

پیش‌گفتار

نرم‌افزارهای SAP2000 و EATBS شرکت CSI، از قوی‌ترین نرم‌افزارها در زمینه مدل‌سازی تحلیل و طراحی سازه‌های مهندسی عمران هستند.

از نرم‌افزار SAP2000 می‌توان برای تحلیل و طراحی انواع سازه‌های مهندسی استفاده کرد. به عنوان نمونه از قابلیت‌های نرم‌افزار SAP2000 می‌توان به تحلیل و طراحی پلها، سازه‌های ساحلی، ساختمانهای معمولی، پوسته‌ها، سدها و ... اشاره کرد. با توجه به وسعت دامنه کاربرد این نرم‌افزار و تخصصی بودن هر یک از قسمتهای آن، به نظر می‌رسد شاید کمتر کسی باشد که بتواند با تمام قابلیت‌های آن به صورت حرفه‌ای آشنا بوده و لزومی هم برای این منظور وجود ندارد. از سوی دیگر، تهیه راهنمای کامل برای هر یک از این قابلیت‌ها نیز به صورتی است که شاید هر کدام در قالب یک کتاب بگنجد. به همین دلیل سعی شد برای نرم‌افزار SAP2000 راهنمایی تهیه شود تا آموزش نکات مختلف آن از طریق ارائه مثالهای متنوع صورت گیرد. این مثالها و ساختار آنها به صورتی انتخاب شده‌اند که بیشتر قابلیت‌ها و نحوه کار با ابزارهای نرم‌افزار را شرح می‌دهند. مثالها به دو بخش تقسیم شده‌اند؛ مثالهای A تا Z در بخش اول و مثالهای ۱ تا ۲۱ در بخش دوم هستند. مثالهای بخش اول تا حد زیادی عمومی هستند و مطالعه آنها برای اکثر کاربران نرم‌افزار SAP2000 توصیه می‌شود. مثالهای بخش دوم تخصصی‌تر بوده و نیازهای کاربران حرفه‌ای‌تر را پوشش می‌دهند. از جمله مثالهای این بخش می‌توان به تحلیل و طراحی پلها، تحلیل‌های غیرخطی حین ساخت، روشهای در نظر گرفتن اثرات P-Delta، تهیه دفترچه محاسبات، ... اشاره کرد. همچنین لازم به یادآوری است که کلیه مثالها با نرم‌افزار SAP2000 v.11.0.8 مدل‌سازی شده و سیستم واحد کلیه مثالها متریک است.

برای مدل‌سازی مقاطع فولادی بیشتر مثالهای کتاب، از مقاطع مرکب فولادی استاندارد که دارای مشخصات هندسی صحیح هستند استفاده شده است. مشخصات این مقاطع مرکب که به صورت فایل‌های Pro هستند، از CD همراه کتاب "کتابخانه مقاطع کاربردی فولادی" از انتشارات علم عمران برداشت شده‌اند. ویژگی این مقاطع مرکب، رعایت ضوابط مربوط حداکثر بعد مجاز جوش گوشه برای جوش دادن ورق تقویتی به پروفیل IPE و همچنین رعایت ضوابط مربوط به کمانش ورقها است.

بخش سوم مربوط به مثالهای نرم‌افزار ETABS است. هدف از ارائه این بخش، شرح قابلیت‌های عمومی و تخصصی این نرم‌افزار است. این قسمت دارای ۱۵ مثال متنوع در زمینه مدل‌سازی ساختمانها، اعمال نیروی زلزله، اعمال نیروی باد، تحلیل غیر خطی ساخت مرحله‌ای، مدل‌سازی سطوح شیبدار پارکینگ در ساختمانها، مدل‌سازی صحیح اتصالات تیر به ستون، مدل‌سازی اتصال شبکه اجزا محدود سقف و دیوار و ... هستند. برای مدل‌سازی این مثالها از نرم‌افزار ETABS v.9.2.0 استفاده شده و سیستم واحد کلیه مثالها متریک است. مطالعه این بخش برای عموم کاربران نرم‌افزار ETABS توصیه می‌شود.

از ویژگیهای اصلی کتاب حاضر این است که عنوان هر مثال در قسمت‌های دوم و سوم کتاب، بیان‌کننده قابلیت خاصی در مدل‌سازی، تحلیل و طراحی است. بر همین اساس تنها به ارائه جامع آن قابلیت یا آن ابزار در نرم‌افزار پرداخته شده است و از ذکر نکات عام مربوط به آن، مانند مدل‌سازی و ... صرف نظر شده است. با این کار، کاربر تنها بحث اصلی را فرا گرفته و از تکنیک ارائه شده می‌تواند در هر پروژه دیگری به سرعت استفاده کند.

با توجه به گستردگی قابلیت‌های نرم‌افزار SAP2000 و ارائه یک راهنمای جامع برای این نرم‌افزار در قالب مثال، نشر علم عمران کتاب دیگری با نام "کلید مدل‌سازی پیشرفته در SAP2000" منتشر کرده است. مثال‌های این کتاب بیشتر در مورد استفاده از قابلیت‌های مدل‌سازی و تحلیل با المان‌های SHELL، PLANE، ASOLID و المان‌های غیرخطی هستند که به همراه مثال‌های این کتاب می‌توانند مرجع کاملی برای نرم‌افزار SAP2000 باشند. پیچیدگی هندسه‌های مدل شده و استفاده از ابزارهای بارگذاری و تحلیلی متنوع از مشخصات متمایز این کتاب است. مطالعه این کتاب برای کاربران پیشرفته نرم‌افزار SAP2000 توصیه می‌شود.

نویسندگان در خاتمه لازم می‌دانند از آقایان مهندس حبیب صمدزاد و مهندس رضا سرتیپی‌زاده که در ارائه برخی مثالها همکاری نمودند، و همچنین از مدیریت و پرسنل نشر علم عمران که نهایت همکاری را به عمل آوردند، تشکر و قدردانی شود.

مهدی داودنبی

امین توحیدی

مهیار لاجوردی

بهار ۱۳۸۸

بخش اول: مثال‌های A تا Z برنامه SAP2000	۱
مثال A- دیوار بتنی و قاب فولادی	۳
مثال B- دیوار بتنی	۲۳
مثال C- اسکلت خرابایی	۳۴
مثال D- تکیه‌گاه‌های مایل	۵۲
مثال E- میله‌های فولادی تحت کشش	۵۹
مثال F- دیوار مقاوم در برابر فشار هیدرواستاتیکی	۶۹
مثال G- قاب با نشست تکیه‌گاهی	۷۴
مثال H- تیر بتن آرمه	۷۹
مثال I- تیر بتنی پیش تنیده	۸۷
مثال J- تیر روی بستر ارتجاعی	۹۸
مثال K- قاب خمشی فولادی	۱۰۶
مثال L- بارگذاری تناوبی	۱۱۳
مثال M- ورق تحت واقع در صفحه X-Y	۱۲۳
مثال N- اندرکنش قاب و دیوار برشی	۱۳۰
مثال O- تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی به همراه استفاده از جداساز پایه	۱۴۲
مثال P- بار بحرانی کمانش	۱۶۲
مثال Q- سه قاب مختلف	۱۶۸
مثال R- بار متحرک روی پل	۱۸۲
مثال S- مدل اجزای محدود یک تیر فولادی همراه با ایجاد بازشوها در جان	۱۹۴
مثال T- سازه استوانه‌ای گنبدی شکل	۲۰۹
مثال U- سازه سقف‌دار به شکل نیم استوانه	۲۱۲
مثال V- بارگذاری حرارتی	۲۲۳
مثال W- تیر ساده تحت اثر بارگذاری‌های دوزنقه‌ای شکل	۲۳۰
مثال X- پل خرابایی	۲۳۵
مثال Y- تحلیل طیف پاسخ سیستم تک درجه آزادی	۲۴۵
مثال Z- تحلیل طیف پاسخ	۲۵۰
بخش دوم: مثال‌های پیشرفته برنامه SAP2000	۲۶۵
مثال ۱- پل با شاهتیر بتنی	۲۶۷
مثال ۲- پل کابلی با ساخت مرحله‌ای	۲۸۴
مثال ۳- ابزارهای ترسیم برنامه SAP2000	۳۰۰
مثال ۴- مقیدسازی شبکه اجزای محدود در دیوارها	۳۰۵
مثال ۵- آنالیز مودال یک قاب دو بعدی	۳۱۱
مثال ۶- تحلیل غیرخطی ساخت مرحله‌ای یک قاب دو بعدی	۳۱۴
مثال ۷- تحلیل تراکم طیفی نیرو	۳۲۰
مثال ۸- تحلیل استاتیکی غیر خطی	۳۲۹
مثال ۹- تحلیل طیف پاسخ	۳۳۶
مثال ۱۰- ابزار Section Designer	۳۳۹
مثال ۱۱- ترسیم المان‌های Solid	۳۴۵
مثال ۱۲- تنظیم ساختار اطلاعات خروجی تحلیل	۳۵۰
مثال ۱۳- ویرایش هندسه مدل با استفاده از پایگاه اطلاعاتی	۳۵۴
مثال ۱۴- تهیه دفترچه محاسبات	۳۵۹
مثال ۱۵- تحلیل تاریخچه زمانی	۳۶۲
مثال ۱۶- خروجی تحلیل تاریخچه زمانی	۳۶۶
مثال ۱۷- بارگذاری موج	۳۶۸
مثال ۱۸- مدل‌سازی مقاطع غیر منشوری	۳۷۱
مثال ۱۹- اثرات P-Delta	۳۷۶
مثال ۲۰- مهاربند با نیروی کششی	۳۸۳
مثال ۲۱- ابزار Insertion Point برای جابجایی خط مرکزی المان‌ها	۳۸۷
بخش سوم: مثال‌های پیشرفته برنامه ETABS	۳۹۹
مثال ۱- مقیدسازی خودکار شبکه اجزای محدود در سقف‌ها و دیوار	۴۰۱
مثال ۲- مدل‌سازی، تحلیل و طراحی سقف مرکب	۴۱۳
مثال ۳- طراحی قاب‌های بتنی	۴۲۳
مثال ۴- تحلیل غیرخطی مرحله‌ای	۴۲۸
مثال ۵- تحلیل و طراحی یک ساختمان چهار طبقه فولادی با سقف مرکب	۴۳۳

- مثال ۶- طراحی بر اساس کنترل تغییر مکان جانبی ۴۴۷
- مثال ۷- ابزارهای ترسیم ۴۴۹
- مثال ۸- مدل‌سازی پی و انتقال اطلاعات به برنامه SAFE ۴۵۴
- مثال ۹- مدل‌سازی سطوح شیبدار پارکینگ ۴۵۹
- مثال ۱۰- سطح شیبدار دایروی ۴۶۶
- مثال ۱۱- مدل‌سازی ناحیه اتصال تیر به ستون ۴۶۹
- مثال ۱۲- برش در مقاطع برای محاسبه نیروها ۴۷۳
- مثال ۱۳- مدل‌سازی ساختمان با هسته دیوار برشی ۴۷۸
- مثال ۱۴- طراحی دیوار برشی مجاور آسانسور ۴۸۶
- مثال ۱۵- طراحی دیوار برشی با سه روش ۴۹۶

- پیوست: معرفی برنامه Section Surfer ۵۰۳
- پ-۱- قابلیت‌های برنامه Section Surfer ۵۰۳
- پ-۲- شرح کلی قسمت‌های مختلف برنامه Section Surfer ۵۰۴
- پ-۲-۱- قسمت انتخاب نوع مقطع ۵۰۵
- پ-۲-۲- قسمت تعریف پارامترهای کنترلی ۵۰۹
- پ-۲-۳- نمایشگر شکل نوع مقطع ۵۱۲
- پ-۲-۴- فهرست اولیه جستجو ۵۱۲
- پ-۲-۵- فهرست نهایی ۵۱۴
- پ-۲-۶- منوهای برنامه ۵۱۴
- پ-۲-۷- منوی Edit ۵۱۵

مثال A- دیوار بتنی و قاب فولادی

مشخصات فولاد: $E = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ ، $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ و $\nu = 0.3$

مشخصات بتن: $E = 2.8 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ ، $\nu = 0.22$ و $w = 2400 \text{ kg/m}^3$

ستون‌ها: دارای اتصالات مفصلی در روی تراز پایه بوده و از نوع 2IPE240_PLf180x6 هستند.

تیرها: کلیه اتصالات انتهایی، بجز در نقاط اتصال مهاربند Δ شکل به تیر روی آن، به صورت مفصلی هستند.

کلیه تیر ورق‌های PG400x12_250x30 (مقاطع PG1 در شکل)، در نقاط 1/3 میانی دارای مهاربندی جانبی هستند.

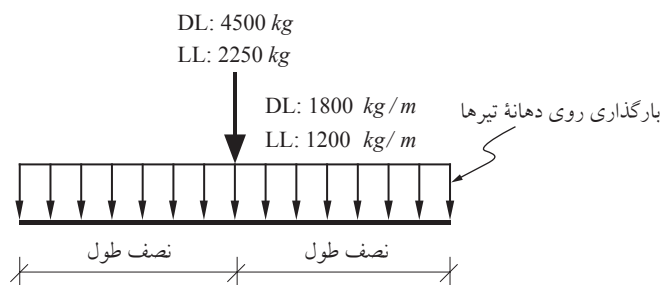
کلیه تیر ورق‌های PG400x6_150x12 (مقطع PG2 در شکل)، در نقاط 1/2 میانی دارای مهاربندی جانبی هستند.

مهاربندها: تمام مهاربندهای UNP220 در دو انتها به صورت مفصلی هستند.

آیین‌نامه طراحی: AISC-ASD89

بارگذاری روی دهانه تیرها

علاوه بر وزن تیر، بارگذاری نشان داده شده روی کلیه تیرها اثر می‌کند.

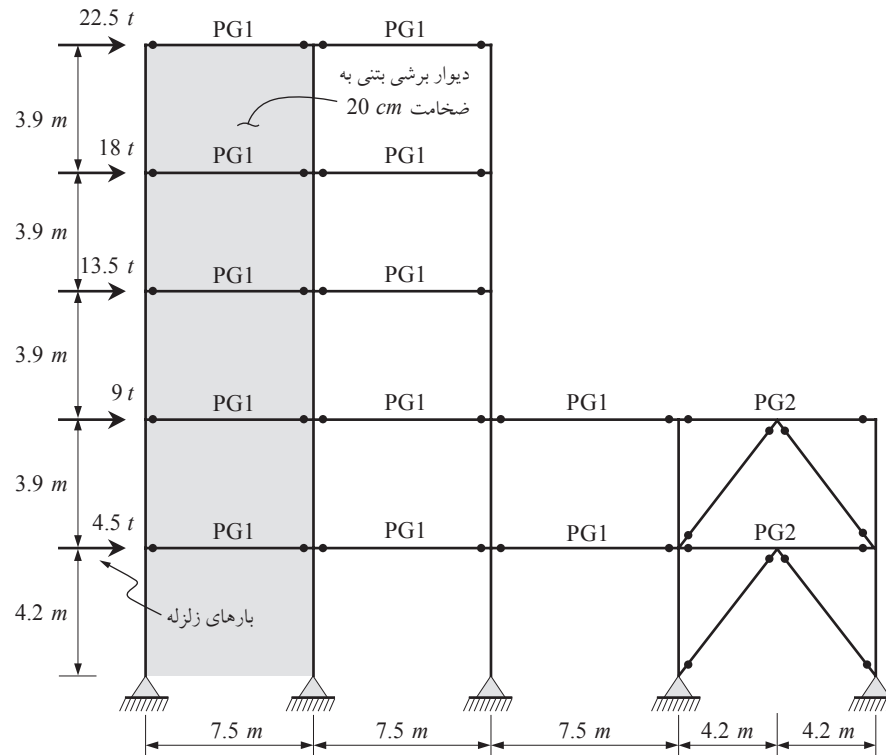


بارگذاری نشان داده شده شامل وزن تیر نیز است.

اهداف مورد نظر

۱- بدست آوردن عکس‌العمل‌ها تحت اثر ترکیب بارگذاری $DL + LL + EQ$


۲- بدست آوردن نسبت‌های تنش در اعضای فولادی



حل مسئله A

۱- سیستم واحد را به تغییر دهید.

۲- از منوی File، گزینه New Model را انتخاب کنید. جعبه محاوره‌ای New Model ظاهر می‌شود.

۳- روی دکمه  کلیک کنید. جعبه محاوره‌ای 2D Frame ظاهر می‌شود.

۴- در این جعبه محاوره‌ای مطابق شکل ۱-۱:

① در قسمت 2D Frame Type، گزینه Portal را انتخاب کنید.

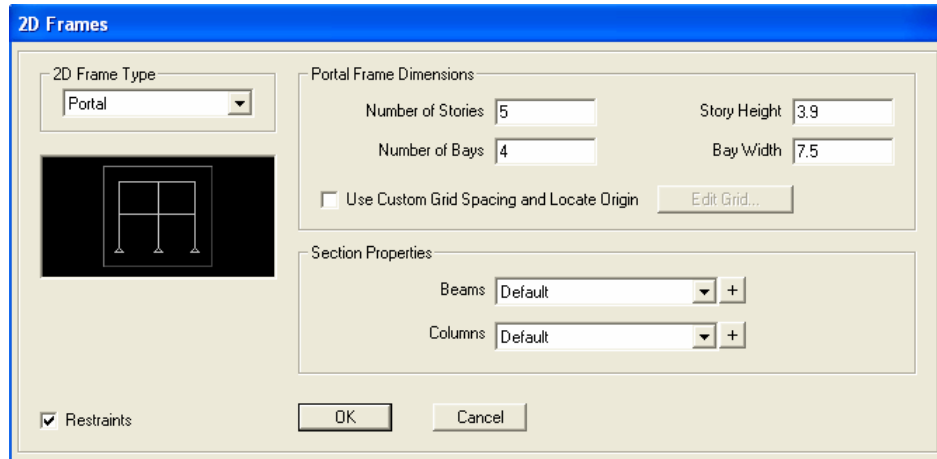
① در جعبه ویرایش Number of Stories، عدد 5 را وارد کنید.

① در جعبه ویرایش Number of Bays، عدد 4 را وارد کنید.

① در جعبه ویرایش Story Height، عدد 3.9 را وارد کنید.

① در جعبه ویرایش Bay Width، عدد 7.5 را وارد کنید.

① روی دکمه **+** در کنار فهرست کشویی Beams یا Columns کلیک کنید تا جعبه محاوره‌ای Frame Properties ظاهر شود.



شکل ۱-۱- جعبه محاوره‌ای 2D Frames

② در این جعبه محاوره‌ای، روی دکمه Import New Property کلیک کنید تا جعبه محاوره‌ای Import Frame Section Property ظاهر شود.

② از فهرست کشویی Frame Section Property Type، گزینه Other را انتخاب کنید.

② در جعبه محاوره‌ای ظاهر شده، روی دکمه General کلیک کنید تا جعبه محاوره‌ای Section Property File ظاهر شود. فایل PG.pro را از CD مقاطع مرکب فولادی انتخاب کنید و روی Open کلیک کنید. در این هنگام یک جعبه محاوره‌ای که شامل مقاطع تیر ورق است ظاهر می‌شود.

③ در این جعبه محاوره‌ای، روی دکمه **+** کلیک کنید تا جعبه محاوره‌ای Define Materials ظاهر شود.

④ در این جعبه محاوره‌ای، روی دکمه Add New Material Quick کلیک کنید تا جعبه محاوره‌ای Quick Material Definition ظاهر شود.

⑤ بررسی کنید که از فهرست کشویی Material Type، گزینه Steel انتخاب شده باشد.

⑤ از فهرست کشویی Specification، گزینه ASTM A36 را انتخاب کنید.

⑤ روی دکمه OK کلیک کنید تا به جعبه محاوره‌ای Define Material بازگردید.

تکنیک‌های پیشرفته مدل‌سازی، تحلیل و طراحی در SAP2000 و ETABS

④ از فهرست Materials، عبارت A36 را انتخاب کنید و سپس روی دکمه Modify/Show Material کلیک کنید تا جعبه محاوره‌ای Material Property Data ظاهر شود. در این جعبه محاوره‌ای مطابق شکل ۱-۲:

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: A36

Material Type: Steel

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 0

Mass per Unit Volume: 0

Units: Kgf, cm, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2E6

Poisson's Ratio, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0

Shear Modulus, G: 769230.8

Other Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 2400

Minimum Tensile Stress, Fu: 4200

Effective Yield Stress, Fye: 3796.576

Effective Tensile Stress, Fue: 4485.5842

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

شکل ۱-۲- جعبه محاوره‌ای Material Property Data

⑤ بررسی کنید که سیستم واحد **Kgf, m, C** باشد.

⑤ در جعبه ویرایش Weigh Per Unit Volume، وزن واحد حجم را برابر صفر قرار دهید.

⑤ سیستم واحد را به **Kgf, cm, C** تغییر دهید.

⑤ در جعبه ویرایش Modulus of Elasticity, E، مدول الاستیسیته را برابر 2E6 قرار دهید.

⑤ در جعبه ویرایش Poissons Ratio, U، ضریب پواسون را برابر 0.3 قرار دهید.