

بسمه تعالی

با عنایت به این موضوع که استفاده از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ از شهریور ماه ۱۳۹۴ الزامی شده است، با توجه به تغییرات صورت گرفته در ویرایش جدید، جهت آشنایی بیشتر طراحان محترم با اصول آن در جهت وحدت رویه در انجام محاسبات ساختمان، لازم است موارد زیر مورد توجه قرار گیرد.

۱- تغییرات کلی:

۱-۱- نیروی زلزله از حد مجاز به حد مقاومت تغییر یافته است، به این معنا که نیروی بدست آمده بر اساس ویرایش

چهارم سازگار با روش‌های طراحی بر اساس مقاومت نهایی و حالات حدی است.

۱-۲- تغییراتی که می‌بایست مورد توجه و دقت قرار گیرند شامل موارد زیر می‌شوند:

❖ **نامنظمی سازه** که شامل نامنظمی پیچشی و پیچشی شدید، طبقه‌ی ضعیف و خیلی ضعیف، طبقه‌ی

نرم و خیلی نرم می‌شوند (صفحات ۶ تا ۱۰ استاندارد ۲۸۰۰).

❖ **تعریف جامع تری از سیستم‌های سازه‌ای مختلف** (صفحات ۱۱ و ۱۲).

❖ **ضریب بازتاب ساختمان** (صفحات ۱۴ تا ۱۸).

❖ **ضریب رفتار ساختمان و ارتفاع مجاز** (صفحات ۳۴ و ۳۵).

❖ **توزیع غیرخطی بار استاتیکی معادل** (ضریب k) (صفحات ۳۸ و ۳۹).

❖ **روش‌های تحلیل سازه‌ها** (صفحه ۲۷).

❖ **ضریب افزایش بار جانبی با عنوان نامعینی سازه** (ρ) (صفحات ۲۹ و ۳۰).

❖ **نیروی قائم زلزله** (صفحه ۴۱).

❖ **وابستگی انتخاب سیستم سازه‌ای و نوع تحلیل سازه به نوع نامنظمی.**

❖ **اصلاح مقادیر بازتاب‌های طیفی** (صفحه ۴۳).

- ❖ کنترل تغییر مکان نسبی ساختمان (صفحات ۳۵ و ۴۶).
- ❖ تعیین بار لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای (فصل چهارم).
- ❖ تعیین بار لرزه‌ای سازه‌های غیرساختمانی (فصل پنجم).
- ❖ الزامات ژئوتکنیکی (فصل ششم).
- ❖ ضوابط طرح ساختمان‌های بنایی مقاوم (فصل هفتم).

۲- تشریح و تبیین برخی موارد موضوعی در متن استاندارد ۲۸۰۰:

- ۱-۲- کنترل نامنظمی پیچشی می‌بایست با احتساب پیچش تصادفی ۵ درصد و بدون اعمال ضریب A_j صورت گیرد. توصیه می‌شود که این کنترل با روش استاتیکی معادل و یا با توزیع بار استاتیکی معادل طیفی (User Load) در نرم افزار ETABS انجام پذیرد.
- ۲-۲- در بخش نامنظمی هندسی ساختمان در پلان، عقب رفتگی ۲۰٪ در متن ولی ۱۵٪ در شکل مشخص گردیده است که ملاک عمل مقدار ۲۰٪ می‌باشد و در آن پس رفتگی همزمان در دو جهت، مدنظر می‌باشد.
- ۳-۲- عنوان جدیدی از نامنظمی تحت عنوان سیستم‌های غیرموازی بیان شده است که با توجه به عدم ذکر زاویه معین برای تشخیص آن، زاویه مذکور حداقل ۱۵ درجه پیشنهاد می‌گردد.
- ۴-۲- کنترل سیستم های دوگانه:
- ۱-۴-۲- در سیستم‌های دوگانه علاوه بر این که قاب‌های خمشی می‌باید در هر جهت قادر به تحمل ۲۵ درصد نیروی جانبی باشند، دیوارهای برشی و یا قاب‌های مهاربندی شده نیز می‌بایست توانایی مقاومت در برابر ۵۰ درصد نیروی زلزله را دارا باشند، بدین منظور سه فایل به قرار زیر مورد نیاز است:
- ۱-۱-۴-۲- ساختمان با سیستم دوگانه برای ۱۰۰ درصد نیروی زلزله طراحی می‌شود. توضیح آن که در سیستم دال-تیر بتنی، دال بتنی می‌تواند به صورت Shell مدل‌سازی گردد. در این حالت، ضریب ترک‌خوردگی دال می‌بایست برای m_{11} , m_{12} , m_{22} Bending حداکثر برابر با ۰,۲۵ در نظر گرفته شود.

- ۲-۱-۴-۲- از سختی خمشی قاب صرف‌نظر نموده و پس از کاهش برش پایه به ۵۰ درصد نیروی زلزله، از کفایت دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده مطمئن شد (همه‌ی تیرها دو سر مفصل معرفی می‌شوند. در صورت وجود دال بتنی، می‌بایست از سختی آن نیز صرف‌نظر کرده و آن را به صورت

Membrane در نرم افزار مدل سازی نمود). برای انجام آن، روش استاتیکی معادل یا روش توزیع بار استاتیکی معادل طیفی (که مقادیر آن از نصف نیروی برش طبقات از روش طیفی سیستم دوگانه بدست آمده است) توصیه می گردد.

۲-۴-۱-۳- جهت کنترل قاب خمشی تحت نیروی ۲۵ درصد، سختی دیوارهای برشی نزدیک به صفر لحاظ می شود. برای انجام آن، می توان از روش استاتیکی معادل یا روش توزیع بار استاتیکی معادل طیفی (که مقادیر آن از یک چهارم نیروی برش طبقات از روش طیفی سیستم دوگانه بدست آمده است) تعیین نمود. در این حالت نیز، در صورت وجود دال بتنی، از سختی آن باید صرف نظر کرد و آن را به صورت Membrane در نرم افزار مدل سازی نمود. لازم به ذکر است که در صورت وجود مهاربند فولادی، می بایست در فایل ۲۵ درصد، این عناصر را حذف نمود.

۲-۵- در ساختمان های نامنظم در پلان، کلیه اجزای سازه (شامل سیستم مهار جانبی، ستون ها و فونداسیون) بایستی تحت ترکیبات بار ۱۰۰-۳۰ درصد، کنترل شوند.

۲-۶- در مدل سازی و طراحی دیوارهای برشی مورد زیر را بایستی در نظر گرفت:

۲-۶-۱- در مدل سازی ستون های فولادی مدفون در داخل دیوار برشی، بدون المان مرزی عریض تر، موارد زیر رعایت گردد:

۲-۶-۱-۱- ستون فلزی، مقاومت لازم را برای تحمل نیروهای تحلیل تحت ترکیبات بارگذاری مرده، زنده و زلزله را داشته باشد (می توان سختی محوری ستون را در ضریبی ضرب کرد که نیروی به دست آمده از تحلیل سازه، مساوی یا کوچک تر از ظرفیت ستون باشد).

۲-۶-۱-۲- مدل سازی ستون در ETABS، با مقطع بتنی قابل قبول نبوده و ستون متصل به دیوار باید با دیوار برشی Pier گردد. مقطع آن باید مقاومت کافی در برابر ترکیب بارهای طراحی را داشته باشند.

۲-۶-۲- در کلیه ی سازه ها اعم از سازه های منظم و نامنظم، دیوارهای برشی با مقطع غیر ساده (مانند دیوارهای U یا L شکل یا ...)، دیوار به چند دیوار خطی تقسیم شده و هر بخش به صورت جداگانه Pier شده و اثرات ۱۰۰-۳۰ درصد نیز لحاظ گردد.

۲-۶-۳- در دیوارهایی که از تیر همبند استفاده می شود، دو بخش دیوار متصل به تیر همبند، باید به صورت جداگانه Pier شود و تعریف یک Pier برای دو بخش متصل به تیر همبند نادرست است.

۷-۲- ضریب اضافه مقاومت Ω در برخی سیستم ها تغییر یافته است و می بایست به جدول ۳-۴ استاندارد ۲۸۰۰ مراجعه شود.

۸-۲- در ساختمان های بتنی یا ساختمان های با سیستم باربر جانبی بتنی، با توجه به استفاده از ضرایب رفتار حد نهایی (R_{II})، مقدار برش پایه نیز در حالت نهایی محاسبه شده و استفاده از ضریب $\frac{1}{1.4}$ موضوع صفحه ۲۸ و ضریب ۱،۴ صفحه ۴۶ استاندارد ۲۸۰۰ موضوعیت نخواهد داشت. استفاده نمودن از ضرایب رفتار حد نهایی (R_{II}) سایر آیین نامه ها جز در مواردی که در مورد آن سیستم در استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم صحبتی نشده است، جایز نیست.

۹-۲- در تحلیل سازه ها اثر ترک خوردگی در اعضا باید به صورت زیر اعمال شود:

المان سازه ای	برای طراحی یا کنترل تغییر مکان		برای بدست آوردن زمان تناوب سازه
	قاب مهار نشده	قاب مهار شده	قاب مهار نشده
تیر	۰،۳۵	۰،۵	۰،۵
ستون	۰،۷	۱،۰	۱،۰
دیوار برشی	۰،۳۵ یا ۰،۷ (بترتیب برای ترک خورده یا ترک نخورده)		برای دیوار ترک خورده و ترک نخورده به ترتیب ۰،۵ و ۱،۰

۱۰-۲- ضرایب اعمال شده بارهای مرده و زنده در تحلیل P-delta، می بایست بر اساس ضرایب ترکیب بارهای مرتبط با زلزله انتخاب شوند.

۱۱-۲- تحلیل استاتیکی معادل تنها برای ساختمان های حداکثر سه طبقه و سازه های منظم یا نامنظم تا ارتفاع ۵۰ متر که مشمول هر نوع نامنظمی جرمی، پیچشی و طبقه نرم نباشند، مجاز است.

۱۲-۲- کلیه ی ساختمان هایی که نیازمند تحلیل دینامیکی طیفی می باشند، باید با ترکیبات بار طیفی و با در نظر گرفتن خروج از مرکزیت کنترل شوند. بدیهی است استفاده از روش توزیع بار استاتیکی معادل طیفی قابل قبول نبوده و این روش تنها برای موارد مندرج در بندهای ۲-۴-۱ و ۲-۴-۱-۳ می باشد.

۱۳-۲- در سازه های مفصلی برای در نظر گرفتن اثرات خروج از محوری نیروی تکیه گاهی تیرها، می بایست لنگر متمرکز اضافی ناشی از واکنش تکیه گاه تیر در برون محوری واقعی اتصال را نسبت به محور مرکزی ستون در نظر گرفت. برای این کار کافی است برون محوری فوق را در نرم افزار ETABS در بخش End Length Offset به صورت دستی در پنجره Define Length اعمال نمود.

- ۱۴-۲ ستون‌های ثقیلی سازه باید قادر به تحمل C_d برابر تغییر شکل کلی سازه باشند، برای کنترل این بند، باید ضریب زلزله را در C_d ضرب نموده و به همراه تحلیل $P-\Delta$ ، ستون‌ها را در ترکیب خمش و نیروی محوری کنترل نمود.
- ۱۵-۲ در ساختمان‌های مشمول نامنظمی پیچشی و پیچشی شدید محاسبه تغییرمکان نسبی (Drift) با ماکزیمم مقدار آن در پیرامون ساختمان انجام می‌پذیرد.
- ۱۶-۲ در طراحی شالوده‌ها در صورت وجود برکنش (Uplift)، روش استاتیکی معادل و در صورت نبود برکنش، روش استاتیکی معادل یا روش طیفی سازه قابل پذیرش می‌باشند.
- ۱۷-۲ برای سازه‌هایی با مساحت بیشتر از ۲۰۰۰ مترمربع یا هفت طبقه و بیشتر، ارائه گزارش ژئوتکنیک الزامی است. برای سایر ساختمان‌ها می‌توان برای بدست آوردن K_s و q_a از پهنه‌بندی آماری موجود در نقشه‌ی شهر مشهد (مطابق بند ۱۹-۲ این راهنما) استفاده نمود.
- ۱۸-۲ برای استفاده از اطلاعات پهنه‌بندی ژئوتکنیکی شهر مشهد، می‌توان به سایت پایگاه اطلاع رسانی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه شمال شرق مراجعه نموده و بر اساس موقعیت اجرای پروژه، از کلیات نوع خاک موجود در آن محل اطلاع یافته و بر اساس روابط موجود مقادیر K_s و q_a را تعیین نمود. در فقدان اطلاعات دقیق‌تر، برای انتخاب K_s و q_a مقادیر زیر پیشنهاد می‌شوند.

نامگذاری خاک	شرح	E (Mpa)			μ
		Loose	Medium	Dense/Very Stiff	
GW,SW	شن / ماسه خوب دانه بندی شده	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۰,۲۰
SP	ماسه بد دانه بندی شده	۲۰	۴۰	۶۰	۰,۲۵
GM,SM	شن / ماسه لای دار	۱۲,۵	۱۷,۵	۲۵	۰,۲۵
ML	لای با اثرات خمیری پایین	۵	۱۵	۲۵	۰,۳۵
CL	رس با اثرات خمیری پایین	۳	۶,۵	۲۰	۰,۴۰
CH	رس با اثرات خمیری بالا	۲,۵	۵	۱۵	۰,۴۵
OL,OH	خاکهای آلی و نباتی	----	۲,۵	----	۰,۴۵

- ۱۹-۲ حداقل آرماتور طولی فونداسیون‌های نواری برابر ۰/۲۵ درصد باید اختیار شود، مگر آن‌که آرماتور طولی فونداسیون، به اندازه‌ی $\frac{4}{3}$ مقدار آرماتور لازم طبق محاسبات باشد که در این صورت نمی‌تواند کمتر از ۰/۱۵ درصد باشد. حداقل میزان آرماتور عرضی فونداسیون نیز برای میلگرد $S400$ مجموعاً برابر با ۰/۱۸ درصد در بالا و پایین می‌باشد.

۳- ترکیبات بار:

از ترکیبات بار ضروری در ساختمان‌های بتن‌آرمه و فولادی، برطبق مبحث ششم ویرایش ۱۳۹۲ در حالت کلی به صورت زیر می‌باشند:

D=Dead Load

LP = Partition Load

L=Live Load

$L_r = \max \{ \text{Roof Live Load, Snow Load} \}$

E=±Earth Quake Load (Earthquake)

T=±Thermal Load

Soil=Soil Pressure Load

۳-۴ ترکیب بارهای طراحی مطابق آیین نامه بتن ایران:

$$۱. \quad ۱,۲D$$

$$۲. \quad ۱,۲D + ۱,۵LP + ۱,۵L + ۱,۵L_r$$

$$۳. \quad D + ۱,۲LP + ۱,۲L + ۱,۲L_r + E$$

$$۴. \quad ۰,۸D + E$$

$$۵. \quad ۱,۲D + ۱,۵LP + ۱,۵L + ۱,۵L_r + ۱,۵Soil$$

$$۶. \quad ۰,۸D + ۱,۵Soil$$

$$۷. \quad D + ۱,۲LP + ۱,۲L + ۱,۲L_r + T$$

$$۸. \quad ۱,۲D + ۱,۵T$$

۳-۵ آیین‌نامه ۳۱۸-۰۸ ACI:

$$۱. \quad ۱,۴D$$

$$۲. \quad ۱,۲D + ۱,۶LP + ۱,۶L + ۱,۶L_r$$

$$۳. \quad ۱,۲D + LP + L + E$$

$$۴. \quad ۰,۹D + E$$

$$۵. \quad ۱,۲D + ۱,۶LP + ۱,۶L + ۱,۶L_r + ۱,۶Soil$$

$$۶. \quad 0,9D+1,6\text{Soil}$$

$$۷. \quad 1,2D+1,6LP+1,6L+1,6L_r+1,2T$$

$$۸. \quad 1,2D+1,6T$$

۳-۶- آیین نامه ۳۶۰-۵ AISC (جهت طراحی اسکلت فولادی به روش حدی):

$$۱. \quad 1,4D$$

$$۲. \quad 1,2D+1,6LP+1,6L+0,5L_r$$

$$۳. \quad 1,2D+LP+L+1,6L_r+E$$

$$۴. \quad 1,2D+LP+L+0,5L_r$$

$$۵. \quad 1,2D+LP+L+0,2L_r+E$$

$$۶. \quad 0,9D+E$$

$$۷. \quad 0,9D+1,2LP+1,2L+1,6\text{Soil}$$

$$۸. \quad 1,2D+0,5LP+0,5L+0,5L_r+1,2T$$

$$۹. \quad 1,2D+1,6LP+1,6L+1,6L_r+T$$

۳-۷- آیین نامه ۹۸-ASD AISC (طراحی اسکلت فولادی به روش تنش مجاز):

$$۱. \quad D$$

$$۲. \quad D+LP+L$$

$$۳. \quad D+LP+L_r$$

$$۴. \quad D+0,75LP+0,75L+0,75L_r$$

$$۵. \quad D+0,7E$$

$$۶. \quad D+0,75LP+0,75L+0,75L_r+0,525E$$

$$۷. \quad 0,6D+0,7E$$

$$۸. \quad D+LP+L+\text{Soil}$$

$$۹. \quad D+\text{Soil}$$

$$۱۰. \quad D+0,75LP+0,75L+0,75L_r+0,75T$$

$$۱۱. \quad D+T$$

۳-۸- ترکیبات بار کنترل تنش فونداسیون:

$$۱. \quad D$$

$$۲. D+LP+L+L_r$$

$$۳. D+۰,۷۵LP+۰,۷۵L+۰,۷۵L_r+۰,۵۲۵E$$

$$۴. D+۰,۷E$$

$$۵. ۰,۶D+۰,۷E$$

۴- نکات تکمیلی:

۴-۱- منظور از «اتاق‌های محل تجمع و راهروهای مرتبط با آن» (مندرج در بند ۴-۱ از جدول ۶-۵-۱ مبحث ششم ویرایش ۱۳۹۲)، لابی و سالن اجتماعات ساختمان‌های مسکونی است. لذا توصیه می‌شود که بار پذیرایی در ساختمان‌های مسکونی حداقل برابر با ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع فرض گردد.

۴-۲- در کلیه‌ی ساختمان‌هایی که در مرز زمین همسایه قرار داشته و تراز فوقانی شالوده زیر تراز زمین طبیعی می‌باشد (امکان برداشتن خاک مجاور سازه در طول عمر مفید ساختمان وجود داشته باشد)، می‌بایست جهت کنترل ارتفاع مجاز ساختمان، تراز شالوده را مدنظر قرار داد. اما به منظور طراحی سازه در این موارد می‌توان به دو صورت عمل نمود.

(۱) تراز پایه را در محل تلاقی سازه و شالوده در نظر گرفته شود. بدیهی است که در این حالت بایستی بار خاک پشت آن نیز در مدل، اعمال شده و کلیه اثرات آن نیز در سازه در نظر گرفته شود.

(۲) تراز پایه به بالای دیوارهای حائل منتقل گردد. در این صورت لازم است موضوع بند ۳-۳-۵-۹-۲ آیین‌نامه ۲۸۰۰ کنترل شود و سپس تحلیل دینامیکی طیفی با مقیاس نمودن برش پایه دینامیکی در تراز پایه مفروض، انجام گیرد.

۴-۳- در ویرایش چهارم ۲۸۰۰ برخلاف ویرایش قبلی، زلزله قائم بصورت ۱۰۰٪ با زلزله افقی ترکیب می‌شود:

ترکیبات بار با در نظر گرفتن زلزله‌ی قائم	
استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم	استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم
$D+L \pm EX \pm 0,3EY \pm 0,3EZ$	$D+L \pm EX \pm 0,3EY \pm 0,3EZ$
$D+L \pm EY \pm 0,3EX \pm 0,3EZ$	$D+L \pm EY \pm 0,3EX \pm 0,3EZ$
$D+L \pm EZ \pm 0,3EX \pm 0,3EY$	

۴-۴- در کنترل ارتعاش تیرها، می‌بایست وزن تیغه‌های جداکننده داخلی را در دسته بارهای مرده ساختمان قرار داد.

۴-۵- استفاده از آیین نامه‌ی طراحی متفاوت برای طراحی عناصر مختلف یک ساختمان مجاز نمی‌باشد.

۴-۶- در صورت استفاده از آیین نامه CSA، با توجه به عدم انطباق محاسبه‌ی برش در نرم افزار ETABS با مبحث نهم مقررات ملی، باید آرماتور برشی لازم اعضا به صورت دستی محاسبه گردند.

۴-۷- در سازه‌هایی که دیوار برشی یا بادبند به دیافراگم کف اتصال کمی دارند. باید طراحی میلگردهای اتصال کف و دیوار یا دهانه بادبندی شده به صورت جداگانه انجام شود. ضمناً در مواردی که تراز پایه در تراز بالای فونداسیون قرار دارد، کنترل مقاومت دیافراگم به منظور انتقال نیروهای جانبی از طریق کف لازم خواهد بود.

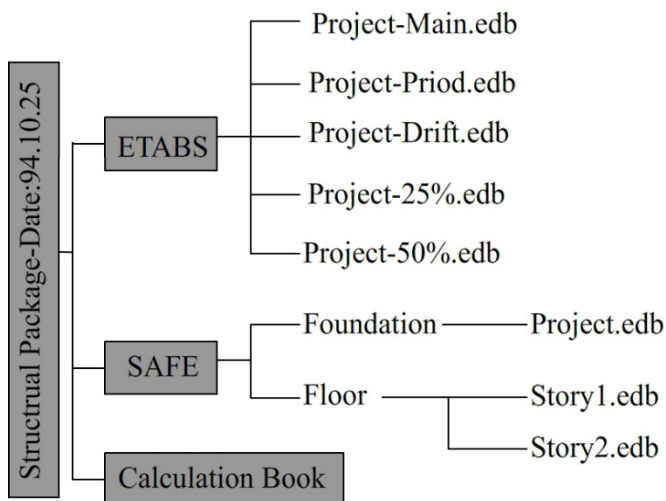
۴-۸- اجزای مرزی دیوارهای برشی می‌بایست به یکی از روش‌های زیر طراحی گردند.

۴-۸-۱- در صورت استفاده از آیین نامه‌های ایران و یا ACI-۱۹۹۹ باید از روش C&T استفاده نمود. لازم به ذکر است که در صورت استفاده از روش طراحی General، بایستی در سرتاسر طول و ارتفاع دیوار از آرماتور عرضی ویژه (مشابه ستون‌ها) استفاده گردد.

۴-۸-۲- در صورت استفاده از آیین نامه ACI-۲۰۰۵ و یا جدیدتر، طراحی General بلامانع است.

۵- نحوه‌ی ارائه‌ی فایل به سازمان نظام مهندسی:

به جهت تسریع روند بررسی محاسبات، توصیه می‌شود موارد زیر در ارائه فایل‌ها رعایت گردد:



۵-۱- **نحوه‌ی پوشه‌بندی:** پوشه‌ای با نام ETABS و با شاخه‌های Project-Main.edb (که فایل اصلی سازه است)،

Project-Period.edb (که فایل است که برای محاسبه‌ی زمان تناوب اصلی سازه)، Project-Drift.edb (که فایل

است برای محاسبه‌ی تغییرمکان نسبی سازه با استفاده از زمان تناوب اصلی سازه)، Project-۲۵%.edb (که فایل

است برای کنترل قاب خمشی) و Project-۵۰%.edb (که فایل کنترل دیوار برشی در تراز پایه) و پوشه‌ای با نام

SAFE و با شاخه‌های Foundation که در آن فایل فونداسیون و Floor که در آن جزییات طراحی سقف‌ها (در صورت نیاز) قرار دارد. در صورت نیاز به توضیحات تکمیلی، فایلی با نام Calculation Book نیز ضمیمه گردد.