

بهسازی لرزه‌ای سازه‌های فولادی

و تحلیل بار افزون (Pushover)

با استفاده از نرم افزارهای Sap2000 و ETABS

تألف:

دکتر احمد نیکنام

علی اکبر میمنندی یاریزی

شایان پاک نیت



انتشارات مفنکران



انتشارات متفکران

بهسازی لرزه‌ای سازه‌های فولادی و تحلیل بار افزون

(با استفاده از Pushover)

نرم افزارهای Etabs، Sap2000

تألیف: احمد نیکنام، علی اکبر میمندی پاریزی، شایان پاک‌نیت

انگاره‌سازی و طراحی متن و جلد: جواد شریف‌پور

لینوگرافی: مهران‌نگار

چاپ: غزال

صحافی: کیمیا

تعداد صفحات: ۸۴۰

چاپ اول: بهار ۱۳۹۱

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۲۲۴-۱۷-۷

تیراژ: ۱۱۰۰

بها: ۲۵۰۰۰ تومان

www.dibbook.com

سرشناسه	:	نیکنام، احمد
عنوان و نام پدیدآور	:	احمد نیکنام، علی اکبر میمندی پاریزی، شایان پاک‌نیت
مشخصات نشر	:	نرم افزارهای Etabs، Sap2000
مشخصات ظاهری	:	مهران: متفکران، لویه ۱۳۹۱
شابک	:	[۸۴۰] صفحه مصور، جدول، نمودار
وضعیت فهرست‌نویسی	:	۹۷۸-۶۰۰-۵۲۲۴-۱۷-۷
موضوع	:	قیما
شناسه افزوده	:	بارگذاری سازه‌های فولادی - نرم افزار - ساختمان‌های فلزی - اثر زلزله
شناسه افزوده	:	میمندی پاریزی، علی اکبر، ۱۳۹۱
رده بندی کنگره	:	پاک‌نیت، شایان، ۱۳۹۲
رده بندی دیویی	:	۱۳۹۱ ن ۹ ب ۹۷۸/۴۷۱
شماره کتابشناسی ملی	:	۴/۶۲۰
	:	۲۷۳۷۶۶

واحد فروش: آذرخش: ۶۶۹۶۱۲۵۹

خدمات فرهنگی ایدپ: انقلاب - نیش خیابان جمالزاده - فرصت، روبروی مدرسه مبتکران پلاک ۵۶
 انتشارات متفکران: تلفن: ۶۶۹۱۵۳۱۱ - ۶۶۹۵۱۶۴۳ فاکس: ۶۶۹۵۱۶۴۴ فروشگاه‌ها:
 رشت، شعبه (۱) جنب آردکوبی ۳۲۳۰۳۷۷ - شعبه (۲) میدان شهرداری ۲۲۳۶۸۰۵

سخن مؤلفین

زمین بر حسب ذات هوشمند خود در هر لحظه دارای تغییر و حرکت است و برای بقای خود، ناگزیر، لرزه ایجاد می‌کند. وظیفه ما مهندسین عمران، جلوگیری از این پدیده طبیعی نیست، بلکه باید سازه‌ها را در برابر زمین‌لرزه‌ها، مقاوم‌سازی نمائیم. در سال‌های اخیر به دلیل تلفات زیاد زمین‌لرزه، مقاوم‌سازی و بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها به یکی از مباحث روز مهندسی عمران تبدیل شده است. اشتیاق روزافزون دانشجویان برای فراگیری این مبحث، و همچنین کمبود منبع مناسب برای فراگیری آن، ما را مکلف به تدوین این اثر نموده است.

اگرچه آئین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌هایی چون FEMA-۳۵۶ و یا نشریه ۳۶۰ در این زمینه تدوین شده‌اند اما کاربرد این ضوابط به صورت عملی و کاربردی در طرح عملکردی سازه‌ها بدون استفاده از کامپیوتر غیر ممکن است. امروزه کاربرد وسیع کامپیوتر در علوم مهندسی، این علوم را متحول نموده و کاربرد آن را در تجارت میسر ساخته است. سعی ما در این مجموعه بر آن بوده، تا از طریق مثال‌های کاربردی، تعادلی بین مباحث تئوری و کاربرد آنها در دنیای تجاری ایجاد نمائیم. در این کتاب ضمن طرح مباحث تئوری پیرامون مقاوم‌سازی لرزه‌ای سازه‌ها و همچنین ارتقاء دانش مهندسین عمران در زمینه طراحی سازه‌ها، کاربرد ضوابط آئین‌نامه‌های مذکور در نرم‌افزارهای تجاری SAP 2000 و ETABS نیز ارائه شده است. در مجموعه حاضر ضمن اینکه به مباحث بارگذاری و محاسباتی سیستم‌های فولادی دوره کارشناسی مهندسی عمران پرداخته شده، مباحث بهسازی لرزه‌ای و تحلیل‌های غیرخطی وابسته (تحلیل بارافزون^۱) نیز عنوان گردیده است.

^۱ Pushover Analysis

در بخش اول کتاب علاوه بر طرح مباحث نرم‌افزاری، مطالب علمی و تئوری طراحی عملکردی نیز به زبانی ساده و قابل فهم توضیح داده شده است. طرح این موضوع با طرح پروژه‌های عملی همراه بوده تا خوانندگان بتوانند ارتباط مناسبی با آئین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های موجود برقرار کنند. در پروژه‌های فوق کلیه مباحث غیرخطی مربوط به ساختمان‌های فولادی مطرح شده که با استفاده از این کتاب، تا حدود زیادی مشکلات کاربران در این زمینه مرتفع خواهد شد. در بخش دوم این کتاب، جهت آشنایی کاربران، سیستم‌ها و مثال‌های مذکور به کمک آئین‌نامه ۷-۰۵ ASCE/SEI بارگذاری شده تا دانشجویان تحصیلات تکمیلی بتوانند با آئین‌نامه مذکور ارتباط برقرار کنند.

در پیوست کتاب، مطالب بسیار مفیدی از جمله تعیین ضریب رفتار سازه‌ها، مطالب کاربردی پروژه FEMA-۴۴۰ لحاظ نمودن اثرات اندرکنش خاک و سازه در برنامه SAP2000، و تشریح انواع روش‌های تحلیل استاتیکی غیرخطی ارائه شده است.

مجموعه حاضر، حاصل تلاش بی وقفه ای است که با یاری خدا سعی نموده‌ایم تا گام کوچکی در جهت پیشرفت علوم مهندسی زلزله برداریم. امید است تا با مطالعه این مجموعه مباحث مربوط به طرح عملکردی و مقاوم‌سازی سازه‌ها تا حدود زیادی رفع ابهام شوند. از خوانندگان محترم خواهشمندیم در کنار مطالعه این کتاب، نظرات و پیشنهادات خود را جهت بالا بردن سطح کیفی مجموعه حاضر به مولفین این اثر انعکاس دهند. جا دارد از دوستان و عزیزانی چون امیر کاظمی، مظفر ترکزاده تبریزی، محمد جواد میمنندی و مهدی اسکندری که در خلق این اثر ما را یاری داده‌اند، تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از آقای جواد شریف پور که زحمت طراحی و آماده سازی متن کتاب را کشیده‌اند و انتشارات متفکران که چاپ و انتشار کتاب را عهده دار بوده‌اند، نهایت سپاس را داریم.

علی اکبر میمنندی پاریزی

شایان پاک نیت

amparizi@yahoo.com

زمستان ۱۳۹۰

فهرست مطالب

۱	فصل اول: طراحی سازه فولادی ۵ طبقه برون محور با سه نوع تیر پیوند برشی، خمشی و متوسط
۳	۱-۱ فرضیات پروژه
۴	۲-۱ بارگذاری ثقلی
۴	۱-۲-۱ بار مرده
۵	۲-۲-۱ بار زنده
۵	۳-۲-۱ بار برف
۵	۳-۱ بارگذاری لرزه‌ای
۵	۱-۳-۱ محاسبه زمان تناوب اصلی سازه
۶	۲-۳-۱ ضریب رفتار R
۶	۳-۳-۱ محاسبه برش پایه سازه
۷	۴-۳-۱ توزیع برش پایه در ارتفاع
۷	۵-۳-۱ ترکیب بارها
۹	۴-۱ مدل سازی سازه
۹	۱-۴-۱ تعریف خطوط شبکه
۱۵	۲-۴-۱ استفاده از مدل‌های آماده
۲۱	۳-۴-۱ تعریف مشخصات مدل (منوی <i>Define</i>)
۴۲	۴-۴-۱ ترسیم اجزای مدل (منوی <i>Draw</i>)
۶۳	۵-۴-۱ اختصاص ویژگی‌های اعضای سازه (منوی <i>Assign</i>)
۶۹	۶-۴-۱ اختصاص بارها به عناصر

۷۸	۵-۱ تحلیل و طراحی سازه (منوهای <i>Analyze & Design</i>)
۷۸	۱-۵-۱ تحلیل سازه
۸۵	۲-۵-۱ طراحی سازه
۶۳	۶-۱ خروجی نتایج تحلیل و طراحی سازه (منوی <i>Display</i>)
۱۰۳	۱-۶-۱ خروجی‌های برسیمی (گرافیکی)
۱۴۵	۲-۶-۱ خروجی‌های متنی
۱۵۸	۷-۱ ساختمان فولادی ۵ طبقه بدون محور با تیر پیوند متوسط
۱۵۹	۸-۱ ساختمان فولادی ۵ طبقه بدون محور با تیر پیوند خمشی
۱۶۱	فصل دوم: مفاهیم کاربردی بهسازی لرزه‌ای و ارزیابی براساس سطوح عملکرد
۱۶۳	۱-۲ مقدمه
۱۶۴	۱-۱-۲ ضرورت مقاوم‌سازی سازه‌ها
۱۶۴	۲-۱-۲ تاریخچه گسترش دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای
۱۶۸	۲-۲ روش‌های تحلیل سازه
۱۶۸	۱-۲-۲ روش‌های تحلیل خطی
۱۷۵	۲-۲-۲ تحلیل غیرخطی و لزوم انجام آن
۱۷۹	۳-۲ تعاریف و مفاهیم پایه‌ای
۱۸۰	۱-۳-۲ مقدمه
۱۸۱	۲-۳-۲ تعاریف اولیه
۱۸۲	۳-۳-۲ ارزیابی لرزه‌ای براساس سطوح عملکردی
۱۸۸	۴-۲ مبانی بهسازی لرزه‌ای
۱۸۹	۱-۴-۲ تعیین هدف بهسازی (هدف عملکردی)
۱۹۱	۲-۴-۲ مراحل مختلف بهسازی
۱۹۷	۳-۴-۲ منحنی‌های چرخه‌ای (هیستریسیس) و رفتار اعضاء سازه
۲۰۴	۴-۴-۲ مفصل خمیری و انواع آن

- ۲۰۷ ۵-۴-۲ گردآوری اطلاعات ساختمان‌های موجود و تعیین ضریب آگاهی
- ۲۰۹ ۶-۴-۲ مقاومت مصالح و ظرفیت اجزاء سازه
- ۲۱۰ ۷-۴-۲ محدوده کاربرد روش‌های غیرخطی
- ۲۱۱ ۸-۴-۲ انواع دیافراگم در ساختمان‌ها
- ۲۱۲ ۹-۴-۲ ضوابط مدلسازی جهت تحلیل استاتیکی غیرخطی
- ۲۲۵ فصل سوم: تحلیل پوش‌آور سازه برون‌محور با سه نوع تیر پیوند، با استفاده از نرم‌افزار ETABS
- ۲۲۷ ۱-۳ گام‌های تحلیل بارافزون (برس‌آور)
- ۲۲۹ ۲-۳ معرفی مفصل خمیری در بنا
- ۲۳۰ ۱-۲-۳ مقدمه‌ای بر سیستم‌های برون‌محور
- ۲۳۴ ۲-۲-۳ معرفی مفصل خمیری برای تیر پیوند برشی
- ۲۴۷ ۳-۲-۳ تعریف مفصل خمیری برای تیر پیوند خمشی
- ۲۵۰ ۴-۲-۳ تعریف مفصل خمیری برای تیر پیوند متوسط خمشی - برشی
- ۲۵۵ ۳-۳ اختصاص مفصل به اعضاء
- ۲۵۷ ۴-۳ معرفی حالات تحلیل استاتیکی غیرخطی
- ۲۵۷ ۱-۴-۳ بارنقلی
- ۲۷۸ ۲-۴-۳ تعریف حالات بار جانبی (پوش جانبی)
- ۲۹۹ ۵-۳ تحلیل سازه
- ۳۰۰ ۶-۳ خروجی‌های تحلیل پوش‌آور
- ۳۰۰ ۱-۶-۳ خروجی‌های گرافیکی (ترسیمی)
- ۳۳۹ ۲-۶-۳ خروجی‌های متنی تحلیل استاتیکی غیرخطی
- ۳۸۷ فصل چهارم: محاسبه و طراحی ساختمان ۵ طبقه فولادی با سه نوع سیستم ویژه، متوسط و معمولی
- ۳۹۰ ۱-۴ مقدمه
- ۳۹۰ ۲-۴ معرفی خصوصیات سازه‌ای پروژه

- ۳-۴ نرم‌افزارهای مورد استفاده ۳۹۰
- ۴-۴ بارگذاری (ثقلی - زلزله) ۳۹۰
- ۱-۴-۴ پارامترهای طیف شتاب در آئین نامه (ASCE/SEI 7-05) ۳۹۴
- ۲-۴-۴ دسته بندی سازه ها از نظر طرح لرزه ای ۴۰۰
- ۳-۴-۴ ترکیب بارهای مورد استفاده ۴۰۲
- ۴-۴-۴ محاسبه برش پایه به روش استاتیکی معادل ۴۰۷
- ۵-۴-۴ توزیع برش پایه در ارتفاع ۴۰۷
- ۶-۴-۴ تعیین ضریب زلزله ۴۰۸
- ۵-۴ سیستم لرزه بر سازه ای ۴۰۸
- ۱-۵-۴ سیستم های باربر ثقلی ۴۰۸
- ۲-۵-۴ سیستم های باربر جانبی ۴۰۹
- ۶-۴ ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری ($R\mu$) و اضافه مقاومت (Rs) برای انواع قاب های خمشی ۴۱۰
- ۷-۴ مدل سازی سه بعدی تحلیل سیستم های ساختمانی با استفاده از نرم افزار ETABS ۴۱۱
- ۱-۷-۴ تعریف مشخصات سازه در مدل ۴۱۵
- ۲-۷-۴ ترسیم مدل سازه ۴۲۸
- ۳-۷-۴ اختصاص مشخصات به عناصر ۴۳۶
- ۴-۷-۴ اختصاص بارها به عناصر ۴۴۰
- ۵-۷-۴ تحلیل و طراحی سازه ۴۴۷
- ۶-۷-۴ چاپ خروجی ها ۴۶۰
- ۷-۷-۴ نتایج طراحی ۴۷۸
- فصل پنجم: تحلیل بارافزون قاب خمشی ویژه، متوسط و معمولی با برنامه ETABS ۴۷۹
- ۱-۵ معرفی مفصل خمشی تیرها به نرم افزار ETABS ۴۸۲
- ۲-۵ معیار پذیرش مفاصل ۴۸۶

- ۴۹۲ تیرهای قاب خمشی ویژه ۱-۲-۵
- ۴۹۶ ویژگی مفصل اندرکنشی محوری- خمشی دوطرفه ($P-M$ و $M-M$) ۲-۲-۵
- ۴۹۷ معرفی مفاصل ستون به نرم افزار ۳-۵
- ۴۹۹ تعریف مفاصل پلاستیک ستون‌های قاب خمشی ویژه ۱-۳-۵
- ۵۰۴ اختصاص مفاصل به المان‌های تیر و ستون ۲-۳-۵
- ۵۰۷ معرفی حالات بارگذاری و تحلیل استاتیکی غیرخطی ۴-۵
- ۵۰۹ حالت بار ثقلی ۱-۴-۵
- ۵۰۹ توزیع الگوی بار جانبی ۲-۴-۵
- ۵۰۹ انواع روش‌های توزیع بار معرفی شده به نرم افزار ۳-۴-۵
- ۵۱۰ معرفی ترکیب بار ثقلی به نرم افزار ۴-۴-۵
- ۵۱۱ نقاط کنترل بام ۵-۴-۵
- ۵۱۳ محاسبه تغییرمکان هدف برای قاب خمشی ویژه مورد بررسی ۶-۴-۵
- ۵۱۵ معرفی الگوهای توزیع بار استاتیکی خطی (این نام‌های) به نرم افزار **ETABS** ۷-۴-۵
- ۵۱۶ معرفی توزیع بارهای یکنواخت به نرم افزار **ETABS** ۸-۴-۵
- ۵۱۹ تحلیل بارافزون ۵-۵
- ۵۲۰ بررسی خروجی‌های تحلیل بار افزون ۶-۵
- ۵۲۰ نمایش تغییر شکل‌ها و مفاصل پلاستیک تشکیل شده در سازه ۱-۶-۵
- ۵۲۱ میزان جابه‌جایی نقاط در طبقات مختلف ۲-۶-۵
- ۵۲۲ نمایش منحنی‌های بارافزون ترکیب بار ثقلی ۳-۶-۵
- ۵۲۳ بررسی منحنی‌ها و جداول سایر الگوهای توزیع بار ۴-۶-۵
- ۵۲۵ مشاهده مفاصل پلاستیک در تغییرمکان هدف ۵-۶-۵
- ۵۲۸ سیستم قاب خمشی متوسط ۷-۵
- ۵۲۸ نمایش تیرهای قاب خمشی متوسط ۱-۷-۵

۵۳۱	.....	۲-۷-۵ ستون های قاب خمشی متوسط
۵۳۴	.....	۸-۵ سیستم قاب خمشی معمولی
۵۳۴	.....	۱-۸-۵ نمایش تیرهای قاب خمشی معمولی
۵۳۷	.....	۲-۸-۵ ستون های قاب خمشی معمولی
۵۴۱	.....	فصل ششم: تحلیل بارافزون قاب خمشی ویژه، متوسط و معمولی با برنامه <i>SAP۲۰۰۰</i>
۵۴۴	.....	۱-۶ ایجاد فایل ورودی برنامه <i>SAP۲۰۰۰</i>
۵۴۸	.....	۱-۱-۶ تکمیل اطلاعات وارد شده در نرم افزار <i>SAP۲۰۰۰</i>
۵۵۲	.....	۲-۶ تعریف مفاصل پلاستیک
۵۵۲	.....	۱-۲-۶ تعریف مفصل پلاستیک تیرها
۵۵۷	.....	۲-۲-۶ تعریف مفصل پلاستیک ستون‌ها
۵۸۲	.....	۳-۲-۶ مفصل اندرکنشی <i>Fiber P-M^۲-M^۳</i>
۵۸۵	.....	۳-۶ محاسبه تغییر مکان هدف و تابع نیاز
۵۹۶	.....	۴-۶ اختصاص مفاصل پلاستیک به اعضاء
۶۰۵	.....	۵-۶ معرفی حالات تحلیل بارافزون
۶۱۷	.....	۶-۶ تحلیل بارافزون سازه
۶۲۱	.....	۷-۶ خروجی‌های تحلیل
۶۲۱	.....	۱-۷-۶ بررسی تغییر شکل ها و مفاصل تشکیل شده حاصل از تحلیل بارافزون
۶۲۴	.....	۲-۷-۶ نمایش منحنی ها و جداول حاصل از تحلیل بارافزون
۶۳۶	.....	۳-۷-۶ نمایش رفتار مفاصل در تحلیل بارافزون
۶۳۹	.....	۴-۷-۶ نمایش نمودار لنگر خمشی (نیروی برشی و ...) اعضاء سازه تحت الگوهای توزیع بار
۶۴۱	.....	۸-۶ نحوه اصلاح مفاصل خودکار ستون پس از تحلیل اولیه در راه حل دوم تعریف مفاصل
۶۴۳	.....	فصل هفتم: تحلیل بارافزون ساختمان نامنظم فولادی مهاربندی شده همگرا (<i>CBF</i>)
۶۴۸	.....	۱-۷ مشخصات پروژه‌ی حاضر

- ۶۴۸ ۱-۱-۷ نمای سه بعدی سازه مورد بررسی
- ۶۴۸ ۲-۷ تعیین اعضای اصلی سازه و نوع رفتار آنها
- ۶۴۹ ۱-۲-۷ مقاطع اعضای اصلی
- ۶۵۰ ۳-۷ تعیین پارامترهای تعیین کننده مفاصل پلاستیک اعضای اصلی
- ۶۵۲ ۱-۳-۷ ضریب طول موثر (K) و طول موثر مهاربند (KL)
- ۶۵۲ ۲-۳-۷ تعیین پارامترهای تعیین کننده مفاصل پلاستیک مهاربندها
- ۶۵۳ ۳-۳-۷ تیپ بندی مهاربندها و ستون های قاب های ساختمان مذکور جهت تعریف مفاصل پلاستیک
- ۶۶۱ ۴-۳-۷ تعیین نیرو و تغییر شکل حدکمانش و حد تسلیم مهاربندها
- ۶۶۵ ۵-۳-۷ معرفی مفصل پلاستیک مهاربندها به نرم افزار $SAP 2000$
- ۶۶۷ ۶-۳-۷ تعیین نیرو و تغییر شکل حدکمانش و حد تسلیم ستون ها
- ۶۷۰ ۷-۳-۷ معرفی مفصل پلاستیک ستون ها به نرم افزار $SAP 2000$
- ۶۷۱ ۴-۷ محاسبه تغییر مکان هدف و تابع نیاز
- ۶۷۴ ۵-۷ اختصاص دادن مفاصل پلاستیک به اعضا
- ۶۷۷ ۶-۷ معرفی حالات تحلیل بارافزون
- ۶۸۴ ۷-۷ تحلیل بارافزون سازه
- ۶۸۴ ۸-۷ خروجی های تحلیل
- ۶۸۴ ۱-۸-۷ بررسی تغییر شکل ها و مفاصل تشکیل شده حاصل از تحلیل بارافزون
- ۶۸۶ ۲-۸-۷ نمایش منحنی ها و جداول حاصل از تحلیل بارافزون
- ۶۹۰ ۳-۸-۷ نمایش رفتار مفاصل در تحلیل بارافزون
- ۶۹۱ ۴-۸-۷ نمایش نمودار لنگر خمشی (نیروی برشی و ...) اعضای سازه تحت اثر الگوهای توزیع بار
- ۶۹۲ ۵-۸-۷ ارزیابی رفتار سازه و بررسی مفاصل پلاستیک تشکیل شده در گام مربوط به تغییر مکان هدف
- ۶۹۳ ۹-۷ معرفی سایر الگوهای توزیع بار به نرم افزار
- ۶۹۳ ۱-۹-۷ نحوه معرفی الگوی توزیع بار مطابق با مدهای سازه

- ۶۹۵ نحوه معرفی الگوی توزیع بار مثلثی وارونه (*triangular load pattern*)
- ۷۰۱ پیوست A: نمونه‌ای از نتایج پژوهشگران در تحلیل سازه‌ها به روش استاتیکی غیرخطی
- ۷۰۳ پیوست B: بررسی پارامترهای لرزه‌ای سازه‌ها با استفاده از نتایج تحلیل بارافزون (پوش‌آور)
- ۷۱۵ پیوست C: اصلاح روش‌های متداول تحلیل استاتیکی غیرخطی با پروژه *FEMA ۴۴۰*
- ۷۸۷ پیوست D: انواع روش‌های تحلیل استاتیکی غیرخطی (تحلیل پوش‌آور، *NSPs*)
- ۷۹۹ پیوست E: اثرات مرتبه دوم (تحلیل *P-δ & P-Δ*) در برنامه‌های ETABS , SAP۲۰۰۰
- ۸۱۷ منابع و مراجع

www.ketab.ir