

تأثیر عیوب ریخته گری بر پارامترهای مودال بلوک سیلندر خودرو

امیر حسین عموزاده^۱، مرتضی محمدظاهری^{۲*}، احسان جمشیدی^۲

۱- کارشناسی ارشد طراحی کاربردی، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

* سمنان، صندوق پستی: ۳۵۱۴۱-۱۷۹

چکیده

در این مقاله، به تاثیر عیوب ریخته گری بر فرکانس طبیعی بلوک سیلندر خودرو توجه شده است. لذا برای این منظور بلوک سیلندر خودرو توسط نرم افزار Solid work مدل سه بعدی شده است و سپس با نرم افزار المان محدود Ansys Workbench مدل المان محدود رسم شده و فرکانس طبیعی بلوک سیلندر در مدل FEM بدست آمده است. با استفاده از آزمایش مودال، فرکانس طبیعی بلوک سیلندر گرفته شده است. با تایید شدن مدل FEM توسط نتایج آزمایش مودال، شبیه سازی عیوب در مدل FEM به صورت تک به تک صورت گرفته و فرکانس طبیعی بلوک سیلندر برای تک تک عیوب به دست آمده است. با محاسبه اختلاف فرکانس طبیعی مدل سالم با مدل معیوب، تاثیر تک تک عیوب بر فرکانس طبیعی قطعه به طور قابل ملاحظه ای مشاهده شده است.

کلیدواژگان

المان محدود، آنالیز مودال، بلوک سیلندر، فرکانس طبیعی، شبیه سازی عیوب، ANSYS workbench

Automotive cylinder block casting defects influence the modal parameters

Amir Hosein Amoozade¹, Morteza Mohammadzaheri^{1*}, Ehsan Jamshidi¹

1- Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran

* P.O.B. 123456789 Semnan, Iran,

Abstract

In this paper, the effect of casting defects on natural Frequency automotive cylinder block is therefore due to the car's software to block Solid work, is a three-dimensional model Then the finite element software Ansys Workbench finite element model and the natural frequency of the cylinder block is drawn in the FEM model is achieved using modal test, the natural frequency of the cylinder block is With the approval of the FEM model by modal test results, simulation of defects in the FEM model is individually made and natural frequency of the cylinder block is obtained for each defect By calculating the difference between the natural frequency of the normal model with defective model, the influence of defects on the natural frequency of each piece is remarkably observed.

Keywords

Finite Element, Cylinder block, natural frequency, Modal data

۱- مقدمه

به هنگام نمودن خواص ارتعاشی سیستم های سازه ای، کاربرد زیادی در تحلیل، طراحی و بهینه سازی سازه ها دارد. تعیین و ارائه روابطی برای مرتبط ساختن میزان تغییرات سازه ای با فرکانس های طبیعی و شکل مود ها، از نتایج این مطالعات می باشد.

تامسون و کیرشمر اثرات ترک را روی پاسخ سیستم با استفاده از روش های انرژی بررسی نمودند، همچنین آنها اثر مکان و عمق ترک را بروی فرکانس های طبیعی و مودهای ارتعاشی سیستم بررسی نمودند [۱]. کاولی و آدامز با روش آزمایشگاهی از تغییرات حاصل در فرکانس های طبیعی جهت تعیین مکان و عمق ترک استفاده نمودند [۲]. چانگ وچن توانستند با استفاده از تحلیل ارتعاشات در تیر توسط آنالیز ویولت آسیب دیدگی در تیر را تشخیص دهند [۳].

Kim و همکارانش استفاده ترکیبی از کومک و مفهوم مک جزئی را پیشنهاد دادند [۴]. در مطالعه دیگری Rahai و همکارانش از شکل مودهای ناقص برای تشخیص ترک به کمک یک روش بهینه سازی استفاده کردند [۵]. Ruotolo, surface با استفاده از پارامترهای مودال فرآیندی را در تشخیص

شدت چندین ترک روی یک تیر با استفاده از الگوریتم ژنتیک پیشنهاد کردند [۶].

۲- مدل کردن قطعه با روش المان محدود

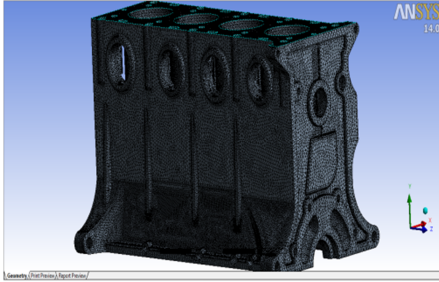
۱-۲ معرفی قطعه

بلوک سیلندر یک قسمت اصلی موتور بوده و یک پایه فلزی محکم و یکپارچه برای تمام قطعات موتور مورد استفاده قرار می گیرد. در داخل بلوک سیلندر استوانه های تو خالی بنام سیلندر وجود داشته که پیستون در داخل آن استوانه ها حرکت رفت و برگشتی خود را انجام می دهد [۷].

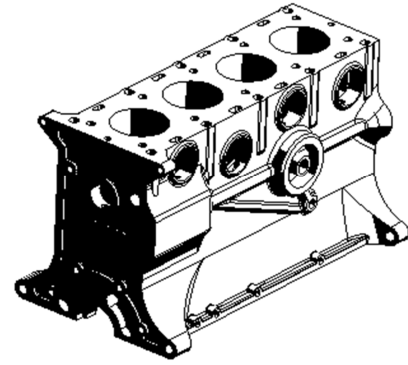
۲-۲ مدل سازی بلوک سیلندر

مدل سازی بلوک سیلندر از روی نقشه های سه نمای آن با دقت کامل و با در نظر گرفتن ژاکتهای آب، محل یاتاقانها و سایر قسمت های بلوک در محیط نرم افزاری solidwork صورت گرفته است. در شکل ۱ نمونه کامل مدل مورد نظر نشان داده شده است.

۵-۲ مدل المان محدود



شکل ۳ مدل المان محدود



شکل ۱ مدل سه بعدی

جدول ۲ تعداد و نوع المان و نود به کار رفته

14.5Mpsi	مدول الاستیسیته
6Mpsi	مدول صلیب
0.211	ضریب پواسون
70.6 $\frac{KN}{M^2}$	وزن مخصوص
52.5 Kpsi	استحکام کششی
164 Kpsi	استحکام فشاری
73 Kpsi	مدول برشی
21.5 Kpsi	حد دوام
1.35	ضریب تمرکز خستگی
56.821 Kg	جرم

۶-۲ نتایج بدست آمده از مدل المان محدود

بعد از مدل سازی بلوک سیلندر در محیط المان محدود و مش زدن مدل، فرکانس طبیعی مدل را با استفاده از نرم افزار المان محدود (انسیس-ورک بنچ) به دست آورده شده است، که در جدول ۳ آورده شده است.

۳-۲ جنس بلوک سیلندر

بلوک سیلندر یکپارچه ریخته شده و جنس آن از چدن خاکستری با آلیاژ کرم دار یا نیکل دار آهن یا از جنس آلومینیوم می باشد بدنه موتور (بلوک سیلندر) را معمولاً به دو روش می سازند :

۱. بوسیله ریختن مواد مذاب در قالب های ماسه ای و بعداً عملیات تراشکاری را در قسمت هایی که لازم است انجام می دهند .
۲. استفاده کردن از قالب فلزی به این ترتیب است که مواد مذاب را با فشار به داخل قالب فلزی تزریق می کنند [۸].

جدول ۱ خواص مکانیکی چدن خاکستری [۹]

اندازه	Entity
۲۰۰۲۷۹۳	نقاط
۱۱۷۹۳۸۱	اجزاء
Refinement	نوع اجزاء

۴-۲ عیوب شایع در بلوک سیلندر خودرو

عیوب معمول در بلوک سیلندر، حفره هایی با سطوح صاف و تقریباً کروی هستند. حفره های گازی (مک های گازی) بزرگ، اکثراً به صورت منفرد بوده و کوچکترین حفره ها به صورت گروهی با اندازه های متفاوت در قطعه توزیع می شوند [۱۰].



شکل ۲ عیب ریخته گری مک گازی

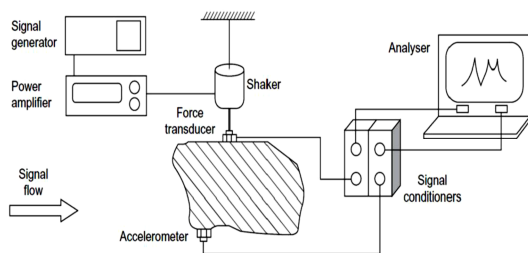
قطعیتهای آنها در قطعه، مدل المان محدود نمی تواند واقعا بیانگر رفتار قطعه باشد. با انجام آزمایش مودال روی قطعه، مدل مودال آن به دست آورده و از آن برای تطابق و تایید با مدل المان محدود می توان استفاده کرد [۱۱].

۳-۱ روند آزمایش مودال

برای انجام تست مودال می توان از سه تست SISO, MIMO, MIMO استفاده کرد. در تست SISO^۱ در یک نقطه ورودی اندازه گیری می شود و نیز در یک نقطه خروجی خوانده می شود. در تست SIMO^۲ در یک نقطه ورودی اندازه گیری می شود اما در چند نقطه پاسخ سیستم خوانده می شود. در تست MIMO^۳ در چند نقطه ورودی اندازه گیری می شود و نیز در چند نقطه پاسخ سیستم خوانده می شود. در آزمایش انجام شده از تست SISO استفاده شده است [۱۲].

۳-۲ چیدمان تست

چیدمان آزمایشگاهی مورد استفاده برای اندازه گیری FRF در شکل ارائه شده است.



شکل ۴ چیدمان کلی تست

سه مورد اصلی چیدمان آزمایش عبارتند از:
مکانیزم تحریک (چکش)
سیستم اندازه گیری (سنسور شتاب سنج)
پردازش گر (پردازش گر پاسخ فرکانسی) [۱۲]

۳-۳ آماده سازی قطعه

یکی از مقدمات اولیه برای اندازه گیری FRF، آماده سازی قطعه مورد بررسی است. یکی از مهمترین بخش های مربوط به آزمایش مودال که تاثیر مستقیم و زیادی در دقت و صحت آزمایش دارد، نحوه نگهداری سازه تحت آزمایش است.
در شکل ۵ نحوه آماده سازی قطعه نمایش داده شده است.

جدول ۳ فرکانس طبیعی مدل FEM

فرکانس [Hz]	مود
1234.4	۱
1660.3	۲
2364.6	۳
2619.5	۴
2705.	۵
3068.3	۶
3579.5	۷
3655.7	۸
3736.2	۹
3749.3	۱۰
3841.4	۱۱
3935.1	۱۲
3978.8	۱۳
4228.1	۱۴
4303.9	۱۵
4368.3	۱۶
4445.4	۱۷
4491.9	۱۸
4660.1	۱۹
4706.5	۲۰
4730.1	۲۱
4867.3	۲۲
4912.3	۲۳
4926.	۲۴

۳- آنالیز مودال

یکی از روش های متداول شناسایی مشخصات دینامیکی قطعه، انجام تست بروی آنها است، که عمدتاً شامل استخراج پارامترهای مرتبط با ذات سیستم است. برای شناسایی این مشخصات (فرکانس طبیعی) آنالیز مودال بروی آنها صورت می گیرد. از این آنالیز به منظور تعیین فرکانس های طبیعی قطعات و شکل مود های آن استفاده می شود. لذا به دلیل پیچیدگی ها و عدم

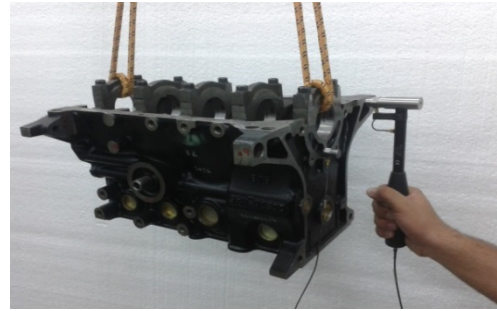
¹ Single input-single output

² Single input-Multi output

³ Multi input-multi output

جدول ۴ فرکانس طبیعی مودال

فرکانس [Hz]	مود
۱۰۳۴	۱
۱۱۳۶,۳۸	۲
۱۲۳۹,۷	۳
۱۵۱۲,۸	۴
۱۶۵۳,۶	۵
۱۹۶۶,۸	۶
۲۲۴۲,۲	۷
۲۳۷۵,۹	۸
۲۵۲۳,۵	۹
۲۵۹۲,۸	۱۰
۲۵۹۳,۲	۱۱
۲۶۶۲,۴	۱۲
۲۶۹۸,۴	۱۳
۲۹۹۳,۶	۱۴
۳۰۷۱,۴	۱۵



شکل ۵ تکیه گاه آزاد-آزاد

۴-۲ نتایج به دست آمده از آزمایش مودال

در شکل های ۶ و ۷ FRF های بدست آمده از تست مودال را نشان داده شده است. که جدول ۴ نمایان گر فرکانس های طبیعی قطعه سالم در تست مودال می باشد.



شکل ۶ نمودار FRF

۵-۲ تایید مدل المان محدود

در جدول ۶ به مقایسه نتایج بدست آمده از دو آنالیز ذکر شده پرداخته شده است. در واقع انجام آنالیز مودال تاییدی است بر مدل المان محدود زیرا با تایید مدل المان محدود شبیه سازی عیوب توسط مدل المان محدود انجام گرفته است.

۴-۴ شبیه سازی عیوب در مدل FEM

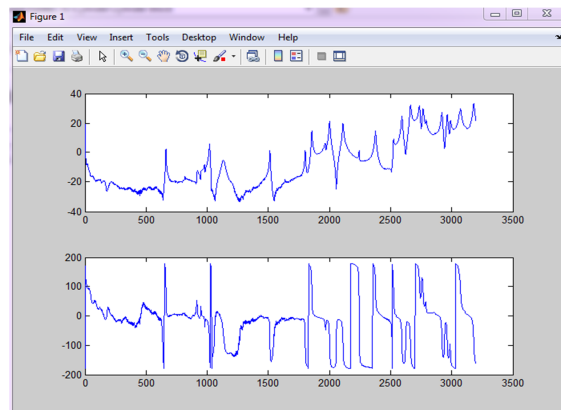
۲۰ (مک گازی) به صورت یک به یک با اطلاعات ذکر شده در جدول ۵ در مدل المان محدود ایجاد شده است که در شکل های ۸ و ۹ آورده شده است.

جدول ۵ اطلاعات عیوب

مشخصات عیب		
عمق عیوب	شعاع عیوب	هندسه عیوب
۲mm	۲,۵mm	کروی

جدول ۶ مقایسه فرکانس های طبیعی

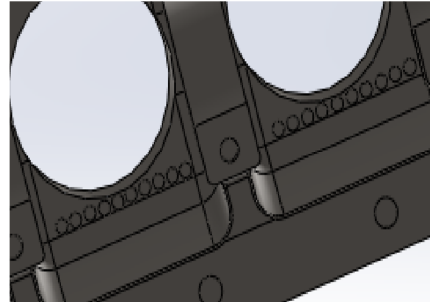
مود فرکانس	نتایج آنالیز مودال	نتایج اجزا محدود (انسیس)	درصد خطا
Hz	Hz	Hz	
۱	۱۲۳۹,۷	۱۲۳۴,۴	۳,۱
۲	۱۶۵۳,۶	۱۶۶۰,۳	-۰,۵
۳	۲۳۷۵,۹	۲۳۶۴,۶	۰,۴
۴	۲۵۹۲,۸	۲۶۱۹,۵	-۰,۷
۵	۲۶۹۸,۴	۲۷۰۵	-۰,۲
۶	۳۰۷۱,۴	۳۰۶۸,۲	۰,۱



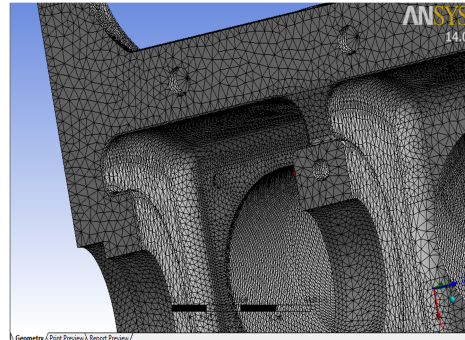
شکل ۷ FRF برای هر ضربه

جدول ۷ فرکانس طبیعی قطعه معیوب

عیب ۲		عیب ۱	
فرکانس	مود	فرکانس	مود
[Hz]		[Hz]	
0	1	0	1
0	2	0	2
0	3	0	3
1.1313e-003	4	2154e-003	4
2.1102e-003	5	2839e-003	5
2.355e-003	6	0266e-003	6
1224.1	7	1223.9	7
1648.7	8	1648.7	8
2347.6	9	2347.5	9
2606.2	10	2606.1	10
2684.9	11	2685.	11
3041.6	12	3041.5	12
3556.3	13	3556.5	13
3627.5	14	3627.4	14
3691.6	15	3692.3	15
3707.9	16	3707.5	16
3789.2	17	3787.4	17
3904.1	18	3903.2	18
3945.5	19	3945.1	19
4195.9	20	4195	20
4282.9	21	4282.7	21
4350.6	22	4350.2	22
4395.8	23	4397.3	23
4446.3	24	4445.3	24
4611.9	25	4611.5	25
4652.7	26	4651.7	26
4709.2	27	4708.1	27
4808.9	28	4808.5	28
4855.6	29	4855.4	29
4877.7	30	'8	30



شکل ۸ عیوب شبیه سازی در المان محدود

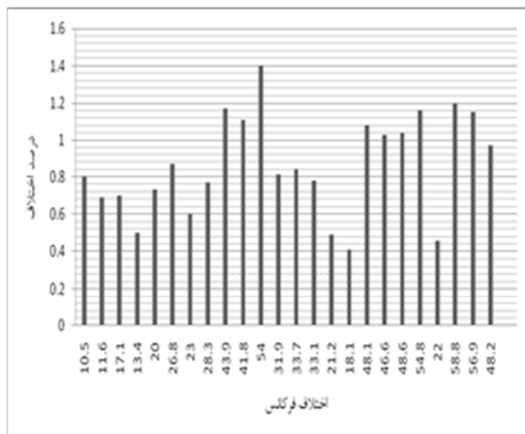


شکل ۹ مش اطراف عیب

بعد از شبیه سازی عیوب در مدل FEM، فرکانس طبیعی قطعه به ازای هر عیب به دست آمده است که در جدول ۷ فرکانس طبیعی برای عیب ۲ اول را نشان داده شده است.

۴-۱ به دست آوردن اختلاف فرکانس طبیعی قطعه معیوب با سالم

برای به دست آوردن امضای مکانیکی عیوب اختلاف فرکانس طبیعی قطعه سالم با قطعه معیوب گرفته شده است که در جدول ۸ قابل مشاهده است.



شکل ۱۰ نمودار اختلاف فرکانس عیب اول با قطعه سالم

۵- نتیجه گیری

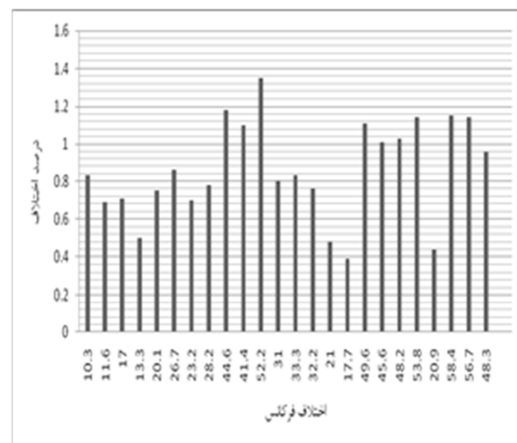
در واقع فلسفه تغییر در فرکانس طبیعی در قطعات خودرو این است که اکثر نواقص در یک عضو قطعه مانند مک باعث کاهش مشخصات دینامیکی آن عضو می شود. این بدان معنی است که در بعضی از مولفه های ماتریس سختی کاهشی ظاهر می گردد، در نتیجه علائم ارتعاشی چون فرکانس طبیعی جا به جا می شود. بدین ترتیب اثر یک نقص در هر کجای قطعه که باشد در کمیات مودال و پاسخ فرکانسی آن ظاهر می گردد. لذا ایجاد عیب در بلوک سیلندر و همچنین وجود عیوب در آن باعث تغییر قابل ملاحظه ای در فرکانس طبیعی قطعه می شود.

۶- مراجع

- [1] W.J. THOMSON 1943 JOURNAL OF APPLIED MECHANIC 17.203.207
Vibration of slender bars with discontinuities in stiffness.
- [2] P.G. kirshmer 1944 proceeding of the American society of testing and materials 44.897-904 the effect of discontinuities on the natural frequency of beams.
- [3] P.cawley and R.D.Adams 1979 american society of mechanical engineers design engineering technical conference st Louis.paper 79.det-46 defect location in structures by a vibration technique.
- [4] CH.Chang.L.W chen.vibration damage detection of a Timoshenko beam by spatial wavelet based approach,journal of applied acoustics 64.2003.pp.1217.1240
- [5] Kim,j,H,jeom,H,S,& lee,C,W.(1992).application of the modal assurance criteria for detecting and locating structural faults.in proceedings of the international modal analysis conference(pp.536-536).sem society for experiment mechanic inc.
- [6] Rahai,A,Bakhtiyari-nejad,F,&Esfandiari,A.(2007).damage assessment of structure using in complete measured mode shapes structural control and health monitoring, 14(5),808-829
- [7] Ruotolo,R,& surface,C,(1997). damage assessment of multiple cracked beams: numerical results and experimental validation.journal of sound and vibration,206(4),567-588
- [8] واحد تحقیقات مهندسی، شرکت مگا موتور تهران
- [9] عالی، ح. غیاثوند، حسینی، ر، 1384، شناسایی و انتخاب و کاربرد مواد، اول، انتشارات جهان جام جم، 748
- [10] حجازی، ج، دوامی، پ، 1365، اطلس عیوب قطعات ریخته گری، انتشارات جامعه ریخته گران.
- [11] D. J. Ewins, Modal Testing: Theory, Practice and Application, and ditton, 2000
- [12] جیمین هی وزی، فانگ فو، 1384، ضیائی رادم، صالحی، آنالیز مودال، چاپ اول، انتشارات دانش پژوهان برین، 425 صفحه

جدول ۸ اختلاف فرکانس طبیعی

اختلاف عیب اول با سالم (H_z)	درصد اختلاف عیب اول با سالم	اختلاف عیب دوم با سالم (H_z)	درصد اختلاف عیب دوم با سالم
10.5	۰.۸	10.3	۰.۸۳
11.6	۰.۶۹	11.6	۰.۶۹
17.1	۰.۷	17	۰.۷۱
13.4	۰.۵	13.3	۰.۵
20	۰.۷۳	20.1	۰.۷۵
26.8	۰.۸۷	26.7	۰.۸۶
23	۰.۶	23.2	۰.۷
28.3	۰.۷۷	28.2	۰.۷۸
43.9	۱.۱۷	44.6	۱.۱۸
41.8	۱.۱۱	41.4	۱.۱۰
54	۱.۴	52.2	۱.۳۵
31.9	۰.۸۱	31	۰.۸
33.7	۰.۸۴	33.3	۰.۸۳
33.1	۰.۷۸	32.2	۰.۷۶
21.2	۰.۴۹	21	۰.۴۸
18.1	۰.۴۱	17.7	۰.۳۹
48.1	۱.۰۸	49.6	۱.۱۱
46.6	۱.۰۳	45.6	۱.۰۱
48.6	۱.۰۴	48.2	۱.۰۳
54.8	۱.۰۱۶	53.8	۱.۱۴
22	۰.۴۶	20.9	۰.۴۴
58.8	۱.۲	58.4	۱.۱۵
56.9	۱.۱۵	56.7	۱.۱۴
48.2	۰.۹۷	48.3	۰.۹۶



شکل ۱۱ نمودار اختلاف فرکانس عیب دوم با قطعه سالم