بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

عنوان:

تحلیل و شبیه سازی تاثیر ترک بر انتشار امواج ضربه ای الاستیک

توسط:

فاطمه افضلی

استاد راهنما:

دکتر محمد دامغانی نوری

مهر ۱۳۹۱

تقدیم به :

مادر صبور و پدر فداکارم؛

آنانکه وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر.

توانشان رفت تا به توان برسم. و مویشان سپید گشت تا رویم سپید بماند.

در برابر وجود گرامیشان، زانوی ادب بر زمین می‌نهم و

با دلی مملو از عشق و محبت و خضوع بر دستانشان بوسه می‌زنم.

تقدیم به :

همسر مهربانم؛

آنکه فروغ نگاهش، گرمی کلامش و روشنی رویش سرمایه‌های جاودانه زندگی من است.

سرو وجودشان سبز و استوار.

تشکر و قدردانی

سپاس و ستایش؛ بینهایت هستی را، او را شکر می‌گویم که دیگر بار لطف خویش را شامل حالم نمود تا مرحله‌ای دیگر را در عرصه علم و دانش به پایان برسانم که هر چه هست لطف اوست و بس.

با تشکر و قدردانی از زحمات دلسوزانه پدر، مادر و همسر عزیزم که رفاه و راحتی خود را فدای آرامش خاطر من کرده‌اند.

و با تشکر ویژه از استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر دامغانی نوری که با اخلاق، صبر و درک والای خود فضای علمی سرشار از صمیمیت را برایم مهیا نمودند تا این پایان‌نامه به مرحله پایانی خود برسد.

همچنین از جناب آقای مهندس رحمانی که در طی این دو سال از دانش ایشان بهره‌ها برده‌ام سپاسگزارم.

در ادامه تشکر می‌کنم از تمام اساتید و دوستانی که روزگاری چیزی به من آموختند تا امروز اندکی از دانستنی‌های دنیا را درک کنم و برای همگان آرزوی موفقیت و شادکامی دارم.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ مروری بر تحقیقات انجام شده ۳

فصل دوم: مقدمه‌ای بر مکانیک شکست

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲- مکانیک شکست ارتجاعی ۹

۲-۳- انرژی شکست گریفیث ۱۳

۲-۴- روش‌های تعیین میزان رهایی انرژی کرنشی ۱۶

۲-۵- روش انتگرال مستقل از مسیر J ۱۷

فصل سوم: پخش امواج تنشی در مواد

۳-۱- مقدمه ۲۲

۳-۲- معرفی امواج الاستیک ۲۳

۳-۲-۱ موج های نوع p ۲۳

۳-۲-۲ موج‌های نوع S ۲۴

۳-۲-۳ موج های ریلی (نوع R) ۲۴

۳-۳- امواج حجمی در مواد جامد الاستیک ۲۵

۳-۴- استخراج سرعت امواج اولیه و ثانویه ۲۷

۳-۵- انعکاس امواج حجمی در سطوح آزاد ۲۹

۳-۶- تاثیر ترک بر انتشار امواج الاستیک در المان‌های سازه‌ای ۳۰

فصل چهارم: شکست دینامیکی

۴-۱- مقدمه ۳۶

۴-۲- بارگذاری دینامیکی ترک ۳۸

۴-۳- تعیین فاکتور شدت تنش دینامیکی ۴۱

فصل پنجم: شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار آباکوس

۵-۱- مقدمه ۴۹

۵-۲- تمرکز تنش ۵۵

۵-۳- فاکتور شدت تنش ۵۶

۵-۴- شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار آباکوس ۵۸

۵-۴-۱- مدل سازی قطعه ۵۹

۵-۴-۲- مشخصات فیزیکی و تعیین خواص ماده ۵۹

۵-۴-۳- اسمبل کردن ۶۱

۵-۴-۴- مرحله تعیین نوع آنالیز ۶۱

۵-۴-۴-۱- روش‌های حل مسائل دینامیکی ۶۱

۵-۴-۴-۱-۱- آنالیز دینامیکی ضمنی ۶۳

۵-۴-۴-۱-۲- آنالیز دینامیکی صریح ۶۴

۵-۴-۵- تعیین اتصالات و تشخیص برخوردها ۶۶

۵-۴-۶- بار گذاری و ایجاد شرایط مرزی ۶۶

۵-۴-۷- مش بندی ۶۶

۵-۴-۸- مشاهده نتایج ۶۸

۵-۵- صحه‌گذاری المان محدود ۶۸
۵-۶- بررسی جزئی‌تر DSIF ترک بیضوی توسط نرم‌افزار آباکوس ۷۱
۵-۶-۱- بررسی تاثیر ابعاد ترک بر DSIF ۷۲
۵-۶-۲- بررسی تاثیر زمان فراز پالس ورودی ۷۹
۵-۶-۳- بررسی DSIF ترک هنگام استفاده از پد فلزی در محل اعمال بار ۸۱
۵-۶-۴- بررسی DSIF ترک زاویه دار ۸۴
۵-۶-۵- محاسبه K ترمالایز $(K_{dynamic}/K_{static})$ ۹۱
۵-۶-۶- محاسبه $f(g)$ برای چند ترک با هندسه مختلف ۹۳

فصل ششم: جمع‌بندی و ارائه پیشنهادات

۶-۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۹۹
۶-۲- پیشنهاد در راستای ادامه پروژه ۱۰۲
انتشارات ۱۰۵
مراجع و منابع ۱۰۶

فهرست شکل‌ها

فصل دوم

شکل۲-۱- مودهای مختلف شکست ۱۰
شکل۲-۲- صفحه به ابعاد بی نهایت تحت بار کششی دو محوره یکنواخت ۱۱
شکل۲-۳- ترک در یک جسم دلخواه قبل و بعد از رشد ۱۷
شکل۲-۴- منحنی بسته دلخواه حول نوک ترک ۱۹

فصل سوم

شکل۳-۱- انکسار موج در برخورد با ترک ۲۲
شکل۳-۲- نحوه انتشار ذرات در موج‌های نوع p ۲۳
شکل۳-۳- نحوه انتشار ذرات در موج‌های نوع S ۲۴
شکل۳-۴- توزیع نیروها در یک المان شبه نامحدود ۲۵
شکل۳-۵- اجزای میدان موج در صفحه و موقعیت سطح آزاد ۲۹
شکل۳-۶-صفحه حاوی ترک مرکزی به طول ۰/۴۸ سانتیمتر تحت بار پله ای$P(t)$، تحلیل شده توسط چن ۳۱
شکل۳-۷- بار ضربه ای$P(t)$ و امواج تشکیل شده در نتیجه ی برخورد آن با ترک ۳۲
شکل۳-۸- اثر موج های ورودی و منکسر شده بر مقدار DSIF در لبه های ترک در یک سیکل کامل بارگذاری ۳۳

فصل چهارم

شکل۴-۱- مودهای مختلف شکست ۳۸
شکل۴-۲- امواجی که از نوک ترک منشعب می‌شوند ۳۹

فصل پنجم

شکل۵-۱- محور دارای ترک ۵۱

شکل۵-۲- پروفیل تنش در مقطع محور برای حالات مختلف ۵۲

شکل۵-۳- نمودار محاسبه حداکثر طول مجاز ترک ۵۳

شکل۵-۴- مخزن تحت فشار با ترک سطحی در جداره ۵۴

شکل۵-۵- تمرکز تنش در اطراف ناپیوستگی ۵۵

شکل۵-۶- صفحه با یک ترک بیضی شکل مدفون شده ۵۷

شکل۵-۷- ترک لبه ای در صفحه ای با ابعاد محدود ۵۷

شکل۵-۸- قسمتهای مختلف مدلسازی، تعیین خواص، مش بندی و تحلیل در نرم افزار ۵۹

شکل۵-۹- نمونه مش بندی شده مدل مورد نظر ۶۷

شکل۵-۱۰- المان C3D8R و نقطه انتگرال گیری در وسط آن ۶۷

شکل۵-۱۱- ترک عمقی تحت بارگذاری کششی ۶۹

شکل۵-۱۲- مقایسه حل عددی و تحلیلی K دینامیکی مود یک برای ترک عمقی بیضی شکل ۷۰

شکل۵-۱۳- مقایسه حل عددی و تحلیلی K نرمالایز ترک بیضی شکل عمقی با مرجع ۷۰

شکل۵-۱۴- مقایسه حل عددی و تحلیلی K دینامیکی مود یک برای ترک لبه ای ۷۱

شکل۵-۱۵- نمای روبروی ترک لبه ای شبیه سازی شده ۷۲

شکل۵-۱۶-DSIF لبه بیرونی ترک بر حسب زمان، برای پنج نسبت b/a مختلف تحت بارگذاری کششی . ۷۳

شکل۵-۱۷-DSIF مود I لبه بیرونی ترک بر حسب b/a ۷۳

شکل۵-۱۸-DSIF لبه درونی ترک بر حسب زمان، برای پنج نسبت b/a مختلف تحت بارگذاری کششی .. ۷۵

شکل۵-۱۹-DSIF لبه بیرونی ترک بر حسب زمان، برای پنج نسبت b/a مختلف تحت بارگذاری پیچشی . ۷۶

شکل۵-۲۰-DSIF مود III لبه بیرونی ترک بر حسب b/a ۷۷

شکل۵-۲۱- DSIF لبه درونی ترک بر حسب زمان، برای پنج نسبت b/a مختلف تحت بارگذاری پیچشی. ۷۸
شکل۵-۲۲- دامنه های مورد استفاده در تعیین تاثیر دامنه پالس ورودی ۷۹
شکل۵-۲۳- DSIF برحسب زمان برای ترک تحت بار با زمان فرازهای متفاوت ۸۰
شکل۵-۲۴- DSIF مود I نسبت به زمان فرازهای متفاوت ۸۰
شکل۵-۲۵- نمودار DSIF مود I برحسب زمان با استفاده از پد مسی و آلومینیومی و بدون پد ۸۲
شکل۵-۲۶- نمودار DSIF ماکزیمم مود I با استفاده از پد مسی و آلومینیومی و بدون پد ۸۲
شکل۵-۲۷- نمودار DSIF مود III با استفاده از پد مسی و آلومینیومی و بدون پد ۸۳
شکل۵-۲۸- ایجاد ترک در زوایای مختلف ۸۴
شکل۵-۲۹- DSIF مود I نسبت به زمان ترک زاویه دار تحت کشش ۸۵
شکل۵-۳۰- DSIF مود I نسبت به زاویه ترک زاویه دار تحت کشش ۸۵
شکل۵-۳۱- DSIF مود II نسبت به زمان ترک زاویه دار تحت کشش ۸۶
شکل۵-۳۲- DSIF مود II نسبت به زمان ترک زاویه دار تحت کشش ۸۷
شکل۵-۳۳- DSIF مود III نسبت به زمان ترک زاویه دار تحت پیچش ۸۸
شکل۵-۳۴- DSIF مود III نسبت به زاویه ترک زاویه دار تحت پیچش ۸۸
شکل۵-۳۵- DSIF مود I نسبت به زمان ترک زاویه دار تحت پیچش ۸۹
شکل۵-۳۶- DSIF مود I نسبت به زمان ترک زاویه دار تحت پیچش ۹۰
شکل۵-۳۷- نمودار K نرمالایز به S نرمالایز برای ترک عمقی دایره‌ای ۹۱
شکل۵-۳۸- نمودار K نرمالایز به S نرمالایز برای ترک لبه‌ای ۹۲
شکل۵-۳۹- نمودار f(g) به S نرمالایز برای ترک عمقی دایره‌ای ۹۳
شکل۵-۴۰- نمودار f(g) به S نرمالایز برای ترک عمقی بیضوی ۹۴
شکل۵-۳۱- نمودار f(g) به S نرمالایز برای ترک لبه‌ای ۹۴

شکل۵-۴۲- نمودار $f(g)$ به S نرمالایز برای ترک عمقی دایره ای و بیضوی..... ۹۵

فهرست جدول‌ها

فصل پنجم

جدول۵-۱ خواص الاستیک برای مواد مورد استفاده در شبیه‌سازی..... ۶۰
جدول۵-۲ خواص پلاستیک برای مواد مورد استفاده در شبیه‌سازی..... ۶۰
جدول۵-۳ DSIF ماکزیمم لبه بیرونی ترک، برای پنج نسبت b/a مختلف تحت بارگذاری کششی ۷۴
جدول۵-۴ DSIF ماکزیمم لبه درونی ترک، برای پنج نسبت b/a مختلف تحت بارگذاری کششی. ۷۵
جدول۵-۵ DSIF ماکزیمم لبه بیرونی ترک، برای پنج نسبت b/a مختلف تحت بارگذاری پیچشی ۷۷
جدول۵-۶ DSIF ماکزیمم لبه درونی ترک، برای پنج نسبت b/a مختلف تحت بارگذاری پیچشی ۷۸
جدول۵-۷ DSIF ماکزیمم لبه بیرونی ترک تحت بارهایی با زمان فرازهای متفاوت..... ۸۱
جدول۵-۸ DSIF ماکزیمم هنگام استفاده از پد مسی و آلومینیومی در بارگذاری کششی..... ۸۳
جدول۵-۹ DSIF ماکزیمم هنگام استفاده از پد مسی و آلومینیومی در بارگذاری پیچشی..... ۸۴
جدول۵-۱۰ DSIF مود I ماکزیمم ترک زاویه دار..... ۸۶
جدول۵-۱۱ DSIF مود III ماکزیمم ترک زاویه دار..... ۸۷

چکیده

ترک سطحی نیم‌بیضی از نقص‌های شایع در سازه‌ها، خصوصا در محورها و مخازن تحت فشار می‌باشد، که فاکتور شدت تنش استاتیکی آن مورد بررسی قرار گرفته است اما شکست دینامیکی دارای سه مشخصه: تاثیرات اینرسی، رفتار وابسته به نرخ ماده و انعکاس امواج تنشی می‌باشد که آن‌را به طور کامل از حالت استاتیکی جدا می‌سازد. در تحقیق حاضر، به حل مسئله مربوط به رفتار محور الاستیک دارای ترک بیضی-شکل تحت بارگذاری دینامیکی پرداخته شده است.

هدف تعیین ضریب شدت تنش دینامیکی در نوک ترک بیضی شکل تعبیه شده در میله‌ای با جنس فولاد می‌باشد، بررسی های انجام شده به دو بخش کلی تقسیم شده است. یک، هنگامیکه ابعاد ترک در مقایسه با ابعاد جسم قابل صرفنظر می‌باشد و دو، هنگامیکه ابعاد ترک در مقایسه با ابعاد جسم قابل توجه بوده و مرزهای جسم بر رفتار ترک تاثیرگذار خواهند بود. سپس تاثیر هندسه ترک، ابعاد ترک (نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ ترک(b/a))، زمان فراز پالس اعمالی، بارگذاری ترک؛ پیچشی(مود III خالص) و کششی (مود I خالص)، زوایای مختلف ترک که مودهای ترکیبی را به وجود می‌آورد، و همچنین تاثیر تعبیه کردن پد فلزی به دو سر محور در محل اعمال بار بر مقدار ضریب شدت تنش دینامیکی تحقیق شده است. در ضمن نسبت $K_{dynamic}/K_{static}$ و همچنین ضریب $f(g)$ برای چند ترک با هندسه مختلف به دست آمده است. در نهایت نتایج به دست آمده از حل تحلیلی با نتایج به دست آمده از حل عددی توسط نرم‌افزار آباکوس مقایسه شده‌اند که نتایج حاکی از تطابق قابل قبول حل عددی و تحلیلی وصحت شبیه-سازی می‌باشد.

واژگان کلیدی

ترک سطحی، ترک بیضوی، ترک پنی‌شکل، فاکتور شدت تنش دینامیکی، جسم با ابعاد محدود، روش المان محدود، آباکوس

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

بسیاری از مواد از ابتدا و پیش از بارگذاری، ناپیوستگی‌هایی به شکل ترک و حفره دارند. حضور این ناپیوستگی‌ها به دلیل تمرکز تنش بالایی که ایجاد می‌کنند، تاثیرات قابل توجهی برخصوصیات مکانیکی ماده دارند. پتانسیل این مسئله برای تبدیل شدن به یک عامل فاجعه‌آمیز باعث شده که آنالیز دقیق اندرکنش ترک‌ها و میدان‌های تنش و تغییر مکان در اطراف آنها، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار باشد. برای تخمین رفتار سازه حین شکست، دانستن اندازه ترک، تنش بهره‌برداری، خصوصیات ماده و ضرایب شدت تنش ضروری است.

ترک‌ها و شکاف‌ها می‌توانند در اثر عوامل مختلف از جمله عدم دقت در ساخت و تولید، خراش‌های سطحی، خوردگی و خستگی و یا اصولا ماهیت روش تولید بوجود آیند.

ترک بیضوی یکی از نقص‌های شایع در سازه‌ها، خصوصا در محورها و مخازن تحت فشار می‌باشد، که فاکتور شدت تنش استاتیکی آن به طور وسیعی مورد بررسی قرار گرفته است، اما مواد و سازه‌ها اغلب تحت بارگذاری دینامیکی قرار می‌گیرند و از آنجایی که به دلیل بارگذاری وابسته به زمان، تاثیرات اینرسی و نرخ کرنش در رفتارهای الاستیک - پلاستیک و همچنین تاثیرات پخش و انعکاس امواج تنشی دیگر قابل صرفنظر نخواهند بود، در نتیجه بررسی فاکتور شدت تنش در حالت بارگذاری دینامیکی امری کاملا ضروری است.

ترک پنی‌شکل که یکی از حالات ترک بیضوی است که درآن $\frac{b}{a} \to 1$، این نوع ترک به دلیل سادگی هندسی پراستفاده‌ترین مدل سه بعدی ترک می‌باشد، که این سادگی ممکن است منجر به انحرافاتی از مدل واقعی ترک شود، اما اغلب اطلاعات مهم و ضروری می‌توانند از این مدل ترک استخراج شوند که در نتیجه آن دیدی کلی از رفتار دینامیکی ترک‌های سه بعدی به دست می‌آید.

۲-۱ مروری بر تحقیقات انجام شده

به منظور ارزیابی تاثیر ترک بر المان‌های سازه‌ای از تئوری مکانیک شکست استفاده می‌شود که اصل آن به گریفیث[1] برمی‌گردد.[۱۰]

این تئوری در شرایط شبه استاتیکی و برای مواد دارای خواص الاستیک خطی مناسب می‌باشد و در مورد مسائل دینامیکی که خواص اینرسی مسئله مهم می شود تحلیل آن پیچیده خواهد شد.

علاوه بر این با در نظر گرفتن تاثیر مرزهای سازه پیچیدگی‌های تحلیلی اضافی ناشی از تقابل بین ترک و مرزهای سازه به وجود می‌آید. در نتیجه حل‌های تحلیلی فقط برای حالت‌های نسبتا ساده وجود دارد.

[1] Griffith

ضریب شدت تنش که عموما با k نشان داده می‌شود و به عنوان یک پارامتر پایه در مکانیک شکست خطی کشسان مطرح است، ابتدا توسط آیروین[1] معرفی شد. (۱۹۶۸) وی ابراز کرد که ترک زمانی شروع به پیشروی می‌کند که k با مقداری به نام ضریب شدت تنش بحرانی برابر شود.[۱۱]

اولین مطالعات در مورد بررسی شکست دینامیکی یا به بیان دیگر بررسی تاثیر بارگذاری‌های دینامیکی و ضربه‌ای که منجر به پخش امواج تنشی در ماده می‌شوند، در سازه‌های ترکدار طی ۴ مقاله در سال ۱۹۷۲ توسط پرفسور فروند[2] پایه‌گذاری شد.[۱۵،۱۲]

فروند با اعمال حل‌ها به حالت‌هایی که در آنها ترک تحت موج تنشی قرار می‌گیرد، تحلیلی بر مسائل شکست دینامیکی ارائه داد. او نمونه دارای ترک نیمه بینهایت را همگن ایزوتروپیک با مواد خطی و تحت شرایط تنش صفحه ای در نظر گرفت.

ژوفنگ[3] و همکارانش فاکتور شدت تنش دینامیکی ترک سه بعدی بیضوی تحت بار ضربه‌ای را با استفاده از روش المان محدود به دست آوردند. در این تحقیق وابستگی DSIF به ضریب پواسن، ابعاد ترک و جهت موج ورودی مورد بررسی قرار گرفته است. روش ارائه شده نه تنها برای ترک دینامیکی سه بعدی بلکه برای تماس دینامیکی سه بعدی هم قابل استفاده است.[۱۶]

در مقاله‌ای دیگر رویپینگ[4] و همکارانش ترکی بیضی شکل در یک جامد الاستیک با سایز محدود و تحت بارگذاری ضربه‌ای را مورد بررسی قرار دادند. این تحلیل با دینامیک شکست و روش المان محدود انجام شده است و تاثیر سطوح مرزی، اینرسی ماده و تداخل امواج تنشی بر فاکتور شدت تنش دینامیکی مورد بررسی قرار گرفته است.[۱۷]

---

[1] Irwin
[2] Freund
[3] Sun Zhufeng
[4] Guo Ruiping

اندرلین[1] وهمکارانش روش‌های مختلف محاسبه فاکتور شدت تنش دینامیکی مود I را مقایسه نمودند. در این مقاله بر پایه شبیه‌سازی المان محدود دو بعدی و سه بعدی، اصول تئوری سه روش: انتگرال اصلاح شده ترک[2]، انتگرالJ [3] و تفسیر جابجایی[4] و همچنین روش پیاده‌سازی عددی آنها به طور مختصر بیان شده است.[۱۸]

مسئله پخش امواج الاستیک طولی و پیچشی در جامد الاستیک نامحدود حاوی ترک پنی شکل توسط آقای مال[5] مورد بررسی قرار گرفته است. معادلات انتگرالی مربوطه به صورت عددی و برای محدوده فرکانس موج ورودی حل شده است. میدان‌های جابجایی و تنش روی ترک و نقاط دورتر به صورت گرافیکی نمایش داده شده است.[۱۹]

آقای ژانگ[6] و گراس[7] نتایج عددی برای آنالیز پدیده فراجهش دینامیکی و تاثیر نوع امواج (امواج طولی و عرضی) و جهت امواج (عمود، متمایل و مماس) بر DSIF نیز ارائه دادند تحقیقات آنها با تاکید بر دینامیکی بودن و کاملا ۳ بعدی بودن ترک انجام شده است.[۲۰]

در این تحقیق ابتدا در فصل دوم به بیان کلیاتی از مفاهیم اصلی مکانیک شکست، به منظور ایجاد آشنایی مقدماتی با این مبحث پرداخته شده است. سپس در فصل سوم مقدمه‌ای بر پخش امواج تنشی در مواد آورده شده است. در فصل چهارم توضیحات کلی در رابطه با تئوری به کار رفته برای استخراج معادلات فاکتور شدت تنش تحت بارگذاری دینامیکی بیان شده است. در فصل پنجم شبیه‌سازی مدل‌های مورد نظر به منظور استخراج فاکتور شدت تنش دینامیکی ترک‌های مختلف،

---

1 Enderlein
2 the modified crack closure integral
3 j-integral,
4 the displacement interpretation
5 A K Mal
6 CH. ZHANG
7 D. GROSS

تحت بارگذاری‌های متفاوت انجام شده است. در این فصل علاوه بر تحقیق DSIF در ترک‌های داخل اجسام محدود و نامحدود، به بررسی تاثیر چندین متغیر بر DSIF پرداخته شده است که شامل موارد زیر می‌باشد:

a. ابعاد ترک؛ به صورت نسبت قطر کوچک ترک به قطر بزرگ ترک (b/a)
b. بارگذاری ترک؛ در دو حالت بارگذاری پیچشی و کششی
c. زمان فراز پالس‌های ورودی
d. تاثیر تعبیه کردن پد فلزی با خواصی نرم‌تر از فولاد در محل اعمال بار
e. تاثیر زاویه ترک نسبت به جهت اعمال بار
f. نسبت $K_{dynamic}/K_{static}$ در ترک‌های مختلف
g. تابع f(g) در رابطه $K = \sigma . \sqrt{a} . f(g)$ برای چند نوع ترک با هندسه متفاوت

در فصل ششم نیز نتایج به دست آمده جمع‌بندی شده و پیشنهاداتی در راستای ادامه‌ی پروژه داده شده است.

مقدمه‌ای بر مکانیک شکست

۲-۱- مقدمه

در سازه‌ها مواردی‌که باعث عدم کارایی می‌شوند شامل موارد اصلی زیر است:

۱- تسلیم

۲- عدم پایداری(بر اثر کمانش)

۳- شکست

طراحی بر اساس مکانیک شکست شامل مراحل زیر می‌باشد:

۱- انتخاب معیار مناسبی از شکست

۲- آنالیز تغییر مکانی، تنش و کرنش (به صورت تحلیلی، عددی و یا آزمایشگاهی) به منظور تعیین پارامترهای مورد نیاز در مکانیک شکست مانند ضریب شدت تنش، مقدار انرژی حاصل از انتگرال J، باز شدگی نوک ترک[1] و... متناسب با معیار مورد نظر.

[1] *CTOD*