

صلاة الاضلاع



دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مکانیک (طراحی کاربردی)

عنوان :

ارائه حل تحلیلی بسته دقیق برای ارتعاشات عرضی صفحه بار دیف جرم متمرکز

استاد راهنما :

دکتر کیوان ترابی

به وسیله :

احسان دهقانی پور

تیر 1391



دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مکانیک (طراحی کاربردی)

عنوان :

ارائه حل تحلیلی بسته دقیق برای ارتعاشات عرضی صفحه با ردیف جرم متمرکز

به وسیله :

احسان دهقانی پور

نیر 1391

در تاریخ 1391/4/22 توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت .

- | | |
|-----------------------|---------------------------------|
| دکتر کیوان ترابی | 1- استاد راهنمای پایان نامه |
| دکتر افشین منوچهری فر | 2- استاد مشاور پایان نامه |
| دکتر حسن موسوی | 3- استاد داور |
| دکتر سید علی افتخاری | مدیر تحصیلات تکمیلی گروه مکانیک |

این کمترین را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می‌کنم

تشکر و قدر دانی

در اینجا بر خود واجب می دانم بدین وسیله مراتب تقدیر و تشکر خود را از استاد محترم جناب آقای

دکتر کیوان ترابی به جهت معرفی موضوع این پایان نامه و همچنین راهنمایی های با ارزش

و بی دریغشان در طول انجام پروژه ابراز نمایم .

چکیده

در این تحقیق، ارتعاشات عرضی یک صفحه که دارای ناپیوستگی در اثر وجود ردیف جرم های متمرکز می باشد، مورد مطالعه قرار گرفته است.

وجود خطوط جرم های متمرکز، منجر به تغییر فرکانس های ارتعاشی و همچنین مود شیپ های صفحه می گردد. این جرم های متمرکز باعث ناپیوستگی در نیروهای برشی صفحه شده که در حالت وجود n ردیف خطوط جرمی، بررسی مسئله از روش های معمول که بر اساس تقسیم صفحه به $(n+1)$ زیر صفحه و حل ارتعاشی جداگانه هر زیر صفحه با لحاظ نمودن شرایط پیوستگی در موقعیت جرم های متمرکز به دست می آید، موجب محاسبات پیچیده و طولانی و حتی در مقایسه با مقادیر بزرگ n غیر ممکن می باشد لذا در این تحقیق ابتدا معادله دینامیکی یک صفحه به همراه خطوط جرم های متمرکز استخراج شده و سپس بر اساس توابع پایه تعریف شده در فضای حل صفحات معمولی و توسعه آن در مسئله طرح شده با استفاده از روش های ریاضی مناسب و استفاده از تابع دلتای دیراک یک حل تحلیلی بسته برای هر تعداد ردیف جرمی و با هر مقدار جرم در نظر گرفته شده و همچنین در هر موقعیت مورد نظر حاصل می شود.

از دیگر نکات قابل توجه اینکه تحلیل بر اساس روش های معمول، در استخراج معادله فرکانسی برای

یک ردیف جرم منجر به حل یک دترمینان ماتریس 8×8 و با افزودن n ردیف جرمی بعد ماتریس $(4+4n) \times (4+4n)$ می شود در حالی که در این تحقیق با استفاده از روش ارائه شده ضرایب مجهول انتگرالی کاهش یافته و همواره بعد ماتریس مربعی بدست آمده برای هر تعداد جرم متمرکز خطی 2×2 می باشد. روش حل بر مبنای استفاده از متغیر بودن ضرایب انتگرال ثابت از حل معمولی صفحه برای معادله دینامیکی استخراج شده، می باشد و سرانجام فرکانس های طبیعی و مودهای ارتعاشی مربوط به هر کدام از وضعیت تکیه گاهی متقارن و غیرمتقارن بدست می آید. نتایج ارائه شده در این تحقیق به طور صریح نشان می دهد که وجود جرم های متمرکز خطی روی صفحه، باعث کاهش فرکانس می شود.

فهرست علائم و اختصارات

M_x	ممان خمشی در جهت x	a	طول صفحه
M_y	ممان خمشی در جهت y	b	عرض صفحه
M_{xy}	ممان پیچشی	h	ضخامت صفحه
N	تعداد ردیف جرم متمرکز	c	طول بی بعد صفحه
Q_x	نیروی برشی در جهت x	z	عرض بی بعد صفحه
Q_y	نیروی برشی در جهت y	r	چگالی صفحه
a_i	مقدار ردیف جرم متمرکز	M_i	جرم متمرکز
z_i	موقعیت ردیف جرم متمرکز	M	جرم صفحه
u	جابجایی در جهت x	E	مدول الاستیسیته
v	جابجایی در جهت y	u	نسبت پواسان
D	Flexural rigidity	w	جابجایی در جهت z
\bar{D}	Dimension less flexural rigidity	a_m	عدد موج در جهت x

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

	1- فصل اول : مقدمه ای بر ارتعاشات عرضی صفحات	
2	1-1- مقدمه	
	2- فصل دوم : تحلیل ارتعاشات آزاد عرضی صفحات الاستیک	
6	1-1- مقدمه	
6	2-2- استخراج معادله دینامیکی	
10	3-2- ارائه حل معادله دینامیکی	
10	2-1-3-2- حل ناویر	
10	2-2-3-2- حل تحلیلی بسته	
11	2-3-3-2- استخراج توابع پایه برای توابع مثلثاتی و هایپربولیک	
13	2-4-3-2- استخراج معادلات فرکانسی و مود های ارتعاشی	
14	2-1-4-3-2- شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده ساده	
14	2-2-4-3-2- شرایط تکیه گاهی متقارن ساده ساده - گیردار گیردار	
15	2-3-4-3-2- شرایط تکیه گاهی متقارن ساده ساده - آزاد آزاد	
16	2-4-4-3-2- شرایط تکیه گاهی نامتقارن ساده ساده - گیردار آزاد	
16	2-5-4-3-2- شرایط تکیه گاهی نامتقارن ساده ساده - گیردار ساده	
	3- فصل سوم: تحلیل ارتعاشات آزاد عرضی صفحات با ردیف جرم های متمرکز	
18	1-3- مقدمه	
19	2-3- استخراج معادله دینامیکی	
21	3-1-2-3- تعیین تابع توزیع ردیف جرم متمرکز روی صفحه	
22	3-3- ارائه حل تحلیلی بسته برای معادله ارتعاشی بی بعد صفحه	
24	3-3-3- تعیین تابع $y_m(z)$ بر اساس متغیر بودن ضرایب انتگرالی در حالت $b^2 > a_m^2$	
24	3-4-3- ارائه یک روش برای تعیین ضرایب متغیر	
27	3-5-3- تعیین تابع $y_m(z)$	
29	3-6-3- استخراج توابع پایه برای توابع مثلثاتی و هایپربولیک	

33	..... استخراج معادلات فرکانسی و مود های ارتعاشی
33	..... 1-7-3-3- شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده ساده
34	..... 2-7-3-3- شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - گیردار گیردار
36	..... 3-7-3-3- شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - آزاد آزاد
37	..... 4-7-3-3- شرایط تکیه گاهی نامتقارن ساده - گیردار آزاد
39	..... 5-7-3-3- شرایط تکیه گاهی نامتقارن ساده - گیردار ساده
40	..... 8-3-3- تعیین تابع $y_m(z)$ بر اساس متغیر بودن ضرایب انتگرالی برای حالت $b^2 < a_m^2$
42	..... 1-8-3-3- استخراج توابع پایه برای توابع هایپربولیک
44	..... 4- فصل چهارم: شبیه سازی نتایج
67	..... 5- فصل پنجم: بحث، نتیجه گیری و پیشنهادها
69	..... مراجع

فهرست جداول

- 1 - جدول 4-1: خواص در نظر گرفته شده برای یک صفحه الاستیک 44
- 2- جدول 4-2: فرکانس های اول تا پنجم برای صفحه بدون جرم متمرکز خطی در پنج شرط
مرزی مختلف برای $m=1$ از حل تحلیلی دقیق..... 45
- 3- جدول 4-3: نسبت های فرکانسی اول تا چهارم برای صفحه با یک جرم متمرکز خطی در سه
موقعیت متفاوت و در هر موقعیت با سه مقدار مختلف در شرایط مرزی متقارن ساده - ساده
ساده 49
- 4- جدول 4-4: نسبت های فرکانسی اول تا چهارم برای صفحه با یک جرم متمرکز خطی در سه
موقعیت متفاوت و در هر موقعیت با سه مقدار مختلف در شرایط مرزی متقارن ساده ساده -
گیردار 49
- 5- جدول 4-5: نسبت های فرکانسی اول تا چهارم برای صفحه با یک جرم متمرکز خطی در سه
موقعیت متفاوت و در هر موقعیت با سه مقدار مختلف در شرایط مرزی متقارن ساده - آزاد
آزاد..... 49
- 6- جدول 4-6: نسبت های فرکانسی اول تا چهارم برای صفحه با یک جرم متمرکز خطی در سه
موقعیت متفاوت و در هر موقعیت با سه مقدار مختلف در شرایط مرزی نامتقارن ساده ساده -
گیردار آزاد..... 50
- 7- جدول 4-7: نسبت های فرکانسی اول تا چهارم برای صفحه با یک جرم متمرکز خطی در سه
موقعیت متفاوت و در هر موقعیت با سه مقدار مختلف در شرایط مرزی نامتقارن ساده ساده -
گیردار ساده..... 50
- 8- جدول 4-8: نسبت فرکانسی اول برای صفحه با دو جرم متمرکز خطی در سه مقدار متفاوت
با شرایط مرزی مختلف..... 51
- 9- جدول 4-9: نسبت فرکانسی اول برای صفحه با پنج جرم متمرکز خطی در سه مقدار متفاوت با
شرایط مرزی مختلف..... 51
- 10- جدول 4-10: نسبت فرکانسی اول برای صفحه با ده جرم متمرکز خطی در سه مقدار متفاوت
با شرایط مرزی مختلف..... 51

فهرست نمودارها

- 1- نمودار 4-1 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی اول در جهت C و Z برای صفحه بدون جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده ساده..... 45
- 2- نمودار 4-2 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی اول در جهت C و Z برای صفحه بدون جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - گیردار گیردار..... 46
- 3- نمودار 4-3 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی اول در جهت C و Z برای صفحه بدون جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - آزاد آزاد..... 46
- 4- نمودار 4-4 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی اول در جهت C و Z برای صفحه بدون جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی نامتقارن ساده - گیردار آزاد..... 47
- 5- نمودار 4-5 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی اول در جهت C و Z برای صفحه بدون جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی نامتقارن ساده - گیردار ساده..... 47
- 6- نمودار 4-6 : تابع نسبت فرکانسی اول بر حسب مقدار ردیف جرم های متمرکز با تعداد مختلف در شرایط تکیه گاهی متفاوت..... 53
- 7- نمودار 4-7 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی اول در جهت C و Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده ساده..... 54
- 8- نمودار 4-8 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی اول در جهت C و دوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده ساده..... 54
- 9- نمودار 4-9 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی اول در جهت C و سوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده ساده..... 55
- 10- نمودار 4-10 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی دوم در جهت C و اول در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده ساده..... 55
- 11- نمودار 4-11 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی دوم در جهت C و دوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده ساده..... 56
- 12- نمودار 4-12 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی دوم در جهت C و سوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده ساده..... 56

- 13 - نمودار 4-13 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی سوم در جهت C و اول در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده ساده..... 57
- 14 - نمودار 4-14 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی سوم در جهت C و دوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده ساده..... 57
- 15 - نمودار 4-15 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی سوم در جهت C و سوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده ساده..... 58
- 16 - نمودار 4-16 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی اول در جهت C و Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده - گیردار گیردار..... 58
- 17 - نمودار 4-17 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی اول در جهت C و دوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده - گیردار گیردار..... 59
- 18 - نمودار 4-18 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی اول در جهت C و سوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده - گیردار گیردار..... 59
- 19 - نمودار 4-19 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی دوم در جهت C و اول در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده - گیردار گیردار..... 60
- 20 - نمودار 4-20 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی دوم در جهت C و دوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده - گیردار گیردار..... 60
- 21 - نمودار 4-21 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی دوم در جهت C و سوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده - گیردار گیردار..... 61
- 22 - نمودار 4-22 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی سوم در جهت C و اول در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده - گیردار گیردار..... 61
- 23 - نمودار 4-23 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی سوم در جهت C و دوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده - گیردار گیردار..... 62
- 24 - نمودار 4-24 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی سوم در جهت C و سوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده - گیردار گیردار..... 62
- 25 - نمودار 4-25 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی اول در جهت C و Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده - ساده - گیردار آزاد..... 63

- 26 - نمودار 4-26 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی اول در جهت C و دوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده ساده - گیردار آزاد..... 63
- 27 - نمودار 4-27 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی دوم در جهت C و اول در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده ساده - گیردار آزاد..... 64
- 28 - نمودار 4-28 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی دوم در جهت C و دوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده ساده - گیردار آزاد..... 64
- 29 - نمودار 4-29 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی دوم در جهت C و سوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده ساده - گیردار آزاد..... 65
- 30 - نمودار 4-30 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی سوم در جهت C و اول در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده ساده - گیردار آزاد..... 65
- 31 - نمودار 4-31 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی سوم در جهت C و دوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده ساده - گیردار آزاد..... 66
- 32 - نمودار 4-32 : تابع سه بعدی مود ارتعاشی سوم در جهت C و سوم در جهت Z برای صفحه بایک جرم متمرکز خطی در شرایط تکیه گاهی متقارن ساده ساده - گیردار آزاد..... 66