

پایداری سازه‌ها

کمانش و پس‌کمانش

www.ketab.ir

تصنیف

دکتر سیدامیرمهدی قنادپور

مهدی شاکری



۱۴۰۱



۸۲۴

مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی

پایداری سازه‌ها: کمانش و پس‌کمانش
دکتر سیدامیرمهدی قنادپور، مهدی شاکری

ویراستار: ناهیده کاظم‌زاده گنجی
حروف‌نگار و صفحه‌آرا: سمیرا دهقان
ناظر چاپ: نوید سیفان
چاپ اول: ۱۴۰۱
شمارگان: ۲۰۰
قیمت: ۱۰۶۰۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای دانشگاه شهید بهشتی محفوظ است.
«صحت مطالب کتاب برعهده مصنف است»

سرشناسه:	قنادپور، سیدامیرمهدی، ۱۳۵۸-
عنوان و نام پدیدآور:	پایداری سازه‌ها: کمانش و پس‌کمانش / تصنیف سیدامیرمهدی قنادپور، مهدی شاکری؛ ویراستار ناهیده کاظم‌زاده گنجی.
مشخصات نشر:	تهران: دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری:	شازده، ۲۴۹ ص.: مصور، جدول، نمودار.
فروست:	مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی؛ ۸۲۴.
شابک:	۹۷۸ ۹۶۴ ۴۵۷ ۵۶۷ ۹
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیا
یادداشت:	کتابنامه
یادداشت:	نمایه
موضوع:	پایداری سازه‌ها، Structural stability
شناسه افزوده:	شاکری، مهدی، ۱۳۷۱-
شناسه افزوده:	دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات
شناسه افزوده:	Shahid Beheshti University. Printing & Publishing Center
رده‌بندی کنگره:	T۸۶۵۶
رده‌بندی دیویی:	۶۲۴/۱۷۱
شماره کتابشناسی ملی:	۸۹۸۸۵۸۷

کد ناشر ۱۰۰۱۷۳۴

www.pub.sbu.ac.ir
unipress@mail.sbu.ac.ir

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	پانزده
فصل ۱. مفاهیم مقدماتی.....	۱
۱.۱. مفهوم تعادل و پایداری.....	۲
۱.۱.۱. دیدگاه تعادل استاتیکی.....	۲
۲.۱.۱. دیدگاه انرژی (بیان اول).....	۴
۳.۱.۱. دیدگاه انرژی (بیان دوم).....	۷
۲.۱. مقدمه‌های بر کمناش.....	۸
۳.۱. روابط سینماتیکی (کرنش- جابه‌جایی).....	۱۴
۴.۱. حساب تغییرات.....	۱۹
۵.۱. تکنیک تعادل همسایگی.....	۲۳
منابع فصل ۱.....	۲۵
فصل ۲. کمناش ستون‌ها.....	۲۷
۱.۲. رویکرد تعادل.....	۲۷
۱.۱.۲. علائم قراردادی.....	۲۸
۲.۱.۲. معادلات دیفرانسیل تیر- ستون.....	۲۸
۳.۱.۲. حل معادله پایداری برای تیرهای با شرایط مرزی مرسوم.....	۳۸
۴.۱.۲. تحلیل پایداری تیرها با وجود تکیه‌گاه الاستیک جانبی (فنر).....	۴۷
۵.۱.۲. \dagger تحلیل پایداری تیرها با سطح مقطع متغیر.....	۵۲
۲.۲. رویکرد انرژی.....	۵۶
۱.۲.۲. انرژی پتانسیل تیر- ستون.....	۵۶
۲.۲.۲. معیارهای لیاپانوف و ترفتن.....	۶۰
۳.۲.۲. حل تخمینی کمناش تیرها و ستون‌ها.....	۶۶
۴.۲.۲. ضرایب ریلی و تیموشنکو.....	۷۰
۵.۲.۲. روش ریلی- ریتز.....	۷۴
۶.۲.۲. روش گالرکین.....	۷۹
۳.۲. انحراف‌های بزرگ در ستون‌ها.....	۸۰
۱.۳.۲. رویکرد تعادل.....	۸۰
۲.۳.۲. رویکرد انرژی.....	۸۵

۹۰	..... ۴.۲. مسائل
۹۱	..... منابع فصل ۲
۹۳	..... فصل ۳. کماتش صفحات
۹۳	..... ۱.۳. رویکرد تعادل
۹۳	..... ۱.۱.۳. اجزای نظریه خمش صفحه
۹۷	..... ۲.۱.۳. معادله دیفرانسیل صفحه
۱۰۴	..... ۳.۱.۳. معادلات خطی پایداری: تکنیک تعادل همسایگی
۱۰۶	..... ۴.۱.۳. حل معادله پایداری صفحات
۱۱۵	..... ۲.۳. رویکرد انرژی
۱۱۶	..... ۱.۲.۳. اکسترمم سازی انرژی پتانسیل صفحه
۱۱۹	..... ۲.۲.۳. معیار حداقل انرژی پتانسیل - معیار ترفتنز
۱۲۲	..... ۳.۲.۳. حل تخمینی کماتش صفحات مستطیلی
۱۲۳	..... ۳.۳. پس کماتش صفحات مستطیلی
۱۲۴	..... ۱.۳.۳. سفتی فشاری پس کماتش
۱۳۵	..... ۲.۳.۳. انحراف پس کماتش
۱۳۶	..... ۳.۳.۳. توزیع تنش ها پس از کماتش
۱۳۷	..... ۴.۳.۳. مفهوم عرض مؤثر
۱۳۸	..... ۵.۳.۳. اثرات ناکاملی هندسی اولیه
۱۴۰	..... ۶.۳.۳. تحلیل پس کماتش یک صفحه مربعی لولایی همسانگرد تحت کوتاه شدگی انتهایی
۱۵۰	..... ۴.۳. مسائل
۱۵۱	..... منابع فصل ۳
۱۵۳	..... فصل ۴. تحلیل های پیشرفته غیر خطی صفحات تحت فشار
۱۵۳	..... ۱.۱.۴. مروری مختصر بر مفاهیم مواد مرکب و مواد مدرج تابعی
۱۵۴	..... ۱.۱.۴. مواد مرکب
۱۶۰	..... ۲.۱.۴. مواد مدرج تابعی
۱۶۴	..... ۲.۴. تحلیل پس کماتش صفحات و سازه های صفحه ای با روش نوار محدود
۱۶۴	..... ۱.۲.۴. روش نوار محدود
۱۶۷	..... ۲.۲.۴. تحلیل پس کماتش صفحات ساخته شده از مواد مرکب
۱۸۱	..... ۳.۲.۴. تحلیل پس کماتش سازه های صفحه ای همسانگرد
۱۸۶	..... ۳.۴. تحلیل پس کماتش بدون المان صفحات مرکب چند لایه
۱۸۷	..... ۱.۳.۴. تحلیل پس کماتش صفحات مرکب توسط روش هم مکانی طیفی

پیشگفتار

شکر و سپاس ایزد منان را که به ما این فرصت را عطا کرد تا با تألیف این کتاب گامی هرچند کوچک در زمینه رشد و ارتقای جامعه صنعتی، علمی و دانشگاهی کشور برداریم. این کتاب مرجعی برای آشنایی با موضوع پایداری سازه‌ها، با تأکید بر مفاهیم کمانش و پس‌کمانش ستون‌ها و صفحات است.

هدف اصلی این کتاب تقویت خطوط ارتباطی بین تحلیلگر و طراح در زمینه پایداری سازه‌ها است و با تألیف آن، خلاصه‌ای مختصر از استدلال‌ها و مفاهیم که در پس فرمول‌ها و استانداردها نهفته است، ارائه می‌شود. امید است که با مطالعه و درک این پیشینه در کتاب حاضر، طراح در برخورد با مشکلات کمانش به اطلاعات لازم دست یابد و همچنین با تقویت درک خود از اصول اولیه، برای پیش‌بینی مشکلات کمانش در طرح‌های سازه‌ای جدید که تاکنون در منابع موجود پوشش داده نشده‌اند، مجهزتر شود.

هدف دیگر کتاب حاضر آشنایی دانشجویان تحصیلات تکمیلی رشته‌های مهندسی مکانیک، عمران و هوافضا با جهان پایداری سازه‌ها است که علاوه بر یادگیری مفاهیم اساسی در بحث کمانش و پس‌کمانش ستون‌ها و صفحات، توانایی حل مسائل پیشرفته پایداری سازه‌ها و تحلیل رفتار آن‌ها را داشته باشند. بدین ترتیب در فصل اول مفهوم تعادل و پایداری بیان می‌شود و با پدیده کمانش آشنا می‌شویم. در این فصل درباره مفاهیم پایه برای درک مسائل و همچنین پیش‌نیازهای بررسی مفاهیم پایداری بحث می‌شود. در فصل دوم کمانش ستون‌ها در دیدگاه‌های مختلف و با شرایط مرزی متفاوت بررسی می‌شود. برای بررسی کمانش ستون‌ها از رویکردها و معیارهای مختلفی استفاده می‌گردد. در فصل بعد، کمانش و پس‌کمانش صفحات با رویکردهای گوناگون توضیح داده خواهند شد و علاوه بر استخراج و حل معادلات تعادل و پایداری، روش‌های تخمینی برای حل مسائل نیز ارائه می‌شود. در پایان مسائل نوین و پیشرفته غیرخطی صفحات ارائه و با روش‌های مختلف عددی و نیمه‌تحلیلی حل می‌شوند. از جمله اهداف این فصل، ارائه راه‌حل‌های ترکیبی برای حل مسائل پایداری و ایجاد ذهنیت روشن برای حل مسائل جدید است.

بنابراین در این کتاب سعی شده است مثال‌ها و مسائل پایه ارائه شود تا دانشجویان علاوه بر آشنایی با مفاهیم اساسی و مقدماتی پایداری سازه‌ها، مراحل حل مسائل را نیز فراگیرند و خود به تحلیل و پاسخگویی آن‌ها بپردازند. هنگام ارائه برخی مطالب، از نشانه «†» استفاده شده که بیانگر

مطالب بیشتر در خصوص پایداری سازه‌ها است که چنانچه خواننده نیاز داشته باشد می‌تواند آن‌ها را مطالعه کند و اگر هم مطالعه نشود، خدش‌های به درک مفاهیم وارد نمی‌کند. امید است که با تألیف این کتاب، گامی در زمینه تحقق رشد و اعتلای جامعه صنعتی، علمی و دانشگاهی کشور برداشته باشیم.

سیدامیر مهدی قنادپور

عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

تابستان ۱۴۰۱

www.ketab.ir