



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده هوا فضا

گروه سازه های هوایی

پایان نامه کارشناسی ارشد

اثر تنش T بر روی ضریب شدت تنش اجسام ترک دار

استاد راهنما:

دکتر سعید ایرانی

نگارش:

داود محمودی

اسفند ۸۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که لحظه لحظه زندگیم سرشار از لطف
و محبتشان و وجودشان گرمی بخش زندگیم است.

با تشکر از:

استاد گرامی آقای دکتر ایرانی به خاطر راهنماییهای ارزنده ایشان که به

عنوان استاد راهنما من را در انجام این پروژه راهنمایی کردند.

چکیده :

مکانیک شکست از مباحث مهم در علم مکانیک است. مشخص بودن پارامترهای نوک ترک حائز اهمیت می باشد. در این پایان نامه با استفاده از کد APDL در نرم افزار Ansys، نمونه خمشی چهارنقطه‌ای مدل‌سازی می شود و در ادامه ضرایب شدت تنش محاسبه می گردد. این محاسبات برای ۴۵۰ حالت هندسی و فواصل بارگذاری انجام خواهد شد و تاثیر ابعاد نمونه و فاصله بارگذاری نشان داده می شود.

تنش T ترم ثابت میدان تنش است که مقدار آن مستقل از فاصله نقاط از نوک ترک بوده و بطور یکنواخت در تمام قطعه اعمال می گردد. این ترم بر روی پارامترهای شکست تاثیر می‌گذارد در ضمن در این تحقیق تاثیر این ترم مشخص شده است و نحوه تغییر تنش T با هندسه و بارگذاری در نمونه خمشی چهار نقطه‌ای نشان داده شده است.

کلمات کلیدی: مکانیک شکست، تنش T ، ضرایب شدت تنش، نمونه خمشی چهارنقطه‌ای.

فصل اول: مقدمه و پیشینه پژوهش

۲	..... (۱-۱) مقدمه
۳	..... (۲-۱) پیشینه پژوهشها در زمینه مکانیک شکست
۷	..... (۳-۱) پیشینه پژوهشها در زمینه تنش T
۹	..... (۴-۱) اهمیت ترم تنش T
۱۰	..... (۵-۱) معرفی مباحث پروژه

فصل دوم: مفاهیم اساسی مکانیک شکست

۱۲	..... (۱-۲) مقدمه‌ای بر مکانیک شکست
۱۲	..... (۲-۲) عوامل شکست
۱۳	..... (۳-۲) انواع شکست قطعات
۱۳	..... (۱-۳-۲) شکست نرم
۱۳	..... (۲-۳-۲) شکست ترد
۱۴	..... (۴-۲) تعریف مودهای داخل صفحه ای ترک
۱۵	..... (۵-۲) میدان تنش و جابه جایی اطراف نوک ترک

فصل سوم: محاسبه ضرایب شدت تنش و تنش T

۲۵	..... (۱-۳) روش های بدست آوردن ضرایب شدت تنش
۲۶	..... (۱-۱-۳) روش تحلیلی

- ۲۶.....توابع موسخلیشولی (۱-۱-۱-۳)
- ۲۷.....توابع تنش وسترگاد (۲-۱-۱-۳)
- ۲۷.....توابع وزنی بوکنر (۳-۱-۱-۳)
- ۲۸.....روش های عددی (۲-۱-۳)
- ۲۸.....روش المان محدود (۱-۲-۱-۳)
- ۲۹.....روش المان مرزی (۲-۲-۱-۳)
- ۲۹.....روش انتگرال J (۳-۲-۱-۳)
- ۳۲.....روش تجربی (۳-۱-۳)
- ۳۲.....چقرمگی شکست (ضریب شدت تنش بحرانی) (۲-۳)
- ۳۴.....T محاسبه تنش (۳-۳)
- ۳۶.....T برای مود ترکیبی اول و دوم (۴-۳)
- ۳۹.....آنالیز ابعادی (۵-۳)

فصل چهارم: معرفی نمونه خمشی چهار نقطه ای

- ۴۱.....بررسی نمونه های متداول در مود ترکیبی I و II (۱-۴)
- ۴۱.....نمونه با ترک مرکزی تحت بار کششی (۱-۱-۴)
- ۴۲.....نمونه با ترک لبه ای تحت بار کششی (۲-۱-۴)
- ۴۲.....نمونه دیسکی با ترک لبه ای داخلی (۳-۱-۴)
- ۴۳.....نمونه خمشی سه نقطه (۴-۱-۴)
- ۴۳.....معیارهای ارزیابی نمونه های مود ترکیبی (۲-۴)

- ۴-۳) معرفی نمونه خمشی چهار نقطه ای..... ۴۵
- ۴-۴) محاسبه ضرایب شدت تنش K_I و K_{II} برای نمونه خمشی چهار نقطه ای..... ۴۵

فصل پنجم: مدل سازی اجزاء محدود مسئله

- ۵-۱) مدل سازی اجزاء محدود مسئله..... ۵۲
- ۵-۲) ساخت مدل نمونه خمشی چهار نقطه ای..... ۵۲
- ۵-۳) تعریف مسئله و فرضیات حاکم..... ۵۳
- ۵-۴) تعریف مدل در نرم افزار..... ۵۳
- ۵-۵) تعریف المان در نوک ترک..... ۵۵
- ۵-۶) دلیل انتخاب المان PLANE82..... ۵۶
- ۵-۷) المان ریزی کل مدل..... ۵۷
- ۵-۸) روند محاسبه انتگرال J در نرم افزار..... ۵۸
- ۵-۹) محاسبه ضرایب شدت تنش در نرم افزار..... ۵۹

فصل ششم: بررسی ضرایب هندسی موجود در مراجع مختلف

- ۶-۱) ضریب هندسی خمشی (Y_I) و برشی (Y_{II})..... ۶۱
- ۶-۲) بررسی ضرایب هندسی موجود در مراجع مختلف..... ۶۳
- ۶-۳) بحث و بررسی..... ۶۹
- ۶-۴) نتیجه گیری..... ۷۰

فصل هفتم : بحث و بررسی روی نتایج

- ۷۲..... بحث و بررسی روی نتایج (۱-۷)
- ۷۴..... اثر هندسه نمونه بر روی تنش T (۲-۷)
- ۷۵..... اثر هندسه نمونه بر روی ضریب شدت تنش (۳-۷)
- ۷۸..... اثر هندسه نمونه بر روی پارامتر B (۴-۷)
- ۸۱..... بحث و بررسی در مورد نتایج جداول (۵-۷)

فصل هشتم:

- ۸۴..... نتیجه گیری (۱-۸)
- ۸۵..... ارائه پیشنهادات (۲-۸)

پیوست ۱: محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای نمونه خمشی چهارنقطه ای

- ۸۶..... تحت بارگذاری ترکیبی (۱-۸)

- ۱۴۰..... منابع و مراجع (۱-۸)

فهرست اشکال

صفحه	عنوان اشکال
۴.....	شکل (۱-۱) شکست های رخ داده در کشتی های آزادی.....
۱۵.....	شکل (۱-۲) انواع مودهای داخل صفحه ای الف) مود اول ب) مود دوم ج) مود سوم.....
۱۶.....	شکل (۲-۲) میدان تنش در نوک ترک الف) دستگاه دکارتی ب) دستگاه قطبی.....
۳۱.....	شکل (۱-۳) مدار اختیاری در اطراف نوک ترک.....
۴۱.....	شکل (۱-۴) نمونه با ترک مرکزی تحت بار کششی.....
۴۲.....	شکل (۲-۴) نمونه با ترک لبه ای تحت بار کششی.....
۴۲.....	شکل (۳-۴) نمونه دیسکی با ترک لبه ای داخلی.....
۴۳.....	شکل (۴-۴) نمونه خمشی سه نقطه ای.....
۴۷.....	شکل (۵-۴) نمونه های خمشی چهارنقطه ای متقارن.....
۴۷.....	شکل (۶-۴) نمونه خمشی چهارنقطه ای پادمتقارن.....
۴۸.....	شکل (۷-۴) نمونه خمشی چهارنقطه ای تحت بارگذاری الف) متقارن ب) پادمتقارن.....
۴۹.....	شکل (۸-۴) نمونه خمشی چهارنقطه ای پادمتقارن با $a/W = 0.1$
۴۹.....	شکل (۹-۴) نمونه خمشی چهارنقطه ای پادمتقارن با $a/W = 0.9$
۵۰.....	شکل (۱۰-۴) نمونه خمشی چهارنقطه ای پادمتقارن با ترک در وسط قطعه.....
۵۰.....	شکل (۱۱-۴) نمونه خمشی چهارنقطه ای پادمتقارن با $d/W = 1.433$
۵۳.....	شکل (۱-۵) نمونه خمشی چهارنقطه ای پادمتقارن.....
۵۵.....	شکل (۲-۵) المان 82 plane (هشت گره ای).....
۵۶.....	شکل (۳-۵) نحوه مش بندی در نوک ترک با المان های منفرد.....
۵۹.....	شکل (۴-۵) تعریف نقاط ۱ تا ۵ برای برنامه الف) تعریف کل ترک ب) تعریف نصف ترک.....

شکل (۱-۶) مقایسه مقادیر محاسبه شده Y_I در سه مرجع وانگ، شکرانی و تحقیق حاضر..... ۶۲

شکل (۲-۶) مقایسه مقادیر محاسبه شده Y_{II} در سه مرجع وانگ، شکرانی و تحقیق حاضر..... ۶۳

شکل (۳-۶) نمونه های مورد آزمایش توسط مکوگنو و نات..... ۶۴

شکل (۴-۶) مقایسه مقادیر محاسبه شده F_I در مرجع فت و مرجع حاضر..... ۶۶

شکل (۵-۶) مقایسه مقادیر محاسبه شده F_{II} در مرجع فت و مرجع حاضر..... ۶۷

شکل (۶-۶) مقایسه مقادیر محاسبه شده F_{II} در مرجع هوچینسون و هی و مرجع حاضر..... ۶۸

شکل (۷-۶) مقایسه مقادیر محاسبه شده F_I در مرجع هوچینسون و هی و مرجع حاضر..... ۶۹

شکل (۱-۷) نمودار تنش T بر حسب طول ترک در $\frac{S}{w} = 0$ و $\frac{d}{w} = 0.5$

و مقایسه با نتایج مرجع [۳۰]..... ۷۲

شکل (۲-۷) مقایسه مقادیر محاسبه شده ضریب شدت تنش مود دوم در مراجع مختلف..... ۷۳

شکل (۳-۷) مقایسه مقادیر محاسبه شده ضریب شدت تنش مود دوم در مراجع مختلف..... ۷۳

شکل (۴-۷) تغییرات تنش T بر حسب طول ترک در فواصل مختلف ترک

از وسط نمونه و $\frac{d}{w} = 0.5$ ۷۴

شکل (۵-۷) تغییرات تنش T بر حسب فواصل مختلف ترک در طول ترک از وسط نمونه و

$\frac{d}{w} = 0.5$ ۷۴

شکل (۶-۷) تغییرات K_I بر حسب طول ترک در فواصل مختلف ترک از وسط نمونه و

$\frac{d}{w} = 0.5$ ۷۵

شکل (۷-۷) تغییرات K_I بر حسب فواصل مختلف ترک در طول ترک از وسط نمونه و

$\frac{d}{w} = 0.5$ ۷۶

شکل (۷-۸) تغییرات K_{II} برحسب طول ترک در فواصل مختلف ترک از وسط نمونه و

۷۶..... $\frac{d}{w} = 0.5$

شکل (۷-۹) تغییرات K_{II} برحسب فواصل مختلف ترک در طول ترک از وسط نمونه و

۷۷..... $\frac{d}{w} = 0.5$

شکل (۷-۱۰) تغییرات نسبت دو محوره برحسب طول ترک در فواصل مختلف ترک

۷۸..... $\frac{d}{w} = 0.5$ از وسط نمونه و

شکل (۷-۱۱) تغییرات نسبت دو محوره برحسب فواصل مختلف ترک

۷۹..... $\frac{d}{w} = 0.5$ در طول های مختلف ترک و

شکل (۷-۱۲) تغییرات نسبت دو محوره برحسب فواصل مختلف بار

۸۰..... $\frac{S}{w} = 0.4$ در نسبت طول های مختلف ترک و

شکل (۷-۱۳) نمودار تغییرات نسبت دو محوره برحسب طول های مختلف ترک

۸۱..... $\frac{S}{w} = 0.4$ در فواصل مختلف بار و

فهرست جداول

عنوان جداول

صفحه

- جدول (۱-۶) توابع هندسی بدست آمده توسط Wang و همکارانش، شکرانی و تحقیق حاضر..... ۶۲
- جدول (۲-۶) نتایج ضرایب هندسی خمشی و برشی ارائه شده توسط سورش و شیبه ۶۵
- جدول (۳-۶) نتایج ضرایب هندسی خمشی و برشی ارائه شده توسط فت و تحقیق حاضر ۶۶
- جدول (۴-۶) نتایج ضرایب هندسی خمشی و برشی ارائه شده توسط هوچینسون و تحقیق حاضر..... ۶۸
- جدول (۱-۷) مقادیر بدست آمده در شرایط $d/W = 0.5$ و $a/W = 0.9$ و فاصله ترک های متفاوت... ۸۱
- جدول (پ-۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.5$ و $a/W = 0.1$ ۸۷
- جدول (پ-۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.5$ و $a/W = 0.2$ ۸۷
- جدول (پ-۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.5$ و $a/W = 0.3$ ۸۸
- جدول (پ-۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.5$ و $a/W = 0.4$ ۸۸
- جدول (پ-۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.5$ و $a/W = 0.6$ ۸۹
- جدول (پ-۶) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.5$ و $a/W = 0.6$ ۸۹
- جدول (پ-۷) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.5$ و $a/W = 0.7$ ۹۰
- جدول (پ-۸) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.5$ و $a/W = 0.8$ ۹۰
- جدول (پ-۹) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.5$ و $a/W = 0.9$ ۹۱
- جدول (پ-۱۰) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.6$ و $a/W = 0.1$ ۹۱
- جدول (پ-۱۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.6$ و $a/W = 0.2$ ۹۲
- جدول (پ-۱۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.6$ و $a/W = 0.3$ ۹۲
- جدول (پ-۱۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.6$ و $a/W = 0.4$ ۹۳
- جدول (پ-۱۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.6$ و $a/W = 0.5$ ۹۳
- جدول (پ-۱۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 0.6$ و $a/W = 0.6$ ۹۴

- جدول (پ-۱۶) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.7$ و $d/W = 0.6$ ۹۴
- جدول (پ-۱۷) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.8$ و $d/W = 0.6$ ۹۵
- جدول (پ-۱۸) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.9$ و $d/W = 0.6$ ۹۵
- جدول (پ-۱۹) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.1$ و $d/W = 0.8$ ۹۶
- جدول (پ-۲۰) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.2$ و $d/W = 0.8$ ۹۶
- جدول (پ-۲۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.3$ و $d/W = 0.8$ ۹۷
- جدول (پ-۲۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.4$ و $d/W = 0.8$ ۹۷
- جدول (پ-۲۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.5$ و $d/W = 0.8$ ۹۸
- جدول (پ-۲۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.6$ و $d/W = 0.8$ ۹۸
- جدول (پ-۲۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.7$ و $d/W = 0.8$ ۹۹
- جدول (پ-۲۶) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.8$ و $d/W = 0.8$ ۹۹
- جدول (پ-۲۷) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.9$ و $d/W = 0.8$ ۱۰۰
- جدول (پ-۲۸) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.1$ و $d/W = 1.0$ ۱۰۰
- جدول (پ-۲۹) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.2$ و $d/W = 1.0$ ۱۰۱
- جدول (پ-۳۰) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.3$ و $d/W = 1.0$ ۱۰۱
- جدول (پ-۳۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.4$ و $d/W = 1.0$ ۱۰۲
- جدول (پ-۳۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.5$ و $d/W = 1.0$ ۱۰۲
- جدول (پ-۳۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.6$ و $d/W = 1.0$ ۱۰۳
- جدول (پ-۳۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.7$ و $d/W = 1.0$ ۱۰۳
- جدول (پ-۳۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.8$ و $d/W = 1.0$ ۱۰۴
- جدول (پ-۳۶) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $a/W = 0.9$ و $d/W = 1.0$ ۱۰۴

- جدول (پ-۳۷) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 1.43$ و $a/W = 0.1$ ۱۰۵
- جدول (پ-۳۸) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 1.43$ و $a/W = 0.2$ ۱۰۵
- جدول (پ-۳۹) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 1.43$ و $a/W = 0.3$ ۱۰۶
- جدول (پ-۴۰) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 1.43$ و $a/W = 0.4$ ۱۰۶
- جدول (پ-۴۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 1.43$ و $a/W = 0.5$ ۱۰۷
- جدول (پ-۴۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 1.43$ و $a/W = 0.6$ ۱۰۷
- جدول (پ-۴۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 1.43$ و $a/W = 0.7$ ۱۰۸
- جدول (پ-۴۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 1.43$ و $a/W = 0.8$ ۱۰۸
- جدول (پ-۴۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $d/W = 1.43$ و $a/W = 0.9$ ۱۰۹
- جدول (پ-۴۶) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0$ و $a/W = 0.1$ ۱۱۰
- جدول (پ-۴۷) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0$ و $a/W = 0.2$ ۱۱۰
- جدول (پ-۴۸) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0$ و $a/W = 0.3$ ۱۱۰
- جدول (پ-۴۹) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0$ و $a/W = 0.4$ ۱۱۱
- جدول (پ-۵۰) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0$ و $a/W = 0.5$ ۱۱۱
- جدول (پ-۵۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0$ و $a/W = 0.6$ ۱۱۱
- جدول (پ-۵۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0$ و $a/W = 0.7$ ۱۱۲
- جدول (پ-۵۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0$ و $a/W = 0.8$ ۱۱۲
- جدول (پ-۵۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0$ و $a/W = 0.9$ ۱۱۲
- جدول (پ-۵۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0.5$ و $a/W = 0.1$ ۱۱۳
- جدول (پ-۵۶) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0.5$ و $a/W = 0.2$ ۱۱۳
- جدول (پ-۵۷) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0.5$ و $a/W = 0.3$ ۱۱۳

- جدول (پ-۵۸) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0.5$ و $a/W = 0.4$ ۱۱۴
- جدول (پ-۵۹) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0.5$ و $a/W = 0.5$ ۱۱۴
- جدول (پ-۶۰) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0.5$ و $a/W = 0.6$ ۱۱۴
- جدول (پ-۶۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0.5$ و $a/W = 0.7$ ۱۱۵
- جدول (پ-۶۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0.5$ و $a/W = 0.8$ ۱۱۵
- جدول (پ-۶۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 0.5$ و $a/W = 0.9$ ۱۱۵
- جدول (پ-۶۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1$ و $a/W = 0.1$ ۱۱۶
- جدول (پ-۶۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1$ و $a/W = 0.2$ ۱۱۶
- جدول (پ-۶۶) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1$ و $a/W = 0.3$ ۱۱۶
- جدول (پ-۶۷) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1$ و $a/W = 0.4$ ۱۱۷
- جدول (پ-۶۸) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1$ و $a/W = 0.5$ ۱۱۷
- جدول (پ-۶۹) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1$ و $a/W = 0.6$ ۱۱۷
- جدول (پ-۷۰) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1$ و $a/W = 0.7$ ۱۱۸
- جدول (پ-۷۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1$ و $a/W = 0.8$ ۱۱۸
- جدول (پ-۷۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1$ و $a/W = 0.9$ ۱۱۸
- جدول (پ-۷۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1.5$ و $a/W = 0.1$ ۱۱۹
- جدول (پ-۷۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1.5$ و $a/W = 0.2$ ۱۱۹
- جدول (پ-۷۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1.5$ و $a/W = 0.3$ ۱۱۹
- جدول (پ-۷۶) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1.5$ و $a/W = 0.4$ ۱۲۰
- جدول (پ-۷۷) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1.5$ و $a/W = 0.5$ ۱۲۰

- جدول (پ-۷۸) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1.5$ و $a/W = 0.6$ ۱۲۰
- جدول (پ-۷۹) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1.5$ و $a/W = 0.7$ ۱۲۱
- جدول (پ-۸۰) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1.5$ و $a/W = 0.8$ ۱۲۱
- جدول (پ-۸۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 1.5$ و $a/W = 0.9$ ۱۲۱
- جدول (پ-۸۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 3$ و $a/W = 0.1$ ۱۲۲
- جدول (پ-۸۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 3$ و $a/W = 0.2$ ۱۲۲
- جدول (پ-۸۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 3$ و $a/W = 0.3$ ۱۲۲
- جدول (پ-۸۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 3$ و $a/W = 0.4$ ۱۲۳
- جدول (پ-۸۶) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 3$ و $a/W = 0.5$ ۱۲۳
- جدول (پ-۸۷) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 3$ و $a/W = 0.6$ ۱۲۳
- جدول (پ-۸۸) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 3$ و $a/W = 0.7$ ۱۲۴
- جدول (پ-۸۹) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 3$ و $a/W = 0.8$ ۱۲۴
- جدول (پ-۹۰) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 3$ و $a/W = 0.9$ ۱۲۴
- جدول (پ-۹۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 4.5$ و $a/W = 0.1$ ۱۲۵
- جدول (پ-۹۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 4.5$ و $a/W = 0.2$ ۱۲۵
- جدول (پ-۹۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 4.5$ و $a/W = 0.3$ ۱۲۵
- جدول (پ-۹۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 4.5$ و $a/W = 0.4$ ۱۲۶
- جدول (پ-۹۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 4.5$ و $a/W = 0.5$ ۱۲۶
- جدول (پ-۹۶) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 4.5$ و $a/W = 0.6$ ۱۲۶
- جدول (پ-۹۷) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 4.5$ و $a/W = 0.7$ ۱۲۷
- جدول (پ-۹۸) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 4.5$ و $a/W = 0.8$ ۱۲۷

- جدول (پ-۹۹) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 4.5$ و $a/W = 0.9$ ۱۲۷
- جدول (پ-۱۰۰) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 6$ و $a/W = 0.1$ ۱۲۸
- جدول (پ-۱۰۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 6$ و $a/W = 0.2$ ۱۲۸
- جدول (پ-۱۰۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 6$ و $a/W = 0.3$ ۱۲۸
- جدول (پ-۱۰۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 6$ و $a/W = 0.4$ ۱۲۹
- جدول (پ-۱۰۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 6$ و $a/W = 0.5$ ۱۲۹
- جدول (پ-۱۰۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 6$ و $a/W = 0.6$ ۱۲۹
- جدول (پ-۱۰۶) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 6$ و $a/W = 0.7$ ۱۳۰
- جدول (پ-۱۰۷) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 6$ و $a/W = 0.8$ ۱۳۰
- جدول (پ-۱۰۸) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 6$ و $a/W = 0.9$ ۱۳۰
- جدول (پ-۱۰۹) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 7.5$ و $a/W = 0.1$ ۱۳۱
- جدول (پ-۱۱۰) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 7.5$ و $a/W = 0.2$ ۱۳۱
- جدول (پ-۱۱۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 7.5$ و $a/W = 0.3$ ۱۳۱
- جدول (پ-۱۱۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 7.5$ و $a/W = 0.4$ ۱۳۲
- جدول (پ-۱۱۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 7.5$ و $a/W = 0.5$ ۱۳۲
- جدول (پ-۱۱۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 7.5$ و $a/W = 0.6$ ۱۳۲
- جدول (پ-۱۱۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 7.5$ و $a/W = 0.7$ ۱۳۳
- جدول (پ-۱۱۶) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 7.5$ و $a/W = 0.8$ ۱۳۳
- جدول (پ-۱۱۷) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 7.5$ و $a/W = 0.9$ ۱۳۳
- جدول (پ-۱۱۸) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 9$ و $a/W = 0.1$ ۱۳۴

- جدول (پ-۱۱۹) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 9$ و $a/W = 0.2$ ۱۳۴
- جدول (پ-۱۲۰) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 9$ و $a/W = 0.3$ ۱۳۴
- جدول (پ-۱۲۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 9$ و $a/W = 0.4$ ۱۳۵
- جدول (پ-۱۲۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 9$ و $a/W = 0.5$ ۱۳۵
- جدول (پ-۱۲۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 9$ و $a/W = 0.6$ ۱۳۵
- جدول (پ-۱۲۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 9$ و $a/W = 0.7$ ۱۳۶
- جدول (پ-۱۲۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 9$ و $a/W = 0.8$ ۱۳۶
- جدول (پ-۱۲۶) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 9$ و $a/W = 0.9$ ۱۳۶
- جدول (پ-۱۲۷) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 12$ و $a/W = 0.1$ ۱۳۷
- جدول (پ-۱۲۸) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 12$ و $a/W = 0.2$ ۱۳۷
- جدول (پ-۱۲۹) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 12$ و $a/W = 0.3$ ۱۳۷
- جدول (پ-۱۳۰) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 12$ و $a/W = 0.4$ ۱۳۸
- جدول (پ-۱۳۱) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 12$ و $a/W = 0.5$ ۱۳۸
- جدول (پ-۱۳۲) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 12$ و $a/W = 0.6$ ۱۳۸
- جدول (پ-۱۳۳) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 12$ و $a/W = 0.7$ ۱۳۹
- جدول (پ-۱۳۴) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 12$ و $a/W = 0.8$ ۱۳۹
- جدول (پ-۱۳۵) محاسبه مقادیر پارامترهای نوک ترک برای شرایط $S/W = 12$ و $a/W = 0.9$ ۱۳۹

لیست علائم و اختصارات

K_I : ضریب شدت تنش مود اول

K_{II} : ضریب شدت تنش مود دوم

K_{III} : ضریب شدت تنش مود سوم

T: تنش

ϕ : تابع تنش ایری

E: مدول الاستیسیته

ν : نسبت پواسون

μ : مدول ارتجاعی برشی

k: مدول حجمی

u_x : جابه جایی در محور X

u_y : جابه جایی در محور Y

u_z : جابه جایی در محور Z

σ_{ij} : تانسور تنش

$\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}$: تنش های نرمال در مختصات کارتزین

σ_{xy} : تنش برشی در مختصات کارتزین

σ_{rr} : تنش شعاعی

$\sigma_{\theta\theta}$: تنش محیطی

$\sigma_{r\theta}$: تنش برشی در صفحه r و θ

K_{IC} : چقرمگی شکست در حالت کرنش صفحه ای

K_C : چقرمگی شکست در حالت تنش صفحه ای