

مدل سازی خزش برای آنالیز ساختاری

Modeling of Creep for Structural Analysis

مؤلفان:

کنستانتین نومنکو

آلم آلتنبک آلتنباخ

مترجمان:

سید ابوالفضل رضوی عاری

سید امیرحسین علیزاده شملی

عطیه بنائی نیاسر

محمدجواد راحمی

تیر ۱۳۹۹

سرشناسه:

ناومنکو، کانستانتین دنیسویچ

Naumenko, K, D, (Konstantin Denisovich)

عنوان و نام پدیدآورندگان: مدل سازی خزش برای آنالیز ساختاری مولفان کانستانتین نومکو، هلم آلتنبک آلتنباخ؛

مترجمان سید ابوالفضل رضوی علوی ... او دیگران؛ ویراستار مژگان علیزاده.

مشخصات نشر:

کاشان: دارما، ۱۳۹۹.

مشخصات ظاهری:

۳۱۷ص: جدول، نمودار.

شابک:

۹۷۸-۶۲۲-۹۶۳۶۲-۱-۳ ۶۰۰,۰۰۰ ریال.

وضعیت فهرست نویسی:

فیا

یادداشت:

عنوان اصلی: Modeling of creep for structural analysis, c2007

یادداشت:

مترجمان: سید ابوالفضل رضوی علوی، سید امیر حسین علیزاده مخملی، عطیه بنائی نیاسر،

محمد جواد راحمی.

موضوع:

مواد خزش-الگوهای ریاضی

موضوع:

Materials-Creep-Mathematical models

موضوع:

تحلیل سازه - الگوهای ریاضی

موضوع:

Structural analysis (Enginerring)-Mathematical models

شناسه افزوده:

آلتنبخ، هولم، ۱۹۵۶-م.

شناسه افزوده:

-Altenbach, Holm, 1956

شناسه افزوده:

سید ابوالفضل، علوی، ۱۳۵۹

رده بندی کنگره:

T ۴۱/۲۲

رده بندی دیویی:

۶۲۰/۱۱۲۳۳

شماره کتابشناسی ملی:

۶۱۳۱۲۱۴



انتشارات دارما

نام کتاب:	مدل سازی خزش برای آنالیز ساختاری
ناشر:	انتشارات دارما
مؤلفان:	سید ابوالفضل رضوی علوی، سید امیر حسین علیزاده مخملی، عطیه بنائی نیاسر، محمد جواد راحمی
ویراستار:	مژگان علیزاده
صفحه آرا:	هنگامه قهرمانی
طراح جلد:	سید امیر حسین علیزاده مخملی
چاپ یکم:	۱۳۹۹
شمارگان:	۷۰۰ نسخه
قیمت:	۶۰,۰۰۰ تومان
شابک:	۹۷۸-۶۲۲-۹۶۳۶۲-۱-۳
ISBN:	978-622-96362-1-3

همه ی حقوق مادی و
معنوی این اثر برای
پدیدآورندگان محفوظ
است.

آدرس دفتر: انتشارات دارما، کاشان

شماره همراه: ۰۹۱۳ ۲۶۰ ۷۲۰۵

پیش‌گفتار مؤلفان

بسیاری از ساختارهای مهندسی در معرض دمای بالا و بارگیری‌های مکانیکی طی زمان طولانی عملیات قرار دارد. نمونه‌هایی از این قبیل شامل اجزای ساختاری نیروگاه‌های برق، پالایشگاه‌های مواد شیمیایی و موتورهای حرارتی است.

در فرایندهای طراحی و ارزیابی‌های عمر باقی‌مانده برای سیستم‌های خطوط لوله، روتورها، دیگ‌های توربین و... باید روندهای خزش و آسیب را در نظر بگیرند. هدف «مدل‌سازی خزش برای آنالیز ساختاری» ایجاد روش‌هایی به منظور شبیه‌سازی و آنالیز تغییرات زمانی حالت‌های تنش و کرنش در ساختارهای مهندسی تا مرحله بحرانی گسیختگی خزش است.

دامنه تحقیقاتی این کتاب بارسته‌های «مکانیک خزش» و «مکانیک پیوستار خزش و آسیب» مرتبط است. موضوعه‌ای اصلی مکانیک خزش عبارت‌اند از: فرمولاسیون معادله‌های ساختاری خزش در مواد ساختاری تحت حالت‌های تنش چندمحوری، کاربرد مدل‌های مکانیک ساختاری تیرها، صفحه‌ها، قالب‌ها و جامدات سه‌بعدی و استفاده از فرایندهایی برای حل مسائل مقدار مرزی اولیه-یرجی.

در دهه ۱۹۶۰ که «ادکویست» و «هالت»، «هالت» و «راند» و «متن‌های مقدماتی» را به رشته تحریر درآوردند، این موضوع‌ها به مسائلی سنتی با بساطت این متون کلاسیک، اولین مجموعه از راه‌حل‌های مسائل خزش برای ساختارهای مقدماتی از قبیل میله‌ها، تیرها و صفحه‌های مدور را براساس مدل‌های ساختاری ساده‌ای همچون معادله نورتن-بایلی ارائه می‌دهد.

نتایج، ویژگی‌های اصلی خزش در ساختارها، یعنی تغییرات زمانی، رلاکسیون و توزیع مجدد تنش‌ها و پیش‌خزشی را نشان می‌دهد. همچنین، متغیرهای حالت داخلی یا مخفی برای تعیین فرایندهای مرتبط با تغییر شکل خزش ارائه شده است.

از: ارتباط با علم مواد در فرمولاسیون معادله‌های ساختاری به‌منظور بررسی مکانیسم‌های مختلف تغییر شکل و آسیب طی رنج وسیعی از تنش و دما، کاربرد متغیرهای حالت مقدار تانسور برای بررسی تأثیرات حالت تنش و آنیزوتروپی القایی تغییر شکل/آسیب، ارزیابی مدل‌ها برای تیرها، صفحه‌ها و قالب‌ها در آنالیز ساختاری مرتبط با خزش و آسیب، توسعه و تأیید جریان‌های فرعی خزش-آسیب مواد به‌منظور ارائه در کدهای المان محدود چندکاربردی، کاربرد روش المان محدود برای آنالیز خزشی ساختارهای مهندسی واقعی، بررسی شرایط پردازشی از قبیل جوشکاری یا خمش القایی لوله‌ها که بر رفتار معاقب خزش در ساختارها تأثیرگذار است.

هدف این کتاب، بررسی بعضی از روش‌های کلاسیک و مدرن در زمینه مدل‌سازی خزش برای آنالیز ساختاری و نیز گسترش مجموعه راه‌حل‌های موجود مسائل خزش از طریق ارائه مثال‌هایی جدید و پیچیده است.

در فصل یکم ویژگی‌های اصلی رفتار خشی مواد و ساختارها را بررسی و طرح کلی روش‌های گوناگون مدل‌سازی خزش را ارائه می‌کنیم. در فصل دوم، مدل‌های ساختاری را مطرح می‌کنیم که فرایندهای خزشی را تحت حالت‌های تنش چندمحوری توصیف می‌کند.

نقطه آغازین نظریه مهندسی خزش ارائه کرنش غیرالاستیک، پتانسیل خزش، قانون جریان، تنش معادل و متغیرهای حالت داخلی است. مدل‌های ساختاری خزش ثانویه ایزوتروپی براساس پتانسیل خزش فون میسز-ادکویست ارائه شده است. پتانسیل‌های خزشی شامل سه نامتغیر تانسور تنش به‌منظور بررسی تأثیر حالت تنش بررسی می‌شود. بررسی تقارن‌های مواد، محدودیت‌هایی را برای پتانسیل خزش ایجاد می‌کند؛ بدین‌منظور روش مستقیم جدیدی برای یافتن آرگومان‌های مقدار اسکالر پتانسیل خزش برای گروه معینی از تقارن‌های مواد ارائه می‌کنیم.

تقارن عرضی ایزوتروپی و ارتوتروپیک، دو نوع مهم تقارن‌های مکانیک خزش است. نامتغیرهای مناسب تانسور تنش، تنش معادل و حالت‌های کرنشی و نیز معادله‌های ساختاری برای این دو نمونه طراحی شده است.

سایر شاخه‌های نظریه خزش کلاسیک با فرایندهای مرتبط با تغییرشکل خزشی ارتباط دارد. در ادامه، تأثیر خزش اولیه و خزش ناپایدار را با ارائه متغیرهای حالت سخت‌گردانی شرح می‌دهیم. همچنین، مدل‌های سخت‌گردانی زمانی و کرنشی و نیز مفهوم تنش برگشت را بررسی می‌کنیم که رفتار خزش چندمحوری را پیش‌بینی می‌کند. خزش سوم و مقاومت طولانی‌مدت نیز با ارائه متغیرهای حالت آسیب تعیین می‌شود.

در ادامه، بررسی مسائلی از انواع معادله‌های ساختاری با متغیرهای آسیب و معادله‌های تکاملی مطابق با ارائه می‌دهیم. همچنین، تأثیر حالت تنش و آنیزوتروپی القایی آسیب را به صورت جزئی توضیح می‌دهیم.

فصل سوم، کاربرد مدل‌های ساختاری با توصیف خزش در چندین مواد ساختمانی را بررسی می‌کند و معادله‌های ساختاری و تکاملی، تراکم واکنشی و مقادیر ثابت مواد طبق داده‌های آزمایشی اخیر نیز ارائه می‌شود. به علاوه مدل‌های جدیدی برای خزش آنیزوتروپی در فلز جوش چندپاسی ارائه شده است.

در فصل چهارم، مسائل مکانیک ساختاری بررسی می‌شود. ابتدا خلاصه‌ای از معادله‌های حاکم را ارائه می‌کنیم که خزش را در جامدات سه‌بعدی شرح می‌دهد. چندین فرضیه ساده برای توصیف ایده‌های اصلی مسائل مقدار مرزی اولیه، روش‌های تغییرمستقیم و الگوریتم‌های مرحله زمانی طراحی می‌شود. سپس، مدل‌های مختلف مکانیک ساختاری تیرها، صفحه‌ها و قالب‌ها در زمینه کاربرد در مسائل خزش بررسی و ارزیابی می‌شود. در این فصل بر تأثیر تغییرشکل برشی عرضی، لایه‌های مرزی و نمونه‌های غیرخطی هندسی تأکید شده است.

مدل‌های ساختاری دارای متغیرهای آسیب اسکالر از طریق زیرروال‌های مواد تعریف شده از طرف کاربر در کدهای المان محدود ABAQUS و ANSYS ثبت می‌شود. راه‌حل‌های عددی خاصی براساس روش ریتز برای این نوع مسائل ارائه شده است. راه‌حل‌های المان محدود برای مسائلی مشابه اعمال می‌شود تا کدگذاری و اجرای صحیح زیرروال‌ها را شرح دهد.

به‌علاوه، این معیارها برای مطالعه کاربرپذیری زیرروال‌های توسعه‌یافته طی رنج وسیعی از بوابه‌های المان شامل المان‌های قالب و جامد استفاده می‌شود. تأثیر اندازه شبکه بر میزان دقت راه‌حل‌ها با چند مثال توضیح داده‌ایم. سپس، نتایج به دست آمده با داده‌های حاصل از اقدامات مهندسی توصیف شده در تحقیق‌های مرتبط را مقایسه می‌کنیم.

ضمیمه‌های A تا C خلاصه‌ای از علامت‌گذاری تانسور مستقیم و عملیات اصلی تانسور را ارائه می‌دهد که در سراسر متن به کار رفته است. مزیت این نوع علامت‌گذاری، ارائه واضح، فشرده و بدون مختصات مدل‌های ساختاری و مسائل مقدار مرزی اولیه است.

همچنین، نظریه توابع و نامتغیرهای تانسور آیزوتروپیک را به صورت جزئی شرح می‌دهیم و روش جدیدی در اتخاذ مجموعه اصلی ناهمبسته مستقل تابعی برای بردارها و تانسورهای درجه دوم برای گروه تقارن معینی ارائه می‌کنیم. نامتغیرها به عنوان انتگرال‌های یک معادله دیفرانسیل جزئی نوعی (معادله اصلی نامتغیرها) در نظر گرفته می‌شود.

چندین فصل از این کتاب برگرفته از کنفرانس‌ها و یادداشت‌های حاصل از کنفرانس‌های مرتبط با اصول مکانیک پیوستار، مکانیک مواد و مدل‌سازی المان محدود دانشجویان فارغ‌التحصیل است. منشأ بسیاری از نتایج ارائه شده، پروژه‌های تبادل علمی و دانشگاهی است.

فهرست

فصل یکم: مقدمه.....	۱۸
۱. مقدمه.....	۱۸
۱-۱. پدیده‌های خزش در مواد ساختاری.....	۱۹
۱-۱-۱. خزش تک‌محوری.....	۱۹
۱-۱-۲. خزش چندمحوری و تأثیر حالت تنش.....	۲۷
۲-۱. خزش در ساختارهای مهندسی.....	۳۳
۳-۱. روش‌های اصلی مدل‌سازی خزش.....	۳۹
فصل دوم: مدل‌های اختاری خزش.....	۴۴
۱-۲. نظر کلی.....	۴۵
۲-۲. خزش ثانویه.....	۵۳
۱-۲-۲. خزش ایزوتروپی.....	۵۴
۱-۲-۲-۱. معادله‌های خزش کلاسیک.....	۵۴
۲-۲-۲-۱. پتانسیل‌های خزش با سه متغیر تانگنر تنش.....	۵۷
۲-۲-۲-۲. خزش مواد آنیزوتروپی اولیه.....	۶۲
۱-۲-۲-۲. معادله‌های خزش کلاسیک.....	۶۵
۲-۲-۲-۲. معادله‌های خزش غیر کلاسیک.....	۷۷
۳-۲-۲. توابع تنش و دما.....	۸۶
۳-۲. خزش اولیه و حالت‌های ناپایدار خزش.....	۹۲
۱-۳-۲. سخت‌گردانی زمانی و کرنشی.....	۹۶
۲-۳-۲. سخت‌گردانی سینماتیکی.....	۹۹
۴-۲. خزش سوم و آسیب خزش.....	۱۰۹
۱-۴-۲. متغیرهای آسیب مقدار اسکالر.....	۱۱۲
۱-۴-۲-۱. مدل کاجانو-رابوتنو.....	۱۱۳
۲-۴-۲-۱. مدل‌های ثابت میکرومکانیکی.....	۱۲۸
۳-۴-۲-۱. مدل‌های مکانیسم‌محور.....	۱۳۱
۴-۴-۲-۱. مدل‌های اتلافی.....	۱۳۶
۲-۴-۲-۲. آنیزوتروپی القایی آسیب.....	۱۳۷

فصل سوم: مثال‌هایی از معادله‌های ساختاری مواد گوناگون.....	۱۴۹
۱-۳. مدل‌های خزش ایزوتروپی چندین آلیاژ.....	۱۵۰
۱-۱-۳. فولاد نوع ۳۱۶.....	۱۵۱
۲-۱-۳. فولاد 13CrMo4-5.....	۱۵۲
۳-۱-۳. آلیاژ آلومینیوم D16AT.....	۱۵۳
۴-۱-۳. آلیاژ آلومینیوم BS 1472.....	۱۵۴
۲-۳. مدل خزش آنیزوتروپی در فلز جوش چندپاسی.....	۱۵۹
۱-۲-۲. منحنی خزش آنیزوتروپی.....	۱۶۲
۲-۲-۳. مدل‌سازی خزش ثانویه.....	۱۷۰
۳-۲-۳. شناسایی ثابت‌های ماده.....	۱۷۱
فصل چهارم: مدل‌سازی خزش در ساختارها.....	۱۷۷
۱-۴. نظرهای کلی.....	۱۷۸
۲-۴. مسائل مقدار مرزی اولیه و روندی راه‌حل کلی.....	۱۸۲
۱-۲-۲. معادله‌های حاکم.....	۱۸۲
۲-۲-۴. ارائه بردار- ماتریس.....	۱۸۵
۳-۲-۴. روش‌های راه‌حل عددی.....	۱۸۹
۱-۳-۲-۴. روش‌های انتگرال‌گیری زمانی.....	۱۹۱
۲-۳-۲-۴. راه‌حل مسائل مقدار مرزی.....	۱۹۸
۳-۳-۲-۴. فرمولاسیون‌های تغییر و روندهای مربوط.....	۲۰۰
۳-۴. تیرها.....	۲۰۵
۱-۳-۴. نظریه تیر کلاسیک.....	۲۰۵
۲-۳-۴. راه‌حل فرم بسته.....	۲۰۸
۳-۳-۴. فرمولاسیون تغییر و روش ریتز.....	۲۱۰
۴-۳-۴. مثال‌های مرتبط.....	۲۱۲
۱-۴-۳-۴. راه‌حل‌های روش ریتز.....	۲۱۳
۲-۴-۳-۴. راه‌حل‌های المان محدود.....	۲۱۹
۵-۳-۴. تأثیرهای حالت تنش و فرضیه‌های برش عرضی.....	۲۲۶
۶-۳-۴. نظریه تغییر شکل برشی مرتبه اول.....	۲۲۹
۷-۳-۴. مثال: نظریه تیر اصلاح شده در مقابل کلاسیک.....	۲۳۶
۴-۴. صفحه‌ها و قالب‌ها.....	۲۴۰

۲۴۱ ۱-۴-۴. روش‌های آنالیز صفحه‌ها و قالب‌ها

۲۴۵ ۲-۴-۴. مثال‌های مربوط

۲۵۸ ۲-۲-۴-۴. آنالیز مقاومت طولانی مدت خط انتقال بخار

۲۶۷ پیوست‌ها

۳۰۹ فهرست راهنما

www.ketab.ir