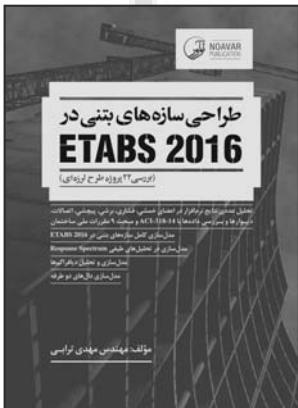




آموزش براساس پروژه

## طراحی سازه‌های بتنی در ETABS 2016

بررسی ۲۲ پروژه طرح لرزه‌ای



مؤلف: مهندس مهدی ترابی

تلفن: ۰۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

ترایی، مهدی	سروشناسته: ۱۳۵۳
طراحی سازه‌های بتنی در ETABS	عنوان و نام پدیدآورنده: عنوان و نام پدیدآورنده: ۲۰۱۶
... اول: مهدی ترایی	مشخصات نشر: تهران: نوآور.
	مشخصات ظاهری: ص: مصور ۲۸۶
	شاپک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۳۹۶-۱
	وضعیت فهرست‌نوبتی: فیبا
	یادداشت: بالای عنوان: آموزش بر اساس پروژه.
	موضوع: اینتیز (برنامه کامپیووتر)
	موضوع: سازه‌های بتنی -- طرح و ساختمان -- نرم‌افزار
	موضوع: مهندسی سازه -- برنامه‌های کامپیووتری
	ردیبدنی کنگره: TA ۶۴۷/۴۳۵۴ ۱۱۹۵
	ردیبدنی دیوبی: ۱۷۰۲۸۵۶۲۴
	شماره کتابشناسی ملی: ۴۲۰۷۵۰۷

آموزش براساس پروژه

## طراحی سازه‌های بتنی در ETABS 2016

بررسی ۲۲ پروژه طرح لرزه‌ای

مؤلف: مهندس مهدی ترایی

ناشر: نوآور

شماره‌گان: ۱۰۰۰ نسخه

مدیر فنی: محمدرضا نصیرنیا

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۷

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۳۹۶-۱

قیمت: ۳۲۰۰۰ تومان

مرکز پخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخر رازی، خیابان شههادی  
زاده‌مری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸،  
طبقه‌دوم، واحد ۶ تلفن: ۰۹۲ - ۰۶۶۸۴۱۹۱ - ۰۶۶۸۴۱۹۱

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب متعلق با قانون حقوق متألفان و مصنفان  
مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور می‌باشد.  
لذا هرگونه استفاده از کل یا قسمی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی،  
اسکن، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی،  
دی‌وی‌دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری وغیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور  
منوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



## فهرست مطالب

۹ .....	فصل اول: بارگذاری، ترکیبات بارگذاری، تحلیل و طراحی سازه‌ها.
۱۹ .....	فصل دوم: طراحی تیرها و ستون‌ها بر اساس ACI
۲۶ .....	• پروژه شماره ۱: تعیین مساحت میلگرددها در مقطع تیرهای مستطیلی
۳۱ .....	• پروژه شماره ۲: تعیین مساحت میلگرددها در مقطع تیرهای T شکل
۳۷ .....	• پروژه شماره ۳: تعیین حداکثر ظرفیت فشاری ستونهای بتنی
۴۳ .....	فصل سوم: طراحی برش و پیچش در اعضا و اتصالات
۵۵ .....	• پروژه شماره ۴: تعیین مقادیر برش و پیچش نهایی مقطع مستطیلی
۵۹ .....	• پروژه شماره ۵: تعیین مقادیر برش و پیچش نهایی مقطع T شکل
۶۱ .....	• پروژه شماره ۶: تعیین ظرفیت برشی اتصال و نسبت مقاومت خمی تیر به ستون
۶۹ .....	فصل چهارم: دیوارهای سازه‌ای
۸۰ .....	• پروژه شماره ۷: تعیین نیروهای طراحی دیوار برشی و طول ناحیه مرزی
۹۲ .....	• پروژه شماره ۸: تعیین فشار جانی خاک و نیروی زلزله در دیوارهای حائل بتنی
۹۷ .....	• پروژه شماره ۹: طراحی دیوارهای برشی با بازشو
۱۰۵ .....	• پروژه شماره ۱۰: طراحی دیوارهای بنایی مسلح
۱۱۰ .....	فصل پنجم: پروژه کاربردی
۱۱۱ .....	• پروژه شماره ۱۱: مدل سازی سازه ۵ سقف با قاب خمی بتنی متوسط
۱۸۴ .....	فصل ششم: پروژه کاربردی
۱۸۵ .....	• پروژه شماره ۱۲: مدل سازی سازه ۷ سقف با سیستم دوگانه
۲۵۷ .....	فصل هفتم: تحلیل طیفی سازه‌ها
۲۶۱ .....	• پروژه شماره ۱۳: تحلیل طیفی یک سازه ۳ طبقه به صورت دستی
۲۷۱ .....	• پروژه شماره ۱۴: تحلیل طیفی سازه ۶ سقف
۲۹۳ .....	• پروژه شماره ۱۵: تعیین تغییر مکان نسبی با استفاده از زمان تناوب تحلیلی
۳۰۲ .....	فصل هشتم: تحلیل لرزه‌ای دیافراگم‌ها
۳۱۵ .....	• پروژه شماره ۱۶: تحلیل نیروی‌های وارد بر دیافراگم به همراه طراحی اجزای مرزی و ...
۳۲۶ .....	• پروژه شماره ۱۷: تعیین مساحت میلگرددهای جمع کننده نیروها و برش اصطکاک در کنار ...
۳۲۹ .....	• پروژه شماره ۱۸: تحلیل دیافراگم سازه ۴ سقف با سیستم دوگانه
۳۳۶ .....	• پروژه شماره ۱۹: تعیین ضخامت دال بتنی در سقف‌های متصل به دیوارهای محیطی
۳۳۹ .....	فصل نهم: تحلیل و طراحی دال‌های دو طرفه
۳۴۰ .....	• پروژه شماره ۲۰: تحلیل و طراحی دال دو طرفه به روش مستقیم و مقایسه آن با نرم افزار
۳۶۳ .....	• پروژه شماره ۲۱: تعیین برش پانچ در دال‌های تخت
۳۶۱ .....	• پروژه شماره ۲۲: نمایش رفتار نیرویی قاب‌های ناشی از رفتار صفحه‌ای و غشایی دال‌ها
۳۷۱ .....	پیوست‌ها:

## فراخوان مساعدت فرهنگی و علمی

### ▪ خوانندۀ فرهیخته و بزرگوار

نشر نوآور ضمنن قدردانی و ارج نهادن به اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضار تان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همت خود را برای ارائه کتابی در خود و شایسته‌شما فرهیخته گرامی به کار بسته‌اند و تلاش کردند که اثری را ارائه نمایند که از حدائق‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الاماً مبزا از نقص و اشکال دانست. ازوی دیگر، این انتشارات بنایه تعهدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنایه اعتقاد راسخ به حقوق مسلم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، بهویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، از هر گونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشره خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی آن را رفع نماید.

لذا در این راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا دارم در صورتی که حین مطالعه کتاب با اشکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش شده خود را با هزینه انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگه جدآگاهی یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگه مزبور را با ذکر نام و شماره تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اعمال و اصلاح گردد و باعث ارتقا و هرچه پربارتر شدن محتوایی کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل معهده‌دانه و مسئولانه شما خوانندۀ فرهیخته و گرانقدر، به منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به‌رسم ادب و تشکر و قادر شناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح شده آن و نیز از سایر کتب منتشره خود را به عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و در صورتی که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدمه چاپ بعدی کتاب نیاز زحمات شما تقدیر می‌شود.

همچنین نشر نوآور و پدیدآورندگان کتاب، از پیشنهادهای، نظرات، انتقادات و راهکارهای شما عزیزان در راستای هرگونه بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.

نشر نوآور

تلفن: ۰۶۶۴۸۴۱۹۱۲

[www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com)

[info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com)

## هشدار

..... کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب سال ۱۳۴۸ و آیینه اجرایی آن مصوب ۱۳۵۰ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از مطالب، اشکال، نمودارها، جداول و تصاویر این کتاب، در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایتها و موارد دیگر، و نیز هر گونه بهره‌برداری از مطالب این کتاب تحت هر عنوانی از قبیل چاپ، فتوکپی، اسکن، تایپ از آن، تهیه فایل پی دی اف و عکس‌برداری از کتاب، و همچنین هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، الکترونیکی، سی دی، دی وی دی، فیلم، فایل صوتی یا تصویری و غیره بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع و غیرقانونی بوده و شرعاً نیز حرام است، و متخلفین تحت پیگرد قانونی و قضایی قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر نوآور به صورت فایل ورد یا پی دی اف و موارد این‌چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لذا در صورتی که هر سایتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر نوآور را در سایت خود قرار داده و یا اقدام به فروش آن نماید، توسط کارشناسان امور اینترنتی این انتشارات، که مسئولیت اداره سایت را به عهده داردند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایتها می‌پردازند، بررسی و در صورت مشخص شدن هر گونه تخلف، ضمن اینکه این کار از نظر قانونی غیر مجاز و از نظر شرعی نیز حرام می‌باشد، وکیل قانونی انتشارات از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، پلیس رسیدگی به جرایم رایانه‌ای و اینترنتی و نیز سایر مراجع قانونی، اقدام مقتضی به عمل آورده، و طی انجام مراحل قانونی و اقدامات قضایی، خاطیان را مورد پیگرد قانونی و قضایی قرار داده و کائینه خسارات وارد به این انتشارات و مؤلف از مخالفان اخذ خواهد شد.

همچنین در صورتی که هر یک از کتابفروشی‌ها، اقدام به تهیه کپی، جزو، چاپ دیجیتال، چاپ ریسوس، اُفست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نمایند، ضمن اطلاع‌رسانی تخلفات کتابفروشی مذبور به سایر همکاران و مُوزَعین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، اتحادیه ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفای حقوق خود از مخالف می‌نماید.

خرید، فروش، تهیه، استفاده و مطالعه از روی نسخه غیراصولی کتاب،  
از نظر قانونی غیرمجاز، و شرعاً نیز حرام است.

انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهده هر گونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را یا از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره‌های ۰۲۱ ۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۹۱۲۳۰۷۶۷۴۸ و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس [info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com) و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت [www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com) به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضییع حقوق ناشر، پدیدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید، و در راستای انجام این امر مهم، به عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

پس از تالیف کتاب طراحی سازه‌های فولادی به روش LRFD در ۱۵۰ ETABS که جمماً ۱۶ پروژه طرح لرزه‌ای بررسی گردید، هم اکنون کتاب طراحی سازه‌های بتی با محوریت بررسی ۲۲ پروژه طرح لرزه‌ای در اختیار علاقه مندان قرار داده شده است.

این مجموعه در ۹ فصل می‌باشد که هر کدام از فصل‌ها دارای پروژه‌های متنوعی می‌باشد.

### فصل اول:

در این فصل به کلیات بارگذاری، ترکیبات بارگذاری، تحلیل و طراحی سازه‌ها بر اساس آیین نامه ACI و مبحث ۹ مقررات ملی پرداخته شده است.

### فصل دوم:

در این فصل به ضوابط طراحی تیرها و ستون‌ها در برنامه مطابق ACI پرداخته شده است.

**پروژه شماره ۱:** در این پروژه نحوه نمایش لنگرهای طراحی نهایی ناشی از تحلیل سازه در تیرها، همچنین نمایش لنگرهای نهایی بر اساس ضوابط شکل پذیری مطابق ACI و محاسبه مساحت میلگرددهای بالا و پایین در تکیه گاهها و وسط تیرها نشان داده شده است.

**پروژه شماره ۲:** در این پروژه به نحوه نمایش لنگرهای طراحی نهایی ناشی از تحلیل سازه در تیرها شکل، همچنین نمایش لنگرهای نهایی بر اساس ضوابط شکل پذیری مطابق ACI و محاسبه مساحت میلگرددهای بالا و پایین در تکیه گاهها و وسط تیرها شکل پرداخته شده است.

**پروژه شماره ۳:** این پروژه مربوط به تعیین نمودن حداکثر ظرفیت اسمی فشاری محوری ستونها می‌باشد همچنین مقدار بدست آمده با مقدار نرم افزار مقایسه می‌شود.

### فصل سوم:

در این فصل به ضوابط برش و پیچش در اعضا بتی در برنامه، مطابق ACI پرداخته خواهد شد.

**پروژه شماره ۴:** در پروژه فوق نحوه تعیین  $V_u$ ،  $\phi V_c$ ،  $\frac{A_v}{s}$ ،  $\frac{\phi T_{cr}}{s}$  همچنین  $T_u$  و  $A_t$  در تیرها به طور کامل پرداخته می‌شود.

**پروژه شماره ۵:** مشابه پروژه شماره ۴ ولی پارامترها اشاره شده برای تیرهای T شکل تعیین می‌شود.

**پروژه شماره ۶:** در این پروژه که مخصوص ضوابط شکل پذیری ویژه می‌باشد، نمایش خروجی نتایج طراحی گره اتصال در نرم افزار، همچنین تعیین ظرفیت برشی اتصالات و تعیین نسبت مقاومت خمی تیر به ستون در گره اتصال نشان داده شده است.

### فصل چهارم:

در این فصل به ضوابط مربوط به دیوارهای سازه‌ای شامل (دیوارهای برشی، دیوارهای حائل، دیوارهای برشی با بازشو و دیوارهای بنایی مسلح) همچنین نحوه مدل سازی آنها در نرم افزار پرداخته شده است.

**پروژه شماره ۷:** در این پروژه نحوه تعیین و محاسبه موارد زیر برای یک دیوار برشی نشان داده شده است.

- تعیین عمق ناحیه فشاری دیوار (C Depth) و تعیین حداکثر نیروی محوری نهایی  $P_u$  و لنگر نهایی  $M_u$  که دیوار برشی می‌تواند تحمل کند.

- تعیین فاصله دورترین تار فشاری مقطع دیوار تا تار خنثی (C Limit) و تنش فشاری

- تعیین طول ناحیه مرزی

- نمایش خروجی نرم افزار

**پروژه شماره ۸:** در این پروژه تعیین فشار جانبی خاک در حالت سکون و تعیین نیروی زلزله به روش M-O در دیوارهای حائل بتی اشاره شده است.

**پروژه شماره ۹:** در این پروژه به نکات مدل سازی و طراحی دیوارهای برشی با بازشو مطابق ضوابط آینه نامه پرداخته شده است.

**پروژه شماره ۱۰:** این پروژه مربوط به نکات مدل سازی و طراحی دیوارهای بنایی مسلح با روش دستی و مقایسه آن با نرم افزار به طور کامل می باشد.

#### فصل پنجم:

این فصل شامل یک پروژه کاربردی کامل می باشد.

**پروژه شماره ۱۱:** این پروژه شامل تحلیل و طراحی سازه ۵ سقف با قاب خمشی بتنی متوسط از صفر تا ۱۰۰ می باشد.

**فصل ششم:** این فصل شامل یک پروژه کاربردی کامل می باشد.

**پروژه شماره ۱۲:** این پروژه شامل تحلیل و طراحی سازه ۷ سقف با قاب خمشی بتنی متوسط به همراه دیوار برشی بتنی متوسط از صفر تا ۱۰۰ می باشد.

#### فصل هفتم:

این فصل مربوط به روش های تحلیل طیفی در سازه ها می باشد.

**پروژه شماره ۱۳:** در پروژه فوق به تعیین پارامترهای زیر می پردازیم

- محاسبه ماتریس جرم

- محاسبه ماتریس سختی

- محاسبه فرکانس طبیعی و زمان تناوبها

- نمایش شکل مدهای ارتعاشی

- محاسبه جرم مدی

- محاسبه ضریب تحریک

- محاسبه ضریب بازنگاب

- محاسبه ضریب مشارکت و جذب جرم

- محاسبه شتاب بزرگی شتاب

- محاسبه نیروی جانبی طیفی در هر طبقه

- محاسبه برش پایه طیفی

- محاسبه برش پایه استاتیکی معادل

**پروژه شماره ۱۴:** این پروژه شامل تحلیل طیفی سازه ۶ سقف قاب خمشی بتنی متوسط می باشد.

**پروژه شماره ۱۵:** این پروژه شامل تعیین تغییر مکان نسبی طبقات در سازه ۶ سقف با سیستم قاب خمشی در

یک راستا و قاب خمشی دیوار برشی در راستای دیگر و همچنین تعیین زمان تناوب تحلیلی سازه به روش رایلی و مقایسه آن با مقدار نرم افزار می باشد.

#### فصل هشتم:

این فصل مربوط به تحلیل و طراحی دیافراگم ها می باشد.

**پروژه شماره ۱۶:** این پروژه شامل موارد زیر می باشد.

- تعیین نیروی واردہ در طبقه و تعیین نیروی دیافراگم

- تحلیل دیافراگم

- طراحی اجزای مرزی (Chord) و جمع کننده نیروها (Collector)

- مشاهده نتایج برنامه

**پروژه شماره ۱۷:** در این پروژه به تعیین مساحت میلگرد مورد نیاز در تیر متصل به دیوار U شکل و همچنین

تعیین مساحت میلگرد برش اصطکاک در کنار دیوار U شکل پرداخته می شود.

**پروژه شماره ۱۸:** این پروژه نحوه تعیین موارد زیر برای یک سازه ۴ سقف با سیستم دوگانه می باشد.

- تعیین برش طبقات تحت اثر نبروهای جانبی لزه ای

- تعیین نبروی دیافراگم در طبقات

- تعیین سهم نبروی دیافراگم در دیوار پرشی و یکی از قابهای خمشی

- تعیین برش اسمی دیافراگم

- طراحی کالکتور(جمع کننده نبرو)

**پروژه شماره ۱۹:** در این پروژه نحوه محاسبه ضخامت دال بتی در سقف های تیرچه بلوک با استفاده از روابط

مربوط به دیافراگم ها بررسی می گردد.

**فصل نهم:** این فصل مرбوط به تحلیل و طراحی دال های دو طرفه می باشد.

**پروژه شماره ۲۰:** این پروژه شامل موارد زیر می باشد.

- تعیین ضخامت دال های دو طرفه

- تحلیل و طراحی دال به روش مستقیم

- تحلیل و طراحی دال با استفاده از نرم افزار

- مشاهده و مقایسه نتایج

**پروژه شماره ۲۱:** این پروژه شامل موارد زیر می باشد.

- تعیین برش پانچ ستون های کناری

- تعیین برش پانچ توسط برنامه و مقایسه نتایج

- نمایش میلگردگذاری ویژه در گوشه های دال

**پروژه شماره ۲۲:** در این پروژه می توانید موارد زیر را دنبال کنید.

- تعیین لنگرهای واردہ بر یکی از تیر قابهای انتخابی تحت بارهای ثقلی

- تعیین لنگرهای واردہ بر یکی از تیر قابهای انتخابی تحت بار جانبی لزه ای

- جمع لنگرهای طراحی تیر قاب انتخابی

در پایان از همکاران محترم که تلاش فراوانی در بازخوانی متن تمام فصل ها داشتند تشکر می نمایم.

- آقای مهندس محسن حق شناس

- آقای دکتر رضا جامعی

- آقای دکتر علیرضا زارعی

- آقای مهندس محسن محجوی پور

دریافت نظرات و پیشنهادات جامعه مهندسی کشور موجب قدردانی و سپاسگزاری است.

# فصل اول

بارگذاری، ترکیبات بارگذاری،  
تحلیل و طراحی سازه‌ها



▶ بارگذاری

▶ ترکیبات بارگذاری بر اساس آبیننامه‌های مختلف

▶ روش‌های طراحی



## ۱-اکلیات

در طراحی سازه‌ها همواره رعایت ضوابط پایداری، شکل‌پذیری و مقاومت برای تامین ایمنی کافی سازه‌ها مدنظر آبین‌نامه‌ها می‌باشد، بر این اساس مقادیر بارهای وارده و همچنین تعیین مقاومت مصالح در یک سازه که بر اساس آمار و احتمالات بدست آمده با یک روش آنالیز سازه ترکیب شده و در نهایت تشخیص‌های وارده بر اعضا بدست می‌آید. تعیین ضرایب اطمینان در طراحی‌ها نیز بخش دیگری از روند آبین‌نامه‌ای خواهد بود که در این فصل به آنها اشاره می‌شود.

## ۲-بارگذاری

ضوابط طراحی آبین‌نامه‌ها بر این فرض استوار هستند که سازه‌ها باید بر مقاومت در برابر تمامی بارهای قابل اعمال، مقاومت داشته باشند. همچنین در طراحی اجزای اصلی سازه باید اثر بارهای جانبی، ثقلی، ارتعاش، ضربه، تغییرات دما، خروش، افت و نشست نامتقارن در تکیه‌گاهها در نظر گرفته شود.

### ۱-۱-تعیین بارهای ثقلی

بارهای ثقلی به دو دسته بارهای مرده و زنده تقسیم بندی می‌شوند.

**بارهای مرده:** وزن اجزای دائمی ساختمانها می‌باشند که شامل: تیرها و ستون‌ها، دیوارها، کف‌ها، بام، سقف، راه پله، نازک کاری، پوشش‌ها و دیگر بخش‌های سهیم در اجزای سازه‌ای و معماری. همچنین وزن تاسیسات و تجهیزات ثابت شامل وزن جراثقال ثابت نیز در ردیف این بارها محسوب می‌شود. در تعیین بارهای مرده با داشتن وزن مخصوص مصالح و ابعاد هندسی جزء مرده نظر، وزن آن را محاسبه نمود. به عنوان نمونه یک دیوار بنایی با آجر مجوف به ضخامت ۲۰ cm با ملات ماسه سیمان و وزن مخصوص  $\frac{kg}{m^3} = ۸۵$  همچنین طول دیوار ۵m ، ارتفاع دیوار  $\frac{m}{3} = \frac{۳}{۵}$  وزن آن به روش زیر بدست می‌آید:

$$\text{وزن یک متر مربع دیوار} = \frac{۸۵ \times ۰ \times ۰ / ۲۰}{m^3} = ۱۷۰ \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{وزن یک متر طول دیوار} = \frac{۸۵ \times ۰ \times ۰ / ۲۰ \times ۳ / ۵}{m} = ۵۹۵ \frac{kg}{m}$$

$$\text{وزن دیوار} = \frac{۸۵ \times ۰ \times ۰ / ۲۰ \times ۳ / ۵ \times ۵}{m^2} = ۲۹۷۵ kg$$

**بارهای زنده:** بار غیر دائمی است که در حین استفاده و یا بهره‌برداری از ساختمان و یا سایر سازه‌ها به آنها وارد شود و شامل بارهای حین ساخت و یا بارهای محیطی مانند بار باد، برف، باران، زلزله، سیل و یا بارهای مرده نمی‌شود. در تعیین بارهای زنده می‌توان به جداول ۱-۵-۶ ارائه شده در مبحث ۶ مقررات ملی رجوع نمود، نمونه‌ای از بارهای زنده گسترده اینگونه می‌باشد:

$$\text{بار زنده گسترده اتاق‌ها و فضاهای خصوصی در ساختمان‌های مسکونی} = \frac{kg}{m^2} = ۲۰ \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{بار زنده گسترده دفاتر کار معمولی} = \frac{kg}{m^2} = ۲۵ \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{بار گسترده راه پله اضطراری} = \frac{kg}{m^2} = ۵۰ \frac{kg}{m^2}$$

بار گسترده بالکن‌ها  $۱/۵$  برابر بار زنده کف اتاق‌های متصل به آنها. لازم نیست بیش از  $\frac{kg}{m^2} = ۵۰$  در نظر گرفته شود.


 $\frac{kg}{m^2}$ 
 $\frac{kg}{m^2}$ 
 $\frac{kg}{m^2}$ 

- بار گستردہ موتور خانه‌ها

- بار گستردہ بام دارای باغچہ و گلخانه

- بار گستردہ اتاق‌های مطالعه

در تعیین حداکثر تلاشها در سازه تحت اثر بار زنده باید به مقادیر بارهای متصرکز توجه نمود و بین بارهای گستردہ و متصرکز هر کدام که منجر به آثار بزرگتری شوند، معیار طراحی فرار گیرند.

### ۲-۱ تعیین بارهای جانبی

بارهای جانبی شامل بار باد و زلزله خواهند بود، در طراحی اعضای سازه‌ای اثر بار باد با بار زلزله جمع نمی‌شود. تمامی اعضای باربر جانبی باید برای اثر هر یک از این دو که بیشتر باشد، طراحی شوند.

### ۳-۱ روش‌های تحلیل سازه‌ها

تمامی اعضای سازه‌ای باید برای حداکثر بارهای ضربه‌داری که بر اساس تحلیل الاستیک محاسبه می‌شوند طراحی شوند؛ روش‌هایی از جمله تحلیل‌های تقریبی یک دهم دهانه یا تحلیل‌های رایانه‌ای برای عموم سازه‌ها می‌توان استفاده نمود، همچنین بجز بتن‌های پیش تزیده، برای تحلیل ساختمانهایی که دارای نوع ساخت، دهانه و تعداد طبقات معمولی هستند، می‌توان از روش تقریب تحلیل قاب‌ها مطابق جدول ۱-۱ استفاده نمود. برای تیرهای پیوسته و دال‌های یک طرف با داشتن شرایط زیر می‌توان از روش تقریب تحلیل قاب استفاده نمود.

- اعضا به صورت منشوری باشند.

- توزیع بار به صورت یکنواخت باشد.

( $L \leq 3D$ ) ..... - بارهای زنده کوچکتر یا مساوی سه برابر بار مرده باشند.

- تعداد دهانه‌ها حداقل ۲ دهانه باشد.

- طول دهانه‌ها تقریباً مساوی باشند، بطوریکه در دو دهانه مجاور، طول دهانه بلندتر بیش از ۲۰ درصد از طول هانه کوتاهتر، بزرگتر نباشد.

جدول ۱-۱ ضرایب لنگر و برش برای تیرهای پیوسته و دال‌های یک طرفه مطابق ACI

لنگر	موقعیت	وضعیت	$M_u$
مشبک	دهانه‌های انتهایی	انتهای غیر سراسری مقید (گیردار) نباشد	$W_u L_n^{\gamma} / 11$
		انتهای غیر سراسری با تکیه‌گاه پیوسته	$W_u L_n^{\gamma} / 14$
	دهانه‌های داخلی	همه	$W_u L_n^{\gamma} / 16$
منفی*	وجه داخلی تکیه‌گاه خارجی	اعضا با تکیه‌گاه یکپارچه در تیرهای لبه‌ای	$W_u L_n^{\gamma} / 24$
		اعضا با تکیه‌گاه یکپارچه به صورت ستون	$W_u L_n^{\gamma} / 16$

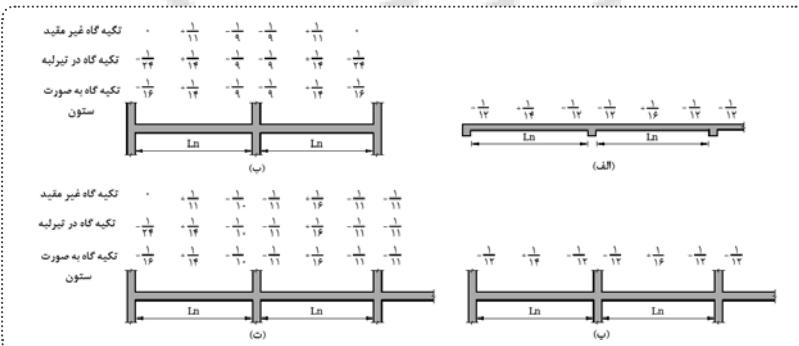
### ادامه جدول ۱- ضرایب لنگروبرش برای تیرهای پیوسته و دالهای یک طرفه مطابق ACI

لنگر	موقعیت	وضعیت	$M_u$
منفی*	وجه خارجی نخستین تکیه‌گاه داخلی	دو دهانه	$W_u L_n^3 / 9$
		بیشتر از دو دهانه	$W_u L_n^3 / 10$
	وجوه دیگر تکیه‌گاه	همه	$W_u L_n^3 / 11$
	تمام تکیه‌گاهها با تامین شرایط (الف) (یا (ب))	الف) دالها با دهانه حداقل ۳ متر ب) تیرهایی که نسبت جمع سختی ستون به سختی تیردر هر انتهای دهانه بیشتر از ۸ است.	$W_u L_n^3 / 12$
برش در اعضاي انتهائي در وجه اولين تکيه‌گاه داخلی			$1/15 W_u L_n / 2$
برش در وجه ساير تکيه‌گاهها			$W_u L_n / 2$

\* در محاسبه لنگر منفی  $L_n$  برابر میانگین طول آزاد در دهانه مجاور می‌باشد.

لنگرهای محاسبه شده در جدول ۱- نمی‌توانند باز توزیع شوند.

در شکل ۱- مقادیر ضرایب لنگر بر حسب  $W_u L_n^3$  براساس جدول ۱- نشان داده شده است.



شکل ۱-۱: (الف) دال با دهانه حداقل ۳ متر؛ (ب) تیر با دو دهانه؛ (پ) تیرهایی که نسبت جمع سختی ستون به سختی تیردر هر انتهای دهانه بیشتر از ۸ باشد؛ (ت) تیر با حداقل دو دهانه

### ۴-۱ روش‌های طراحی سازه

طراحی سازه‌های بتونی با روش‌هایی از جمله روش تنش مجاز (Allowable Stress Design) همچنین روش طراحی مقاومت نهایی (Ultimate Strength Design Method) استفاده می‌شود.

#### ۴-۱-۱ روش طراحی مقاومت نهایی

در این روش ابتدا نیروهای داخلی بر اساس یک تحلیل الاستیک خطی برای بارهای مختلف خارجی بر سازه محاسبه می‌شوند، سپس نتایج حاصله با ضرایب ایمنی مشخص با هم ترکیب خواهد شد.



در واقع ترکیبات بار طراحی مختلفی ایجاد می‌گردد، در این روش اعضا برای رفتارهای مختلف بر اساس تغیرهای مکانیک جامدات و البته برای حالت پلاستیک بدست می‌آید. مقاومت‌های بدست آمده با استفاده از ضرایبی ایمنی مطابق آییننامه‌ها کاهش داده می‌شوند که موسوم به ضریب کاهش مقاومت هستند. پس از محاسبه نتایج اعضا برای بارهای ضربیدار و مقاومت‌های کاهش یافته، بر اساس رابطه زیر کفایت مقطع بررسی می‌گردد.

$$U \leq \phi S_n$$

در رابطه فوق  $S_n$  مقاومت اسمی،  $U$  مقاومت طراحی و  $\phi$  ضریب کاهش مقاومت می‌باشد.

## ۱-۵ عالیم اختصاری

عالیم اختصاری در تعیین ترکیبات بارگذاری برای تعیین مقاومت‌های نهایی  $U$  مطابق ASCE و مبحث ششم مقررات ملی عبارتند از:

- $A_k$ : بار یا اثر ناشی از حادثه غیر عادی
- D: بار مرده
- $D_i$ : وزن بخ
- E: بار زنده طرح
- F: بار ناشی از سیال با فشار و ارتفاع حداقل مشخص
- $F_a$ : بار سیل
- H: بار ناشی از فشار جانبی خاک، فشار آب زیززمینی و یا موارد انباشته شده
- L: بار زنده طبقات به جز بام
- L<sub>o</sub>: حداقل بار زنده گسترده یکنواخت
- L<sub>r</sub>: بار زنده بام
- R: بار باران
- S: بار برف
- T: بار خود کرنشی از قبیل تغییرات دما، نشست پایه‌ها و وارفتگی
- W: بار باد
- W<sub>i</sub>: بار باد وارد بر بخ
- $\Omega$ : ضریب اضافه مقاومت
- P: ضریب نامعینی سازه

## ۶-۱ ترکیبات بارها در ACI و ASCE

- مقاومت لازم  $U$  باید حداقل برابر بارهای ضربیدار مطابق موارد زیر ایجاد گردد.
- ۱)  $1/4D$
  - ۲)  $1/2D + 1/6L + 0/5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
  - ۳)  $1/2D + 1/6(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } 0/5W]$
  - ۴)  $1/2D + W + L + 0/5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
  - ۵)  $1/2D + E + L + 0/2S$
  - ۶)  $0/9D + W$
  - ۷)  $0/9D + E$

### توصیه‌های آینه‌نامه‌ای

ضرایب بار مریوط به  $L$  در ترکیب بارهای ۳، ۴ و ۵ را برای کاربریهایی که بار  $L$  آنها کمتر از ۵ کیلونیوتن بر متر مربع است، به استثناء کف پارکینگ یا محلهای اجتماع عمومی را می‌توان برابر  $5/0$  منظور نمود. هنگامی که اثرات بار زلزله  $E$  بر اساس زلزله بهره‌داری باشد، باید در ترکیب‌های ۵ و ۷ به جای  $E$  از  $1/4E$  استفاده شود.

### ۷-۱ ترکیبات بارها مطابق مبحث ۹ مقررات ملی

برای حالت مقاومت نهایی، ترکیبات کلی بارها در طراحی سازه‌های بتونی چنین ساخته می‌شود:

- ۱)  $1/2\Delta D + 1/\Delta L + 1/5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۲)  $D + 1/2L + 1/2(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + 1/2+(W \cdot 0/7E)$
- ۳)  $0/8\Delta D + 1/2(W \cdot 0/7E)$
- ۴)  $1/2\Delta D + 1/\Delta L + 1/5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + 1/5(H \cdot 0/84F)$
- ۵)  $0/8\Delta D + 1/5(H \cdot 0/84F)$
- ۶)  $D + 1/2L + 1/2(L_r \text{ یا } S) + T$
- ۷)  $1/2\Delta D + 1/\Delta T$

نکته: ترکیبات بارها در پیش نویس مبحث ۹ مطابق ACI شده است.

### توصیه‌های آینه‌نامه‌ای

برای کاربریهایی که بار  $L$  آنها کمتر از ۵ کیلونیوتن بر متر مربع است به استثناء بام، کف پارکینگ‌ها یا محلهای اجتماع عمومی، ضریب بار مریوط به  $L$  را می‌توان برابر با  $6/0$  برای ترکیب بار شماره ۲، و  $7/5$  برای ترکیب بار شماره ۴ منظور نمود.

### ۸-۱ ترکیبات بارها در حالت تنش مجاز ASD

ترکیبات بارها در حالت تنش مجاز در طراحی سازه‌ها چنین ساخته می‌شود:

- ۱)  $D$
- ۲)  $D + L$
- ۳)  $D + L + (L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۴)  $D + 0/7\Delta L + 0/7\Delta(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۵)  $D + 0/6W + 0/7E$
- ۶)  $D + 0/7\Delta L + 0/7\Delta(0/6W) + 0/7\Delta(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۷)  $D + 0/7\Delta L + 0/7\Delta(0/7E) + 0/7\Delta + S$
- ۸)  $0/6D + 0/6W$
- ۹)  $0/6D + 0/7E$
- ۱۰)  $D + T$
- ۱۱)  $D + 0/7\Delta[L + (L_r \text{ یا } S) + T]$



## ۹-۱ ترکیبات بارها در حالت حدی بهره‌برداری

- ۱) D
- ۲) D + L
- ۳) D + L + (L\_r یا S یا R)
- ۴) D + (L\_r یا S یا R)
- ۵) D + T
- ۶) D + L + T + (L\_r یا S)

## ۱۰-۱ ترکیبات قائم زلزله و ترکیبات زلزله افقی تشدید یافته

مطابق ASCE ترکیبات بارهای لرزه‌ای وارد بر یک سازه شامل؛ زلزله افقی تشدید یافته  $E_{hm}$  ، زلزله قائم  $E_h$  و زلزله افقی  $E_v$  چنین می‌باشد:

$$E_{hm} = \Omega_s Q_E$$

$$E_v = \pm / 2 S_{ds} D$$

$$E_h = \rho Q_E$$

در این روابط، ضریب اضافه مقاومت  $\Omega_s$  و ضریب نامعینی سازه  $\rho$  مطابق جداول ASCE و همچنین استاندارد ۲۸۰۰ قابل استخراج می‌باشد. ضریب  $S_{ds}$  شتاب طیفی در پریودهای کوتاه برای در نظر گرفتن اثرات قائم زلزله می‌باشد، بدین ترتیب ترکیبات بارهای لرزه‌ای برای روش مقاومت نهایی چنین خواهد شد:

$$(\pm / 9 - \pm / 2 S_{ds}) D \pm \Omega_s Q_E$$

$$(\pm / 2 + \pm / 2 S_{ds}) D \pm \Omega_s Q_E + L \pm \pm / 2 S$$

$$(\pm / 2 + \pm / 2 S_{ds}) D \pm \Omega_s Q_E + L \pm \pm / 2 S$$

$$(\pm / 9 - \pm / 2 S_{ds}) D \pm \rho Q_E$$

$$(\pm / 2 + \pm / 2 S_{ds}) D \pm \rho Q_E + L \pm \pm / 2 S$$

$$(\pm / 2 + \pm / 2 S_{ds}) D \pm \rho Q_E$$

## نکته آیین‌نامه‌ای

ضریب  $\pm / 2 S_{ds} D$  مربوط به اثر قائم زلزله بر کل سازه می‌باشد، در آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله می‌توان آنرا با رابطه  $F_v = \pm / 6 A ID$  معادل سازی نمود.

## نکته آیین‌نامه‌ای

اثر قائم زلزله برای کل سازه ساختمانهایی که در پنهانه با خطر نسی خیلی زیاد واقع شده‌اند با رابطه  $S_{ds} = \pm A ID$  بدست می‌آید.

## ۱۱-۱ ضرایب کاهش مقاومت $\phi$

ضرایب کاهش مقاومت برای کاهش مقاومت‌های اسمی مطابق ACI مطابق زیر می‌باشد.

$$\phi = 0.9$$

$$\phi = 0.65$$

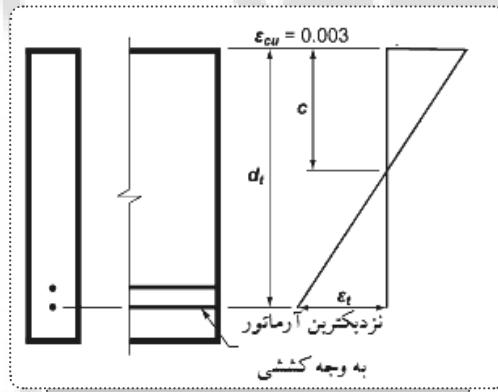
$$\phi = 0.75$$

$$\phi = 0.75$$

$$\phi = 0.6$$

$$\phi = 0.85$$

اعضای فشاری با خاموت غیر دورپیچ  
اعضای فشاری با خاموت دورپیچ  
اعضای برشی و یا پیچشی  
اعضای برشی در تحلیل لرزه‌ای  
اعضای برشی در ناحیه اتصال  
مقاومت خمثی اسمی یک عضو هنگامی بدست می‌آید که کرنش بتن در دورترین تار فشاری به مقدار کرنش حدی  $0.003$  برسد. کرنش کشش خالص، برابر کرنش کششی در دورترین فولاد کششی در حالت مقاومت اسمی است. کرنش کششی خالص در دورترین فولاد کششی بر اساس یک توزیع خطی مطابق شکل ۲-۱ خواهد بود.



شکل ۲-۱

در شکل ۲-۱ مقدار کرنش کششی خالص در دورترین فولاد کششی مطابق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\epsilon_t = \epsilon_{cu} \left( \frac{d_t - c}{c} \right)$$

وقتی که کرنش کششی خالص در دورترین فولاد کششی بزرگ باشد (حداقل  $0.005$ ) مقطع به صورت کنترل شده با کشش خواهد بود و هنگامی که کرنش کششی خالص در دورترین فولاد کششی کوچک باشد (حداکثر  $0.002$ ) مقطع کنترل شده با فشار تعیین می‌شود.

برای مقاطعی که نیروی محوری کم و لنگر خمثی بزرگ تحمل می‌کنند، کرنش کششی خالص در دورترین فولاد کششی بین حدود ذکر شده خواهد بود. این مقاطع در یک ناحیه انتقالی بین مقاطع کنترل فشار و کنترل کشش قرار می‌گیرد.

همچنین مقادیر کاهش مقاومت برای لنگر، نیروی محوری و یا ترکیب لنگر و نیروی محوری مطابق جدول ۲-۱ می‌باشد.

### جدول ۲-۱ مقادیر کاهش مقاومت برای لنگر، نیروی محوری و یا ترکیب لنگر و نیروی محوری

کرنش خالص $\epsilon_u$	دسته بندی	$\phi$	
		با خاموت دورپیچ	بدون خاموت دورپیچ
$\epsilon_u \leq \epsilon_y$	کنترل فشار	۰/۷۵	۰/۶۵
$\epsilon_y < \epsilon_u < ۰/۰۰۵$	ناحیه انتقالی	$۰/۷۵ + ۰/۱۵ \frac{(\epsilon_u - \epsilon_y)}{(۰/۰۰۵ - \epsilon_y)}$	$۰/۶۵ + ۰/۲۵ \frac{(\epsilon_u - \epsilon_y)}{(۰/۰۰۵ - \epsilon_y)}$
$\epsilon_u \geq ۰/۰۰۵$	کنترل کشش	۰/۹	۰/۹

ضرایب کاهش مقاومت بر اساس آیینه نامه کانادا مطابق CSA به شرح زیر می‌باشد.

ضریب کاهش مقاومت برای مصالح فولاد  $\phi = ۰/۸۵$

ضریب کاهش مقاومت برای مصالح بتن  $\phi = ۰/۶۵$

ضرایب کاهش مقاومت بر اساس مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان به شرح زیر می‌باشد.

ضریب کاهش مقاومت برای مصالح فولاد  $\phi = ۰/۸۵$

ضریب کاهش مقاومت برای مصالح بتن در قطعات درجا  $\phi = ۰/۶۵$

ضریب کاهش مقاومت برای مصالح بتن در قطعات پیش ساخته  $\phi = ۰/۷$

مقادیر کرنش نهایی بتن در دورترین تار فشاری بر اساس مبحث ۹ مطابق جدول ۳-۱ خواهد بود.

جدول ۳-۱

ردیف بتن	۰۵۰-۰۱۲	۰۵۵	۰۶۰	۰۷۰	۰۸۰	۰۹۰	۱۰۰	۱۱۰
$\epsilon_{eu}$	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸

مطابق پیش نویس جدید مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان مقادیر ضرایب کاهش مقاومت، مطابق ACI شده است.

## مراجع:

- ١- مبحث ٦ مقررات ملی ساختمان ایران، ۱۳۹۲
- ٢- مبحث ٩ مقررات ملی ساختمان ایران، ۱۳۹۲
- 3. Concrete Frame Design Manual ACI-318-14 For ETABS® 2015
- 4. Computer and Structures, Inc. 2012. Analysis Reference Manual. Computers and Structures, Inc. Berkeley, California.
- 5. American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE Standard ASCE/SEI 7-10.

شنبه‌وار

تلفن: ۰۲-۶۶۴۸۴۱۹۱