.



پهنای سطحی که از آشفتگی خمشی مرزی تأثیر می پذیرد با ریشه دوم نسبت ضخامت به شعاع گنبد متناسب است. به این ترتیب به منظور کاهش عرض سطحی که با آشفتگی خمشی روبروست باید پوسته نازکتر ساخته شود. آشفتگی های خمشی در اثر شرایط حرارتی نیز ایجاد می شود که معمولاً حالت شدیدتری نسبت به آشفتگی های ناشی از بارگذاری دارند.

✓ ضخامت پوسته ها اغلب باید طوری در نظر گرفته شود که از کمانش پیشگیری کند. برای آنکه یک گنبد عملکرد واقعی یک پوسته نازک را با هر شکل و تحت هر نوع بارگذاری دارا باشد باید سه شرط زیر رعایت شود:

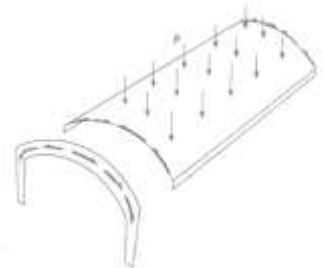
- ۱- گنبد باید دارای ضخامت کم باشد زیرا در این حالت قادر به ایجاد رفتار خمشی قابل توجهی نخواهد بود.
- ۲- انحناء گنبد باید به طرز صحیحی طراحی شود در این حالت گنبد به علت فرم مقاومتش سخت و مستحکم خواهد بود.
- ۳- گنبد باید به شکلی مناسب دارای تکیه گاههای لازم باشد در این حالت صرفاً مقدار ناچیزی خمش بر سطح محدودی از پوسته ایجاد خواهد شد.

رفتار غشایی در استوانه ها:

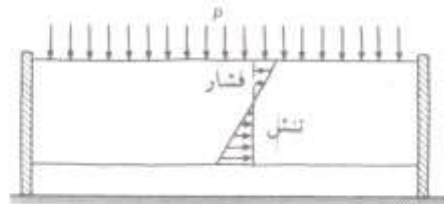
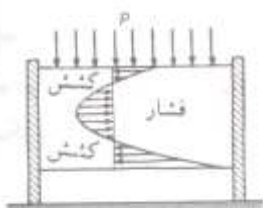
پوسته های استوانه ای مناسب بر پوشش سطوح مستطیلی، سطح استوانی یک تیر با مقطع منحنی است. تارهای بالایی آن تحت فشار و تارهای پائین تحت کشش هستند.



واکنشهای برشی در انتهای سطوح استوانه ای.



تفاوت تنشهای طولی در سطوح استوانه ای کوتاه و طولیل بدلیل پوسته نازک.



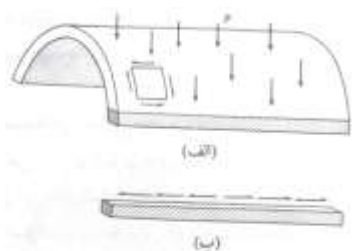
تنشهای خمشی در استوانه ها: هرچه استوانه ها کوتاهتر باشد، رفتار

قوسی و طولی صفحه غالب می گردد.

پوسته استوانه ای که مانند طاق عمل می کند.



مانند گنبدها پوسته استوانه ای هم دارای مقاومت برشی می باشد.



برش بر تیرهای کناری طولی.



پوسته استوانه ای با نوارهای ضخیم در جهت عرضی در مقابله با کمانش.

تنشها در پوسته انتقالی محدب:

پوسته سهموی بیضوی بتنی و سفالی.

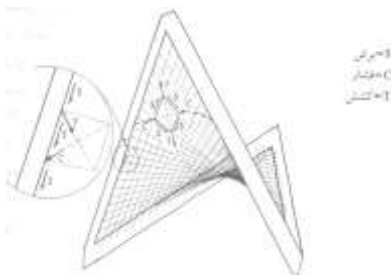


پوسته سهموی هذلولی که بر روی سفت کننده انتهایی قرار دارد.



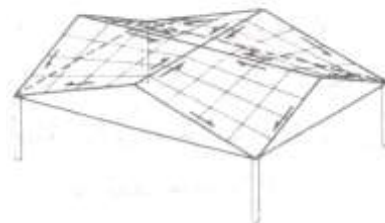
پوسته سهموی هذلولی که بر روی مولدهای

مستقیمش متصل می شود.



برش در تیرهای مرزی سقف سهمی هذلولی که

توسط ستونهای خارجی تحمل می شود.



برش در تیرهای مرزی سقف چتری سهموی هذلولی.



مقطع عرضی پوسته استوانه با نور

شمال رفتار سازه ای شبیه به تیرهای با سطح مقطع منحنی با انحنای کم

که محور خمشی آنها افقی نبوده بلکه بطرف مرز بالای پوسته مایل است.

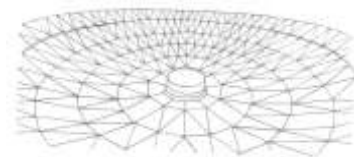




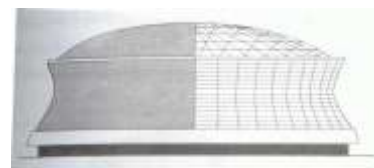
گنبد کروی دنده دار.

گنبدهای مشبک:

در این نوع گنبدها میله های داخل نصف النہاری فشاری واحد و مدارها بسته به مقدار زاویه رأس تحت کشش یا فشار هستند.



استروم در تگزاس.



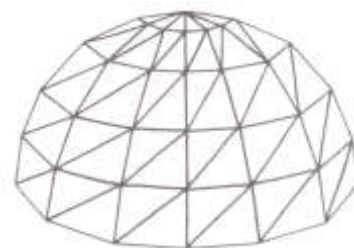
سوپر دوم در لوئیزیانا.

استفاده از گنبد مشبک

فولر در طراحی گنبد ژئودزیک با طراحی گنبدی که از مثلث و پنج ضلعی تشکیل شده بودند مهمترین ایراد گنبدهای مشبک یعنی استفاده از میله های متفاوت را از بین برد.



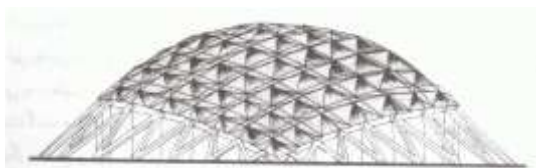
گنبد ژئودزیک.



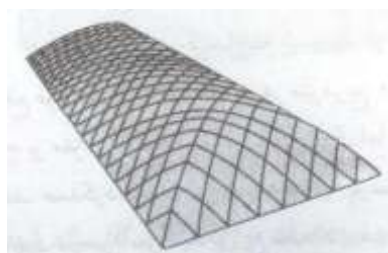
گنبد شودلر : استفاده از شبکه مثلث های نامنظم، مزیت: معین بودن سازه ای.



زایس - دیوید اگ (مشابه شودلر) - عملکرد مشابه پوسته ها.



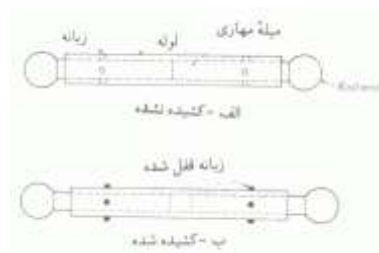
سقف لاملا



سقف استادیوم المپیک مکزیکوسیتی از لوله های فولادی، سهموی هذلولی، طراح: کاندلا.



سیستم باینی استار اجزای مثلثی بر روی زمینه ۶ ضلعی شامل لوله های خارجی و دو میله داخلی که در آن حرکت می کنند طراحی شده است. برای ساخت آن بالن پلاستیکی را باد می کنند میله های روی بالن شروع به حرکت می کند تا Fix شود و شکل گنبد



پدیدار و پایدار گردد. بالن سپس به گنبد متصل می شود و سطح دائمی آن می گردد و به وسیله فشار هوا نگه داشته می شود.

فصل سیزدهم

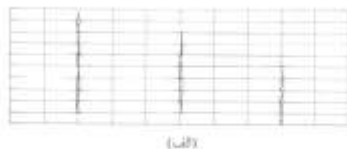
گسیختگی های سازه ای

دلایل گسیختگی های سازه ای:

اکثراً ناشی از اشتباهات انسان است اما بطور کلی شامل:

الف) اشتباهات طراحی سازه ای:

بطور کلی اشتباهات طراحی یا آنقدر کم است که کم اهمیت است یا آنقدر زیاد که قابل تشخیص است.



(الف)

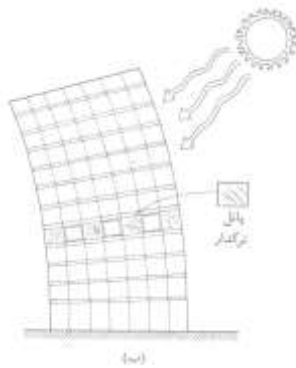
تالار شهر تونتو-کانادا. با انجام آزمایشهای تونل باد، بار باد غیر منتظره ناشی از عبور باد بین دو ساختمان محاسبه شده است.

بطور مثال در طراحی سازه باید به نکاتی مانند موارد زیر توجه نمود:

(۱) طراحی دینامیکی باد یا زلزله یا نیروهای دینامیکی ناشی از حرکت های شتابدار در جایگاه نگهداری موشک با توجه به سیستم بادبند.

(۲) توجه به اختلافات حرارتی ناشی از اقلیم و یا انفجارهای حرارتی.

ترکهای حرارتی در نمای ساختمان.



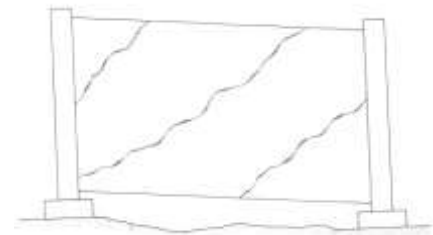
(ب)

(۳) با توجه به مکانیک خاک برای جلوگیری

از نشست.

ترکهای ناشی از نشست در دیوار پرده ای یا

دیوارهای داخلی.

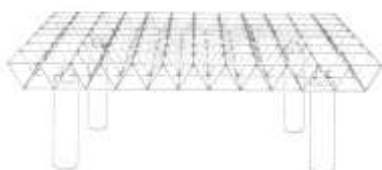


(۴) گسیختگی در سازه های معین که تکیه گاه یا اعضای اضافی ندارند.

(۵) گسیختگی در اثر رگبار شدید، بوران یا عوامل طبیعی دیگر.

سقف آویزان استادیوم شهر کانزاس که در اثر رگبار شدید واکنش زنجیره ای گسیختگی

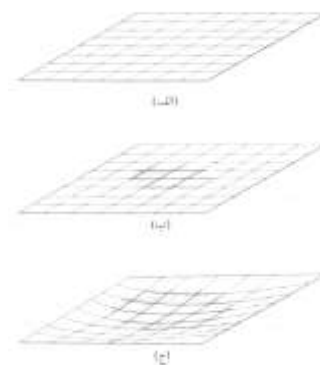
آویزها باعث تخریب قسمت بزرگی از سقف شد.



قاب فضایی مرکز سیویک هارت فورث فروریختن سقف در حین بوران شدید با گسیختگی

کمانشی میله فشاری مهار نشده ای در نزدیک مرز قاب شروع شد.

ریزش سقف های مسلح که در معرض رگبار هستند به دلیل پدیده حوض شدن تحت اثر وزن باران جمع شده در پشت بام.



۶) در نظر گرفتن اضافه شدن بار برف، ...

۷) در نظر گرفتن عوامل انسانی مانند آتش سوزی و انفجار.

و

ب) اشتباهات در هماهنگی و نظارت.

ج) معایب در مصالح که بطور مثال به موارد زیر می توان اشاره کرد:

* خطر لایه لایه شدن ناشی از جوش دادن مقاطع ضخیم فولادی.

* تأثیر شیمیایی مواد بر مصالح ساختمانی مانند فولاد.

* ترکیب نامناسب بتن، سیمان و ...

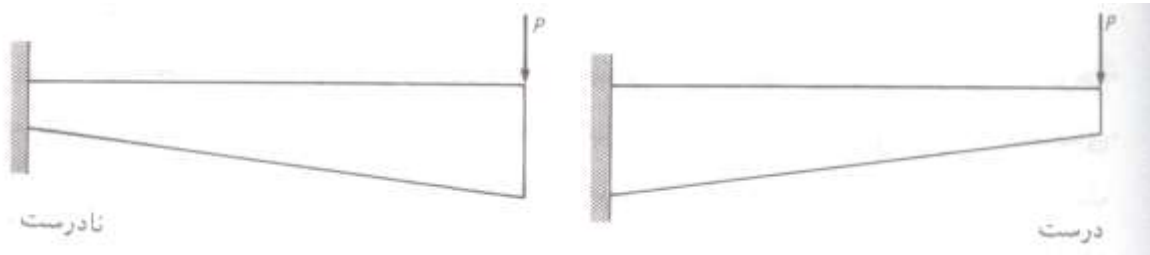
* عدم مراقبت صحیح از به عمل آوردن بتن.

* عدم توجه به محل قرارگیری آرماتورهای فولادی در بتن.

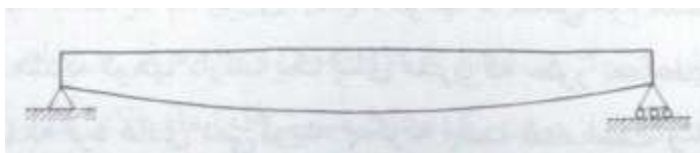
فصل چهاردهم

زیباگرایی سازه ای

پیامهای سازه ای باید نشان دهنده و معرفی کننده رفتارهای سازه باشند.

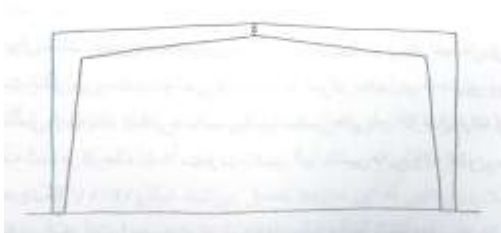


تیرهای طره ای نادرست و صحیح.



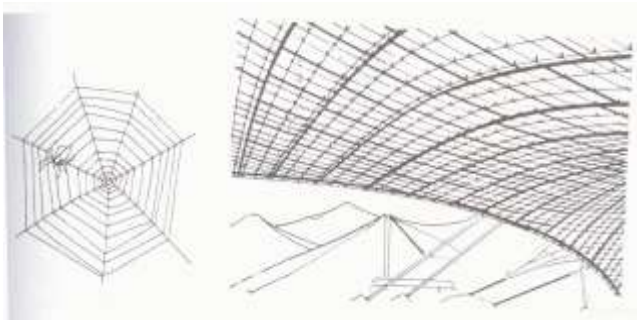
تیر ساده که حتی به نظر عوام زشت به نظر می آید و با طبیعت هماهنگ نیست.

شکل صحیح تیر ماهیچه دار.

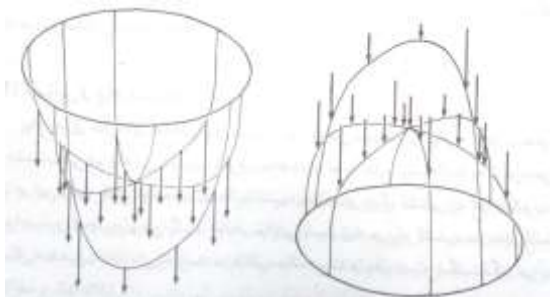


قاب فولادی مفصلی بدلیل پیچیدگی رفتار سازه ای برای عوام مبهم است اما صحیح است.

عضو مقاوم فشاری.

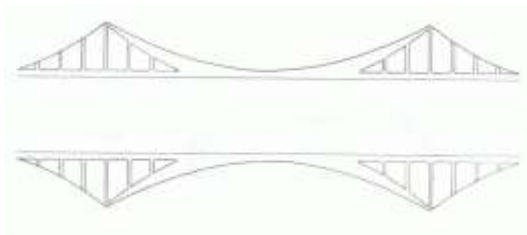


سازه های کششی.

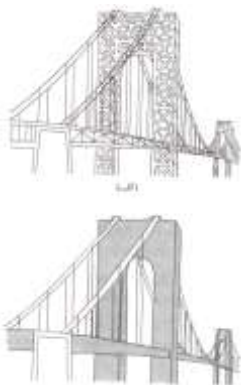


مدل کششی گائودی و مدل گنبدی آن که از معکوس کردن منحنی
طنابی بدست آید.

پل قوسی و پل معلق که با معکوس کردن پل معلق بوجود آمده است.



* توجه به مقیاس، پیام سازه ای، زیبایی و درستی سازه ای و هدف و عملکرد سازه برای
طراح سازه الزامی است.
سقف سه‌موی هذلولی کلیسای سان فرانسیسکو.



پل جرج واشنگتن با پوشش سنگی و بدون آن.