

آزیا به خسارت سازه های بتن آرمه

دکتر مصطفی رضوانی شریف

عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی عمران
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

اسفند ۱۳۹۷

سرشناسه	:	رضوانی شریف، مصطفی، ۱۳۳۸-
عنوان و نام پدیدآور	:	ارزیابی خسارت سازه های بتن آرمه/مصطفی رضوانی شریف.
مشخصات نشر	:	کرج: جهاد دانشگاهی واحد استان البرز (خوارزمی)، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	:	۱۴۶ص: مصور، جدول، نمودار
شابک	:	978-600-7605-71-4 : ۱۶۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	:	فیا
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	بتن -- ترک خوردگی
موضوع	:	Concrete -- Cracking
شناسه افزوده	:	جهاد دانشگاهی، واحد استان البرز (خوارزمی)
رده بندی کنگره	:	۱۳۹۷ ۴۴۴۰/۶ الف
رده بندی دیویی	:	۶۰۰/۱۳۲
شماره کتابشناسی ملی	:	۸۵۱۴۱

انتشارات جهاد دانشگاهی واحد استان البرز (خوارزمی)

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۶۰۵-۷۱-۴

ISBN: 978-600-7605-71-4



عنوان کتاب: ارزیابی خسارت سازه های بتن آرمه

مؤلف: دکتر مصطفی رضوانی شریف؛

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

نوبت چاپ اول: اسفند ۱۳۹۷

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۱۶۰۰۰۰ ریال

نشانی ناشر: (۱) کرج، خیابان شهید بهشتی، دانشگاه خوارزمی، طبقه همکف ساختمان مرکزی،

معاونت فرهنگی جهاد دانشگاهی واحد البرز (خوارزمی)؛ تلفن: ۰۲۶-۳۴۵۰۵۱۵۱

نشانی ناشر: (۲) تهران، خیابان طالقانی شرقی، بین بهار و شریعتی، جنب بانک سپه، پلاک ۵۲،

مرکز پخش انتشارات جهاد دانشگاهی واحد البرز (خوارزمی) تلفن: ۰۲۱-۷۷۵۰۳۸۲۴

این اثر مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هر کس تمام یا قسمتی

از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

پیش گفتار

برای بهسازی لرزه‌ای و یا نوسازی سازه‌های قدیمی که براساس آیین‌نامه‌های معتبر جهانی در زلزله‌های شدید ایمن نیستند، به خصوص سازه‌های با اهمیت خیلی زیاد همانند بیمارستان‌ها، ساختمان‌های مخابرات، مراکز مدیریت بحران و سایر سازه‌هایی که باید پس از زلزله سالم بمانند و بدون وقفه برای یاری رساندن به زلزله زدگان قابل استفاده باشند، ارزیابی خسارت سازه‌ها قبل از زلزله واقعی، امری ضروری است. زیرا منابع مالی محدود است و باید از این جهت سازه‌های مورد نظر اولویت‌بندی شوند. وقتی وضعیت خسارت دیدگی عضو باربر و یا کل سازه به صورت کمی با یک عدد بیان شود آن عدد که معمولاً بین صفر و یک است نشانه یا شاخص خسارت نامیده می‌شود.

در این کتاب، روش‌های مختلف تعیین نشانه خسارت اعضاء باربر و یا کل سازه بتن آرمه بیان شده است، سپس نقاط قوت و ضعف مدل نشانه خسارت PARK-ANG از متداول‌ترین مدل‌های موجود در این زمینه توضیح داده شده است. در موضوعاتی که روند کاهش مقاومت برشی و تعیین حداکثر تغییر شکل جانبی ستون باربر بین میزان خسارت ستون‌های بتنی مطرح است، براساس تحقیق نگارنده مدل‌های دقیق‌تری نسبت به مدل‌های قبلی معرفی شده است، و در ادامه ترم افزار آیدارک با قابلیت تعیین شاخص خسارت برای اعضا و سازه‌های بتن آرمه معرفی شده است.

امید است این کتاب مورد استفاده دانشجویان و مهندسين گرایش مهندسی زلزله و مهندسی سازه قرار گیرد. باعث امتنان خواهد بود که همکاران محترم هیئت علمی، مهندسين و دانشجویان گرامی نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به این‌جانب اعلام نمایند. لازم است از سرپرست محترم، معاونت فرهنگی و مسئول انتشارات جهاد دانشگاهی راجد استان البرز (خوارزمی) برای چاپ این کتاب، سپاسگزاری نمایم.

مصطفی رضوانی شریف- زمستان ۱۳۹۷

rezvanisharif@kntu.ac.ir

عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی عمران

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

فهرست مطالب

فصل اول: خسارت در سازه‌های بتن آرمه.....	۱
۱-۱- مقدمه- تعریف خسارت.....	۲
۲-۱- طبقه بندی خسارت‌ها.....	۳
۳-۱- ارزیابی خسارت ساختمان‌ها و اهمیت آن.....	۳
۴-۱- نشانه خسارت (Damage Index).....	۵
۵-۱- خسارت در حالت رفتار خمشی و برش.....	۱۰
۶-۱- اهمیت بحث تحلیل خسارت.....	۱۲
۱-۶-۱- گزارشی از انهدام برشی ستونها در بعضی از زلزله‌های اخیر جهان.....	۱۳
 فصل دوم - انواع مدل‌های نشانه خسارت سازه‌های بتنی.....	۱۹
مقدمه.....	۲۰
۱-۲- ارزیابی کمی خسارت.....	۲۰
۲-۲- نشانه خسارت.....	۲۲
۳-۲- مروری بر مدل‌های مختلف نشانه‌های خسارت.....	۲۲
۱-۳-۲- نشانه‌های خسارت موضعی.....	۲۳
۱-۱-۳-۲- نشانه‌های خسارت غیر جمعی.....	۲۳
۲-۱-۳-۲- مدل هیستریزیس بتن آرمه.....	۲۶
۳-۱-۳-۲- نشانه‌های خسارت تجمعی بر اساس تغییر شکل.....	۳۱
۴-۱-۳-۲- نشانه‌های خسارت تجمعی بر اساس انرژی.....	۳۴
۵-۱-۳-۲- نشانه‌های خسارت ترکیبی.....	۳۶
۶-۱-۳-۲- بحث در مورد نشانه‌های خسارت موضعی.....	۳۷
۴-۲- نشانه‌های خسارت کلی.....	۳۸
۱-۴-۲- نشانه‌های خسارت کلی براساس متوسط وزنی نشانه‌های خسارت موضعی.....	۳۸
۲-۴-۲- اندازه‌گیری خسارت کلی بر اساس تغییرات خصوصیات دینامیکی سازه.....	۳۹
۳-۴-۲- نشانه‌های نرمی.....	۴۰
۴-۴-۲- بحث در مورد نشانه‌های خسارت کلی.....	۴۲
۵-۲- ملاک‌های ارزیابی، مقایسه و توسعه مدل‌های نشانه خسارت.....	۴۳
۶-۲- خلاصه بحث در مورد مدل‌های نشانه خسارت.....	۴۳
 فصل سوم - مطالعه و ارزیابی نشانه خسارت پارک و انگ.....	۴۵

۴۶	.....	مقدمه
۴۶	.....	۱-۳- مدل نشانه خسارت پارک و انگ
۴۸	.....	۱-۱-۳- تعیین پارامترهای مدل پارک و انگ
۴۸	.....	۱-۱-۳- تعیین δ_u
۵۰	.....	۲-۱-۳- تغییر شکل خمشی (δ_f)
۵۲	.....	۲-۱-۳- ضریب شکل پذیری نهانی (μ_u)
۵۴	.....	۳-۱-۳- تعیین ضریب β
۵۵	.....	۴-۱-۳- ارزیابی مدل نشانه خسارت پارک و انگ
۵۷	.....	۲-۳- مدل اصلاح شده پارک و انگ
۵۸	.....	۱-۲-۳- ارزیابی پیامز و همکاران از مدل پارک و انگ
۶۰	.....	۳-۳- نقاط قوت و محدودیت های مدل نشانه خسارت پارک و انگ
۶۲	.....	۴-۳- بحثی در مورد نام دوم مدل نشانه خسارت پارک و انگ
۶۳	.....	۵-۳- خلاصه ای از ارزیابی مدل نشانه خسارت پارک و انگ
۶۷	.....	فصل چهارم: مشخصات ستون های بتنی PEEP
۶۸	.....	۱-۴- تاریخچه و مشخصات بانک اطلاعاتی
۶۹	.....	۲-۴- توزیع آماری خصوصیات ستونها
۷۵	.....	فصل پنجم: پیش بینی نوع انهدام و تعیین ظرفیت تغییر شکل جانبی ستون های بتن آرمه
۷۶	.....	بخش اول- مدل پیشنهادی نوع انهدام ستون ها
۷۶	.....	مقدمه
۷۶	.....	۵-۱-۱- انواع انهدام ستون های بتن آرمه زیر اثر بار جانبی دوره ای
۷۸	.....	۵-۱-۲- پیش بینی نوع انهدام ستون زیر اثر بار دورمای
۸۱	.....	۵-۱-۳- مقایسه منحنی های دورمای در سه گروه از ستون ها
۸۲	.....	بخش دوم- ظرفیت تغییر شکل جانبی ستون ها
۸۲	.....	مقدمه
۸۲	.....	۵-۲-۱- کاربرد ظرفیت تغییر شکل جانبی ستون ها
۸۳	.....	۵-۲-۲- دوران، انحنا و تغییر شکل عضو
۸۴	.....	۵-۲-۳- ظرفیت دورانی مقطع بتن آرمه
۸۶	.....	۵-۲-۴- تعیین انحنا نهانی عضو در برنامه IDARC-2D
۸۹	.....	۵-۲-۵- محاسبه ظرفیت لنگر خمشی یک مقطع در هنگام تسلیم

۸۹	۵-۲-۶- مدل پوچل وهمکاران
۹۱	۵-۲-۶-۱- ارزیابی مدل پوچل
۹۲	۵-۲-۷- اقدامات انجام شده برای تدوین مدل پیشنهادی
۹۲	۵-۲-۸- مدل تعیین ظرفیت تغییر شکل جانبی ستون‌های نویسنده
۹۵	فصل ششم: ظرفیت برشی و روند تغییر آن در ستون‌های بتن آرمه
۹۶	بخش اول- مطالعه ظرفیت برشی و روند زوال آن در ستون‌های بتن آرمه
۹۶	مقدمه
۹۶	۶-۱-۱- مقاومت برشی مقطع تیر یا ستون بتن آرمه
۹۹	۶-۱-۱-۱- اثر بار محوری در مقاومت برشی مقطع عضو بتن آرمه
۹۹	۶-۱-۲- مدل‌های تعیین مقاومت برشی ستونها
۱۰۰	۶-۱-۲-۱- مدل کاهش مقاومت برشی پریستلی
۱۰۳	۶-۱-۲-۲- مدل کاهش مقاومت برشی سیزن
۱۰۵	۶-۱-۲-۳- مدل مقاومت برشی ACI , 318-2004
۱۰۶	۶-۱-۲-۴- مدل کاهش مقاومت برشی (FEMA, 273)
۱۰۷	۶-۱-۲-۵- مدل مقاومت برشی با (آن‌نامه بتن ایران)
۱۰۷	۶-۱-۲-۵-۱- مقاومت برشی بتن برای مصالحی که زیر اثر برش و خمش قرار دارند
۱۰۸	۶-۱-۲-۵-۲- مقاومت برشی میلگرد ای غشی
۱۰۸	۶-۱-۳- طبقه‌بندی کلی انهدام اعضاء بتن آرمه
۱۱۰	بخش دوم- معرفی اجمالی بر نامه IDARC-2D و سابروتان‌های اضافه شده
۱۱۰	مقدمه
۱۱۰	۶-۲-۱- تحلیل سازه‌ها با نرم افزار IDARC-2D
۱۱۱	۶-۲-۱-۱- آنالیز استاتیکی غیرخطی
۱۱۱	۶-۲-۱-۲- آنالیز غیرخطی Push Over
۱۱۴	۶-۲-۲- فرمولاسیون سختی برای المان‌های سازه‌ای
۱۱۸	۶-۲-۳- مدل فیزیکی برای المان‌های سازه‌ای عام
۱۲۰	۶-۲-۴- مدل پلاستیسیته گسترده
۱۲۶	۶-۲-۵- مدل نفوذ تسلیم
۱۲۶	۶-۲-۶- بخشی از نرم‌افزار IDARC-2D
۱۲۹	مراجع

فصل اول

- شکل ۱-۱- تعیین ضریب شکل پذیری (μ) با استفاده از نمودار تغییرات لنگر خمشی و انحناء ۷
- شکل ۲-۱- تعریف δ_{II} و δ_{III} در مدل پارک وانگ ۹
- شکل ۳-۱- انهدام برشی ستون بتن آرمه ۱۴
- شکل ۴-۱- انهدام برشی ستون بتن آرمه (به علت کوتاه بودن آن) ۱۵
- شکل ۵-۱- انهدام برشی ستون بتن آرمه ۱۵
- شکل ۶-۱- انهدام برشی ستون‌ها (بر اثر فاصله زیاد خاموت‌ها) ۱۶
- شکل ۷-۱- انهدام برشی ستون بتن آرمه (بر اثر فاصله زیاد خاموت‌ها) ۱۷
- شکل ۸-۱- انهدام برشی ستون بتن آرمه (به علت خاموت کم و بتن نامناسب) ۱۷
- شکل ۹-۱- نمونه منحنی بار-هیسترزیس ۱۸

فصل دوم

- شکل ۱-۲- کاهش سختی در فرآیند خسارت ۲۶
- شکل ۲-۲- نمونه‌ای از منحنی‌های بار-جابجایی برای یک ستون بتن آرمه ۲۷
- شکل ۳-۲- مدل هیسترزیس بتن بر اساس فرموله IDARC-2D ۳۰
- شکل ۴-۲- نمونه‌ای تغییر مکانی در مدل استنفز ۳۲
- شکل ۵-۲- زوال مقاومت در مدل نشانه خسارت وانگ و شاه ۳۳
- شکل ۶-۲- نیم دوره اولیه (PHC) و نیم دوره ثانویه (FHC) در مدل کراتزیک ۳۶
- شکل ۷-۲- تغییرات پربود اولیه سازه در هنگام زلزله ۴۱
- شکل ۸-۲- ارتباط بین نشانه‌های نرمی و خسارت سازه ۴۲

فصل سوم

- شکل ۱-۳- انواع تغییر شکل‌ها ۴۹
- شکل ۲-۳- اثر نسبت دهانه برشی در تغییر شکل برشی ۵۱
- شکل ۳-۳- مکانیسم گسستگی پیوند ۵۲
- شکل ۴-۳- مدل ترک برشی ۵۲
- شکل ۵-۳- ارزیابی خطا در تعیین ضریب شکل پذیری نهایی ۵۴
- شکل ۶-۳- ارزیابی دقت رابطه پیشنهادی پارک وانگ برای محاسبه β ۵۵
- شکل ۷-۳- ارزیابی دقت مدل پیشنهادی پارک وانگ ۵۶

فصل چهارم

- شکل ۴-۱- توزیع نسبت دهانه برشی به عمق مؤثر مقطع (l/D) ۶۹
- شکل ۴-۲- توزیع نسبت بار محوری نرمال $\left(\frac{P}{Agf_c} \right)$ ۷۰
- شکل ۴-۳- توزیع درصد آرماتورهای طولی ۷۰
- شکل ۴-۴- توزیع درصد آرماتورهای عرضی ۷۱
- شکل ۴-۵- شرایط تکیه‌گاهی ستونهای مورد مطالعه ۷۲
- شکل ۴-۶-۱- نمودار تغییر مکان جانبی ستون شماره ۱۹۵ ۷۲
- شکل ۴-۶-۲- نمودار تغییرات نیروی جانبی بر ستون شماره ۱۹۵ ۷۲
- شکل ۴-۶-۳- نمودار هیستریزیس ستون شماره ۱۹۵ ۷۳

فصل پنجم

بخش اول

- شکل ۵-۱-۱- الگوی ترک در سه نوع انهدام ۷۹
- شکل ۵-۱-۲- منحنی‌های بارگذاری و پش آن‌ها ۷۹
- شکل ۵-۱-۳- تفکیک نوع انهدام ستون‌ها زیر اثر بار دوره‌ای ۸۰
- شکل ۵-۱-۴- محدوده تغییرات پارامتر λ مربوط به هر یک از انهدام‌ها ۸۱

بخش دوم

- شکل ۵-۱-۲-۱- انحناء و لنگر خمشی در یک مقطع بتن آرمه ۸۵
- شکل ۵-۲-۲- نمودار تنش کرنش در میلگردهای فولادی ۸۶
- شکل ۵-۲-۳- نمودار تنش کرنش بتن آرمه پارک و کنت ۸۷

فصل ششم

بخش اول

- شکل ۶-۱-۱- نیروهای موجود در مقطع ترک خورده ۹۷
- شکل ۶-۱-۲- توزیع مجدد نیروهای برشی داخلی در تیرهای دارای خاموت ۹۸
- شکل ۶-۱-۳- کاهش مقاومت برشی بتن بر اساس شکل‌پذیری (مدل پریستلی) ۱۰۱
- شکل ۶-۱-۴- مشارکت نیروی محوری در مقاومت برشی ستونها ۱۰۲
- شکل ۶-۱-۵- زوال مقاومت برشی با شکل‌پذیری تغییر مکانی طبق مدل سیزن ۱۰۴

- شکل ۶-۱-۶- مدل سیزن ۱۰۵
- شکل ۷-۱-۶- مقایسه مدل EMA273 و ACI318-2004 ۱۰۷
- شکل ۸-۱-۶- شکل‌های مختلف خرابی در بارگذاری افزایشده یکنواخت ۱۰۹

بخش دوم

- شکل ۱-۲-۶- المان تیپ ستون با درجات آزادی ۱۱۶
- شکل ۲-۲-۶- المان تیپ تیر با درجات آزادی ۱۱۶
- شکل ۳-۲-۶- جزئیات مقطع در مدل فیزیکی ۱۱۹
- شکل ۴-۲-۶- مودار تنش- کرنش در بتن غیر محصور ۱۲۰
- شکل ۵-۲-۶- نمودار تنش- کرنش در میلگردهای فولادی ۱۲۰
- شکل ۶-۲-۶- حیرات دوران در امتداد یک المان ۱۲۲
- شکل ۷-۲-۶- مدل پلاستیسیته غیرمتدرده ۱۲۳
- شکل ۸-۲-۶- نمودار تک-محور دوران ۱۲۷

فهرست جدول‌ها

فصل اول

- جدول شماره ۱-۱- علانم قابل رویت برای طبقه بندی خسارت ۴

فصل سوم

- جدول شماره ۱-۳- مشخصات نمونه‌های مورد مطالعه ویلیامز و همکاران ۵۸
- جدول شماره ۲-۳- طبقه بندی خسارت بر اساس تعریف ویلیامز و همکاران ۵۹

فصل ششم

- جدول ۱-۶- فهرست علانم به کار رفته در این فصل ۱۱۱