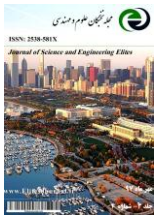
مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۳- شماره ۴- سال ۱۳۹۷

www.ElitesJournal.ir



طراحی به همراه تحلیل شاسی عقب و سازه‌ی کف برای خودروی وانت جهت افزایش کارایی، امنیت و سهولت در بارگیری

مصطفی مومن پور

کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان، ایران

m.momenpour1989@yahoo.com

ارسال: مرداد ۹۷ پذیرش: مهر ۹۷

چکیده

هرخوردورهای وانت نقش بزرگی در حمل‌ونقل و توزیع کالا و تجهیزات درون‌شهری دارند، به نحوی که سیستم توزیع مواد مصرفی روزانه شهروندان (بلاخص در فروشگاه‌ها و سوپرمارکت‌ها) به شکل گسترده‌ای به این نوع خودروها وابسته است. وانت‌های رایج معمولا دارای یک محفظه‌ی بار با کف ثابت هستند به‌همین دلیل عملیات بارگیری و تخلیه بار در آن‌ها اغلب با استفاده از تجهیزات مختلف کمکی و یا به‌صورت بارگیری دستی انجام می‌شود.در پژوهش حاضر هدف، ایجاد یک طراحی جدید برای قسمت عقب یک خودروی وانت است به‌نحوی که به‌عملیات بارگیری و تخلیه بار کمک نماید. طرح پیشنهادی شامل یک شاسی عقب U شکل است که در قسمت مربوط به‌محفظه‌ی بار آن، یک سازه‌ی کف جای می‌گیرد. در راستای پیاده‌سازی طرح مذکور، از یک خودروی وانت دیفرانسیل جلو استفاده شده است زیرا وجود دیفرانسیل در قسمت عقب مانع از حرکت سازه‌ی کف به‌سمت بالا و پائین می‌شود. مکانیزم بالابر انتخاب شده در این پژوهش، مشابه یک مکانیزم لیفتراکی است. برای طراحی شاسی U شکل و سازه‌ی کف از نرم‌افزار کتیا و برای انجام تحلیل‌های استاتیکی مختلف بر روی سازه‌ی کف از نرم‌افزار آباکوس، که از روش اجزای محدود استفاده می‌کند، بهره گرفته شده است.

کلمات کلیدی: خودروی وانت، شاسی U شکل، سازه‌ی کف، روش اجزاء محدود.

۱–مقدمه

در این بخش اختراعات قابل توجهی که برای غلبه بر مشکلات و معضلات بارگیری و تخلیه‌ی بار در خودروهای بارکش رایج به انجام رسیده است، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در سال ۱۹۹۹، بوچر و همکاران[1] در اختراعی با شماره‌ی ثبت US 1999/5951233 A، طرحی را ارائه کردند،که بر روی هر خودروی وانت دیفرانسیل جلو قابل پیاده سازی است. در این نوآوری، خودرویی با یک محفظه‌ی بار قابل حرکت به بالا و پائین، فراهم شده است. خودرو شامل یک ناحیه بار U شکل با یک محفظه‌ی بار است که به‌وسیله‌ی راهنماهای نصب شده، مکان‌دهی شده است. محفظه‌ی بار به‌وسیله‌ی مکانیزم کابل- قرقره[2]، که در پاسخ به یک سیستم محرک هیدرولیکی به‌حرکت در می‌آید، قابلیت حرکت به‌سمت بالا و پائین دارد. در یک بیان کلی، محفظه‌ی بار برای یک خودرو موجود بازنگری و اصلاح

[1]Boucher et al
2Cable-Bobbin

Archive of SID

www.SID.ir

شده است. دو عضو طولی که در نزدیکی پخ ناحیه U شکل به‌سمت جلو امتداد یافته‌اند، برای اتصال شاسی عقب طراحی شده به شاسی جلوی وانت اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین در این نوآوری از سیستم تعلیقی با فنر تخت استفاده شده است. حامل چرخ به‌کار رفته در این نوآوری به‌صورت مفصلی به شاسی خودرو متصل می‌گردد تا با حرکت دورانی خود حول مفصل ذکر شده، حرکت عمودی چرخ را فراهم سازد [۱].

در سال ۲۰۰۸، نیکلسُن[1] در قالب اختراعی با شماره‌ی ثبت US 2008/7322627 B1، به طراحی یک بارکش با یک کف قابل تنظیم به‌صورت عمودی[2]، پرداخت. این بارکش شامل یک شاسی U شکل، در قسمت عقب، است که کف قابل تنظیم به‌صورت عمودی، بر روی آن مستقر می‌شود. کف ذکر شده، به‌وسیله‌ی سیلندرهای هیدرولیکی که در ۴ گوشه‌ی شاسی قرار دارند، قابلیت حرکت بین موقعیت‌های بالایی و پایینی مدنظر را دارد. زمانی که کف در موقعیت کاملا بالا آمده قرار دارد، به‌وسیله‌ی پین‌های قفل‌کننده‌ی کف، بر روی شاسی U شکل نگه داشته می‌شود.حرکت پین‌های قفل‌کننده‌ی کف که درون قسمت‌های کناری شاسی مکان‌دهی شده‌اند، از طریق یک سیستم کنترلی هوشمند تامین می‌شود. در این طرح، سیستم تعلیق شامل ۲ مجموعه جداگانه‌ی تعلیق برای هر سمت عقب خودرو است که به‌صورت قرینه‌ی هم بر روی شاسی U شکل قرار می‌گیرند. هر مجموعه‌ی سیستم تعلیق عقب شامل یک جفت بازوی نوسانی فوقانی، یک جفت بازوی نوسانی پائینی، فنر تخت و کمک فنر می‌باشد[۲].

در سال ۲۰۱۲، گرین[3] در قالب اختراعی با شماره‌ی ثبت WO 2012/083376 A1، به ارائه طرحی پرداخت که در آن یک خودروی حمل و نقل پالتِ کالاهای تجاری[4] سبک وزن طراحی شده است. این خودرو یک بارکش دیفرانسیل جلو سبک است که صرفا جهت حمل بارهای قرار گرفته بر روی پالت با طول و عرض محدود (معادل با طول و عرض پالت) طراحی شده است. برای قسمت عقب این خودروی بارکش یک شاسی U شکل در نظر گرفته شده است. در قسمت جلوی شاسی U شکل و در نزدیکی کابین راننده، یک دستگاه لیفتراک هیدرولیکی مکان‌دهی شده است. در این نوآوری چنگک‌های لیفتراک وظیفه‌ی بالا آوردن و پائین بردن پالت و کالا را بر عهده دارند. در این نوآوری از یک کف جمع‌شونده به‌عنوان تکیه‌گاه بار استفاده شده که به‌شکلی سازگار با دستگاه لیفتراک در تعامل می‌باشد. کف مذکور در هنگام بارگیری و تخلیه بار، که چنگک‌های لیفتراک نیاز به فضا برای حرکت به بالا یا پائین دارند، در یک موقعیت عمودی[5] قرار می‌گیرد و پس از باگذاری به یک موقعیت افقی[6] عملیاتی گسترش می‌یابد تا چنگک‌ها به‌همراه پالت و کالا بر روی آن قرار بگیرند. بدین ترتیب در حین انتقال بار به‌مقصد، سیستم هیدرلیک مکانیزم بالابر خاموش می‌شود، وزن پالت و بار به چنگک‌ها و مکانیزم لیفتراک وارد نمی‌شود و توسط کف و در واقع شاسی خودرو حمل می‌گردد. در این نوآوری برای به‌حرکت درآوردن کف جمع‌شونده از یک سیستم پنوماتیکی[7] استفاده شده است. همچنین در سیستم تعلیق عقب طراحی شده در این نوآوری، از فنرهای بادی استفاده شده است. این فنرهای بادی در خارج از فضای شاسی U شکل قرار گرفته‌اند و ارتباط مناسبی را بین هر سمت از شاسی و چرخ مربوط به‌خود برقرار کرده‌اند [۳].

۲-انتخاب وانت دیفرانسیل جلو

یکی از نکات قابل توجه در انتخاب وانت اولیه این است که اطلاعات فنی این خودرو مورد نیاز است، زیرا قسمت‌هایی از خودور (مانند شاسی و بدنه در قسمت جلوی خودرو، سیستم تعلیق جلو و.....) اصلا نیازی به تغییر و طراحی جدید ندارند و به همان صورت اولیه می‌توانند باقی بمانند. به همین دلیل سعی شد که از یک خودروی وانت دیفرانسیل جلو ساخت داخل کشور استفاده

1 Nicholson
2Vertically Adjustable Truck Bed
3 Green
4 Pallet Taxi
5 Vertical Position
6Horizontal Position
7Pneumatic System

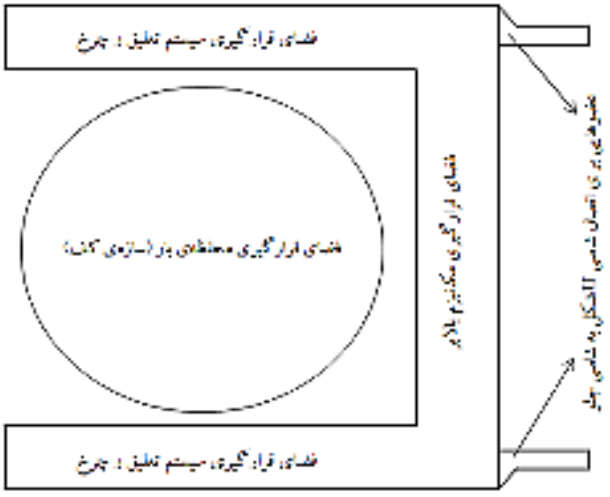
www.SID.ir

شود تا امکان دسترسی به اطلاعات فنی خودرو وجود داشته باشد.تعداد خودروهای وانت دیفرانسیل جلوی ساخت داخل کشور بسیار محدود می‌باشد. طبق بررسی‌های انجام شده تنها ۲ نوع از این وانت‌ها در داخل کشور وجود دارد که یکی خودروی وانت تندر ال ۹۰ و دیگری خودروی وانت سایپا-۱۵۱ کارا می‌باشد. بررسی‌های انجام شده نشان داد که امکان برقراری ارتباط با شرکت‌های تولید کننده خودروی وانت تندر ال ۹۰ (ایران خودرو و پارس خودرو) وجود ندارد و بنابراین دست‌یابی به اطلاعات فنی دقیق از این خودرو مقدرو نیست. امکان برقراری ارتباط با شرکت سایپا مقدور می‌باشد به‌همین دلیل از خودروی وانت سایپا-۱۵۱ کارا برای پیاده‌سازی طرح مورد نظر بهره گرفته شده است. در شکل ۱ برخی از ابعاد مهم اندازه‌گیری شده بر روی خودروی مذکور نشان داده شده است. ابعاد به میلی‌متر می‌باشند.

شکل۱- برخی ابعاد مهم قسمت عقب خودروی وانت ۱۵۱ کارا

۳- طراحی شاسی U شکل

نام شاسی U شکل از این لحاظ به‌این نوع شاسی اطلاق می‌شود که از نمای بالا به‌شکل حرف انگلیسی U، در حالت خوابیده، دیده می‌شود. یعنی به‌شکل ⊂. فضای خالی درون این حرف مکان قرار گیری محفظه‌ی بار یا در واقع همان سازه‌ی کف است. این شاسی همچنین دارای عضوهای طولی است که به‌سمت عقب گسترش یافته‌اند. این عضوها و در واقع فضایی که این عضوها پوشش می‌دهند، مکان مناسبی برای قرار گیری سیستم تعلیق و چرخ‌ها است. همچنین از این فضاها می‌توان برای طراحیک مکانیزم قفل‌کننده جهت ایجاد یک‌پارچگی بین سازه‌ی کف و سازه‌ی شاسی عقب و انتقال بار به‌شاسی در مسیر تحویل بار به‌مقصد استفاده کرد. علاوه براین، خم موجود در انتهای ناحیه U شکل نیز می‌تواند به‌عنوان مکان مناسبی برای قرار دادن تجهیزات مکانیزم بالابر مورد استفاده قرار گیرد. در شکل ۲ طرح‌واره‌ای از شاسی Uشکل به‌همراه فضاهای کاربردی آن به‌نمایش در آمده است.

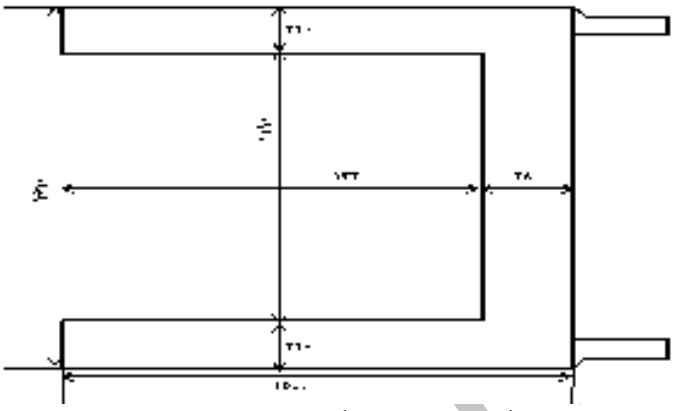


شکل۲- طرح‌واره‌ای از شاسی U شکل و فضاهای کاربردی آن

Archive of SID

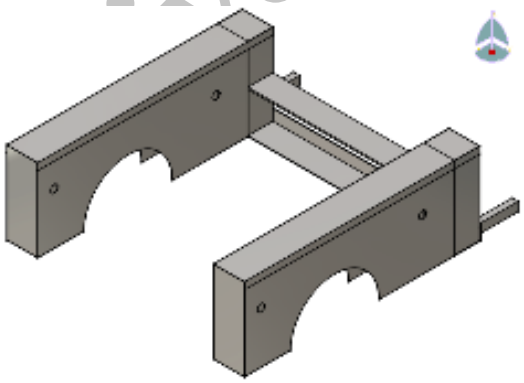
www.SID.ir

براساس طراحی انجام شده برای اجزای مکانیزم بالابر، قطر جک‌های هیدرولیکی ۵۰ میلی‌متر و عرض تیرها ۹۰ میلی‌متر به‌دست آمد. که البته باید به‌مقادیر فوق، فضای لازم برای قرار گیری زنجیر را نیز افزود. در نتیجه، فضای ۲۸۰ میلی‌متر از طول وانت در قسمت عقب جهت قرار گرفتن تجهیزات فوق‌الذکر و متعلقات آن‌ها در نظر گرفته شد، به‌نحوی که ۱۷۵ میلی‌متر جهت قرار گرفتن تجهیزات مکانیزم بالابر و ۱۰۵ میلی‌متر نیز برای خود اجزای سازه‌ی کف مدنظر قرار داده شد. همان‌طور که بیان شد طول قسمت عقب خودروی وانت مورد نظر ۱۶۰۰ میلی‌متر می‌باشد، بنابراین طول محفظه‌ی بار به ۱۳۲۰ میلی‌متر می‌رسد. علاوه‌براین، برای مکان‌دهی اجزای سیستم تعلیق و چرخ‌ها، در هر طرف از محفظه‌ی بار، ۲۱۰ میلی‌متر فضا در نظر گرفته شد.با توجه به‌این‌که عرض کلی خودرو در قسمت عقب ۱۶۱۰ میلی‌متر است، ۱۱۹۰ میلی‌متر فضای عرضی برای محفظه‌ی بار در نظر گرفته شد. شکل ۳ طراحی ابعادی انجام شده برای شاسی U شکل را نشان می‌دهد.



شکل۳- ابعاد شاسی U شکل طراحی شده – نمای بالا

در شکل ۴ نمای ۳ بعدی کلی از شاسی عقب طراحی شده در این پروژه به‌نمایش گذاشته شده است. در شاسی طراحی شده، همه‌ی قطعات از جنس فولاد ST-52 می‌باشند که معمولا از آن در ساخت شاسی و بدنه‌ی خودرو استفاده می‌شود. چگالی این فولاد ۷۸۶۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد[۴].

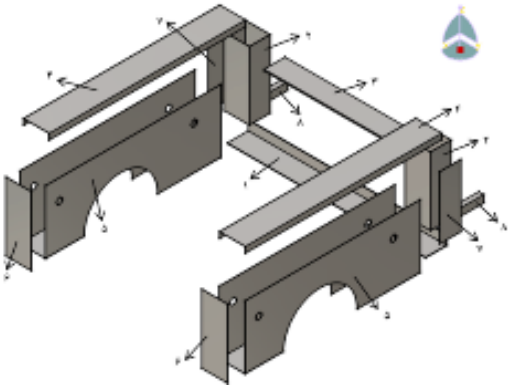


شکل۴- نمای ۳ بعدی از شاسی U شکل طراحی شده

در شکل ۵ یک نمای انفجاری از شاسی U شکل طراحی شده نمایش داده شده است. بر روی شکل به‌هر عضو یک شماره اختصاص داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۵ - نمای انفجاری از شاسی U شکل طراحی شده

جرم کل شاسی عقب طراحی شده ۱۰۹/۸۸۱ کیلوگرم می‌باشد.

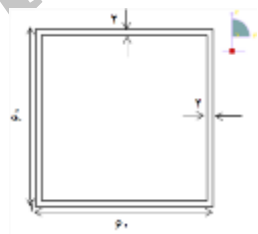
۴–طراحی سازه‌ی کف

در این پژوهش، جنس همه‌ی اجزای سازه‌ی کف نیز مانند اجزای شاسی از فولاد ST-52 در نظر گرفته شده است. این فولاد دارای مقاومت تسلیم ۴۳۰ مگاپاسکال می‌باشد[۴]. فرآیند طراحی و تحلیل در این بخش یک فرآیند تکاملی است، به‌این نحو که ابتدا یک طرح اولیه برای سازه‌ی کف پیشنهاد می‌شود و سپس با اعمال بارگذاری‌های مختلف و انجام تحلیل‌های استاتیکی در نرم‌افزار آباکوس، سازه در مراحلمختلف تقویت می‌شود تا طرح نهایی سازه‌ی کف حاصل گردد.

سازه‌ی کف در این پژوهش از دو قسمت مختلف تشکیل شده است: قسمت اول، قاب کف است که بار بروی آن قرار می‌گیرد و قسمت دوم، اجزایی هستند که برای اتصال این قاب به‌مکانیزم بالابر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این پروژه مجموع این دو قسمت سازه‌ی کف نامیده می‌شود.

۴–۱– طراحی قاب کف

قاب کف طراحی شده در این پروژه یک قاب مستطیلی متشکل از ۱۸ عضو است.در طراحی قاب کف از ۴ عضو طولی، ۱۲ عضو عرضی، یک صفحه‌ی پشتیبان سراسری عرضی و یک ورق نازک استفاده شد. عضوهای طولی و عرضی طراحی شده همگی از قوطی‌های با ضخامت ۲ میلی‌متر از جنس فولاد طراحی گردیدند که موجب کاهش وزن این عضوها می‌گردد. مقطع عرضی این عضوها در شکل ۶ نشان داده شده است.



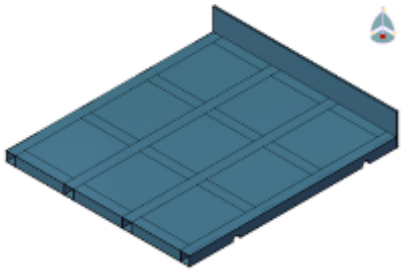
شکل۶- مقطع عرضی عضوهای طولی و عرضی طراحی شده

باتوجه به ابعاد محفظه‌ی بار، طول هرکدام از عضوهای طولی ۱۳۲۰ میلی‌متر می‌باشد. ۴ عضو طولی در یک آرایش منظم در فاصله‌ی ۳۱۰ میلی‌متر از یک دیگر قرار می‌گیرند. با قرار گرفتن عضوهای طولی به‌شکل بیان شده، عرض کلی سازه‌ی کف به ۱۱۷۰ میلی‌متر می‌رسد. عضوهای طولی توسط ۱۲ عضو عرضی حمایت می‌شوند، به‌نحوی که بین هر ۲ عضو طولی ۴ عضو عرضی قرار می‌گیرد. این عضوهای عرضی وظیفه‌ی انتقال یکنواخت و مناسب تنش بین عضوهای طولی و جلوگیری از تمرکز تنش در یک نقطه را برعهده دارند. روند طراحی قاب کف با اضافه کردن یک صفحه‌ی پشتیبان که در تمام عرض سازه امتداد دارد، ادامه پیدا می‌کند. صفحه‌ی پشتیبان دارای عرض ۱۱۷۰ ، ارتفاع ۲۰۰ و ضخامت ۱۰ میلی‌متر است. در مرحله‌ی نهایی طراحی قاب کف، یک ورق ۲ میلی‌متری بر روی همه‌ی عضوهای طولی و عرضی کشیده شد. این ورق همه‌ی سطح محفظه‌ی

Archive of SID

www.SID.ir

بار را پوشش می‌دهد بنابراین ابعاد آن ۲×۱۱۷۰×۱۳۲۰ می‌باشد. در شکل ۷ پیکربندی نهایی قاب کف طراحی شده مشاهده میشود.

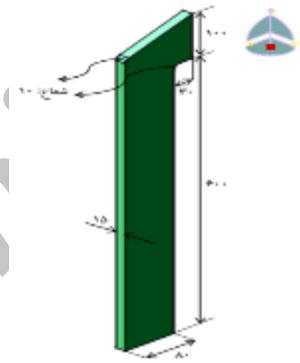


شکل۷- پیکربندی نهایی قاب کف طراحی شده

جرم کل قاب کف طراحی‌شده ۷۵/۱۶۸ کیلوگرم می‌باشد.

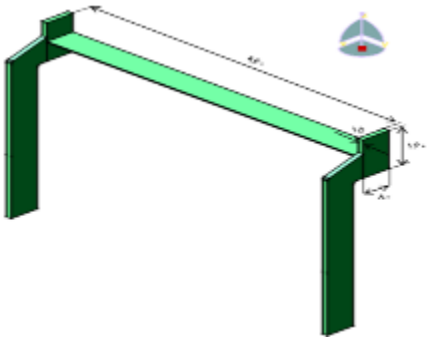
۴-۲- طراحی عضو های متصل کننده قاب کف به مکانیزم بالابر

پس‌از طراحی قاب کف، حال باید عضوهایی طراحی گردند تا به‌وسیله‌ی آن‌ها بتوان قاب کف را به‌مکانیزم بالابر متصل نمود. با توجه به‌نوع مکانیزم، صفحه‌ی واسط همواره در یک نقطه‌ی بالا دست نسبت به‌قاب کف قرار دارد. هنگامی که صفحه‌ی واسط در پائین‌ترین نقطه از کورس حرکت خود قرار می‌گیرد، قاب کف دقیقا باید بر روی سطح زمین بنشیند. همچنین زمانی‌که صفحه‌ی واسط در بالاترین نقطه از کورس حرکتی خود قرار دارد، قاب کف باید در ارتفاع مورد نظر (۶۰۰ میلی‌متر) از سطح زمین بر روی شاسی جای بگیرد. برای ایجاد اتصال بین قاب کف و صفحات واسط از دو بازوی عمودی استفاده شده است. این بازوها باید به‌گونه‌ای طراحی گردند که در هنگام حرکت سازه‌ی کف به‌سمت بالا و پائین با عضو (۳) از شاسی، برخورد نداشته باشند. در طرح اولیه برای بازوهای عمودی ضخامت بازوها ۱۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد.در شکل ۸ طرح اولیه‌ی بازوهای عمودی نشان داده شده است.



شکل۸- طرح اولیه‌ی بازوی عمودی سازه‌ی کف

در شکل ۹ صفحات واسط و نحوه‌ی اتصالشان به‌بازوهای عمودی نشان داده شده است.

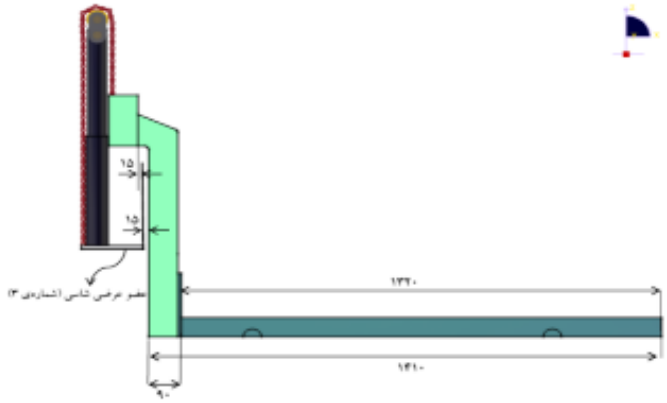


شکل۹- نحوه اتصال صفحات واسط به‌بازوهای عمودی

Archive of SID

www.SID.ir

در شکل ۱۰ نمای جانبی از موقعیت قرار گیری سازه کف طراحی شده نسبت به‌عضو عرضی شماره (۳) شاسی U شکل به‌نمایش درآمده است.



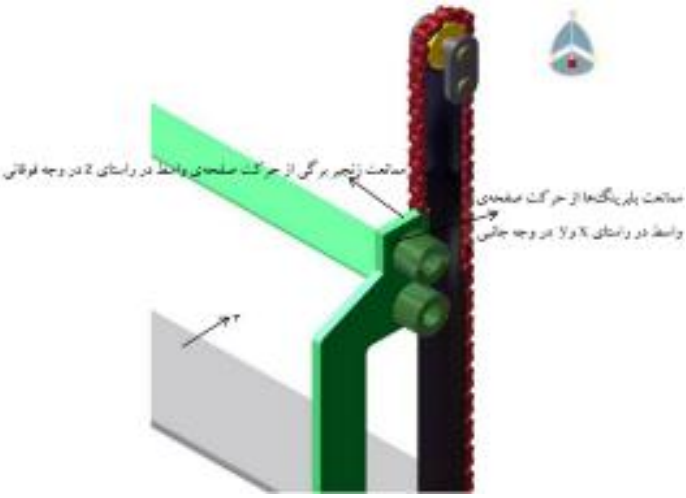
شکل۱۰- نمای جانبی از مکان قرارگیری سازه کف نسبت به‌عضو عرضی شماره (۳) شاسی U شکل

با مشاهده این شکل، فضای طولی که هریک از عضوهای سازه‌ی کف اشغال می‌کنند کاملا نمایان می‌گردد. کاملا واضح است که بار اجازه دارد تنها در فضای طولی ۱۳۲۰ میلی‌متر از سازه کف جای بگیرد. همچنین در این شکل فاصله موجود بین بازوهای عمودی سازه‌ی کف و عضو عرضی شاسی طراحی‌شده به‌وضوح مشخص است.

۵- تحلیل سازه کف

همه تحلیل‌های استاتیکی انجام شده در این بخش، با فرض یک لحظه آنی از حرکت سازه کف به‌سمت بالا یا پائین به‌انجام رسیده‌اند، به‌این‌ترتیب که در لحظه ذکر شده، حرکت کل سازه متوقف شده و سازه، با بررسی شرایطی که صفحات واسط به‌عنوان تنها تکیه‌گاه‌ها تجربه می‌کنند، مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

در شکل ۱۱، در یک لحظه آنی از حرکت سازه، شرایط اعمالی بر صفحات واسط از سوی اجزای مکانیزم بالابر نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است، در یک لحظه آنی، زنجیر برگی مانع از حرکت صفحه واسط در راستای z می‌شود و بلبرینگ‌های موجود درون ریل‌های تیرهای توخالی از حرکت صفحه واسط در دو راستای x و y جلوگیری می کنند. همچنین وجود عضو عرضی مابین صفحات واسط شرایط را برای حفظ موقعیت صفحات مذکور در راستای محور y مناسب‌تر می‌کند.



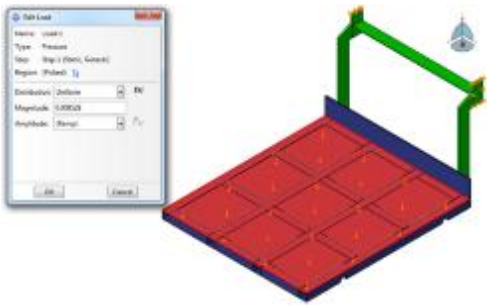
شکل۱۱- شرایط صفحات واسط در یک لحظه‌ی آنی از حرکت سازه کف

در همه تحلیل‌های انجام شده در این بخش، از ضریب اطمینان ۳ برای بارگذاری استفاده شده است. خودروی وانت انتخاب شده برای این پروژه دارای ظرفیت حمل بار ۴۵۰ کیلوگرم می‌باشد. بنابراین در هر تحلیل بار ۱۳۵۰ کیلوگرمی بر سازه اعمال می‌گردد. البته به‌علت تاثیر وزن خود سازه بر عملکرد آن در حین حرکت به‌سمت بالا یا پائین، در هر تحلیل ۱۵۰ کیلوگرم اضافه به‌سازه

Archive of SID

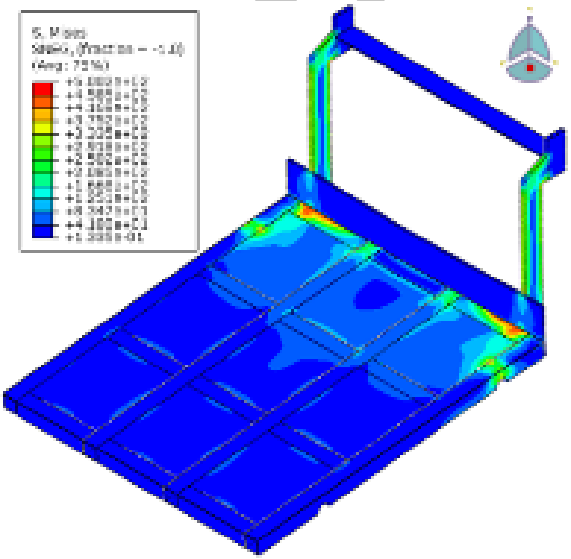
www.SID.ir

کف وارد می‌شود که این یعنی وارد کردن بار کل ۱۵۰۰ کیلوگرمی بر سازه. در شکل ۱۲ بارگذاری انجام شده بر روی سازه نشان داده شده است.

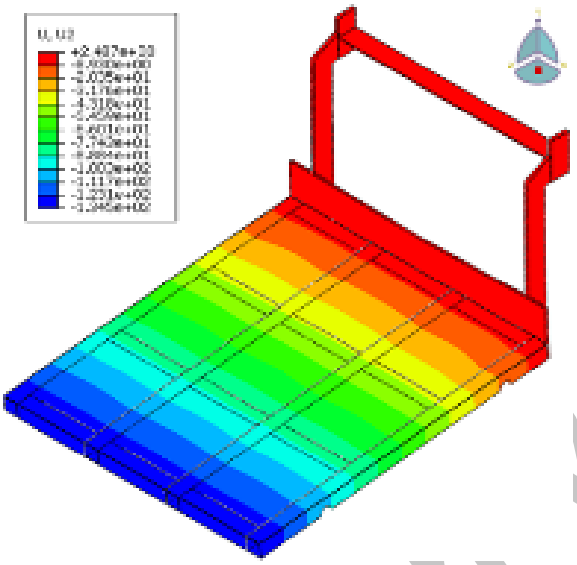


شکل۱۲- بارگذاری اعمالی بر سازه‌ی کف

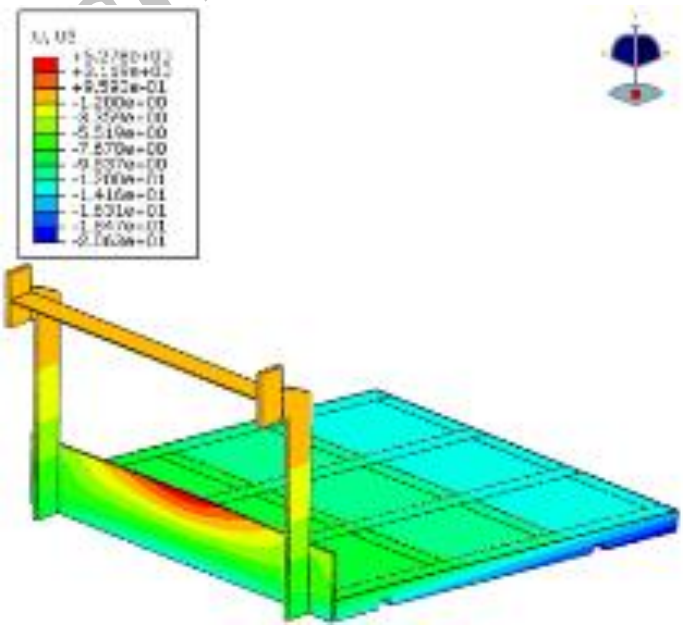
در اشکال ۱۳ تا ۱۵ نتایج تحلیل انجام شده نشان داده شده است. این شکل‌ها به‌ترتیب نشان‌دهنده تغییرات تنش فون میزز، تغییر مکان عمودی و تغییر مکان طولی در تمام سازه کف می‌باشند. در شکل‌های ذیل تنش برحسب مگاپاسکال و تغییر مکان‌ها برحسب میلی‌متر می‌باشد.



شکل۱۳-کانتور تنش فون‌میزز در سازه کف



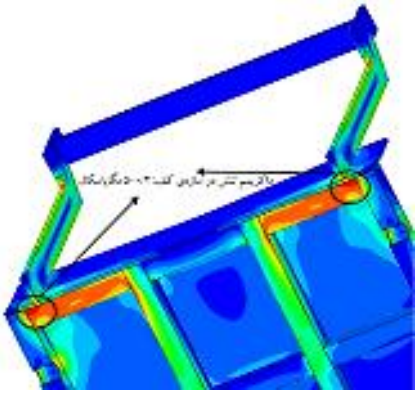
شکل۱۴-کانتور تغییر مکان عمودی سازه کف



شکل۱۵-کانتور تغییر مکان طولی سازه کف

www.SID.ir

همان‌طور که در شکل ۱۳ نشان داده شده است، ماکزیمم تنش فون‌میزز در سازه کف ۵۰۰/۲ مگاپاسکال است. در شکل ۱۶ مکان وقوع ماکزیمم تنش در سازه به‌طور واضح نشان داده شده است.



شکل۱۶- مکان وقوع ماکزیمم تنش در سازه کف

با بررسی کامل تنش‌های وارد شده به‌اجزای مختلف سازه مشاهده شد که ماکزیمم تنش در بازوهای عمودی ۴۳۲/۶ مگاپاسکال می‌باشد که در محل اتصال به‌عضو عرضی پشتیبان و در پائین‌ترین قسمت بازوها ایجاد می‌شود. اما ناحیه دیگری در این بازوها وجود دارد که در آن تنش از ۴۳۰ مگاپاسکال عبور می‌کند و آن در قسمت فیلت خورده بالایی در نزدیکی صفحات واسط می‌باشد. همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد، بازوهای عمودی تحت فشار زیادی قرار دارند.

با مشاهده شکل ۱۴ ماکزیمم تغییر مکان عمودی سازه در انتهای قسمت عقب قاب کف به‌میزان ۱۳۴/۵ میلی‌متر دیده می‌شود. پیش‌بینی می‌شد که این نقطه از سازه به‌علت این‌که در دورترین فاصله از تکیه‌گاه قرار دارد بیش‌ترین تغییر مکان عمودی را تجربه کند. کاملا واضح است که این تغییر مکان عمودی بیش‌از حد زیاد است و به‌هیچ وجه قابل قبول نیست.

در شکل ۱۵ مشخص است که ماکزیمم تغییر مکان سازه در راستای z بازهم در قسمت انتهایی قاب کف با مقدار ۲۰/۶۳ میلی‌متر رخ می‌دهد که این امر نیز به‌دلیل دوری این نقطه از تکیه‌گاه و آزاد بودن آن برای هرمقدار چرخش به‌سمت جلوی خودرو است.

با توجه به‌کانتور ارائه شده در این شکل مشخص است که بازوهای عمودی در پائین‌ترین نقطه خود علاقه به چرخش به‌سمت جلو یعنی به‌سمت عضو عرضی شماره (۳) شاسی را دارند. مقدار دقیق تغییر مکان در نقطه ذکر شده بر روی بازوهای عمودی ۹/۵۲۸ میلی‌متر است که با توجه به‌وجود فاصله ۱۵ میلی‌متری این بازوها با عضو عرضی شاسی، حتی در این شرایط بحرانی نیز برخوردی بین عضوهای مذکور به‌وجود نمی‌آید.

۶- تقویت سازه کف

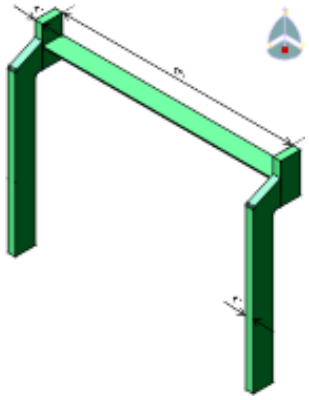
با توجه به نوع نیروی وارده به‌بازوهای بالابر که به‌صورت تقریبی می‌توان گفت یک نیروی طولی به‌سمت جلوی خودرو است و با توجه به ارتفاع این بازوها در راستای محور y، بیشتر چیزی که این بازوها به‌عنوان تنش تجربه می‌کنند تنش خمشی است که‌ناشی از وجود گشتاوری حول محور x بر بازوها وارد می‌شود. این تنش در راستای محور y به‌بازوهای عمودی وارد می‌شود.

با بررسی نتایج تنش برای بازوها، مشاهده شد که این بحرانی‌ترین مولفه‌ی تنش وارد بر بازوهای عمودی است.

باتوجه به‌راستای گشتاور اعمالی بر بازوی عمودی، مقدار b دو برابر گردید یعنی ضخامت بازوهای عمودی از ۱۵ میلی‌متر به ۳۰ میلی‌متر افزایش داده شد. در شکل ۱۷ تغییر ایجاد شده در عضوهای متصل‌کننده قاب کف به مکانیزم بالابر نشان داده شده است.

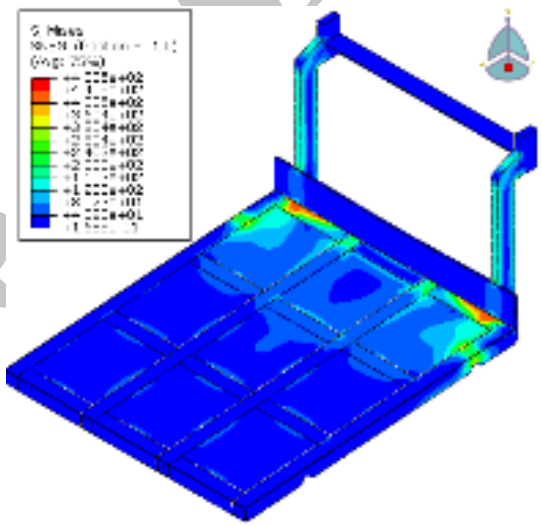
Archive of SID

www.SID.ir

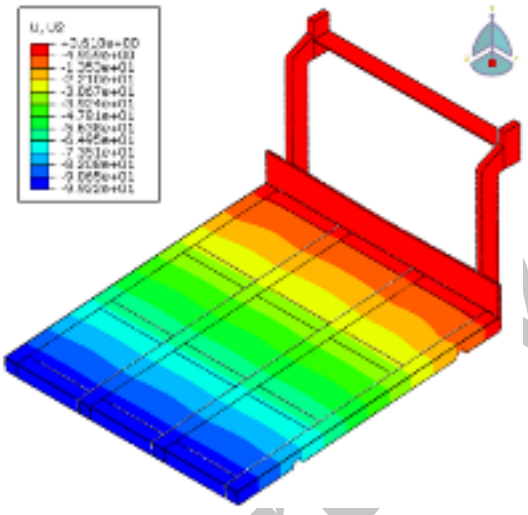


شکل۱۷-افزایش ضخامت بازوهای عمودی و صفحات واسط

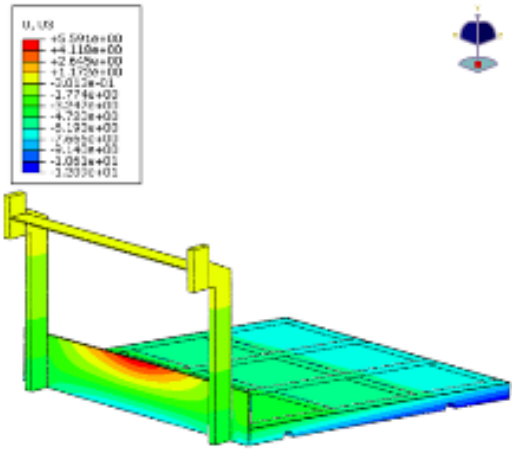
با دو برابر شدن ضخامت بازوهای عمودی و صفحات واسط، طبیعتا وزن این عضوها نیز دو برابر می‌شود. به‌این ترتیب جرم هر یک از بازوهای عمودی از ۶/۶۳۳ به ۱۳/۲۶۶ کیلوگرم و جرم هرکدام از صفحات واسط از ۱/۵۰۹ به ۳/۰۱۸ کیلوگرم می‌رسد. همچنین جرم عضو عرضی بین صفحات واسط از ۳/۰۱۸ به ۲/۹۲۴ کیلوگرم کاهش می‌یابد. در نتیجه تقویت انجام شده، وزن سازه کف از ۹۴/۴۷ به۱۱۰/۰۳ کیلوگرم افزایش می‌یابد مجددا کل سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرمی یکنواخت در تمام سطح کف قرار گرفت. در اشکال ۱۸ تا ۲۰ به‌ترتیب تغییرات تنش فون‌میزز، تغییر مکان عمودی و تغییر مکان طولی سازه کف تقویت شده ارائه شده است.



شکل۱۸-کانتور تنش فون‌میزز در سازه کف تقویت شده



شکل۱۹-کانتور تغییر مکان عمودی در سازه کف تقویت شده



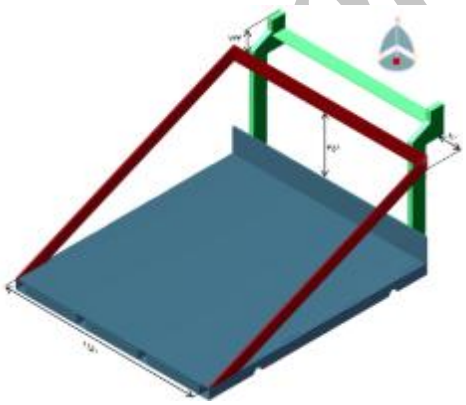
شکل۲۰-کانتور تغییر مکان طولی در سازه کف تقویت شده

www.SID.ir

با مشاهده این ۳ شکل به‌ترتیب، ماکزیمم تنش فون‌میزز در سازه، ۴۸۰/۵ مگاپاسکال می‌باشد که کاهش ۴ درصدی ماکزیمم تنش را در سازه نشان می‌دهد. ماکزیمم تغییر مکان عمودی سازه ۹۹/۲۲ میلی‌متر است که ۲۶/۲۳ درصد کاهش در نتایج را نسبت به‌سازه تقویت نشده نشان می‌دهد. در نهایت نیز ماکزیمم تغییر مکان طولی سازه ۱۲/۰۹ میلی‌متر دیده می‌شود که ۴۱/۳۹ درصد کاهش را نسبت به‌تحلیل قبلی نمایان می‌کند.

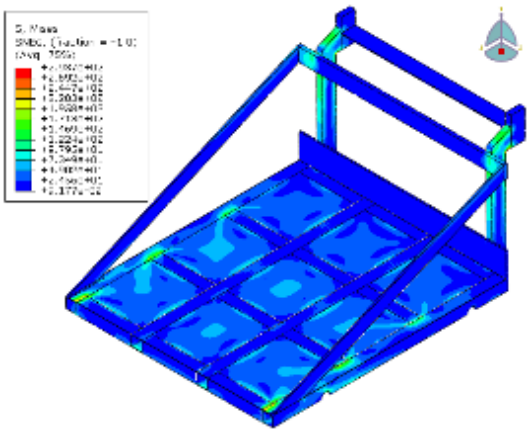
۶-۱- عضوهای تقویت کننده اولیه

در این قسمت به‌طراحی عضوهای تقویت کننده برای سازه‌ی کف پرداخته می‌شود. این عضوها باید بتوانند به‌طور مناسب قسمت عقب قاب کف را مقید کنند و از حرکت بیش‌از حد آن جلوگیری نمایند. با توجه به‌نبود فضای کافی برای ایجاد تکیه‌گاه جدید، می‌توان از خود بازوهای عمودی برای ایجاد تکیه‌گاه بهره گرفت. بازوهای عمودی در قسمت فوقانی خود و در نزدیکی تکیه-گاه‌های اصلی سازه یعنی صفحات واسط، کمترین میزان چرخش و در واقع کمترین تغییر مکان را دارند به‌همین دلیل این نواحی بهترین انتخاب برای قرار دادن یک عضو تکیه‌گاهی جدید هستند. برای تقویت سازه در این قسمت از یک عضو عرضی تکیه-گاهی جدید به‌همراه دو تسمه‌ی فولادی استفاده شده است. قرار دادن این تسمه‌ها در هر مکانی بر روی قاب امکان‌پذیر نیست و باید به‌نحوی به‌قاب کف متصل شوند که فضای عرضی محفظه‌ی بار به‌مقدار زیادی محدود نشود. عضو عرضی تکیه‌گاهی طراحی شده دارای عرضی معادل با عرض سازه کف (۱۱۷۰ میلی‌متر) است. همچنین ضخامت این عضو ۲۰ میلی‌متر و ارتفاع آن ۷۶ میلی‌متر در نظر گرفته شده است. با توجه به‌نوع تنش وارده بر این تسمه‌ها، برای بعد طولی آن‌ها در محل اتصال به‌قاب کف، مقدار ۱۷۶ میلی‌متر استفاده شده است. در شکل ۲۱ مکان قرارگیری عضوهای تقویت‌کننده بر روی سازه کف نشان داده شده است.



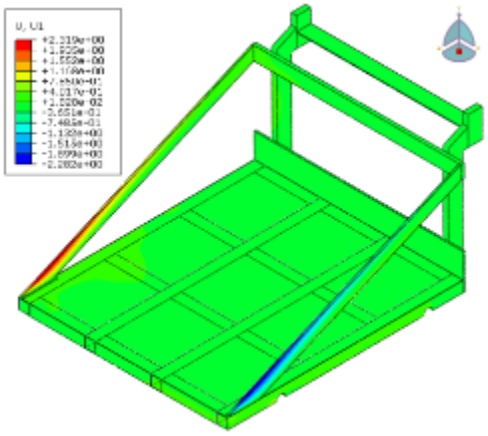
شکل۲۱-مکان قرارگیری عضوهای تقویت کننده بر روی سازه کف

نتایج این تحلیل در شکل های ۲۲ تا ۲۵ ارائه شده است.

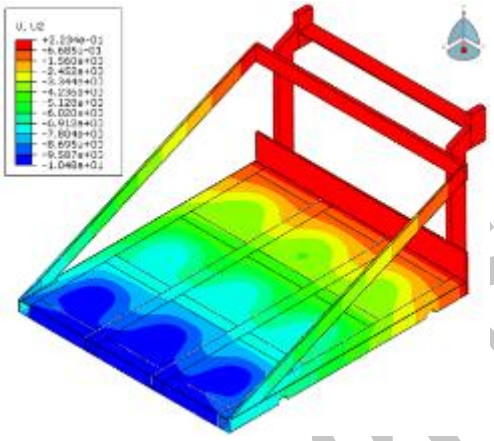


شکل۲۲-کانتور تنش فون‌میزز در سازه‌ی کف با عضوهای تقویت کننده‌ی اولیه

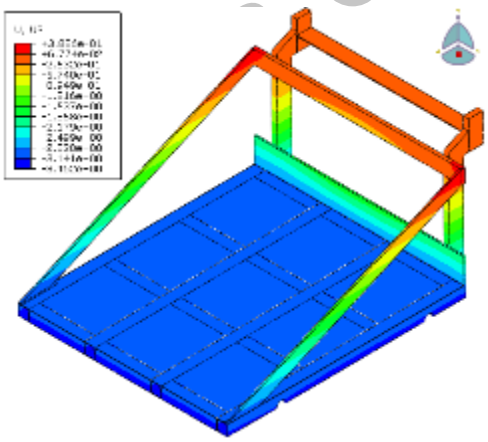
www.SID.ir



شکل۲۳-کانتور تغییر مکان عرضی در سازه کف با عضوهای تقویت کننده اولیه



شکل۲۴-کانتور تغییر مکان عمودی در سازه کف با عضوهای تقویت کننده اولیه



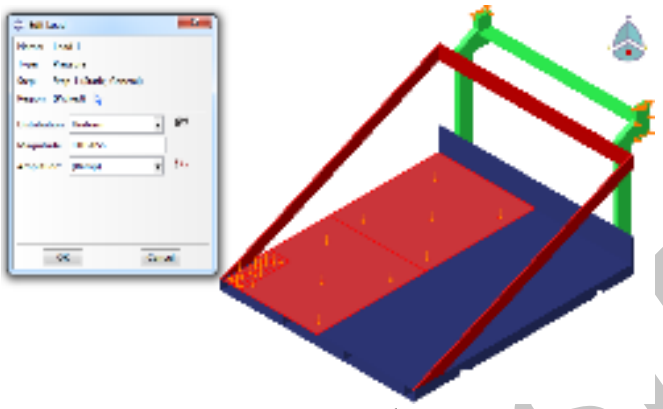
شکل۲۵-کانتور تغییر مکان عرضی در سازه‌ی کف با عضوهای تقویت کننده اولیه

همان‌طور که مشخص است، استفاده از عضوهایتقویت کننده‌ی اولیه تاثیر چشم‌گیری در کاهش ماکزیمم تنش در سازه داشته است. ماکزیمم تنش در سازهبه‌مقدار ۲۹۳/۷ مگاپاسکال رسیده است. همچنین محل وقوع ماکزیمم تنش در سازه به‌قسمت فیلت خورده‌ی بازوهای عمودی منتقل شده است. ماکزیمم تغییر مکان عرضی سازه کف که در تسمه‌های فولادی روی می‌دهد ۲/۳۱۹ میلی‌متر می‌باشد.. ماکزیمم تغییر مکان عمودی سازه در قسمت انتهای عقبی قاب کف به ۱۰/۴۸ میلی‌متر رسیده است. ماکزیمم تغییر مکان طولی سازه کف نیز کاهش قابل‌قبولی داشته است به‌طوری‌که به ۳/۴۶۲ میلی‌متر رسیده است. همچنین میزان حرکت طولی قسمت انتهایی بازوهای عمودی به ۳/۳۲۲ میلی‌متر کاهش یافته است. با طراحی عضوهای تقویت کننده، جرم کل سازه به ۱۳۸/۸۴۸ کیلوگرم می‌رسد.

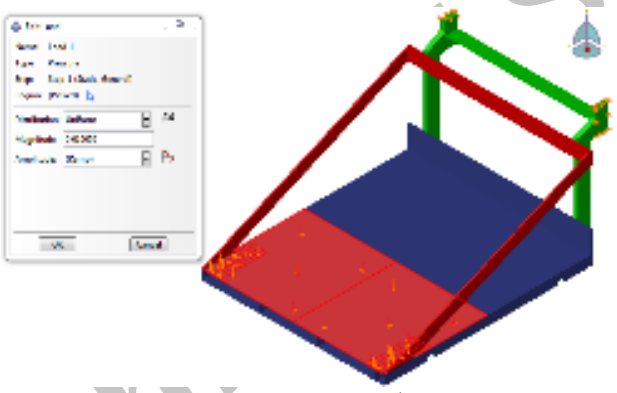
www.SID.ir

۷- بررسی انواع دیگری از بارگذاری روی کف

در این قسمت، سازه کف طراحی شده تحت ۲ بار گذاری مختلف قرار می گیرد. بار گذاری اول شامل یک بار ۱۳۵۰ کیلوگرمی در یک نیمه طولی سازه کف و بارگذاری دوم شامل یک بار ۱۳۵۰ کیلوگرمی در نیمه عرضی عقبی کف می‌باشد. در هر دو بارگذاری، جرم در نظر گرفته شده برای خود سازه کف یعنی ۱۵۰ کیلوگرم به‌صورت اضافه بر سازه اعمال شده است. نکته مهم این است که در بارگذاری‌های انجام شده این جرم نیز به‌همراه جرم بار و در محل اعمال بار به‌سازه اضافه شده است. بنابراین دو بارگذاری به‌صورت نشان داده شده در شکل ۲۶ و ۲۷ به‌انجام رسید.

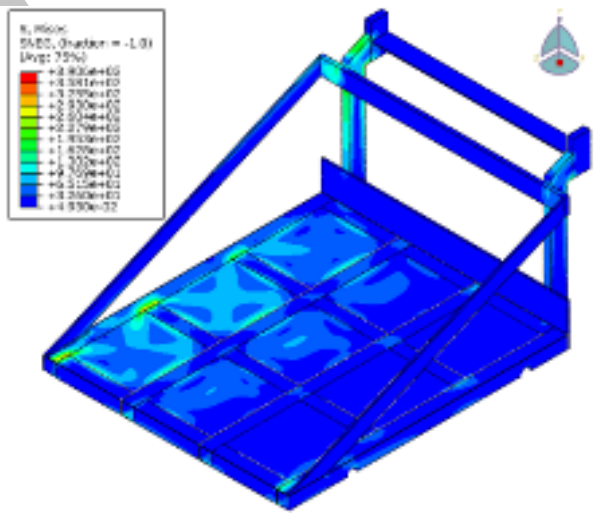


شکل۲۶- بارگذاری در نیمه طولی سازه کف



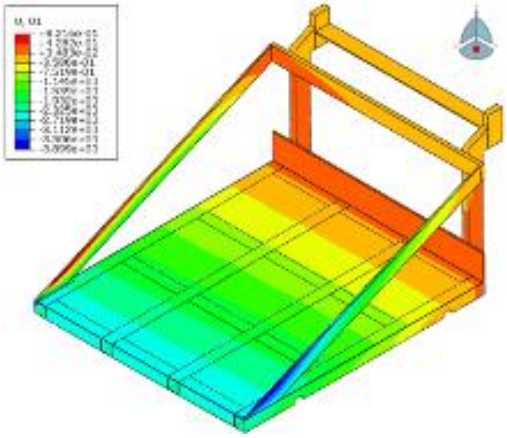
شکل۲۷- بارگذاری در نیمه عرضی عقبی سازه کف

نتایج تحلیل‌ها در شکل های ۲۸ تا ۳۶ نشان داده شده است. در شکل های ۲۸ تا ۳۲ مربوط به‌بارگذاری در نیمه‌طولی سازه کف و شکل های ۳۳ تا ۳۶ متعلق به‌بارگذاری انجام شده در نیمه عرضی عقبی سازه کف می‌باشد.

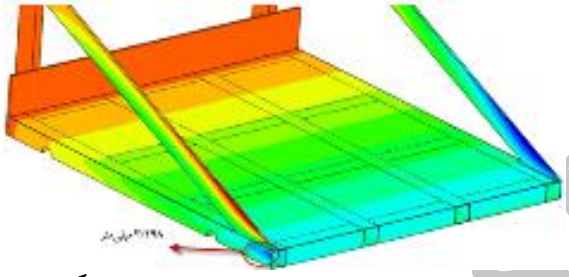


شکل۲۸- کانتور تنش فون‌میزز در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه طولی کف

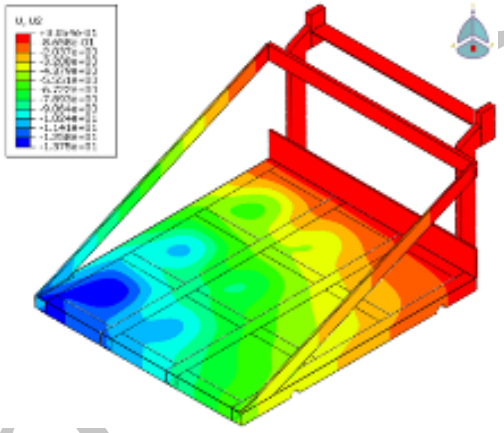
www.SID.ir



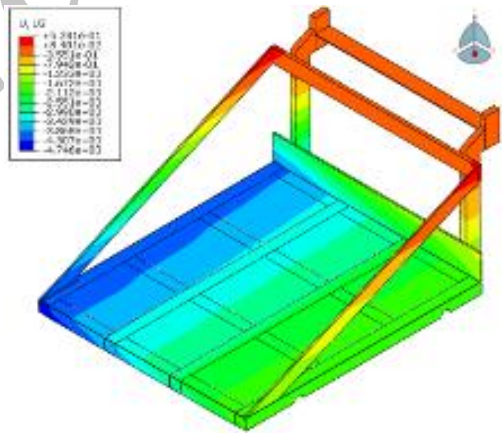
شکل۲۹-کانتور تغییر مکان عرضی در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه طولی کف



شکل۳۰- ماکزیمم حرکت عرضی سازه کف به‌سمت دیواره کناری شاسی تحت بارگذاری در نیمه طولی کف



شکل۳۱-کانتور تغییر مکان عمودی در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه طولی کف



شکل۳۲-کانتور تغییر مکان طولی در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه طولی کف

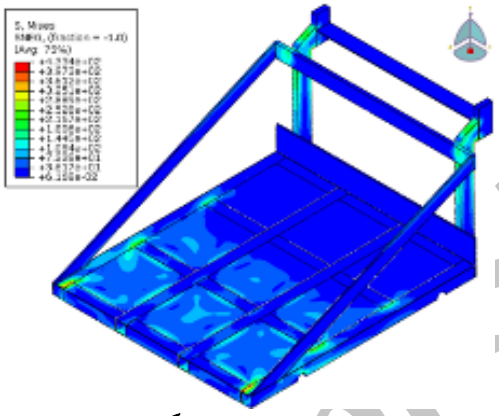
با مشاهده شکل ۲۸، ماکزیمم تنش در سازه ۳۹۰/۶ مگاپاسکال می‌باشد. این تنش در بخش فیلت‌خورده بازوی عمودی که در سمت بارگذاری قرار دارد، رخ داده است.

www.SID.ir

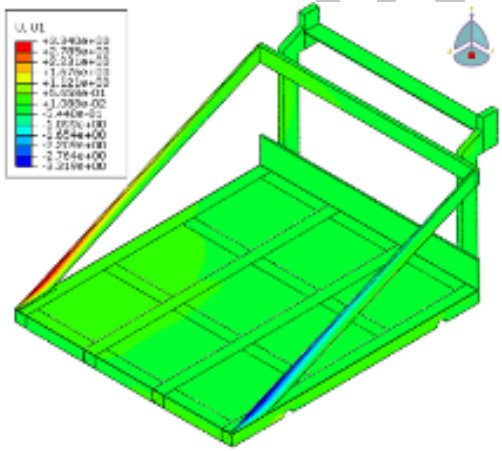
با مشاهده شکل ۲۹، تغییر مکان عرضی در سازه این بار دارای شرایط متقارن نیست. ماکزیمم تغییر مکان مشاهده شده در سازه دارای مقدار ۳/۸۹۹ میلی‌متر است که در تسمه‌ی فولادی که در سمت مخالف بارگذاری قرار دارد روی می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۳۰ نشان داده شده است، عضو طولی که در سمت بارگذاری قرار گرفته است، تمایل دارد به‌میزان ۳/۲۹۸ میلی‌متر به‌سمت دیواره‌ی کناری شاسی U شکل حرکت کند.

با مشاهده شکل ۳۱، ماکزیمم تغییر مکان عمودی سازه تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک نیمه طولی کف، ۱۳/۷۵ میلی‌متر است که نسبت به‌بارگذاری در تمام سطح کف، افزایش ۳۱/۲۰ درصدی را نشان می‌دهد.

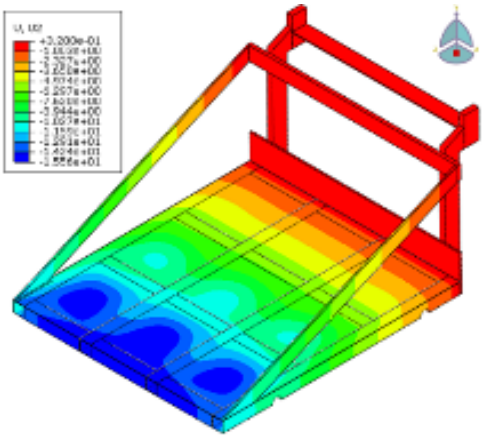
با مشاهده ۳۲، ماکزیمم تغییر مکان طولی سازه‌ی کف ۴/۷۴۶ میلی‌متر می‌باشد. همچنین با بررسی میزان تغییر مکان طولی بازوهای عمودی مشاهده شد که بازوی عمودی که در سمت بارگذاری قرار دارد به‌میزان ۴/۴۷ میلی‌متر به‌سمت عضو عرضی شماره (۳) شاسی دارد.



شکل۳۳-کانتور تنش فون‌میزز در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه عرضی عقبی کف

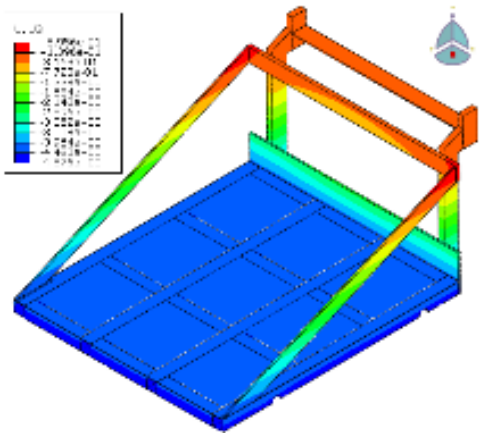


شکل۳۴- کانتور تغییر مکان عرضی در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه عرضی عقبی کف



شکل۳۵-کانتور تغییر مکان عمودی در سازه‌ی کف تحت بارگذاری در نیمه عرضی عقبی کف

www.SID.ir



شکل۳۶-کانتور تغییر مکان طولی در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه‌ی عرضی عقبی کف

با مشاهده شکل ۳۳ تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در نیمه عرضی عقبی کف، ماکزیمم تنش در سازه ۴۳۳/۴ مگاپاسکال می‌باشد که ۴۷/۵۶ درصد افزایش در ماکزیمم تنش را نسبت به‌بارگذاری در تمام سطح نشان می‌دهد. مکان وقوع این تنش در دو سمت ورق کف و در نزدیکی نقطه اتصال تسمه‌های فولادی به عضوهای طولی قاب کف روی می‌دهد.

با مشاهده شکل ۳۴ ماکزیمم تغییر مکان عرضی سازه کف ۳/۳۴ میلی‌متر می‌باشد که با اختلاف ۰/۶۳ درصدی در هرکدام از تسمه‌های فولادی روی می‌دهد. با توجه به‌تقارن بارگذاری انجام شده حول محور z، سازه تمایل بسیار اندکی به‌حرکت عرضی به‌سمت دیواره‌های کناری شاسی دارد.

با مشاهده شکل ۳۵، ماکزیمم تغییر مکان عمودی سازه کف، ۱۵/۵۶ میلی‌متر می‌باشد که در قسمت انتهایی قاب کف و در وسط روی می‌دهد. در نهایت با مشاهده شکل ۳۶، ماکزیمم تغییر مکان طولی سازه کف ۴/۸۷۶ میلی‌متر می‌باشد که تقریبا به‌صورت یکنواخت در قسمت زیرین تمامی اجزای قاب کف رخ می‌دهد. ماکزیمم تغییر مکان قسمت پائینی بازوهای عمودی به‌سوی عضو عرضی شماره (۳) شاسی U شکل در این تحلیل ۴/۷ میلی‌متر می‌باشد که با توجه به‌فاصله بین دو عضو مذکور مشکلی را ایجاد نمی‌کند.

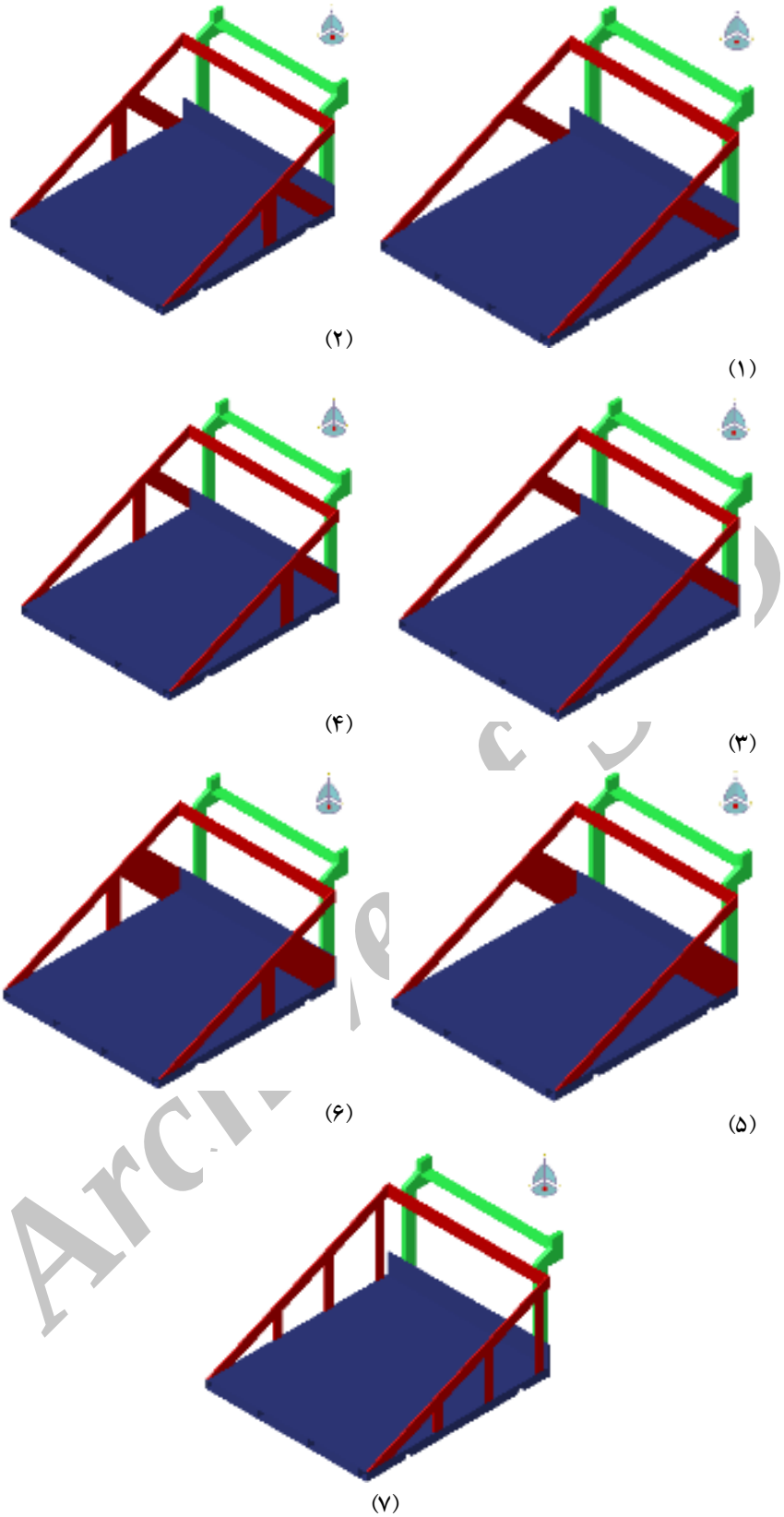
عبور ماکزیمم تنش در سازه از حد تسلیم فولاد در تحلیل آخر، این نگرانی را ایجاد می‌کند که در شرایط بحرانی‌تر بارگذاری و یا در شرایط دینامیکی خاص، سازه نتواند به‌خوبی مقاومت از خود نشان دهد. همچنین یک نگرانی بزرگ دیگر وجود دارد و آن این‌که تسمه‌های فولادی هرکدام تنها در یک محل به‌قاب کف متصل شده‌اند. اگر در یک شرایط پیش‌بینی نشده جوش بین تسمه‌های فولادی و قاب کف فقط در یکی از تسمه‌ها شکسته شود، با توجه به‌این‌که دیگر هیچ نقطه اتصالی بین تسمه و قاب کف وجود ندارد، ممکن است خسارت جبران‌ناپذیری بر سازه کف وارد گردد. همچنین طول زیاد تسمه‌ها و البته ضخامت کم آن‌ها می‌تواند موجب شود تا در حین حرکت خودرو، این تسمه‌ها به‌شدت دچار ارتعاش و لرزه شوند که موجب وارد آمدن لطمه به آن‌ها می‌شود. بنابراین تصمیم گرفته شد تا سازه‌ی کف مجددا تقویت گردد.

۸– عضوهای تقویت کننده ثانویه

برای رسیدن به‌بهترین طرح برای تقویت ثانویه ۷ مدل مختلف مورد بررسی قرار گرفت که در شکل ۳۷ نشان داده شده‌اند.

Archive of SID

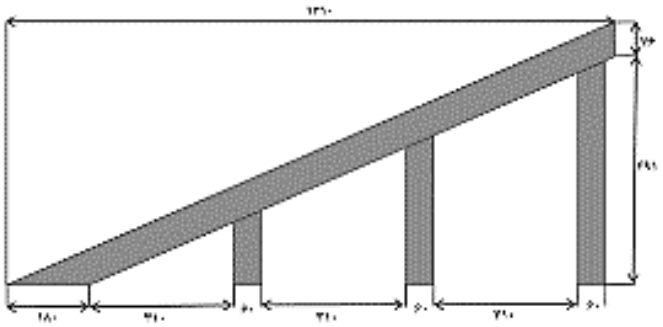
www.SID.ir



شکل۳۷- هفت مدل مختلف برای تقویت ثانویه سازه کف

این نتیجه حاصل شد که مدل (۷) بهترین انتخاب برای تقویت ثانویه سازه کف است در شکل ۳۸ مکان دقیق قرارگیری عضوهای تقویت‌کننده ثانویه بر روی تسمه‌ی فولادی نشان داده شده است. با انجام تقویت ثانویه برای سازه کف، جرم کل سازه به ۱۴۷/۸۴ کیلوگرم رسیده است.

www.SID.ir



شکل۳۸- محل قرار گیری عضوهای تقویت‌کننده ثانویه بر روی تسمه فولادی به‌همراه ابعاد نهایی تسمه

ضریب اطمینان استاتیکی در مدل نهایی سازه تحت ۳ نوع بارگذاری مورد بحث عبارت‌است از:

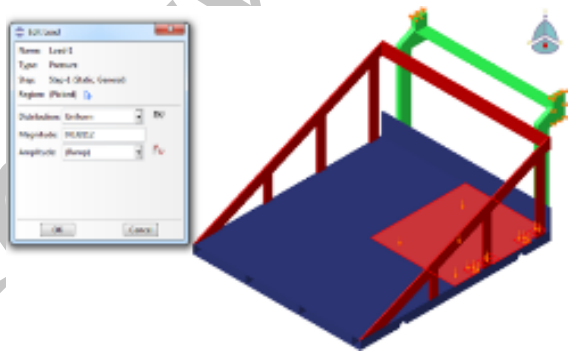
در بارگذاری نوع اول سازه دارای ضریب اطمینان ۴/۷۷ می‌باشد. (ضریب اطمینان ۳ در بارگذاری × ضریب اطمینان ۱/۵۹ در تنش)

در بارگذاری نوع دوم سازه دارای ضریب اطمینان ۳/۵۲ می‌باشد. (ضریب اطمینان ۳ در بارگذاری × ضریب اطمینان ۱/۱۷ در تنش)

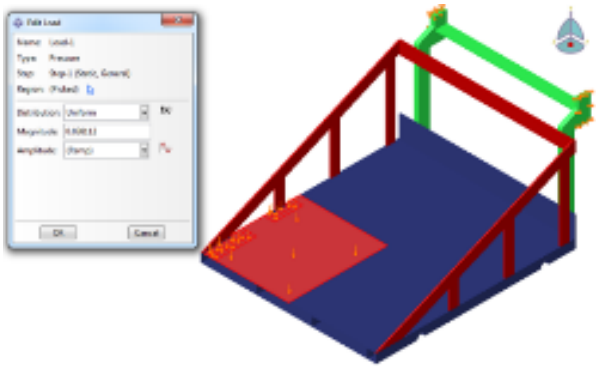
در بارگذاری نوع سوم سازه دارای ضریب اطمینان ۳/۲۸ می‌باشد. (ضریب اطمینان ۳ در بارگذاری × ضریب اطمینان ۱/۰۹ در تنش)

۹- بررسی تاثیر مکان قرار گیری بار بر سازه کف

در این قسمت جهت بررسی تاثیر مکان قرار گیری بار بر عملکرد سازه، دو نوع بارگذاری با مقادیر یکسان در دو محل مختلف اعمال می‌شود. بارگذاری انجام شده شامل یک بار ۱۵۰۰ کیلوگرمی است که در وحله اول در یک‌چهارم جلویی سازه کف و در وحله دوم در یک‌چهارم عقبی سازه اعمال می‌گردد. در شکل های ۳۹ و ۴۰، بارگذاری مذکور نشان داده شده است. نتایج در شکل ۴۱ تا ۴۸ ارائه شده است.



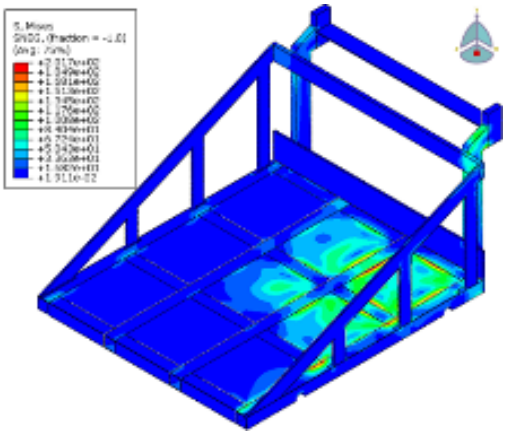
شکل۳۹-بارگذاری در یک‌چهارم جلویی سازه کف



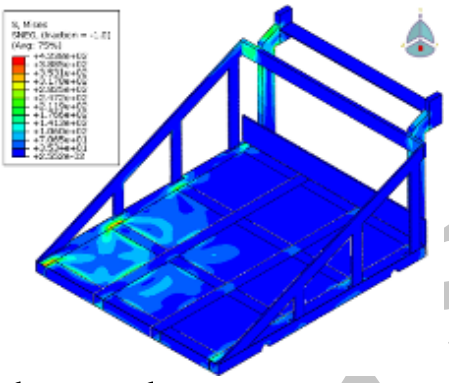
شکل۴۰- بارگذاری در یک‌چهارم عقبی سازه کف

Archive of SID

www.SID.ir

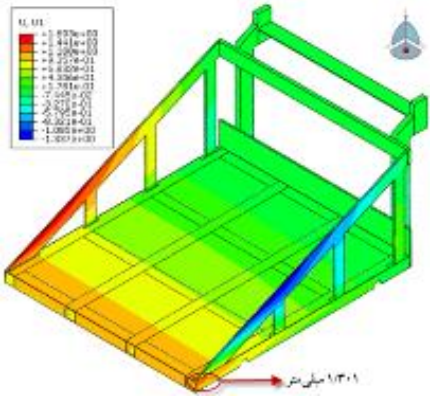


شکل۴۱-کانتور تنش فون‌میزز در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک‌چهارم جلویی

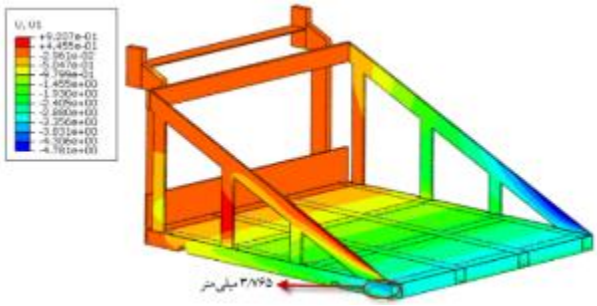


شکل۴۲-کانتور تنش فون‌میزز در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک‌چهارم عقبی

همان‌طور که در دو شکل فوق مشخص است، در حالت بارگذاری در یک‌چهارم عقب، ماکزیمم تنش در سازه ۴۲۳/۸ مگاپاسکال می‌باشد که نزدیک به‌تنش تسلیم فولاد است. از سوی دیگر در حالت بارگذاری در یک‌چهارم جلوی سازه، ماکزیمم تنش دارای مقدار ناچیز ۲۰۱/۷ مگاپاسکال است. این تفاوت ۱۱۰ درصدی عاملی است برای درک این مطلب که با دور شدن از تکیه‌گاه، شرایط به‌مراتب بحرانی‌تر از بارگذاری در نزدیکی تکیه‌گاه است.



شکل۴۳-کانتور تغییر مکان عرضی در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک‌چهارم جلویی

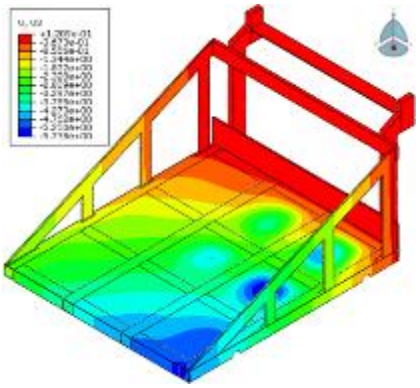


شکل۴۴-کانتور تغییر مکان عرضی در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک‌چهارم عقبی

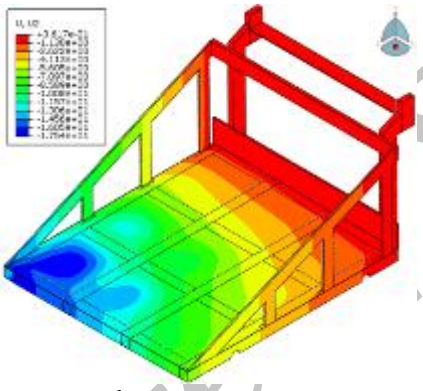
Archive of SID

www.SID.ir

با مشاهده دو شکل فوق، ماکزیمم تغییر مکان عرضی در سازه کف تحت بارگذاری در یک‌چهارم جلو ۱/۶۹۳ و در بارگذاری در یک‌چهارم عقب ۴/۷۸۱ میلی‌متر می‌باشد. همچنین با قرار دادن بار در یک‌چهارم عقب، ماکزیمم حرکت سازه به‌سمت دیواره‌های کناری ۱۸۹/۳۹ درصد افزایش را نسبت به‌قرار دادن بار در قسمت جلو نشان می‌دهد. این امر مبین تعادل بیشتر سازه در هنگام قرارگیری بار در یک‌چهارم جلو است.

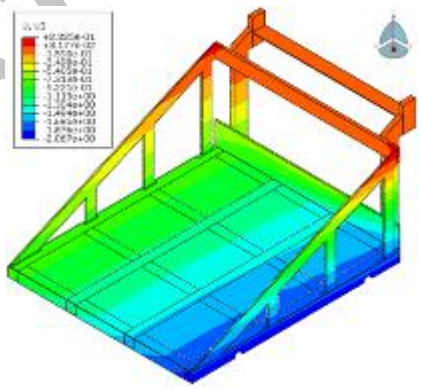


شکل۴۵-کانتور تغییر مکان عمودی در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک‌چهارم جلویی



شکل۴۶-کانتور تغییر مکان عمودی در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک‌چهارم عقبی

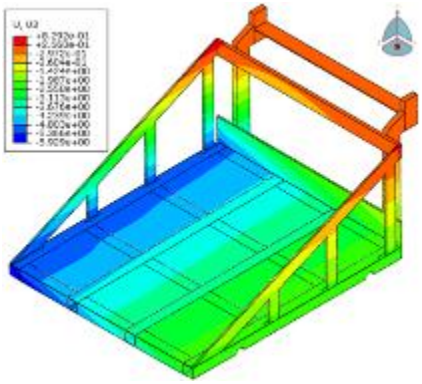
با مشاهده نتایج ارائه شده در دو شکل اخیر، ماکزیمم تغییر مکان عمودی در سازه در شرایط بارگذاری در یک‌چهارم جلو دارای مقدار ۵/۷۳۸ میلی‌متر است. همچنین با قرار دادن بار در یک‌چهارم عقبی سازه، تغییر مکان عمودی ۱۷/۵۴ میلی‌متر مشاهده می‌شود که افزایش ۲۰۵/۶۸ درصدی را نسبت به‌قرار دادن بار در یک‌چهارم عقبی نشان می‌دهد.



شکل۴۷-کانتور تغییر مکان عرضی در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک‌چهارم جلویی

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۴۸-کانتور تغییر مکان عمودی در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک‌چهارم عقبی

در نهایت با مشاهده شکل های ۴۷ و ۴۸، ماکزیمم تغییر مکان عمودی سازه کف در شرایط بارگذاری در یک‌چهارم جلو ۲/۰۶۷ میلی‌متر و در بارگذاری در یک‌چهارم عقبی ۵/۹۲۹ میلی‌متر می‌باشد. همچنین ماکزیمم حرکت قسمت تحتانی بازوهای عمودی به‌سمت عضو عرضی شاسی در بارگذاری در یک‌چهارم جلو مقدار ۱/۹۴۹ میلی‌متر و در بارگذاری در یک‌چهارم عقب مقدار ۵/۵۶۰ میلی‌متر را نشان می‌دهد که افزایش ۱۸۵/۲۷ درصدی را در این پارامتر نمایان می‌کند. با افزایش فاصله از تکیه‌گاه، تنش، تغییر مکان‌های عرضی، عمودی و طولی در سازه افزایش و تعادل سازه کاهش می‌یابد. بنابراین درصورتی‌که بار مورد نظر سنگین باشد و فضای کمی را اشغال کند، لازم است که کاربر در هنگام بارگیری یا تخلیه بار، آن را در نزدیکی تکیه‌گاه‌ها قرار دهد.

۱۰-نتیجه گیری

در این پژوهش، به‌شناخت شاسی‌های U شکل پرداخته شد و سپس براساس این شناخت و با توجه به‌ابعاد قسمت عقب خودروی وانت سایپا-۱۵۱ کارا، طراحی ابعادی شاسی U شکل به‌انجام رسید. سپس طراحی کامل این شاسی متشکل از ۱۴ قطعه انجام شد و مسئله جادهی اجزای مکانیزم بالابر بر روی آن مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه به‌طراحی سازه کف خودروی وانت پرداخته شد. در ابتدا با طراحی یک سازه اولیه، این سازه تحت بارگذاری در تمام سطح کف، در نرم‌افزار آباکوس مورد تحلیل قرار گرفت. با توجه به‌نتایج تحلیل، به‌تقویت سازه طراحی شده اولیه پرداخته شد. تقویت انجام شده در وحله اول شامل تقویت عضوهای مهم سازه بود. سپس با توجه به‌شرایط بحرانی موجود، از عضوهای تقویت‌کننده جدید که به‌نوعی تکیه‌گاه‌های ثانویه سازه محسوب می‌شدند، استفاده شد. پس‌از حصول نتایج موردقبول از بارگذاری در تمام سطح کف، شرایط دیگری از بارگذاری بر روی سازه کف، که بحرانی‌تر از حالت‌های قبل بودند، مورد تحلیل قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست آمده از تحلیل‌ها این نتیجه حاصل شد که سازه کف نیاز به‌تقویت ثانویه دارد. در همین راستا با بررسی ۷ مدل مختلفِ تقویت ثانویه، در نهایت طرحی با بهترین عملکرد تحت همه بارگذاری‌ها و البته با کمترین جرم انتخاب گردید. با انتخاب عضوهای تقویت‌کننده ثانویه، طرح نهایی سازه کف ارائه گردید. در قدم آخر در این فصل تاثیر مکان قرارگیری بار بر عملکرد سازه مورد بررسی گرفت. مهمترین نتیجه این بررسی، لزوم قرار دادن بار در قسمت جلویی سازه کف و در نزدیکی تکیه‌گاه‌های سازه بود که کاربر در هنگام استفاده از این سازه، به‌خصوص در لحظات انتقال بار به‌سمت بالا یا پائین، باید به‌آن توجه کند.

۱۱-مراجع

1. Boucher, P.Y., and Davey, L.T.: 'Vehicle with Lift Box'. US 1999/5951233 A, (1999).
2. Nicholson, C.J.: 'Vertically Adjustable Truck Bed'. US 2008/7322627 B1, (2008).
3. Green, G.: 'an Improved Pallet Transportation Vehicle'. WO 2012/083376 A1, (2012).

۴. صادقی, ح و اصفهانیان، م. ،طراحی شاسی خودروی کلاس A به همراه تحلیل دینامیکی وشبیه سازی آزمون واژگونی،کارشناسی ارشد, دانشگاه صنعتی اصفهان, دانشکده مکانیک، ۱۳۹۳.

Archive of SID

www.SID.ir