

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی مکانیک

گروه طراحی کاربردی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تحلیل عددی و ریاضی استوانه ویسکو الاستیک تحت

فشار داخلی متحرک به کمک تئوری

تغییر شکل برشی مرتبه اول

دانشجو:

سجاد صلح میرزایی

استاد راهنما:

دکتر حمیدرضا ایک چی

شهریور ۱۳۹۰



دانشگاه شیراز

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

شماره : ۲۹۰/۱۱۶۴

تاریخ : ۹ / ۷ / ۸۵

ویرایش :

بسمه تعالی

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای سجاد صلح میرزایی رشته مکانیک گرایش طراحی کاربردی تحت عنوان تحلیل عددی و ریاضی استوانه ویسکو الاستیک تحت فشار داخلی متحرک به کمک تئوری تغییر شکل برشی مرتبه اول که در تاریخ ۱۳۹۰/۶/۳۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

<input type="checkbox"/> قبول (با درجه : بسیار خوب - امتیاز : ۱۸۰)	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input type="checkbox"/> مردود
--	------------------------------------	--------------------------------

۲- بسیار خوب (۱۸ - ۱۸/۹۹)

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۴- قابل قبول (۱۴ - ۱۵/۹۹)

۳- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاداراهنما	حمیدرضا ایپکچی	استادیار	
۲- استاد مشاور			
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	محمود چهارطاقی	استادیار	
۴- استاد ممتحن	مهدی قناد کهنوی	استادیار	
۵- استاد ممتحن	محمد جعفری	استادیار	

رئیس دانشکده:

تقدیم به آنانکه وجودم برایشان همه رنج بود

و وجودشان برایم همه مهر

تقدیم به مهربانترین پدر و تقدیم به صبورترین مادر

آنانکه توانشان رفت تا به توان برسم

و مویشان سپید گشت تا رویم سپید بماند

آنان که راستی قامتم در سگستگی قامتشان بقاء یافت

تشکر و قدردانی

با تشکر از خداوند مهربان و عرض ادب به پیشگاه تمامی مؤلفان و اساتید محترم که در تمامی مراحل زندگی و تحصیل از آثار ارزشمندشان بهره‌مند شده‌ام.

از استاد بزرگوار، جناب آقای دکتر ایپک‌چی که با راهنمایی‌های ارزشمندشان مرا در تمام مراحل انجام این تحقیق یاری نمودند، کمال تشکر و برای ایشان آرزوی توفیق روزافزون دارم.

در پایان از پدر و مادر عزیز و مهربانم که همواره باعث ایجاد انگیزه در من برای ادامه تحصیل و تلاش در این راه بوده‌اند و همچنین از همه اساتید گرانقدر تشکر و قدردانی نموده، توفیق و عزت همه را از خداوند منان مسئلت می‌نمایم.

تعهد نامه

اینجانب سجاد صلح میرزایی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مکانیک دانشکده مکانیک دانشگاه

صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تحلیل عددی و ریاضی استوانه ویسکو الاستیک تحت فشار... تحت

راهنمایی دکتر حمید رضا ایبکچی متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو
سجاد صلح میرزایی

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

در این تحقیق پاسخ دینامیکی یک استوانه‌ی ویسکوالاستیک جدار ضخیم تحت اثر بار متحرک محوری، مورد ارزیابی قرار گرفته است. جنس استوانه در برش از مدل ویسکوالاستیک پیروی می‌کند و در بالک، تابع رفتار الاستیک است. شرایط مرزی پوسته، دوسر گیر دار است. میدان جابجایی بکار رفته، به کمک تئوری تغییر شکل برشی مرتبه‌ی اول تخمین زده شده است. بارگذاری استوانه، یک فشار متقارن محوری متحرک با سرعت ثابت است. معادلات حاکم بر حرکت پوسته‌ی استوانه‌ای جدار ضخیم به کمک اصل همپلتون و با استفاده از اولین مدل جامد استاندارد خطی برای خصوصیت ویسکوالاستیک پوسته، با روش آپراتوری تعیین شده است.

معادلات حاکم، یک دستگاه معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی و کوپل شده است که با روش تحلیلی حل شده و مقادیر جابجایی با روش المان محدود مقایسه شده است. تحلیل عددی با نوشتن یک کد در محیط ansys انجام شده است. حل تحلیلی معادلات به کمک تبدیلات لاپلاس و بکارگیری تئوری اغتشاشات بدست آمده است. بر اساس این حل، تاثیر پارامترهای همچون استهلاک و سرعت بار بر پاسخ سیستم بدست آمده است.

کلمات کلیدی:

بار متحرک- استوانه ویسکوالاستیک - روش المان محدود - تئوری تغییر شکل برشی مرتبه

اول - تئوری اغتشاشات

فهرست

عنوان	صفحه
چکیده.....	و
فهرست علائم.....	م
پیشگفتار.....	۱
۱- فصل اول: مبانی تئوری و مرور مقالات.....	۳
۱-۱- مقدمه.....	۴
۱-۲- بررسی پدیده ی ویسکوالاستیسیته.....	۴
۱-۳- رفتار ویسکوالاستیک خطی.....	۴
۱-۴- معادلات حاکم بر مواد ویسکوالاستیک.....	۸
۱-۴-۱- معادلات بنیادین تنش به شکل انتگرالی.....	۸
۱-۴-۲- معادلات بنیادین تنش به شکل دیفرانسیلی.....	۹
۱-۵- فرضیات متداول در ویسکوالاستیسیته.....	۱۱
۱-۶- مدل های مکانیکی مواد ویسکوالاستیک.....	۱۲
۱-۶-۱- مدل ماکسول.....	۱۲
۱-۶-۲- مدل کلوین - ویت.....	۱۳
۱-۶-۳- جامد استاندارد خطی (یا مدل زنر).....	۱۴
۱-۷- معرفی تئوریهای پوسته ها.....	۱۶
۱-۷-۱- تئوری غشایی.....	۱۹
۱-۷-۲- تئوری خمشی.....	۱۹
۱-۷-۳- تئوری تغییر شکل برشی.....	۱۹
۱-۸- مروری بر تحقیقات انجام شده.....	۲۰
۱-۹- جمع بندی.....	۲۸
۲- فصل دوم: معادلات حرکت.....	۳۰
۲-۱- مقدمه :.....	۳۱
۲-۲- تئوری تغییر شکل برشی.....	۳۱
۲-۳- تعیین معادلات حرکت با استفاده از اصل همپلتون:.....	۳۵
۲-۴- رابطه ی تنش - جابجایی در حالت ویسکوالاستیک.....	۳۷
۲-۴-۱- قانون تعمیم یافته ی هوک.....	۳۷
۲-۴-۲- جایگزینی آپراتور های K و G ماده ویسکوالاستیک.....	۳۷
۲-۴-۳- تعیین منتهی های تنش در حوزه ی ویسکوالاستیک.....	۳۸

۳۸.....	انتخاب مدل ویسکوالاستیک	۴-۴-۲
۳۹.....	تعیین معادلات بر اساس مدل انتخابی	۵-۴-۲
۴۵.....	بررسی فشار متحرک	۵-۲
۴۶.....	جمع بندی	۶-۲
۴۷.....	فصل سوم: حل تحلیلی	۳-۳
۴۸.....	مقدمه	۱-۳
۴۸.....	بی بعد سازی	۲-۳
۴۹.....	بی بعد سازی بخش همگن معادلات	۱-۲-۳
۵۴.....	بی بعد سازی بخش ناهمگن معادلات	۲-۲-۳
۵۴.....	تبدیل لاپلاس	۳-۳
۵۶.....	تئوری مقدماتی معادلات دیفرانسیل	۴-۳
۵۹.....	تبدیل معکوس لاپلاس	۱-۴-۳
۶۱.....	مقدمه ای بر تئوری اغتشاشات	۵-۳
۶۱.....	مسائل لایه مرزی	۱-۵-۳
۶۶.....	جمع بندی	۷-۳
۶۷.....	فصل چهارم: حل عددی	۴-۴
۶۸.....	مقدمه	۱-۴
۶۸.....	تعیین خصوصیات ویسکوالاستیک مواد بر اساس سری پرونی	۲-۴
۶۹.....	المان مورد استفاده	۳-۴
۷۰.....	معرفی المان PLANE 183	۴-۴
۷۱.....	تعیین مدول رهایش بالک و برشی	۵-۴
۷۱.....	مدول رهایش برشی	۱-۵-۴
۷۳.....	مدول بالک	۲-۵-۴
۷۳.....	مدلسازی پوسته	۶-۴
۷۴.....	مش بندی	۷-۴
۷۶.....	مرحله ی حل	۸-۴
۷۷.....	اعمال شرایط مرزی	۱-۸-۴
۷۷.....	تعیین نوع آنالیز	۲-۸-۴
۷۷.....	مدل سازی فشار متحرک در استوانه	۳-۸-۴
۷۸.....	جمع بندی:	۹-۴
۷۹.....	فصل پنجم: بررسی نتایج	۵-۴
۸۰.....	مقدمه	۱-۵

۸۲.....	۲-۵- تحلیل عددی پوسته
۸۲.....	۱-۲-۵- بررسی جابجایی های شعاعی در روی پوسته
۸۶.....	۲-۲-۵- بررسی جابجایی های محوری در روی پوسته
۸۹.....	۳-۵- مقایسه‌ی رفتار الاستیک و ویسکوالاستیک
۹۶.....	۴-۵- اعتبار سنجی تئوری تغییر شکل برشی مرتبه‌ی اول
۹۹.....	۵-۵- تحلیل با روش تئوری مقدماتی معادلات دیفرانسیل
۱۰۲.....	۶-۵- بررسی نتایج تحلیل با استفاده از تئوری اغتشاشات
۱۰۶.....	۷-۵- تاثیرات استهلاک در میدان جابجایی
۱۱۱.....	۸-۵- بررسی تاثیرات سرعت در میدان جابجایی
۱۱۴.....	۹-۵- تعیین سرعت بحرانی
۱۱۴.....	۱۰-۵- جمع بندی:
۱۱۶.....	۶- فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادها
۱۱۷.....	۱-۶- نتیجه گیری و پیشنهادها
۱۱۹.....	پیوست
۱۳۸.....	مرجع

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل (۱-۱) گرادیان سرعت	۵
شکل (۲-۱) (a) حالت تنش. (b) تنش هیدرواستاتیک که فقط تغییر حجم ایجاد می کند. (c) تنش انحرافی که فقط منجر به تغییر شکل می شود.	۱۰
شکل (۳-۱) مدل ماکسول	۱۳
شکل (۴-۱) مدل کلوین - ویت	۱۴
شکل (۵-۱) اولین مدل جامد استاندارد خطی	۱۵
شکل (۶-۱) دومین مدل جامد استاندارد خطی	۱۵
شکل (۷-۱) پوسته ی حاصل از دوران	۱۷
شکل (۱-۲) پوسته ی استوانه ای جدار ضخیم	۳۲
شکل (۲-۲) فشار داخلی متحرک	۴۵
شکل (۱-۴) المان PLANE 183	۷۱
شکل (۲-۴) مقطع المان بندی شده ی پوسته	۷۶
شکل (۳-۴) گسترش یافته ی مقطع مستطیلی المان بندی شده ، حول محور z	۷۶
شکل (۴-۴) اعمال بار متحرک	۷۸
شکل (۱-۵) نام گذاری المان های مورد بررسی بر روی سطح مقطع طولی پوسته	۸۰
شکل (۲-۵) نام گذاری مسیرهای مورد بررسی بر روی سطح مقطع طولی پوسته	۸۱
شکل (۳-۵) جابجایی شعاعی در هنگام ورود بار در نقطه ی a_m	۸۳
شکل (۴-۵) جابجایی شعاعی در هنگام ورود بار در نقطه ی b_i	۸۴
شکل (۵-۵) جابجایی شعاعی در هنگام ورود بار در نقطه ی b_m	۸۴
شکل (۶-۵) جابجایی شعاعی در هنگام ورود بار در نقطه ی b_o	۸۵
شکل (۷-۵) جابجایی شعاعی در هنگام ورود بار در نقطه ی c_m	۸۵
شکل (۸-۵) جابجایی شعاعی در روی مسیر d در زمان t_f	۸۶
شکل (۹-۵) جابجایی محوری در هنگام ورود بار در نقطه ی a_m	۸۷
شکل (۱۰-۵) جابجایی محوری در هنگام ورود بار در نقطه ی b_m	۸۷
شکل (۱۱-۵) جابجایی محوری در هنگام ورود بار در نقطه ی c_m	۸۸
شکل (۱۲-۵) جابجایی محوری در روی مسیر d در زمان t_f	۸۹

- شکل (۵-۱۳) جابجایی شعاعی در نقطه b_m در حوزه ی الاستیک ۹۰
- شکل (۵-۱۴) جابجایی شعاعی در مسیر d در حوزه ی الاستیک ۹۰
- شکل (۵-۱۵) جابجایی محوری در نقطه b_m در حوزه ی الاستیک ۹۱
- شکل (۵-۱۶) جابجایی محوری در مسیر d در حوزه ی الاستیک ۹۱
- شکل (۵-۱۷) جابجایی شعاعی در نقطه ی b_m ۹۲
- شکل (۵-۱۸) جابجایی محوری در نقطه ی b_m ۹۳
- شکل (۵-۱۹) جابجایی شعاعی نقطه ی b_m در حوزه ی ویسکوالاستیک ۹۴
- شکل (۵-۲۰) جابجایی شعاعی نقطه ی b_m در حوزه ی الاستیک ۹۵
- شکل (۵-۲۱) جابجایی محوری روی مسیر d در حوزه ی ویسکوالاستیک ۹۵
- شکل (۵-۲۲) جابجایی محوری روی مسیر d در حوزه ی الاستیک ۹۶
- شکل (۵-۲۳) جابجایی شعاعی روی $path a$ ۹۷
- شکل (۵-۲۴) جابجایی شعاعی روی $path c$ ۹۷
- شکل (۵-۲۵) جابجایی محوری روی $path a$ ۹۸
- شکل (۵-۲۶) جابجایی محوری روی $path c$ ۹۹
- شکل (۵-۲۷) جابجایی شعاعی b_m ۱۰۱
- شکل (۵-۲۸) جابجایی شعاعی a_m ۱۰۲
- شکل (۵-۲۹) جابجایی شعاعی b_m ۱۰۳
- شکل (۵-۳۰) جابجایی محوری روی مسیر d ۱۰۴
- شکل (۵-۳۱) جابجایی شعاعی روی مسیر d ۱۰۵
- شکل (۵-۳۲) جابجایی شعاعی نقطه ی b_m ۱۰۶
- شکل (پ ۱-۱) قطعه ای از ماده تحت تغییر شکل برشی ۱۱۹
- شکل (پ ۲-۲) پاسخ جامد الاستیک و مایع ویسکوز ایده آل به کرنش برشی ثابت ۱۲۰
- شکل (پ ۳-۳) پاسخ جامد و مایع واقعی به کرنش برشی ثابت در آزمایش رهایش ۱۲۰
- شکل (پ ۴-۴) پاسخ جامد و مایع ایده آل به تنش برشی ثابت در آزمایش خزش ۱۲۱
- شکل (پ ۵-۵) پاسخ جامد و مایع واقعی به تنش برشی ثابت در آزمایش خزش ۱۲۱
- شکل (پ ۶-۶) تحریک (بالا) و پاسخ (پایین) در آزمایش رهایش برشی خطی ۱۲۲
- شکل (پ ۷-۷) طرح شماتیکی تبدیل رفتار خطی به غیر خطی در آزمایش رهایش برشی ۱۲۳
- شکل (پ ۸-۸) نمودار لگاریتمی مدول رهایش برشی در حوزه ی زمان ۱۲۴
- شکل (پ ۹-۹) نمودار لگاریتمی کامپلینس خزشی برشی در حوزه ی زمان ۱۲۶
- شکل (پ ۱۰-۱۰) مدل ماکسول ۱۲۸

- شکل (پ ۱-۱) پاسخ مدل ماکسول به تنش ورودی پله‌ای ۱۲۹
- شکل (پ ۱۲-۱) پاسخ مدل ماکسول به کرنش ورودی پله‌ای ۱۳۰
- شکل (پ ۱۳-۱) مدل کلومین - وویت ۱۳۱
- شکل (پ ۱۴-۱) پاسخ مدل کلومین - ویت به تنش ورودی پله‌ای ۱۳۲
- شکل (پ ۱۵-۱) اولین مدل جامد استاندارد خطی ۱۳۳
- شکل (پ ۱۶-۱) دومین مدل جامد استاندارد خطی ۱۳۳
- شکل (پ ۱۷-۱) پاسخ اولین مدل جامد استاندارد خطی به تنش ورودی پله ۱۳۴
- شکل (پ ۱۸-۱) پاسخ دومین مدل جامد استاندارد خطی به کرنش ورودی پله ۱۳۵
- شکل (پ ۱۹-۱) مدل برگر ۱۳۶
- شکل (پ ۲۰-۱) ترکیبی از مدل‌های کلومین و ماکسول ۱۳۷

فهرست جداول

- جدول (۱-۲) اولین معادله ۴۰
- جدول (۲-۲) دومین معادله ۴۰
- جدول (۳-۲) سومین معادله ۴۱
- جدول (۴-۲) چهارمین معادله ۴۱
- جدول (۱-۴) مشخصات پوسته ۷۴
- جدول (۲-۴) بررسی حساسیت مشبندی ۷۵
- جدول (۱-۵) شماره گره‌ها ۸۰
- جدول (۲-۵) مشخصات مسیرها ۸۱
- جدول (۳-۵) خصوصیات ویسکوالاستیک ۸۲
- جدول (۴-۵) خصوصیات الاستیک ۸۹
- جدول (۵-۵) خصوصیات ویسکوالاستیک ۱۰۰
- جدول (۶-۵) تاثیر استهلاک بر جابجایی شعاعی با استفاده از تئوری اغتشاشات ۱۰۷
- جدول (۷-۵) جابجایی شعاعی با دو روش تحلیلی و ansys ۱۰۹
- جدول (۸-۵) تأثیرات استهلاک در جابجایی محوری با استفاده از تئوری اغتشاشات .. ۱۱۰
- جدول (۹-۵) تأثیر سرعت فشار متحرک در جابجایی شعاعی با تئوری اغتشاشات ۱۱۲

فهرست علائم

P_0	اندازه‌ی فشار متحرک
$H(t)$	تابع پله
$\delta(t)$	تابع دلتای دیراک
$J(t)$	تابع کامپلینس خزشی
$B(t)$	تابع کامپلینس خزشی بالک
$D(t)$	تابع کامپلینس کششی
σ_{ij}	تانسور تنش
ε_{ij}	تانسور کرنش
$p(t)$	تنش هیدرواستاتیکی
S	ثابت لاپلاس
$u(x, t)$	جابجایی شعاع میانی پوسته در راستای طولی x
$w(x, t)$	جابجایی شعاع میانی پوسته در راستای شعاعی z
ρ	چگالی
ψ_x	زاویه‌ی چرخش سطح مقطع در صفحه‌ی $x - z$
τ	زمان رهایش
V	سرعت بار
b	شعاع خارجی پوسته
a	شعاع داخلی پوسته
R	شعاع میانی پوسته
h	ضخامت پوسته
ν	ضریب پواسون
κ^2	ضریب تصحیح برشی
L	طول پوسته
Δ	کرنش حجمی

ψ_z	کرنش عمودی عرضی
$\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$	کرنش برشی
$\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$	کرنش های عمودی
θ	مختصه‌ی پیرامونی پوسته
t	مختصه‌ی زمانی
z	مختصه‌ی شعاعی پوسته
x	مختصه‌ی طولی پوسته
K	مدول بالک
G	مدول برشی
$K(t)$	مدول ره‌ایش بالک
$G(t)$	مدول ره‌ایش برشی
$E(t)$	مدول ره‌ایش کششی
E	مدول یانگ الاستیک
u_z, u_θ, u_x	میدان جابجایی پوسته در راستای z, θ, x
\bar{T}	انرژی جنبشی
\bar{W}	انرژی کرنشی
\bar{W}_s	کار نیروی خارجی
L	لاگرانژین
η	ضریب ویسکوزیته مدل ویسکوالاستیک

پیشگفتار

کاربرد پوسته‌ها در موشک‌ها، خطوط لوله‌کشی و سازه‌های دریایی فراوان است. بررسی حرکت نیروها نیز در طول یک عضو یا سازه، یکی از مسائل معمول در مهندسی به شمار می‌آید که از جمله آن‌ها می‌توان به حرکت ماشین بر روی یک پل، حرکت هوا بر روی بال هواپیما، انتقال سیال داخل لوله‌ها، جرثقیل‌های سقفی، مسیرهای ارتباطی کابلی، نیروی وارد بر یک قطعه در طول عملیات ماشین‌کاری و ... اشاره کرد. از موارد مهم در تحلیل این‌گونه مسائل، بررسی اثر خصوصیت ماده و هندسه‌ی پوسته‌ی مورد نظر در پاسخ به این نوع تحریک می‌باشد. بررسی تحلیل‌های صورت گرفته در حوزه‌ی پوسته‌ها تحت بار فشاری متحرک، بیشتر متوجه مواد الاستیک بوده در حالی که طیف بسیار گسترده‌ای از مواد پیرامون ما در حوزه‌ی ویسکوالاستیک قرار دارند و شناخت رفتار مکانیکی این مواد به دلیل رفتار متفاوت نسبت به مواد الاستیک از اهمیت بالایی برخوردار است. از جمله مسائلی که مدل ویسکوالاستیک مسأله نسبت به تحلیل الاستیک مدل واقعی‌تری ارائه می‌دهد انتقال سیال درون لوله‌های پلیمری یا حرکت جریان هوا بر روی یک باله‌ی کامپوزیتی می‌باشد، زیرا ماده‌ی استفاده شده در این‌گونه مسائل از نوع پلیمر و کامپوزیت بوده و رفتار این مواد در حوزه‌ی ویسکوالاستیک قرار دارد.

همچنین، در بررسی تحلیل‌هایی که در مورد پوسته‌ها انجام شده است مشخص می‌شود که بیشترین کار منتشر شده، در حوزه‌ی تئوری پوسته‌های استوانه‌ای جدار نازک می‌باشد. واقعیت این است که پوسته یک جسم سه بعدی است که به علت نبود حل تحلیلی در حالت کلی برای مدل‌های سه بعدی، از روش‌های تقریبی استفاده شده و یا حل تحلیلی را تحت شرایطی خاص بدست می‌آورند. استفاده از تئوری پوسته‌ی جدار نازک برای استوانه‌ی جدار ضخیم باعث بوجود آمدن خطا در تعیین فرکانس طبیعی می‌گردد [۱].

پوسته‌ی جدار ضخیم به طور مشخص دارای اختلافاتی با پوسته‌ی جدار نازک می‌باشد که یکی

از این اختلافات در تغییر شکل برشی عرضی می‌باشد؛ بدین معنا که در پوسته‌ی جدار ضخیم نمی‌توان اثر تغییر شکل برشی را نادیده گرفت. یکی از تئوری‌هایی که در برگیرنده‌ی این اثرات می‌باشد، تئوری تغییر شکل برشی است، که در ادامه به تشریح اجمالی آن پرداخته خواهد شد. همچنین کاربرد تجهیزات اتلاف انرژی یا میراگرها، با توجه به قابلیت‌های فراوان آن‌ها، توجه بسیاری از مجامع مهندسی را به خود جلب کرده است. این تجهیزات مقدار زیادی از انرژی ورودی به سازه را تلف و آسیب‌های سازه‌ای را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد. میراگرهای ویسکوالاستیک نیز با قابلیت بالای اتلاف انرژی و عدم نیاز به فناوری‌های پیچیده‌ی ساخت، یکی از مطلوب‌ترین این سیستم‌ها می‌باشند. در این بخش نیز کارهای زیادی انجام شده که می‌توان به عنوان نمونه به کار بیات [۲] که به بررسی رفتار لرزه‌ای سکوه‌های ثابت فولادی با استفاده از میراگرهای ویسکوالاستیک پرداخته است اشاره کرد.

تحقیقی که در اینجا انجام خواهد شد، به تعیین حل پوسته‌های ویسکوالاستیک جدار ضخیم با تئوری برشی مرتبه‌ی اول اختصاص دارد، که در شش فصل و به صورت زیر انجام خواهد شد. فصل اول این پروژه به معرفی مواد ویسکوالاستیک و مروری بر مقالات منتشر شده در این زمینه اشاره دارد. در فصل دوم معادلات حاکم بر پوسته‌های ویسکوالاستیک بر اساس تئوری برشی مرتبه‌ی اول، تعیین خواهد شد. فصل سوم به حل تحلیلی معادلات حاکم اختصاص دارد. فصل چهارم حل عددی با نرم افزار ansys انجام خواهد شد، فصل پنجم به بررسی نتایج و فصل آخر نیز به نتایج و پیشنهادها اختصاص دارد.

فصل اول: مبانی تئوری و مرور مقالات

۱-۱- مقدمه

در این بخش به بررسی رفتار ویسکوالاستیک سازه‌ها پرداخته شده و تغییر شکل الاستیک و ویسکوز آنها بررسی شده است. در کرنش‌های کم پاسخ مواد ویسکوالاستیک به اغتشاشات مکانیکی به خوبی با تئوری ویسکوالاستیسیته‌ی خطی قابل توصیف بوده و می‌توان از اصل برهم نهی بولتزمن^۱ استفاده کرد و پاسخ به بارگذاری را از آزمایش ساده‌ی خزش و رهایش^۲ بدست آورد [۳].

۱-۲- بررسی پدیده‌ی ویسکوالاستیسیته

جامد الاستیک و سیال ویسکوز دو نوع معمول از مواد ایده‌آلی می‌باشند که در حوزه‌ی مکانیک مورد بررسی قرار می‌گیرند. در جامد الاستیک، تغییر شکل بر اثر نیروی خارجی بعد از حذف نیرو قابل برگشت است، ولی در سیال ویسکوز، سیال تحت نیروی خارجی جریان پیدا می‌کند. پلیمرها یک خصوصیت میانی بین جامد الاستیک و سیال ویسکوز را نشان می‌دهند. این شکل از مواد که هر دو خصوصیت شبه‌جامد و شبه‌سیالی را با هم دارند، ویسکوالاستیک نامیده می‌شود. در ویسکوالاستیسیته، یک پدیده‌ی اتلاف‌کنندگی (به سبب ویسکوزیته) علاوه بر الاستیسیته وجود دارد [۳].

۱-۳- رفتار ویسکوالاستیک خطی

قانون نیوتن، ویسکوزیته‌ی η را به صورت ضریبی که تنش را به گرادیان سرعت مربوط می‌کند، تعریف می‌شود:

$$\sigma = \eta \frac{\partial V}{\partial y} \quad (1-1)$$

که V سرعت و y جهت گرادیان سرعت است. برای گرادیان سرعت در صفحه‌ی $x-y$ می‌توان

¹-Boltzmann Superposition Principle

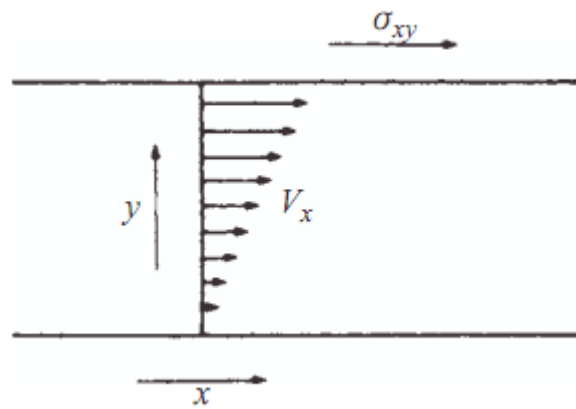
²-Creep And Relaxation

نوشت:

$$\sigma_{xy} = \eta \left(\frac{\partial V_x}{\partial y} + \frac{\partial V_y}{\partial x} \right) \quad (2-1)$$

که $\frac{\partial V_x}{\partial y}$ و $\frac{\partial V_y}{\partial x}$ ، گرادیان سرعت در راستای y و x است. شکل (۱-۱) حالتی را نشان می‌دهد که

گرادیان سرعت در جهت y است.



شکل (۱-۱) گرادیان سرعت [۳].

از آنجایی که $V_x = \frac{\partial u}{\partial t}$ و $V_y = \frac{\partial v}{\partial t}$ و u و v جابجایی در راستاهای x و y هستند رابطه‌ی (۲-۱) به

شکل زیر تبدیل می‌شود:

$$\sigma_{xy} = \eta \left[\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial v}{\partial t} \right) \right] = \eta \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) = \eta \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial t} \quad (3-1)$$

که γ_{xy} کرنش برشی در صفحه‌ی xy می‌باشد. همان‌گونه که مشخص است در سیال، تنش به

تغییرات کرنش نسبت به زمان وابسته می‌باشد.

قانون هوک تشریح‌کننده‌ی رفتار جامد الاستیک خطی و قانون نیوتن برای سیال ویسکوز خطی