

شبیه‌سازی پدیده‌های

ضربه، انفجار، شکل‌گیری و نفوذ

به کمک نرم‌افزار

Autodyn

تالیف و ترجمه:

مهندس محمد شهبازی

مهندس حمیدرضا کرمان



انتشارات سروشکار

سرشناسه: شهبازی، محمد، ۱۳۶۲.

عنوان و نام پدیدآور: شبیه‌سازی پدیده‌های ضربه، انفجار، شکل‌گیری و نفوذ به کمک نرم‌افزار Autodyn / تالیف و ترجمه: محمد شهبازی- حمیدرضا کرمی.

مشخصات ناشر: تهران: سرونگار، ۱۳۹۲.

مشخصات ظاهری: ۲۰۴ ص. : مصور، نمودار.

شابک ج ۱. 978-600-6316-10-9

۱۰۰۰ ریال

وضاحت فهرست‌نویسی: فیا.

داشت: کتابنامه

موضوع: انفجار - شبیه‌سازی - نرم افزار

موضوع: سازه - پایداری - شبیه‌سازی کامپیوتری - نرم افزار

شناسه افزوده: کرمی، حمید رضا، ۱۳۵۴ -

رده‌بندی کنگره: ۹۲ / ۲ / ۹ / ۷ / ۶۵۴ TA

شماره کتاب شناسی ملی: ۳۳۶۷۱۹۸

رده‌بندی دیویی: ۶۲۴ / ۱۶۰۲۸۵

انتشارات سرونگار

www.servnagar.com

تلفن پخش: ۱۵-۶۶۵۶۶۵۱۰ (۰۲۱) / راه‌نشانی: ۰۹۱۲-۳۴۹۱۷۱۵

شبیه‌سازی پدیده‌های ضربه، انفجار، شکل‌گیری و نفوذ

به کمک نرم‌افزار Autodyn، جلد ۱

تالیف و ترجمه: محمد شهبازی- حمیدرضا کرمی

چاپ و صحافی: حمزه‌ای

طرح جلد: حسین قاسمی

چاپ اول: بهار ۱۳۹۳

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۱۰۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق چاپ و نشر برای انتشارات سرونگار محفوظ است.

ISBN: 978-600-6316-10-9

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۳۱۶-۱۰-۹

فهرست مطالب

۱۱.....	فصل اول: آشنایی و نحوه بکارگیری نرم افزار Autodyn
۱۲.....	مقدمه
۱۳.....	۱-مقدمه‌ای بر نرم افزار Autodyn
۱۸.....	۲-استراتژی روش حل صریح
۲۰.....	۲-۲-۱-مدد یابنداری
۲۰.....	۲-۲-۲-گام زمانی بحرانی برای یک میله
۲۲.....	۳-روش امان
۲۲.....	۴-روش اختلاف محاسب
۲۳.....	۵-روش حجم محاسب
۲۴.....	۶-انواع حل گرهای نرم افزار Autodyn
۲۴.....	۶-۱-روش GRANGE
۲۵.....	۶-۲-روش EULER
۲۶.....	۶-۳-روش ALE
۲۶.....	۶-۴-روش SHELL
۲۶.....	۶-۵-روش SPH
۲۹.....	۶-۵-۱-محدودیت‌ها و مشکلات موجود در روش SPH
۳۰.....	۶-۵-۲-سیکل محاسباتی SPH
۳۳.....	۷-معرفی محیط نرم افزار
۳۳.....	۷-۱-معرفی نوار ابزارها
۳۵.....	۷-۲-معرفی Navigation Bar
۳۶.....	۷-۲-۱-زیر مجموعه قسمت View
۳۸.....	۷-۲-۲-زیر مجموعه قسمت Setup
۳۹.....	۷-۲-۳-Initial Condition
۴۰.....	۷-۲-۴-Boudary Condition
۴۱.....	۷-۲-۵-Part
۴۲.....	۷-۲-۶-Interaction
۴۶.....	۷-۲-۷-اندازه گپ‌سایز

۴۶	Controls ۸-۲-۷
۴۷	۸- مدل‌های مواد موجود در نرم‌افزار Autodyn
۴۷	۸-۱ خواص مواد
۵۱	۸-۲ معادله حالت
۵۱	۸-۳ مدل استحکام مواد
۵۲	۸-۴ مدل گسیختگی مواد
۵۲	۸-۵ مدل گسیختگی
۵۵	۸-۶ Cliffs
۵۶	۸-۱-۱ ماکزیمم دانسیته
۵۶	۸-۶-۲ فاکتور ماکزیمم دانسیته
۵۶	۸-۶-۳ فاکتور ماکزیمم دانسیته و ماکزیمم دانسیته SPH
۵۷	۸-۶-۴ مینیمم سرعت
۵۷	۸-۶-۵ ماکزیمم سرعت
۵۷	۸-۶-۶ ماکزیمم دما
۵۷	۹- انواع معادلات حالت در نرم‌افزار Autodyn
۵۸	۹-۱ تعادل ترمودینامیکی
۶۰	۹-۲ دیاگرام فاز
۶۱	۹-۳ محاسبه دما
۶۲	۹-۴ معادله حالت هیدرواستاتیک
۶۲	۹-۵ معادله حالت گاز ایده آل
۶۳	۹-۶ معادله حالت خطی linear
۶۳	۹-۷ معادله حالت گرانیزن Mie-Gruneisen
۶۳	۹-۸ معادله حالت Polynomial
۶۶	۹-۱۰ معادله حالت Tillotson
۶۷	۹-۱۱ معادله حالت Puff
۶۸	۹-۱۲ معادله حالت Two-Phase
۶۸	۹-۱۳ معادله حالت Porous Materials
۶۹	۹-۱۳-۱ معادله حالت The piecewise-linear porous
۶۹	۹-۱۳-۲ معادله حالت Compaction

۷۰	۳-۱۳-۹ معادله حالت P-alpha
۷۰	۱۴-۹ معادله حالت Sesame
۷۱	۱۵-۹ معادله حالت مواد منفجره
۷۱	۱-۱۵-۹ معادله حالت JWL
۷۱	۲-۱۵-۹ معادله حالت Lee-Tarver
۷۱	۳-۱۵-۹ معادله حالت Slow Burn
۷۲	۱۰-۱ انواع مدل‌های استحکام مواد در نرم‌افزار Autodyn
۷۳	۱-۱۰ مدل هیدرو
۷۳	۱۰-۱ مدل الاستیک
۷۴	۳-۱۰ مدل پلاستیک
۷۵	۴-۱۰ مدل جامد کوچک
۷۶	۵-۱۰ مدل جانسون کوک
۷۷	۶-۱۰ مدل Griln-Arms-trong
۷۷	۷-۱۰ مدل Cowper - Symonds
۷۸	۸-۱۰ مدل Drucker- Prager
۷۹	۹-۱۰ مدل MO Granular
۷۹	۱۰-۱۰ مدل Johnson-Holmquist Brittle Damage
۷۹	۱۱-۱۰ مدل RHT Concrete
۸۰	۱۲-۱۰ مدل Orthotropic Yield
۸۱	۱۳-۱۰ مدل Crushable Foam
۸۲	۱۴-۱۰ مدل Viscoelastic
۸۲	۱۵-۱۰ مدل Beam Resistance
۸۲	۱۱-۱۱ مدل‌های شکست (گسیختگی) موجود در نرم‌افزار Autodyn
۸۳	۱-۱۱ مدل گسیختگی یالک Bulk (Isotropic)
۸۳	۱-۱۱ مدل شکست PMIN
۸۴	۲-۱۱ مدل Bulk Strain / Ultimate Strain / Effective Plastic Strain
۸۴	۲-۱۱ مدل‌های شکست Directional Failure
۸۵	۳-۱۱ مدل شکست جانسون کوک
۸۵	۴-۱۱ مدل شکست Grady Spall Model

۱۱-۵ مدل شکست برای مواد ارتوتروپیک.....	۸۵
۱۱-۶ مدل Cumulative Damage.....	۸۶
۱۱-۷ مدل شکست Johnson-Holmquist Damage.....	۸۶
۱۱-۸ مدل Stochastic Failure.....	۸۶
فصل دوم: تمرین‌ها و مثال‌های حل شده.....	۸۹
۱۲-تمرین اول، شبیه‌سازی انفجار، شکل‌گیری و نفوذ یک سرجنگی خرج‌گود.....	۹۰
۱۲-۱ ریف سرجنگی و تقسیم‌بندی آن.....	۹۰
۱۲-۱-۱ سرجنگی‌های شدید انفجار.....	۹۰
۱۲-۲ نفوذ کلاه‌های انرژی جنبشی.....	۹۰
۱۲-۲ سرجنگی خرج‌گود.....	۹۱
۱۲-۳ شبیه‌سازی سرجنگی خرج‌گود.....	۹۳
۱۳-تمرین دوم، شبیه‌سازی ۱ بعدی بر روی یک گلوله به هدف فولادی.....	۱۱۲
۱۴-تمرین سوم، شبیه‌سازی یک رینگ ترکشی.....	۱۱۶
۱۵-تمرین چهارم، انفجار در نزدیکی یک تانک (کشتی) بر روی آب.....	۱۲۴
۱۶-تمرین پنجم، شبیه‌سازی برخورد یک گلوله فولادی به یک هدف آلومینیومی.....	۱۲۷
۱۷-تمرین ششم، شبیه‌سازی ۲ بعدی یک سرجنگی.....	۱۴۱
۱۷-۱ نحوه ذخیره سازی فیلم و عکس از انفجار، شکل‌گیری و نفوذ سرجنگی.....	۱۴۹
۱۸-تمرین هفتم، تاثیر موج مین بر روی سازه خودروها.....	۱۵۰
۱۹-تمرین هشتم، بررسی شروع انفجار یک ماده منفجره در مجاورت یک موج شوک.....	۱۶۲
۲۰-تمرین نهم، شبیه‌سازی برخورد یک پرتابه به یک زره واکنشی.....	۱۷۱
۲۱-تمرین دهم، شبیه‌سازی ۳ بعدی یک سرجنگی ترکشی به روش PH.....	۱۸۴
فهرست منابع و مراجع.....	۲۰۴

نام خدا

مقدمه مولفین

یکی از متداول‌ترین روش‌ها جهت تحلیل مسائل در حوزه مکانیک ضربه و انفجار استفاده از نرم‌افزارهای عددی می‌باشد. این نرم‌افزارها قادرند که با استفاده از روش‌های مختلف از جمله اختلاف معیاری، به هم محدود و الزام محدود به تحلیل و شبیه‌سازی طیف عظیمی از مسائل در جامدات، سیالات و دینامیک گازها پرداخته و نتایج آنها را بدست آورند و با کمترین زمان و هزینه ممکن آنها را در اختیار کاربران قرار دهند. با استفاده از این سیستم‌ها و توسعه سیستم‌ها و زیرسامانه‌ها استفاده نمایند.

یکی از قوی‌ترین نرم‌افزارها، هیدروکد^۱ یکپارچه Autodyn می‌باشد. این نرم‌افزار بدلیل محیط گرافیکی بسیار عالی، کمپیوترهای پیکارچگی که در محیط‌های پیش‌پردازش و پس‌پردازش دارد توانسته جایگاه ویژه‌ای در این حوزه به خود اختصاص دهد.

در این کتاب ما به آموزش آخرین نسخه از این نرم‌افزار یعنی Autodyn V6.1 (که آخرین نسخه از نسخه انفرادی آن است) می‌پردازیم. نسخه‌های عددی این نرم‌افزار همراه با نرم‌افزار Ansys ارائه شده و در آن یکپارچه شده است و بخش عظیمی از این نرم‌افزار که مطالب بسیار سودمندی در زمینه پدیده‌های نرخ کرنش بالا ارائه شده حذف گردیده است. در ارائه مطالب این کتاب سعی شده است که با یک حجم کم، مطالب مهم و اساسی مطرح و از ذکر مطالب که مورد نیاز کمتری دارند اجتناب شود. به همراه کتاب، نسخه کاملی از نرم‌افزار Autodyn v6.1 ارائه گردیده که برای نصب برنامه از آن می‌توان استفاده نمود. این کتاب را می‌توان به ۲ بخش کلی تقسیم کرد: در بخش اول توضیحاتی در رابطه با نحوه عملکرد نرم‌افزار، آشنایی با محیط نرم‌افزار و قسمت‌های مختلف آن، معادلات حالت، معادلات استحکام، معادلات گسیختگی و... پرداخته و توضیحاتی ارائه می‌گردد. در بخش دوم تمهیدات و مثال‌های آموزشی بصورت قدم به قدم ارائه شده که می‌تواند تسلط کاربر را در این زمینه بسیار بهبود بخشد. به ذکر است، بدلیل گستردگی مطالب در این نرم‌افزار خلاصه‌ای از تئوری معادلات حاکمه (معادلات مربوط به حالت، استحکام و گسیختگی) بیان شده و بررسی کامل آنها به عهده کاربران محترم واگذار شده است.

در خاتمه بر خود لازم میدانیم که به مصداق حدیث شریف **لَمْ يَشْكُرِ الْمَخْلُوقُ لَمْ يَشْكُرِ الْخَالِقُ**

^۱ هیدروکد به بسته نرم‌افزاریایی گفته می‌شود که از آن برای حل طیف عظیمی از مسائل غیرخطی در دینامیک جامد، سیال و گاز استفاده می‌شود.

از زحمات و همکاریهای دوستان و همکاران عزیز، آقایان علیرضا قاسمی رحمانی و حمید رضا خلجی و تمامی عزیزانی که ما را در تهیه و تالیف این کتاب یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را بعمل آوریم. انشاء... جلد دوم این مجموعه پس از گردآوری کامل جهت تکمیل مطالب به حضورتان تقدیم می‌شود. امید است با پیشنهادات و انتقادات خود ما را در جهت ارائه بهتر مطالب یاری رساننده و با ارسال نظرات و ایده‌های خود راهنما و مشوق ما باشید.

محمدشهبازی - حمیدرضا کرمی؛ زمستان ۱۳۹۲

shahbazi118@yahoo.com

hamid.karami16@yahoo.com

www.ketab.ir