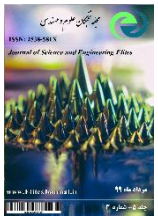
Archive of SID

مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۵- شماره ۳- سال ۱۳۹۹

www.ElitesJournal.ir



مدلسازی، تحلیل و بهینه‌سازی اکسل عقب تیبا تحت بارگذاری‌های استاتیکی

مهدی کریمی[۱]، رضا حسینی[۲]، محسن عالی‌زاده[۳]، سید محمدرضا حسینی علی آباد[۴*]

۱- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۳- گروه مهندسی تکنولوژی خودرو، دانشکده فنی شهید خدادادی بندر انزلی، ایران

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

*engineerhosseini997@yahoo.com

ارسال: تیر ماه ۹۹ پذیرش: مرداد ماه ۹۹

چکیده

ناهمواری‌های یک جاده باعث ایجاد ارتعاشات در خودرو می‌شود، که این ارتعاشات به بدنه خودرو و در نهایت به سرنشینان انتقال می یابد. لذا سیستم فنربندی ارتعاشات وارد شده را جذب و تا حد امکان انتقال آن را به اتاق خودرو و سرنشینان به حداقل می‌رساند. یکی از بخش‌های مهم در سیستم فنربندی، اکسل می‌باشد که تاثیر بسیار زیادی در هدایت و ایمنی خودرو دارد. در این نوشتار، ابتدا اکسل عقب خودروی تیبا به صورت سه بعدی از طریق نرم‌افزار سالیدورکس مدلسازی گردیده، سپس توسط نرم‌افزار آباکوس، تحلیل تحت بارگذاری‌های استاتیکی بر روی آن انجام شده است. در گام بعدی با افزودن محورها در اکسل عقب تیبا، آن را تقویت نمودیم و تحلیل از نوع استاتیکی بر روی آن آزمایش شد. طبق نتایج بدست آمده، مقادیر تنش و جابجایی در اکسل عقب تقویت شده خودروی تیبا از حالت معمولی کمتر بدست آمده است و می‌توان نتیجه گرفت اکسل تقویت شده به مراتب بهتر از اکسل معمولی می‌باشد.

کلمات کلیدی: تحلیل استاتیکی، بهینه‌سازی، اکسل عقب، تیبا.

۱- مقدمه

یکی از مسائل مهم در زمینه طراحی خودروها، مناسب بودن وضعیت خوشسواری خودروها و کاهش انتقال ارتعاشات جاده‌ای به راننده می‌باشد. از این رو سیستم تعلیق خودرو تاثیر بسیار زیادی در حفظ راحتی سرنشینان خودرو دارد. بنابراین یک سیستم تعلیق خوب، ارتعاشات را جذب و تا حد امکان انتقال آن را به سرنشینان کاهش می‌دهد. داشتن سیستم تعلیق راحت و کم استرس تاثیر مستقیم بر روی کنترل راننده بر روی خودرو داشته و لذا می‌توان گفت افزایش راحتی راننده تاثیر زیادی بر روی افزایش ایمنی سرنشنان خواهد داشت. سیستم تعلیق از بخش‌های مهم در بررسی پایداری خودرو محسوب می‌شود. این سیستم یکی از اجزای واحد شاسی است که در ناحیه‌ای بین محور عرضی انتقال قدرت چرخ‌ها و بدنه قرار می‌گیرد. و همچنین امروزه کاهش ارتعاشات وارده به خودرو از جانب نوسانات جاده به سیستم تعلیق، یکی از مهم ترین اهداف شرکت های خودروسازی است. از

www.SID.ir

Archive of SID

طرفی امروزه سیستم تعلیق خودروها در وسایل نقلیه تجاری، صنعتی، کشاورزی، حمل و نقل عمومی و ... مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است[۱-۸].

۲- پیشینه تحقیقات

۲-۱ مطالعات داخلی و خارجی

هنگام برخورد چرخ‌های خودرو با ناهمواری‌های جاده، نیروهای عمودی و طولی و عرضی به تایر وارد می‌شود. چنانچه این نیروها مستقیم و بدون واسطه به اتاق و سرنشینان خودرو وارد شود، باعث استهلاک اتاق و بدنه و همچنین ناراحتی سرنشینان خودرو می‌شود. بنابراین لازم است سیستمی وجود داشته باشد تا این نیروها را مستهلک کند[۹]. از این رو سیستم تعلیق (فنربندی) میزان ارتعاشات وارد شده به اتاق خودرو را به حداقل می‌رساند[۸] و نقش بسیار مهمی در وسایل نقلیه به جهت کاهش لرزش ناشی از ناهمواری‌های جاده دارد[۱۰].

مافی شورستانی و همکارانش (۱۳۹۸) به مدلسازی دینامیکی سیستم تعلیق خودرو جهت کاهش ارتعاشات وارده پرداختند. این نویسندگان اذعان داشتند مدلسازی دینامیکی سیستم تعلیق خودرو و تلاش در جهت کاهش ارتعاشات وارده، می‌تواند استراتژی مناسب و قابل دسترسی‌ای برای افزایش راحتی و کاهش ریسک آسیب، در وسایل نقلیه باشد. از این رو این نویسندگان تاثیر ارتعاشات ناشی از ناهمواری سطح جاده، به عنوان یکی از عوامل اصلی پدید آمدن ارتعاشات ناخواسته در وسایل نقلیه، به وسیله مدلسازی دینامیکی در یک خودرو سواری را مورد بررسی قرار دادند[۲].

شهابی و همکارانش (۱۳۹۸) تاثیر اجزاء سیستم تعلیق بر رفتار دینامیکی خودرو را مورد بررسی قرار داده‌اند. این نویسندگان بیان نمودند که سیستم تعلیق از بخش‌های مهم در بررسی پایداری خودرو محسوب می‌گردد. آن‌ها مدل خودرو را مدل نیم خودرو انتخاب کردند که قابلیت مدلسازی دقیق‌تر به منظور بررسی دینامیک خودرو را فراهم می‌سازد. این نویسندگان سیستم تعلیق مدل نیم خودرو را از نوع ایستا انتخاب کردند که قابلیت جذب انرژی و نوسانات ناشی از ورودی‌های مختلف جاده را دارا می‌باشد. در خاتمه طبق نتایجی که بدست آوردند، جابجایی عمودی شاسی با افزایش سختی و میرایی سیستم تعلیق سریعتر حول نقطه تعادل به همگرایی می‌رسد و پایداری حول محور طولی خودرو بهبود و رانندگی و سواری نرم کاهش می‌یابد. همچنین با تغییر میرایی و سختی به طور جداگانه این همگرایی به کندی صورت خواهد پذیرفت و زمینه ناپایداری حول محور طولی ایجاد می‌شود[۵].

شانظری و همکارانش (۱۳۹۷) بر روی تنش میله پیچشی محور عقب پلات فورم خودروی پژو به روش المان محدود تحقیق و پژوهش نموده‌اند. آن‌ها در مقاله خود اشاره کردند که یکی از اجزای کلیدی سیستم تعلیق خودرو میله تعادل (میله پیچشی) می‌باشد. از این رو میله پیچشی را در ابتدا از طریق نرم‌افزار کتیا مدلسازی نمودند و سپس به کمک روش المان محدود از طریق نرم‌افزار آباکوس به تحلیل آن پرداختند. برای تعیین میزان تحمل، حداکثر زاویه پیچش و استخراج ضریب اطمینان از معیار های وون_میزز و ترسکا استفاده کردند و بارگذاری و شرایط مرزی ابتدا و انتهای میله پیچشی براساس اطلاعات شرکت خودروساز و بر اساس واقعیت موجود روی خودرو، اعمال نمودند. همچنین تاثیر مواردی همچون زاویه پیچش، اثرات تلرانس پارامترهای هندسی حین تولید در قسمت‌های مختلف بر دیاگرام‌های تنش و ضریب اطمینان را مورد بررسی قرار داده‌اند[۱۱].

وطن دوست (۱۳۹۲) فنر اکسل در خودروی تیبا را تحلیل از نوع استاتیکی انجام داد. این نویسنده عنوان نمود که کار تعلیق خودرو به حداکثر رسانیدن اصطکاک بین لاستیک و سطح جاده برای فراهم آوردن هدایت پایدار، دست فرمان خوب و اطمینان ازاینکه سرنشینان درراحتی به سر می‌برند، می‌باشد. این نویسنده با بیان اینکه نیروی جانبی ناخواسته‌ای به ناچار در سیستم تعلیق مک فرسون بوجود می‌آید که باعث سایش کناری در میله دمپر و همچنین باعث افزایش اصطکاک داخلی دمپر و در نتیجه کاهش عملکرد سیستم تعلیق می‌شود، چاره‌ای جهت حل این مشکل اندیشید و آن جایگزینی یک فنر جدید بامرکز تقارن انحنادار با فنرهای حلقوی مرسوم می‌باشد. این نویسنده اذعان داشت طراحی دینامیکی و ترکیب آن با آنالیزهای المان محدود

www.SID.ir

Archive of SID

می‌تواند روش موثری برای طراحی بهینه آن باشد. لذا سیستم تعلیقی خودرویی که مدنظر داشت، تیبا بود و با طراحی مدل دینامیکی سیستم تعلیق می‌توان نیروهای اعمالی به دمپر را شبیه‌سازی نمود. وی در ابتدا با شبیه‌سازی دینامیکی آن در نرم‌افزار سالیدورکس و سپس با بهینه‌سازی ساختار فنر با نرم‌افزار تحلیلی آباکوس و همچنین بررسی نیروهای عمودی و جانبی و ویژگی-های الاستیک آن‌ها و تست داده‌ها را آنالیز نمود که تحلیل دقیقی استاتیکی آن با نرم‌افزار آباکوس صورت گرفت. در پایان داده‌های حاصل از تحلیل عددی با داده‌های تئوری را مقایسه کرد و پیشنهاداتی در مورد تحلیل خستگی در مقاله خود ارائه داد[۱۲].

فخاری گلپایگانی و همکارانش (۱۳۹۵) در مقاله ذکر کردند سیستم تعلیق شامل قطعات حساس زیادی بوده که یکی از این اجزا، میله پیچشی می‌باشد. فرآیند تولید خاص میله پیچشی باعث ایجاد تغییرات پارامترهای هندسی و در نهایت تغییر در استحکام و عملکرد این قطعه حین کار بر روی خودرو می‌شود. این نویسندگان به مطالعه تحلیل تنش و استخراج ضریب اطمینان میله پیچشی خودروی تیبا با کمک روش المان محدود و توسط نرم‌افزار آباکوس پرداختند. این نویسندگان برای تعیین میزان تحمل، حداکثر زاویه پیچش واستخراج ضریب اطمینان از معیار وون – میزز و ترسکا استفاده نموده‌اند. بارگذاری و شرایط مرزی نیز بر اساس اطلاعات شرکت خودروسازی در سخت‌ترین شرایط بارگذاری اعمال نمودند. تاثیر مواردی نظیر زاویه پیچش، اثرات تلرانس، پارامترهای هندسی حین تولید در قسمت‌های مختلف بر دیاگرام‌های تنش و ضریب اطمینان را بررسی کردند و طبق نتایج حاصله از روابط تحلیلی مورد تایید قرار گرفته است[۱۳].

زارعیان و آزادی (۲۰۱۸) در پژوهش خود عنوان کردند که سیستم تعلیق، فرمان و ترمز نقش بسیار مهمی در رفتار پویا وسایل نقلیه ایفا می‌نمایند. همچنین بیان کردند همین نقش مهم در کنار دلایل اقتصادی باعث گردیده است که تولیدکنندگان وسایل نقلیه همواره به دنبال طرایق مختلف جهت بهینه‌سازی سیستم تعلیق باشند. این نویسندگان با بیان اینکه طراحی سیستم تعلیق جدید در خودرو بسیار گران است، بهترین گزینه را اصلاح پارامترهای هندسی در سیستم تعلیق به منظور کاهش هزینه‌ها و بهبود عملکرد دینامیکی وسایل نقلیه دانستند. از این رو نویسندگان سیستم تعلیق را در یک خودرو از طریق نرم‌افزار Adams/Car مدلسازی و پارامترهای هندسی سیستم تعلیق را شبیه‌سازی نمودند. سرانجام با توجه به نتایج بدست آمده، بهبود سیستم تعلیق در وسایل نقلیه پاسخ بهتری نسبت به طراحی سیستم تعلیق جدید در خودرو می‌دهد[۱۴].

Addeh و Ebrahimi (۲۰۱۶) بیان نمودند سیستم تعلیق خودرو نقش مهمی در بهبود راحتی رانندگی خودرو دارد. از این رو این نویسندگان عنوان کردند که سیستم تعلیق فعال به لطف الگوریتم کنترل پیشرفته، راحتی سفر را به مسافران می‌دهد. این نویسندگان در پژوهش خود از یک سیستم کنترل هوشمند مبتنی بر H-infinity برای سیستم تعلیق فعال خودرو ارائه دادند. سیستم که پیشنهاد دادند شامل دو ماژول اصلی است به نام ماژول کنترلر و ماژول بهینه‌سازی. سرانجام طبق ارزیابی و نتایج حاصله، روش پیشنهادی دارای عملکرد بسیار خوبی است[۱۵].

۳– اهداف پژوهش

۱- مروری بر پیشینه تحقیقات داخلی و خارجی مرتبط با موضوع تحقیق

۲- تشریح سیستم تعلیق

۳- بررسی سیستم تعلیق و اکسل عقب خودروی تیبا

۴- طراحی و تحلیل استاتیکی اکسل عقب خودروی تیبا در دو حالت معمولی و بهینه‌سازی

۴– ادبیات پژوهش

هنگام برخورد چرخ‌های خودرو با ناهمواری‌های جاده، نیروهای عمودی و طولی به تایر وارد می‌شود. چنانچه این نیروها مستقیم و بدون واسطه به اتاق و سرنشیان خودرو وارد شود، باعث استهلاک اتاق و بدنه و همچنین ناراحتی سرنشینان خودرو می شود.

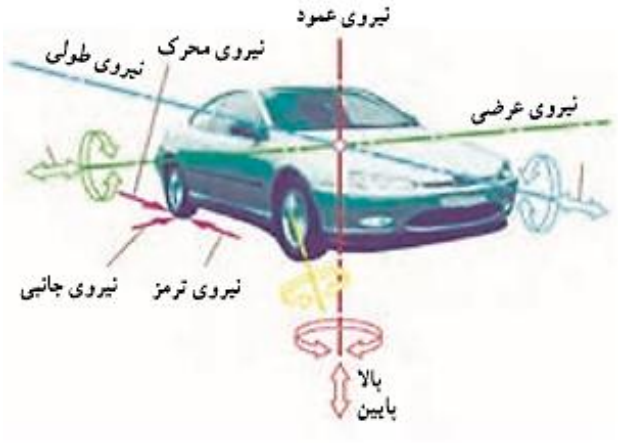
www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین لازم است سیستمی وجود داشته باشد تا این نیروها را مستهلک کند[۱۶]. در زمان حرکت، خودرو با تغییرات زیادی در سیستم دینامیک خود روبرو می‌شود. که ممکن است در اثر تغییرات در وزن معلق خودرو در اثر کم یا زیاد شدن سرنشینان خودرو باشد. ناهمواری‌های سطح جاده که می‌تواند به عنوان اغتشاش در نظر گرفته شود نیز بصورت قابل توجهی تغییر می‌کند. بنابراین سیستم تعلیق خودرو باید در این شرایط عملکرد مناسبی را از خود برای تضمین ایمنی و راحتی سرنشینان نشان بدهد[۱۷]. درواقع، عملکرد مناسب سیستم تعلیق نقش به سزایی در کارایی یک خودرو در طول حرکت ایفا می‌کند[۱۸].

اگر همه جاده‌ها کاملا هموار بودند، و هیچ پستی و بلندی و نیز خمیدگی نداشتند، اصلا نیازی به سیستم تعلیق نبود. وظیفه سیستم تعلیق مصون نگاه داشتن سرنشینان از ضربات انتقالی به چرخ‌ها در حین حرکت در جاده‌ها می‌باشد به این ترتیب، سیستم تعلیق اتاق و سرنشینان آن را از چرخ‌های جلو و عقب ایزوله کرده و سرنشینان را از حرکت‌های شدید به بالا و پایین که می‌تواند در جاده‌های ناهموار رخ دهد حفظ می‌کند. اجزاء اصلی سیستم تعلیق، فنرها و کمک فنرها هستند[۱۹].

با توجه به شکل۱، سیستم تعلیق مکانیزمی است که نیروهای عمودی (وارد از سطح جاده به چرخ ها) نیروهای طولی (در اثر عکس العمل جاده به صورت نیروی اصطکاک، شتاب‌گیری و یا نیروی ترمز) و همچنین نیروهای عرضی (اثر وزش باد جانبی یا عکس العمل نیروی گریز از مرکز هنگام پیچیدن) را به خوبی تحمل می‌کند. در خودرو حول هر یک از محورهای طولی، عرضی و عمودی تمایل به پیچش وجود دارد[۲۰].



شکل۱- نیرو و گشتاورهای مختلف وارد بر خودرو[۲۰]

وظایف سیستم تعلیق عبارتند از[۲۰]: اولین وظیفه تحمل وزن اتاق و سیستم‌های مولد قدرت و انتقال قدرت و سایر تجهیزات خودرو است، به نحوی که ضمن تقسیم متناسب وزن خودرو، امکان تماس چرخ‌ها با شاسی و اتاق خودرو وجود نداشته باشد. با توجه به شکل‌های ۲ و ۳، دومین وظیفه سیستم تعلیق مهار کردن حرکات نامطلوب چرخ است. به این معنا که چرخ‌ها را در زیر بدنه خودرو محکم و استوار (بدون لقی و یا حرکات نامناسب) نگه می‌دارد. زیرا وجود حرکات نامناسب در چرخ، به ناپایداری خودرو منجر می‌گردد.

شکل۲- خودرو بدون سیستم تعلیق[۲۰]

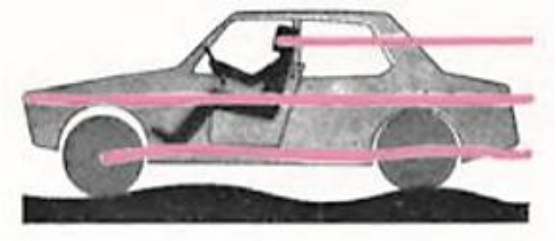
www.SID.ir

Archive of SID

خودروی بدون ضربه‌گیر خودرو، در هر ناهمواری بالا و پایین می‌رود و دائماً نوسان می‌کند.

شکل۳- خودروی بدون ضربه‌گیر[۲۰]

با توجه به شکل۴، سومین وظیفه سیستم تعلیق اجازه حرکت‌های مطلوب به چرخ‌هاست. بدین معنی که چرخ‌ها در جهت حرکت و فرمان دادن به خودرو اجازه دوران داشته باشند و همچنین بتوانند در جهت قائم به بالا و پایین حرکت کنند. ضمن اینکه ارتعاش کمتری را به بدنه خودرو منتقل نمایند تا برای سرنشینان آسایش بیشتری فراهم شود.



خودرو با سیستم تعلیق صحیح چرخ‌ها با ناهمواری‌ها در تماس‌اند،ولی حرکت‌های نوسانی جادّه به راننده منتقل نمی‌شود.

شکل۴- خودرو با سیستم تعلیق صحیح[۲۰]

وظیفه بعدی سیستم تعلیق، پایدار نمودن خودرو است. به این ترتیب که سیستم تعلیق و فنربندی باید به گونه‌ای باشد که تماس چرخ با سطح زمین در کلیه شرایط حفظ شود و حرکت‌های مختلف چرخ به گونه‌ای باشد که نهایتا به پایداری خودرو منجر گردد. آخرین وظیفه سیستم تعلیق تامین آسایش و راحتی سرنشینان است. بنابراین، ضریب و قابلیت مستهلک‌سازی ارتعاشات سیستم تعلیق باید به گونه‌ای باشد که در حد امکان ارتعاشات و ضربات کمتری از جاده به بدنه خودرو و نهایتا به سرنشین منتقل شود.

۵- بررسی اکسل عقب خودروی تیبا

سیستم‌های تعلیق در خودرو از نظر وظیفه و اجزاء با یکدیگر یکسان می‌باشند اما از نظر مکانیزم حاکم بین اجزاء با هم تفاوت دارند. که طراح بر اساس نوع کاربرد (خودروهای سواری، سنگین، مسابقه‌ای و ...)، محدودیت‌هایی نظیر هزینه سیستم، جاگیری زیر بخش‌های سیستم، آرایش زنجیر توان، محل قرارگیری موتور و ... مکانیزم حاکم بین اجزاء را انتخاب می‌کند[۲۱]. امروزه انواع سیستم تعلیق در خودروها مشاهده می‌شود. در خودروی تیبا سیستم تعلیق و اکسل عقب از نوع تیر پیچشی نیمه مستقل می‌باشد. سیستم تعلیق عقب خودروی تیبا از نوع اکسل پیچشی مجهز به فنر لول و ضربه‌گیر می‌باشد. عملکرد این سیستم به قرار زیر است[۲۲]:

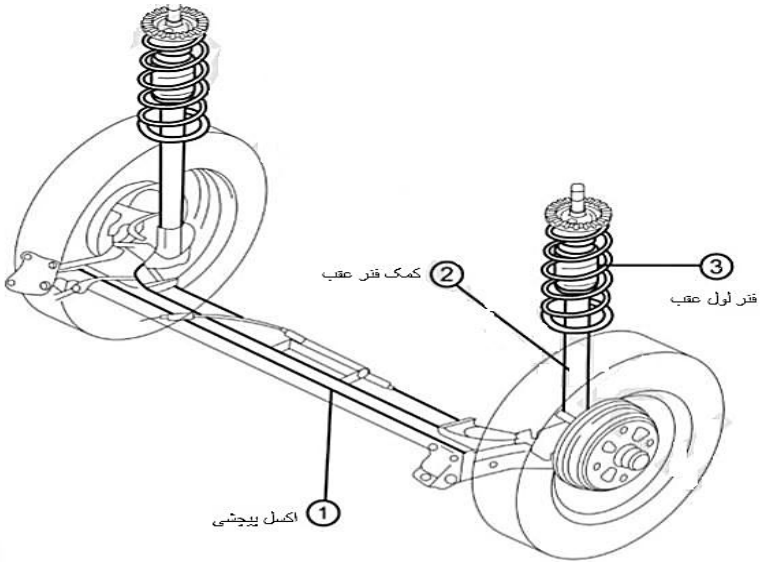
- چرخ‌ها که دارای عملکرد نیمه مستقل می‌باشند به وسیله بازوهای کشنده متصل به اتاق، کشیده می‌شوند و توسط میل اکسل به طور صلب به یکدیگر متصل می‌شوند.
- میل اکسل هم محوری بازوهای کشنده را فراهم می‌نماید و با پیچ خوردن اجازه عملکرد نسبتا مستقل هر یک از چرخ‌ها را می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

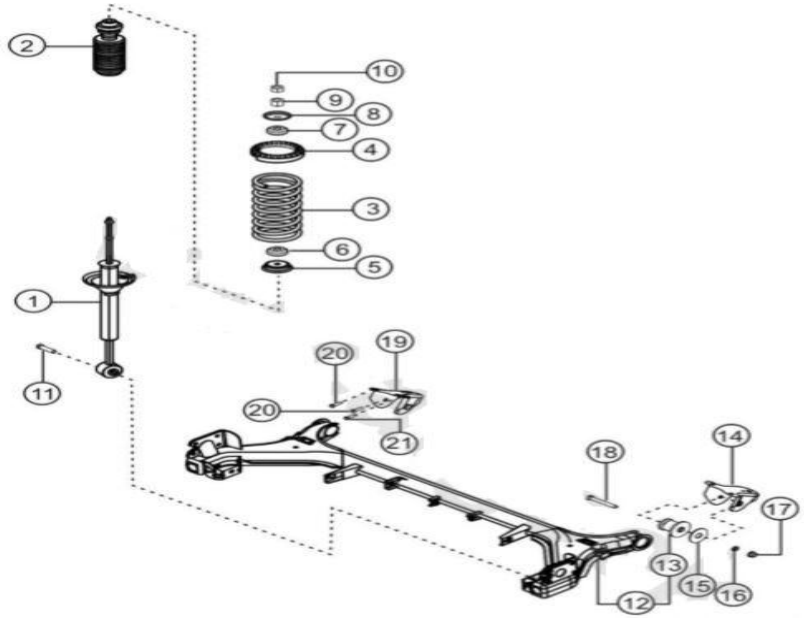
- به منظور عدم انتقال ارتعاشات جاده به اتاق از بوش‌های لاستیکی محکم که بر روی میل اکسل قرار می گیرند استفاده شده است.

شکل۵ نمایی از سیستم تعلیق عقب خودروی تیبا همراه متعلقات آن را نشان می‌دهد.



شکل۵- نمایی از سیستم تعلیق عقب خودروی تیبا [۲۲]

اکسل پیچشی از اجزایی همچون ۱- کمک فنر عقب ۲- گردگیر کمک فنر ۳- فنر لول عقب ۴- واشر بالای کمک فنر عقب ۵- استپر ۶- بوش پایینی کمک فنر ۷- بوش بالای کمک فنر ۸- واشر ۹- مهره ۱۰- مهره ۱۱- پیچ ۱۲- اکسل پیچشی ۱۳- بوش لاستیکی ۱۴- پایه اکسل پیچشی راست ۱۵- واشر ۱۶- واشر ۱۷- مهره ۱۸- پیچ ۱۹- پایه اکسل پیچشی چپ ۲۰- پیچ ۲۱- پیچ تشکیل شده است[۲۲]. در شکل۶، اجزاء اکسل پیچشی قابل مشاهده می‌باشد.



شکل۶- اجزاء اکسل پیچشی[۲۲]

۶- معرفی نرم‌افزار آباکوس

تمام اجزای دنیای پیرامون ما از جزءایی ترین تا غول پیکرترین اجزای آن دارای برهمکنش‌های مکانیکی می‌باشند. در دنیای مهندسی مدلسازی این برهمکنش‌ها و پیش‌بینی نتایج می‌تواند نقش بسزایی در بهبود عملکرد و نتایج در دنیای واقعی داشته باشد. در این زمینه نرم‌افزار آباکوس به دنیا معرفی گردید. نرم‌افزار Abaqus FEA آباکوس می‌تواند ساده‌ترین تا پیچیده‌ترین

www.SID.ir

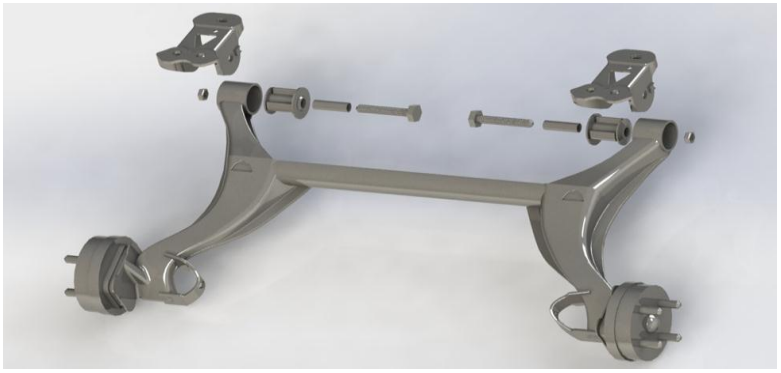
Archive of SID

معادلات غیر خطی را مدلسازی نماید. نرم‌افزار آباکوس به مهندسان این امکان را می‌دهد تا با استفاده از تکنیک المان محدود موفق به شبیه سازی پدیده‌های مختلف مکانیکی شوند. نرم‌افزار آباکوس تحلیل به روش اجزای محدود را به کمک رایانه انجام می‌دهد. این نرم‌افزار به واسط قدرت بسیارش در تحلیل و مدل سازی ساده‌ترین معادلات خطی تا پیچیده‌ترین معادلات غیرخطی در گستره‌ایی از زمینه‌ها مانند انتقال حرارت، انتقال جرم، تحلیل حرارتی اجزاء الکتریکی، اکوستیک، تراوش و پیزو الکتریک، مسائل استاتیک، شبه استاتیک، دینامیک، گرما، الکتریک، ضربه، انفجار، شکست، گسترش ترک استفاده می‌شود و استفاده از آن تنها محدود به مسائل مکانیک جامدات نمی‌شود. محیط‌های نرم‌افزار آباکوس به نه قسمت تقسیم می‌شوند که عبارتند از: محیط Part، محیط Property، محیط Assembly، محیط Step، محیط Interaction، محیط Load، محیط Mesh، محیط Job و محیط Visualization[۲۳].

۷- طراحی و تحلیل استاتیکی اکسل عقب خودروی تیبا

در این بخش ابتدا اکسل عقب تیبا از طریق نرم‌افزار سالیدورکس به صورت سه بعدی طراحی می‌گردد که در شکل ۷ نمای کلی از اکسل عقب تیبا و شکل ۸ نمای انفجاری از اکسل عقب خودروی تیبا قابل نمایان می‌باشد.

شکل ۷- نمای کلی از اکسل عقب خودروی تیبا

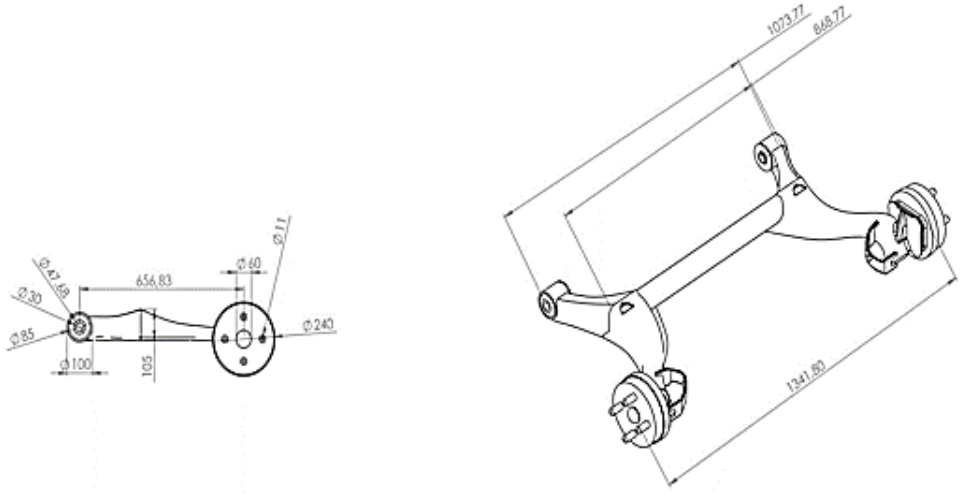


شکل ۸- نمای انفجاری اکسل عقب خودروی تیبا

شایان ذکر است بدنه اکسل عقب خودروی تیبا به صورت مجزا طراحی گردیده تا از بدنه اکسل جهت تحلیل از طریق نرم‌افزار آباکوس استفاده گردد. شکل ۹ دو نمای طراحی شده از اکسل و همچنین اشکال ۱۰ و ۱۱، بدنه اکسل خودروی تیبا معمولی با بوش پلاستیکی و نمای انفجاری بدنه اکسل با بوش پلاستیکی را نشان می‌دهند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۹- دو نمای طراحی شده از اکسل عقب تیبا

شکل۱۰- نمای کلی از بدنه اکسل عقب خودروی تیبا معمولی با بوش پلاستیکی

شکل۱۱- نمای انفجاری بدنه اکسل با بوش پلاستیکی

سپس طراحی صورت گرفته (بدنه اکسل به همراه یک بوش پلاستیکی) به نرم‌افزار آباکوس هدایت گردیده و تحلیل از نوع استاتیکی بر روی آن انجام می‌شود. بارگذاری با توجه به اعمال نوسانات چرخ‌های عقب در ناهمواری‌های جاده در دوطرف اکسل می باشد. نیروی وارده از چرخ خودرو به اکسل به صورت Body force بوده یعنی نیروی اعمالی بر کل سطح کاسه چرخ تقسیم شده است. در گام نخست جهت تحلیل این اکسل در آباکوس، مقدار دانسیته[1]، نسبت پواسون[2] و مدول الاستیک[3]

[1] Density
[2] Poisson's Ratio
[3] Elastic Modulus

www.SID.ir

Archive of SID

بدنه اکسل که جنس آن از فولاد نوع Steel 1035 می‌باشد، نیاز است. برای بدست آوردن این مقادیر به جدول ۱ مراجعه شود. قابل گفتن است بوش پلاستیکی که جنس آن از Plastic CA می‌باشد در اکسل به عنوان ضربه گیر استفاده می‌گردد.

جدول۱- مشخصات Steel 1035

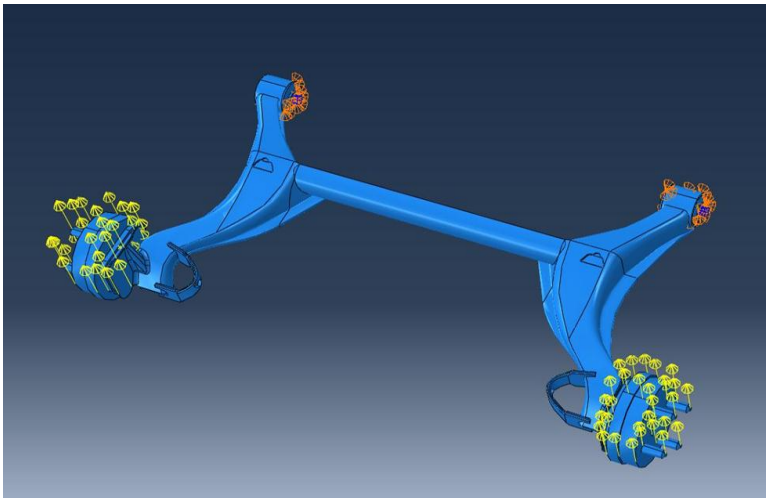
Property	Value	Units
Elastic Modulus	2.049999984e+011	N/m^2
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Tensile Strength	585000002.9	N/m^2
Yield Strength	282685049	N/m^2
Tangent Modulus		N/m^2
Thermal Expansion Coefficient	1.1e-005	/K
Mass Density	7850	kg/m^3
Hardening Factor	0.85	N/A

مشخصات فولاد ۱۰۳۵ مورد استفاده در اکسل نیز در جدول۲ قابل مشاهده می‌باشد.

جدول۲- مشخصات فولاد ۱۰۳۵ مورد استفاده در اکسل

چگالی	7850 Kg/m^3
مدول الاستیسیته	2/05e11 N/m^2
ضریب پوآسون	0/29 N/A

بعد از وارد نمودن جنس برای اکسل و بوش پلاستیکی طراحی شده، این قطعات بر روی هم مونتاژ می‌گردند. سپس مراحل تحلیل را بر روی آن‌ها جهت بدست آوردن خروجی تعریف می‌کنیم. قابل ذکر است به علت ثابت بودن بوش پلاستیکی به وسیله پایه اکسل توسط پیچ که در شکل ۹ قابل ملاحظه است، بوش پلاستیکی را با توجه به شکل ۱۲ در تحلیل ثابت می‌نماییم.



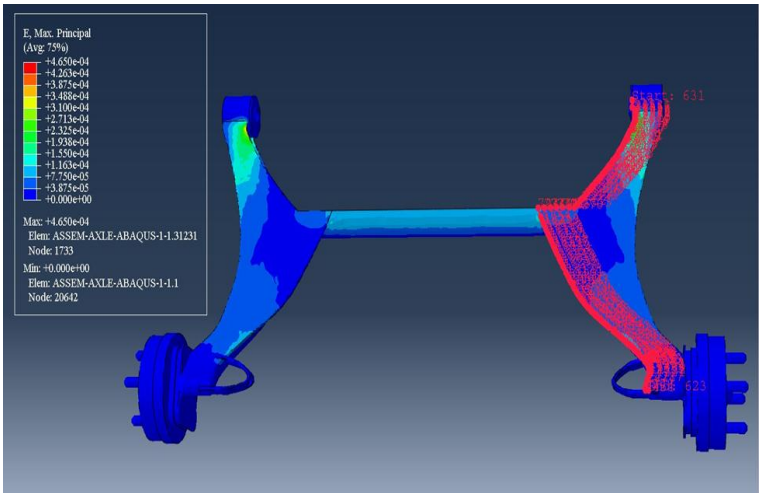
شکل۱۲- محل اتصال نیرو و ثابت نمودن قطعه در آباکوس

با توجه به شکل ۱۲، اکسل عقب تیبا در یک نقطه که بوش پلاستیکی به وسیله پایه اکسل ثابت نگه داشته می‌شود، ثابت در نظر گرفته شده است و بارگذاری بر روی کاسه‌ی چرخ‌ها با اعمال یک نیروی ۵۰۰ نیوتنی انجام شده است. همچنین محل اتصال بوش پلاستیکی با اکسل به صورت کوپلینگ در نرم‌افزار آباکوس تعریف گردیده است تا هنگام اعمال نیرو بر اکسل، اکسل حرکت گردشی بر روی بوش پلاستیکی انجام دهد تا از حرکت خطی آن جلوگیری شود. شکل۱۳، مسیری که برای تحلیل در

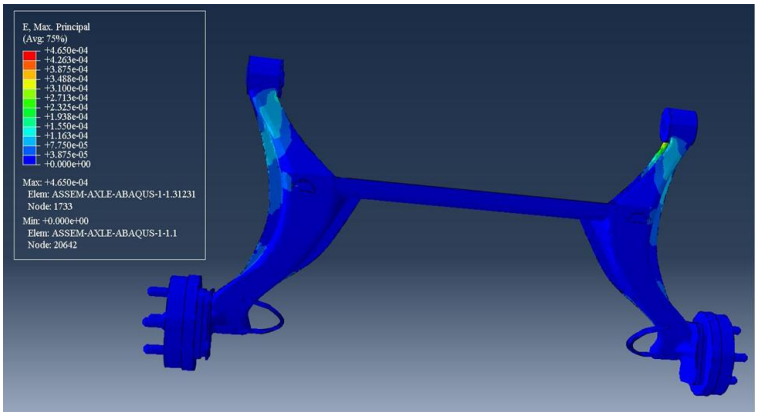
www.SID.ir

Archive of SID

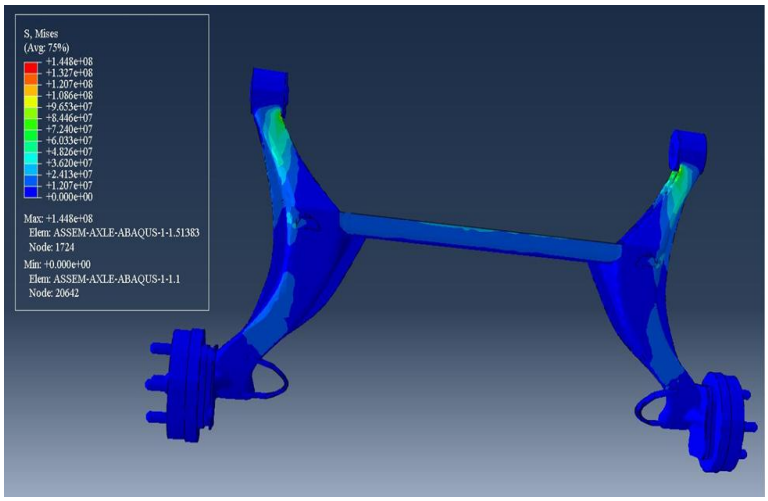
اکسل معمولی خودروی تیبا انتخاب گردید را نشان می‌دهد. همچنین شکل‌های ۱۴، ۱۵ و ۱۶ میزان کرنش [1]، تنش [2] و جابجایی [3] را در اکسل معمولی نشان می‌دهد.



شکل۱۳- مسیر انتخاب شده جهت تحلیل، اکسل معمولی



شکل۱۴- تغییرات میزان کرنش با توجه به نیروی اعمال گردیده بر روی اکسل عقب تیبا معمولی

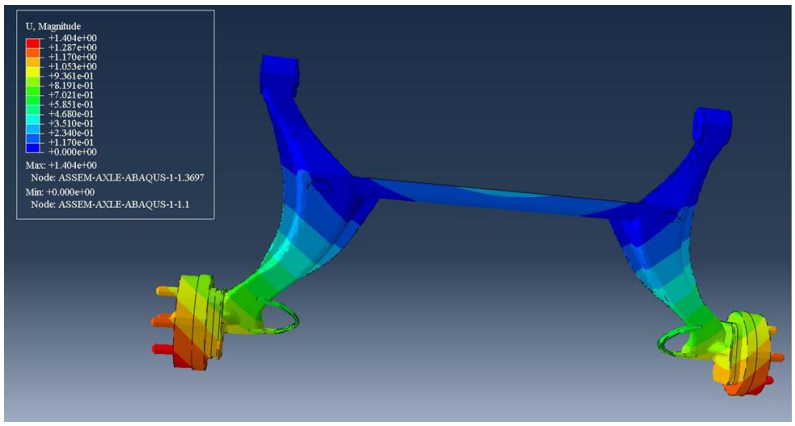


شکل۱۵- تغییرات میزان تنش با توجه به نیروی اعمال گردیده بر روی اکسل عقب تیبا معمولی

[1] Strain
[2] Stress
[3] Displacement

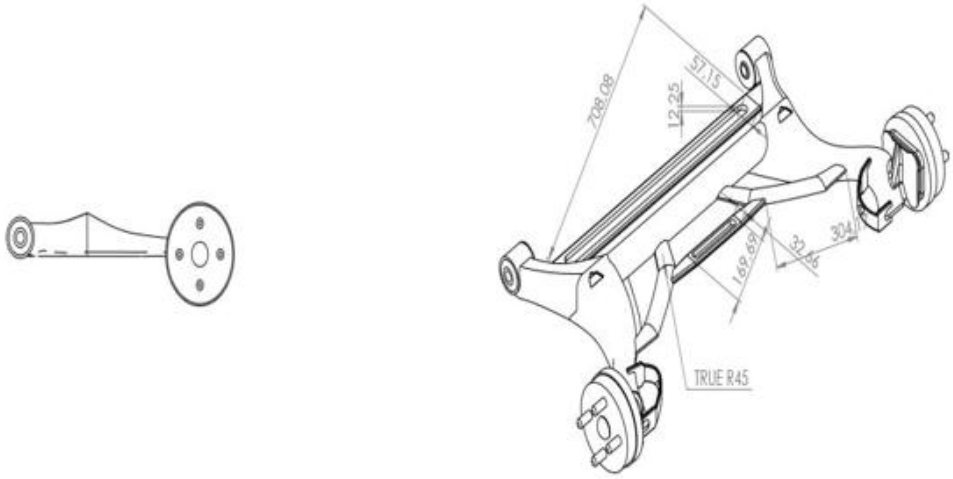
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱۶- تغییرات میزان جابجایی با توجه به نیروی اعمال گردیده بر روی اکسل عقب تیبا معمولی

چنانکه در شکل۱۴ مشاهده می گردد، حداکثر کرنش ایجاد شده در اکسل عقب تیبا معمولی برابر 4.65e-4 pa می‌باشد و همین طور با توجه به شکل‌های ۱۵ و ۱۶، حداکثر تنش و جابجایی ایجاد شده در اکسل عقب تیبا معمولی به ترتیب برابر 1.488e-8 pa و 1.404 mm^2 بدست آمد. طبق نتایج بدست آمده، اکسل عقب معمولی خودروی تیبا تمرکز تنش و جابجایی بیشتری دارد که ماکزیمم مقدار آن نشان داده شده است که این تنش زیاد باعث کج شدن اکسل و ایجاد خطر برای سرنشینان و همچنین باعث کاهش امنیت خودرو می‌شود. برای جلوگیری از خطرات به وجود آمده، در مرحله بعد به تقویت و بهینه‌سازی اکسل عقب خودروی تیبا با افزودن دو محور موازی محور اصلی، جهت افزایش امنیت سرنشینان خودرو پرداخته می‌شود. شکل ۱۷ دو نمای طراحی شده از اکسل تقویت شده و اشکال ۱۸ و ۱۹ نیز به ترتیب نمای کلی از بدنه اکسل عقب تقویت شده خودروی تیبا با بوش پلاستیکی و نمای انفجاری آن را نشان می‌دهند.



شکل۱۷- دو نمای طراحی شده از اکسل عقب تقویت شده

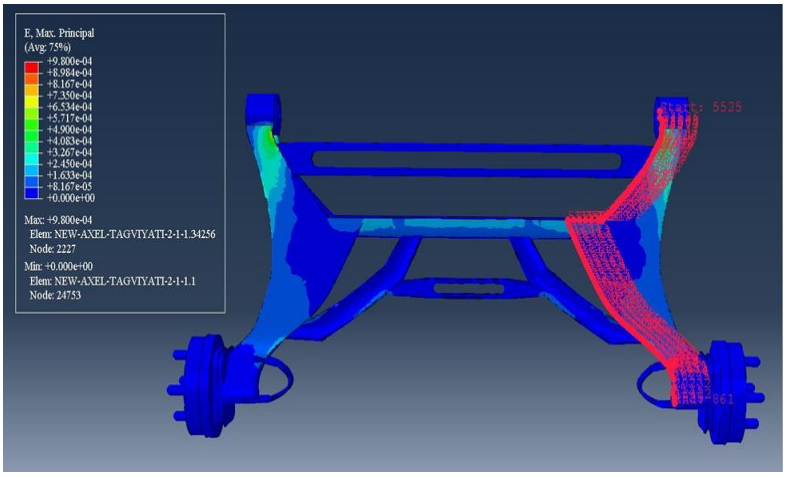
شکل۱۸- بدنه اکسل عقب تقویت شده خودروی تیبا با بوش پلاستیکی

www.SID.ir

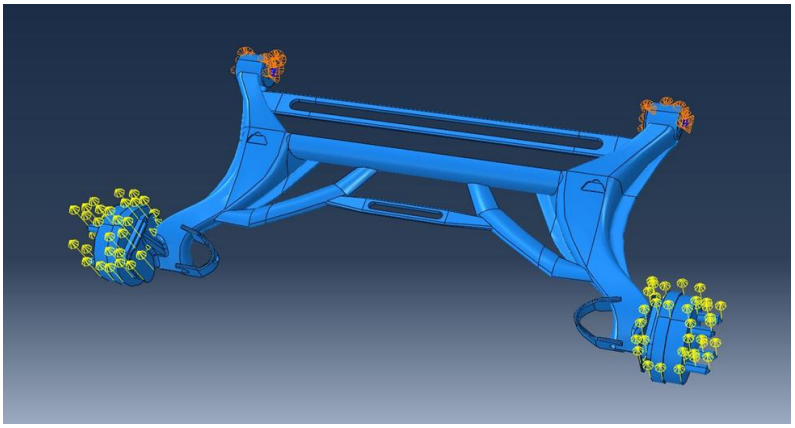
Archive of SID

شکل۱۹- نمای انفجاری بدنه اکسل عقب تقویت شده خودروی تیبا با بوش پلاستیکی

برای بهینه‌سازی اکسل عقب خودروی تیبا از میله‌های طولی و عرضی استفاده شده است. تحلیل از نوع استاتیکی بر روی اکسل تقویت شده در شرایط اعمال نیروی ۵۰۰ نیوتنی همانند حالت قبلی (بدون تقویت) انجام شده است. شکل ۱۸ اکسل تقویت شده تیبا را نشان می‌دهد. شکل ۲۰ مسیر انتخاب گردیده جهت تحلیل از طریق نرم‌افزار آباکوس بر روی اکسل تقویت شده و شکل ۲۱ شرایط مرزی اکسل عقب تقویت شده را نشان می‌دهد.



شکل۲۰- مسیر انتخاب شده جهت تحلیل بر روی اکسل عقب تقویت شده تیبا

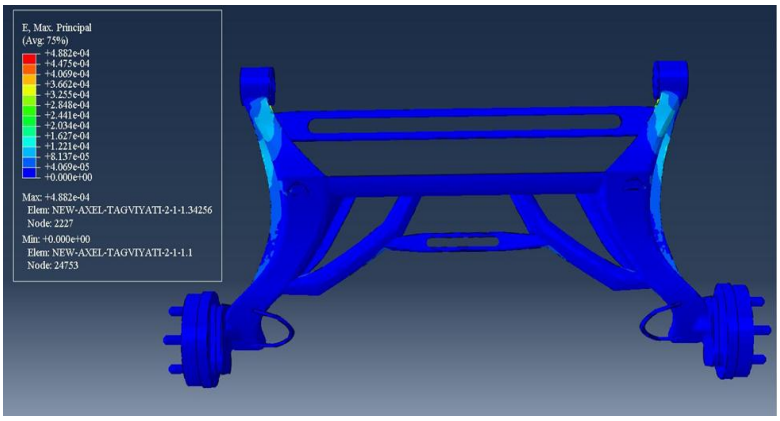


شکل۲۱- شرایط مرزی اکسل عقب تقویت شده تیبا

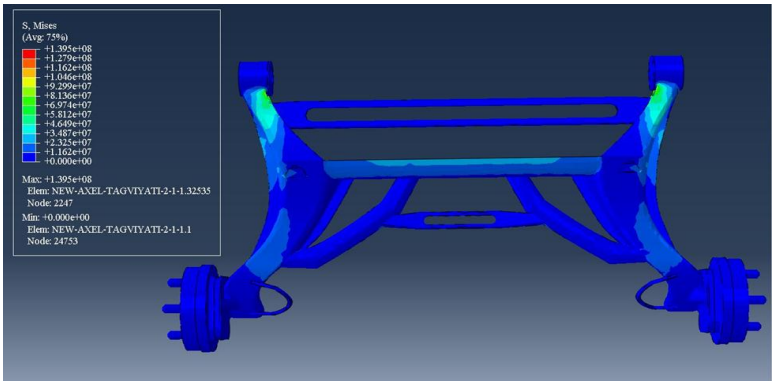
در مرحله بعدی اکسل بهینه‌سازی تحت ضربه نیروی ۵۰۰ نیوتنی مورد آزمایش و بررسی قرار می‌گیرد و نمودارهای کرنش تنش و جابجایی بدست خواهند آمد. شکل‌های ۲۲، ۲۳ و ۲۴ به ترتیب نمودارهای کرنش، تنش و جابجایی را در حالت تقویت شده نشان می‌دهد.

www.SID.ir

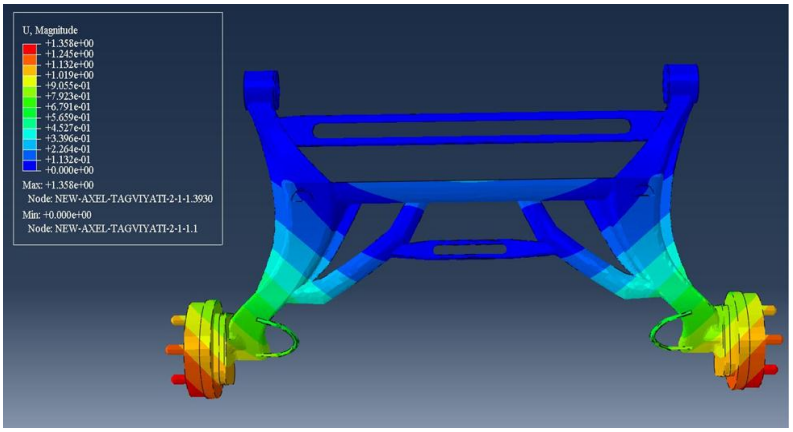
Archive of SID



شکل۲۲- مقدار کرنش در اکسل تقویت شده



شکل۲۳- مقدار تنش در اکسل تقویت شده

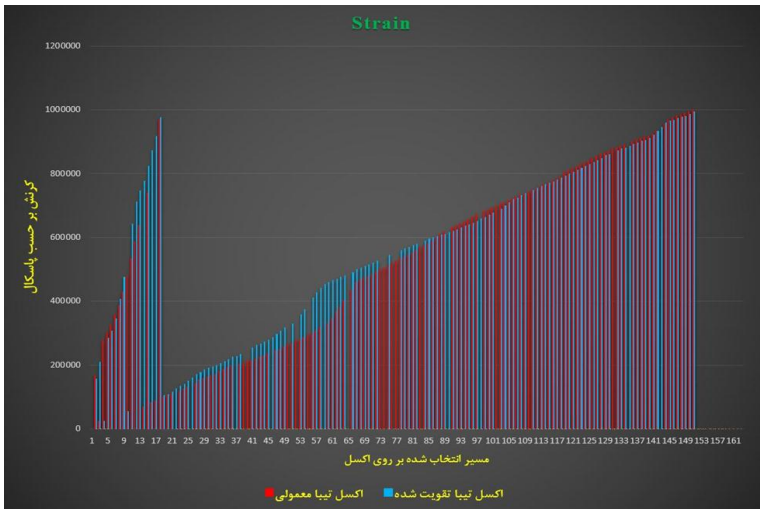


شکل۲۴- مقدار جابجایی در اکسل تقویت شده

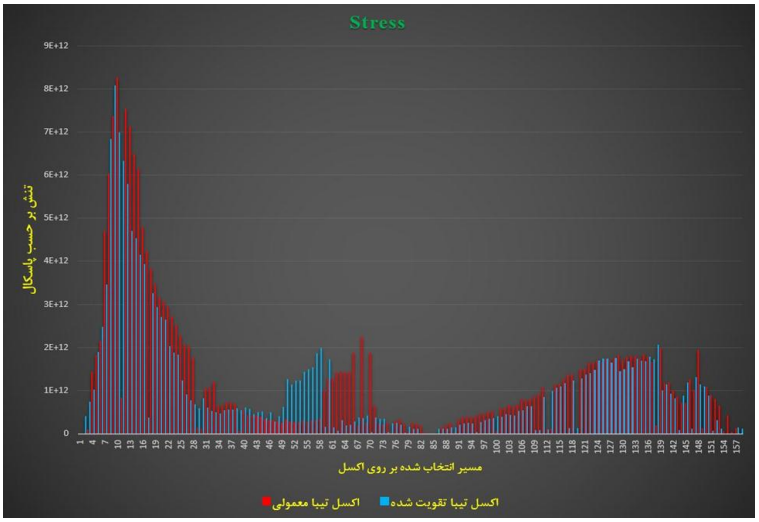
همان‌طور که در شکل۲۲ مشاهده می‌شود میزان حداکثر کرنش در اکسل تقویت شده برابر 4.882e-4 pa می‌باشد. همین طور به ترتیب در شکل‌های ۲۳ و ۲۴ نیز مقدار حداکثر تنش و جابجایی در اکسل تقویت شده، 1.395e-8 pa و $1.358\ mm^2$ قابل نمایان می‌باشد. در خاتمه، مقایسه مقدار کرنش، تنش و جابجایی در اکسل معمولی و تقویت شده به صورت نمودار آورده می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲۵- نمودار مقایسه مقدار کرنش در اکسل معمولی و تقویت شده در اثر نیروی ۵۰۰ نیوتنی



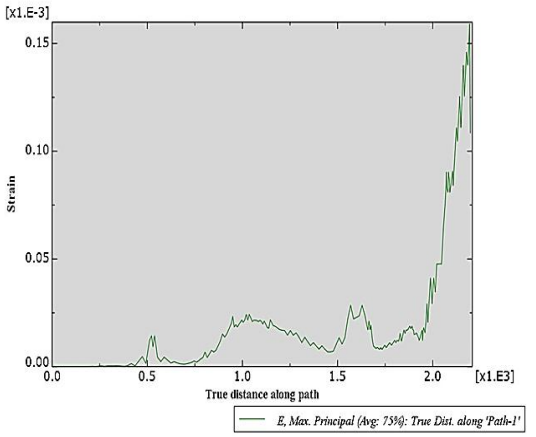
شکل۲۶- نمودار مقایسه مقدار تنش در اکسل معمولی و تقویت شده در اثر نیروی ۵۰۰ نیوتنی

شکل۲۷- نمودار مقایسه مقدار جابجایی در اکسل معمولی و تقویت شده در اثر نیروی ۵۰۰ نیوتنی

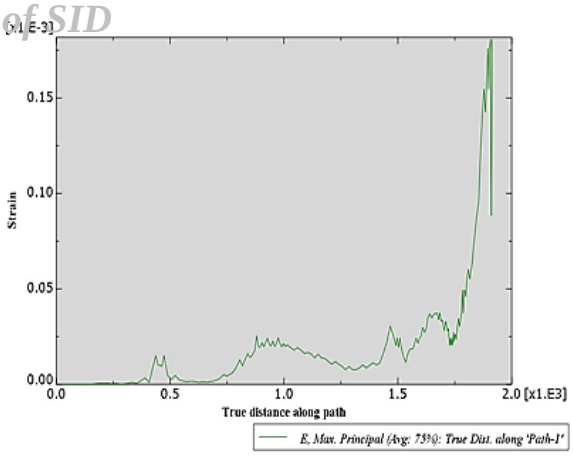
با مشاهده شکل ۲۸ الف و ب می‌توان به مقدار عددی ۰.۰۰۰۱۷۵ کرنش برای اکسل معمولی و در حالی که مقدار کرنش برای اکسل تقویت شده ۰.۰۰۰۱۵ بوده و به مراتب اکسل تقویت شده مقدارش پایین‌تر از اکسل معمولی می‌باشد. با این اعداد بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت اکسل تقویت شده کرنش کمتری نسبت به اکسل معمولی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

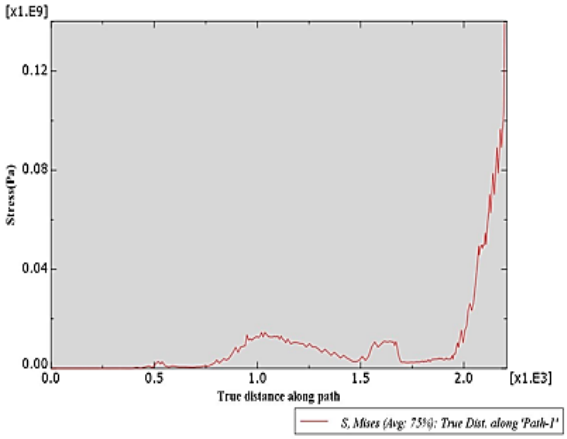


شکل۲۸ الف- نمودار کرنش در اکسل معمولی تیبا

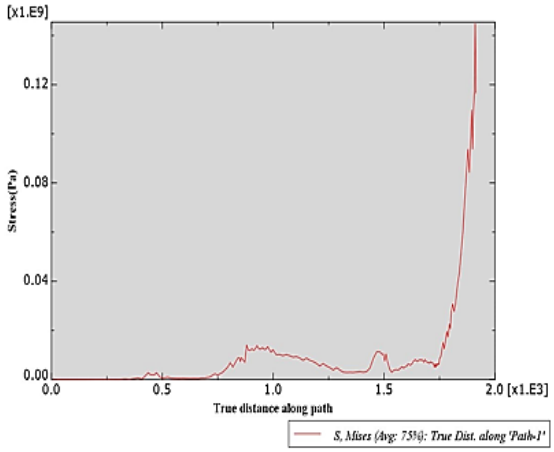


شکل۲۸ ب- نمودار کرنش در اکسل تقویت شده تیبا

در شکل ۲۹ الف و ب مقدار X برابر است با فاصله المان‌ها با یکدیگر بر حسب میلی‌متر و نقطه شروع از کاسه چرخ اکسل به سمت پایه اکسل می‌باشد. با توجه به نمودار های ذیل می‌توان دریافت در فاصله ۱۵۰۰ میلی‌متر از طول اکسل برای نمودار الف اکسل تقویت شده ۷ مگاپاسگال بوده و کمتر از اکسل معمولی که مقدار آن برابر با ۱۷ مگاپاسگال می‌باشد و ماکزیمم تمرکز تنش برای اکسل تقویت شده ۱۳۹ مگاپاسال و برای اکسل معمولی ۱۴۴.۸ مگاپاسکال می‌باشد. با مقایسه این دو نمودار می‌توان نتیجه گرفت اکسل تقویت شده تمرکز تنش کمتری دارد.



شکل۲۹ الف- نمودار تنش در اکسل تقویت شده تیبا

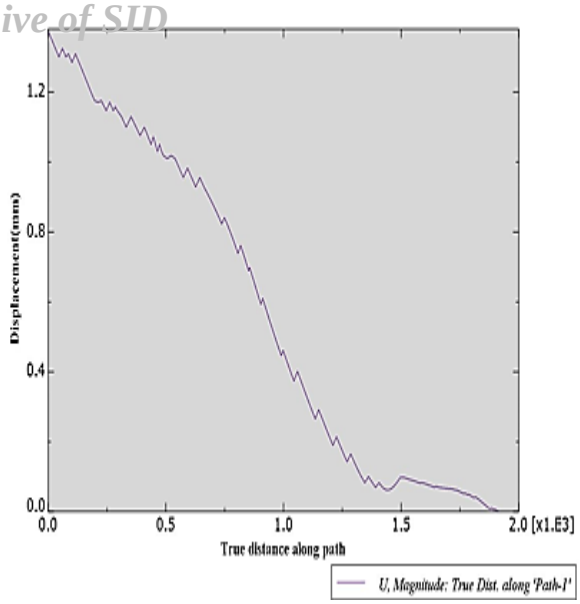


شکل۲۹ ب- نمودار تنش در اکسل معمولی تیبا

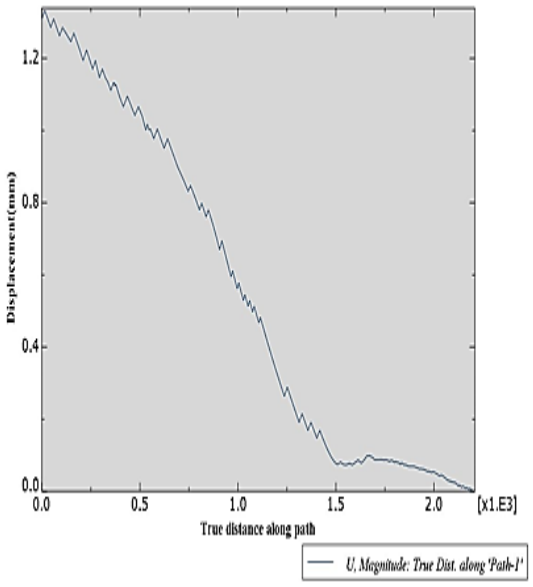
با مشاهده شکل ۳۰ الف و ب می‌توان تفاوت جابجایی هر دو اکسل را در نقطه ۱۵۰۰ میلی‌متری دریافت که این جابجایی برای اکسل معمولی تقریبا ۰.۲ میلی‌متر و برای اکسل تقویت شده ۰.۱ میلی‌متر می‌باشد و با ماکزیمم جابجایی برای اکسل معمولی حدود ۱.۴ میلی‌متر و برای اکسل تقویت شده ۱.۳ میلی‌متر می‌باشد و با وجود این اعداد می‌توان نتیجه گرفت اکسل تقویت شده با جابجایی کمتر نسبت به اکسل معمولی برتری خود را نشان می‌دهد. از این رو با بهره‌برداری از اکسل تقویت شده در خودروی تیبا می‌توان کمک شایانی به امنیت سرنشینان کرد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳۰ ب- نمودار جابجایی در اکسل معمولی تیبا



شکل ۳۰ الف- نمودار جابجایی در اکسل تقویت شده تیبا

با توجه به خروجی که نرم‌افزار داده، مقادیر، تنش و جابجایی در اکسل عقب تقویت شده خودروی تیبا از حالت معمولی کمتر بدست آمده است و مقدار کرنش نیز در اکسل عقب تقویت شده از حالت معمولی بیشتر بدست آمده است که در جدول۳، مقایسه تغییرات این دو اکسل (معمولی و بهینه‌سازی) قابل ملاحظه می‌باشد.

جدول۳- مقایسه اکسل معمولی و بهینه‌سازی شده

نوع اکسل	نیروی اعمالی	مقدار کرنش	مقدار تنش	مقدار جابجایی
اکسل معمولی	500 N	4/65e-4 pa	1/488e-8 pa	1/404 mm^2
اکسل تقویت شده	500 N	4/882e-4 pa	1/395e-8 pa	1/358 mm^2

۸- نتیجه‌گیری

به علت ناهموار بودن جاده‌ها، خودروها تحت تحریک حاصل از ناصافی‌های مسیر قرار می‌گیرند که این خود باعث ایجاد ارتعاشات در خودرو می‌گردد. از این رو سیستم تعلیق، انتقال ارتعاشات به خودرو را تا حد امکان کاهش می‌دهد. به طور کلی وظایف سیستم تعلیق عبارت است از حفظ تعادل خودرو جهت افزایش ایمنی خودرو و کاهش ارتعاشات منتقل شده از جاده به خودرو. در این پژوهش اکسل عقب خودروی تیبا در دو حالت معمولی و بهینه‌سازی تحت بارگذاری‌های استاتیکی با اعمال نیروی ۵۰۰ نیوتنی توسط نرم‌افزار آباکوس مورد ارزیابی قرار گرفته است. طبق نتایج حاصله از خروجی نرم‌افزار تحلیلی، مقادیر تنش و جابجایی در اکسل عقب معمولی زیاد بدست آمد که با افزودن میله‌های طولی، مقادیر تنش و جابجایی در اکسل عقب تقویت شده کاهش یافت. لذا با استفاده از اکسل تقویت شده در خودروی تیبا می‌توان ایمنی خودرو را تحت ارتعاشات جاده‌ای افزایش داد و نیز راننده با تمرکز بالا می‌تواند رانندگی نماید. از این رو طبق آزمایش انجام شده در این پژوهش و نیز پیشنهاد نویسندگان این مقاله بدین صورت است که می‌توان ضخامت شاسی را در نقاط حساس افزایش داد و همین طور با اضافه نمودن محورها در اکسل می‌توان قدمی کوچک در جهت حفظ راحتی سرنشینان و افزایش ایمنی خودرو گام برداشت.

۹- مراجع

۱. رهی، ع. پتفت، ح. نظری، م م. (۱۳۹۸). بهینه سازی سیستم تعلیق خودرو با استفاده از الگوریتم ژنتیک، بیست و هفتمین کنفرانس سالانه بین المللی انجمن مهندسان مکانیک ایران، انجمن مهندسان مکانیک ایران، تهران، ۱۰-۱۲ اردیبهشت.

www.SID.ir

Archive of SID

۲. مافی شورستانی، ف. مرادی، ح. وثوقی، غ. (۱۳۹۸). مدلسازی دینامیکی سیستم تعلیق خودرو جهت کاهش ارتعاشات وارده، بیست و هفتمین کنفرانس سالانه بین المللی انجمن مهندسان مکانیک ایران، انجمن مهندسان مکانیک ایران، تهران، ۱۰-۱۲ اردیبهشت.

۳. حسینی یزدی، م. بهزاد، م. (۱۳۹۸). جداسازی ارتعاشات سیستم تعلیق خودرو با استفاده از میراگر مغناطیسی، بیست و چهارمین کنفرانس سالانه بین المللی انجمن مهندسان مکانیک ایران، انجمن مهندسان مکانیک ایران، دانشگاه یزد، یزد، ۷-۹ اردیبهشت.

۴. هداوندخانی، ا. نیاجلیلی، م. تاج بر پرشکوهی، ه. شعاعی پشته، م. (۱۳۹۸). مروری بر عملکرد انواع میراکننده در سیستم های تعلیق خودروهای سواری، اولین کنفرانس بین المللی راهکارهای نوین در مهندسی، علوم اطلاعات و فناوری در قرن پیش رو، شرکت همایش آروین البرز، ترکیه – استانبول، ۲۸ آبان.

۵. شهابی، ع. کاظمیان، ا. فراهت، س. (۱۳۹۸). تاثیر اجزاء سیستم تعلیق بر رفتار دینامیکی خودرو، پنجمین کنفرانس ملی مهندسی برق و مکاترونیک ایران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ۲۱-۲۲ آذر.

۶. نیاجلیلی، م. حسینی علی آباد، س م. کوچکی نژاد، ع. موسوی میرکلایی، س م. (۱۳۹۸). بررسی و تحلیل رام اکسل جلو خودرو پژو ۴۰۵ تحت ضربات ناشی از ناهمواری های جاده، نشریه پژوهش های نوین علوم مهندسی، سال چهارم، شماره ۵، زمستان ۱۳۹۸.

۷. رشیدپور، م م. رستمی، ب. حسینی علی آباد، س م. یزدی، ا. (۱۳۹۹). مروری بر عملکرد سیستم تعلیق مک فرسون و سیستم تعلیق فعال، ششمین کنفرانس سراسری دانش و فناوری مهندسی مکانیک و برق ایران، موسسه برگزار کننده همایش های توسعه محور دانش و فناوری سام ایرانیان، تهران.

8. Hosseini Aliabad, S M. Rashidpour, M M. Alizadeh, M. 2020. "Calculation of the loads exerted on the front and rear axles of Peugeot 405". The 4th conference on electrical engineering, mechanical engineering, computer science and engineering, Dehli, India, 26 February 2020.

۹. شریف، م. سرکاری زواره، م. اسکندری، ع. عارفیان، م. (۱۳۹۸). تعمیرات سیستم تعلیق، فرمان و ترمز خودرو، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ سوم ۱۳۹۸.

10. Shavalipour, A. 2019. "Design and Development of an Analytical Solution for Control Vehicle Suspension System", 9th International Conference on Acoustics and Vibration, Iran University of Science and Technology, Tehran. 24 – 25 december 2019.

۱۱. شانظری، م. فخاری گلپایگانی، ا. محمدی ارانی، ا. (۱۳۹۷). تحلیل تنش میله پیچشی محور عقب پلات فورم خودروی پژو به روش المان محدود، سومین کنفرانس بین المللی مهندسی مکانیک و هوافضا، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) - انجمن مهندسی حرارتی و برودتی ایران، تهران - دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، ۲۱ اردیبهشت ۱۳۹۷.

۱۲. وطن دوست، ن. (۱۳۹۲). تحلیل استاتیکی فنر اکسل خودروی تیبا، هفتمین کنفرانس دانشجویی مهندسی مکانیک، انجمن مهندسان مکانیک ایران و انجمن علمی دانشجویی مهندسی مکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه تهران، ۱ – ۳ اسفند ۱۳۹۲.

۱۳. فخاری گلپایگانی، ا. شهبازی، ح. فخاری گلپایگانی، ا. (۱۳۹۵). تحلیل تنش و تعیین ضریب اطمینان میله پیچشی محور عقب خودروی تیبا، سیزدهمین کنفرانس مهندسی ساخت و تولید ایران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه هرمزگان، بندر عباس، ۱۹ الی ۲۱ آبان ۱۳۹۵.

14. Zareian, A. Azadi, SH. 2018. "Optimum Investigation of Suspension Parameters for Dynamic Performance Improvement of an Off-Road Vehicle", The Biennial International Conference on Experimental Solid Mechanics and Dynamics, Iran University of Science and Technology, Tehran. 13 – 14 February 2018.

15. Addeh, A. Ebrahimi, A. 2016. "Optimal Design of Robust Controller for Active Car Suspension System Using Bee's Algorithm", Computational Research Progress in Applied Science & Engineering, V 2 (no1)

۱۶. شریف، م. سرکاری زواره، م. اسکندری، ع. عارفیان، م. نصیری، ص. (۱۳۹۶). تعمیر سیستم ترمز، تعلیق و فرمان، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ اول ۱۳۹۶.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۷. کهزادی، م. الهامی، م. (۱۳۹۶). کنترل تطبیقی چند مدله(MMAC) برای سیستم تعلیق خودرو، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ایوان‌کی، تهران.

۱۸. احمدپور حقیقی، ز. کرباسی، س م. هوشمند اصل، م. (۱۳۹۷). کنترل وفقی مقاوم برای سیستم تعلیق خودرو، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، یزد.

۱۹. فخرایی، م. اباذری، م. توکلی، ع. (۱۳۸۶). مدل سازی دینامیکی سیستم تعلیق خودرو، مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضی کاربردی سابق)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، سال چهارم، شماره ۱۴، پاییز ۸۶

۲۰. امینیان، ش. (۱۳۹۷). سیستم هدایت و کنترل خودرو، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ سوم ۱۳۹۷.

۲۱. امرالهی بیوکی، ح. محمودی کلیبر، م. (۱۳۸۹). تکنولوژی شاسی و بدنه، انتشارات ساد، چاپ اول ۱۳۸۹، تهران.

۲۲. راهنمای تعمیرات و سرویس تیبا / مجموعه فرمان، سیستم تعلیق و اکسل‌ها، گروه سایپا، برگرفته از وب‌سایت www.cargeek.ir

۲۳. برگرفته از وب سایت مجتمع فنی تهران، نمایندگی سید خندان، به آدرس www.mftsk.com، نرم‌افزار آباکوس و کاربردهای آن.

www.SID.ir