

## 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

هر خوردورهای وانت نقش بزرگی در حمل و نقل و توزیع کالا و تجهیزات درون شهری دارند، به نحوی که سیستم توزیع مواد مصرفی روزانه شهروندان (بلاخص در فروشگاه‌ها و سوپرمارکت‌ها) به شکل گسترده‌ای به این نوع خوردورها وابسته است. وانت‌های رایج معمولاً دارای یک محفظه‌ی بار با کف ثابت هستند به همین دلیل عملیات بارگیری و تخلیه بار در آن‌ها اغلب با استفاده از تجهیزات مختلف کمکی و یا به صورت بارگیری دستی انجام می‌شود. در پژوهش حاضر هدف، ایجاد یک طراحی جدید برای قسمت عقب یک خودروی وانت است به نحوی که به عملیات بارگیری و تخلیه بار کمک نماید. طرح پیشنهادی شامل یک شاسی عقب U شکل است که در قسمت مربوط به محفظه‌ی 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 به سمت 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 خوردورهای بارکش رایج به انجام رسیده است، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در سال ۱۹۹۹، بوچر و همکاران<sup>۱</sup> در اختراعی با شماره‌ی ثبت US 1999/5951233 A، طرحی را ارائه کردند، که بر روی هر خودروی وانت دیفرانسیل جلو قابل پیاده‌سازی 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 به وسیله‌ی راهنماهای نصب شده، مکان‌دهی شده است. محفظه‌ی بار به وسیله‌ی مکانیزم کابل-قرقره<sup>۲</sup>، که در پاسخ به یک سیستم محرک هیدرولیکی به حرکت در می‌آید، قابلیت حرکت به سمت بالا و پائین دارد. در یک بیان کلی، محفظه‌ی بار برای یک خودرو موجود بازننگری و اصلاح

<sup>۱</sup>Boucher et al  
<sup>۲</sup>Cable-Bobbin

شده است. دو عضو طولی که در نزدیکی یخ ناحیه U شکل به سمت 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 به کار رفته در این نوآوری به صورت 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، نیکلسن<sup>۱</sup> در قالب اختراعی با شماره‌ی ثبت US 2008/7322627 B1، به طراحی یک بارکش با یک کف قابل تنظیم به صورت عمودی<sup>۲</sup>، پرداخت. این بارکش شامل یک شاسی U شکل، در قسمت عقب، است که کف قابل تنظیم به صورت عمودی، بر روی آن مستقر می‌شود. کف ذکر شده، به وسیله‌ی سیلندرهای هیدرولیکی که در ۴ گوشه‌ی شاسی قرار دارند، قابلیت حرکت بین موقعیت‌های بالایی و پایینی مدنظر را دارد. زمانی که کف در موقعیت کاملاً بالا آمده قرار دارد، به وسیله‌ی 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 به صورت 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<sup>۳</sup> در قالب اختراعی با شماره‌ی ثبت WO 2012/083376 A1، به ارائه طراحی پرداخت که در آن یک خودروی حمل و نقل پالت کالاهای تجاری<sup>۴</sup> سبک وزن طراحی شده است. این خودرو یک بارکش دیفرانسیل جلو سبک است که صرفاً 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 به عنوان تکیه‌گاه بار استفاده شده که به شکلی 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<sup>۵</sup> قرار می‌گیرد و پس از باگذاری به یک موقعیت افقی<sup>۶</sup> عملیاتی گسترش می‌یابد تا چنگک‌ها به همراه پالت و کالا بر روی آن قرار بگیرند. بدین ترتیب در حین انتقال بار به مقصد، سیستم هیدرولیک مکانیزم بالا بر 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 به حرکت درآوردن کف جمع‌شونده از یک سیستم پنوماتیکی<sup>۷</sup> 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 به خود 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 خودرو (مانند شاسی و بدنه در قسمت جلوی خودرو، سیستم تعلیق جلو و.....) اصلاً 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

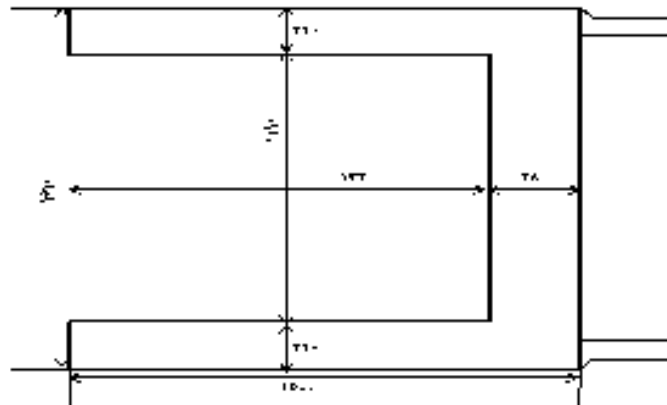
5 Vertical Position

6Horizontal Position

7Pneumatic System

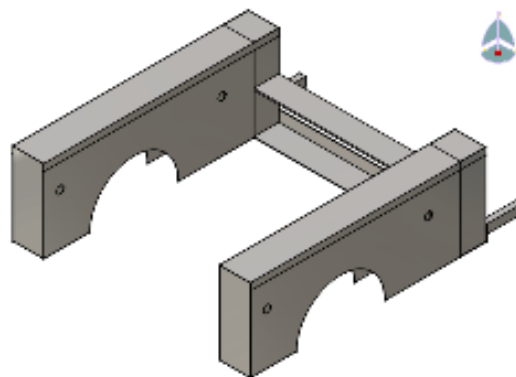


بر اساس طراحی انجام شده برای اجزای مکانیزم بالا بر، قطر جک‌های هیدرولیکی ۵۰ میلی‌متر و عرض تیرها ۹۰ میلی‌متر به دست آمد. که البته باید به مقادیر فوق، فضای لازم برای قرار گیری زنجیر را نیز افزود. در نتیجه، فضای ۲۸۰ میلی‌متر از طول وانت در قسمت عقب جهت قرار گرفتن تجهیزات فوق‌الذکر و متعلقات آن‌ها در نظر گرفته شد، به نحوی که ۱۷۵ میلی‌متر جهت قرار گرفتن تجهیزات مکانیزم بالا بر 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. علاوه بر این، برای مکان‌دهی اجزای سیستم تعلیق و چرخ‌ها، در هر طرف از محفظه‌ی بار، ۲۱۰ میلی‌متر فضا در نظر گرفته شد. با توجه به این که 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.



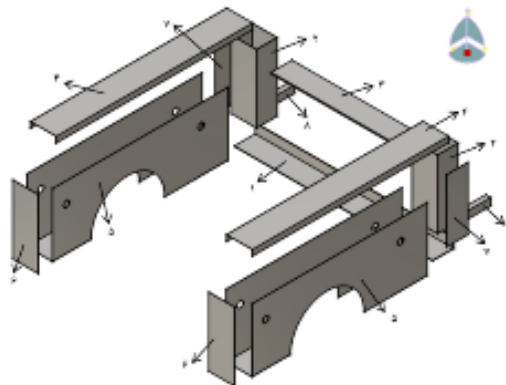
شکل ۳- ابعاد شاسی U شکل طراحی شده - نمای بالا

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



شکل ۴- 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 به هر عضو یک شماره اختصاص داده شده است.



شکل ۵- نمای انفجاری از شاسی U شکل طراحی شده

جرم کل شاسی عقب طراحی شده ۱۰۹/۸۸۱ کیلوگرم می باشد.

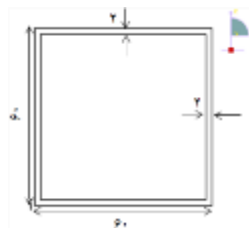
#### ۴- طراحی سازهی کف

در این پژوهش، جنس همه ی اجزای سازهی کف نیز مانند اجزای شاسی از فولاد ST-52 در نظر گرفته شده است. این فولاد دارای مقاومت تسلیم ۴۳۰ مگاپاسکال می باشد [۴]. فرآیند طراحی و تحلیل در این بخش یک فرآیند تکاملی است، به این نحو که ابتدا یک طرح اولیه برای سازهی کف پیشنهاد می شود و سپس با اعمال بارگذاری های مختلف و انجام تحلیل های استاتیکی در نرم افزار آباکوس، سازه در مراحل مختلف تقویت می شود 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 می گیرد و قسمت دوم، اجزایی هستند که برای اتصال این قاب به مکانیزم بالابر مورد استفاده قرار می گیرند. در این پروژه مجموع این دو قسمت سازهی کف نامیده می شود.

#### ۴-۱- طراحی قاب کف

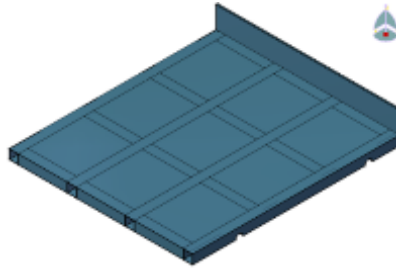
قاب کف طراحی شده در این پروژه یک قاب مستطیلی متشکل از ۱۸ عضو است. در طراحی قاب کف از ۴ عضو طولی، ۱۲ عضو عرضی، یک صفحه ی پشتیبان سراسری عرضی و یک ورق نازک استفاده شد. عضوهای طولی و عرضی طراحی شده همگی از قوطی های با ضخامت ۲ میلی متر از جنس فولاد طراحی گردیدند که موجب کاهش وزن این عضوها می گردد. مقطع عرضی این عضوها در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶- مقطع عرضی عضوهای طولی و عرضی طراحی شده

باتوجه به ابعاد محفظه ی بار، طول هر کدام از عضوهای طولی ۱۳۲۰ میلی متر می باشد. ۴ عضو طولی در یک آرایش منظم در فاصله ی ۳۱۰ میلی متر از یک دیگر قرار می گیرند. با قرار گرفتن عضوهای طولی به شکل بیان شده، عرض کلی سازهی کف به ۱۱۷۰ میلی متر می رسد. عضوهای طولی توسط ۱۲ عضو عرضی حمایت می شوند، به نحوی که بین هر ۲ عضو طولی ۴ عضو عرضی قرار می گیرد. این عضوهای عرضی وظیفه ی 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 صفحه ی پشتیبان که در تمام عرض سازه امتداد دارد، ادامه پیدا می کند. صفحه ی پشتیبان دارای عرض ۱۱۷۰، ارتفاع ۲۰۰ و ضخامت ۱۰ میلی متر است. در مرحله ی نهایی طراحی قاب کف، یک ورق ۲ میلی متری بر روی همه ی عضوهای طولی و عرضی کشیده شد. این ورق همه ی سطح محفظه ی

بار را پوشش می دهد بنابراین ابعاد آن  $2 \times 1170 \times 1320$  می باشد. در شکل ۷ پیکربندی نهایی قاب کف طراحی شده مشاهده میشود.

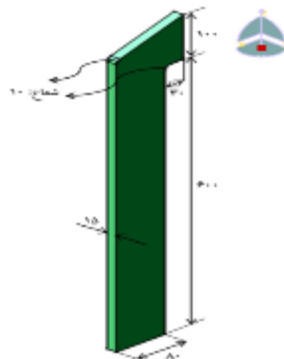


شکل ۷- پیکربندی نهایی قاب کف طراحی شده

جرم کل قاب کف طراحی شده  $75/168$  کیلوگرم می باشد.

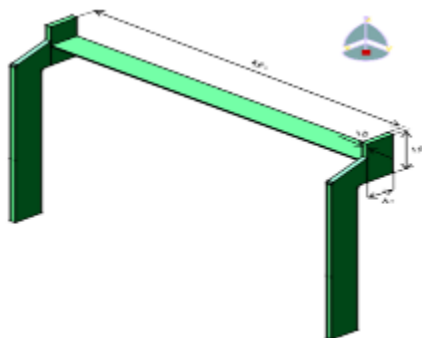
#### ۲-۴- طراحی عضوهای متصل کننده قاب کف به مکانیزم بالابر

پس از طراحی قاب کف، حال باید عضوهایی طراحی گردند تا به وسیلهی آنها بتوان قاب کف را به مکانیزم بالابر متصل نمود. با توجه به نوع مکانیزم، صفحهی واسط همواره در یک نقطه‌ی بالا دست نسبت به قاب کف قرار دارد. هنگامی که صفحه‌ی واسط در پائین ترین نقطه از کورس حرکت خود قرار می گیرد، قاب کف دقیقاً باید بر روی سطح زمین بنشیند. همچنین زمانی که صفحه‌ی واسط در بالاترین نقطه از کورس حرکتی خود قرار دارد، قاب کف باید در ارتفاع مورد نظر ( $600$  میلی متر) 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 به گونه‌ای طراحی گردند که در هنگام حرکت سازه‌ی کف به سمت بالا و پائین با عضو (۳) از شاسی، برخورد نداشته باشند. در طرح اولیه برای بازوهای عمودی ضخامت بازوها  $15$  میلی متر در نظر گرفته شد. در شکل ۸ طرح اولیه‌ی بازوهای عمودی نشان داده شده است.



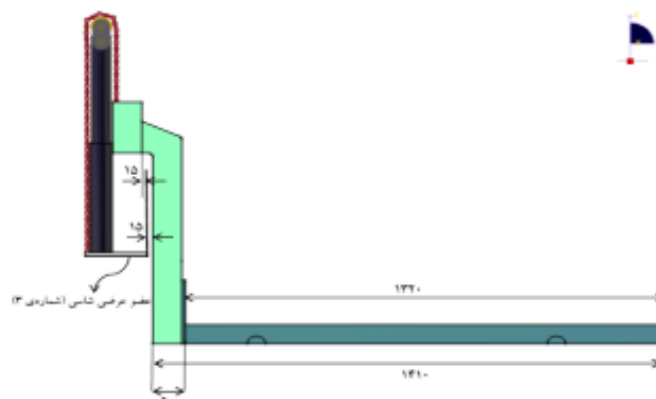
شکل ۸- طرح اولیه‌ی بازوی عمودی سازه‌ی کف

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



شکل ۹- نحوه اتصال صفحات واسط به بازوهای عمودی

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



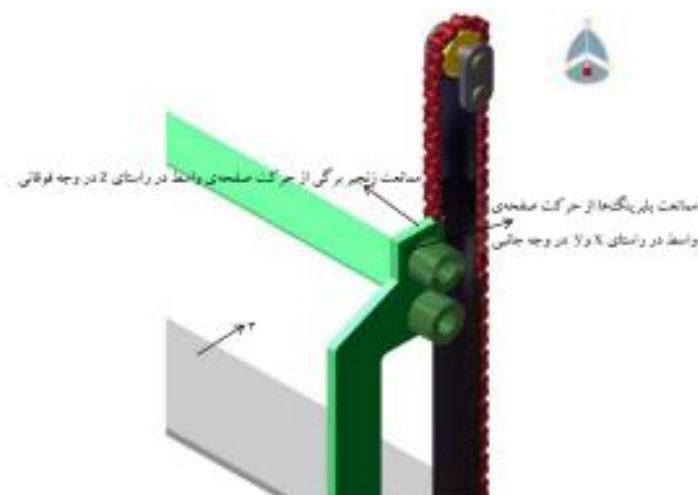
شکل ۱۰- نمای جانبی از مکان قرارگیری سازه کف نسبت به عضو عرضی شماره (۳) شاسی U شکل

با مشاهده این شکل، فضای طولی که هریک از عضوهای سازه‌ی کف اشغال می‌کنند کاملاً نمایان می‌گردد. کاملاً 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 طراحی شده به وضوح مشخص است.

#### ۵- تحلیل سازه کف

همه تحلیل‌های استاتیکی انجام شده در این بخش، با فرض یک لحظه‌آنی از حرکت سازه کف به سمت بالا یا پائین به انجام رسیده‌اند، به این ترتیب که در لحظه ذکر شده، حرکت کل سازه متوقف شده و سازه، با بررسی شرایطی که صفحات واسط به عنوان تنها تکیه‌گاه‌ها تجربه می‌کنند، مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

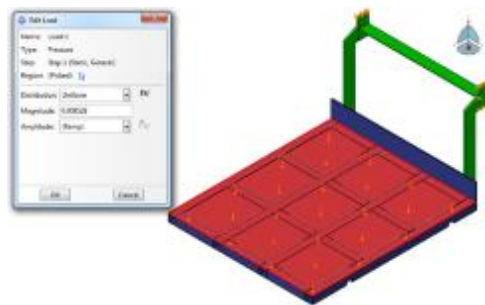
در شکل ۱۱، در یک لحظه‌آنی از حرکت سازه، شرایط اعمالی بر صفحات واسط از سوی اجزای مکانیزم بالابر نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است، در یک لحظه‌آنی، زنجیر برگی مانع از حرکت صفحه واسط در راستای Z می‌شود و بلبرینگ‌های موجود درون ریل‌های توخالی از حرکت صفحه واسط در دو راستای X و Y جلوگیری می‌کنند.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



شکل ۱۱- شرایط صفحات واسط در یک لحظه‌آنی از حرکت سازه کف

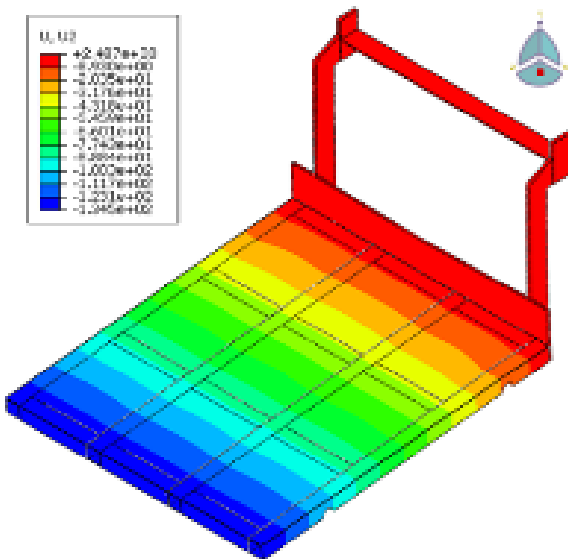
در همه تحلیل‌های انجام شده در این بخش، از ضریب اطمینان ۳ برای بارگذاری استفاده شده است. خودروی وانت انتخاب شده برای این پروژه دارای ظرفیت حمل بار ۴۵۰ کیلوگرم می‌باشد. بنابراین در هر تحلیل بار ۱۳۵۰ کیلوگرمی بر سازه اعمال می‌گردد. البته به علت تاثیر وزن خود سازه بر عملکرد آن در حین حرکت به سمت بالا یا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

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

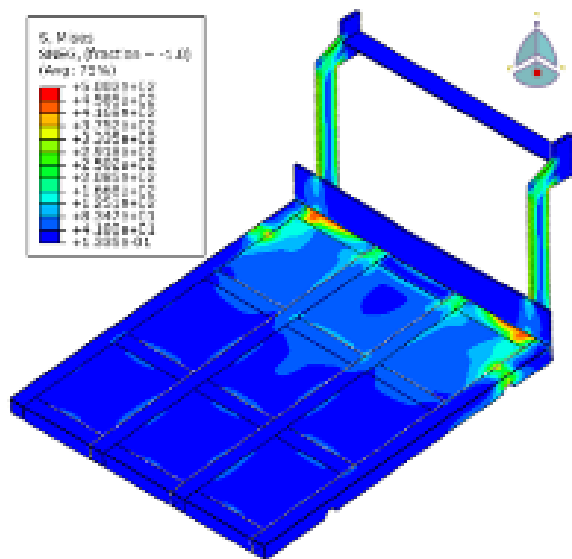


شکل ۱۲- بارگذاری اعمالی بر سازه کف

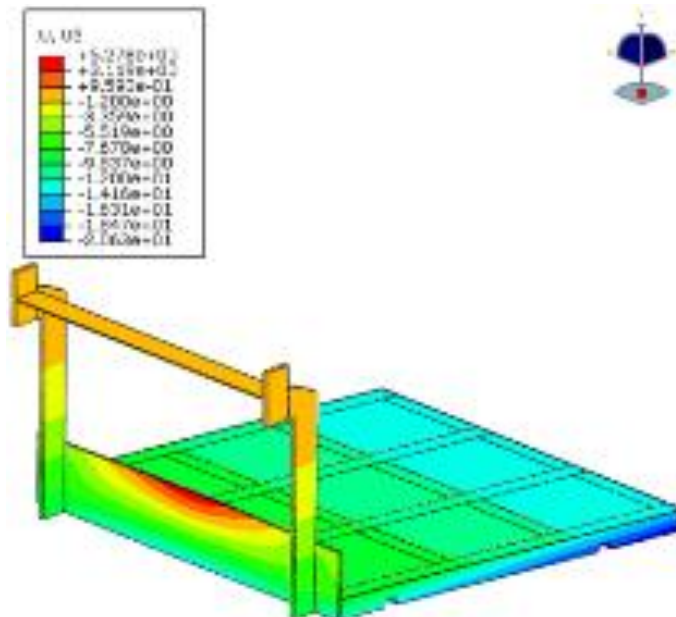
در اشکال ۱۳ تا ۱۵ نتایج تحلیل انجام شده نشان داده شده است. این شکل ها به ترتیب نشان دهنده تغییرات تنش فون میزز، تغییر مکان عمودی و تغییر مکان طولی در تمام سازه کف می باشند. در شکل های ذیل تنش برحسب مگاپاسکال و تغییر مکانها برحسب میلی متر می باشد.



شکل ۱۴- کانتور تغییر مکان عمودی سازه کف



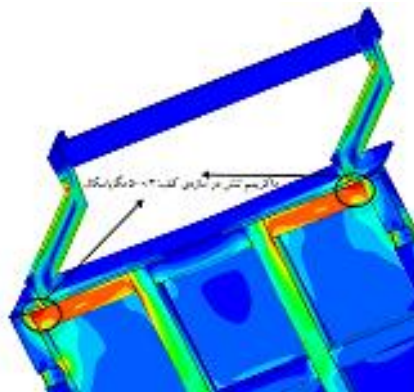
شکل ۱۳- کانتور تنش فون میزز در سازه کف



شکل ۱۵- کانتور تغییر مکان طولی سازه کف



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



شکل ۱۶- مکان وقوع ماکزیمم تنش در سازه کف

با بررسی کامل تنش‌های وارد شده به اجزای مختلف سازه مشاهده شد که ماکزیمم تنش در بازوهای عمودی ۴۳۲/۶ مگاپاسکال می‌باشد که در محل اتصال به عضو 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.

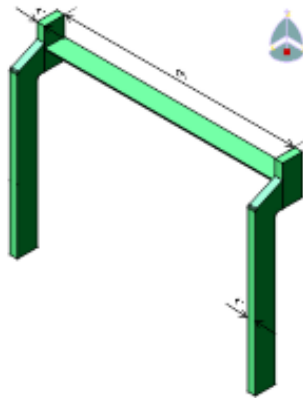
با مشاهده شکل ۱۴ ماکزیمم تغییر مکان عمودی سازه در انتهای قسمت عقب قاب کف به میزان ۱۳۴/۵ میلی‌متر دیده می‌شود. پیش‌بینی می‌شد که این نقطه از سازه به‌علت این که در دورترین فاصله از تکیه‌گاه قرار دارد بیش‌ترین تغییر مکان عمودی را تجربه کند. کاملاً واضح است که این تغییر مکان عمودی بیش‌از حد زیاد است و به‌هیچ 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 هر مقدار چرخش به‌سمت جلوی خودرو است. با توجه به کانتور 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 به وجود 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

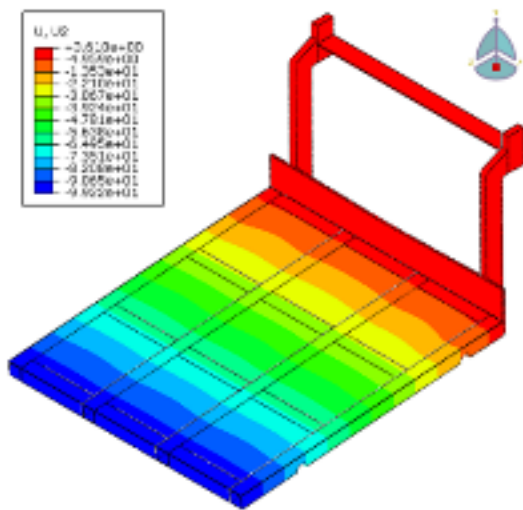
با توجه به نوع نیروی وارده به بازوهای بالابر که به‌صورت تقریبی می‌توان گفت یک نیروی طولی به‌سمت جلوی خودرو است و با توجه به ارتفاع این بازوها در راستای محور Y، بیشتر چیزی که این بازوها به‌عنوان تنش تجربه می‌کنند تنش خمشی است که ناشی از وجود گشتاوری حول محور X بر بازوها وارد می‌شود. این تنش در راستای محور Y به بازوهای عمودی وارد می‌شود. با بررسی نتایج تنش برای بازوها، مشاهده شد که این بحرانی‌ترین مولفه‌ی تنش وارد بر بازوهای عمودی است.

با توجه به راستای 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 متصل کننده قاب کف به مکانیزم بالابر نشان داده شده است.

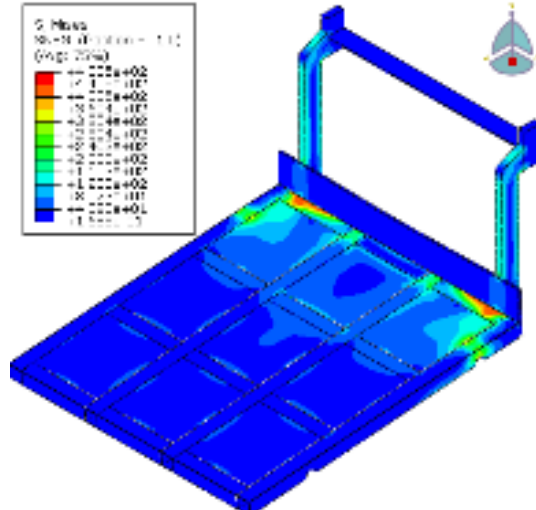


شکل ۱۷- افزایش ضخامت بازوهای عمودی و صفحات واسط

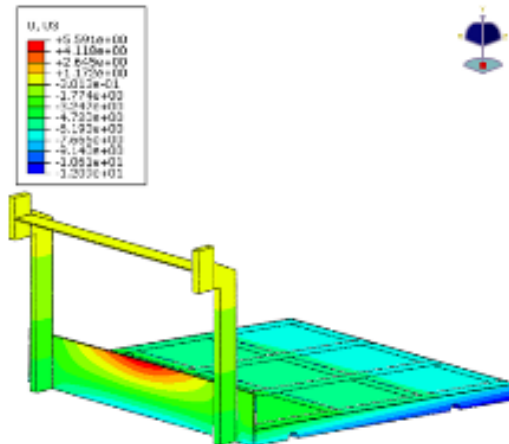
با دو برابر شدن ضخامت بازوهای عمودی و صفحات واسط، طبیعتاً وزن این اعضا نیز دو برابر می‌شود. به این ترتیب جرم هر یک از بازوهای عمودی از ۶/۶۳۳ به ۱۳/۲۶۶ کیلوگرم و جرم هر کدام از صفحات واسط از ۱/۵۰۹ به ۳/۰۱۸ کیلوگرم می‌رسد. همچنین جرم عضو عرضی بین صفحات واسط از ۳/۰۱۸ به ۲/۹۲۴ کیلوگرم کاهش می‌یابد. در نتیجه تقویت انجام شده، وزن سازه کف از ۹۴/۴۷ به ۱۱۰/۰۳ کیلوگرم افزایش می‌یابد مجدداً کل سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرمی یکنواخت در تمام سطح کف قرار گرفت. در اشکال ۱۸ تا ۲۰ به ترتیب تغییرات تنش فون میزز، تغییر مکان عمودی و تغییر مکان طولی سازه کف تقویت شده ارائه شده است.



شکل ۱۹- کانتور تغییر مکان عمودی در سازه کف تقویت شده



شکل ۱۸- کانتور تنش فون میزز در سازه کف تقویت شده

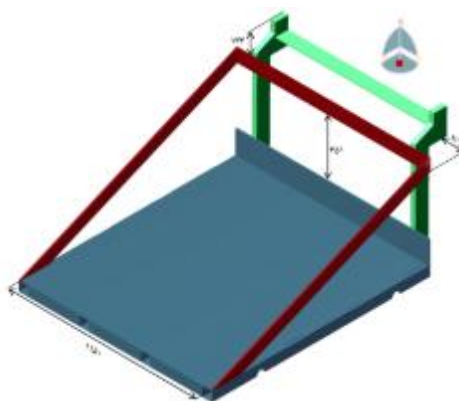


شکل ۲۰- کانتور تغییر مکان طولی در سازه کف تقویت شده

با مشاهده این شکل ۳ به ترتیب، ماکزیمم تنش فون میزز در سازه،  $480/5$  مگاپاسکال می باشد که کاهش ۴ درصدی ماکزیمم تنش را در سازه نشان می دهد. ماکزیمم تغییر مکان عمودی سازه  $99/22$  میلی متر است که  $26/23$  درصد کاهش در نتایج را نسبت به سازه تقویت نشده نشان می دهد. در نهایت نیز ماکزیمم تغییر مکان طولی سازه  $12/09$  میلی متر دیده می شود که  $41/39$  درصد کاهش را نسبت به تحلیل قبلی نمایان می کند.

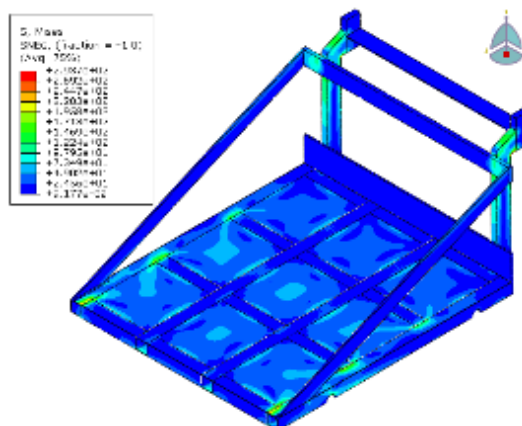
#### ۶-۱- عضوهای تقویت کننده اولیه

در این قسمت به طراحی عضوهای تقویت کننده برای سازه‌ی کف پرداخته می شود. این اعضا باید بتوانند به طور مناسب قسمت عقب قاب کف را مقید کنند و از حرکت بیش از حد آن جلوگیری نمایند. با توجه به نبود فضای کافی برای ایجاد تکیه گاه جدید، می توان از خود بازوهای عمودی برای ایجاد تکیه گاه بهره گرفت. بازوهای عمودی در قسمت فوقانی خود و در نزدیکی تکیه-گاه های اصلی سازه یعنی صفحات واسط، کمترین میزان چرخش و در واقع کمترین تغییر مکان را دارند به همین دلیل این نواحی بهترین انتخاب برای قرار دادن یک عضو تکیه گاهی جدید هستند. برای تقویت سازه در این قسمت از یک عضو عرضی تکیه-گاهی جدید به همراه دو تسمه‌ی فولادی استفاده شده است. قرار دادن این تسمه‌ها در هر مکانی بر روی قاب امکان پذیر نیست و باید به نحوی به قاب کف متصل شوند که فضای عرضی محفظه‌ی بار به مقدار زیادی محدود نشود. عضو عرضی تکیه گاهی طراحی شده دارای عرضی معادل با عرض سازه کف ( $1170$  میلی متر) است. همچنین ضخامت این عضو  $20$  میلی متر و ارتفاع آن  $76$  میلی متر در نظر گرفته شده است. با توجه به نوع تنش وارده بر این تسمه‌ها، برای بعد طولی آن‌ها در محل اتصال به قاب کف، مقدار  $176$  میلی متر استفاده شده است. در شکل ۲۱ مکان قرارگیری عضوهای تقویت کننده بر روی سازه کف نشان داده شده است.

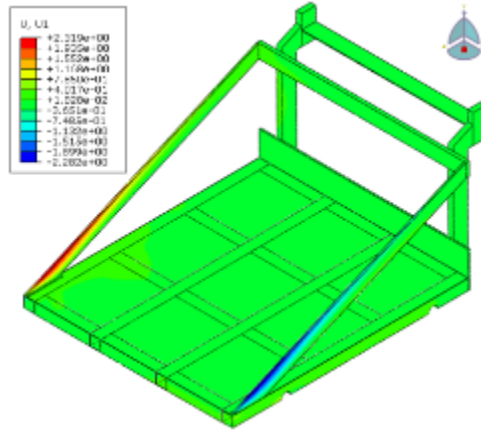


شکل ۲۱- مکان قرارگیری عضوهای تقویت کننده بر روی سازه کف

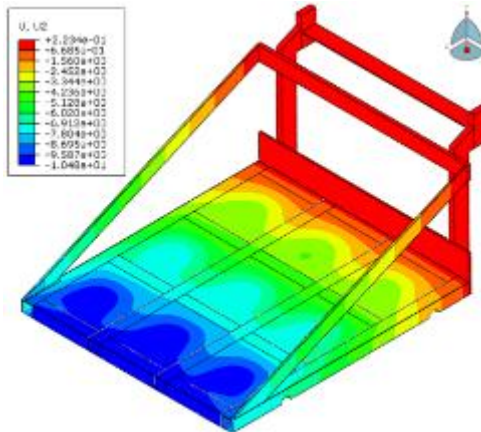
نتایج این تحلیل در شکل های ۲۲ تا ۲۵ ارائه شده است.



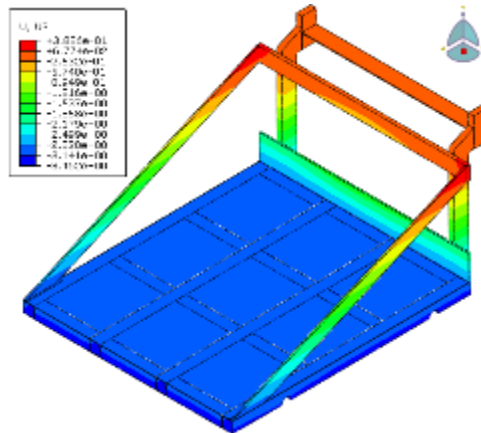
شکل ۲۲- کانتور تنش فون میزز در سازه‌ی کف با عضوهای تقویت کننده‌ی اولیه



شکل ۲۳- کانتور تغییر مکان عرضی در سازه کف با عضوهای تقویت کننده اولیه



شکل ۲۴- کانتور تغییر مکان عمودی در سازه کف با عضوهای تقویت کننده اولیه

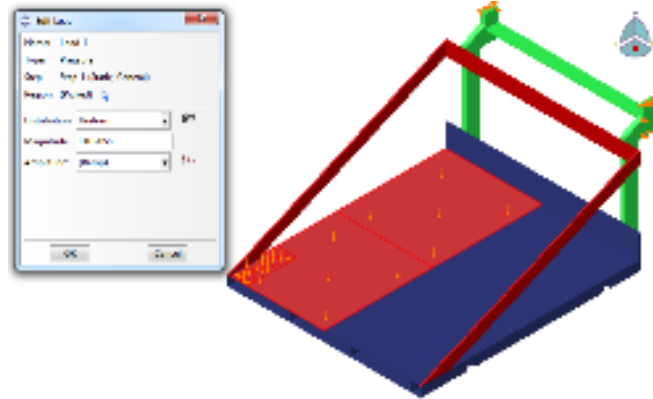


شکل ۲۵- کانتور تغییر مکان عرضی در سازه کف با عضوهای تقویت کننده اولیه

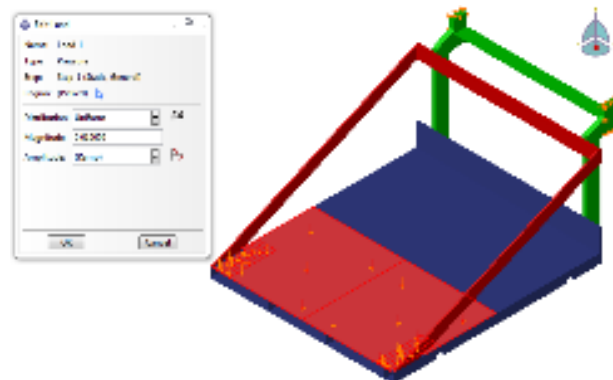
همان‌طور که مشخص است، استفاده از عضوهای تقویت کننده‌ی اولیه تاثیر چشم‌گیری در کاهش ماکزیمم تنش در سازه داشته است. ماکزیمم تنش در سازه به مقدار  $293/7$  مگاپاسکال رسیده است. همچنین محل وقوع ماکزیمم تنش در سازه به قسمت فیلد خورده‌ی بازوهای عمودی منتقل شده است. ماکزیمم تغییر مکان عرضی سازه کف که در تسمه‌های فولادی روی می‌دهد  $2/319$  میلی‌متر می‌باشد. ماکزیمم تغییر مکان عمودی سازه در قسمت انتهایی عقبی قاب کف به  $10/48$  میلی‌متر رسیده است. ماکزیمم تغییر مکان طولی سازه کف نیز کاهش قابل‌قبولی داشته است به طوری که به  $3/462$  میلی‌متر رسیده است. همچنین میزان حرکت طولی قسمت انتهایی بازوهای عمودی به  $3/322$  میلی‌متر کاهش یافته است. با طراحی عضوهای تقویت کننده، جرم کل سازه به  $138/848$  کیلوگرم می‌رسد.

## ۷- بررسی انواع دیگری از بارگذاری روی کف

در این قسمت، سازه کف طراحی شده تحت ۲ بارگذاری مختلف قرار می‌گیرد. بارگذاری 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 به صورت اضافه بر سازه اعمال شده است. نکته مهم این است که در بارگذاری‌های انجام شده این جرم نیز به همراه جرم بار و در محل اعمال بار به سازه اضافه شده است. بنابراین دو بارگذاری به صورت نشان داده شده در شکل ۲۶ و ۲۷ به انجام رسید.

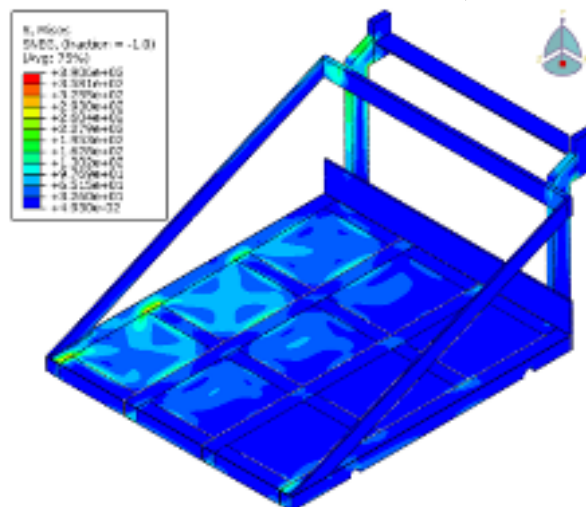


شکل ۲۶- بارگذاری در نیمه طولی سازه کف

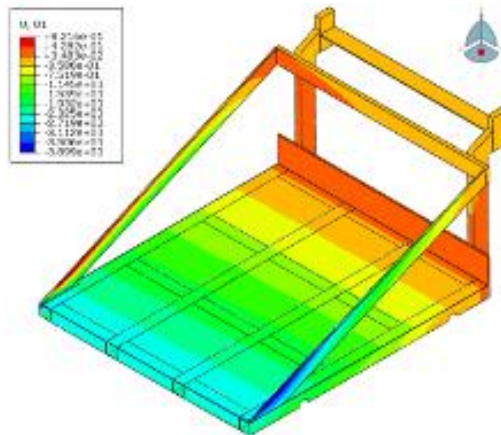


شکل ۲۷- بارگذاری در نیمه عرضی عقبی سازه کف

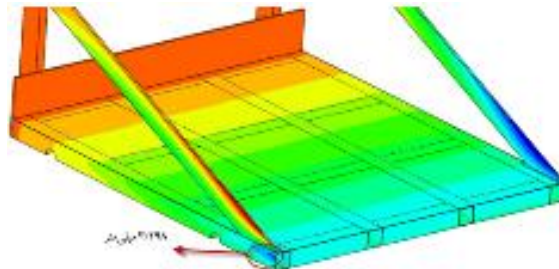
نتایج تحلیل‌ها در شکل‌های ۲۸ تا ۳۶ نشان داده شده است. در شکل‌های ۲۸ تا ۳۲ مربوط به بارگذاری در نیمه طولی سازه کف و شکل‌های ۳۳ تا ۳۶ متعلق به بارگذاری انجام شده در نیمه عرضی عقبی کف می‌باشد.



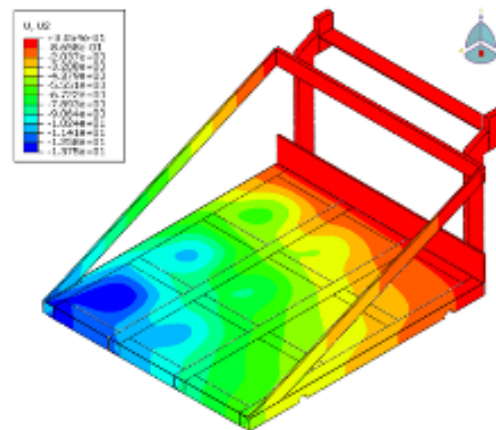
شکل ۲۸- کانتور تنش فون میزز در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه طولی کف



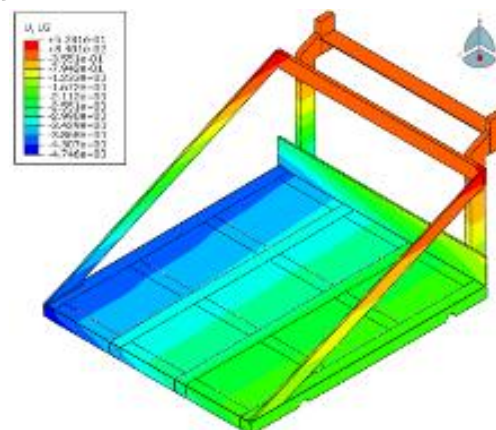
شکل ۲۹- کانتور تغییر مکان عرضی در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه طولی کف



شکل ۳۰- ماکزیمم حرکت عرضی سازه کف به سمت دیواره کناری شاسی تحت بارگذاری در نیمه طولی کف



شکل ۳۱- کانتور تغییر مکان عمودی در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه طولی کف



شکل ۳۲- کانتور تغییر مکان طولی در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه طولی کف

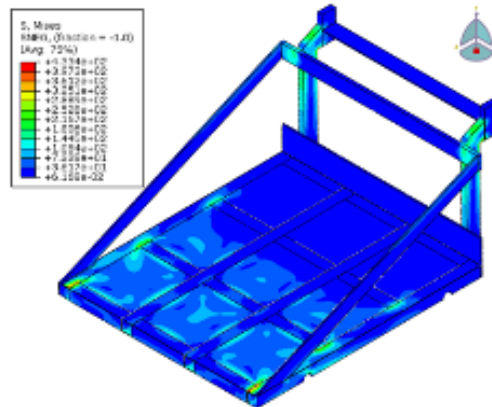
با مشاهده شکل ۲۸، ماکزیمم تنش در سازه ۳۹۰/۶ مگاپاسکال می‌باشد. این تنش در بخش فیلت خورده بازوی عمودی که در سمت بارگذاری قرار دارد، رخ داده است.



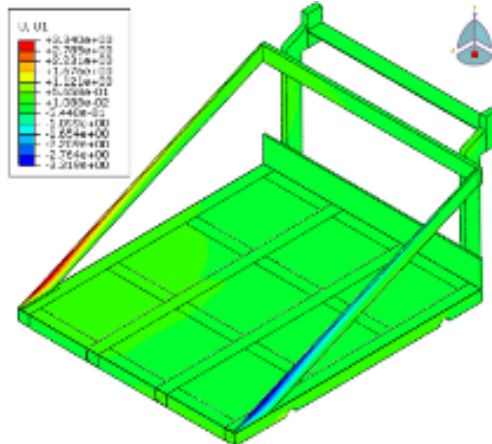
با مشاهده شکل ۲۹، تغییر مکان عرضی در سازه این بار دارای شرایط متقارن نیست. ماکزیمم تغییر مکان مشاهده شده در سازه دارای مقدار  $3/899$  میلی متر است که در تسمه‌ی فولادی که در سمت مخالف بارگذاری قرار دارد روی می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۳۰ نشان داده شده است، عضو طولی که در سمت بارگذاری قرار گرفته است، تمایل دارد به میزان  $3/298$  میلی متر به سمت دیواره‌ی کناری شاسی U شکل حرکت کند.

با مشاهده شکل ۳۱، ماکزیمم تغییر مکان عمودی سازه تحت بارگذاری  $1500$  کیلوگرم در یک نیمه طولی کف،  $13/75$  میلی متر است که نسبت به بارگذاری در تمام سطح کف، افزایش  $31/20$  درصدی را نشان می‌دهد.

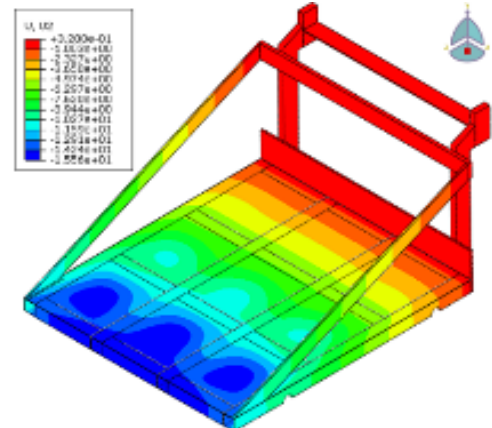
با مشاهده شکل ۳۲، ماکزیمم تغییر مکان طولی سازه‌ی کف  $4/746$  میلی متر می‌باشد. همچنین با بررسی میزان تغییر مکان طولی بازوهای عمودی مشاهده شد که بازوی عمودی که در سمت بارگذاری قرار دارد به میزان  $4/47$  میلی متر به سمت عضو عرضی شماره (۳) شاسی دارد.



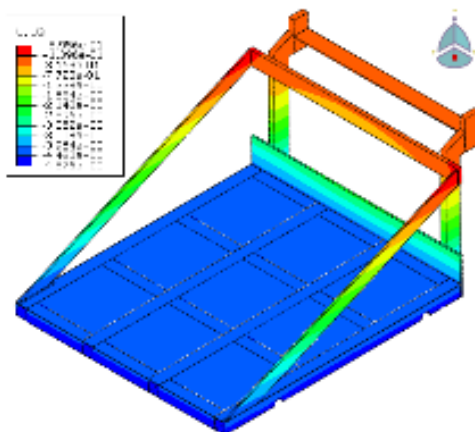
شکل ۳۳- کانتور تنش فون میزز در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه عرضی عقبی کف



شکل ۳۴- کانتور تغییر مکان عرضی در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه عرضی عقبی کف



شکل ۳۵- کانتور تغییر مکان عمودی در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه عرضی عقبی کف



شکل ۳۶- کانتور تغییر مکان طولی در سازه کف تحت بارگذاری در نیمه 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 به بارگذاری 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 هر کدام از تسمه‌های فولادی روی می‌دهد. با توجه به تقارن بارگذاری انجام شده حول محور Z، سازه تمایل بسیار اندکی به حرکت عرضی به سمت دیواره‌های کناری شاسی دارد.

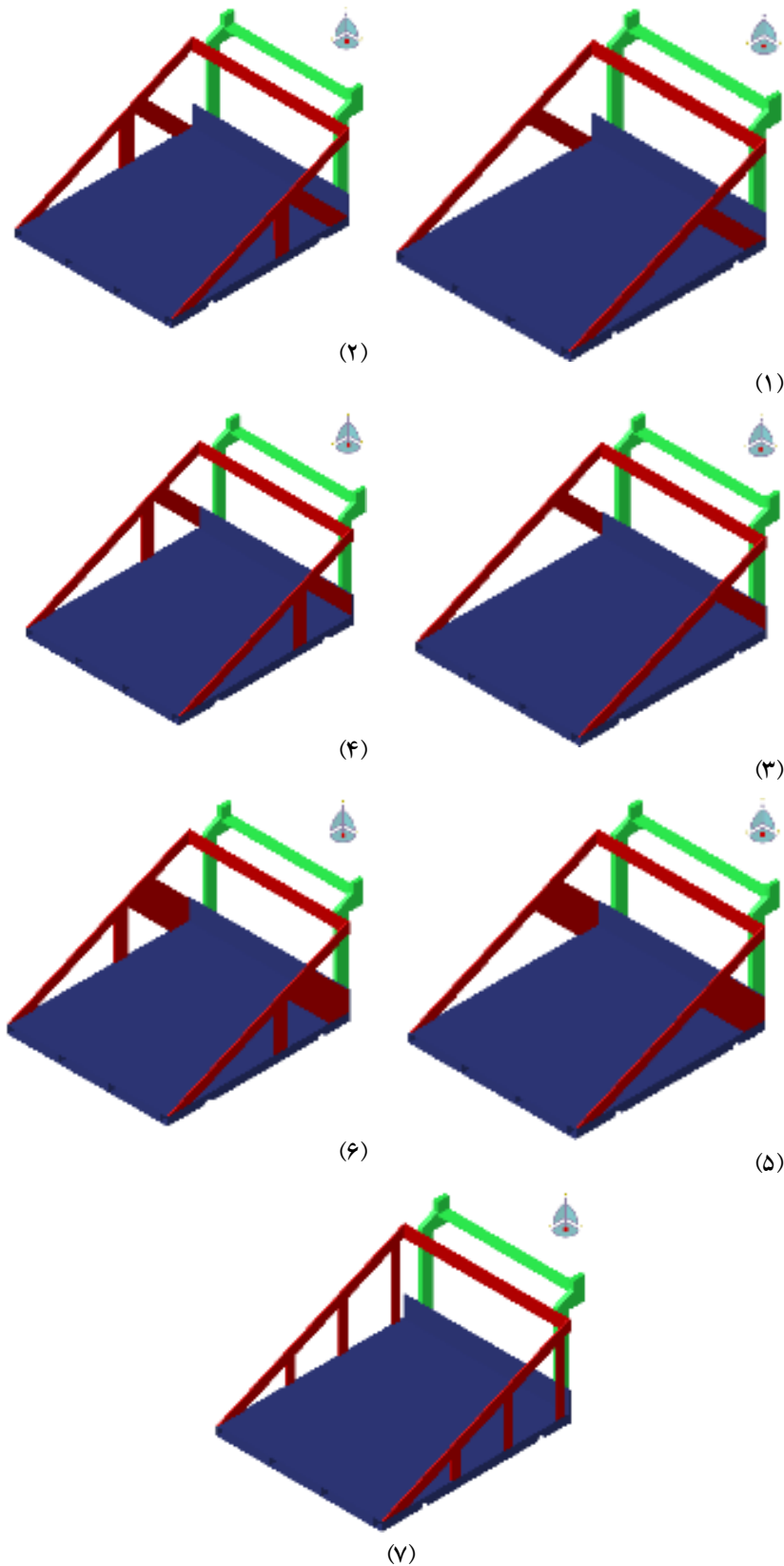
با مشاهده شکل ۳۵، ماکزیمم تغییر مکان عمودی سازه کف، ۱۵/۵۶ میلی‌متر می‌باشد که در قسمت انتهایی قاب کف و در وسط روی می‌دهد. در نهایت با مشاهده شکل ۳۶، ماکزیمم تغییر مکان طولی سازه کف ۴/۸۷۶ میلی‌متر می‌باشد که تقریباً به صورت یکنواخت در قسمت زیرین تمامی اجزای قاب کف رخ می‌دهد. ماکزیمم تغییر مکان قسمت پائینی بازوهای عمودی به سوی عضو عرضی شماره (۳) شاسی U شکل در این تحلیل ۴/۷ میلی‌متر می‌باشد که با توجه به فاصله 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 بحرانی تر بارگذاری و یا در شرایط دینامیکی خاص، سازه نتواند به خوبی مقاومت از خود نشان دهد. همچنین یک نگرانی بزرگ دیگر وجود دارد و آن این که تسمه‌های فولادی هر کدام تنها در یک محل به قاب 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 به این که 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 به شدت دچار ارتعاش و لرزه شوند که موجب وارد آمدن لطمه به آن‌ها می‌شود. بنابراین تصمیم گرفته شد تا سازه‌ی کف مجدداً تقویت گردد.

#### ۸- عضوهای تقویت کننده ثانویه

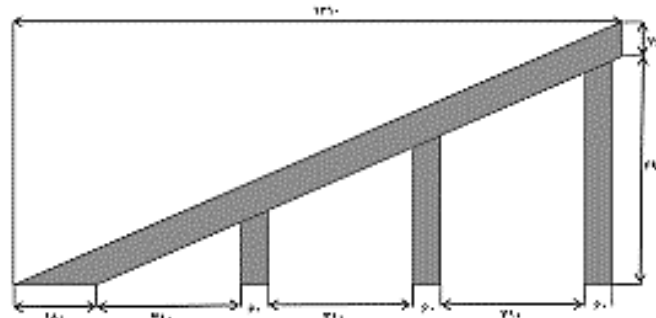
برای رسیدن به بهترین طرح برای تقویت ثانویه ۷ مدل مختلف مورد بررسی قرار گرفت که در شکل ۳۷ نشان داده شده‌اند.





شکل ۳۷- 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 تقویت کننده 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.

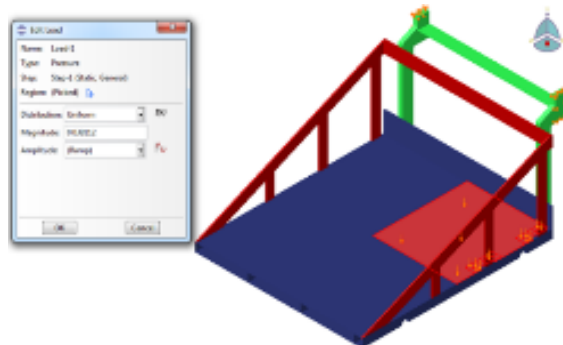


شکل ۳۸- محل قرار گیری عضوهای تقویت کننده ثانویه بر روی تسمه فولادی به همراه ابعاد نهایی تسمه

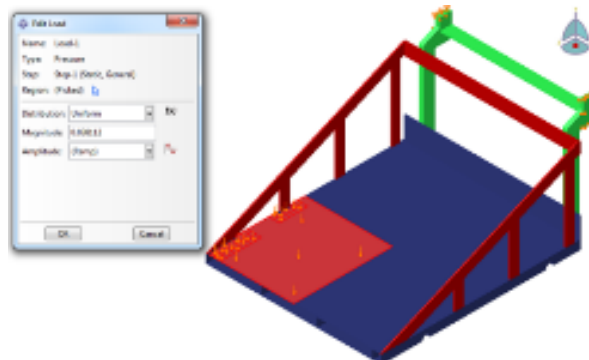
ضریب اطمینان استاتیکی در مدل نهایی سازه تحت ۳ نوع بارگذاری مورد بحث عبارت است از:  
 در بارگذاری نوع اول سازه دارای ضریب اطمینان ۴/۷۷ می باشد. (ضریب اطمینان ۳ در بارگذاری  $\times$  ضریب اطمینان ۱/۵۹ در تنش)  
 در بارگذاری نوع دوم سازه دارای ضریب اطمینان ۳/۵۲ می باشد. (ضریب اطمینان ۳ در بارگذاری  $\times$  ضریب اطمینان ۱/۱۷ در تنش)  
 در بارگذاری نوع سوم سازه دارای ضریب اطمینان ۳/۲۸ می باشد. (ضریب اطمینان ۳ در بارگذاری  $\times$  ضریب اطمینان ۱/۰۹ در تنش)

#### ۹- بررسی تاثیر مکان قرار گیری بار بر سازه کف

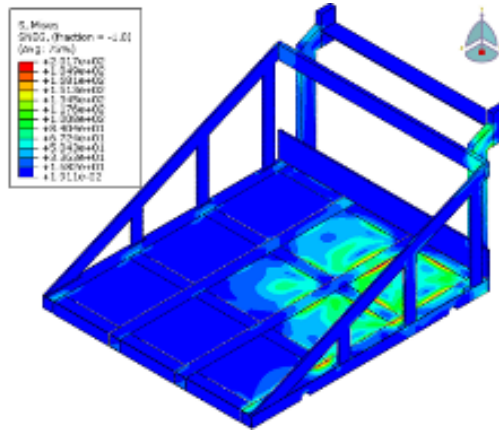
در این قسمت جهت بررسی تاثیر مکان قرار گیری بار بر عملکرد سازه، دو نوع بارگذاری با مقادیر یکسان در دو محل مختلف اعمال می شود. بارگذاری انجام شده شامل یک بار ۱۵۰۰ کیلوگرمی است که در وحله اول در یک چهارم جلویی سازه کف و در وحله دوم در یک چهارم عقبی سازه اعمال می گردد. در شکل های ۳۹ و ۴۰، بارگذاری مذکور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



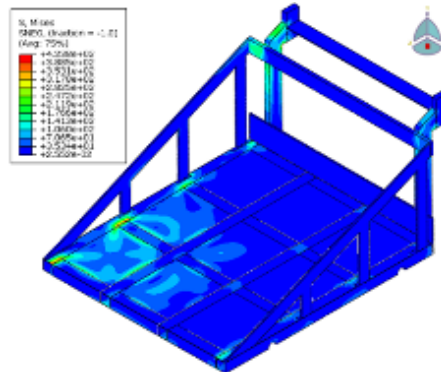
شکل ۳۹- بارگذاری در یک چهارم جلویی سازه کف



شکل ۴۰- بارگذاری در یک چهارم عقبی سازه کف

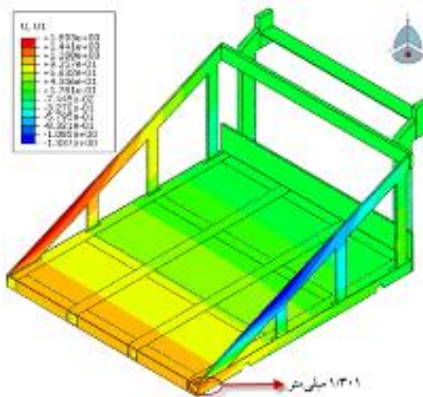


شکل ۴۱- کانتور تنش فون میزز در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک چهارم جلویی

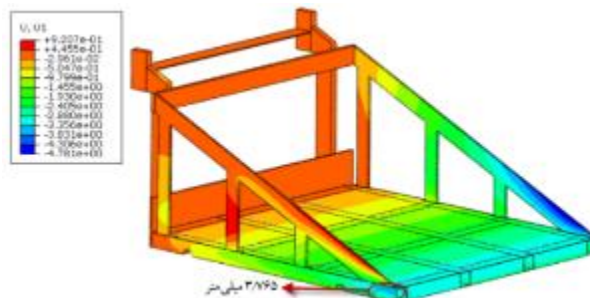


شکل ۴۲- کانتور تنش فون میزز در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک چهارم عقبی

همان طور که در دو شکل فوق مشخص است، در حالت بارگذاری در یک چهارم عقب، ماکزیمم تنش در سازه ۴۲۳/۸ مگاپاسکال می باشد که نزدیک به تنش تسلیم فولاد است. از سوی دیگر در حالت بارگذاری در یک چهارم جلویی 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 تکیه گاه، شرایط به مراتب بحرانی تر از بارگذاری در نزدیکی تکیه گاه است.

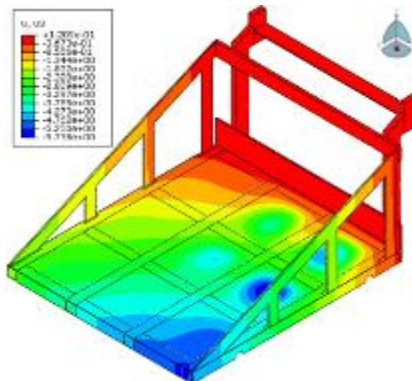


شکل ۴۳- کانتور تغییر مکان عرضی در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک چهارم جلویی

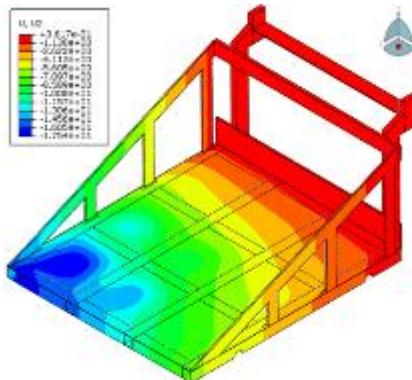


شکل ۴۴- کانتور تغییر مکان عرضی در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک چهارم عقبی

با مشاهده دو شکل فوق، ماکزیمم تغییر مکان عرضی در سازه کف تحت بارگذاری در یک چهارم جلو  $1/693$  و در بارگذاری در یک چهارم عقب  $4/781$  میلی متر می باشد. همچنین با قرار دادن بار در یک چهارم عقب، ماکزیمم حرکت سازه به سمت دیواره های کناری  $189/39$  درصد افزایش را نسبت به قرار دادن بار در قسمت جلو نشان می دهد. این امر مبین تعادل بیشتر سازه در هنگام قرارگیری بار در یک چهارم جلو است.

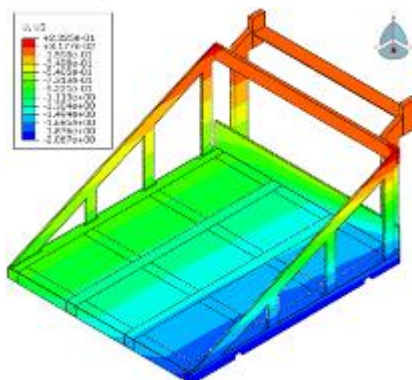


شکل ۴۵- کانتور تغییر مکان عمودی در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری  $1500$  کیلوگرم در یک چهارم جلویی

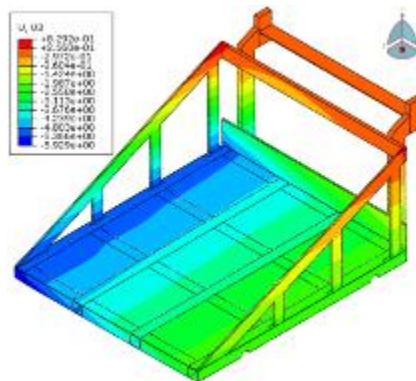


شکل ۴۶- کانتور تغییر مکان عمودی در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری  $1500$  کیلوگرم در یک چهارم عقبی

با مشاهده نتایج ارائه شده در دو شکل اخیر، ماکزیمم تغییر مکان عمودی در سازه در شرایط بارگذاری در یک چهارم جلو دارای مقدار  $5/738$  میلی متر است. همچنین با قرار دادن بار در یک چهارم عقبی سازه، تغییر مکان عمودی  $17/54$  میلی متر مشاهده می شود که افزایش  $205/68$  درصدی را نسبت به قرار دادن بار در یک چهارم عقبی نشان می دهد.



شکل ۴۷- کانتور تغییر مکان عرضی در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری  $1500$  کیلوگرم در یک چهارم جلویی



شکل ۴۸- کانتور تغییر مکان عمودی در مدل نهایی سازه کف تحت بارگذاری ۱۵۰۰ کیلوگرم در یک چهارم عقبی

در نهایت با مشاهده شکل های ۴۷ و ۴۸، ماکزیمم تغییر مکان عمودی سازه کف در شرایط بارگذاری در یک چهارم جلو ۲/۰۶۷ میلی متر و در بارگذاری در یک چهارم عقبی ۵/۹۲۹ میلی متر می باشد. همچنین ماکزیمم حرکت قسمت تحتانی بازوهای عمودی به سمت عضو عرضی شاسی در بارگذاری در یک چهارم جلو مقدار ۱/۹۴۹ میلی متر و در بارگذاری در یک چهارم عقب مقدار ۵/۵۶۰ میلی متر را نشان می دهد که افزایش ۱۸۵/۲۷ درصدی را در این پارامتر نمایان می کند. با افزایش فاصله از تکیه گاه، تنش، تغییر مکان های عرضی، عمودی و طولی در سازه افزایش و تعادل سازه کاهش می یابد. بنابراین در صورتی که 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 تکیه گاه ها قرار دهد.

#### ۱۰- نتیجه گیری

در این پژوهش، به شناخت شاسی های U شکل پرداخته شد و سپس براساس این شناخت و با توجه به ابعاد قسمت عقب خودروی وانت سایپا-۱۵۱ کارا، طراحی ابعادی شاسی U شکل به انجام رسید. سپس طراحی کامل این شاسی متشکل از ۱۴ قطعه انجام شد و مسئله جاده ای اجزای مکانیزم بالابر بر روی آن مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه به طراحی سازه کف خودروی وانت پرداخته شد. در ابتدا با طراحی یک سازه اولیه، این سازه تحت بارگذاری در تمام سطح کف، در نرم افزار آباکوس مورد تحلیل قرار گرفت. با توجه به نتایج تحلیل، به تقویت سازه طراحی شده اولیه پرداخته شد. تقویت انجام شده در حله اول شامل تقویت عضوهای مهم سازه بود. سپس با توجه به شرایط بحرانی موجود، از عضوهای تقویت کننده جدید که به نوعی تکیه گاه های ثانویه سازه محسوب می شدند، استفاده شد. پس از حصول نتایج مورد قبول از بارگذاری در تمام سطح کف، شرایط دیگری از بارگذاری بر روی سازه کف، که بحرانی تر از حالت های قبل بودند، مورد تحلیل قرار گرفت. براساس نتایج به دست آمده از تحلیل ها این نتیجه حاصل شد که سازه کف نیاز به تقویت ثانویه دارد. در همین راستا با بررسی ۷ مدل مختلف تقویت ثانویه، در نهایت طراحی با بهترین عملکرد تحت همه بارگذاری ها و البته با کمترین جرم انتخاب گردید. با انتخاب عضوهای تقویت کننده 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 تکیه گاه های سازه بود که کاربر در هنگام استفاده از این سازه، به خصوص در لحظات انتقال بار به سمت بالا یا پائین، باید به آن 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 و شبیه سازی آزمون واژگونی، کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مکانیک، ۱۳۹۳.