

مدلسازی و تحلیل استاتیکی بلوکه سیلندر به روش المان محدود

سید محمدرضا حسینی علی آباد^۱، محمد علی محمدپور تواسانی^۲، علیرضا ابراهیمی^۳، فرید حمزه‌ای^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک – طراحی کاربردی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

^۲ کارشناسی ارشد، مدرس دانشگاه و عضو نظام مهندسی

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک – طراحی کاربردی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک – تبدیل انرژی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

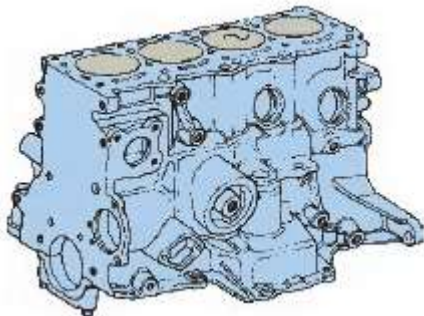
چکیده

در این پژوهش، قطعه‌ای به نام بلوکه سیلندر جهت تحلیل انتخاب شد. مقدار جابجایی، تنش و کرنش با مش مربعی و مثلثی در سیلندر ۱ تا ۴ نیز بدست آمده است و طبق جواب‌های بدست آمده از نرم‌افزار آباکوس، بیشترین میزان آسیب در بلوکه سیلندر، در نواحی بین سیلندرها بوده که بیشترین آمار خرابی در بلوکه را نشان می‌دهد که روغن سوزی، ورود آب به محفظه احتراق، و سوختن واکسیر سرسیلندر را نیز با خود به همراه دارد.

واژه‌های کلیدی: مدلسازی، تحلیل، آباکوس، بلوکه سیلندر، المان محدود

۱. مقدمه

بلوکه (بدنه) سیلندر^۱، ساختمان اصلی یا اسکلت یک موتور را تشکیل می‌دهد (شکل ۱). این بخش شامل محفظه سیلندر، مجاری و راهگاه‌های مایع خنک‌کاری (آب)، مجاری روغن‌کاری، محل یاتاقان‌های ثابت میل‌لنگ و میل‌سوپاپ می‌باشد [۱-۲].



شکل ۱- بلوکه سیلندر [۱]

با توجه به شکل ۲، معمولاً بلوکه سیلندر را از چدن خاکستری ریخته‌گری شده (الف) و یا آلیاژ آلومینیوم ریخته‌گری شده (ب) ساخته می‌گردد.



شکل ۲-ب) بلوکه سیلندر آلومینیومی



شکل ۲-الف) بلوکه سیلندر چدنی

گفتنی است اخیراً از بلوکه سیلندر آلومینیوم به علت سبکی وزن و استحکام کافی و انتقال حرارت بهتر استفاده چشمگیری شده است.

تقی‌زاده و همکاران [۳]، در سال ۱۳۸۴ در مقاله‌ای تحت عنوان "تجزیه و تحلیل تنش و کرنش در بلوک سیلندر خودرو پراید با روش عددی المان محدود"، تنش و کرنش در "بلوکه سیلندر خودروی پراید" تحت اثر فشار و درجه حرارت ناشی از فرآیند احتراق با استفاده از روش المان محدود (FEM) محاسبه نموده‌اند. نتایج بدست آمده توسط این محققان بدین صورت است که بارهای حرارتی بیشترین تغییر شکل را در بلوکه سیلندر به وجود می‌آورند و این تغییر شکل در جهت عرضی بلوکه بیشتر از جهت طولی بوده و در سیلندرهای بالا به پایین کمتر می‌گردد و همچنین بیشترین تنش در سیلندر شماره ۳ ایجاد می‌گردد.

^۱ Cylinder block

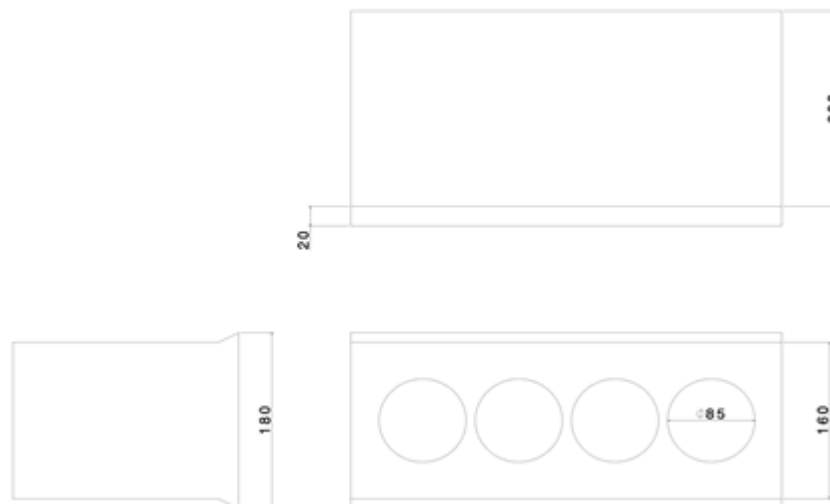
۲. مدل نمودن قطعه

- معرفی قطعه

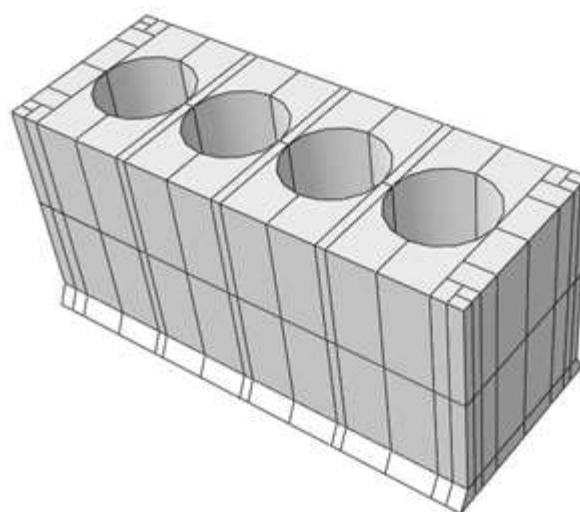
بلوکه سیلندر یک قسمت اصلی موتور بوده و یک پایه فلزی محکم و یکپارچه برای تمام قطعات موتور مورد استفاده قرار می‌گیرد. در درون بلوکه سیلندر استوانه‌های توخالی تحت عنوان سیلندر وجود داشته که پیستون در درون آن استوانه‌ها حرکت رفت و برگشتی خود را انجام می‌دهد [۴].

- مدلسازی بلوکه سیلندر

ابعاد و مدل سه بعدی طراحی شده در نرم‌افزار کتیا برای بلوکه سیلندر خودروی پراید مطابق اشکال ذیل می‌باشد: قابل ذکر است تمامی ابعاد طراحی گردیده به صورت تقریب و نزدیک به واقعیت می‌باشد.



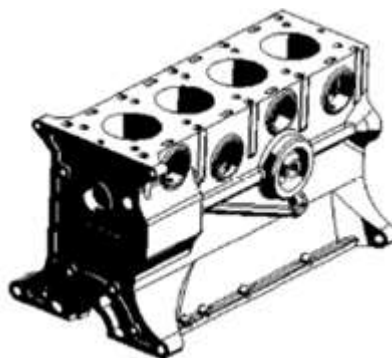
شکل ۳- ابعاد بلوکه سیلندر



شکل ۴- بلوکه سیلندر پارتیشن بندی شده



شکل ۵- طراحی مدل سه بعدی بلوکه سیلندر توسط نرم افزار کتیا



شکل ۶- مدل سه بعدی بلوکه سیلندر [۵]

۳. جنس

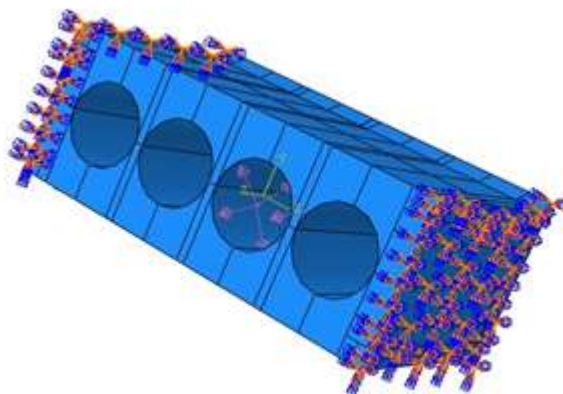
جنس استفاده گردیده جهت تحلیل توسط نرم افزار آباکوس^۱، آلومینیوم می باشد.

چگالی	2670 Kg/m^3
مدول الاستیسیته	68 Gpa
ضریب پواسون	0.3

^۱ Abaqus نرم افزار قدرتمند شبیه سازی می باشد که قدرت توانایی یک طراحی معتبر و استاندارد را به طراحان و مهندسين می دهد تا ایده هایشان را بر روی رایانه پیاده کنند. این نرم افزار به عنوان یکی از توانمندترین نرم افزارهای تحلیل از بین نرم افزارهای (CAE: Computer Aided Engineering) مطرح است. انجام آنالیز در زمینه های گوناگون از قبیل: جامدات، سیالات، انتقال حرارت، الکترومغناطیس، الکترواستاتیک و دینامیک توانایی آنالیز توامان مانند آنالیز سیالاتی جامداتی، توانایی بهینه سازی مدل های طراحی شده، قابلیت برنامه نویسی به کمک زبان برنامه نویسی نرم افزار برای توسعه امکانات جدید، قابلیت تهیه گزارش و خروجی های مختلف به صورت فیلم و عکس، توانایی تشخیص پارامترهای مختلف و بررسی میزان اهمیت هر کدام از آن ها در رسیدن به جواب نهایی طراحی ها، این نرم افزار را به یک نرم افزار چندگانه تبدیل نموده است؛ همچنین قابلیت برقراری ارتباط با نرم افزارهای دیگر نظیر Excel، Catia، Solidworks و ... از دیگر موارد پرکاربرد این نرم افزار می باشد [۶].

۴. شرایط مرزی

مطابق شکل زیر بلوکه سیلندر را در نقاط اتصال به دسته موتور ثابت کرده ایم و نیرویی معادل ۱،۰ نیوتون به دفعات به هر کدام از سیلندرها وارد می نماییم.

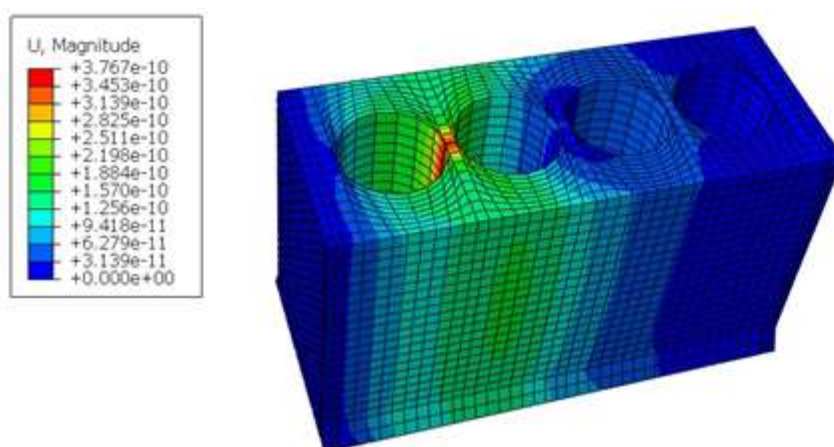


شکل ۷- شرایط مرزی در بلوکه سیلندر

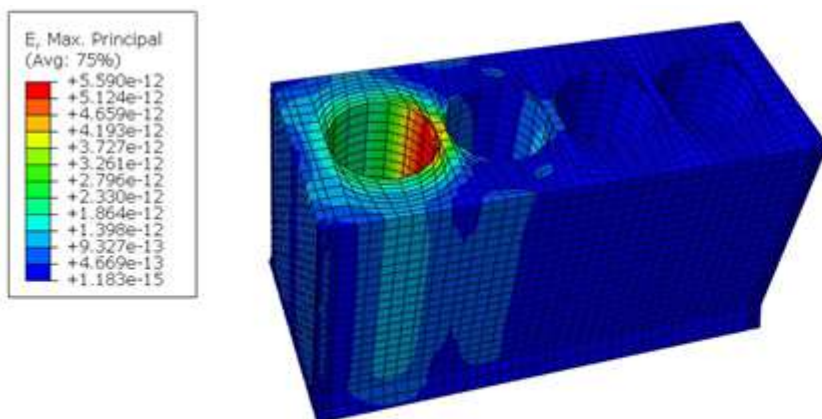
همچنین بلوکه سیلندر را با دو مدل مش مختلف (مربعی و مثلثی) تحلیل کرده تا میزان خطا را در میان دو مش بدست آوریم.

۵. نتایج

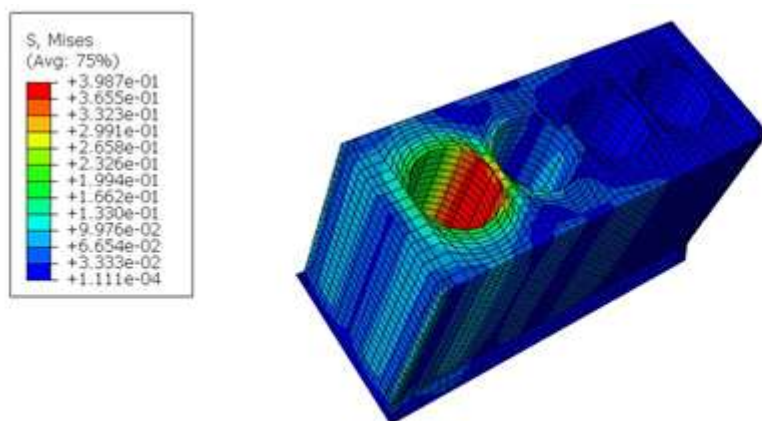
با توجه به شرایط مرزی اعمال شده، جوابهای بدست آمده از نرم افزار آباکوس برای مش مربعی مطابق اشکال زیر می باشد.



شکل ۸- مقدار جابجایی در سیلندرها

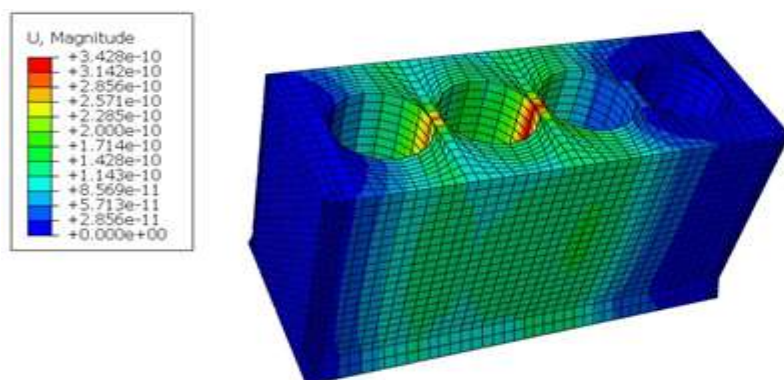


شکل ۹- مقدار کرنش در سیلندر ۱

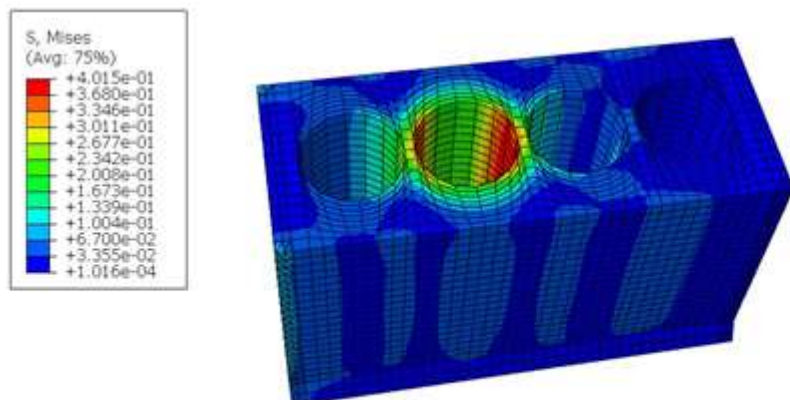


شکل ۱۰- مقدار تنش در سیلندر ۱

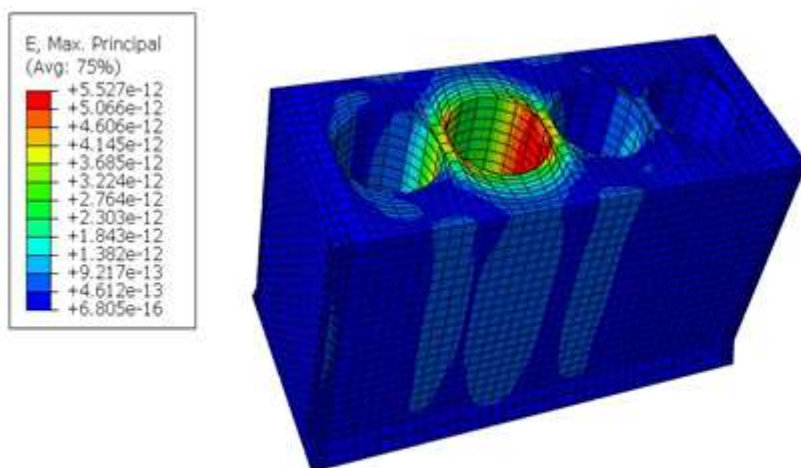
در سیلندر اول به دلیل نزدیک بودن به نواحی ثابت شده، بیشترین میزان جابجایی، تنش و کرنش به سمت سیلندر ۲ می باشد و در واقع بیشترین فشار به دیواره های بین آنها می باشد.



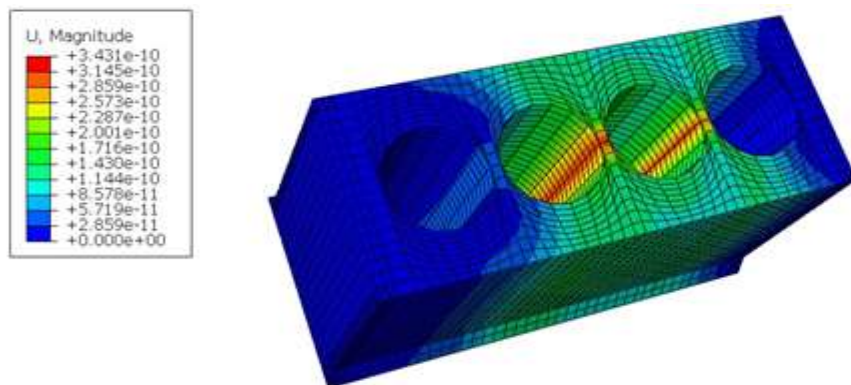
شکل ۱۱- مقدار جابجایی در سیلندر ۲



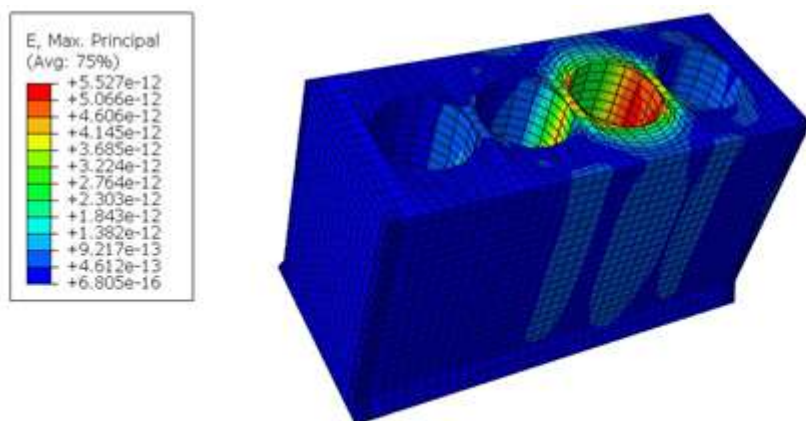
شکل ۱۲- مقدار کرنش در سیلندر ۲



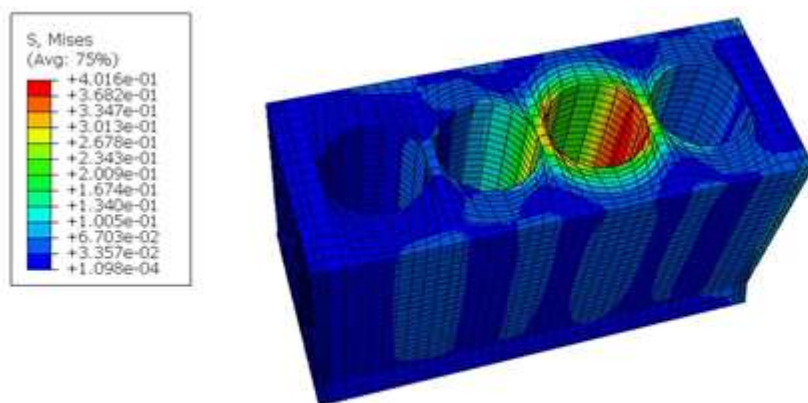
شکل ۱۳- مقدار تنش در سیلندر ۲
در سیلندر ۲ نیز بیشترین فشارهای اعمال گردیده، بین دیواره‌های کناری آن می‌باشد.



شکل ۱۴- مقدار جابجایی در سیلندر ۳

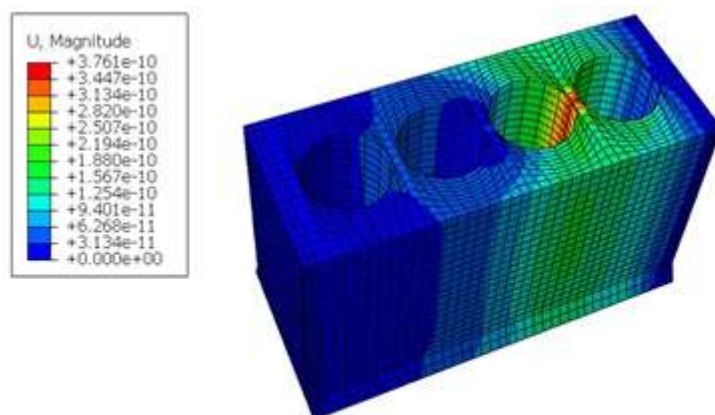


شکل ۱۵- مقدار کرنش در سیلندر ۳

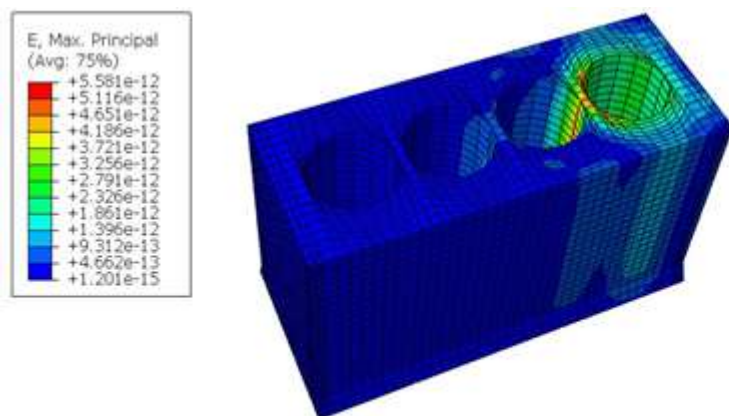


شکل ۱۶- مقدار تنش در سیلندر ۳

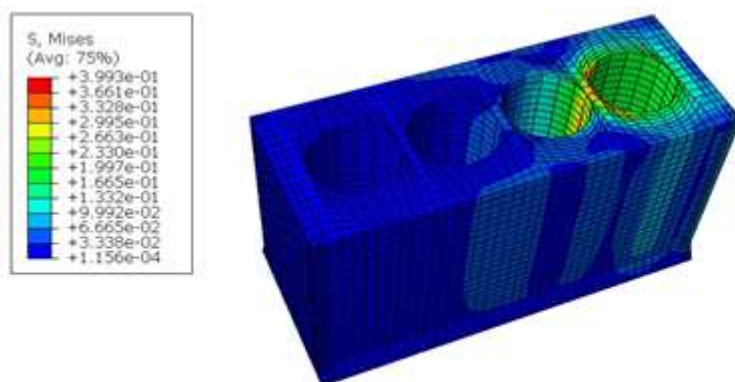
سیلندر ۳ نیز، همانند سیلندر ۲ می باشد.



شکل ۱۷- مقدار جابجایی در سیلندر ۴



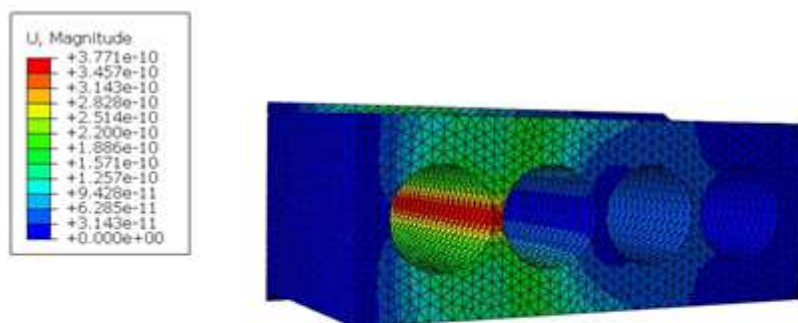
شکل ۱۸- مقدار کرنش در سیلندر ۴



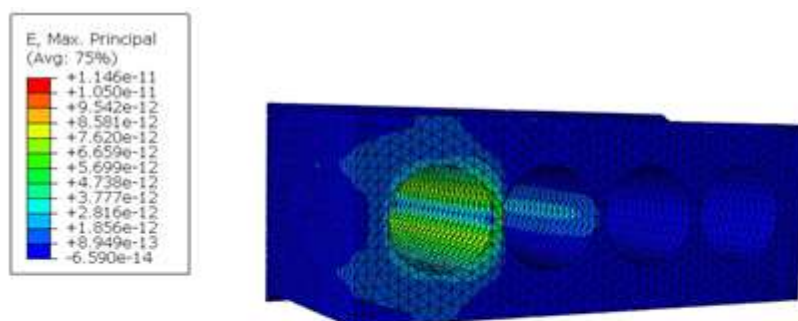
شکل ۱۹- مقدار تنش در سیلندر ۴

در سیلندر ۴ نیز همانند سیلندر ۱ به دیواره کناری فشار بیشتری اعمال می گردد. با توجه به جوابهای بدست آمده از نرم افزار آباکوس می توان گفت بیشترین نقاط در حال آسیب، نقاط بین سیلندرها می باشد که معمولا آسیب دیدگی های ناشی از سوختن واشر سرسیلندر و روغن سوزی در همین نقاط می باشد.

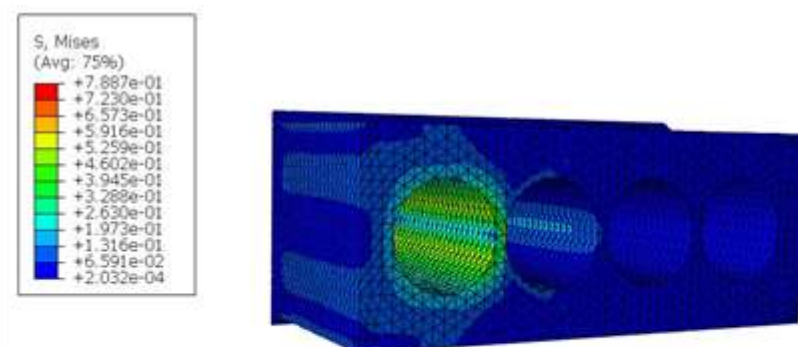
حال جوابهای بدست آمده از نرم افزار آباکوس برای مش مثلثی مطابق اشکال زیر می باشد.



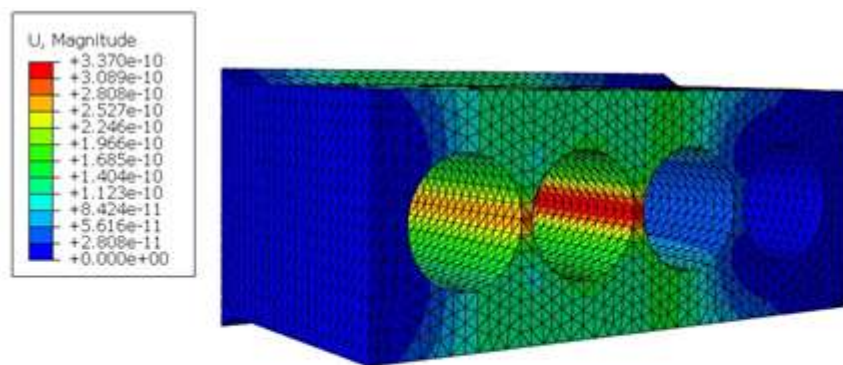
شکل ۲۰- مقدار جابجایی با مش مثلثی در سیلندرا



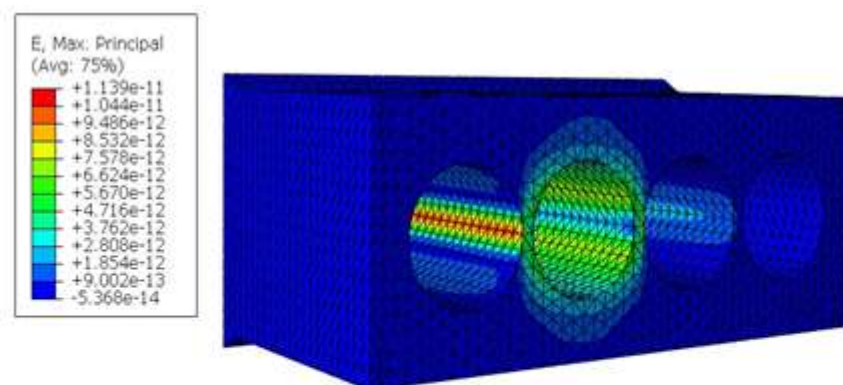
شکل ۲۱- مقدار کرنش با مش مثلثی در سیلندرا



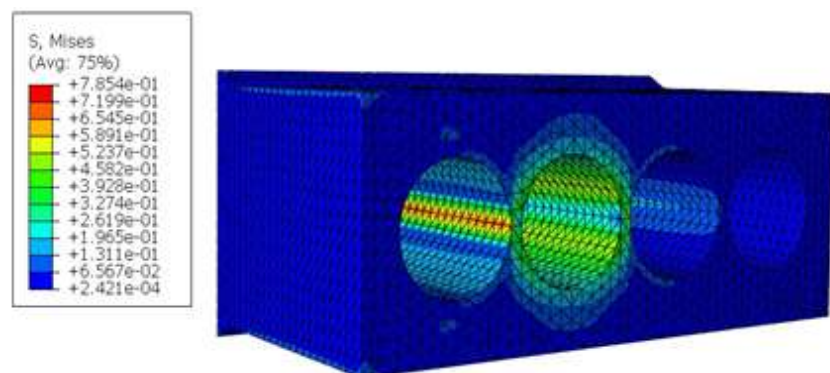
شکل ۲۲- مقدار تنش با مش مثلثی در سیلندرا



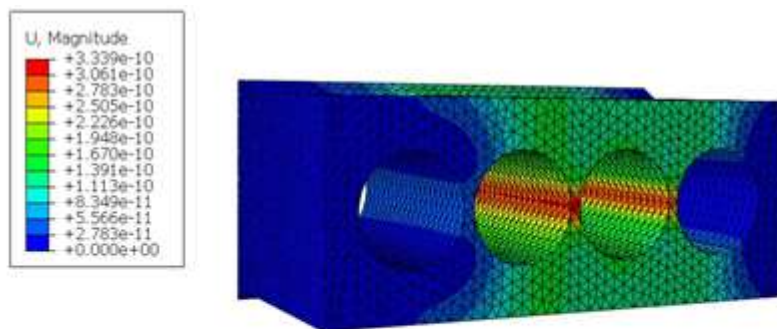
شکل ۲۳- مقدار جابجایی با مش مثلثی در سیلندر ۲



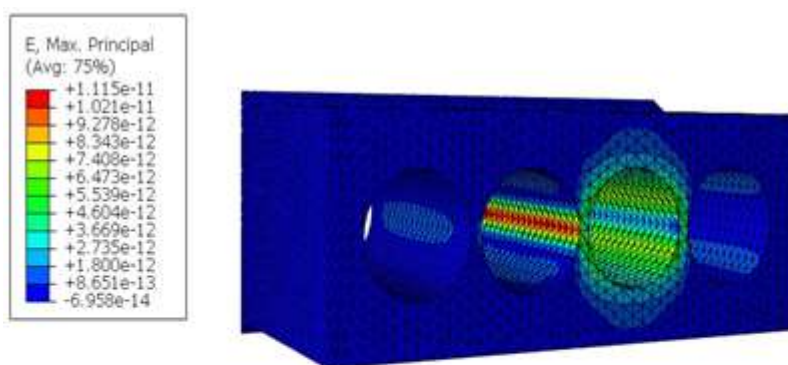
شکل ۲۴- مقدار کرنش با مش مثلثی در سیلندر ۲



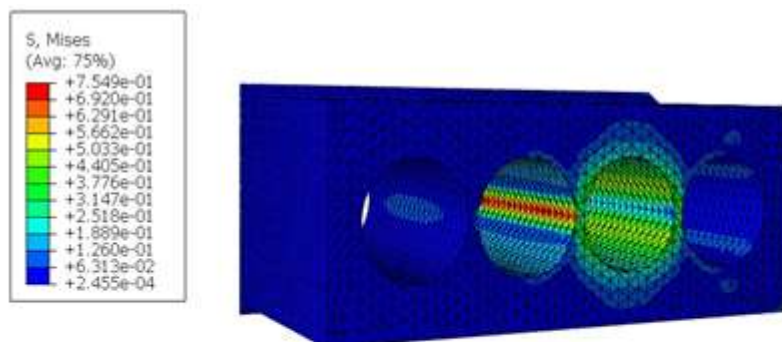
شکل ۲۵- مقدار تنش با مش مثلثی در سیلندر ۲



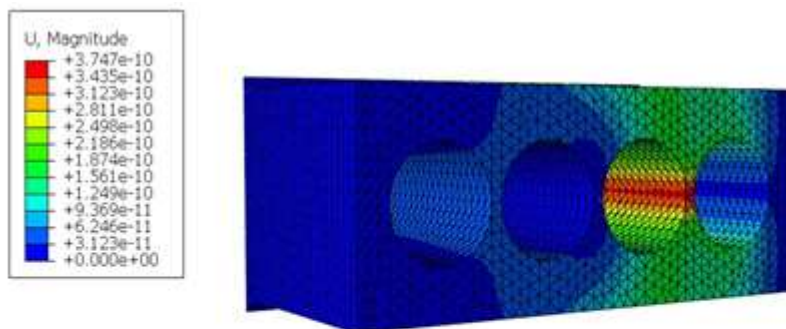
شکل ۲۶- مقدار جابجایی با مش مثلثی در سیلندر ۳



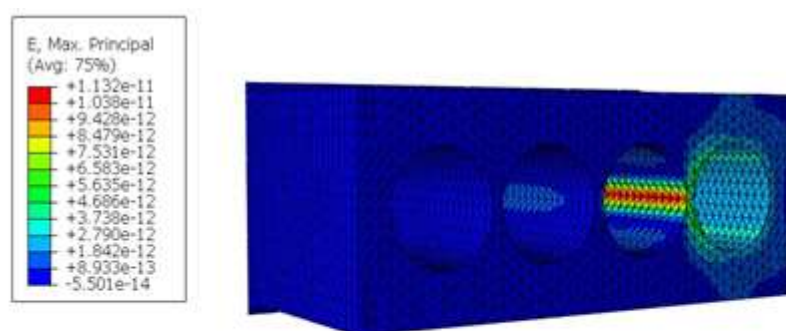
شکل ۲۷- مقدار کرنش با مش مثلثی در سیلندر ۳



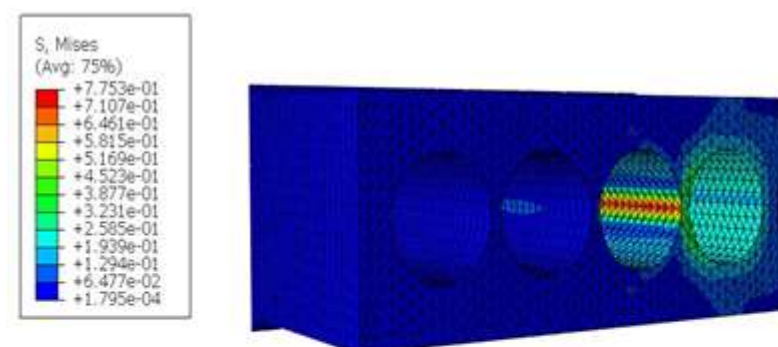
شکل ۲۸- مقدار تنش با مش مثلثی در سیلندر ۳



شکل ۲۹- مقدار جابجایی با مش مثلثی در سیلندر ۴



شکل ۳۰- مقدار کرنش با مش مثلثی در سیلندر ۴



شکل ۳۱- مقدار تنش با مش مثلثی در سیلندر ۴

در مش مثلثی می‌توان گفت جهت تنش، جابجایی و کرنش اعمال شده نیز مانند مش مربعی می‌باشد اما با این تفاوت که اعداد بدست آمده در مش مثلثی اختلاف زیادی را دارا می‌باشد.

در جدول ۱، مقدار تنش، کرنش و جابجایی با مش مربعی و مثلثی در سیلندر ۱ لغایت ۴ را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مقدار تنش، کرنش و جابجایی با مش مربعی و مثلثی در سیلندر ۱ تا ۴

۳/۹۸۷ e-۰۱	در سیلندر ۱	مقدار تنش با مش مربعی
۵/۵۹۰ e-۱۲	در سیلندر ۱	مقدار کرنش با مش مربعی
۳/۷۶۷ e-۱۰	در سیلندر ۱	مقدار جابجایی با مش مربعی
۵/۵۲۷ e-۱۲	در سیلندر ۲	مقدار تنش با مش مربعی
۴/۰۱۵ e-۰۱	در سیلندر ۲	مقدار کرنش با مش مربعی
۳/۴۲۸ e-۱۰	در سیلندر ۲	مقدار جابجایی با مش مربعی
۴/۰۱۶ e-۰۱	در سیلندر ۳	مقدار تنش با مش مربعی
۵/۵۲۷ e-۱۲	در سیلندر ۳	مقدار کرنش با مش مربعی
۳/۴۳۱ e-۱۰	در سیلندر ۳	مقدار جابجایی با مش مربعی
۳/۹۹۳ e-۰۱	در سیلندر ۴	مقدار تنش با مش مربعی
۵/۵۸۱ e-۱۲	در سیلندر ۴	مقدار کرنش با مش مربعی
۳/۷۶۱ e-۱۰	در سیلندر ۴	مقدار جابجایی با مش مربعی
۷/۸۸۷ e-۰۱	در سیلندر ۱	مقدار تنش با مش مثلثی
۱/۱۴۶ e-۱۱	در سیلندر ۱	مقدار کرنش با مش مثلثی
۳/۷۷۱ e-۱۰	در سیلندر ۱	مقدار جابجایی با مش مثلثی
۷/۸۵۴ e-۰۱	در سیلندر ۲	مقدار تنش با مش مثلثی
۱/۱۳۹ e-۱۱	در سیلندر ۲	مقدار کرنش با مش مثلثی
۳/۳۷۰ e-۱۰	در سیلندر ۲	مقدار جابجایی با مش مثلثی
۷/۵۴۹ e-۰۱	در سیلندر ۳	مقدار تنش با مش مثلثی
۱/۱۱۵ e-۱۱	در سیلندر ۳	مقدار کرنش با مش مثلثی
۳/۳۳۹ e-۱۰	در سیلندر ۳	مقدار جابجایی با مش مثلثی
۷/۷۵۳ e-۰۱	در سیلندر ۴	مقدار تنش با مش مثلثی
۱/۱۳۲ e-۱۱	در سیلندر ۴	مقدار کرنش با مش مثلثی
۳/۷۴۷ e-۱۰	در سیلندر ۴	مقدار جابجایی با مش مثلثی

۶. نتیجه‌گیری

برای تحلیل از دو مش مربعی (hex) و مثلثی (tet) استفاده شده و طبق جواب‌های بدست آمده، میزان خطا در مش مربعی کمتر می‌باشد؛ زیرا به دلیل داشتن چهار وجه تمام زوایای یک المان از جسم را مورد تحلیل قرار می‌دهد، اما مش مثلثی به دلیل داشتن سه وجه و داشتن گوشه‌های تیز، خطای زیادی را در تحلیل ایجاد می‌کند.

همچنین بهترین مش توصیه گردیده برای نواحی دایره‌ای شکل مانند سیلندر، مش مربعی می‌باشد؛ زیرا جابجایی در مش مثلثی به صورت نوک تیز بوده و در واقع به نوعی در گوشه‌ها حالت شکسته شدن ایجاد می‌شود اما در مش مربعی به دلیل داشتن چهار وجه، جسم شکل دایره‌ای خود را حفظ می‌نماید از این رو برای مش مربعی باید جسم را پارتیشن بندی نمود، زیرا نواحی دارای زاویه‌های زیاد، مش مربعی نمی‌خورد پس باید آن را به قطعات مربعی شکل تقسیم کرد، اما مش مثلثی نیاز به پارتیشن بندی ندارد و تمام زوایا را می‌توان مش زد. در واقع مش مثلثی یک نوع مش آزاد (free) می‌باشد. و در انتها با توجه به جواب‌های بدست آمده، بیشترین میزان آسیب در بلوک سیلندر، در نواحی بین سیلندرها بوده که بیشترین آمار خرابی در بلوک را نشان می‌دهد که روغن سوزی، ورود آب به محفظه احتراق، و سوختن واشر سرسیلندر را نیز با خود به همراه دارد.

منابع و مراجع

۱. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، تعمیرات مکانیکی موتور، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، تهران، چاپ سوم، ۱۳۹۸، صفحه ۱۲۴ لغایت ۱۲۵.
۲. نورپور، ع. آقاخانی، ا. تکنولوژی مولد قدرت، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، تهران، چاپ اول، ۱۳۹۱، صفحه ۱۹.
۳. تقی‌زاده، ا. زهساز، م. پیروز پناه، و. تجزیه و تحلیل تنش و کرنش در بلوک سیلندر خودرو پراید با روش عددی المان محدود، چهارمین همایش موتورهای درونسوز، ۱۳۸۴.
۴. Ruotolo, R., & surface, C., (1991). damage assessment of multiple cracked beams: numerical results and experimental validation. journal of sound and vibration, ۲۰۶ (۴), ۵۶۷-۵۸۸.
۵. عموزاده، ا. محمدظاهری، م. جمشیدی، ا. تاثیر عیوب ریخته‌گری بر پارامترهای مودال بلوک سیلندر خودرو، فصلنامه مهندسی مکانیک و ارتعاشات، دوره: ۳، شماره: ۲، ۱۳۹۱.
۶. شلیلیان، ر. آموزش گام به گام *Abaqus*، چاپ اول، ۱۳۹۶.