

راهنمای کاربردی نرم افزار ANSYS

در مهندسی زلزله و سازه

تألیف

دکتر محمد جواد جبارزاده

www.ketab.ir

بهار ۱۳۹۴

سرشناسه	: جبارزاده، محمد جواد، ۱۳۵۳.
عنوان و نام پدیدآور	: راهنمای کاربردی نرم افزار ANSYS در مهندسی زلزله و سازه / تألیف دکتر محمد جواد جبارزاده.
مشخصات نشر	: تهران: فرشچی، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۴۶۰ ص، مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۹۲۵۲۰-۳-۹
وضعیت فهرست نویسی	: فیپای مختصر
موضوع	: راهنمای نرم افزار اجزای محدود ANSYS
یادداشت	: فهرست نویسی کامل این اثر در نشانی: http://opac.nliai.ir قابل دسترسی است
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۸۱۶۱۹۴



انتشارات فرشچی

راهنمای کاربردی نرم افزار ANSYS در مهندسی زلزله و سازه

مؤلف: دکتر محمد جواد جبارزاده

ویرایش: اول، ۱۳۹۴.

چاپ: اول، ۱۳۹۴.

تیراژ: ۲۰۰ جلد.

چاپ: پیشگام

ویراستار: ساره شهرستانی

طراح جلد: عاتکه احمدی

بهاء: ۳۰۰/۰۰۰ ریال

مرکز پخش: انتشارات سیمای دانش - تهران خیابان انقلاب، ۱۲ متری فروردین، پلاک ۳۱۸، تلفن:

۵-۶۶۹۶۶۱۱۴ - تلفکس: ۶۶۴۶۴۷۷۹

www.Simayedanesh.ir

کلیه حقوق برای مؤلف محفوظ است.

فهرست مطالب

۱	پیشگفتار.....
۳	آشنایی با بخش‌های مختلف نرم افزار ANSYS.....
۳	۱.۱. مقدمه.....
۴	۱.۲. روش اجزای محدود.....
۸	۱.۳. ساختار مدل سازی در ANSYS.....
۸	۱.۴. سازمان دهی فصل.....
۹	۲.۱. روشن کردن برنامه.....
۹	۳.۱. ورود به برنامه.....
۱۰	۴.۱. پنجره‌های اصلی نرم افزار.....
۱۲	۵.۱. منوی اصلی یا Main Menu.....
۱۳	۱.۵.۱. بخش Preprocessor در Main Menu.....
۱۵	۲.۵.۱. بخش Solution در Main Menu.....
۱۸	۳.۵.۱. بخش General PostProc در Main Menu.....
۲۴	۴.۵.۱. بخش TimeHist PostPro در Main Menu.....
۲۴	۶.۱. منوی ابزارها یا Utility Menu.....
۲۵	۱.۶.۱. بخش File در Utility Menu.....
۲۸	۲.۶.۱. بخش Select در Utility Menu.....
۲۹	۳.۶.۱. بخش List در Utility Menu.....
۳۰	۴.۶.۱. بخش Plot در Utility Menu.....
۳۲	۵.۶.۱. بخش PlotCtrls در Utility Menu.....
۳۴	۶.۶.۱. بخش WorkPlane در Utility Menu.....
۳۶	۷.۶.۱. بخش Parameters در Utility Menu.....
۳۷	۸.۶.۱. بخش Help.....
۳۹	۷.۱. المان‌های کاربردی ANSYS در مهندسی سازه.....

۵۰	۸.۱. نحوه خروج از برنامه و ورود مجدد به آن
۵۲	۹.۱. توصیه‌های مدل‌سازی و تحلیل
۵۴	۱۰.۱. جداول آدرس یابی
۵۴	۱۱.۱. مراجع
۵۵	تحلیل ورق فولادی تحت کشش با رفتار الاستیک خطی
۵۵	۱.۲. مقدمه
۵۷	۲.۲. مدل A، شبیه‌سازی ورق تحت کشش با اتصال جوشی
۵۸	۲.۲.۱. ساخت مدل
۷۰	۲.۲.۲. المان بندی
۷۷	۲.۲.۳. بارگذاری و تحلیل
۸۲	۲.۲.۴. مشاهده نتایج
۹۱	۲.۲.۵. خروج از برنامه
۹۲	۳.۲. مدل B، شبیه‌سازی ورق تحت کشش با اتصال پیچی
۹۳	۳.۲.۱. مدل‌سازی
۹۸	۳.۲.۲. بارگذاری و تحلیل
۱۰۲	۳.۲.۳. مشاهده نتایج
۱۰۴	۳.۲.۴. مرجع
۱۰۵	مدل‌سازی و تحلیل خرابای فلزی دو بعدی
۱۰۵	۱.۳. مقدمه
۱۰۷	۲.۳. ساخت مدل
۱۲۷	۳.۳. بارگذاری و تحلیل
۱۳۰	۴.۳. مشاهده نتایج
۱۳۵	۵.۳. مرجع
۱۳۹	مدل‌سازی و تحلیل قاب دو بعدی الاستیک خطی

۱۳۹.....	۴. ۱. مقدمه.....
۱۴۰.....	۴. ۲. مدل سازی قاب.....
۱۴۱.....	۴. ۲. ۱. ساخت مدل.....
۱۶۲.....	۴. ۳. بارگذاری و تحلیل.....
۱۶۸.....	۴. ۴. مشاهده نتایج.....
۱۸۵.....	۴. ۵. مرجع.....
۱۸۷.....	مدل سازی یک تیر کنسولی با المان Beam و Shell.....
۱۸۷.....	۵. ۱. مقدمه.....
۱۸۹.....	۵. ۲. مدل سازی.....
۱۸۹.....	۵. ۲. ۱. بخش اول - هندسه پوسته ای.....
۲۰۵.....	۵. ۲. ۲. بخش دوم - مدل سازی تیر.....
۲۱۴.....	۵. ۳. بارگذاری و تحلیل.....
۲۱۶.....	۵. ۴. مشاهده نتایج.....
۲۱۶.....	۵. ۴. ۱. تغییر شکل تیر.....
۲۱۸.....	۵. ۴. ۲. عکس العمل تکیه گاهی و برش در بخش Shell.....
۲۲۷.....	مدل سازی حجمی طاق و جرز بنایی با رفتار الاستیک خطی.....
۲۲۷.....	۶. ۱. مقدمه.....
۲۲۹.....	۶. ۲. آشنایی با صفحه کار.....
۲۳۸.....	۶. ۳. مدل سازی.....
۲۵۹.....	۶. ۴. المان بندی.....
۲۶۲.....	۶. ۵. بارگذاری و تحلیل.....
۲۶۵.....	۶. ۶. مشاهده نتایج.....
۲۷۴.....	۶. ۷. تمرین.....

مقدمه‌ای بر رفتار غیر خطی مصالح و روش‌های مدل‌سازی و تحلیل آن در ANSYS

۲۷۵	
۲۷۵	۱. ۷. مقدمه.....
۲۷۶	۲. ۷. رفتار غیر خطی مصالح.....
۲۷۶	۱. ۲. ۷. رفتار غیر خطی فولاد.....
۲۷۹	۲. ۲. ۷. رفتار غیر خطی بتن.....
۲۸۱	۳. ۷. مدل‌سازی رفتار غیر خطی مصالح.....
۲۸۳	۱. ۳. ۷. معیارهای جاری شدگی.....
۲۸۴	الف. ۱. ۳. ۷. معیار جاری شدگی ترسکا.....
۲۸۵	ب. ۱. ۳. ۷. معیار جاری شدگی فون - میسر.....
۲۸۷	۲. ۳. ۷. معیارهای گسیختگی برای مصالح غیر فلزی.....
۲۸۷	الف. ۲. ۳. ۷. مدل گسیختگی رانکین یا مدل تنش کششی حداکثر.....
۲۸۹	ب. ۲. ۳. ۷. معیار گسیختگی مور - کلمب.....
۲۹۲	پ. ۲. ۳. ۷. معیار گسیختگی تراکر - تراکر.....
۲۹۴	ت. ۲. ۳. ۷. معیار گسیختگی ویلام - وارنکی.....
۲۹۷	۴. ۷. مدل‌های غیر خطی مصالح در نرم‌افزار ANSYS.....
۲۹۷	۱. ۴. ۷. پلاستیسیته مستقل از سرعت.....
۲۹۸	الف. ۱. ۴. ۷. مبانی تئوری.....
۲۹۸	معیار جاری شدن.....
۲۹۹	قانون جریان.....
۳۰۰	قانون سخت شوندگی.....
۳۰۱	۱. ۴. ۷. ب. مدل‌های مصالح پلاستیک مستقل از سرعت.....
۳۰۱	سخت شوندگی کینماتیک دو خطی (Bilinear Kinematic Hardening).....
۳۰۲	سخت شوندگی کینماتیک چند خطی (Multilinear Kinematic Hardening).....
۳۰۳	سخت شوندگی کینماتیک غیر خطی (Nonlinear Kinematic Hardening).....

۳۰۳	 سخت شوندگی ایزوتروپیک دوخطی (Bilinear Isotropic Hardening)
۳۰۳	 سخت شوندگی ایزوتروپیک چندخطی (Multilinear Isotropic Hardening)
۳۰۴	 سخت شوندگی ایزوتروپیک غیر خطی (Nonlinear Isotropic Hardening)
۳۰۵	 غیر ایزوتروپیک (Anisotropic)
۳۰۵	 دراکر-پراگر (Drucker-Prager)
۳۰۵	 چدن (Cast Iron)
۳۰۶	 ۴.۴.۲ پلاستیسیته وابسته به سرعت
۳۰۷	 ۳.۴.۷ مصالح درزبند (Gasket)
۳۰۸	 ۴.۴.۷ غیر خطی الاستیک
۳۰۸	 ۵.۴.۷ مدل آلیاژ حافظه‌دار (Shape Memory Alloy Material Model)
۳۰۹	 ۶.۴.۷ هایپر الاستیسیته
۳۱۱	 ۷.۴.۷ ویسکوالاستیسیته
۳۱۲	 ۸.۴.۷ بتن
۳۱۲	 ۵.۷ حل معادلات غیر خطی در ANSYS
۳۱۳	 ۱.۵.۷ روش نیوتن-رافسون
۳۱۷	 ۲.۵.۷ همگرایی
۳۱۹	 ۳.۵.۷ Predictor
۳۲۰	 ۴.۵.۷ روش Adaptive Descent
۳۲۱	 ۵.۵.۷ گزینه Line Search
۳۲۲	 ۶.۵.۷ روش Arc-Length
۳۲۴	 ۶.۷ مراجع
۳۲۵	 بارگذاری تناوبی یک تیر کنسولی فولادی با رفتار غیر خطی
۳۲۵	 ۱.۸ مقدمه
۳۲۸	 ۲.۸ مصالح غیر خطی
۳۳۰	 ۳.۸ بارگذاری

۳۴۳	۸. ۴. مشاهده نتایج
۳۵۳	۸. ۵. تحلیل با مصالح فولادی با رفتار الاستو پلاستیک سخت شونده
۳۵۵	۸. ۶. مرجع
۳۵۷	مدل سازی و تحلیل غیر خطی یک تیر بتنی مسلح
۳۵۷	۹. ۱. مقدمه
۳۵۹	۹. ۲. آشنایی با المان SOLID 65
۳۵۹	۹. ۳. ۱. فرمول بندی ماتریسی المان با رفتار غیر خطی
۳۶۳	۹. ۳. ۳. مدل سازی تیر بتنی
۳۶۳	۹. ۳. ۱. ساخت بخش اول - مدل سازی حجمی
۳۸۰	۹. ۳. ۲. ساخت بخش دوم - مدل سازی هندسه خطی
۳۸۲	۹. ۴. بارگذاری، تحلیل و مشاهده نتایج
۳۹۵	۹. ۵. مراجع
	تحلیل مودال، طیفی و دینامیکی تاریخچه زمانی یک مدل سه درجه آزاد دینامیکی
۳۹۷	
۳۹۷	۱۰. ۱. مقدمه
۴۰۰	۱۰. ۲. مدل سازی
۴۰۵	۱۰. ۳. بارگذاری و تحلیل مودال
۴۰۹	۱۰. ۴. مشاهده نتایج تحلیل مودال
۴۱۴	۱۰. ۵. تحلیل طیفی
۴۲۳	۱۰. ۶. مشاهده نتایج طیفی
۴۲۵	۱۰. ۷. تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی مدل سه فدری
۴۳۴	۱۰. ۸. تحلیل و مشاهده نتایج
۴۴۲	۱۰. ۹. مرجع
۴۴۳	پیوست الف: جداول آدرس یابی

۴۴۳	پ. ۱. جداول آدرس یابی
۴۴۴	پ. ۱. ۱. ۱. گره (Node)
۴۴۵	پ. ۱. ۲. ۱. المان (Element)
۴۴۶	پ. ۱. ۳. ۱. المان بندی (Meshing)
۴۴۷	پ. ۱. ۴. ۱. نقطه (Keypoint)
۴۴۸	پ. ۱. ۵. ۱. خط (Line)
۴۴۹	پ. ۱. ۶. ۱. سطح (Area)
۴۵۰	پ. ۱. ۷. ۱. حجم (Volume)
۴۵۰	پ. ۱. ۸. ۱. اجزاء
۴۵۱	پ. ۱. ۹. ۱. کامپوننت (Component)
۴۵۱	پ. ۱. ۱۰. ۱. مدل
۴۵۱	پ. ۱. ۱۱. ۱. مصالح (Material) و مصالح غیر خطی (Data Table)
۴۵۲	پ. ۱. ۱۲. ۱. تحلیل (Solution)
۴۵۲	پ. ۱. ۱۳. ۱. بارگذاری (Loading)
۴۵۲	پ. ۱. ۱۳. ۱. ۱. تکیه‌گاه
۴۵۳	پ. ۱. ۱۳. ۱. ۲. نیروی متمرکز
۴۵۳	پ. ۱. ۱۳. ۱. ۳. بار سطحی
۴۵۴	پ. ۱. ۱۳. ۱. ۴. نیروی اینرسی
۴۵۴	پ. ۱. ۱۳. ۱. ۵. گام بارگذاری، فایل بارگذاری
۴۵۵	پ. ۱. ۱۴. ۱. نتایج (Results)
۴۵۵	پ. ۱. ۱۴. ۱. ۱. نتیجه بر مسیر هندسی
۴۵۶	پ. ۱. ۱۴. ۱. ۲. برش سازه ای (Surface)
۴۵۶	پ. ۱. ۱۴. ۱. ۳. حالت بار (Load Case)
۴۵۷	پ. ۱. ۱۴. ۱. ۴. متغیر زمانی (Variables)
۴۵۷	پ. ۱. ۱۵. ۱. دستگاه مختصات (Coordinate System) و صفحه کار (WorkPlane)
۴۵۸	پ. ۱. ۱۶. ۱. پارامتر (Parameter)
۴۵۸	پ. ۱. ۱۷. ۱. پنجره نمایش

- پ. ۱. ۱۸. فایل و Jobname ۴۵۹
- پ. ۱. ۱۹. دستورات برنامه (Commands) ۴۵۹
- پ. ۱. ۲۰. خروجی ها ۴۶۰
- پ. ۱. ۲۱. خروج ۴۶۰

www.ketab.ir

پیشگفتار

مدل سازی رفتار مکانیکی و دینامیکی اجسام از جالب ترین و کاربردی ترین مباحث علمی است. مدل سازی و شناسایی رفتار یک جسم در برابر شرایط محیطی دربرگیرنده اش و پیش بینی رفتاری هر چه نزدیک تر به واقعیت، توانایی طراحی با کارایی بهتر و اقتصادی تر را فراهم می سازد. روش اجزای محدود یکی از ابزارهای ریاضی این شناخت است که به صورت نرم افزارهای قدرتمند با نام های گوناگون در اختیار مهندسان قرار گرفته است. از جمله این نرم افزارها ANSYS است که گستردگی فراوانی در تحلیل های استاتیکی، دینامیکی، حرارتی و ... دارد. در این نرم افزار دامنه وسیعی از المان ها برای مدل سازی دو و سه بعدی با هندسه خطی، صفحه ای و حجمی ارائه شده است که برای شبیه سازی رفتار جامدات، سیالات، محیط های الکترومغناطیسی و مسائل حرارتی کاربرد دارند.

کتاب آموزشی کار با نرم افزار ANSYS ویژه مهندسان سازه با محور قرار دادن پروژه های متداول در مهندسی عمران پایه ریوی و تهیه شده است. هدف مؤلف آموزش گام به گام مهندسان سازه در استفاده از نرم افزار است، بدین جهت ترتیب فصول کتاب از آشنایی با نرم افزار آغاز و به مدل سازی ها و تحلیل های پیچیده و تخصصی تر منتهی می شود. بنابراین کاربرانی که قبلاً با نرم افزار ANSYS آشنا بوده و یا از آن استفاده کرده اند می توانند تنها از فصلی که با زمینه نیازشان مرتبط است استفاده نمایند.

با وجود قابلیت های گرافیکی و ابزاری که نرم افزار ANSYS در اختیار قرار می دهد همواره تأکید می شود که مهندسان و دانشجویان قبل از استفاده از چنین نرم افزارهایی، دوره های آموزش روش مدل سازی و تحلیل اجزای محدود را گذرانده و با مفاهیم آن آشنا باشند. نرم افزار ANSYS یک ابزار برای تسهیل در تأمین نیازهای مهندسی است و همانند سایر ابزارها هنگامی مفید است که توسط متخصص و آگاه به نحوه کارکرد آن بکار رود.

از کلیه کسانی که درباره نحوه تدوین، روش ارائه مطالب، نوع مثال ها و سایر موارد در تهیه کتاب انتقاد یا پیشنهادی دارند صمیمانه تقاضا می شود که نکات ارزشمند خود را به آدرس اینترنتی Ansys1elp.ir@gmail.com ارسال فرمایند. همچنین به علاقه مندان مباحث مدل سازی پیشنهاد می شود برای مطالعه گزارش ها و نکات آموزشی، به پایگاه اینترنتی Ansys1elp.ir مراجعه نموده و در صورت تمایل تجارب خود را به اشتراک گذارند.