مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

بسم الله الرحمن الرحیم

۴۶۲۳۱

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

دانشگاه بوعلی سینا

۲۵ /۶۱ /۳۳۸۰

دانشکده مهندسی

گروه مکانیک

پـــایـــان نـــامـــه :

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک

(طراحی کاربردی)

عنـــوان :

مطالعه راندمان روشهای کنترل آورگلاس در اجزاء محدود

استـــاد راهنمـــا :
دکتر غلامحسین مجذوبی

013549

پـــژوهشگـــر:
فرزام فردوس فراهانی

شهریور ماه ۱۳۷۹

۳۶۲۳۱

دانشگاه بوعلی سینا
دانشکده مهندسی

موضوع :

مطالعه راندمان روشهای کنترل آورگلاس در کدهای اجزاء محدود

پایان نامه
به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم
برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته
مهندسی مکانیک - طراحی کاربردی
دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

نگارش:
فرزام فردوس فراهانی

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه:

امضاء اعضاء کمیته پایان نامه:

استاد راهنما: دکتر غلامحسین مجدوبی، دانشگاه بوعلی سینا - همدان

ممتحنین :

دکتربابک بیگدلی، دانشگاه آزاد اسلامی - تهران

دکتر فرامرز فرشته صنیعی، دانشگاه بوعلی سینا - همدان

شهریور ۱۳۷۹

تقدیم به :

پدر و مادر عزیز و فداکارم

تقدیر و تشکر :

باسپاس فراوان از استاد عالیقدر جناب آقای دکتر غلامحسین مجذوبی که با رهنمودهای ارزنده خویش، مرا در انجام این پایان نامه یاری نمودند.

چکیده

هدف اصلی در اجزاء محدود، یافتن حل یک مسئله پیچیده از طریق جایگزینی آن با یک مدل ساده تر میباشد و هنگامیکه مسئله واقعی با مدل ساده تری برای یافتن حل آن جایگزین گردید، قادر به یافتن حل تقریبی آن خواهیم بود. ابزار های ریاضی موجود برای یافتن جواب دقیق اکثر مسائل عملی کافی نیستند. بنابر این بخاطر عدم وجود روشهای مناسب دیگر برای یافتن حتی جواب تقریبی مسئله داده شده، ناگزیر از توسل به روشهای اجزاء محدود میباشیم. در روش اجزاء محدود، اغلب این امکان وجود دارد که با صرف محاسبات بیشتر، حل تقریبی را اصلاح ویا بهبود بخشید. از طرفی با توجه به محدودیت کامپیوترها روشهایی در اجزاء محدود مورد توجه قرار میگیرند که از حافظه کمتر استفاده کرده و سریعتر به جواب برسند.

یکی از مواردی که میتوان در زمان عملیات محاسباتی و حافظه مورد نیاز از طرف کامپیوتر صرفه جویی کرد، بکار بردن انتگرال با یک نقطه نمونه گوس میباشد. ولی استفاده از این شیوه باعث بوجود آمدن یک مُد ناپایداری بنام آورگلاس میشود. در این پروژه سعی شده است، در مسائل اجزاء محدود انتگرال یک نقطه ای گوس را همراه با کنترل ضد آورگلاس ارزیابی کرده و مزایا و معایب آن را بر شماریم. همچنین مقایسه ای بین روشهای مختلف کنترل آورگلاس موجود که کاربرد عمومی دارند، انجام شده است.

ابتدا در فصل اول اصول روشهای اجزاء محدود و سپس در فصل دوم به شیوه انتگرال گیری گوس و پدیده آورگلاس پرداخت شده است. در فصول سوم وچهارم بترتیب روشهای مختلف کنترل آورگلاس و برنامه های کامپیوتری نوشته شده، آورده شده اند. در فصل پنجم با کمک چند مثال عددی ساده مقایسه ای بین روشهای متفاوت صورت گرفته است. در انتها لیست برنامه های کامپیوتری ضمیمه شده است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : اصول اجزاء محدود

(۱-۱) مقدمه ۱

(۱-۲) معادلات اساسی مکانیک جامدات ۱

(۱-۲-۱) معادلات تعادل خارجی ۲

(۱-۲-۲) معادلات تعادل داخلی ۳

(۱-۲-۳) روابط تنش - کرنش ۵

(۱-۲-٤) روابط کرنش تغییر مکان ۷

(۱-۲-۵) معادلات سازگاری ۷

(۱-۳) معادلات دینامیکی حرکت ۸

(۱-٤) روابط المان ایزوپارامتریک ۱۱

(۱-٤-۱) المان شش وجهی سه بعدی ۱۲

(۱-٤-۲) المان چهار ضلعی دو بعدی ۱٦

(۱-۵) حل معادله درجه دوم کامل ۱۹

(۱-۵-۱) روش ضمنی (IMPLICIT) ۲۰

(۱-۵-۲) روش صریح (EXPLICIT) ۲۱

فصل دوم : انتگرال گیری عددی در اجزاء محدود و آورگلاس

(۲-۱) روش انتگرال گیری گوس ۲۲

(۲-۱-۱) انتگرال گیری یک بعدی ۲۲

(۲-۱-۲) انتگرال گیری دو بعدی در نواحی مستطیلی ۲۵

(۲-۱-۳) انتگرال گیری سه بعدی در شش وجهی ۲۶

(۲-۲) ناپایداری المان و شبکه ۲۶

(۲-۲-۱) آورگلاس درالمان شش وجهی ۲۷

(۲-۲-۲) آورگلاس درالمان چهارضلعی ۲۸

فصل سوم : روشهای کنترل آورگلاس

(۳-۱) روش کنترل الاستیک (سختی ضد آورگلاس) ۳۰

(۳-۱-۱) کنترل الاستیک برای المان شش وجهی ۳۰

(۳-۱-۲) کنترل الاستیک برای المان چهار ضلعی ۳۵

(۳-۲) روش کنترل DYNA3D ۳۶

(۳-۳) روش کنترل ماتریس پایدار ساز ۳۶

(۳-٤) روش کنترل هانسبو ۳۷

فصل چهارم : برنامه های کامپیوتری

(٤-۱) برنامه سه بعدی با روش صریح ۳۹

(٤-۲) برنامه دو بعدی با روش صریح ٤۲

(٤-۳) برنامه دو بعدی با روش ضمنی ٤۲

(٤-٤) زیر برنامه های استفاده شده ٤٤

فصل پنجم : چند مثال عددی و نتیجه گیری

(٥-۱) مثالهای سه بعدی ٤۷

(۵-۱-۱) تیر با تکیه گاه ساده در دو انتها ٤٧

(۵-۱-۲) تیر یک سر در گیر ۵۲

(۵-۲) مثالهای دو بعدی ۵٦

(۵-۲-۱) تیر با تکیه گاه ساده در دو انتها ۵٦

(۵-۲-۲) تیر یک سر در گیر ٦۰

(۵-۳) بحث و نتیجه گیری ٦۳

مراجع ۷۰

ضمائم ۷۱

فهرست جداول

شماره و عنوان — صفحه

جدول (۲-۱) مکانهای (r_i) و وزنهای (w_i) در انتگرال گیری گوس ۲٤

جدول (۲-۱) بردارهای جابجایی المان شش وجهی ۲۸

جدول (۲-۳) بردارهای جابجایی المان چهار ضلعی ۲۹

جدول (۵-۱) مقادیر جواب مثالها وخطای مربوطه نسبت به تئوری ٦۵

فهرست اشکال

شماره و عنوان　　صفحه

شکل (۱-۱) نیرو های خارجی　　۳

شکل (۱-۲) المان حجمی در نظر گرفته شده برای تعادل داخلی　　٤

شکل (۱-۳) المان شش وجهی باهشت گره　　۱۲

شکل (۱-٤) مختصات طبیعی برای یک المان چهار ضلعی　　۱۷

شکل(۲-۱) انتگرل گیری عددی　　۲۵

شکل(۲-۲) قاعده انتگرال گوس چهار نقطه ای　　۲۵

شکل (۲-۳) المان شش وجهی و مُـدهای جابجایی آن　　۲۸

شکل (۲-٤) المان چهار ضلعی و مُـدهای جابجایی آن　　۲۹

شکل (٤-۱) شمای ساختار برنامه EXPLICIT_3D　　٤۰

شکل (٤-۲) شمای ساختار برنامه IMPLICIT_2D　　٤۳

شکل (۵-۱) حل مسئله تیر با تکیه گاه ساده با انتگرال هشت نقطه ای　　٤۹

شکل (۵-۲) حل مسئله تیر با تکیه گاه ساده با انتگرال یک نقطه ای بدون کنترل　　۵۰

شکل (۵-۳) حل مسئله تیر با تکیه گاه ساده با انتگرال یک نقطه ای با کنترل الاستیک　　۵۰

شکل (۵-٤) حل مسئله تیر با تکیه گاه ساده با انتگرال یک نقطه ای با کنترل DYNA3D　　۵۱

شکل (۵-۵) جابجایی گره وسط تیر دو سر تکیه گاه در جهت محور y ها　　۵۱

شکل (۵-٦) حل مسئله تیر یک سر گیردار با انتگرال هشت نقطه ای　　۵۳

شکل (۵-۷) حل مسئله تیر با تکیه گاه ساده با انتگرال یک نقطه ای بدون کنترل ٥٤
شکل (۵-۸) حل مسئله تیر یک سر گیردار با انتگرال یک نقطه ای با کنترل الاستیک ٥٤
شکل (۵-۹) حل مسئله تیر یک سر گیردار با انتگرال یک نقطه ای با کنترل DYNA3D ٥٥
شکل (۵-۱۰) جابجایی گره انتهای تیر یک سر گیر دار در جهت محور y ها ٥٥
شکل (۵-۱۱) حل مسئله تیر با تکیه گاه ساده با انتگرال چهار نقطه ای ٥٧
شکل (۵-۱۲) حل مسئله تیر با تکیه گاه ساده با انتگرال یک نقطه ای بدون کنترل ٥٨
شکل (۵-۱۳) حل مسئله تیر با تکیه گاه ساده با انتگرال یک نقطه ای با کنترل الاستیک ٥٨
شکل (۵-۱٤) حل مسئله تیر با تکیه گاه ساده با انتگرال یک نقطه ای باکنترل DYNA3D ٥٩
شکل (۵-۱۵) جابجایی گره وسط تیر دو سر تکیه گاه در جهت محور y ها ٥٩
شکل (۵-۱٦) حل مسئله تیر یک سر گیردار با انتگرال چهار نقطه ای ٦١
شکل (۵-۱۷) حل مسئله تیر یک سر گیردار با انتگرال یک نقطه ای بدون کنترل ٦١
شکل (۵-۱۸) حل مسئله تیر یک سر گیردار با انتگرال یک نقطه ای با کنترل الاستیک ٦٢
شکل (۵-۱۹) حل مسئله تیر یک سر گیردار با انتگرال یک نقطه ای با کنترل DYNA3D ٦٢
شکل (۵-۲۰) جابجایی گره انتهای تیر یک سر گیردار در جهت محور y ها ٦٣
شکل (۵-۲۱) زمان اجرای برنامه EXPLICIT_3D برای تعداد المانهای مختلف ٦٦

شکل (۵-۲۲) زمان اجرای برنامه EXPLICIT_2D برای تعداد المانهای مختلف ٦٧

شکل (۵-۲۳) درصد کاهش زمان اجرای برنامه EXPLICIT_3D برای تعداد المانهای مختلف ٦٨

شکل (۵-۲٤) درصد کاهش زمان اجرای برنامه EXPLICIT_2D برای تعداد المانهای مختلف ٦٩

فصل اول

اصول اجزاء محدود

(۱-۱) مقدمه

روش اجزاء محدود بطور گسترده در زمینه های مکانیک جامدات وسازه ها مورد استفاده قرار میگیرد .انـواع مختلـف مسائل شامل تحلیل الاستیک ، الاستوپلاستیک و ویسکو الاستیک خرپاها ، قالبها ، ورقها ، پوسته ها و اجسام توپر را می تـوان بـا این روش بررسی کرد. باستفاده از این روش می توان هر دو مسائل استاتیکی و دینامیکی را تحلیـل نمـود. مـا در ایـن فصـل تحلیل الاستیک اجزاء محدود را برای مسائل دو و سه بعدی بررسی میکنیم.

(۱-۲) معادلات اساسی مکانیک جامدات

هدف اصلی از هر گونه تحلیل تنش یا حل هر مسئله مکانیک جامدات یافتن توزیع تغییر مکان و تنش تحت هر شـرایط بارگذاری و مرزی داده شده می باشد. برای پیدا کردن حل تحلیلی هـر مسـئله بـاید معـادلات اساسـی مربـوط بـه مکـانیک جامدات زیر را حل نمود:

نوع معادلات	تعداد معادلات		
	مسائل یک بعدی	مسائل دو بعدی	مسائل سه بعدی
معادلات تعادل	۱	۲	۳
روابط تنش - کرنش	۱	۳	٦
روابط تغییر مکان - کرنش	۱	۳	٦
تعداد کل معادلات	۳	۸	۱۵

کمیتهای مجهول که تعداد آنها برابر با تعداد معادلات موجود میباشد در مسائل گوناگون در زیر داده شده اند.

مجهولات	تعداد معادلات		
	مسائل یک بعدی	مسائل دو بعدی	مسائل سه بعدی
تغییر مکانها	u	u,v	u,v,w
تنشها	σ_{xx}	$\sigma_{xx},\sigma_{yy},\sigma_{xy}$	$\sigma_{xx},\sigma_{yy},\sigma_{zz}$ $\sigma_{xy},\sigma_{yz},\sigma_{xz}$
کرنشها	ε_{xx}	$\varepsilon_{xx},\varepsilon_{yy},\varepsilon_{xy}$	$\varepsilon_{xx},\varepsilon_{yy},\varepsilon_{zz}$ $\varepsilon_{xy},\varepsilon_{yz},\varepsilon_{xz}$
تعداد کل مجهولات	۳	۸	۱۵

بنابر این برای یافتن راه حل هر مسئله تحلیل تنش ناگزیر هستیم معادلاتی را که تعداد آنها برابر تعداد مجهولات است حل کنیم. در عمل ، همچنین باید برخی معادلات اضافی دیگر بنام معادلات سازگاری و نیز شرائط مرزی را ارضا نمائیم.

هر چند راه حل تحلیلی باید همه معادلات فوق الذکر را ارضا کند اما راه حلهای عددی نظیر راه حلهائیکه با استفاده از روش اجزاء محدود بدست می آیند همه معادلات را ارضا نمی نمایند. با اینحال فهم مناسب معادلات اساسی مکانیک جامدات در استخراج معادلات اجزاء محدود و نیز در بر آورد خطای حاصل بسیار ضروری است. لذا در معادلات اجزاء محدود معادلات اساسی مکانیک جامدات بصورت زیر خلاصه می شوند .

(۱-۲-۱) معادلات تعادل خارجی

اگر یک جسم تحت اثر نیروهای استاتیکی در حالت تعادل باشد , نیروها و ممانهای عکس العمل ایجاد شده در تکیه گاهها باید در تعادل با نیروها وممانهای وارده خارجی باشند. بعبارت دیگر ، معادلات تعادل نیرو و تنش باید برای جسم ارضا گردند. اگر ϕ_Z,ϕ_Y,ϕ_X نیروهای ثقلی ، Φ_Z,Φ_Y,Φ_X نیروهای گسترده خارجی ، P_Z,P_Y,P_X نیروهای متمرکز خارجی ، Q_Z,Q_Y,Q_X لنگرهای متمرکز خارجی باشند ، معادلات تعادل خارجی را میتوان بصورت زیر بیان نمود :

$$\begin{cases} \int_S \Phi_x ds + \int_V \phi_x dv + \sum P_x = 0 \\ \int_S \Phi_y ds + \int_V \phi_y dv + \sum P_y = 0 \\ \int_S \Phi_z ds + \int_V \phi_z dv + \sum P_z = 0 \end{cases} \qquad (1\text{-}1)$$