

## تفاوت خرپا و سازه های فضاکار چیست؟

بررسی تفاوت خرپا و سازه های فضاکار  
پایگاه خبری تحلیل فولاد مرکز آهن

یکی از موارد مهم در ساخت و سازه های عمرانی، ایجاد استحکام کافی در سازه ها است. سازه هایی مثل پل ها، برج ها، سدها، سوله ها و نیروگاه ها زمانه قابلیت بهره برداری دارند که اطمینان کافی از مقاومت آن ها در برابر نیروهای مختلف وجود داشته باشد. در محاسبات مهندسی، روش های مختلفی برای ایجاد سازه های مقاوم وجود دارد. یکی از پرکاربردترین ابزارهای مهندسی در ایجاد سازه های مقاوم، خرپا می باشد. خرپا به عنوان ابتدایی ترین و ساده ترین ابزار کاربردی در ایجاد سازه ها شناخته می شود که در ساخت قسمت های مختلف ساختمان استفاده می گردد. با توسعه دانش و مهارت مهندسی، خرپاها به صورت ساختارهای سه بعدی طراحی و ساخته می شوند. این ساختارها که با عنوان سازه های فضاکار نامیده می شوند، تفاوت هایی با خرپاها دارند. در این مقاله قصد داریم به بررسی تفاوت **خرپا** و سازه های فضاکار بپردازیم.



مکزانه

## بررسی تفاوت خرپا و سازه های فضاکار

www.markazeahan.com

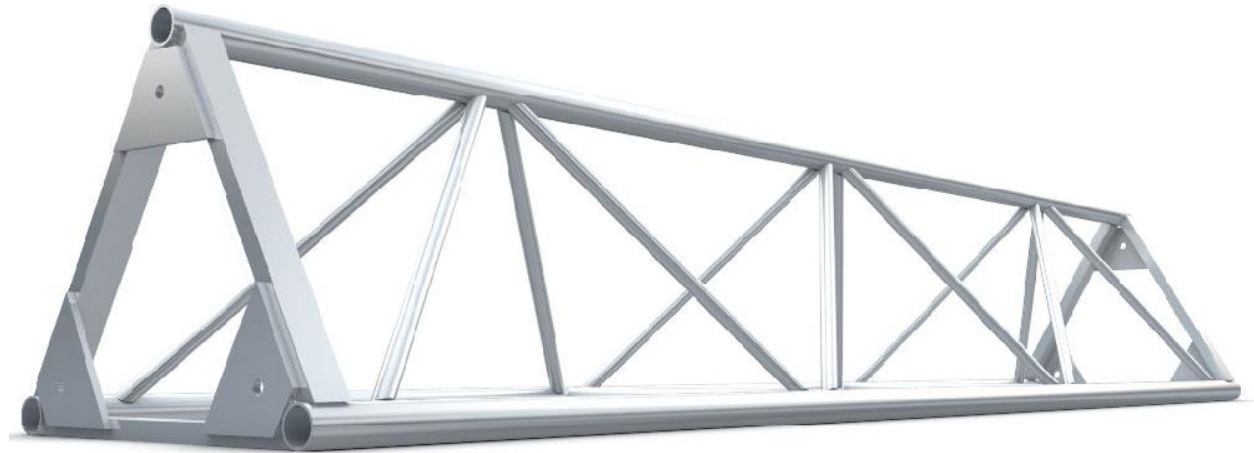


### معرفی خرپا

خرپا یک عضو فلزی دارای ساختار مثلث شکل است. این مثلث ها در طرح های مختلف به هم متصل می شوند و تشکیل یک مجموعه کلی دارای زیگزال های مرتب را می دهند. اتصال شبکه ای مثلث ها باعث می شود که بار وارده بر خرپا به صورت یکنواخت توزیع شود و تغییر نیروهای کششی و فشاری، بدون ایجاد خمش یا برش در ساختار کلی امکان پذیر باشد. دلیل طراحی خرپا به شکل مثلث، پایدار بودن شکل مثلث نسبت به سایر اشکال هندسی می باشد. چون مثلث در مقایسه با یک شکل چهار وجهی، اتصالات گوشه کم تری دارد. هرچه اتصالات گوشه کمتر باشد، برای جلوگیری از برش مناسب تر خواهد بود. خرپاها دارای سه قسمت اصلی هستند:

- میلگرد بالایی که به نام میلگرد خمش نیز شناخته می شود.

- میلگرد پایینی که مقاومت در برابر فشار و کشش و بنابراین مقاومت در برابر خمش کلی را ایجاد می کند.
- زیگزاگ ها که مقاومت خرپا را در برابر نیروهای برشی تأمین می کنند.



### روش های تولید خرپا

تولید خرپا به دو روش دستی و مکانیزه امکان پذیر است. در روش دستی ابتدا زیگزاگ ها به روش خم کاری آماده می گردند. سپس یک یا دو ردیف زیگزال به میلگردهای بالایی و پایینی جوش داده می شود. در روش دستی، نقص های ناشی از خطای انسانی در اندازه گیری و میزان جوشکاری، موجب ضعف در خرپای نهایی می گردد.

در روش تولید ماشینی خرپا به طور هم زمان چهار میلگرد وارد دستگاه می شود. این چهار میلگرد ورودی شامل یک میلگرد بالایی، یک میلگرد پایینی و دو میلگرد زیگزاگ می باشد. در ابتدای ماشین ساخت میلگرد، قسمتی تعبیه شده است که با داشتن ابعاد و زوایای دقیق، شکل مثلث را در میلگرد زیگزاگ ایجاد می کند. سپس زیگزاگ های ایجاد شده به سمت جلوی دستگاه هدایت می شوند. در قسمت جلوی دستگاه، دو میلگرد بالایی و پایینی به موازات زیگزاگ های ایجاد شده، حرکت می کنند تا اینکه به قسمت جوش دستگاه رسیده و در فواصل معین به هم جوش می شوند. جوش های دستگاه ساخت میلگرد در

کمترین میزان انجام می گردد، به همین دلیل از تردشستگی و شکنندگی میلگردها جلوگیری می شود. بنابراین خرپا تولیدشده با استفاده از دستگاه، کیفیت بیشتری نسبت به خرپا دستی دارد.

### معرفی سازه های فضاکار

سازه های فضاکار به شبکه های سه بعدی از خرپاها گفته می شود که ساختار بزرگ تر و پیچیده تری نسبت به خرپا دارند. این سازه ها عمدتاً در شکل های منحنی، شبکه های مسطح، گنبدها، طاق ها و شبکه های کابلی طراحی و ساخته می شوند. ساده ترین مثال از سازه های فضا کار داربست های مورد استفاده در ساختمان سازی می باشد. در سازه های فضا کار، بارهای خارجی به عنوان نیروهای داخلی در یک صفحه واحد توزیع می شوند و به صورت نیروهای فشاری و کششی در می آیند. طراحی سازه های فضا کار باید به گونه ای باشد که شکل نهایی سازه بتواند در برابر تغییر شکل های ناشی از تنش های فشاری و کششی مقاومت کند.

به لحاظ ظاهری، تفاوت خرپا و سازه های فضا کار در سه بعدی بودن آن ها است. البته تفاوت های دیگری نیز وجود دارد که در ادامه مقاله به آن ها پرداخته می شود.



## تفاوت خرپا و سازه های فضا کار از نظر کاربرد

یکی از موارد تفاوت خرپا و سازه های فضا کار از نظر کاربرد می باشد. خرپا به دلیل ساختار هندسی خود، می تواند ضمن تحمل بارهای زنده و مرده، آن ها را به سازه های نگهدارنده اصلی مثل تیرهای باربر، دیوارها یا زمین منتقل کنند. خرپا به دلیل وزن کمتری که دارد، گزینه مناسبی برای استفاده در سازه هایی است که باید با کمترین وزن ممکن، طراحی و ساخته شوند. از سوی دیگر، خرپا مناسب استفاده در مواردی مثل سقف های عریض است که دهانه بزرگ تری دارند. چون این سازه ها بر اثر تحمل بارهای زیاد دچار شکم دادگی و انحراف می شوند. استفاده از خرپا در چنین سازه های طولانی باعث تقویت سازه و کاهش انحراف می گردد. خرپا عمدتاً برای ساخت تیرچه، سقف ها، پل ها، و برج ها استفاده می شود.

سازه های فضاکار موارد کاربرد بیشتری نسبت به خرپا دارند. این سازه ها در مواردی از قبیل پوشش ورزشگاه ها، آشیانه هواپیماها، غرفه های نمایشگاهی، سوله ها، ایستگاه های راه آهن، مراکز تفریحی، سالن های اجتماع فضای آزاد، سایبان ها و برج های نصب تجهیزات رادیویی و هواشناسی کاربرد دارند. چون سازه های فضاکار از دو طرف مهاربندی می شوند و می توان آن ها را به صورتی ساخت که از یک طرف به صورت دهانه باز باشند. به همین دلیل است که قسمت کلاهدک مانند سقف های استادیوم ها عمدتاً با استفاده از سازه های فضاکار طراحی و ساخته می شود.



### تفاوت خرپا و سازه های فضا کار از نظر ساختار هندسی

خرپا دو بعدی است ولی سازه های فضا کار به صورت سه بعدی طراحی و ساخته می شوند. بنابراین تفاوت خرپا و سازه های فضا کار از نظر هندسی نیز مطرح می باشد. خرپا به دلیل دو بعدی بودن، باید از هر دو طرف مهاربندی شود و تکیه گاه داشته باشد. اما سه بعدی بودن سازه های فضا کار این امکان را به آنها می دهد که از یک سر آزاد باشند. همین امکان موجب محبوبیت آنها در کاربردهای زیبایی شناسی شده است. به عنوان مثال، خرپاها عمدتاً سازه های خطی و زاویه دار و نسبتاً خشن بر روی سقف ها ارایه می دهند. اما با سازه های فضا کار می توان بناهایی با انعطاف بیشتر، از قبیل منحنی، دایره ای، موج دار و گنبدی شکل ساخت.

از سوی دیگر خرپا عمدتاً به عنوان عامل تقویت کننده در زیر یا پشت اجزای دیگر ساختمان مثل سقف ها پنهان می شود. اما سازه های فضاکار خود به عنوان بخش مستقلی از سازه در معرض دید قرار دارند.

### تفاوت خرپا و سازه های فضاکار از نظر طراحی و ساخت

مهم ترین مزیت خرپا سادگی آن در طراحی و ساخت است، چون خرپا می تواند صرفاً یک مثلث مهاربندی شده باشد. به عنوان مثال، خرپاهای کینگ پست که معمولاً در ساخت سقف های خانگی استفاده می شوند به شکل یک مثلث ساده، با یک عضو عمودی بین راس و وتر پایین هستند و تا ۸ متر را می توانند پوشش دهند. اما سازه های فضاکار از تعداد زیادی عضو تشکیل شده اند و نیاز به اجزا و اتصالات بیشتری دارند.

خرپا بر خلاف سازه های فضاکار نیاز به طراحی خیلی پیچیده و زمان بر ندارد. بلکه به صورت تکرار یک الگوی ساده ساخته می شود و بنا به سفارش مشتری یا نیاز پروژه، می تواند در طول های مختلف برش داده شود. اما سازه های فضا کار به نسبت هر پروژه باید مدل سازی شوند و از مقاومت آن ها اطمینان حاصل گردد. برای مدل سازی سازه های فضاکار نیز باید از برنامه های پیشرفته و مهندسان متخصص استفاده کرد. به همین دلیل مراحل طراحی، مدل سازی و ساخت سازه های فضاکار نسبت به خرپا پیچیده تر و زمان برتر می باشد. بنابراین می توان گفت، یکی دیگر از موارد تفاوت خرپا و سازه های فضا کار از نظر طراحی و ساخت آن ها می باشد.

از طرفی دیگر، خرپا را می توان در کارگاه و بر روی زمین ساخت و در سازه استفاده نمود. همچنین انتخاب طول های مختلف برای خرپا انعطاف پذیری بیشتری دارد. چون در کارگاه تولید، می تواند به اندازه دلخواه برش داده شود. اما سازه های فضا کار ابعاد مشخص دارند و به دلیل حساسیت های طراحی و مقاومتی، نمی توان آن ها در طول های دلخواه تولید کرد یا پس از ساخت، برش داد.



### تفاوت خرپا و سازه های فضا کار از نظر وزن و حجم

عملکرد اصلی خرپا به این صورت است که در مقایسه با تیرهای صلب و سازه های فضا کار به مواد کمتری برای تحمل بارها نیاز دارد. به همین دلیل، خرپا سبک تر است اما سازه های فضاکار به دلیل داشتن تعداد اعضا و اتصالات بیشتر، وزن و حجم بیشتری دارند. این مسئله نیز یکی دیگر از موارد تفاوت خرپا و سازه های فضا کار به شمار می رود.





### تفاوت خرپا و سازه های فضاکار از نظر جنس

تفاوت خرپا و سازه های فضا کار از نظر جنس، یکی از موارد قابل تامل است. خرپا عمدتاً از فولاد ساخته می شود. برای ساخت خرپا نیز بایستی به میلگردهای فولادی با قطر مشخص دسترسی داشت. اما سازه های فضا کار را می توان با مواد مختلفی از قبیل فولاد، چوب، آلومینیوم، کامپوزیت و حتی بتن تقویت شده با الیاف نیز ساخت.

### تفاوت خرپا و سازه های فضاکار از نظر هزینه

خرپا برای طراحی، تولید و استفاده نیاز به زمان و تخصص کمتری نسبت به سازه های فضاکار دارد. به همین دلیل، **قیمت خرپا** نسبت به سازه های فضاکار کمتر است. البته باید به این نکته نیز توجه داشت که سازه های فضا کار به عنوان عضو مستقل سازه به کار می روند و مثل خرپا نیاز به استفاده از بتن بر روی آن ها وجود ندارد. تفاوت خرپا و سازه های فضا کار از نظر هزینه، می تواند مسئله ای مهم در پروژه ها باشد.

## سایر موارد تفاوت خرپا و سازه های فضا کار

- طیف گسترده ای از انواع خرپا وجود دارد که می توان برای دهانه های مختلف از یک تا ۱۰۰ متر استفاده کرد. در واقع خرپاهای بزرگ تر، از تکرار مثلث ها ایجاد می شوند. همچنین خرپاها می توانند به صورت موازی قرار گیرند تا پل ها را تشکیل دهند. اما سازه های فضاکار باید به نسبت هر پروژه، طراحی و ساخته شود. خرپاها می توانند به آسانی برای دهانه های بلندتر استفاده شوند اما سازه های فضاکار برای دهانه های کوتاه تر مناسب هستند.
- خرپا برای استفاده در قسمت های خطی، مستقیم و شیب دار مناسب است. اما سازه های فضا کار برای قسمت های منحنی شکل مناسب تر هستند.
- سازه های فضاکار علاوه بر عملکرد اصلی خود در نقش عضو نگهدارنده یا حتی سایبان، به لحاظ بصری نیز زیبایی خاصی به بنا می دهند. اما خرپا چنین خاصیتی ندارد.

## جمع بندی

در این مقاله تفاوت خرپا و سازه های فضاکار مورد بررسی قرار گرفت. خرپا یک عضو فلزی دو بعدی متشکل از الگوهای مثلثی شکل است که از دو میلگرد بالایی و پایینی و میلگردهای میانی زیگزاگ شکل، تشکیل می شود. اما سازه های فضاکار شبکه سه بعدی از خرپاها هستند. این سازه ها می توانند به عنوان سایبان یا بخشی از بنا در ساخت استادیوم، مراکز تفریحی، نیروگاه ها و مراکز صنعتی استفاده شوند. فرآیند طراحی و ساخت خرپا ساده تر، سریع تر و کم هزینه تر از سازه های فضاکار می باشد.

خرپا را می توان در طول های مختلف برش داد و برای ساختمان هایی با سقف های دارای عرض ۱۰۰ متر نیز استفاده کرد. اما سازه های فضاکار به دلیل آزاد بودن یک سر از آنها، محدودیت طول دارند. همچنین خرپاها عمدتاً به عنوان عضو کمکی و تقویتی در زیر بتن ریزی یا پشت سازه پنهان می شوند و چندان نمایان نیستند اما سازه های فضا کار با طراحی های مهندسی خاص خود علاوه بر عملکرد اصلی، به سازه زیبایی می دهند.