

تحلیل غیر خطی و طراحی لرزه‌ای سازه‌های بتن مسلح

ترجمه و تالیف

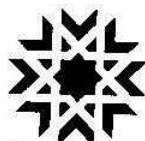
آرش رستمی



موسسه عمران

www.elme-omran.com
Info@elme-omran.com

عضو:



انجمن کتابخانه‌های ایران

این اثر مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر و مؤلف، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

سرشناسه	: رستمی، آرش، ۱۳۶۸، گردآورنده و مترجم
عنوان و نام پدیدآور	: تحلیل غیرخطی و طراحی لرزه‌ای سازه‌های بتن مسلح، ترجمه و تالیف آرش رستمی.
مشخصات نشر	: تهران: علم عمران، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۳۰۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۲۸۰۰۰۰ ریال 978-600-5176-37-7
یادداشت	: کتاب حاضر از " Seismic design aids for nonlinear analysis of reinforced concrete structures, c2010 تألیف سری نیواسان و دیگران اقتباس شده است.
موضوع	: ساختمانهای ضد زلزله، Earthquake resistant design
موضوع	: ساختمان سازی با بتن مسلح، Reinforced Concrete Construction
موضوع	: تحلیل سازه، نظریه‌های غیر خطی، Nonlinear theories, structural analysis
شناسه افزوده	: - اندراسکاران، سری نیواسان.
رده بندی کنگره	: ۳۹۶ ت ۵۴/۴۴/۴۸۶۵۸
رده بندی دیویی	: ۶۱۸۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۹۳۱۰۲۹



نشر علم عمران

تحلیل غیرخطی و طراحی لرزه‌ای سازه‌های بتن مسلح
ترجمه و تالیف: آرش رستمی

چاپ اول پاییز ۱۳۹۶
چاپ پرستش
تعداد و قطع صفحات ۳۰۰ صفحه وزیری
شمارگان ۱۰۰۰
بهای کتاب ۲۸۰۰۰۰ ریال
شابک ۹۷۸-۶۰۰-۵۱۷۶-۳۷-۷
ISBN 978-600-5176-37-7

نشر علم عمران: تهران، یوسف آباد، خیابان جهان آرا، بین خیابانهای ۱۶ و ۱۸، پلاک ۳۳، طبقه دوم، واحد ۱۱
تلفن: ۸۸۳۵۳۹۳۰-۳۱ دورنگار: ۸۸۳۵۳۹۳۲
حقوق چاپ و نشر برای نشر علم عمران محفوظ است.

بی‌شک رشد و توسعه هر کشوری وابسته به میزان فرهنگ، اطلاعات و دانش افراد آن است. از ابزارهای توسعه دانش، تولید کتاب، مقالات، پایان‌نامه‌ها... می‌باشد. در این راستا رسالت مؤسسات نشر بسیار مهم و اساسی است. نشر علم عمران به عنوان یک مرکز تخصصی جهت ارائه کتاب‌های تخصصی مهندسی عمران همواره سعی داشته تا در این زمینه با کمک فرهیختگان، اساتید و دانشجویان مجرب بتواند گام‌های اساسی در زمینه توسعه دانش مهندسی عمران و توسعه ساخت و آبادانی از طریق گسترش دانش ببرد.

کتاب حاضر که توسط آقای مهندس آرش رستمی دانشجوی دکترای سازه به رشته تحریر درآمده است، از جمله کتابهای تخصصی در زمینه رفتار غیرخطی سازه‌های بتن مسلح در هنگام زلزله بوده و می‌تواند مرجع مناسبی برای علاقمندان به این موضوع باشد.

سید مهدی داودنوبی

مدیر نشر علم عمران

پیشگفتار مؤلف

در بازبینی‌های اخیر بر روند طراحی حالت حدی اعضای بتن مسلح تأکید بیشتر بر روش مبتنی بر عملکرد می‌باشد. این روش طراحی لرزه‌ای نیازمند درک صحیحی از رفتار غیرخطی اعضا می‌باشد. با توجه کمبود مراجع معتبر در زمینه آنالیز و طراحی لرزه‌ای سازه‌های بتن مسلح با رویکرد عملکردی در کشور، و نیاز دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری و همچنین جامعه مهندسين به مفاهيم بنيادين مربوطه، يسازندگان را بر آن داشت تا به تدوين مجموعه‌اي در اين زمينه همت گمارند. عمده مطالب کتاب حاضر از کتاب «Seismic Design Aids for Reinforced Concrete Structures» اقتباس شده است. در کتاب حاضر با توجه به مثال‌ها و برنامه‌های کامپیوتری (شرح شده پیچیدگی‌هایی که در ارزیابی برخی پارامترهای ورودی پایه برای آنالیزهایی غیرخطی مورد نیاز می‌باشد، ساده سازی و شفاف سازی نماید. لزوم طراحی ایمن سازه بدلیل افزایش در خسارت ساختمان‌ها در طی زلزله‌های اخیر در حال تبدیل شدن به یک نگرانی و دلوپسی قابل ملاحظه در نزد جامعه مهندسی می‌باشد. اکثر ساختمان‌های موجود با آیین‌نامه‌های موجود جوابگو نبوده و لذا لازم است که ایمنی سازه ای آنها ارزیابی گردد و به سؤالاتی که در ارتباط با ایمنی سازه ای آنها ایجاد شده شبیه می نماید دارای پاسخ شفاف باشد. برای اکثر این ساختمان‌ها لازم است تا از شکست سازه ای جلوگیری گردد هرچند وقوع خسارات محدود معمولاً مورد پذیرش می باشد. به عنوان یک واقعیت مهم باید اذعان داشت که آنالیز غیرخطی سازه ای یک ابزار پایه و اساسی برای سی سال پیش بوده است لیکن به صورت وسیعی در دروس دانشگاهی بدان اشاره نشده بود و از این رو اکنون توسط مهندسين سازه براحتی بکار گرفته نمی شود. به عبارت دیگر گسترش برنامه‌های آنالیز سازه ای کامپیوتری مهندسين را به سمت یک طرز برخورد انفعالی سوق داده به نحوی که در عمل با تصدیق و اعتبارسنجی کامل پروسه طراحی در تضاد می‌باشد. روشهای آنالیز غیرخطی شبیه پوش

اور استاتیکی معمولاً مورد پذیرش بوده و به عنوان یک ابزار مورد اعتماد جهت ارزیابی لرزه ای ساختمان‌ها توسط آیین‌نامه‌های بین‌المللی توصیه می‌گردد، لیکن دقت تخمین ظرفیت لرزه ای شدیداً به پارامترهای ورودی این چنین آنالیزهایی وابسته می‌باشد. برخی از ورودی‌های پایه نظیر اندرکنش نیروی محوری - لنگر خمشی تسلیم، لنگر-انحناء و مشخصات لنگر-دوران که برای رفتار غیرخطی مناسب مصالح پایه المان‌های بتن مسلح لحاظ می‌گردند، نیازمند بازبینی مجدد جهت انجام یک آنالیز پوش‌آور دقیق است. احساس می‌شود که استفاده مناسب از خصوصیات غیرخطی مصالح پایه برای مهندسين طراح در حین به کارگیری نرم افزارها چندان مرسوم نمی‌باشد. مهندسين تمایل دارند که از خصوصیات از پیش تعیین شده مصالح بعنوان ورودی آنالیز غیرخطی استفاده نمایند بدون اینکه درک نمایند یک تغییر جزئی و کوچک در مشخصات غیرخطی مصالح پایه نظیر بتن و فولاد می‌تواند به راه حل غیر رضایت بخش منجر گردد و در نهایت با ارزیابی و تفسیر اشتباه منتهی می‌گردد. دلیل اصلی عدم توجه یاد شده می‌تواند از پیچیدگی ذاتی خصوصیات بتن مسلح ناشی گردد که استخراج و بکارگیری خصوصیات مذکور، ساختار پایه ای برای آنالیز غیرخطی می‌باشد.

کتاب حاضر مشتمل بر پنج بخش می‌باشد الف) اندرکنش نیروی محوری- لنگر خمشی تسلیم (ب) رابطه لنگر خمشی - انحناء ج) مشخصات لنگر خمشی - دوران برای تیرهایی با شرایط تکیه گاهی و بارگذاری مختلف د) ضرایب سربار بارهای لرزه ای برای سازه‌های قابی شکل منظم با استفاده از تئوری‌های پلاستیک و با استفاده از تئوری تحلیل حدی کران بالا و کران پایین ه) تصدیق قانون جریان پلاستیک برای دامنه‌های اندرکنش نیروی محوری- لنگر خمشی توسعه یافته. یک مدل ریاضی اندرکنش P-M تیرهای بتن مسلح با قطع مستطیلی با جزئیات کامل و بر مبنای آیین‌نامه‌های بین‌المللی نظیر یوروکد با معرفی زیر دامنه‌ها و مرزها و همچنین مجموعه عبارات تحلیلی در بخش اول کتاب پیشنهاد شده است. روابط لنگر-خمشی-انحناء تیرها (فاقد نیروی محوری) و ستون‌ها (با لحاظ نمودن سطوح مختلف نیروهای محوری) در بخش دوم کتاب ارائه شده است. در بخش سوم کتاب برای لنگر-دوران و نسبت‌های شکل پذیری برای هر مکانیسم شکست و گسترش مفاصل پلاستیک عبارات تحلیلی کامل ارائه شده است و برخی از موارد کاربردی تیرها با شرایط بارگذاری و تکیه گاهی ارائه شده است. در بخش چهارم با تعیین ضرایب بار شکست با استفاده از تئوری پلاستیک برای مثال‌های متنوعی از قاب‌ها که به صورت معمول و به صورت تیپ تیر ضعیف - ستون قوی منظور می‌گردند، سرو کار خواهیم داشت. مدلسازی تحلیلی توسعه یافته اندرکنش P-M با استفاده از قانون جریان پلاستیک در بخش پنجم مورد تصدیق و تایید قرار می‌گیرد. هرچند خصوصیات مصالح در کتاب حاضر محدود به آیین‌نامه‌های بین‌المللی مشخصی می‌باشند لیکن خواننده می‌تواند به آسانی به استخراج عبارات

مورد نیاز که با آیین نامه بین المللی انتخابی دیگر تطابق دارد، بردارد. این امر با جایگزین کردن تعداد معادلات محدود که خصوصیات مصالح را بیان می نماید با ارائه گام به گام استخراج عبارات در بخش های مربوطه امکان پذیر است. به سادگی می توان به عبارات مورد نظر دست یافت با این وجود با استفاده از الگوریتم مشابه این اطمینان وجود دارد که مهندسین طراح و محققین به سادگی می توانند موارد دیگری که در این کتاب بدان اشاره نشده است، بدان دست یابند.

همچنین یک روش گام به گام جهت انجام آنالیز پوش اور یک مثال قابی شکل با استفاده از منحنی های طراحی پیشنهادی و جداول به عنوان پارامترهای ورودی ارائه شده است. دو رابطه بسیار ساده برای کران های بالا و پایین ضرایب بار لرزه ای برای قاب های منظم تیر ضعیف - ستون قوی پیشنهاد شده است. مطابق پیش بینی انطباق مناسبی با مقادیر حاصل از آنالیز پوش اور برای فاد های منظم سازه ای مورد تحلیل دارا می باشند. اطلاع از ضرایب استاتیکی که بر مبنای یک شیوه تحلیل ساده بنا شده هم برای ارزیابی لرزه ای و هم طراحی لرزه ای مفید می باشد زیرا سازه تحت بار لرزه ای که با کران پایین استاتیکی تشدید یافته اند، ایمن خواهد بود. برنامه های کامپیوتری، مرجع ارائه شده برای بهینه سازی غیر خطی ضرایب شکست با استفاده از تئوری استاتیکی و همچنین تحت تعین ضرایب کینماتیکی در CD ضمیمه ارائه شده است. با استفاده از این برنامه به آسانی جهت تعیین ضرایب برای حالات مختلف می توان داده های ورودی را اصلاح نمود. ضرایب کینماتیکی و استاتیکی برای بارهای شکست قاب ها با نتایج حاصل از روش پوش اور استاتیکی غیر خطی مقایسه شده است تا سطح اطمینان نتایج حاصل از آنالیز حدی را نشان دهند. جداول و منحنی های طراحی برای ترکیبات مناسب ابعادی سطح مقطع تیرها و ستونها با مجموعه ای از در صد آرماتورهای کششی و فشاری که به صورت مرسوم در طراحی مورد استفاده قرار می گیرد، پیشنهاد شده است. کتاب حاضر جهت ارزیابی ظرفیت المان های بتن مسلح که دارای سطح مقطع مشخص بوده و همچنین جهت آنالیز غیر خطی با استفاده از برنامه های کامپیوتری در دسترس، بسیار مفید می باشد. گام های لازم جهت استفاده از برنامه هایی که در قالب فایل EXCELL و در CD ضمیمه ارائه شده است، در انتهای هر بخش ارائه شده است. نویسندگان امیدوارند کتاب حاضر به عنوان یک مرجع مفید در دروس و دوره های پیشرفته طراحی لرزه ای سازه ها مورد استفاده قرار گیرد.

از جناب طالقانی مدیریت محترم انتشارات انتشارات سیمای دانش که نسبت به چاپ، نشر و توزیع کتاب عنایت ویژه داشتند تشکر و سپاسگزاری می کنیم. همچنین از خانم سارا رستمی (کانون تبلیغات نقش واره) که زحمت تایپ، صفحه آرایی و طراحی جلد را بر عهده داشتند صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم. هرچند طی بازخوانی های مکرر سعی و تلاش فراوان به عمل آمده تا کتاب حاضر از حداقل اشتباهات برخوردار باشد، لیکن باور داریم این اثر دارای لغزش ها و

کاستی‌هایی است پیشاپیش از خوانندگان محترم به لحاظ وجود اشتباهات و اشکالاتی که از نظر دور مانده صمیمانه پوزش می‌خواهیم. دریافت نقطه نظرات، پیشنهادات و رهنمودهای همکاران محترم، دانشجویان عزیز و مهندسان گرامی موجب قدردانی و سپاسگزاری است.

آرش رستمی

www.ketab.ir

مقدمه چاپ و ویرایش دوم

به نام یگانه مهندس گیتی

در چاپ و ویرایش اول کتاب «تحلیل غیرخطی و طراحی لرزه ای سازه های بتن مسلح» که برای اولین بار در کشور چنان کتابی با چنین محتوایی چاپ شد مورد استقبال خیل عظیمی از مهندسين، دانشجویان و اساتید قرار گرفت. در ویرایش دوم تغییرات خاصی در محتوا انجام نشده است و فقط چند رابط که در چاپ اول وجود داشت تصحیح گشته اند. پس از اتمام کتاب و با توجه به اینکه در کشور عزیز بن بر ستر ساختمان ها با نوع بتن آرمه طراحی و ساخته می شوند اینجانب را بر آن داشت تا با کمک آقای دوستان جناب آقای مهندس مرتضی عسکری زیارتی کتاب هایی با محتوای تحلیل غیر خطی سازه های بتن آرمه تهیه و تدوین نمایم. در این مجموعه از کتب مرتبط با تحلیل غیرخطی سازه های بتن آرمه کتبی با عنوان «عملکرد لرزه ای سازه های بتن آرمه» و نیز «تحلیل غیرخطی سازه های بتنی به روش مفصل پلاستیک با استفاده از SAP2000 و OPENSEES» در حال تدوین بوده که در مدت زمان کوتاهی به بازار خواهد آمد و نیاز دانشجویان و مهندسين را تا حد زیادی اقناع خواهد نمود.

در پایان نیز دوستانی در تدوین کتاب قبول زحمت نمودند من جمله سید علی محمد رستمی (کانون تبلیغاتی نقش واره) و جناب آقای دکتر داودنبی مدیر مسوول انتشارات عالم عمران که در طول تدوین کتاب کمک های بی پایانی به اینجانب نمودند تشکر می نمایم. به مثابه دیگر کتب این اثر میرا از اشتباهات نمی باشد لذا از خوانندگان و دانشجویان محترم تقاضا داریم نقطه نظرات خود را به ایمیل آدرس Civil.Rostami.Books@gmail.com ارسال کرده و فایل های مرتبط با کتاب را از وبسایت شخصی اینجانب به آدرس www.ArashRostami.com دانلود نمایند.

آرش رستمی

مهر ماه ۱۳۹۶

۱۷	فصل اول: اندرکنش گسیختگی نیروی محوری-لنگر خمشی
۱۹	۱-۱. خلاصه
۲۰	۲-۱. مقدمه
۲۲	۳-۱. توسعه ریاضی
۲۵	۴-۱. شناسایی زیر دامنه‌ها
۲۵	۱-۴-۱. زیر دامنه‌های ۱ و ۲: خرابی ناشی از تسلیم آرماتورها
۳۲	۲-۴-۱. زیر مننه ی ۳ تا ۶: خرابی ناشی از خرد شدگی بتن
۳۴	۵-۱. مطالعات عددی و آزمایش‌های مربوطه
۶۳	۶-۱. نتیجه گیری
۶۳	۷-۱. روش عددی در فرمت: صفحه گسترده
۶۵	فصل دوم: روابط لنگر-انحناء برای مقاطع بتن آرمه
۶۷	۱-۲. خلاصه
۶۷	۲-۲. مقدمه
۶۹	۳-۲. توسعه ریاضی
۷۰	۴-۲. لنگر- انحناء در محدوده الاستیک
۷۱	۱-۴-۲. نیروی محوری کششی
۷۳	۲-۴-۲. فاقد نیروی محوری
۷۳	۳-۴-۲. نیروی محوری فشاری
۷۵	۵-۲. حد الاستیک لنگر خمشی و (انحناء)
۷۵	۱-۵-۲. مورد ۱: کرنش آرماتور کششی به حد تسلیم می‌رسد و تنش در بتن ناپدید نمی‌گردد
۷۵	۲-۵-۲. مورد ۲: کرنش در فولاد کششی به حد تسلیم می‌رسد اما تنش در بتن وجود دارد
۷۷	۳-۵-۲. مورد ۳: کرنش در آرماتور فشاری به حد الاستیک می‌رسد.
۷۸	۴-۵-۲. مورد ۴: رسیدن کرنش در دورترین تار فشاری بتن به مقدار حدی الاستیک
۸۰	۶-۲. درصد میلگرد برای مقطع متعادل
۸۱	۷-۲. رابطه انحناء لنگر خمشی نهایی
۸۱	۱-۷-۲. موقعیت محور خنثی با فرض مقادیر منفی
۸۲	۲-۷-۲. موقعیت محور خنثی با فرض مقادیر مثبت

۸۸	۸-۲. مطالعات عددی و بحث پیرامون آن
۱۱۲	۹-۲. نتیجه گیری
۱۱۳	۱۰-۲. برنامه صفحه گسترده
۱۱۳	۱۰-۱۰-۲. روش گام به گام استفاده از برنامه صفحه گسترده ارائه شده در وب سایت
۱۱۷	فصل سوم: رابطه لنگر-چرخش برای تیرهای بتن آرمه
۱۱۹	۱-۳. خلاصه
۱۱۹	۲-۳. مقدمه
۱۲۱	۳-۳. توسعه باضی
۱۲۳	۴-۳. روابط حللای لنگر-دوران
۱۲۴	۳-۴-۱. تیر بت تحت بار متمرکز مرکزی
۱۳۰	۳-۴-۲. تیر با تکیه‌گاه سا. تحت بار متمرکز مرکزی
۱۳۴	۳-۴-۳. تیر ثابت تحت توزیع بار یکنواخت
۱۳	۵-۳. مطالعات عددی و مباحث مربوط به آن
۱۴۹	۶-۳. نتیجه گیری
۱۵۰	۷-۳. برنامه صفحه گسترده
۱۵۰	۳-۷-۱. روش گام به گام جهت استفاده از روش عددی در وب سایت
۱۵۱	فصل چهارم: محدوده بارهای خرابی برای قاب‌های ساختمانی تحت بارهای لرزه‌ای (مقایسه با آنالیز استاتیکی غیرخطی پرنس اِر)
۱۵۳	۱-۴. خلاصه
۱۵۴	۲-۴. مقدمه
۱۵۵	۳-۴. ضرایب خرابی
۱۵۷	۴-۳-۱. ضریب کینماتیک K_k
۱۵۹	۴-۳-۲. ضریب استاتیکی، K_s
۱۶۲	۴-۳-۳. تحلیل گام به گام برای یک قاب ساده با برهم کنش P-M
۱۶۹	۴-۴. مطالعات عددی و مباحث مربوط به آن
۱۷۶	۵-۴. نتیجه گیری
	فصل پنجم: اعتبارسنجی قانون جریان برای دامنه های اندرکنش نیروی
۱۷۷	محوری- لنگر خمشی
۱۷۹	۱-۵. خلاصه
۱۷۹	۲-۵. مقدمه

۱۸۱	۳-۵. بسط و توسعه ریاضی
۱۸۵	۱-۳-۵. زیر دامنه ۱ تا $2b^2$: شکست به علت تسلیم فولاد
۱۹۱	۲-۳-۵. زیر دامنه ۳ تا $6b$: شکست به علت خرد شدن بتن
۱۹۲	۴-۵. کرنش پلاستیک افزایشی در دامنه‌های مختلف
۱۹۸	۵-۵. اعتبارسنجی قانون جریان
۱۹۹	۶-۵. نتیجه گیری
۲۰۹	فصل ششم: برنامه کامپیوتری برای ضرایب خرابی (فروریزش)
۲۱۱	۱-۶. مقدمه
۲۱۲	۲-۶. برنامه نویسی کامپیوتری برای ضرایب فروریزش
۲۱۲	۱-۲-۶. قاب منظم یک طبقه - یک دهانه
۲۱۸	۲-۲-۶. قاب منظم دو طبقه - یک دهانه
۲۱۹	۳-۲-۶. قاب یک طبقه - یک دهانه دارای ستون‌هایی با طول‌های غیریکسان
۲۲۱	۴-۲-۶. قاب منظم دو طبقه - چهار دهانه
۲۲۲	۵-۲-۶. قاب نامنظم سه طبقه - شش دهانه
۲۲۴	۶-۲-۶. قاب منظم سه طبقه - شش دهانه
۲۲۶	۷-۲. قاب منظم ده طبقه پنج دهانه
۲۲۹	۸-۲-۶. روش کلی برای قاب‌های منظم با N طبقه - M دهانه
۲۳۵	۹-۲-۶. کدنویسی کامپیوتر برای محاسبه ضرایب فروریزش استاتیکی (LINGO)
۲۳۶	۳-۶. راهکاری جهت انجام تحلیل پوش‌آور
۲۳۹	۱-۳-۶. روش گام به گام با استفاده از SAP ۲۰۰۰
۲۶۳	منابع