

به نام خدا

مدل سازی و تحلیل در

ANSYS Workbench

برای کلیه مهندسين مکانیک. هوافضا، عمران و صنایع

همراه با مثال های کاربردی

علی مختاری

کارشناس ارشد مکانیک

مهدی مرادی

دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک

رسول ترکش اصفهانی

دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک



۱۳۹۲

سرشناسه: مختاری، علی، ۱۳۶۳-

عنوان و نام پدیدآور: مدل سازی و تحلیل در ANSYS Workbench برای کلیه مهندسين مکانیک،
هوافضا .../ نویسندگان علی مختاری، مهدی مرادی، رسول ترکش اصفهانی.

مشخصات نشر: تهران: اندیشه سرا، ۱۳۹۲.

مشخصات ظاهری: ۵۲۸ ص. مصور، جدول، نمودار.

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۸۴۰۷-۱۳-۶

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

موضوع: نرم افزار اتسیس

موضوع: مهندسی -- داده پردازی

شناسه افزوده: مرادی، مهدی، ۱۳۶۴-

شناسه افزوده: ترکش اصفهانی، رسول، ۱۳۶۱-

رده بندی کنگره: ۱۳۹۲ م۳ الف/۵/۸۳۴۵/۲۸۳۴۵

رده بندی دیویی: ۶۲۰/۰۰۲۸۵۵۳۶

شماره کتابشناسی ملی: ۳۱۲۹۷۹۶

خریدار محترم

آن چه خریداری می نمایند، یک "کتاب" است، در صورتی که "لوح فشرده ای" به همراه کتاب باشد، مؤلف یا یک شرکت مرتبط آن را به عنوان "هدیه" در اختیار خریداران گذاشته است. انتشارات اندیشه سرا مؤلف و هیچ شخص حقیقی یا حقوقی دیگر، مسئولیتی در ارتباط با قابل استفاده بودن لوح های فشرده ندارد. کتابی را به خاطر لوح فشرده ای همراه آن خریداری نفرمایید.



انتشارات اندیشه سرا

مدل سازی و تحلیل در

ANSYS Workbench

نویسندگان: علی مختاری، مهدی مرادی و رسول ترکش اصفهانی

چاپ اول: ۱۳۹۲ شمارگان: ۲۰۰ نسخه: بها: ۳۰۰۰۰ تومان

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۸۴۰۷-۱۳-۶ ISBN 978-964-8407-13-6

حق چاپ و نشر محفوظ و هر گونه استفاده از محتوای کتاب به هر شکل به اجازه ی کتبی نیازمند است.

اندیشه سرا از انتشار کتاب های ارزشمند حمایت می کند. ۰۹۱۲۳۱۶۱۶۸۷

مسئولیت نوشته های کتاب با نویسنده است.

www.andishehsara.org

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: آشنایی با محیط ANSYS Workbench
۱۵	۱. مقدمه
۱۵	۲. نوار منو
۲۲	۳. نوار ابزار
۲۸	۴. جعبه ابزار
۲۸	
	فصل دوم: آشنایی با محیط Design Modeler
۲۹	منوی File
۲۹	منوی Create
۳۱	منوی Concept
۳۷	منوی Tools
۴۱	منوی View
۶۶	منوی Help
۶۸	نوار ابزار Plane
۶۸	نوار ابزار Selection
۶۸	نوار ابزار کنترل محیط گرافیکی
۶۹	ابزارهای رسم، ویرایش، اندازه‌گذاری و قیدگذاری ترسیم
۷۰	• نوار ابزار Draw
۷۱	• نوار ابزار Modify
۷۴	• نوار ابزار Dimension
۷۷	• نوار ابزار Constraint
۸۰	• نوار ابزار Settings
۸۲	مثال اول: مدل‌سازی یک تیر ۱۶*۵۵
۸۳	مثال دوم: مدل‌سازی یک صفحه سه‌گوش
۹۳	
	فصل سوم: آشنایی با محیط Mechanical
۱۰۱	چگونه مدل یک تیر را به کمک Mechanical MultiPhysics تحلیل نماییم؟
۱۰۱	نحوه مدل نمودن تیر در محیط Design Modeler
۱۰۲	

۱۱۵	معرفی انواع قابلیت‌های بارگذاری
۱۲۷	بررسی جدول تنظیمات تحلیل Analysis Setting
۱۲۹	بررسی نتایج در نرم‌افزار
۱۵۹	فصل چهارم: لوله‌های انعطاف‌پذیر
۱۵۹	توان‌مندی‌های قابل حصول از حل این مسأله
۱۶۰	مقدمه
۱۶۰	تشریح مسأله
۱۶۱	فرضیات مسأله
۱۶۱	مراحل حل مسأله
۱۶۲	۱. اجرای ANSYS Workbench و شروع پروژه‌ی FlexPipe
۱۶۳	۲. تکمیل هندسه
۱۶۵	۳. تعریف مشخصات مواد
۱۶۶	۴. ایجاد مدل و مش سازه‌ای
۱۷۱	۵. مش‌بندی سیال
۱۷۶	۶. تنظیمات محیط CFX
۱۸۳	۷. کنترل Solver و Output
۱۸۷	۸. حل برهم‌کنش سازه سیال
۱۹۰	۹. نمایش نتایج
۱۹۳	۱۰. تنظیم برهم‌کنش سازه سیال گذرا با یک ورودی پالس
۱۹۷	۱۱. حل گذرای برهم‌کنش سازه سیال
۲۰۱	۱۲. نمایش نتایج حل گذرای برهم‌کنش سازه سیال
۲۰۵	فصل پنجم: تست سقوط بتن تقویت‌شده
۲۰۵	توان‌مندی‌های قابل حصول از حل این مسأله
۲۰۶	مقدمه
۲۰۷	تشریح مسأله
۲۰۷	فرضیات مسأله
۲۰۷	مراحل حل مسأله:
۲۰۸	۱. اجرای ANSYS Workbench و شروع پروژه
۲۱۰	۲. تعیین مشخصات مواد
۲۱۲	۳. وارد کردن هندسه و ویرایش مدل در محیط Mechanical

۲۱۸	۴. مشبندی مدل
۲۱۹	۵. تعیین تنظیمات حل
۲۱۹	۶. تعریف شرایط مرزی و اولیه
۲۲۱	۷. اجرای حل و نمایش نتایج
۲۲۷	فصل ششم: شبیه سازی مواد فوق ارتجاعی (Hyperelastic)
۲۲۷	توان مندی های قابل حصول از حل این مسأله
۲۲۸	مقدمه ای بر مواد فوق ارتجاعی (Hyperelastic)
۲۳۰	تشریح مسأله
۲۳۰	فرضیات مسأله
۲۳۱	روند حل مسأله
۲۳۱	۱. اجرای ANSYS Workbench و وارد نمودن هندسه ی نمونه تست کشش
۲۳۶	۲. تعیین جنس مدل
۲۴۶	۳. تحلیل استاتیکی نمونه ی تست آزمایشگاهی
۲۴۹	۴. حل مسأله و مشاهده ی نتایج
۲۵۱	۵. مقایسه ی نتایج آزمایشگاهی با نتایج تحلیل اجزاء محدود
۲۵۵	۶. بررسی بارگذاری خارج از محدوده ی داده های تجربی
۲۵۷	۷. استفاده از Response Function برای پیش بینی رفتار ماده ی فوق ارتجاعی
۲۶۳	فصل هفتم: تحلیل ترمومکانیکال اتصالات T_Junction شکل
۲۶۳	توان مندی های قابل حصول از حل این مسأله
۲۶۴	مقدمه
۲۶۴	تشریح مسأله
۲۶۵	فرضیات مسأله
۲۶۵	مراحل حل مسأله
۲۶۶	۱. اجرای ANSYS Workbench و شروع پروژه ی T_Junction
۲۶۷	۲. تعریف مواد
۲۷۰	۳. تعریف مدل حرارتی
۲۷۱	۴. تعیین شرایط مرزی انتهایی سرد و گرم و شرایط مرزی همرفت
۲۷۳	۵. اعمال بار حرارتی
۲۷۵	۶. تحلیل مدل تحت اثر بارهای حرارتی
۲۷۷	۷. تحلیل استاتیکی (سازه ای) مدل تحت اثر بارهای حرارتی

فصل هشتم: له کردن قوطی نوشابه

۲۸۳

۲۸۳

توان‌مندی‌های قابل حصول از حل این مسئله

۲۸۴

مقدمه

۲۸۴

تشریح مسأله

۲۸۵

فرضیات مسأله

۲۸۵

مراحل حل مسأله

۲۸۶

۱. اجرای ANSYS Workbench و شروع پروژه

۲۸۷

۲. تعریف مواد

۲۸۹

۳. وارد کردن هندسه و اعمال تنظیمات

۲۹۱

۴. مش‌بندی مدل به کمک قابلیت اعمال کنترل اندازه

۲۹۳

۵. انجام تنظیمات تحلیل

۲۹۴

۶. ایجاد شرایط مرزی

۲۹۶

۷. تنظیمات خروجی‌های مورد نیاز

۲۹۷

۸. حل مسأله و بررسی نتایج

۳۰۳

فصل نهم: تحلیل تیر تحت بارگذاری هارمونیک

۳۰۳

توان‌مندی‌های قابل حصول از حل این مسأله

۳۰۴

مقدمه‌ای بر بارگذاری هارمونیک

۳۰۵

تشریح مسأله

۳۰۶

فرضیات مسأله

۳۰۶

روند حل مسأله

۳۰۷

۱. اجرای ANSYS Workbench و وارد نمودن هندسه

۳۰۹

۲. تحلیل مودال مسأله

۳۱۶

۳. انجام تحلیل هارمونیک

۳۱۸

۴. حل مسأله و مشاهده‌ی نتایج

۳۲۵

فصل دهم: گاویتاسیون در پمپ گریز از مرکز

۳۲۵

توان‌مندی‌های قابل حصول از حل این مسأله

۳۲۶

مقدمه

۳۲۷

تشریح مسأله

۳۲۷

فرضیات مسأله

۳۲۷

مراحل حل مسأله

۳۲۸	۱. اجرای ANSYS Workbench و شروع پروژه‌ی CentrifugalPump.wbpj
۳۲۹	۲. ایجاد سیال عامل
۳۳۳	۳. ایجاد شرط مرزی ورودی و خروجی
۳۳۵	۴. ایجاد وجه مشترک پریودیک و شرط مرزی دیواره
۳۳۸	۵. شروع فرآیند حل و ایجاد تنظیمات کنترلی
۳۴۳	۶. بررسی نتایج
۳۴۶	۷. انجام تحلیل بدون کاویتاسیون
۳۵۱	۸. نمایش نتایج تحلیل کاویتاسیون
۳۵۵	فصل یازدهم: بهینه‌سازی چند هدفه (Goal-driven optimization)
۳۵۵	توان‌مندی‌های قابل حصول از حل این مسأله
۳۵۶	مقدمه
۳۵۷	تشریح مسأله
۳۵۸	فرضیات مسأله
۳۵۸	مراحل حل مسأله
۳۵۹	۱. اجرای ANSYS Workbench و شروع پروژه‌ی Goal-Driven Optimization
۳۵۹	۲. تنظیم پارامترها در محیط Mechanical
۳۶۱	۳. ایجاد Design of Experiments و تنظیم پارامترها
۳۶۵	۴. انجام آنالیز Response Surface
۳۷۰	۵. تنظیم مشخصات بهینه‌سازی و اجرای آن
۳۷۵	۶. بازبینی نتایج در محیط Mechanical و اتمام بهینه‌سازی
۳۷۹	فصل دوازدهم: تعیین ضریب اطمینان به کمک روش شش سیگما (Six Sigma Analysis)
۳۷۹	توان‌مندی‌های قابل حصول از حل این مسأله
۳۸۰	مقدمه
۳۸۰	تشریح مسأله
۳۸۰	فرضیات مسأله
۳۸۱	مراحل حل مسأله
۳۸۲	۱. اجرای ANSYS Workbench و شروع پروژه‌ی Six Sigma Analysis
۳۸۳	۲. مش‌بندی مدل
۳۸۴	۳. اعمال بارگذاری و شرایط تکیه‌گامی
۳۸۶	۴. ایجاد پارامترهای خروجی

۳۸۹	۵. ایجاد سیستم آنالیز Six Sigma و تنظیم پارامترها
۳۹۳	۶. انجام آنالیز Response Surface
۳۹۹	۷. انجام آنالیز Six Sigma
۴۰۳	فصل سیزدهم: تخریب انفجاری بتن
۴۰۳	توان‌مندی‌های قابل حصول از حل این مسأله
۴۰۴	مقدمه
۴۰۴	تشریح مسأله
۴۰۴	فرضیات مسأله
۴۰۵	مراحل حل مسأله
۴۰۵	۱. اجرای نرم‌افزار ANSYS AUTODYN
۴۰۶	۲. ایجاد یک پروژه‌ی جدید
۴۰۷	۳. تعیین مشخصات مواد مورد نیاز
۴۱۰	۴. تنظیم شرایط اولیه و مرزی
۴۱۲	۵. ایجاد یک قطعه‌ی لاگرائژی برای سازه
۴۱۵	۶. ایجاد یک قطعه‌ی اویلر برای دم
۴۱۸	۷. پر کردن قطعه‌ی دم با ماده‌ی انفجاری
۴۱۹	۸. بازبینی سریع و اعمال شرایط مرزی جریان
۴۲۱	۹. تنظیم برهم‌کنش‌ها
۴۲۳	۱۰. تنظیم انفجار مواد منفجره
۴۲۵	۱۱. تنظیم کنترل‌های حل و خروجی
۴۲۶	۱۲. بارگذاری تنظیمات برای نمودارها
۴۲۷	۱۳. ذخیره کردن و حل مسأله
۴۲۹	فصل چهاردهم: تحلیل قطعات تغییر شکل یافته در اثر بارگذاری
۴۲۹	توان‌مندی‌های قابل حصول از حل این مسأله
۴۲۹	مقدمه‌ای بر پره‌های توربین
۴۳۱	تشریح مسأله
۴۳۲	فرضیات مسأله
۴۳۲	روند حل مسأله
۴۳۲	۱. وارد نمودن هندسه‌ی پره توربین
۴۳۴	۲. انجام تنظیمات مش‌بندی

۳. اعمال بارهای مکانیکی و تعیین تکیه‌گاه‌ها ۴۴۰
۴. وارد کردن سیستم Mechanical APDL و استفاده از آن در تعیین هندسه‌ی جدید ۴۴۶
۵. استفاده از FE Modeler برای تولید هندسه‌ی جدید از هندسه تغییر شکل یافته ۴۴۹
- فصل پانزدهم: تحلیل مودال و پاسخ هارمونیک یک ابزار جوشکاری اولتراسونیک ۴۵۳
- توان‌مندی‌های قابل حصول از حل این مسأله ۴۵۳
- مقدمه‌ای بر امواج فراصوت (Ultrasonic) و ماشین کاری با این تکنولوژی ۴۵۴
- تشریح مسأله ۴۵۴
- فرضیات مسأله ۴۵۵
- روند حل مسأله ۴۵۵
۱. وارد نمودن هندسه‌ی قطعه کار ۴۵۶
۲. تعریف خواص ماده پیروالکتریک ۴۶۰
۳. تحلیل مودال ۴۶۴
۴. تحلیل هارمونیک ۴۶۸
۵. حل مسأله و مشاهده‌ی نتایج ۴۷۲
- فصل شانزدهم: برخورد پرندگان با وسایل نقلیه هوایی ۴۷۹
- توان‌مندی‌های قابل حصول از حل این مسأله ۴۷۹
- مقدمه‌ای بر برخورد پرندگان با هواپیماها ۴۸۰
- تشریح مسأله ۴۸۱
- فرضیات مسأله ۴۸۱
- روند حل مسأله ۴۸۱
۱. شروع یک پروژه‌ی Explicit Dynamics و تعریف مواد ۴۸۲
۲. وارد کردن هندسه و آماده‌سازی مدل ۴۸۵
۳. ایجاد مش اولیه و نهایی مورد نیاز ۴۸۸
۴. ایجاد شرایط مرزی ۴۹۱
۵. تعیین تنظیمات تحلیل ۴۹۲
۶. ایجاد اتصال به یک پروژه‌ی AUTODYN ۴۹۳
۷. ایجاد یک قطعه‌ی SPH ۴۹۴
۸. ایجاد یک شیء SPH از قطعه‌ی Bird ۴۹۵
۹. حذف قطعه‌ی لاگرانژی Bird ۴۹۶
۱۰. توده کردن شیء SPH_Bird با گره‌های SPH ۴۹۷

۴۹۸	۱۱. بارگذاری تنظیمات نمایش
۴۹۹	۱۲. انجام تنظیمات برخورد
۵۰۱	فصل هفدهم: تحلیل تنش و شکست ریع استوانه‌ی کامپوزیتی
۵۰۱	توان‌مندیهای قابل حصول از حل این مسأله
۵۰۲	مقدمه
۵۰۳	تشریح مسأله
۵۰۳	فرضیات مسأله
۵۰۴	مراحل حل مسأله
۵۰۴	۱. اجرای ANSYS Workbench و شروع پروژه
۵۰۷	۲. تعیین مشخصات کامپوزیت به کمک دستورهای مجموعه فرامین و بارگذاری کششی پوسته
۵۱۲	۳. ایجاد درخواست نمایش خروجی نتایج شکست به کمک دستورهای خط فرامین
۵۱۶	۴. حل مسأله
۵۱۷	۵. بررسی نتایج اولیه
۵۱۹	۶. نمایش نتایج در محیط MAPDL و بررسی نتایج شکست

پیش‌گفتار

سپاس‌گذاری را که فرصت نگارش این مجموعه را به ما عطا نمود تا خدمتی باشد به محققین زحمتکش کشورمان.

توسعه‌ی روزافزون صنعت و هزینه‌های قابل توجه طراحی و تست قطعات و مجموعه‌ها، طراحان را بر آن داشته است که هزینه‌های جاری را کاهش داده و طراحی‌هایی با قابلیت اطمینان بالاتر ارائه نمایند. از این‌رو گرایش مهندسی به نرم‌افزارهای شبیه‌سازی افزایش یافته است.

نرم‌افزار ANSYS WORKBENCH از زیر مجموعه‌های نرم‌افزار ANSYS می‌باشد که در واقع شرکت ANSYS را به عرصه‌ی رقابت در دنیای نرم‌افزارهای تحلیل المان محدود باز گردانده است. پس از رشد نرم‌افزارهای کاربردوست تحلیلی قدرت‌مندی هم‌چون ABAQUS و NASTRAN-PATRAN در عرصه‌ی بازار نرم‌افزارهای تحلیلی، شرکت ANSYS با اضافه نمودن نسخه ANSYS WORKBENCH از ورژن ANSYS 10.0، سعی در تغییر رابط گرافیکی نرم‌افزار و جلب نظر کاربران در استفاده از محیط این نرم‌افزار نمود. به کمک این نرم‌افزار جدید، ANSYS توانست بسیاری از رویه‌های پیرزحمت قبلی مانند برنامه‌نویسی APDL و بهینه‌سازی را به صورت ساده و جامع در اختیار کاربران قرار دهد. این رابط گرافیکی به سرعت توانست برخی از محاسن نرم‌افزارهای رقیب را که در نرم‌افزار ANSYS وجود نداشت، به همراه قابلیت‌های دیگری به مجموعه نرم‌افزاری ANSYS اضافه نماید تا نشان دهنده توان‌مندی‌های چشم‌گیر این نرم‌افزار می‌باشد.

در این کتاب مجموعه‌ای از مثال‌های کاربردی و صنعتی مورد بررسی قرار گرفته است تا قابلیت‌های این نرم‌افزار را ارائه نماید. امید که با نظرات و پیشنهادات شما خوانندگان گرامی، در آینده نگارش‌های بهتری را ارائه نماییم.

در ابتدای کتاب به آشنایی با محیط‌های اصلی نرم‌افزار و در ادامه، به مباحث مثال‌های کاربردی نرم‌افزار پرداخته شده است.

در انتها از کلیه دوستان به ویژه آقایان مهدی کبیری، حسین باباجان، مصطفی محمودی، هادی نامداری پور، امین زریباف، محمد علی کشتی‌آرا، علی دهقانی و مهدی کرباسی و مدیریت محترم انتشارات جناب آقای بهزاد پاکروح که همواره حامی و مشوق ما بوده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را می‌نماییم.

برای تماس با نویسندگان جهت بیان انتقادات و مشاوره در امور مدل سازی و تحلیل می توانید به
آدرس صندوق پستی الکترونیکی نویسندگان مراجعه نمایید.

با تشکر

علی مختاری، مهدی مرادی و رسول ترکش اصفهانی

Ali.mokhtari1984@yahoo.com

Mehdimoradik@yahoo.com

Ra_tarkesh@yahoo.com

www.ketab.ir