

کامل‌ترین مرجع کاربردی طراحی سازه‌های فولادی

به روش LRFD با نرم‌افزار

ETABS 2016

نوشته

مهندس رضا سلطان‌آبادی

مهندس احمد رضا جعفری



نگارنده دانش

با حمد و سپاس از خدای بی‌کران که فرصت و توانی دوباره به ما اعطا نمود تا ویرایش کتاب طراحی سازه‌های فولادی به روش LRFD را پس از یک سال تلاش شبانه‌روزی انجام و خدمت هم‌میهنان گرامی ارائه نماییم. در طی چند سال اخیر که این کتاب چاپ و در اختیار استاتید محترم، مهندسين و دانشجویان گرامی قرار گرفت، نقطه نظرات بسیار مفید و سودمندی به ما منتقل گردید که همین امر سبب تصمیم‌گیری به ویرایش اساسی کتاب حاضر شد.

با توجه به روش طراحی سازه فولادی که در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ارائه شده است، روند اعمال ضوابط آن در نرم‌افزار بسیار مهم خواهد بود. از آنجاکه شباهت قابل قبولی بین مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و آیین‌نامه فولاد آمریکا (AISC 360-10) وجود دارد و با توجه به عدم وجود آیین‌نامه فولاد ایران در نرم‌افزار، به‌ناچار مجبور به استفاده از آیین‌نامه AISC در نرم‌افزار جهت طراحی خواهیم بود. از طرفی علاوه بر ضوابط عنوان شده در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، لازم است ضوابط ارائه شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ را جهت طراحی مدنظر قرار دهیم. مؤلفین در این کتاب سعی کرده‌اند که تمامی ضوابط را به‌منوعی به نرم‌افزار معرفی کنند و روند اصلاح آن‌ها را نیز به‌صورت گام‌به‌گام در بخش‌های مربوطه ارائه نمایند. از این‌رو محوریت و هدف این کتاب این‌گونه است که همزمان بر روی نکات نرم‌افزاری و نکات آیین‌نامه‌ای در محاسبات دستی که از اهمیت بالایی برخوردار است تأکید دارد. درواقع هدف، آموزشی کاملاً کاربردی است که خروجی آن نه یک کاربر صرفاً آشنا به نرم‌افزار و غیر آن، به نکات محاسباتی و آیین‌نامه‌ای و نه یک کاربر صرفاً آشنا به محاسبات دستی بدون قابلیت به‌کارگیری نکات آیین‌نامه‌ای و کاربردی در طراحی سازه‌های فولادی باشد. با استفاده از نرم‌افزار است. در این کتاب، آموزش مطالب به‌گونه‌ای است که نیاز دانشجویان و مهندسين عمران جهت طراحی انواع سازه‌های فولادی به روش LRFD برطرف می‌نماید. پایه و اساس این اثر به‌گونه‌ای است که برای کلیه مخاطبان با هر سطح علمی (شامل مبتدی، متوسط و پیشرفته) مناسب است.

در ویرایش دوم با در نظر گرفتن نقطه نظرات استاتید، مهندسين و دانشجویر گرامی تغییرات عمده‌ای در ماهیت کتاب ارائه گردید؛ به‌گونه‌ای که این تغییرات در بیش از ۷۰ درصد از مطالب ویرایش اول به چشم می‌خورد. از عمده تغییرات در این ویرایش اعمال شده است می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. ویرایش کل کتاب بر اساس نرم‌افزار ETABS2016 که تغییرات زیادی در ETABS2012 خصوصاً در بحث طراحی تیرهای کامپوزیت داشته است.
 ۲. ارائه توضیحات بیشتر در بخش‌هایی که ممکن است برای خوانندگان ابهام ایجاد کند.
 ۳. افزایش شکل‌های کاربردی برای فهم بهتر مطالب آیین‌نامه‌ای و نرم‌افزاری
 ۴. دسته‌بندی هدفمند مطالب در طی پروژه‌های اجرایی آموزش داده شده
 ۵. افزودن مطالب کامل‌تر در مورد طراحی انواع اتصالات تیر به ستون، اتصالات مهاربندها برای سازه‌های دلب‌پذیری معمولی و ویژه، طراحی انواع وصله‌ها در تیرها و ستون‌ها به‌همراه مثال حل شده بر اساس ضوابط آیین‌نامه به همراه جزئیات اجرایی پیشنهادی
 ۶. طراحی کف‌ستون‌ها تحت خمش دو محوره به کمک نرم‌افزار قدرتمند طراحی اتصالات Connection ۲۰۱۴
- موارد اشاره شده به طور بسیار اجمالی بیان شده‌اند و در حین مطالعه کتاب می‌توان میزان تغییرات این ویرایش به نسبت ویرایش اول را مقایسه کرد. با در نظر گرفتن تقاضای مورد نیاز در طراحی سازه‌های فولادی، مطالب عنوان شده در این ویرایش به شرح زیر می‌باشد.
- در فصل اول کتاب خوانندگان مقدمه‌ای بر سازه‌های فولادی از منظرهای متفاوت مهندسی سازه را مطالعه می‌کنند که در اولین قدم می‌تواند دید مناسبی به آنها القا نماید.
 - در فصل دوم یک ساختمان ۵ طبقه از ابتدا تا انتهای کار طراحی می‌شود. در این فصل ابتدا مسائل مربوط به بارگذاری سازه‌ها بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم نظیر بارهای ثقیلی مرده، زنده، بار برف و بارهای جانبی نظیر بار زلزله استاتیکی و بار باد تشریح و سپس به طراحی سازه با اقلان تمامی شرایط آیین‌نامه به کمک نرم‌افزار پرداخته می‌شود. در این پروژه سقف سازه از نوع تیرهای کامپوزیت انتخاب شده است که به طور مفصل به نحوه طراحی این سقف‌ها توسط نرم‌افزار به روش LRFD پرداخته شده است که در ذیل آن، چالش‌ها و نکات بسیار مهمی ارائه شده که مطالعه آن به تمامی مهندسين طراح پیشنهاد می‌شود.

- در فصل سوم که ازجمله فصل‌های بسیار کاربردی این کتاب می‌باشد، به روند طراحی دستی کلیه المان‌های فولادی و مقایسه با نتایج نرم‌افزار پرداخته شده است. درواقع این فصل به‌نوعی مباحث مربوط به دروس طراحی سازه‌های فولادی ۱ و ۲ در دوران کارشناسی را به روش LRFD تشریح خواهد کرد و برای مهندسين و يا حتى دانشجویانی که با روش LRFD آشنایی ندارند این فصل می‌تواند بسیار مفید باشد. خصوصیت بارز این فصل این است که مؤلفین به‌صورت فشرده و کاملاً روان ضوابط طراحی انواع المان‌های سازه‌های به روش LRFD را ارائه کرده‌اند که تقریباً مطالب کتاب‌های چند جلدی طراحی سازه‌های فولادی در یک فصل خلاصه و مفید بیان شده است. در این فصل همچنین به نحوه طراحی اتصالات مفصلی در انواع مختلفی که امروزه در اجرا از آن‌ها استفاده می‌شود به‌صورت گام‌به‌گام و بسیار مفصل پرداخته شده است و همچنین در کنار آن به ضوابط مقرر شده در مبحث دهم نیز اشاره شده است. این حالت برای طراحی اتصالات مهاربندها نیز صادق است. همچنین در این فصل به نحوه طراحی وصله‌ها در تیرها و ستون‌ها به‌طور مفصل پرداخته شده است. ازجمله ویژگی‌های بارز این فصل می‌توان به طراحی کفستون‌ها در حالات مختلف و ارائه یک روند گام‌به‌گام، از مرحله برداشت نیروها در نرم‌افزار تا مرحله ارائه جزئیات اجرایی اشاره کرد که برای حل مشکل خمش‌های دوطرفه در طراحی کفستون‌ها، مراحل گام‌به‌گام نرم افزار RAM Connection نیز آموزش داده شده است.
- فصل چهارم درواقع پروژه ارائه شده در فصل دوم را با تغییرات اساسی در سیستم‌های مقاوم جانبی آن تشریح می‌کند. در این فصل از سیستم ترکیبی قاب خمشی با سطح شکل‌پذیری متوسط یک پست و قاب مهاربند هم‌محور با حد شکل‌پذیری زیاد در جهت دیگر استفاده شده است که با نکات مهمی در طراحی این گونه سازه‌ها آشنا خواهید شد. برای تحلیل جانبی سازه در این فصل از تحلیل دینامیکی استفاده شده است که نکات بسیار مهم و مفهومی در ذیل این روش ارائه شده است.
- در فصل پنجم به نحوه طراحی اتصالات گیردار به‌طور مفصل و گام‌به‌گام پرداخته شده است که با مطالعه آن خواننده قادر به طراحی اتصالات گیردار با استفاده از نتایج نرم‌افزار خواهد بود. همچنین در سال ۹۴ بار آمده شده از نوع اتصال تقویت نشده جوشی WUF-W می‌باشد که با نکات بسیار جالب با نحوه طراحی این اتصالات آشنا خواهید شد. همچنین در این فصل به نحوه طراحی اتصالات مهاربندهای با سطح شکل‌پذیری ویژه پرداخته شده است که در آن نکات مهمی نهفته است و مؤلفین سعی کرده‌اند که تمامی نکات به‌تجرباناسب و گویا ارائه دهند. برای طراحی شکل هندسی ورق اتصال مهاربندهای ویژه نیز روابط هندسی ارائه شده است که با آن می‌توان به‌سادگی این اجزا را مطابق ضوابط آیین‌نامه طراحی نمود.
- در این قسمت فرصت را مغتنم می‌شماریم که از کلیه همکارانی که در کارهای نگارشی و ترسیم اشکال کتاب، ما را یاری نموده‌اند تشکر قلبی خودمان را اعلام نماییم. از مدیریت محترم انتشارات نگارنده دانش جناب آقای مهرداد علی‌کلاری که زحمت چاپ و انتشار کتاب را پذیرفته‌اند تقدیر و تشکر خودمان را اعلام نماییم. همچنین از کلیه اساتید محترم، مهندسين طراح و دانشجویان مهندسين عمران که با نقطه نظرات خود ما را در طی این چند سال یاری کرده‌اند که بی‌شک بدون دلگرمی آنها تدوین چنین کتابی که تلاش شبانه‌روزی یک سئاله مؤلفین را به دنبال داشته است، برای ما میسر نبوده تشکر قلبی خودمان را اعلام نماییم. در آخر امیدواریم که این کتاب بتواند مجموعه مناسب و مفیدی را فرا راه دانش و مهندسين و متخصصين مهندسي عمران قرار دهد. با توجه به اینکه تلاش و زحمت فراوانی جهت ارائه کتاب بی‌نقص و عاری از اشکال شده است ولی همچنان امیدواریم که برخی اشکالات در کتاب خواهد بود. از کلیه کسانی که این کتاب را مورد مطالعه قرار می‌دهند خواهشمندیم که انتقادات و نقطه نظرات خود را به ما منعکس فرمایند. این ارتباط با ما یا از طریق آدرس‌های ایمیل ارائه شده در زیر و یا از طریق کانال تلگرامی t.me/costbook اقدام کنید.

مدرس جعفری

arjafari2004@gmail.com

ahmadreza.jafari@stu.malayeru.ac.ir

رضا سلطان‌آبادی

soltanabadi@gmail.com

r.soltanabadi@cv.iut.ac.ir

فصل ۱. مقدمه‌ای بر سازه‌های فولادی

۱.۱	مقدمه
۱.۱.۱	معرفی سازه‌های فولادی
۲.۱.۱	مصلح مورد استفاده برای اعضای سازه فولادی
۳.۱.۱	رفتار سازه‌های فولادی در منتقل کردن بارهای وارده
۴.۱.۱	مشخصات مکانیکی فولادها
۵.۱.۱	مشخصات مهندسی مصالح فولادی
۶.۱.۱	معرفی سیستم‌های سازه‌ای در ساختمان‌های فولادی
۷.۱.۱	سیستم‌های باربر نقلی
۸.۱.۱	سیستم‌های باربر جانی
۹.۱.۱	مبانی طراحی سازه‌های فولادی
۱۰.۱.۱	انواع روش‌های طراحی
۱۱.۱.۱	ملاحظات و توصیه‌های کلی برای طرح سازه‌ها
۱۲.۱.۱	ملاحظات ژئوتکنیکی
۱۳.۱.۱	ملاحظات معماری
۱۴.۱.۱	ملاحظات سازه

فصل ۲. تحلیل و طراحی ساختمان ۵ طبقه فولادی با سقف کامپوزیت و مهاربندهای هم‌محور

۱.۲	مقدمه
۱.۲.۱	مشخص کردن این‌نامه‌ها و نرم‌افزارهای مورد نیاز
۲.۲	نکاتی در زمینه ستون‌گذاری و جانمایی مهاربندها
۳.۲	رعایت توصیه‌هایی برای جانمایی ستون‌ها در پلان
۴.۲	رعایت توصیه‌های فنی برای جانمایی مهاربندها در پلان
۵.۲	تعیین مشخصات پروژه
۶.۲	مشخصات مصالح مصرفی در این پروژه
۷.۲	انجام محاسبات بارگذاری سازه
۸.۲	بارهای نقلی
۹.۲	بار زنده
۱۰.۲	بار برف
۱۱.۲	تعیین ضریب اهمیت بار برف (I _f)
۱۲.۲	تعیین ضریب شرایط دمایی (C _t)
۱۳.۲	تعیین ضریب شیب (C _s)
۱۴.۲	تعیین ضریب برفگیر (C _e)
۱۵.۲	محاسبه بار برف طراحی و حداقل بار برف طراحی
۱۶.۲	بار زلزله
۱۷.۲	شرایط لازم برای انجام تحلیل استاتیکی معادل
۱۸.۲	بررسی شرایط منظمی و نامنظمی ساختمان
۱۹.۲	تحلیل استاتیکی معادل
۲۰.۲	تعیین ضریب نامعینی ساختمان
۲۱.۲	جانمایی مهاربندها و تعیین ضریب نامعینی ساختمان مورد بررسی در این بخش
۲۲.۲	محاسبه وزن مؤثر سازه و محاسبه مقدار برش پایه
۲۳.۲	بار جانی باد

۲۴.۲	۱.۸.۲ فشار مبنای باد (q)
۲۵.۲	۲.۸.۲ ضریب اهمیت بار باد (I _w)
۲۶.۲	۳.۸.۲ ضریب بادگیری (C _d)
۲۷.۲	۴.۸.۲ ضریب اثر جهشی باد (C _e)
۲۸.۲	۵.۸.۲ ضریب فشار خارجی (C _f)
۲۹.۲	۹.۲ مقایسه بین برش پایه ناشی از زلزله و باد
۳۰.۲	۱۰.۲ نکاتی در مورد مدل‌سازی و طراحی سازه با نرم‌افزار ETABS
۳۱.۲	۱۱.۲ شروع به مدل‌سازی ساختمان
۳۲.۲	۱۲.۲ معرفی مشخصات مصالح به نرم‌افزار
۳۳.۲	۱۳.۲ تعیین مقاطع مورد نیاز برای طراحی المان‌های مختلف و معرفی آنها به نرم‌افزار
۳۴.۲	۱۴.۲ مقاطع مناسب برای تیرهای اصلی
۳۵.۲	۱۵.۲ معرفی مقاطع مناسب برای ستون‌ها
۳۶.۲	۱۶.۲ معرفی مقاطع مناسب برای ستون‌ها به نرم‌افزار
۳۷.۲	۱۷.۲ مقاطع مناسب برای تیرهای کامپوزیت
۳۸.۲	۱۸.۲ مقاطع مناسب برای بادبندها
۳۹.۲	۱۹.۲ معادل‌سازی مقاطع ساخته شده به روش SD
۴۰.۲	۲۰.۲ معادل‌سازی مقاطع تیرهای تقویت شده در بال‌ها
۴۱.۲	۲۱.۲ معادل‌سازی مقاطع ستون‌های مرکب با بست موزی (پایان)
۴۲.۲	۲۲.۲ معادل‌سازی مقاطع ستون‌های مرکب با ورق تقویت سراسری روی بال و جان
۴۳.۲	۲۳.۲ معادل‌سازی مقاطع مهاربندها
۴۴.۲	۲۴.۲ تهیه لیست خودکار طراحی اعضای خطی و نحوه فراخوان کردن مقاطع در سایر پروژه‌ها
۴۵.۲	۲۵.۲ معرفی لیست خودکار طراحی برای تیرهای اصلی
۴۶.۲	۲۶.۲ معرفی لیست خودکار طراحی برای تیرهای کامپوزیت
۴۷.۲	۲۷.۲ معرفی لیست خودکار طراحی برای ستون‌ها
۴۸.۲	۲۸.۲ معرفی لیست خودکار طراحی برای مهاربندها
۴۹.۲	۲۹.۲ نحوه خروجی گرفتن مقاطع و نحوه فراخوان کردن آن براساس فایل متنی
۵۰.۲	۳۰.۲ معرفی ابعاد موضوعات سطحی (سقف‌ها) به نرم‌افزار
۵۱.۲	۳۱.۲ معرفی ابعاد بار وارد بر ساختمان و معرفی آنها به نرم‌افزار
۵۲.۲	۳۲.۲ توضیحات در مورد استفاده یا عدم استفاده از قاعده ۳۰-۱۰۰
۵۳.۲	۳۳.۲ معرفی بار زلزله به نرم‌افزار
۵۴.۲	۳۴.۲ مشاهده و کنترل نتایج
۵۵.۲	۳۵.۲ معرفی ترکیب بارهای بار دنیا: ای طراحی سازه فولادی
۵۶.۲	۳۶.۲ معرفی ترکیب بار محاسبه مؤثر زمانی ساختمان در زلزله
۵۷.۲	۳۷.۲ انجام مدل‌سازی سازه با نرم‌افزار
۵۸.۲	۳۸.۲ مدل‌سازی ستون‌ها
۵۹.۲	۳۹.۲ مدل‌سازی تیرهای اصلی
۶۰.۲	۴۰.۲ مدل‌سازی تیرهای کامپوزیت
۶۱.۲	۴۱.۲ مدل‌سازی سقف طبقات
۶۲.۲	۴۲.۲ مدل‌سازی مهاربندها
۶۳.۲	۴۳.۲ مدل‌سازی دستک‌ها
۶۴.۲	۴۴.۲ تنظیمات و پیرایشی سازه

۵۸	۶.۲۴.۲ کنترل حداقل درز انقطاع
۶۰	۷.۲۴.۲ کنترل واژگونی سازه
۶۴	۸.۲۴.۲ بررسی صلیبیت دیافراگم سقف‌ها
۷۳	۹.۲۴.۲ کنترل برش پایه محاسبه شده توسط نرم‌افزار با روش دستی
۷۳	۱۰.۲۴.۲ بررسی سختی جابجایی طبقات و کنترل نامنظمی سختی جابجایی در ارتفاع
۷۷	۱۱.۲۴.۲ کنترل الزام به استفاده از قاعده ۳۰-۱۰۰ در طراحی ستون‌ها
	۱۲.۲۴.۲ کنترل ضرب شدید به برای تشخیص حضور حالات بار خیالی در ترکیب بارهای
۷۸	شامل بار زلزله
	فصل ۳. طراحی دستی المان‌های فولادی و طراحی اتصالات و صفحه ستون‌ها به روش حذب نهایی
۸۳	۱.۳ مقدمه
۸۴	۲.۳ طراحی دستی تیرهای اصلی
۸۶	۱.۲.۳ طراحی تیر برای لنگرهای خمشی
۸۸	۲.۲.۳ طراحی تیر برای نیروهای برشی
۹۱	۳.۲.۳ کنترل تغییر شکل در تیرها
۹۴	۴.۲.۳ کنترل ارتفاعش در تیرهای اصلی
۹۶	۳.۳ محاسبه طول ورق تقویتی در بال تیرها
۹۹	۴.۳ طراحی ستون‌ها و مقایسه با نتایج نرم‌افزار
۱۰۱	۱.۴.۳ محاسبه مقاومت فشاری با استفاده از معیار کماتش خمشی
۱۰۲	۲.۴.۳ محاسبه مقاومت فشاری با استفاده از معیار کماتش پیچشی
۱۰۳	۳.۴.۳ ترکیب نیروی محوری و لنگر خمشی دوسمحوره
۱۰۳	۴.۴.۳ طراحی ستون‌های جعبه‌ای و مقایسه با نتایج نرم‌افزار
۱۰۷	۵.۳ طراحی ستون‌های مرکب با بست‌های افقی (ستون‌های پایاز)
۱۰۷	۱.۵.۳ محاسبه مقاومت فشاری و خمشی طراحی ستون‌های مرکب با بست
۱۱۱	۲.۵.۳ طراحی بست‌های افقی
۱۱۵	۳.۵.۳ اصلاح ضرب لاعری در جهت عمود بر بست‌ها
۱۱۶	۶.۳ محاسبه فاصله خطوط جوش منقطع در ورق‌های سراسری در ستون‌ها
۱۱۶	۱.۳ طراحی مهاربندها و مقایسه با نرم‌افزار
۱۱۷	۱.۷.۳ طراحی مهاربند برای نیروی فشاری
۱۱۹	۲.۱.۳ محاسبه ظرفیت کششی مقطع
۱۲۰	۷.۳ طراحی اتصافها
۱۲۱	۸.۳ طراحی تیرهای کامپوزیت
۱۲۳	۱.۸.۳ محاسبه مؤثر دال بتنی روی تیرجعبه‌ای
	۲.۸.۳ محاسبه مؤثر دال بتنی تحت تیر کامپوزیت قبل از سخت شدن بتن دال و کنترل آن برای بارهای
	۳.۸.۳ محاسبه مقاومت خمشی تیر کامپوزیت بعد از سخت شدن تنهائی بتن دال و کنترل آن برای بارهای وارده
۱۲۸	۴.۸.۳ کنترل برش در تیر فولادی مقطع مختلف
۱۳۰	۵.۸.۳ طراحی برشگیرها
۱۳۲	۶.۸.۳ کنترل تغییر شکل در تیرهای کامپوزیت
	۷.۸.۳ کنترل تغییر شکل در تیرهای کامپوزیت با در نظر گرفتن اثرات جمعشدگی و خزش دال بتنی

۲۱۵	۱.۱۹.۲ تغییر در شرایط انتهایی اعضا
۲۱۶	۲.۱۹.۲ اختصاص دیافراگم صلب
۲۲۰	۳.۱۹.۲ اختصاص تکیه‌گاه گیردار برای اتصال ستون به پی
۲۲۱	۴.۱۹.۲ اختصاص مقاطع
۲۲۲	۵.۱۹.۲ اختصاص نواحی صلب انتهایی
۲۲۳	۶.۲۰.۲ بارگذاری سازه
۲۲۵	۱.۲۰.۲ معرفی دسته‌های بارگذاری برای بارهای سطحی
۲۲۷	۲.۲۰.۲ اتصال بار لرزه‌ای خربشته به تراز بام
۲۲۹	۳.۲۰.۲ اعمال بار مرده دیوارهای اطراف راهپله و خربشته
۲۳۰	۴.۲۰.۲ بارگذاری دیوارهای پیرامونی
۲۳۹	۵.۲۰.۲ بارگذاری سطحی کف طبقات
۲۴۲	۶.۲۰.۲ بارگذاری سطحی برای اصلاح جرم طبقات
۲۴۴	۷.۲۰.۲ بارگذاری دستگاه پله به تیرها، طبقه، میان‌طبقه
۲۴۷	۸.۲۰.۲ افزایش بار زنده برای بالک
۲۴۹	۹.۲۰.۲ بارگذاری قائم زلزله
۲۵۲	۱۱.۲ تنظیمات تحلیل سازه با در نظر گرفتن شرایط آب‌وهوایی
۲۵۳	۱.۲۱.۲ انواع روش‌های تحلیل مرتبه دوم
۲۵۶	۲.۲۱.۲ الزامات مربوط به روش‌های تحلیل سازه‌های فولادی
۲۶۱	۳.۲۱.۲ تنظیمات تحلیل سازه
۲۶۵	۴.۲۱.۲ کنترل سازه قبل از انجام تحلیل سازه
۲۶۷	۵.۲۱.۲ تنظیمات مربوط به درجات آزادی سازه در آنالیز سازه
۲۶۷	۶.۲۱.۲ تنظیمات مربوط به انتخاب حالات بار مورد نیاز برای آنالیز سازه
۲۶۸	۷.۲۱.۲ انجام آنالیز سازه و مشاهده برخی نتایج
۲۶۹	۱.۲۲.۲ مشاهده بارها و تلاش‌های وارده به اعضای سازه
۲۷۱	۲.۲۲.۲ طراحی سازه فولادی
۲۷۱	۱.۲۳.۲ تنظیمات مقدماتی طراحی اسکلت فولادی (تیرها، ستون‌ها و مهاربندها)
۲۷۷	۲.۲۳.۲ تنظیمات مقدماتی طراحی تیرهای کامپوزیت
۲۷۷	۳.۲۳.۲ انتخاب روش طراحی برای طراحی تیرها
۲۸۸	۴.۲۳.۲ تنظیمات قبل از طراحی المان‌های فولادی (تیرها، ستون‌ها و مهاربندها)
۲۹۴	۵.۲۳.۲ تنظیمات قبل از طراحی تیرهای کامپوزیت
۳۰۵	۶.۲۳.۲ انتخاب ترکیب بار برای طراحی اسکلت فولادی (تیرها، ستون‌ها و مهاربندها)
۳۰۶	۷.۲۳.۲ شروع فرایند طراحی اسکلت فولادی (تیرها، ستون‌ها و مهاربندها)
۳۰۷	۸.۲۳.۲ کنترل المان‌های خطی طراحی شده با دیدگاه مسائل اجرایی و مشاهده نتایج طراحی آنها
۳۱۹	۹.۲۳.۲ طراحی نهایی تیرهای کامپوزیت و نهایی کردن مقاطع با دیدگاه مسائل اجرایی
۳۳۱	۱۰.۲۳.۲ انجام آنالیز و طراحی نهایی روی سازه
۳۳۲	۱۱.۲۳.۲ کنترل نهایی سازه
۳۳۳	۱.۲۴.۲ کنترل فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی برای کنترل لزوم یا عدم لزوم حضور بار زلزله با خروج از مرکزیت
۳۴۰	۲.۲۴.۲ کنترل زمان تناوب تجربی با زمان تناوب تحلیلی
۳۴۳	۳.۲۴.۲ کنترل نامنظمی پیچشی در پلان
۳۴۸	۴.۲۴.۲ کنترل لزوم یا عدم لزوم تشدید برون از مرکزیت اتفاقی
۳۴۹	۵.۲۴.۲ کنترل تغییر مکان جابجایی سازه

۴۳۶	۸.۸.۳ کنترل ارتعاش در تیرهای کامپوزیت
۴۳۸	۹.۳ طراحی دال بتنی متکی بر تیرهای کامپوزیت
۴۴۰	۱۰.۳ طراحی جوش در برابر بارهای وارده
۴۴۰	۱.۱۰.۳ محاسبه مقاومت جوش گوشه
۴۴۲	۲.۱۰.۳ محدودیت‌های آیین‌نامه برای جوش‌های گوشه
۴۴۴	۱۱.۳ طراحی اتصالات مورد نیاز برای تیرها
۴۴۴	۱.۱۱.۳ مقدمه‌ای بر انواع اتصالات در سازه‌های فولادی
۴۴۵	۲.۱۱.۳ انواع اتصالات مفصلی در سازه‌های فولادی
۴۴۶	۳.۱۱.۳ طراحی اتصالات مفصلی با جفت نبشی جان
۴۵۷	۴.۱۱.۳ طراحی اتصال مفصلی تیر به ستون با نبشی نشیمن تقویت نشده
۴۵۷	۵.۱۱.۳ طراحی اتصال مفصلی تیر به ستون با استفاده از ورق نشیمن و سخت‌کننده دوزنق‌های شکل
۴۶۶	۶.۱۱.۳ اتصال مفصلی تیر به ستون با استفاده از ورق نشیمن و سخت‌کننده مثلثی شکل در زیر ورق نشیمن
۴۷۲	۱۲.۳ طراحی اتصالات مهاربندها
۴۷۹	۱.۱۲.۳ تعیین نیروی طراحی مورد نیاز برای اتصال مهاربندها
۴۸۰	۲.۱۲.۳ طراحی اتصال مهاربندها در وسط
۴۸۳	۳.۱۲.۳ طراحی اتصال مهاربند به تیر و ستون
۴۸۵	۴.۱۲.۳ طراحی اتصال بادبند به ستون و کفستون
۴۸۹	۱۳.۳ وصله جوشی اعضای فلزی
۴۸۹	۱.۱۳.۳ مقدمه
۴۹۱	۲.۱۳.۳ وصله اعضای خمشی (تیرها)
۴۹۱	۳.۱۳.۳ روش گام‌به‌گام طراحی وصله در تیرهای با مقاطع I - شکل
۴۹۱	۴.۱۳.۳ وصله اعضای فشاری و کششی
۵۰۱	۵.۱۳.۳ طراحی ورق‌های وصله در ستون‌های هم‌سایز
۵۰۸	۶.۱۳.۳ طراحی ورق‌های وصله در ستون‌های غیرهم‌سایز
۵۱۸	۱۴.۳ طراحی کفستون‌ها
۵۱۸	۱.۱۴.۳ انواع روش‌های طراحی کفستون‌ها تحت اثر نیروی محوری و خمش یک‌طرفه
۵۱۹	۲.۱۴.۳ طراحی کف ستون‌ها براساس نگرش توزیع تنش خطی (روش سنی)
۵۱۹	۳.۱۴.۳ طراحی کفستون‌ها براساس نگرش توزیع یکواخت تنش (روش راهنمای آیین‌نامه (AISC))
۵۲۲	۴.۱۴.۳ طراحی کفستون‌های تحت اثر خمش دوجوره
۵۲۸	۵.۱۴.۳ طراحی میل‌مهارها
۵۳۰	۶.۱۴.۳ طراحی لرزه‌ای کفستونها
۵۳۱	۷.۱۴.۳ طراحی کفستون غیرمتصل براساس خروجی نرم‌افزار ETABS2016
۵۴۳	۸.۱۴.۳ طراحی سخت‌کننده‌های متصل به کفستون
۵۴۹	۹.۱۴.۳ طراحی کفستون متصل به مهاربند
۵۵۵	۱۵.۳ طراحی کفستون‌ها به کمک نرم‌افزار RAM Connection
۵۵۶	۱.۱۵.۳ معرفی مشخصات مقاطع و مصالح به نرم‌افزار RAM
۵۷۲	۲.۱۵.۳ معرفی مدل کفستون به نرم‌افزار RAM
۵۷۳	۳.۱۵.۳ معرفی تنظیمات آیین‌نامه به نرم‌افزار RAM
۵۷۳	۴.۱۵.۳ معرفی مشخصات دقیق کفستون و طراحی آن توسط نرم‌افزار
۵۸۱	۵.۱۵.۳ طراحی دستی کفستون براساس گزارشات طراحی نرم‌افزار RAM

۵۸۲	۶.۱۵.۳ نکات تکمیلی در مورد طراحی کفستون‌ها به کمک نرم‌افزار RAM
۵۸۳	۱۶.۳ کنترل کفستون‌ها در برابر لغزش و طراحی کلیدهای برشی
۵۸۶	۱۷.۳ طراحی کفستون‌های کناری و گوشه
۵۸۷	۱.۱۷.۳ کفستون کناری
۵۸۷	۲.۱۷.۳ کفستون گوشه
۵۸۸	۳.۱۷.۳ سخت‌کننده‌ها در کفستون‌های کناری و گوشه

فصل ۴. تحلیل و طراحی سازه‌های فولادی با سیستم قاب خمشی متوسط و مهاربندهای همگرای ویژه

۵۸۹	۱.۴ مقدمه
۵۹۰	۲.۴ تعیین مشخصات پروژه
۵۹۰	۱.۲.۴ معرفی مشخصات عمومی پروژه
۵۹۰	۲.۲.۴ مشخصات مصالح مصرفی
۵۹۱	۳.۴ بارگذاری ثقلی سازه
۵۹۲	۱.۳.۴ محاسبه بارهای مرده
۵۹۷	۲.۳.۴ محاسبه بارهای زنده
۵۹۸	۳.۳.۴ محاسبه بار برف
۵۹۹	۴.۳.۴ تهیه جدول خلاصه بارگذاری ثقلی
۶۰۰	۴.۴ بارگذاری جانبی سازه
۶۰۰	۱.۴.۴ مقدمه‌ای بر تحلیل‌های دینامیکی در سازه‌ها
۶۰۳	۲.۴.۴ محاسبه ضریب زلزله برای معرفی بارهای زلزله استاتیکی
۶۰۴	۳.۴.۴ محاسبه طیف طرح استاندارد
۶۰۷	۵.۴ تعیین دهانه‌های مقاوم جانبی و تعیین ضریب نامعینی ساختمان
۶۰۷	۱.۵.۴ تعیین دهانه‌های مقاوم برابر جانبی
۶۰۸	۲.۵.۴ تعیین ضریب نامعینی ساختمان قبل از انجام آنالیز
۶۰۹	۳.۴ شروع کار با نرم‌افزار ETABS
۶۰۹	۴.۴ معرفی خطوط راهنما به نرم‌افزار
۶۱۰	۷.۴ معرفی مشخصات مصالح مصرفی پروژه در نرم‌افزار
۶۱۴	۴.۴ معرفی مقاطع مورد نیاز برای طراحی المان‌های خطی مختلف
۶۱۴	۱.۸.۴ طراحی المان‌ها برای تیرهای اصلی
۶۱۶	۲.۸.۴ مقاطع مناسب برای ستون‌ها
۶۱۹	۳.۸.۴ مقاطع مناسب برای مهاربندها
۶۲۰	۴.۸.۴ معرفی مقاطع مناسب برای تیرها به نرم‌افزار و تهیه لیست خودکار طراحی
۶۲۲	۵.۸.۴ معرفی مقاطع مورد نیاز برای ستون‌ها و تهیه لیست خودکار طراحی
۶۲۴	۶.۸.۴ معرفی مقاطع مورد نیاز برای مهاربندها و تهیه لیست خودکار طراحی
۶۲۶	۹.۴ معرفی مقاطع موضوعات سطحی
۶۲۹	۱۰.۴ معرفی الگوها و حالت‌های بار وارد بر ساختمان و معرفی آنها به نرم‌افزار
۶۳۱	۱.۱۰.۴ معرفی الگوهای بار به نرم‌افزار
۶۳۳	۲.۱۰.۴ معرفی منحنی ضریب بازتاب (B) برای حالت‌های بار دینامیکی
۶۳۷	۳.۱۰.۴ معرفی حالت‌های بار دینامیکی
۶۴۴	۴.۱۰.۴ نکات تکمیلی در مورد حالت‌های بار دینامیکی
۶۴۷	۱۱.۴ معرفی ترکیب بارهای طراحی به نرم‌افزار
۶۵۲	۱۲.۴ معرفی ترکیب بار محاسبه جرم مؤثر لرزه‌ای ساختمان

۱۳.۴	مدل سازی سیمبندی ساختمان در نرم افزار	۶۵۳
۱.۱۳.۴	مدل سازی ستون ها	۶۵۳
۲.۱۳.۴	مدل سازی تیرها	۶۵۴
۳.۱۳.۴	مدل سازی سقف طبقات	۶۵۵
۴.۱۳.۴	مدل سازی مهاربندها	۶۵۸
۵.۱۳.۴	مدل سازی دستگاه ها	۶۵۹
۱۴.۴	تنظیمات ویرایشی سازه	۶۶۰
۱.۱۴.۴	تغییر در شرایط انتهایی اعضا	۶۶۰
۲.۱۴.۴	اختصاص نواحی صلب انتهایی و تعیین مشخصات چشمه اتصال	۶۶۳
۳.۱۴.۴	ایجاد دیافراگم صلب	۶۶۷
۴.۱۴.۴	اختصاص تکیه گیردار برای اتصال ستون به پی	۶۶۷
۵.۱۴.۴	اختصاص مقاطع	۶۶۸
۱۵.۴	بارگذاری سازه	۶۶۹
۱.۱۵.۴	معرفی دسته های بارگذاری بر بارها سطحی	۶۶۹
۲.۱۵.۴	بارگذاری دیوارهای پیرامونی اطراف راه پله و خروشته	۶۷۱
۳.۱۵.۴	بارگذاری دیوارهای پیرامونی	۶۷۲
۴.۱۵.۴	بارگذاری سطحی کف طبقات	۶۷۸
۵.۱۵.۴	بارگذاری دستگاه پله به تیرهای طبقه و در طبقات	۶۸۰
۶.۱۵.۴	بارگذاری قائم زلزله	۶۸۲
۱۶.۴	تنظیمات مربوط به کاهش سربار زنده	۶۸۵
۱۷.۴	تنظیمات مقدماتی قبل از تحلیل سازه	۶۸۷
۱.۱۷.۴	مدل سازی نقاط میانی ستون ها برای در نظر گرفتن اثر در طرفین	۶۸۷
۲.۱۷.۴	تنظیمات تحلیل سازه	۶۸۹
۳.۱۷.۴	کنترل سازه قبل از انجام تحلیل سازه	۶۹۳
۴.۱۷.۴	تنظیمات مربوط به درجات آزادی سازه در آنالیز سازه	۶۹۴
۵.۱۷.۴	تنظیمات مربوط به انتخاب حالت های بار مورد نیاز برای آنالیز سازه	۶۹۴
۱۸.۴	انجام آنالیز سازه و مشاهده برخی نتایج	۶۹۴
۱.۱۸.۴	مشاهده بارها و تلاش های وارد به اعضای سازه	۶۹۵
۱۹.۴	کنترل نتایج آنالیز دینامیکی	۶۹۷
۱.۱۹.۴	کنترل درصد مشارکت مودهای ارتعاشی برای بررسی کفایت تعداد آنها	۶۹۷
۲.۱۹.۴	همپای سازی برش پایه ناشی از تحلیل دینامیکی با برش پایه فاشی از تحلیل استاتیکی	۶۹۸
۳.۱۹.۴	ضوابط طرح لرزه ای برای اعضای فولادی	۷۰۳
۴.۱۹.۴	ضوابط طرح لرزه ای برای اعضای موجود در سیم قف خمشی فولادی متوسط	۷۰۴
۵.۱۹.۴	ضوابط طرح لرزه ای برای اعضای موجود در سیم قف مهاربند هم محور فولادی ویژه	۷۰۴
۶.۱۹.۴	طراحی سازه فولادی	۷۰۷
۱.۲۱.۴	معرفی نوع المان فولادی به مقاطع تیرها، ستون ها و مهاربندها	۷۰۷
۲.۲۱.۴	تنظیمات مقدماتی طراحی اسکلت فولادی (تیرها، ستون ها و مهاربندها)	۷۰۸
۳.۲۱.۴	تنظیمات قبل از طراحی تیرهای فولادی	۷۱۲
۴.۲۱.۴	تنظیمات قبل از طراحی ستون های متصل به مهاربندها	۷۱۶
۵.۲۱.۴	تنظیمات قبل از طراحی مهاربندها و دستگاه ها	۷۱۶
۶.۲۱.۴	انتخاب ترکیب بارهای مورد نیاز برای طراحی اسکلت فولادی (تیرها، ستون ها و مهاربندها)	۷۱۸
۷.۲۱.۴	شروع به فرایند طراحی اسکلت فولادی (تیرها، ستون ها و مهاربندها)	۷۱۹