

## به نام خدا

### مقدمه چاپ دوم

به لطف خدا جلد اول کتاب محاسبات ساختمان با استقبال خوب همکاران ارجمند مواجه شد بطوریکه یک سال پس از انتشار، کتاب به چاپ دوم رسید.

در چاپ دوم تجدید نظری در مورد نحوه اعمال اثر  $PI$  در مدل سازی انجام گرفته است. روش معرفی شده در چاپ اول با ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰ انطباق بیشتری داشت، در این چاپ روشی پیشنهاد شده است که منطبق با روش ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ است، همچنین با توجه به اینکه کتاب بر مبنای نسخه ۸/۴۵ نرم افزار *ETABS 2000* تهیه شده بود، با توضیح در مورد قسمت های تغییر یافته در چاپ دوم، سعی شده است نسخه ۹ نرم افزار پوشش داده شود.

موارد تجدید نظر شده در سایت [www.OmranKadeh.net](http://www.OmranKadeh.net) قرار گرفته است تا خوانندگان چاپ اول نیز، قادر به استفاده از این مطالب باشند.

توصیه می شود قبل از مطالعه کتاب حتماً قسمت "**توضیحات ضروری قبل از مطالعه کتاب**" را در صفحه ۴ مطالعه فرمایید.

جلد اول کتاب با صرف زمانی در حدود بیست ماه شکل گرفت، مسلماً ارائه قابل قبول جلد دوم نیز زمان زیادی می طلبد که متأسفانه به دلیل محدودیت زمانی و مشغله کاری، فرصت مناسبی که برای تکمیل جلد دوم لازم بود، بدست نیامد. تماس زیادی که همکاران محترم از نقاط مختلف ایران از طریق تلفن و ارسال *Email* با بنده داشتند و پیگیری جلد دوم کتاب بودند، مرا بر آن داشت تا به هر طریق ممکن زمانی را به تکمیل جلد دوم اختصاص دهم و به امید خدا این مجموعه در سال ۱۳۸۶ در اختیار همکاران محترم قرار خواهد گرفت.

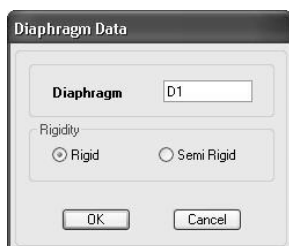
در اینجا لازم می دانم از همکاران محترمی که با مطالعه دقیق کتاب و ارائه نظرات و پیشنهادات اصلاحی و فنی خود، افتخار آشنایی با آنها را یافته ام، بخصوص جناب آقای مهندس صمد آقا زاده و جناب آقای مهندس علی سلیمانی نیا تشکر نمایم. بخشی از این نظرات و پیشنهادات در پیوست ششم کتاب آمده است. از سایر همکاران گرامی نیز تقاضا دارم نظرات اصلاحی و فنی خود را منعکس نمایند تا در چاپ های بعدی قادر به ارائه مجموعه ای کاملتر و کم نقص تر باشیم.

در انتها از تمام همکاران ارجمندی که با تماس تلفنی و ارسال *Email* اظهار لطف نموده و مشوق بنده در ادامه مسیر بودند، تشکر و قدردانی می نمایم.

محمد رضا طباطبایی

فروردین ماه ۱۳۸۶

## توضیحات ضروری قبل از مطالعه کتاب



۱- در نسخه ۹ نرم افزار *ETABS 2000* امکان معرفی دیافراگم نیمه صلب فراهم شده است و این امر از طریق افزودن گزینه *Semi Rigid* در قسمت *Rigidity* مربوط به دستورات *Assign > Joint/Point > Rigid Diaphragm ...* (صفحه ۱۹۵) و *Assign > Shell/Area > Rigid Diaphragm ...* (صفحه ۲۰۷) میسر است.

۲- دستور *Display > Set Output Table Mode...* مندرج در صفحات ۴۰۶ و ۴۱۰ در نسخه ۹ نرم افزار *ETABS 2000* به صورت *Display > Show Tables...* اصلاح می شود.

۳- با توجه به اصلاح ترکیب بار *PA* در چاپ دوم نسبت به چاپ اول، مقادیر تغییر مکان جانبی استخراج شده پروژه فولادی و بتنی به شرح زیر خواهد بود:

$UX = 17/2 \text{ Cm}$ ،  $UY = 1/8 \text{ Cm}$  و پروژه بتنی:  $UX = 9/0 \text{ Cm}$ ،  $UY = 14/9 \text{ Cm}$

۴- در صفحه ۲۶۹ کتاب برای محاسبه وزن دست انداز خرپشته اولاً وزن دست انداز نما و غیر نما جابجا منظور شده، ثانیاً ارتفاع آن ۱ متر در نظر گرفته شده که اشتباه است و محاسبه صحیح آن به شرح زیر است:

$$\begin{array}{l} \text{دست انداز نما} \qquad \qquad \qquad \text{دست انداز غیر نما} \qquad \qquad \qquad \text{بار مرده سقف خرپشته} \\ W_D \text{ فولادی} = (2/7 \times 5/2) \times 480 + (2 \times 5/2 + 2/7) \times 0/8 \times 280 + 2/7 \times 0/8 \times 310 = 10343 \text{ Kg} \\ W_D \text{ بتنی} = (2/7 \times 5/2) \times 530 + (2 \times 5/2 + 2/7) \times 0/8 \times 280 + 2/7 \times 0/8 \times 310 = 11045 \text{ kg} \end{array}$$

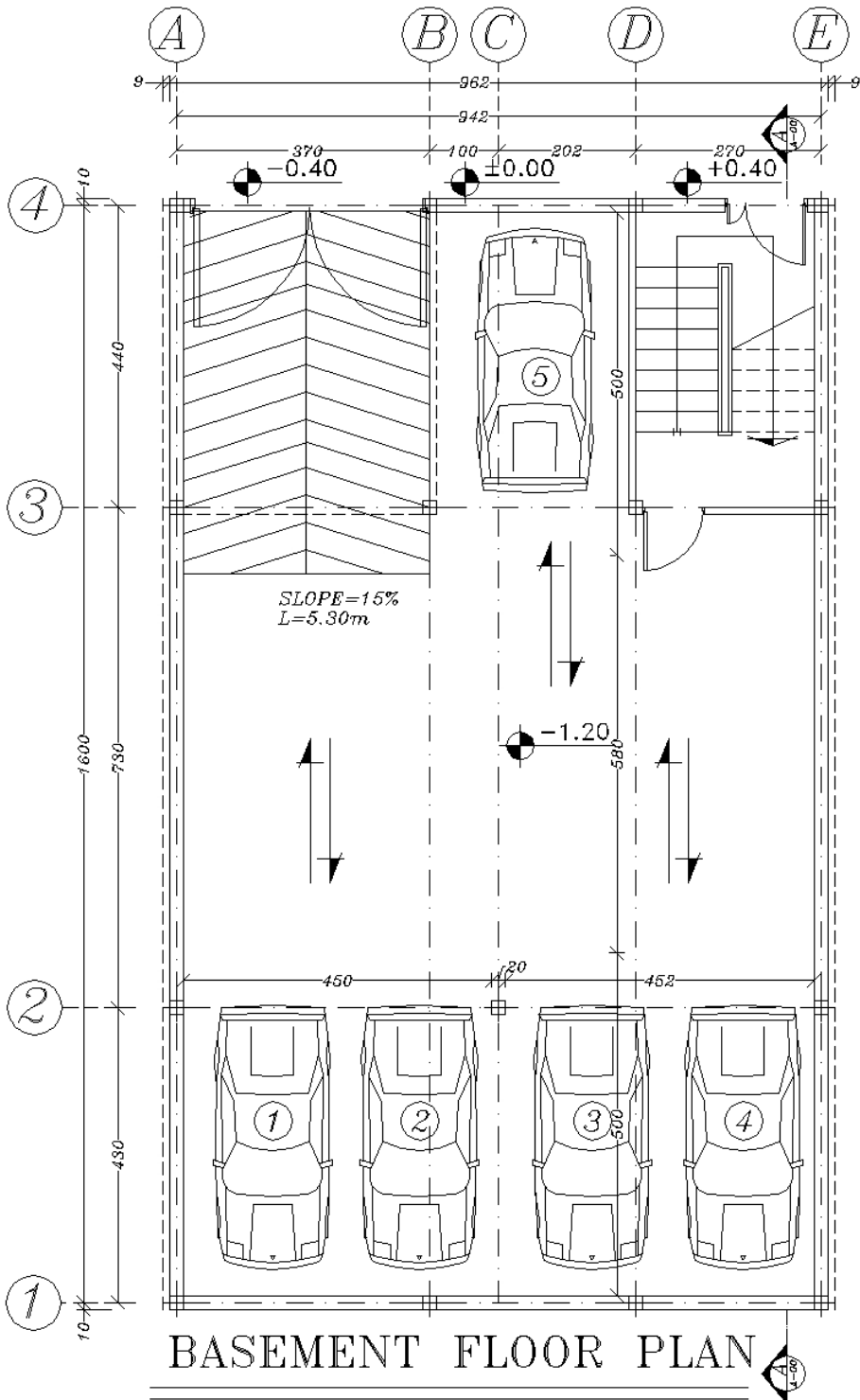
با توجه به آنکه بارهای محاسبه شده بیشتر از مقدار واقعی است و ایمنی سازه را دچار اشکال نمی کند و از طرف دیگر تاثیر کمی در محاسبات سازه و نتایج نهایی خواهد داشت، از همان مقادیر محاسبه شده در صفحه ۲۶۹ استفاده شده تا نیازی به تغییر مدل نباشد.

۵- زحمت تهیه *CD* ضمیمه کتاب به عهده دوست عزیز بود که به دلیل ادامه تحصیل ایشان در خارج کشور از همکاری با ایشان محروم شدیم و هنوز *CD* ضمیمه آماده ارائه نیست، اما فایل های محاسباتی پروژه بتنی و فولادی از طریق سایت [www.OmranKadeh.net](http://www.OmranKadeh.net) قابل دریافت است.

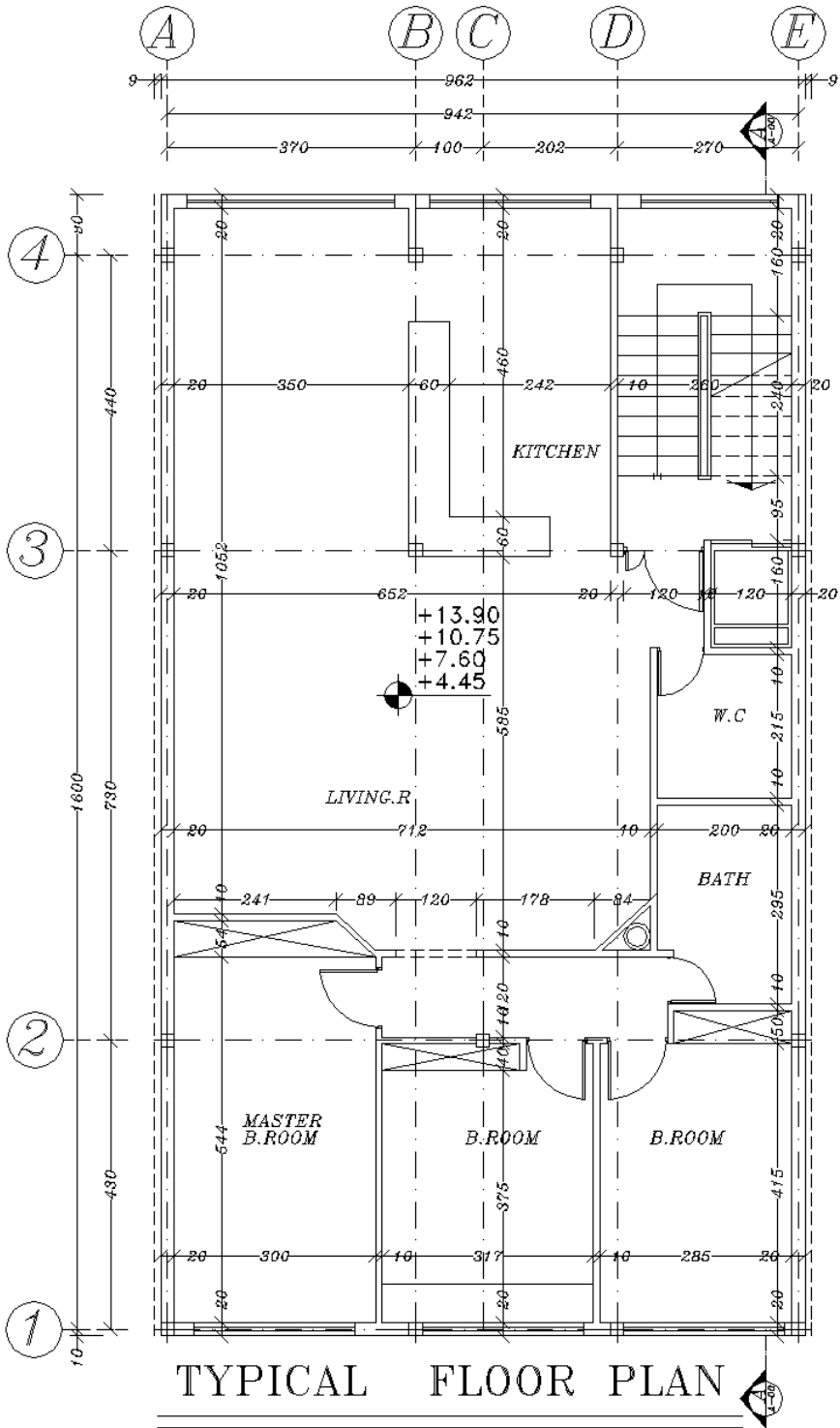
۶- با توجه به محدودیت های زمانی برای تکمیل جلد دوم و سوم و پیشگیری از تاخیر در ارائه آن ها، احتمالاً مطالب مربوط به جلد دوم و سوم به تدریج و به صورت قسمت هایی از یک مجموعه ارائه خواهند شد.

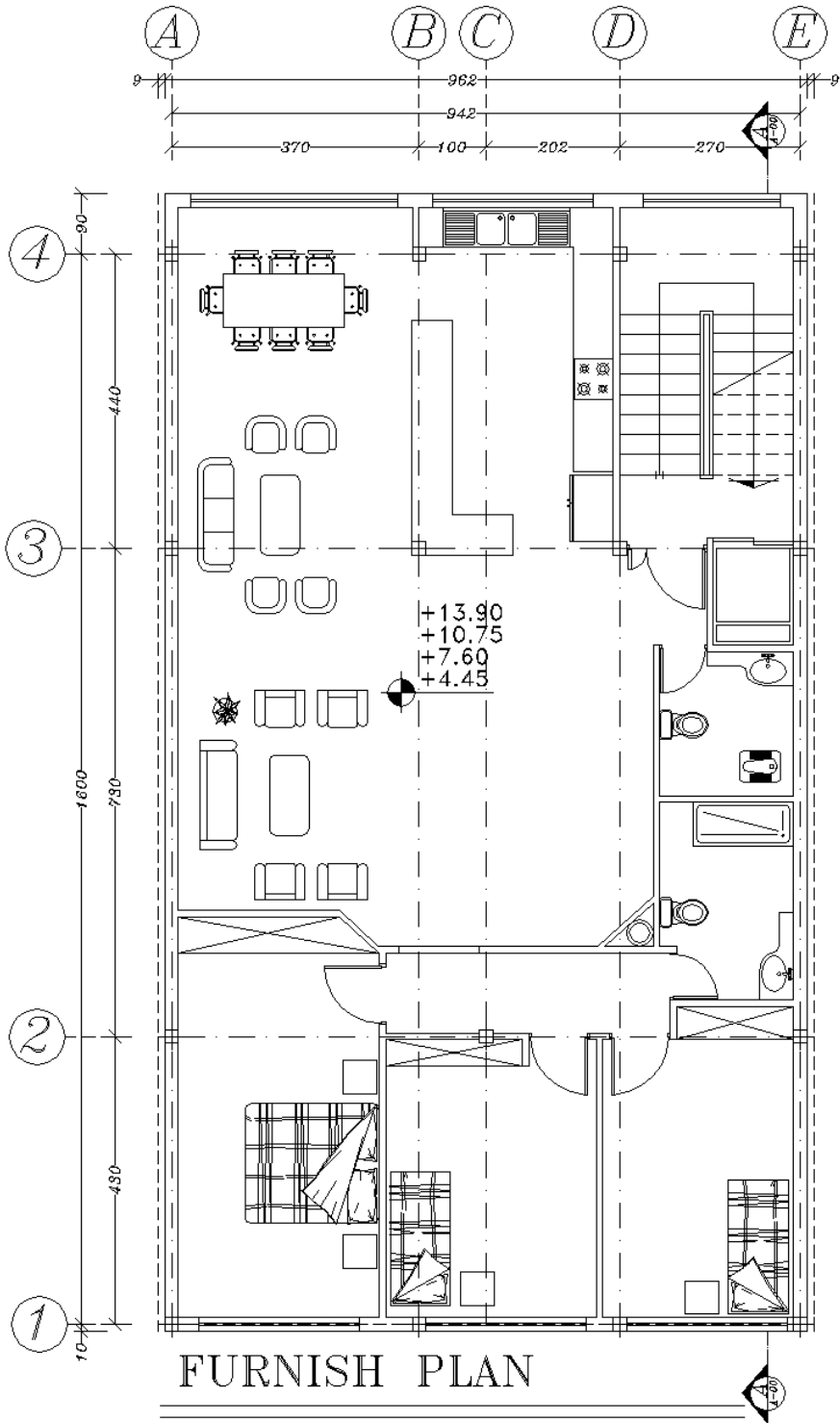
همکاران محترم تا تکمیل شدن مجموعه مطالب می توانند از دوره های آموزشی و سمینارهای تخصصی برگزار شده توسط موسسه علمی - آموزشی عمرانکده استفاده نمایند. جزییات مربوط به دوره های آموزشی و سمینارهای تخصصی در پیوست چهارم درج شده است.

۷- موارد تجدید نظر شده در سایت [www.OmranKadeh.net](http://www.OmranKadeh.net) قرار گرفته است تا خوانندگان چاپ اول نیز، قادر به استفاده از این مطالب باشند.

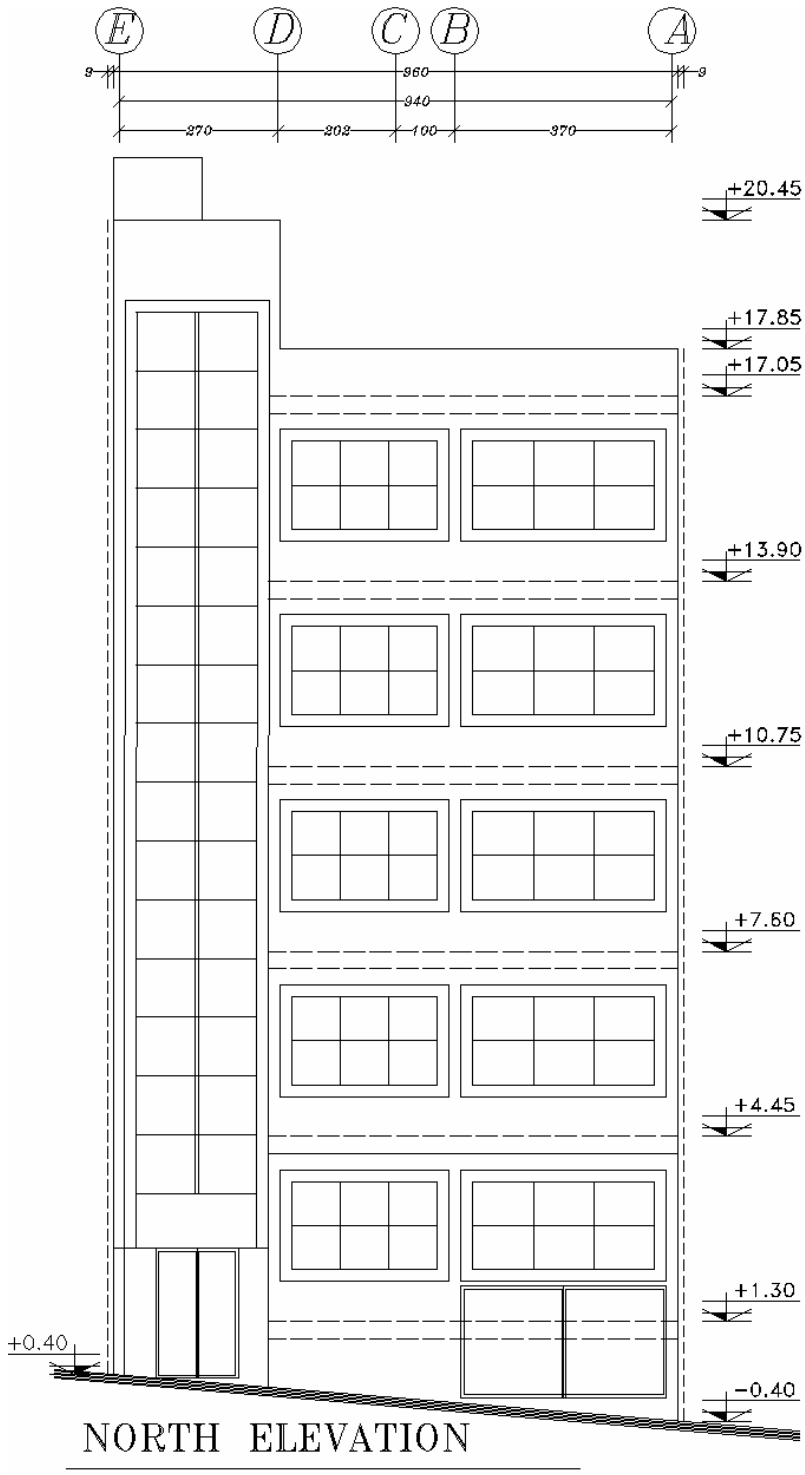








FURNISH PLAN





### ۷-۱-۲-۱- لزوم اعمال اثرات $P\Delta$ در محاسبات سازه

مطابق بند ۲-۶ و پیوست ۵ استاندارد ۲۸۰۰، در صورتی که شاخص پایداری طبقه کمتر از ۱۰ درصد باشد (لنگرهای خمشی ثانویه کمتر از ده درصد لنگرهای خمشی اولیه باشند)، الزامی به اعمال اثرات  $P\Delta$  در محاسبات نیست.

تذکر: در صورت استفاده از نرم‌افزار ETABS در مورد قاب‌های بتنی مهاربندی نشده، حتی اگر شرط فوق برقرار باشد، باید اثرات  $P\Delta$  را در محاسبات منظور نمود.

تذکر: شاخص پایداری طبقه، در بند ۱ پیوست ۵ استاندارد ۲۸۰۰ تشریح شده است.

### ۷-۱-۲-۲- ترکیب بار $P\Delta$

روشی که در چاپ اول برای منظور کردن اثر  $P\Delta$  در مدل‌سازی معرفی شده بود با ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰ انطباق بیشتری داشت، در این چاپ روشی پیشنهاد می‌شود که منطبق با روش ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ است.

مطابق بند ۲-۶ استاندارد ۲۸۰۰، تغییر مکان‌های جانبی طبقات که در محاسبات نیروهای داخلی به کار برده می‌شوند باید تغییر مکان‌های جانبی افزایش یافته طبقات،  $\bar{\Delta}_{iii}$  باشند.

با توجه به این بند استاندارد ۲۸۰۰ مشخص می‌شود ضریب  $0/YR$  نباید در ضریب‌های ترکیب بار  $P\Delta$  ضرب شود و تنها هنگام کنترل تغییر مکان جانبی نسبی باید مقادیر این تغییر مکان‌ها را که از تحلیل سازه بدست آمده است، در  $0/YR$  ضرب نمود. نحوه کنترل تغییر مکان جانبی نسبی طبقات در جلد دوم و در قسمت مربوط به طراحی اسکلت ساختمان‌های فولادی و بتنی تشریح خواهد شد. نرم‌افزار ETABS قابلیت اعمال اثر  $P\Delta$  را در محاسبات داراست و تنها باید ترکیب بار موثر در  $P\Delta$  را -که از این پس ترکیب بار  $P\Delta$  نامیده می‌شود- به آن معرفی نمود.

لنگر ثانویه ناشی از اثر  $P\Delta$  برای  $\Delta$  ناشی از زلزله -که نسبت به  $\Delta$  بارهای ثقلی بسیار قابل توجه است- از یک سو و نیروی محوری ناشی از بارهای ثقلی از سوی دیگر، بررسی می‌شود، لذا برای انتخاب ترکیب بار  $P\Delta$  باید از ترکیب‌های بارگذاری استفاده شود که نیروی زلزله در آن‌ها ظاهر شده باشد، یعنی باید اثر  $P$  (نیروی محوری) ناشی از بار ثقلی و  $\Delta$  (تغییر مکان جانبی) ناشی از نیروی زلزله منظور شود.

مثلاً ترکیب‌های بارگذاری زیر را در نظر بگیرید:

$$1/4 D + 1/7 L$$

$$1/0.5 D + 1/275 L \pm 1/40.3 E$$

$$0/9 D \pm 1/43 E$$

برای تعیین ترکیب بار  $P\Delta$  از بین سه ترکیب فوق نباید از ترکیب  $1/4 D + 1/7 L$  استفاده شود، زیرا در این ترکیب اثری از نیروی زلزله مشاهده نمی‌شود و  $\Delta$  ناشی از بارهای ثقیلی و در نتیجه این ترکیب بار، برای اثر  $P\Delta$  ترکیب بحرانی نیست، تا این قسمت مشخص شد که باید از ترکیب‌هایی استفاده شود که نیروی زلزله در آن‌ها ظاهر شده است.

دو ترکیب انتهایی با صرف نظر کردن از جمله مربوط به نیروی زلزله مورد بررسی قرار می‌گیرند:

$$\begin{aligned} & 1/0.5 D + 1/2.75 L \pm 1/4 E \\ & 0/9 D \pm 1/4 E \end{aligned}$$

با ملاحظه دو ترکیب فوق مشخص می‌شود که ترکیب  $1/0.5 D + 1/2.75 L$  حالت بحرانی تری نسبت به ترکیب  $0/9 D$  خواهد داشت، بنابراین ترکیب بار مذکور به عنوان ترکیب بار  $P\Delta$  معرفی می‌شود. ترکیب بار  $P\Delta$  مطابق با آیین‌نامه آبا و  $ACI$  و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران به شرح زیر است:

ترکیب بار $P\Delta$	آیین‌نامه
$D + 1/2 L$	پروژه‌های بتنی بر اساس آیین‌نامه آبا
$1/0.5 D + 1/2.75 L$	پروژه‌های بتنی بر اساس آیین‌نامه $ACI$
$D + L$	پروژه‌های فولادی بر اساس تنش مجاز

جدول (۷-۱): ترکیب بار  $P\Delta$  بر اساس آیین‌نامه‌های مختلف

البته برخی از مهندسیین محاسب ترکیب بار بدون ضریب را  $(D+L)$  به عنوان ترکیب بار  $P\Delta$  معرفی می‌کنند، برخی از دلایل انتخاب این نوع ترکیب بار به شرح زیر است<sup>۱</sup>:

- ۱- در تفسیر بند ۱۰-۱۱-۱ آیین‌نامه بتن آمریکا  $ACI318$  از ویرایش ۹۵ به بعد اشاره شده است که بارهای بهره برداری و تغییر شکل‌های تشدید یافته توسط تحلیل  $P\Delta$  باید با استفاده از بارهای بهره‌برداری (بدون ضریب) محاسبه شوند.
- ۲- اثر  $P\Delta$  در تحلیل ظاهر می‌شود و نیروهای بدست آمده از تحلیل همواره از بارهای بدون ضریب محاسبه می‌شوند و برای استفاده در طراحی، با ترکیب‌های بارگذاری مورد نظر آیین‌نامه مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- ۳- در صورت استفاده از ترکیب بارگذاری ضریب‌دار در تحلیل  $P\Delta$  و استفاده از این نتایج در ترکیب‌های بارگذاری ضریب‌دار طراحی (در طراحی بتن و طراحی  $LRFD$  فولادی) بزرگنمایی مضاعفی بر آن‌ها اعمال می‌شود که الزامی به این امر نیست.

<sup>۱</sup> - مجله ساختمان و کامپیوتر شماره ۱۴- مقاله تحلیل مرتبه دوم ( $P\Delta$ ) و برنامه‌های سازه‌ای از مهندس علی‌رضا فاروقی

تذکر: با توجه به استفاده از تحلیل استاتیکی خطی و استفاده از پرپود استاتیکی و عدم برآورد دقیق بارهای مرده و خصوصاً زنده، توصیه می‌شود در جهت اطمینان، از ترکیب بار معرفی شده در متن کتاب (جدول ۷-۱) استفاده نمایید.

مثال ۷-۱: ترکیب بارگذاری  $P\Delta$  را برای پروژه‌های بتنی و فولادی بدست آورید.  
پروژه فولادی :

$$P\Delta = D + L + LR$$

پروژه بتنی :

$$P\Delta \text{ براساس آیین‌نامه } ACI = 1/0.5D + 1/2.75L + 1/2.75LR$$

$$P\Delta \text{ براساس آیین‌نامه آبا} = D + 1/2L + 1/2LR$$

### ۷-۱-۳- تحلیل فاز صفر

به منظور کنترل مدل‌سازی از روی دیاگرام نیروها، از تحلیل فاز صفر استفاده می‌شود. تحلیل فاز صفر تحلیلی است که هدف از آن، استخراج اطلاعاتی در مورد مدل معرفی شده است و نیروهای حاصل از این تحلیل برای مقاصد طراحی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.  
پس از تحلیل فاز صفر می‌توان تغییرات مورد نظر را در مدل اعمال کرد و تحلیل اصلی مدل را انجام داد.

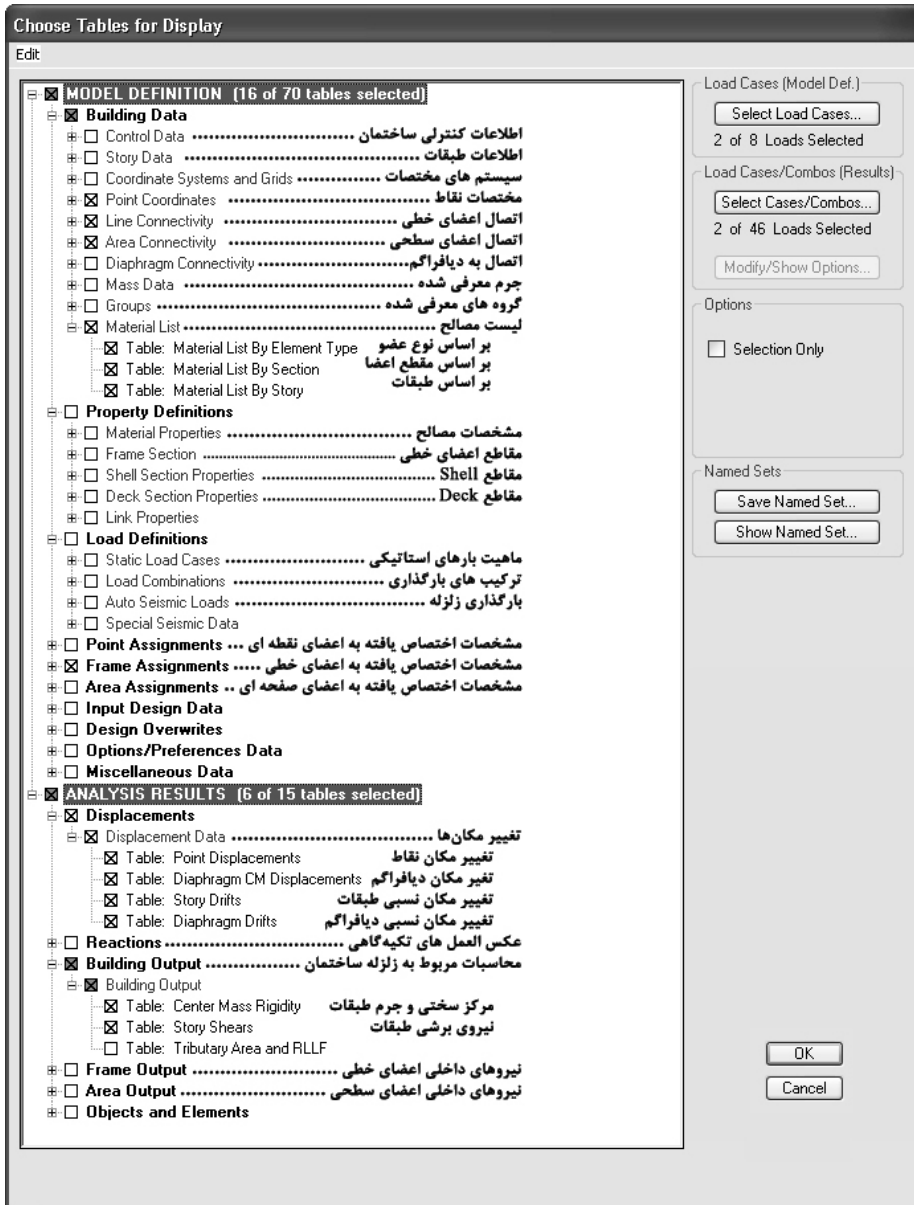
برای استفاده از روش کنترل مدل‌سازی از روی دیاگرام نیروها، باید از هر نوع پیچیدگی و عوامل نامتعارف در مدل اجتناب شود، به طور مثال باید تمامی ستون‌ها از یک تیپ، تمامی تیرها از یک تیپ و تمامی بادبندها از یک تیپ انتخاب شوند تا سختی اعضا بر دیاگرام‌ها تاثیر موضعی نگذارند.  
تذکر: کنترل مدل‌سازی از روی دیاگرام نیروها در فصل هشتم مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

### ۷-۱-۳-۱- مشخصات مدل مناسب برای تحلیل فاز صفر

- کلیه ستون‌ها از یک تیپ معرفی شوند (مثلاً برای ساختمان‌های متعارف تا ۶ طبقه از  $2IPE240$  یا مقطع  $40 \times 40$  بتنی).
- کلیه تیرها از یک تیپ معرفی شوند (مثلاً برای تیرهای با دهانه‌های متعارف  $2IPE180$  یا مقطع  $40 \times 30$  بتنی).
- کلیه بادبندها از یک تیپ معرفی شوند (مثلاً برای ساختمان‌های متعارف تا ۶ طبقه از  $2UNP80$ ).
- در صورتی که ارتفاع برخی طبقات تفاوت فاحشی با ارتفاع طبقات تیپ داشته باشد، ممکن است اختلافاتی در دیاگرام نیروها پدیدار شود که می‌توان در تحلیل فاز صفر ارتفاع طبقات را یکسان معرفی نمود.

## ۷-۲-۲-۶- نمایش اطلاعات ورودی و نتایج خروجی (Display > Show Tables...)

با استفاده از این دستور می‌توان اطلاعات ورودی و نتایج خروجی ناشی از تحلیل و طراحی مدل سازه‌ای را به صورت جداول اطلاعاتی مشاهده نمود. با اجرای این دستور پنجره اطلاعاتی "Choose Tables for Display" ظاهر می‌شود (شکل ۷-۱۲).



شکل (۷-۱۲) مشاهده اطلاعات ورودی و نتایج خروجی

دکمه‌های این پنجره اطلاعاتی به شرح زیر است:

: با کلیک روی این دکمه می‌توان ماهیت بارهای موردنظر را انتخاب نمود.

: به کمک این دکمه، ماهیت و ترکیب بارهای مورد نظر برای مشاهده نتایج

خروجی، تحت اثر آن‌ها، انتخاب می‌شوند.

: با کلیک روی این دکمه می‌توان تنظیمات اطلاعات درخواستی گزینه‌های

مورد نظر را با یک نام مشخص ذخیره نمود.

: با کلیک روی این دکمه می‌توان تنظیمات اطلاعات درخواستی گزینه‌های

مورد نظر را که توسط دکمه فوق ذخیره شده است مشاهده نمود.

**Selection Only**: در صورت فعال کردن این گزینه، اطلاعات ورودی تنها برای اعضای که قبل از اجرای این دستور انتخاب شده‌اند، نمایش داده خواهند شد.

در پنجره اطلاعاتی "Choose Tables for Display" امکان انتخاب گزینه‌های مختلفی از اطلاعات ورودی و نتایج خروجی وجود دارد، این گزینه‌ها در دو دسته اصلی قرار دارند. دسته اول که عمدتاً مربوط به اطلاعات ورودی و مشخصات معرفی شده در مدل‌سازی است (MODEL DEFINITION) و دسته دوم که مربوط به نتایج خروجی (ANALYSIS RESULTS)

اعم از نتایج تحلیل و طراحی است. با کلیک روی علامت  زیر گزینه‌های مربوط به هر گزینه در دسترس قرار گرفته که با انتخاب آن‌ها (کلیک روی  کنار گزینه) و کلیک روی دکمه

در انتها، اطلاعات درخواستی به‌صورت جداول اطلاعاتی ارائه خواهند شد. به‌منظور مشاهده اطلاعات مربوط به هر یک از گزینه‌های انتخاب شده، از جعبه کشویی بالای جداول اطلاعاتی استفاده می‌شود. تذکر: چنانچه داده‌هایی در مدل‌سازی مورد استفاده قرار نگرفته باشند، گزینه مربوط به آن‌ها از لیست قابل دسترس در پنجره اطلاعاتی "Choose Tables for Display" حذف خواهد شد.

تذکر: در صورت عدم تحلیل یا طراحی مدل، گزینه‌های مربوط به خروجی ناشی از تحلیل یا طراحی از لیست قابل دسترس در پنجره اطلاعاتی "Choose Tables for Display" حذف خواهند شد.

در ادامه برخی گزینه‌های کاربردی که مورد استفاده بیشتری دارند، تشریح خواهند شد.

**Point Coordinates** : به کمک این گزینه می‌توان مختصات هر یک از گره‌ها را درخواست نمود. پس از اجرای این دستور هر نقطه با نام نسبت داده شده توسط نرم‌افزار ETABS معرفی و مختصات آن در جدول درج می‌شود. این دستور برای یافتن یک نقطه با شماره مشخص که ممکن است در پیغام‌های خطا و هشدار توسط نرم‌افزار ارائه شود، مناسب خواهد بود.

**Line Connectivity** : به کمک این گزینه می‌توان نام نسبت داده شده توسط نرم‌افزار ETABS به هر یک از اعضای خطی تیر، ستون و بادبند به اضافه شماره گره ابتدا و انتهای عضو مورد نظر را مشاهده نمود. این دستور برای یافتن یک عضو خطی با نام اختصاص داده شده توسط نرم‌افزار ETABS که ممکن است در پیغام‌های خطا و هشدار توسط نرم‌افزار ارائه شود، مناسب خواهد بود (شکل ۷-۱۳).

## گام سوم: مثال‌های گام به گام

در این قسمت تنظیمات مدل‌سازی و تحلیل فاز صفر برای پروژه‌های فولادی و بتنی تشریح خواهد شد.

## ۷-۳-۱- پروژه فولادی

## ۷-۳-۱-۱- کنترل مدل‌سازی هندسی

قبل از تنظیمات تحلیل، ابتدا باید مدل‌سازی هندسی سازه کنترل شود. برای این منظور دستور *Analyze > Check Model...* را اجرا کرده و در پنجره اطلاعاتی ظاهر شده کلیه گزینه‌ها، به جز گزینه *Selected Objects Only*  را فعال و روی دکمه  کلیک کنید. (مقدار پیش فرض *Tolerance for checks* مناسب است) در صورتی که پیغام خطایی مشاهده نشود مدل‌سازی هندسی بدون اشکال بوده و می‌توان تنظیمات مربوط به تحلیل مدل را انجام داد.

۷-۳-۱-۲- تنظیمات تحلیل و درخواست تحلیل  $P\Delta$ 

برای تنظیمات مربوط به تحلیل پروژه فولادی و همچنین معرفی تحلیل  $P\Delta$  به ترتیب زیر عمل کنید:

- دستور *Analyze > Set Analysis Options...* را اجرا کنید.
- در پنجره اطلاعاتی ظاهر شده گزینه *Full 3D* را برای تنظیم درجات آزادی سازه انتخاب کنید.
- گزینه *Dynamic Analysis*  را غیرفعال نمایید.
- گزینه *Include P- Delta*  را فعال و روی دکمه  کلیک کنید.
- در پنجره اطلاعاتی ظاهر شده روش *Iterative – Based on Load Combination*  را انتخاب کنید.
- حداکثر تعداد تکرار تحلیل  $P\Delta$  را برابر ۵ معرفی کنید. همگرایی حالت پیش فرض مناسب است و بدون تغییر پذیرفته می‌شود.
- ترکیب بار  $P\Delta$  برای پروژه فولادی، در مثال ۷-۱ بررسی شد. با توجه به آنکه دو ماهیت بار زنده در پروژه معرفی شده است، باید ترکیب بار *DEAD + LIVE + RL* به عنوان ترکیب بار  $P\Delta$  معرفی شود.
- برای معرفی ترکیب بار  $P\Delta$  از جعبه کشویی *Load Case* بار با ماهیت مرده (*DEAD*) را انتخاب و مقدار *Scale Factor* را برابر معرفی و روی دکمه  کلیک کنید.
- از جعبه کشویی *Load Case* بار با ماهیت زنده قابل کاهش (*LIVE REDUCE*) را انتخاب و مقدار *Scale Factor* را برابر ۱ معرفی و روی دکمه  کلیک کنید.

- از جعبه کشویی *Load Case* بار با ماهیت زنده غیر قابل کاهش (*LIVE*) را انتخاب و مقدار *Scale Factor* را برابر ۱ معرفی و روی دکمه  کلیک کنید.  
با کلیک روی دکمه  تنظیمات تحلیل و معرفی تحلیل  $P\Delta$  انجام خواهد شد.

### ۷-۳-۱-۳- تحلیل مدل

پس از تنظیم گزینه‌های تحلیل، مدل آماده انجام عملیات تحلیل خواهد بود. با اجرای دستور *Analyze > Run Analysis* (یا فشردن دکمه *F5*) مدل تحلیل خواهد شد. این دستور از طریق کلیک روی دکمه  از نوار ابزار بالای صفحه نیز قابل دسترسی است. در حین عملیات تحلیل، نباید پیغام خطا و یا هشدار مشاهده شود. به کمک دستور *File > Last Analysis Run Log...* می‌توان مراحل طی شده حین عملیات تحلیل را مرور کرد. با اجرای این دستور فایلی در دسترس قرار می‌گیرد که اطلاعاتی در مورد مدل و تحلیل سازه به همراه پیغام‌های حین تحلیل در آن درج می‌شود. در صورت وجود پیغام خطا (*Error*) یا هشدار (*Warning*) باید نسبت به اصلاح مدل‌سازی اقدام نمود. نحوه کنترل مدل‌سازی در فصل هشتم به تفصیل تشریح خواهد شد. چنانچه مدل‌سازی مطابق توضیحات ارائه شده انجام گرفته باشد، مدل بدون پیغام خطا و هشدار تحلیل خواهد شد.

### ۷-۳-۲- پروژه بتنی

مراحل کنترل مدل‌سازی هندسی، تنظیم گزینه‌های تحلیل و درخواست تحلیل  $P\Delta$  و تحلیل مدل در پروژه بتنی مشابه توضیحات پروژه فولادی است، تنها به جای ترکیب بار  $P\Delta$  معرفی شده در پروژه فولادی باید از ترکیب بار  $P\Delta$  پروژه بتنی استفاده و این ترکیب در مدل معرفی شود. مطابق مثال ۷-۱ و معرفی دو نوع بار زنده با ماهیت بار زنده قابل کاهش و بار زنده غیرقابل کاهش، ترکیب بار  $P\Delta$  در پروژه بتنی مطابق ترکیب زیر خواهد بود.

$$1/0.5D + 1/2.75L + 1/2.75LR$$

تذکر: به علت آنکه طراحی براساس آیین‌نامه *ACI* انجام خواهد شد، ترکیب بار  $P\Delta$  حاصل از ترکیبات بارگذاری *ACI* در مدل معرفی می‌شود.

تذکر: در پروژه بتنی به علت وجود قاب خمشی، اثر  $P\Delta$  باید در محاسبات منظور شود و در پروژه فولادی با توجه به وجود قاب خمشی آن هم در امتداد کوتاه سازه، به احتمال زیاد مطابق ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ باید اثر  $P\Delta$  در محاسبات منظور شود (احتمال آنکه شاخص پایداری طبقه کمتر از ۱۰ درصد باشد، ناچیز است). در صورت تمایل می‌توان در پروژه فولادی لزوم اثر  $P\Delta$  در محاسبات تحلیل سازه را بررسی نمود.

## ۷-۳-۲-۱- اثر ترک خوردگی اعضا در اسکلت بتنی

برای منظور کردن اثر ترک خوردگی اعضای سازه‌ای اسکلت بتنی به ترتیب زیر عمل کنید:

- دستور *Select > by Line Object Type ...* را اجرا و در پنجره اطلاعاتی ظاهر شده توسط گزینه *Column* کلیه ستون‌ها را انتخاب کنید.
- دستور *Assign > Frame / Line > Frame Property Modifiers...* را اجرا و در پنجره اطلاعاتی ظاهر شده ضرایب سختی‌های خمشی (*Moment of Inertia about 2 (& 3) axis*) و پیچشی (*Torsional Constant*) را برابر  $0/7$  معرفی کنید.
- دستور *Select > by Line Object Type ...* را اجرا و در پنجره اطلاعاتی ظاهر شده توسط گزینه *Beam* کلیه تیرها را انتخاب کنید.
- دستور *Assign > Frame / Line > Frame Property Modifiers...* را اجرا و در پنجره اطلاعاتی ظاهر شده ضرایب سختی‌های خمشی (*Moment of Inertia about 2 (& 3) axis*) و پیچشی (*Torsional Constant*) را برابر  $0/35$  معرفی کنید.



## پیوست ۴ - آشنایی با موسسه علمی - آموزشی عمرانکده



### موسسه علمی - آموزشی عمرانکده

موسسه علمی- آموزشی عمرانکده با هدف ارتقای سطح دانش کاربردی مهندسی عمران و امکان برقراری ارتباط و تبادل تجربیات میان مهندسين عمران شکل گرفته است. فعاليت اين موسسه به دو بخش عمده تقسيم مي‌شود:

### ۱- دوره‌های آموزشی و سمینارهای تخصصی

در این بخش با هدف انتقال تجربیات و دانش مهندسی عمران به سایر همکاران، اقدام به برگزاری دوره‌های مختلف کاربردی و آموزشی می‌شود. محتوی دوره‌ها با توجه به اصل سادگی در بیان و کاربردی بودن آن در پروژه‌های عملی، تنظیم شده است. همچنین به منظور پاسخگویی به نیاز آموزش تخصصی مطالب خاص، خصوصاً در زمینه محاسبات ساختمان، اقدام به برگزاری سمینارهای تخصصی شده است. تقویم برگزاری، رزرو و ثبت‌نام در هر یک از دوره‌های آموزشی و سمینارهای تخصصی در سایت [www.OmranKadeh.net](http://www.OmranKadeh.net) قابل دسترسی است.

از جمله دوره‌های آموزشی و سمینارهای تخصصی ارائه شده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

دوره‌های آموزشی
آموزش محاسبه و طراحی سوله دوره مقدماتی (آشنایی با سوله و معرفی دیتیل‌ها و المان‌های مختلف سازه‌های سوله، بارگذاری ثقلی و جانبی سوله مطابق با مبحث ششم، مدل‌سازی قاب‌ها در نرم‌افزار SAP2000، و نحوه اصلاح نتایج مدل‌سازی جهت طراحی دقیق با این نرم‌افزار، نحوه طراحی دقیق المان‌های مختلف سازه‌ای، طراحی شالوده)
آموزش محاسبه و طراحی سوله دوره تکمیلی (معرفی و نحوه طراحی MEZZANINE، معرفی انواع جراثقال‌ها و نحوه آنالیز و طراحی آنها، بررسی آیین‌نامه‌های IBC2003 & UBC97 جهت بارگذاری ثقلی و جانبی در حالات خاص، بررسی اثر P-Delta در طراحی قاب‌ها، بررسی اثر دیوارهای محیطی در طراحی سازه‌ای)
آموزش محاسبه و طراحی سیلوهای بتنی (آشنایی و معرفی سیلوهای بتنی، بارگذاری سیلو، مدل‌سازی و آنالیز سیلو به کمک نرم‌افزار SAP2000، طراحی سازه و شالوده سیلو)

دوره‌های آموزشی
آموزش کاربردی محاسبات ساختمان دوره مقدماتی (مدل‌سازی و آنالیز اسکلت، سرفصل‌های این دوره منطبق بر جلد اول کتاب آموزش کاربردی محاسبات ساختمان است.)
آموزش کاربردی محاسبات ساختمان دوره تکمیلی (طراحی اسکلت‌های بتنی و فولادی، محاسبات شالوده، تهیه نقشه‌های اجرایی و دفترچه محاسبات، طراحی اتصالات و صفحه ستون‌ها، این دوره سمینارهای ردیف ۱، ۲، ۳، ۴، قسمتی از ۱۲ و ۱۳ را شامل می‌شود)

ردیف	موضوع سمینار
۱	آموزش تحلیل دینامیکی ساختمان‌ها به کمک نرم‌افزار <i>ETABS2000</i>
۲	آموزش مدل‌سازی و تحلیل و طراحی دیوارهای برشی در نرم‌افزار <i>ETABS2000</i>
۳	آموزش طراحی و لرزه نگاری قاب‌های خمشی معمولی، متوسط و ویژه بتنی در نرم‌افزار <i>ETABS2000</i>
۴	آموزش طراحی و لرزه نگاری قاب‌های خمشی معمولی، متوسط و ویژه فولادی در نرم‌افزار <i>ETABS2000</i>
۵	آموزش طراحی و لرزه نگاری بادبندهای <i>EBF</i> در نرم‌افزار <i>ETABS2000</i>
۶	آموزش طراحی و لرزه نگاری بادبندهای <i>CBF</i> در نرم‌افزار <i>ETABS2000</i>
۷	آموزش طراحی اسکلت‌های فولادی به کمک نرم‌افزار <i>ETABS2000</i>
۸	آموزش طراحی اسکلت‌های بتنی به کمک نرم‌افزار <i>ETABS2000</i>
۹	آموزش تهیه دفترچه محاسبات ساختمان‌های بتنی و فولادی
۱۰	آموزش مدل‌سازی، تحلیل و طراحی انواع شالوده‌های ساختمانی به کمک نرم‌افزار <i>SAFE2000</i>
۱۱	آشنایی با انواع مختلف سیستم‌های سقف و بررسی معایب و محاسن آنها به همراه طراحی انواع سقف‌ها
۱۲	آموزش طراحی صفحه ستون‌ها و میل مهارها
۱۳	آموزش طراحی انواع اتصالات (ساده، صلب، اتصالات بادبندها)
۱۴	آموزش طراحی تیر ورق‌ها

موسسه علمی- آموزشی عمرانکده از تمامی اساتید، مهندسين و دانشجويان مهندسي عمران، در زمينه فعاليت‌هاي علمي و آموزشي دعوت به همكاري نموده و از چنين همكاري‌هايي استقبال مي‌نمايد.

## ۲- تالیفات آموزشی

از دیگر فعالیت‌های موسسه علمی- آموزشی عمرانکده، تالیفات کاربردی و آموزشی مهندسی عمران است. این تالیفات شامل انواع کتاب‌ها و نرم‌افزارهای کاربردی است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ۱- کتاب آموزش کاربردی محاسبات ساختمان - جلد اول (مدل‌سازی و تحلیل اسکلت ساختمان)
- ۲- کتاب آموزش کاربردی محاسبات ساختمان - جلد دوم (طراحی ساختمان و مدل‌سازی، تحلیل و طراحی شالوده ساختمان)

در جلد دوم کتاب طراحی اسکلت، شالوده و جزییات ساختمان (سقف‌ها، اتصالات، صفحه ستون‌ها، پله‌ها و ...) مورد بررسی قرار خواهند گرفت. با توجه به کاربردی بودن کتاب، بیان مطالب به گونه‌ای است که حتی‌الامکان از محاسبات پیچیده و تئوریک صرف نظر و از محاسبات و طراحی‌های کاربردی مورد استفاده در ساختمان‌های متعارف، بهره گرفته شود، همچنین با طراحی نرم‌افزارهای کمکی، سعی شده، محاسبات دستی به کمک این نرم‌افزارها انجام شود. برخی از سرفصل‌های جلد دوم کتاب در پیوست ۵ معرفی شده است.

- ۳- کتاب آموزش کاربردی محاسبات ساختمان - جلد سوم (محاسبات پیشرفته ساختمان)
- در این کتاب مباحث پیشرفته تحلیل و طراحی ساختمان مورد بررسی قرار خواهد گرفت. برخی از مطالب عنوان شده در این کتاب عبارتند از: تحلیل دینامیکی ساختمان، بارگذاری باد، تحلیل و طراحی دیوارهای برشی، کنترل ضوابط شکل‌پذیری ویژه و ...

- ۴- طراحی نرم‌افزارهای محاسباتی و تخصصی محاسبات ساختمان
- یکی از بخش‌های فعالیت موسسه علمی- آموزشی عمرانکده، طراحی و تولید نرم‌افزارهای تخصصی است. این نرم‌افزارها در دست طراحی است و پس از تکمیل و تست نهایی، از طریق سایت [www.OmranKadeh.net](http://www.OmranKadeh.net) قابل دسترسی خواهند بود.

موسسه علمی- آموزشی عمرانکده از تمامی اساتید، مهندسين و دانشجویان مهندسی عمران در زمینه تالیف کتاب‌های تخصصی و کاربردی و همچنین در زمینه طراحی و تولید نرم‌افزارهای تخصصی، دعوت به همکاری می‌نماید.

آدرس پست الکترونیکی: [Info@OmranKadeh.net](mailto:Info@OmranKadeh.net)

آدرس سایت اینترنتی: [www.OmranKadeh.net](http://www.OmranKadeh.net)

تلفن: ۶۶۴۸۸۳۰۵

## پیوست ۶ - نظرات و پیشنهادات مهندسين محاسب

از زمان انتشار چاپ اول کتاب همکاران ارجمندی نظرات و پیشنهادهای اصلاحی و فنی خود را به اینجانب منتقل نمودند، خصوصاً جناب آقای مهندس صمد آقا زاده و جناب آقای مهندس علی سلیمانی نیا که ضمن تشکر از این عزیزان بخشی از این مطالب برای استفاده سایر خوانندگان در این پیوست آمده است.

### ۱- اثر دیوار برشی در سازه‌های بتنی که در یک امتداد مهاربندی شده‌اند

در صورتی که سازه سه بعدی با دید دینامیکی مورد بررسی قرار بگیرد مشاهده می‌شود که دیوارهای برشی که تنها در یک امتداد سازه قرار دارند بازتاب‌های دینامیکی به مراتب بهتری حتی برای امتداد خمشی خواهند داشت. این مورد در اصلاح مطلب صفحه ۶۶ عنوان شده است.

### ۲- اتصال صلب و مفصلی پای ستون

تذکر داده شده است که در کتاب تنها وجود نبشی یا سخت کننده‌ها در پای ستون‌ها به عنوان عامل تعیین کننده در عملکرد صلب یا مفصلی پای ستون‌ها معرفی شده است (صفحه ۶۸ و ۶۹ کتاب) در صورتی که آرایش و مقاومت میله مهارها (بُلت‌ها) نیز در رفتار اتصال پای ستون موثر است. تذکر فوق صحیح است و اگر در کتاب به این مورد اشاره نشده به دلیل آن است که استفاده از آرایش و مقاومت میله مهارها برای تعیین نوع اتصال پای ستون، معمولاً در سازه‌های صنعتی و سوله‌ها مطرح است و در ساختمان‌ها با توجه به شکل متداول اجرای صفحه ستون‌ها و میله مهارها (که معمولاً در گوشه‌ها و لبه‌های صفحه ستون از میله مهار استفاده می‌شود نه فقط در امتداد یک محور مرکزی) معمولاً بحث دوران مجموعه ستون و صفحه ستون نسبت به شالوده قابل توجه و تعیین کننده نیست.

### ۳- حذف محورهای مزاحم

روش ساده‌تری نسبت به آنچه در مورد حذف محورهای مزاحم در صفحه ۹۳ کتاب توضیح داده شده، پیشنهاد شده است به این ترتیب که اگر محورهای مزاحم به عنوان محورهای فرعی (Secondary) معرفی شوند می‌توان به کمک دستور  و غیرفعال کردن گزینه  Secondary Grids آن‌ها را حذف و ترسیم بابدند را انجام داد.

#### ۴- محاسبه خودکار نیروی زلزله در صورت وجود نیروی شلاقی

در فصل ششم توضیح داده شد که در صورتی که  $T > 0.7 S$  و نیروی شلاقی وجود داشته باشد باید نیروی زلزله بصورت دستی محاسبه و با روش *User Loads* به نرم‌افزار معرفی شود. روش پیشنهادی برگرفته از کتاب رفتار و ضوابط طراحی لرزه‌ای ساختمان‌های فولادی بر مبنای آیین‌نامه *UBS* نوشته آقایان نیکنام، ثنایی، هاشمی و باجی، به شرح زیر است:

تفاوت آیین‌نامه *UBC94* و استاندارد ۲۸۰۰ در ضریب بازتاب (*B*) در استاندارد ۲۸۰۰ و *C* در آیین‌نامه *UBC94* است که با مساوی قرار دادن دو ضریب می‌توان پارامتر *S* آیین‌نامه *UBC94* را با توجه به استاندارد ۲۸۰۰ معادل نمود. مثلاً چنانچه در استاندارد ۲۸۰۰ مقادیر  $S = 0.5$  و  $T_s = 0.5$  و پر بود ساختمان بزرگتر از  $T_s$  باشد خواهیم داشت:

$$\left. \begin{array}{l} 2800 \text{ استاندارد } B = (S+1) \left( \frac{T_s}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \\ UBC94 \text{ آیین‌نامه } C = 1/25 \frac{S}{T^{\frac{2}{3}}} \end{array} \right\} \xrightarrow{B=C} 2/5 \frac{0.5^{\frac{2}{3}}}{T^{\frac{2}{3}}} = 1/25 \frac{S}{T^{\frac{2}{3}}} \rightarrow S = 1/26$$

یعنی در چنین حالتی در صورت استفاده از آیین‌نامه *UBC94* در صورتی که  $S=1/26$  معرفی شود به توزیع مورد نظر استاندارد ۲۸۰۰ خواهیم رسید. البته در استفاده از این روش به این نکته توجه داشته باشید که آیین‌نامه *UBC94* ضریب بازتاب را به عدد  $2/75$  محدود می‌کند که در استاندارد ۲۸۰۰ چنین نیست.

#### ۵- اتصال تیر به تیر در اسکلت بتنی

استفاده از اتصال مفصلی در تیرهای بتنی در برخی از پروژه‌های محاسباتی مشاهده می‌شود. نظر مهندسی محاسب بر این اساس استوار است که با منظور کردن جزئیات اجرایی خاص مانند عدم استفاده از قلاب در انتهای تیر فرعی می‌توان به رفتار مفصلی نزدیک شد. نمونه چنین حالتی در تیرچه‌های بتنی سقف تیرچه بلوک وجود دارد که برای طراحی آن‌ها از فرض دو سر مفصل بودن تیرچه‌ها استفاده می‌شود. در صورت استفاده از اتصال مفصلی برای تیرهای بتنی توصیه می‌شود کنترل شود که آرماتورهای قسمت فوقانی تیر، حداقل معادل ۱۵ درصد حداکثر آرماتور خمشی تیر، تامین شده باشند.

#### ۶- ارتفاع سازه‌ای طبقات

پیشنهاد شده‌است به علت آنکه نرم‌افزار *EFEABS2000* ارتفاع ستون‌ها را از روی تیر تحتانی تا روی تیر فوقانی در نظر می‌گیرد، برای معرفی ارتفاع سازه‌ای طبقات از رقوم مندرج در نقشه‌های معماری استفاده شود.