دانشکده فنی

پایان نامه کارشناسی ارشد

تحلیل عددی خمش الاستوپلاستیک ورق های میندلین

از :

هانیه گل کوبی

استاد راهنما :

دکتر نصرت اله فلاح

بهمن ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده فنی

گروه عمران

(گرایش سازه)

تحلیل عددی خمش الاستوپلاستیک ورق های میندلین

از :

هانیه گل کوبی

استاد راهنما :

دکتر نصرت اله فلاح

بهمن ۱۳۹۱

تقدیم به:

پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم

و به مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر

و به :

همسرم، اسطوره زندگیم، پناه خستگیم و امید بودنم

تقدیر و تشکر

لازم می دانم از زحمات بی دریغ، تلاش های بی وقفه و راهنمایی های ارزشمند استاد گرامی جناب آقای دکتر نصرت اله فلاح و زحمات جناب آقای مهندس میلاد ابراهیم نژاد در راستای انجام این پروژه کمال تشکر قدردانی را به عمل آورم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول ها..... د
فهرست شکل ها..... ذ
فهرست علائم اختصاری..... ر
فهرست حروف اختصاری..... ز
چکیده فارسی..... س
چکیده انگلیسی..... ش

فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه..... ۲
۱-۲ طبقه بندی صفحات از جنبه های مختلف..... ۲
۱-۲-۱ از جنبه ضخامت..... ۲
۱-۲-۲ از جنبه جنس مصالح..... ۲
۱-۲-۳ از جنبه خاصیت ارتجاعی..... ۲
۱-۲-۴ از جنبه تعداد لایه ها..... ۲
۱-۳ تئوری های رایج در تحلیل ورق ها..... ۳
۱-۴ روش های تحلیل ورق ها..... ۳
۱-۴-۱ روش های تحلیلی..... ۳
۱-۴-۲ روش های عددی..... ۴
۱-۵ هدف از انجام این پایان نامه..... ۴
۱-۶ معرفی فصل های پایان نامه..... ۴

فصل دوم:معرفی روش احجام محدود و مروری بر کارهای گذشته

۲-۱ مقدمه..... ۷
۲-۲ معرفی روش $CV-FV$..... ۷
۲-۳ معرفی روش $CC-FV$..... ۸
۲-۳-۱ روش استفاده از دستگاه مختصات محلی غیر متعامد..... ۹
۲-۳-۲ روش استفاده از المان موقتی در دستگاه مختصات طبیعی..... ۱۰
۲-۴ مروری بر کارهای گذشته..... ۱۲

فصل سوم:درونیابی به روش *RPIM*

۳-۱ مقدمه ۱۵

۳-۲ روش های تولید توابع شکل ۱۵

۳-۲-۱ روش *PPIM* ۱۵

۳-۲-۲ روش *MLS* ۱۶

۳-۲-۳ روش *RPIM* ۱۷

۳-۳ خواص تابع شکل *RPIM* تکمیل شده با چند جمله ای ها ۲۲

۳-۴ مروری بر کارهای گذشته ۲۲

فصل چهارم:تحلیل رفتار الاستوپلاستیک تیر تیموشنکو با استفاده از روش احجام محدود

۴-۱ مقدمه ۲۵

۴-۲ فرضیات تیر برنولی و تیر تیموشنکو ۲۵

۴-۳ استخراج روابط مبتنی بر تحلیل تیر تیموشنکو به روش احجام محدود ۲۵

۴-۴ شرایط مرزی ۲۸

۴-۵ تحلیل پلاستیک تیر تیموشنکو ۳۰

۴-۶ مثال های عددی ۳۱

۴-۶-۱ مثال اول ۳۲

۴-۶-۲ مثال دوم ۳۴

۴-۶-۳ مثال سوم ۳۵

۴-۶-۴ مثال چهارم ۳۶

۴-۶-۵ مثال پنجم ۳۷

۴-۷ نتیجه گیری ۴۲

فصل پنجم:تحلیل رفتار الاستوپلاستیک ورق میندلین با استفاده از روش احجام محدود

۵-۱ مقدمه ۴۴

۵-۲ فرضیات ورق کیرشهف و ورق میندلین ۴۴

۵-۳ استخراج روابط مبتنی بر تحلیل ورق میندلین به روش احجام محدود ۴۵

۵-۴ شرایط مرزی ۵۲

۵-۴-۱ شرایط مرزی هندسی ۵۳

۵-۴-۲ شرایط مرزی نیرویی ۵۳

۵-۴-۳ شرایط مرزی ترکیبی..... ۵۳
۵-۵ تحلیل پلاستیک ورق میندلین..... ۵۴
۵-۶ روند حل معادلات..... ۵۵
۵-۷ مثال های عددی..... ۵۷
۵-۷-۱ مثال اول..... ۵۸
۵-۷-۲ مثال دوم..... ۶۰
۵-۷-۳ مثال سوم..... ۶۱
۵-۷-۴ مثال چهارم..... ۶۳
۵-۷-۵ مثال پنجم..... ۶۴
۵-۷-۶ مثال ششم..... ۶۵
۵-۷-۷ مثال هفتم..... ۶۶
۵-۸ نتیجه گیری..... ۶۷

فصل ششم: تحلیل رفتار الاستوپلاستیک ورق میندلین با استفاده از روش *RPIM* برای تشکیل توابع درونیابی در روش احجام محدود

۶-۱ مقدمه..... ۶۹
۶-۲ استخراج روابط مبتنی بر تحلیل ورق میندلین با استفاده از روش *RPIM* برای تشکیل توابع درونیابی در روش احجام محدود..... ۶۹
۶-۳ شرایط مرزی..... ۷۷
۶-۴ تعیین پارامترهای روش *RPIM*..... ۷۸
۶-۵ تحلیل پلاستیک ورق میندلین..... ۷۹
۶-۶ مثال های عددی..... ۷۹
۶-۶-۱ مثال اول..... ۷۹
۶-۶-۲ مثال دوم..... ۸۲
۶-۶-۳ مثال سوم..... ۸۲
۶-۶-۴ مثال چهارم..... ۸۴
۶-۶-۵ مثال پنجم..... ۸۴
۶-۶-۶ مثال ششم..... ۸۵
۶-۶-۷ مثال هفتم..... ۸۷
۶-۷ مقایسه نتایج عددی روش احجام محدود و روش احجام محدود با استفاده از توابع شکل *RPIM* برای درونیابی در تحلیل ورق..... ۸۸

۶-۷-۱ مثال اول ۸۸
۶-۷-۲ مثال دوم ۹۰
۶-۷-۳ مثال سوم ۹۱
۶-۸ نتیجه گیری ۹۲

فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات برای ادامه تحقیقات

۷-۱ مقدمه ۹۵
۷-۲ نتیجه گیری ها ۹۵
۷-۳ پیشنهادات ۹۶

مراجع ۹۷

فهرست جداول

عنوان جدول

صفحه

فصل سوم

جدول ۳-۱ انواع توابع پایه شعاعی و پارامترهای بدون بعد هر یک..... ۱۹

فصل چهارم

جدول ۴-۱ حداکثر جابجایی قائم در تیر با مقطع مستطیلی با شرایط تکیه گاهی متفاوت بر اساس تئوری تیموشنکو..... ۳۱
جدول ۴-۲ جابجایی قائم در طول تیر با مقطع مستطیلی..... ۳۴
جدول ۴-۳ حداکثر لنگر خمشی در تیر با شرایط تکیه گاهی متفاوت..... ۳۸
جدول ۴-۴ درصد خطای بار تسلیم در تیر دو سر مفصل..... ۳۹
جدول ۴-۵ درصد خطای بار تسلیم در تیر دو سر گیردار..... ۴۰
جدول ۴-۶ درصد خطای بار تسلیم در تیر کنسول..... ۴۱

فصل پنجم

جدول۵-۱ جابجایی قائم در مرکز ورق مستطیلی نازک با شرایط تکیه گاهی متفاوت..... ۵۷
جدول۵-۲ لنگر خمشی در ورق مستطیلی نازک با شرایط تکیه گاهی متفاوت برای $b/a=1$..... ۵۸
جدول۵-۳ جابجایی قائم در مرکز ورق مربعی چهار طرف مفصل تحت بار گسترده q برای نسبت های متفاوت a/t..... ۶۱
جدول۵-۴ مقدار عددی β' برای محاسبه لنگر خمشی $M_x=\beta' qa^2$ در راستای محور x ها، در محل $y=0$ برای $b/a=1$... ۶۳

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

فصل دوم

شکل۲-۱ حجم کنترل در روش $CV-FV$ حول گره O ۸
شکل۲-۲ دو حجم کنترل مجاور هم..... ۸
شکل۲-۳ حجم کنترل در روش $CC-FV$ ۹
شکل۲-۴ دستگاه مختصات غیر متعامد محلی در وجه مشترک..... ۹
شکل۲-۵ المان موقتی در دستگاه مختصات طبیعی..... ۱۰
شکل۲-۶ خلاصه ی نحوه استخراج روابط در روش احجام محدود..... ۱۱

فصل سوم

شکل۳-۱ مثلث خیام – پاسکال در حالت دو بعدی..... ۱۸

فصل چهارم

شکل۴-۱ درجات آزادی در مدل احجام محدود تیر تیموشنکو..... ۲۶
شکل۴-۲ نیروهای داخلی و خارجی موثر بر حجم کنترل p ۲۶
شکل۴-۳ المان موقتی در دستگاه مختصات سراسری و محلی..... ۲۷
شکل۴-۴ حجم کنترل داخلی و حجم های مجاورش..... ۲۸
شکل۴-۵ حجم کنترل نقطه ای در مرز انتهایی تیر..... ۲۹
شکل۴-۶ روند توسعه تسلیم در تیر تیموشنکو با افزایش بارگذاری..... ۳۰
شکل۴-۷ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط دهانه تیر دو سر مفصل تحت بار گسترده..... ۳۲
شکل۴-۸ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط دهانه تیر دو سر مفصل تحت بار متمرکز در وسط..... ۳۳
شکل۴-۹ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط دهانه تیر دو سر مفصل به ازای مقادیر متفاوت L/h ۳۳
شکل۴-۱۰ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط دهانه تیر دو سر مفصل به ازای مقادیر متفاوت L/h ۳۳
شکل۴-۱۱ تغییرات جابجایی قائم در طول دهانه تیر کنسول تحت بار گسترده..... ۳۴
شکل۴-۱۲ تغییرات جابجایی قائم در طول دهانه تیر کنسول تحت بار متمرکز در انتهای آزاد..... ۳۵
شکل۴-۱۳ تغییرات جابجایی قائم در طول دهانه تیر یکسر گیردار- یکسر مفصل تحت بار گسترده..... ۳۵

شکل۴-۱۴ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط دهانه تیر دو سر گیردار تحت بار گسترده..... ۳۶
شکل۴-۱۵ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط دهانه تیر دو سر گیردار تحت بار متمرکز در وسط..... ۳۶
شکل۴-۱۶ تغییرات لنگر خمشی در طول دهانه تیر دو سر گیردار تحت بار گسترده..... ۳۷
شکل۴-۱۷ تغییرات لنگر خمشی در طول دهانه تیر دو سر گیردار تحت بار متمرکز در وسط..... ۳۷
شکل۴-۱۸ تغییرات بار- جابجایی قائم در تیر دو سر مفصل تحت بار گسترده..... ۳۸
شکل۴-۱۹ تغییرات بار- جابجایی قائم در تیر دو سر مفصل تحت بار متمرکز در وسط..... ۳۹
شکل۴-۲۰ تغییرات بار- جابجایی قائم در تیر دو سر گیردار تحت بار گسترده..... ۴۰
شکل۴-۲۱ تغییرات بار- جابجایی قائم در تیر دو سر گیردار تحت بار متمرکز در وسط..... ۴۰
شکل۴-۲۲ تغییرات بار- جابجایی قائم در تیر کنسول تحت بار گسترده..... ۴۱
شکل۴-۲۳ تغییرات بار- جابجایی قائم در تیر کنسول تحت بار متمرکز در انتهای آزاد..... ۴۱

فصل پنجم

شکل۵-۱ الف) قرارداد لنگر، نیروی برشی. ب) دوران مقطع مثبت..... ۴۶
شکل۵-۲ الف) حجم کنترل مرکز المان. ب) حجم کنترل مجاور مرز..... ۴۸
شکل۵-۳ حجم کنترل های مجاور هم..... ۴۹
شکل۵-۴ نمونه ای از گره های مرزی و داخلی احاطه شده بوسیله ناحیه اتصال مراکز المان های اطراف..... ۵۲
شکل۵-۵ تغییرات تنش-کرنش در مواد الاستوپلاستیک..... ۵۶
شکل۵-۶ نقاط محاسبه جابجایی و لنگر در ورق..... ۵۷
شکل۵-۷ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف مفصل تحت بار گسترده سطحی..... ۵۸
شکل۵-۸ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف مفصل تحت بار متمرکز در وسط..... ۵۹
شکل۵-۹ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف گیردار تحت بار گسترده سطحی..... ۵۹
شکل۵-۱۰ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف گیردار تحت بار متمرکز در وسط..... ۵۹
شکل۵-۱۱ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق دو طرف گیردار- دو طرف مفصل تحت بار گسترده . ۶۰
شکل۵-۱۲ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق سه طرف گیردار- یک طرف مفصل تحت بار گسترده ۶۰
شکل۵-۱۳ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف مفصل به ازای مقادیر متفاوت a/t..... ۶۱
شکل۵-۱۴ تغییرات درصد خطا در پیش بینی لنگر M_x و M_y در وسط ورق چهار طرف مفصل..... ۶۲
شکل۵-۱۵ تغییرات درصد خطا در پیش بینی لنگر M_x و M_y در وسط ورق چهار طرف گیردار..... ۶۲
شکل۵-۱۶ تغییرات درصد خطا در پیش بینی لنگر M_x در وسط ورق دو طرف گیردار- دو طرف مفصل ۶۲
شکل۵-۱۷ تغییرات درصد خطا در پیش بینی لنگر My در وسط ورق دو طرف گیردار- دو طرف مفصل ۶۳
شکل۵-۱۸ تغییرات لنگر خمشی M_x در طول ورق چهار طرف مفصل در راستای محور x ها در محل $y=0$ ۶۳
شکل۵-۱۹ تغییرات بار- جابجایی قائم در ورق چهار طرف مفصل تحت بار گسترده..... ۶۴

شکل۵-۲۰ تغییرات بار- جابجایی قائم در ورق چهار طرف گیردار تحت بار گسترده..... ۶۴
شکل۵-۲۱ تغییرات بار- جابجایی قائم در ورق دو طرف مفصل- دو طرف گیردار تحت بار گسترده..... ۶۴
شکل۵-۲۲ روند توسعه تسلیم در ورق چهار طرف گیردار تحت بار گسترده..... ۶۵
شکل۵-۲۳ روند توسعه تسلیم در ورق چهار طرف مفصل تحت بار گسترده..... ۶۶

فصل ششم

شکل۶-۱ الف) قرارداد لنگر، نیروی برشی. ب) دوران مقطع مثبت..... ۷۳
شکل۶-۲ میدان تاثیر گره x_q ۷۶
شکل۶-۳ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف مفصل تحت بار گسترده سطحی..... ۸۰
شکل۶-۴ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف مفصل تحت بار متمرکز در وسط..... ۸۰
شکل۶-۵ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف گیردار تحت بار گسترده سطحی..... ۸۰
شکل۶-۶ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف گیردار تحت بار متمرکز در وسط..... ۸۱
شکل۶-۷ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق دو طرف گیردار- دو طرف مفصل تحت بار گسترده... ۸۱
شکل۶-۸ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق سه طرف گیردار- یک طرف مفصل تحت بار گسترده. ۸۱
شکل۶-۹ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف مفصل به ازای مقادیر متفاوت a/t..... ۸۲
شکل۶-۱۰ تغییرات درصد خطا در پیش بینی لنگر M_x و M_y در وسط ورق چهار طرف مفصل..... ۸۳
شکل۶-۱۱ تغییرات درصد خطا در پیش بینی لنگر M_x و M_y در وسط ورق چهار طرف گیردار..... ۸۳
شکل۶-۱۲ تغییرات درصد خطا در پیش بینی لنگر My در وسط ورق دو طرف گیردار- دو طرف مفصل ۸۳
شکل۶-۱۳ تغییرات لنگر خمشی M_x در طول ورق چهار طرف مفصل در راستای محور x ها در محل $y=0$ ۸۴
شکل۶-۱۴ تغییرات بار- جابجایی قائم در ورق چهار طرف مفصل تحت بار گسترده..... ۸۴
شکل۶-۱۵ تغییرات بار- جابجایی قائم در ورق چهار طرف گیردار تحت بار گسترده..... ۸۵
شکل۶-۱۶ تغییرات بار- جابجایی قائم در ورق دو طرف مفصل- دو طرف گیردار تحت بار گسترده..... ۸۵
شکل۶-۱۷ روند توسعه تسلیم در ورق چهار طرف گیردار تحت بار گسترده..... ۸۶
شکل۶-۱۸ روند توسعه تسلیم در ورق چهار طرف مفصل تحت بار گسترده..... ۸۷
شکل۶-۱۹ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف مفصل تحت بار گسترده ۸۸
شکل۶-۲۰ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف مفصل تحت بار متمرکز در وسط..... ۸۹
شکل۶-۲۱ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف گیردار تحت بار گسترده..... ۸۹
شکل۶-۲۲ تغییرات درصد خطا در پیش بینی جابجایی قائم وسط ورق چهار طرف گیردار تحت بار متمرکز در وسط..... ۸۹
شکل۶-۲۳ تغییرات درصد خطا در پیش بینی لنگر M_x و M_y در وسط ورق چهار طرف گیردار..... ۹۰
شکل۶-۲۴ تغییرات درصد خطا در پیش بینی لنگر My در وسط ورق دو طرف گیردار- دو طرف مفصل ۹۱
شکل۶-۲۵ تغییرات بار- جابجایی قائم در ورق چهار طرف مفصل تحت بار گسترده..... ۹۱

شکل۶-۲۶ تغییرات بار- جابجایی قائم در ورق چهار طرف گیردار تحت بار گسترده..... ۹۲
شکل۶-۲۷ تغییرات بار- جابجایی قائم در ورق دو طرف مفصل- دو طرف گیردار تحت بار گسترده..... ۹۲

فهرست علائم اختصاری

توضیح	علامت اختصاری
عرض تیر	b
ارتفاع تیر	h
مختصات طبیعی	η,ξ
جابجایی گره i	u_i
طول خط واصل مراکز دو المان	d_i
طول وجه مشترک دو المان	S_i
زوایای محورهای مختصات سراسری و طبیعی	β,α
تابع شکل گره i	N_i
مختصات طبیعی گره i	s_i,r_i
مختصات گره i در دستگاه مختصات سراسری	y_i,x_i
توابع پایه چند جمله ای	$p_i(x)$
توابع پایه شعاعی	$R_i(x)$
فاصله متوسط گره ها	d_c
پارامترهای شکل	q,α_c
ماتریس ممان انتقالی	$p_m^T R_Q^{-1} p_m$
دوران مقطع تیر، دوران نرمال میان صفحه ورق در صفحه xz و yz	β_y,β_x,β
جابجایی قائم	W
برش روی وجه i حجم کنترل	Q_i
لنگر خمشی روی وجه i حجم کنترل	M_i
بردار عمود بر وجه های حجم کنترل	n_i
نیروی متمرکز	F_k
بار گسترده یکنواخت	q
مدول الاستیسیته	E
ممان اینرسی	I
مدول برشی	G
مساحت مقطع	A
ضریب تصحیح برشی	K_s
ضریب پواسون	ν
کرنش برشی تیر و کرنش های برشی در صفحات xz و yz	$\gamma_{yz},\gamma_{xz},\gamma$

پارامتر سخت شوندگی	H'
تنش تسلیم	$\sigma_{\circ}$
طول تیر	L
کرنش های عمودی در جهات x و y و در صفحه xy	$\xi_{xx},\xi_{yy},\xi_{xy}$
سختی خمشی	D
فاصله وجه تا نقطه i	d_{fi}
ضخامت ورق	t
طول و عرض ورق	a,b

فهرست حروف اختصاری

حرف اختصاری	توضیح
FD	روش تفاضل محدود (*Finite difference method*)
FEM	روش اجزا محدود (*Finite element method*)
BE	روش اجزا مرزی (*Boundary element method*)
FVM	روش احجام محدود (*Finite volume method*)
FS	روش نوارهای محدود (*Finite strip method*)
RPIM	روش درونیابی نقطه ای شعاعی (*Radial point interpolation method*)
CV – FV	روش احجام محدود راس سلول (*Cell vertex finite volume*)
CC – FV	روش احجام محدود مرکز سلول (*Cell centered finite volume*)
PPIM	روش درونیابی نقطه ای چند جمله ای (*Polynomial point interpolation method*)
MLS	روش حداقل مربعات موثر (*Moving least square*)
MQ	تابع مرتبه چهار (*Multi quadric*)
TPS	تابع اسپیلاین (*Thin plate spline*)
RBF	تابع پایه شعاعی (*Radial basis function*)
GP	نقطه گاوس (*Gauss point*)

چکیده

تحلیل عددی خمش الاستوپلاستیک ورق های میندلین

هانیه گل کوبی

ورق ها یکی از اجزاء سازه ای بوده که بحث های مرتبط به آن یکی از مباحث بنیادی در مطالعه مکانیک سازه ها می باشد. همچنین ورق ها در حوزه های مختلف مهندسی عمران و مکانیک کاربرد دارند. دال های بتن آرمه و کف های فلزی از مثال های آشنای کاربرد آن در مهندسی عمران بوده و همچنین استفاده از ورق ها در ساخت بدنه کشتی ها و هواپیماها از جمله کاربردهای آن در مهندسی مکانیک و هوا فضا می باشد.برای تحلیل ورق ها از تئوری های مختلفی استفاده می شود که تئوری کیرشهف و تئوری میندلین- رایسنر از آنجمله می باشند. از دیرباز با توجه به محدودیت توانایی روش های تحلیلی در توضیح رفتار ورق ها با ویژگی هندسی پیچیده، بکارگیری و توسعه روش های عددی مورد توجه بوده است. روش احجام محدود که حاصل تحقیقات در سال های اخیر می باشد، توانایی چشمگیری در تحلیل الاستیک ورق ها در آن دیده شده است. در مهندسی عمران وقتی ورق تحت شرایط بارگذاری غیرعادی قرار گیرد و یا در کاربردهای صنعتی وقتی شکل دهی ورق مورد نظر باشد، بررسی رفتار پلاستیک ورق ضروری می باشد. هدف در این پایان نامه توسعه روش احجام محدود برای تحلیل پلاستیک ورق براساس تئوری میندلین – رایسنر می باشد.

کلید واژه: احجام محدود ، ورق ، الاستوپلاستیک ، میندلین ، رایسنر

Abstract

Numerical Analysis of Elastoplastic Bending of Mindlin Plates

Hanieh Golkoubi

Plates are one of the structural elements which important still under study by researcher of the field of arguments relevant to them are one of the Mechanics of Structures. Plates are being used in various civil and mechanical engineering applications.

Reinforced concrete slabs and steel floors are of examples of its application in civil engineering, also use of plates in manufacturing of ship hull or fuselage is among the usage of it in mechanical and aerospace engineering. Different theories is used for the analysis of plates such as Kirchhoff and Mindlin-Reissner theories. Due to the limited ability of analytical methods to describe the behavior of plates with complex geometries, development and application of numerical methods have been traditionally under consideration. Considerable ability of the finite volume method in elastic analysis of plates has been revealed in the light of recent researches .

In civil engineering when the plates are under severe loading condition or when the forming of plate is intended for industrial applications, invest studing the plastic behavior of plate is required.

The aim of this thesis is to develope a finite volume based formulation for plastic analysis of plates based on the Mindlin-Reissner Plate Theory.

Key words: Finite Volumes, Plate, Elastoplastic, Mindlin.

«فصل اول»

مقدمه