

((مدلسازی، تحلیل و طراحی خرابای قوسی توسط نرم افزار Sap2000 14))

مشخصات خرپا

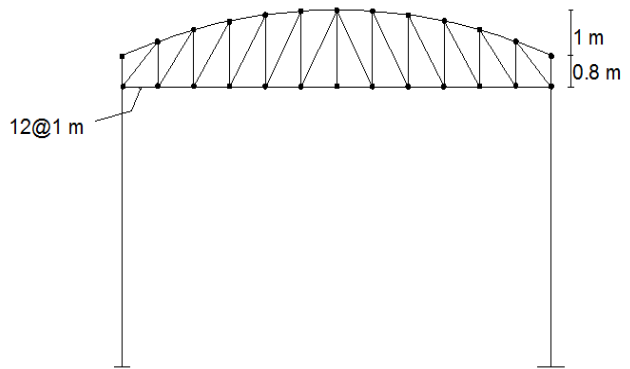
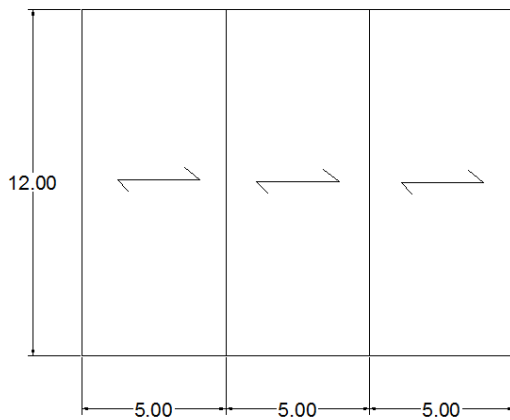
مکان ساخت: قائمشهر و در خارج شهر در مکان باز

نوع خاک: III

تنش مجاز فشاری خاک: $1.5 \frac{kg}{cm^2}$

سقف: از نوع معمولی و کم وزن ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع

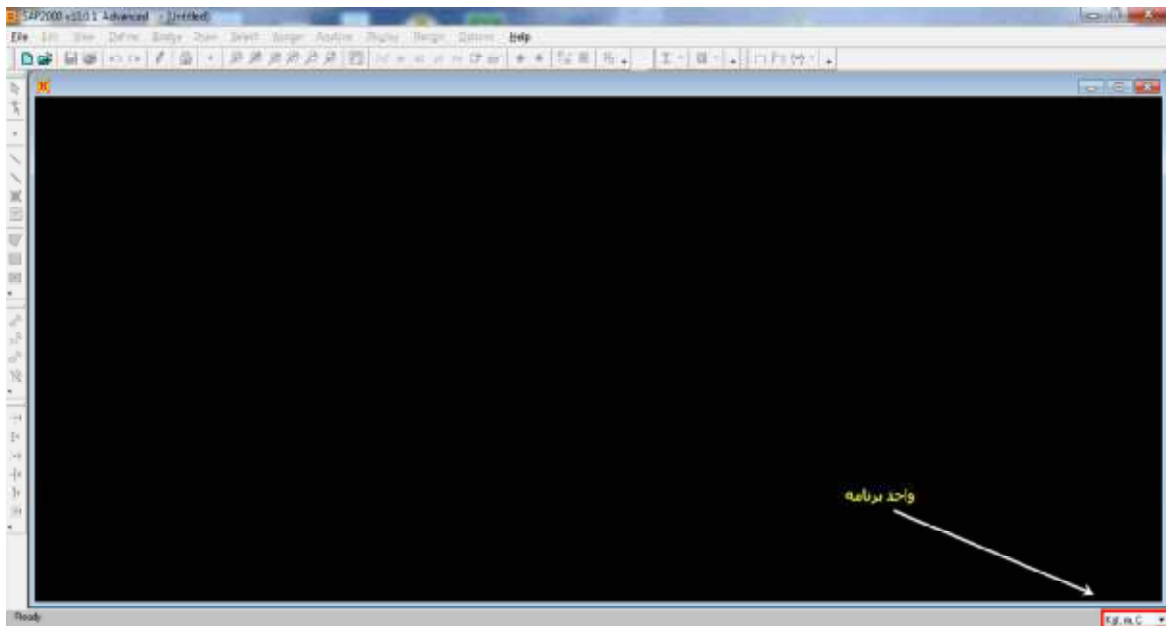
آیین نامه طراحی: AISC-ASD89



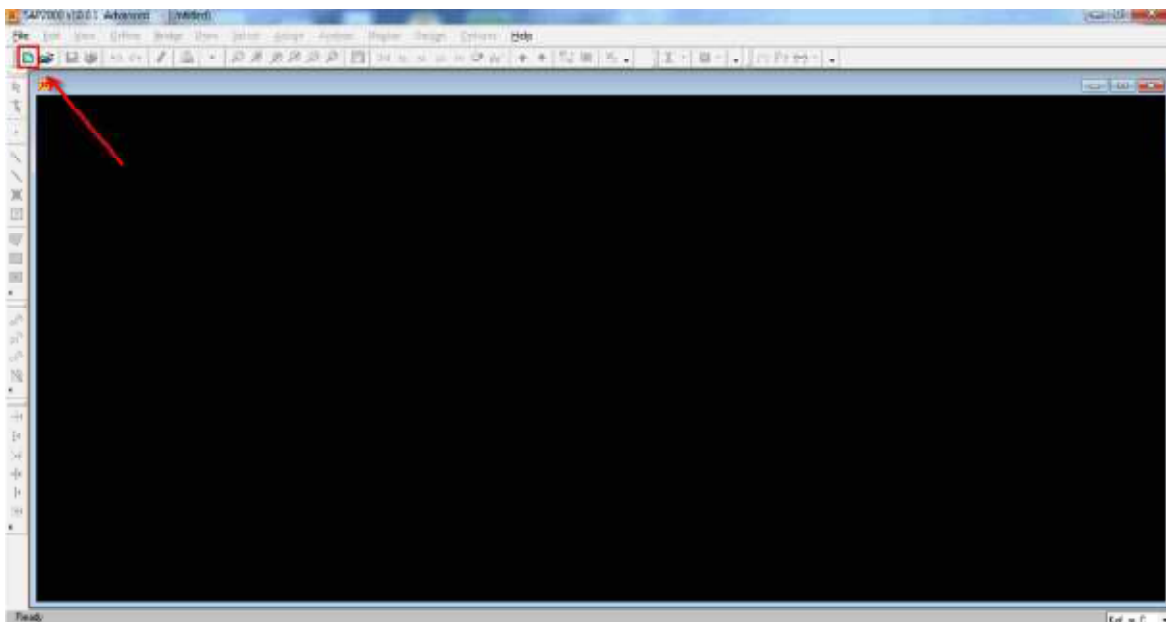
شکل ۱-۱ - نقشه خرپا

مدلسازی خرپا

انتخاب واحد:

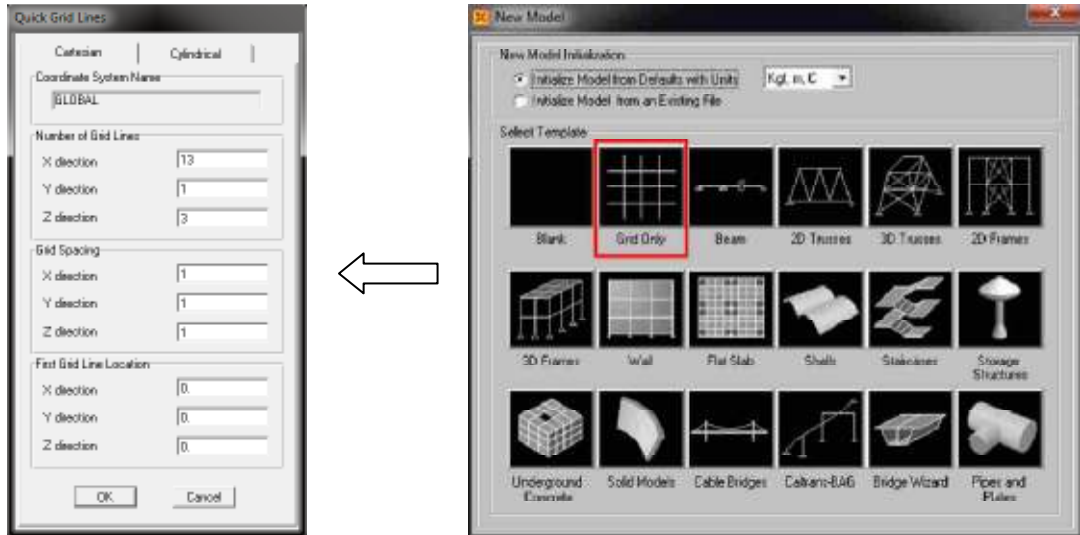


ایجاد پروژه جدید:



تنظیمات خطوط شبکه:

در این مدلسازی به صفحه سه بعدی (3D) نیازی نیست. به نمای X-Z بروید.

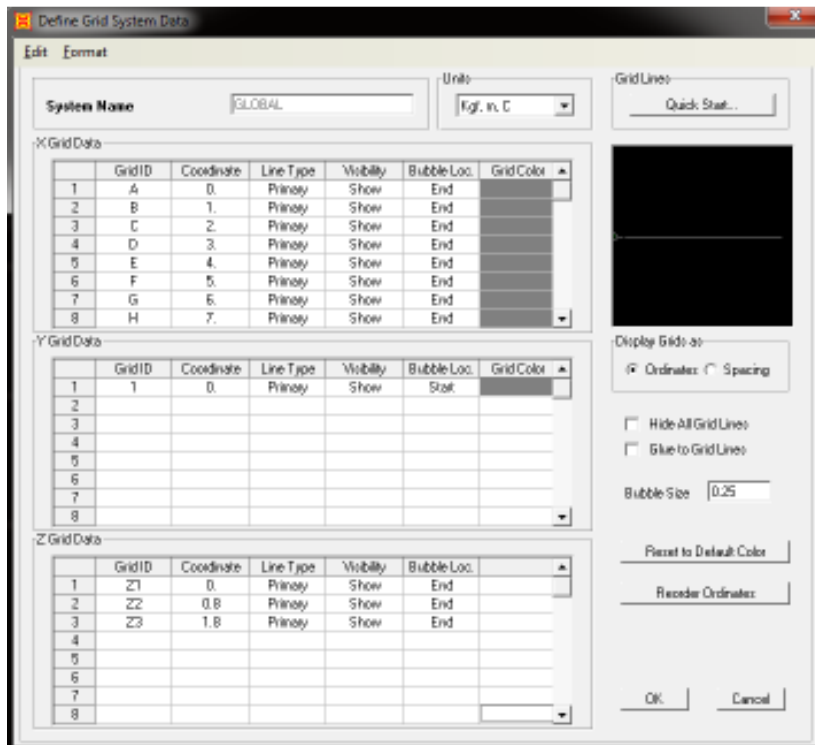


اصلاح آکس ها:


Define-Coordinate System/Grids-Global-Modify/Show System

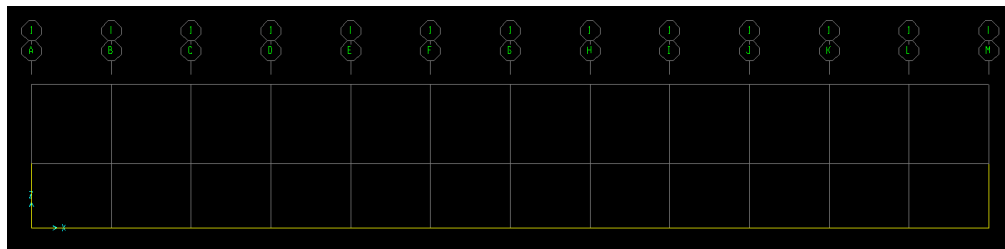
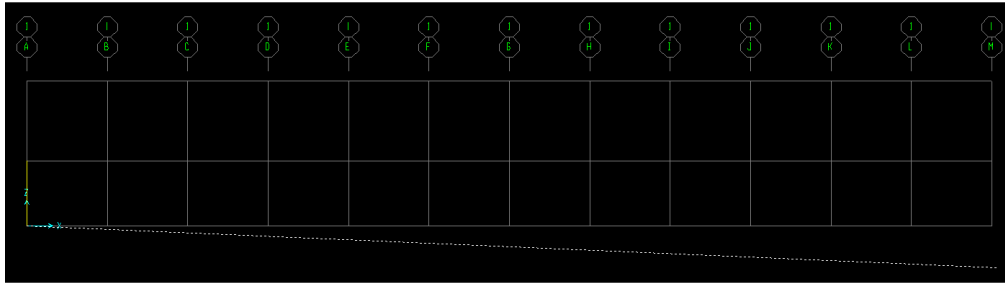
یا

راست کلیک بر روی صفحه اصلی برنامه و انتخاب Edit Grid Data.

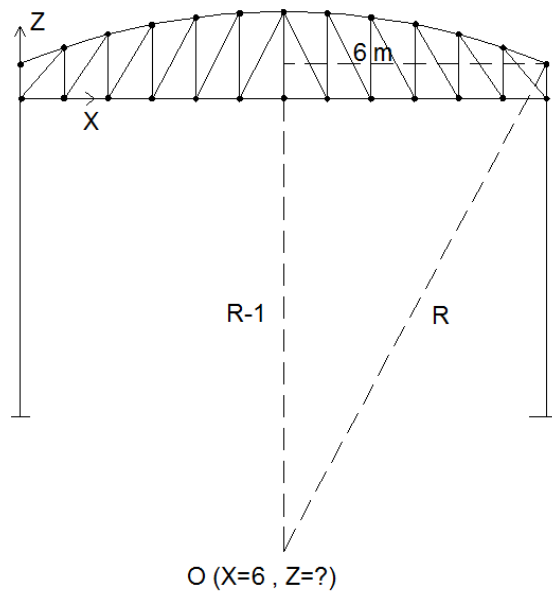


ترسیم اعضاء خریا:

برای ترسیم از دکمه  کمک می گیریم.



توجه: برنامه Sap و Etabs قادر به ترسیم کمان نیستند. بنابراین باید از راه ترسیم خطوط شکسته کمان را رسم کنیم.




$$R^2 = (R - 1)^2 + 6^2 \Rightarrow R = 18.5 \text{ m}$$

$$Z = R - 1 - 0.8 = 18.5 - 1 - 0.8 = 16.7 \text{ m}$$

پس از ترسیم این سه عضو، از حالت ترسیم خارج شده و برای ترسیم کمان، با کلیک گره M1 را انتخاب می کنیم.

Edit-Extrude-Extrude Points to Frames/Cables




آخرین خط کمان به دلیل رند کردن در محاسبه مشخصات هندسی کمان توسط ما ممکن است به گره آخر نرسیده باشد. می توان برای رفع این مشکل عضو آخر را حذف و با گزینه  خودمان این خط را رسم کنیم.

اصلاح موقعیت مختصاتی گره محل المانهای قائم روی کمان:

در محل گرهها راست کلیک کرده و در قسمت Location، در جعبه روبروی X، دبل کلیک کرده و مقدار صحیح X Cordinate را قرار دهید.

ترسیم المانهای قائم و موری خرپا:

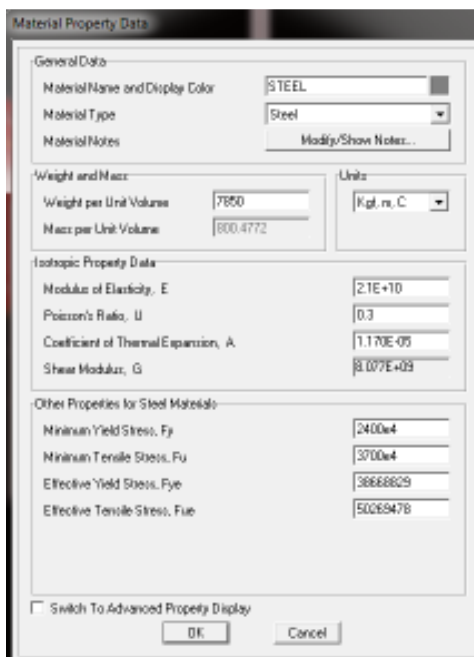
و با گزینه  المانهای مورد نظر را رسم می کنیم.

معرفی مشخصات

معرفی مشخصات مصالح فولاد

Define-Materials-A992Fy50-Modify/Show Materials

حال مطابق شکل زیر برای St37 این جدول را تنظیم می کنیم.



معرفی مقطع المانها

تمامی اعضاء خريپا را دوبرل نبشی در نظر می گیریم.

Define-Section Properties-Frame Sections-Import New Property-Other-General

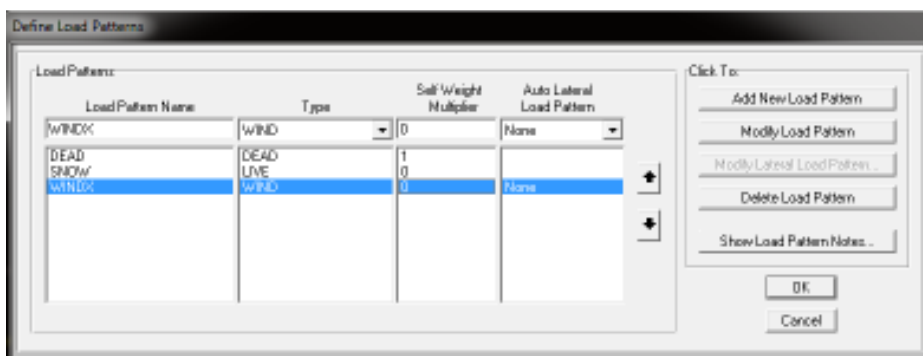
و مقاطع دوبرل ناودانی ۶ تا ۱۲ را به عنوان حدس اولیه وارد می کنیم و لیست مقاطع خودکار را از آدرس:

Define-Section Properties-Frame Sections-Add New Property-Steel-Auto Select List

درست می کنیم.

معرفی حالت بارها

Define-Load Patterns



معرفی ترکیب بارها

Define-Load Combination

- COMB1: DL
- COMB2: DL + SNOW
- COMB3: DL + WINDX

COMB4: DL + SNOW + 0.5 × WINDX
COMB5: DL + 0.5 × SNOW + WINDX

نکته: بارهای باد همانند بارهای زلزله رفت و برگشتی نیستند. پس نباید مثل زلزله بارهای باد را با علامت منفی وارد کرد. در خرپاهای متقارن جهت وزش باد را ثابت فرض می کنیم و مقاطع حداکثر را پس از طراحی در جهت دیگر نیز قرار می دهیم.

DEFLECTION: DL + SNOW

اختصاص اتصال در تکیه گاهها

گره های انتهایی سازه را انتخاب و آنها را از طریق دستور زیر مفصلی می کنیم.

Assign-Joint-Restraint

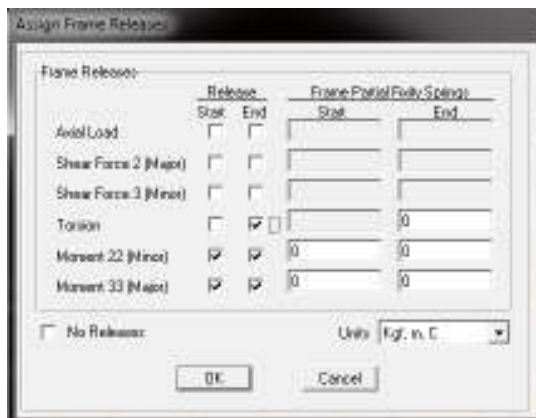
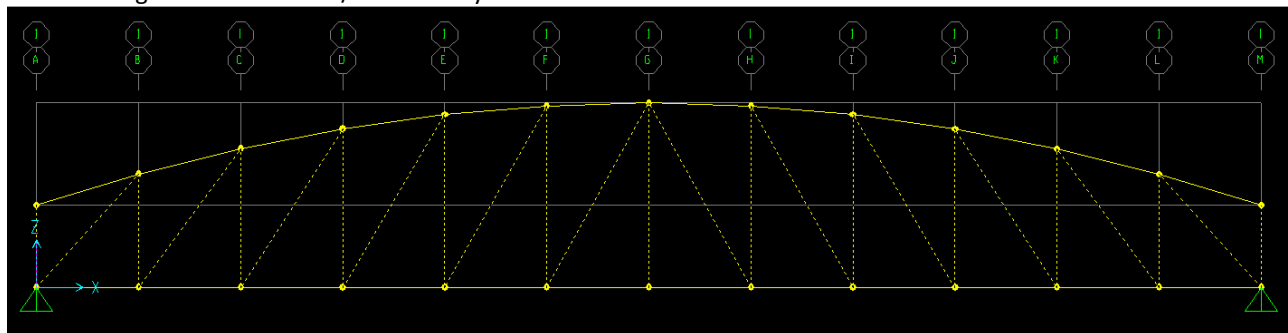
اختصاص مقطع المانها

All-Assign-Frame-Frame Section-Truss

اختصاص المان مفصل به المان های قائم و مورب

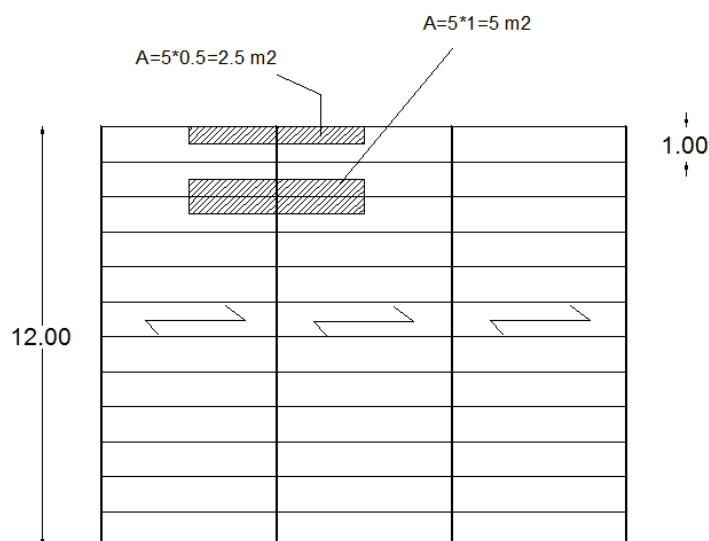
المان های قائم و مورب را انتخاب می کنیم.

Assign-Frame-Releases/Partial Fixity



بارگذاری خرپا

الف) بارگذاری ثقلی



با توجه به وجود لایه در هر متر از این سقف این سالن، برای هر گره انتهایی خرپا، سطح بارگیر $2/5$ مترمربع و برای گره‌های وسطی سطح بارگیر 5 مترمربع می‌باشد.

برای گره‌های کناری:

$$P_{DL} = 2.5 \times 100 = 250 \text{ kg}$$

$$P_{LL} = 2.5 \times 150 = 325 \text{ kg}$$

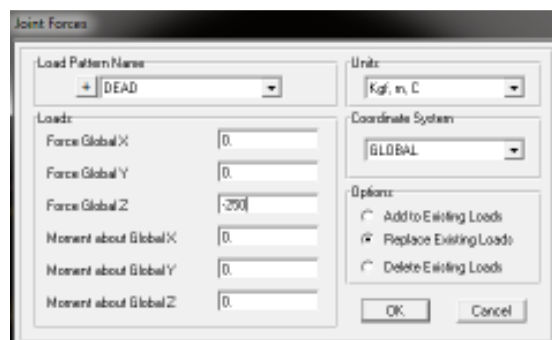
$$P_{DL} = 5 \times 100 = 500 \text{ kg}$$

$$P_{LL} = 5 \times 150 = 750 \text{ kg}$$

برای گره‌های میانی:

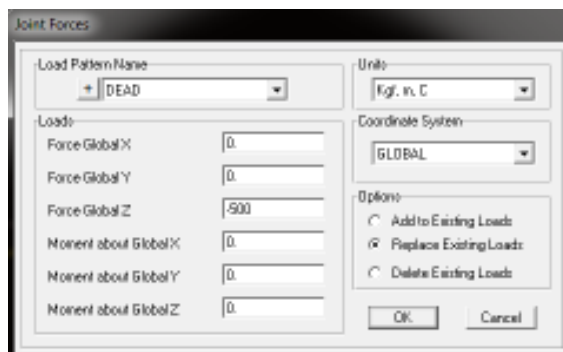
برای اعمال این بارها، ۲ گرهی انتهایی را انتخاب می‌کنیم:

Assign-Joint Loads-Forces



حال کلیه گره‌های میانی خرپا را انتخاب می‌کنیم:

Assign-Joint Loads-Forces



به همین ترتیب بارهای برف (P_{LL}) این گره ها را اختصاص می دهیم.

ب) بارگذاری جانبی باد

$$p = C_e \cdot C_q \cdot q$$

فشار مبنای باد در شهر قائمشهر ۴۰/۵ دکانیوتون بر متر مربع می باشد.

$$q = 40.5 \text{ dN/m}^2$$

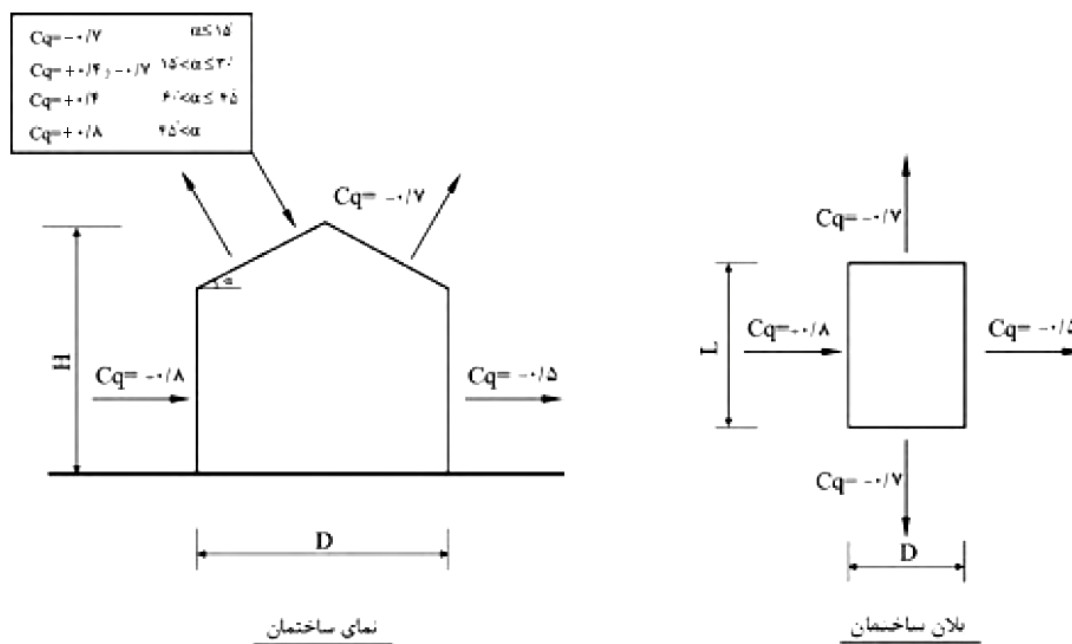
جدول شماره ۶-۶-۲ ضریب اثر تغییر سرعت برای ارتفاع ترازهای مختلف

۱۰-۱۲۰	۸۰-۱۰۰	۶۰-۸۰	۵۰-۶۰	۴۰-۵۰	۳۰-۴۰	۲۰-۳۰	۱۰-۲۰	۰-۱۰	ارتفاع تراز مورد نظر (به متر)
۲/۹	۲/۸	۲/۶	۲/۴	۲/۳	۲/۲	۲/۱	۱/۹	۱/۶	نواحی بند (الف)
۲/۰	۲/۹	۲/۸	۲/۷	۲/۶	۲/۵	۲/۴	۲/۳	۲/۰	نواحی بند (ب)

مربوط به خارج شهرها می باشد. با توجه به ارتفاع ۷ متری سوله مورد نظر ضریب تغییر سرعت (C_e) برابر است با:

$$C_e = 2$$

با توجه به اشکال زیر ضریب شکل برای سطوح مختلف برابر است با:

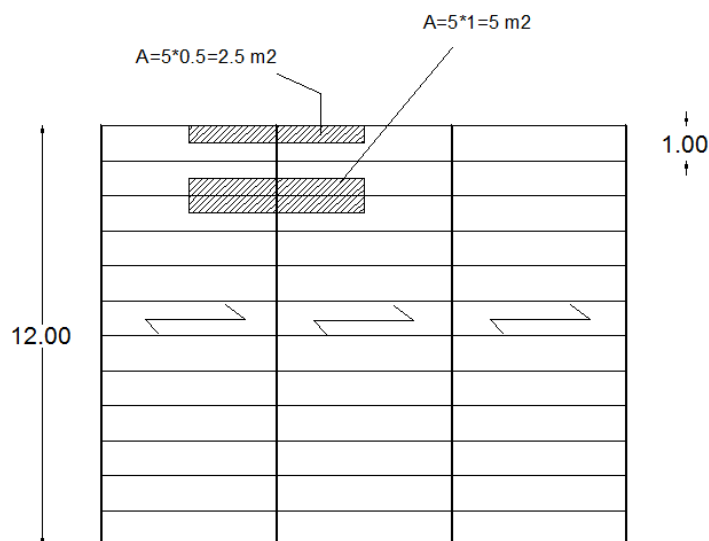


طبق بند ۶-۶-۷-۳ مبحث دهم، در بام های قوسی باید با توجه به شیب قوس در طول آن تعیین گردد. برای این منظور کافی است قوس به صورت یک چند ضلعی در نظر گرفته شده و ضریب شکل برای هر یک از اضلاع با توجه به شیب آن بر طبق ضابطه بند ۶-۶-۷-۱ تعیین گردد. تعداد قطعات چند ضلعی در هر نیم قوس نباید از سه قطعه کمتر باشد. با فرض خطی بودن قوس داریم:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{1}{6}\right) = 9.46^\circ \leq 15^\circ \Rightarrow C_q = -0.7$$

برای هر دو وجه

(تقسیم بندی قوس و به دست آوردن ضریب شکل هر قسمت، به عهده خواننده گذاشته شده است).



برای گره های کناری:

$$P_{wind} = 2 \times 0.7 \times 40.5 \times 2.5 \cong 142 \text{ kg}$$

برای گره های میانی:

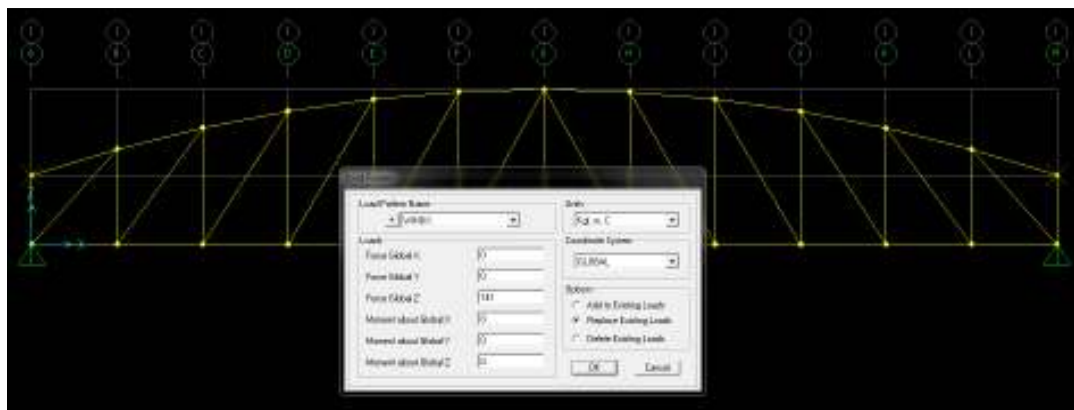
$$P_{wind} = 2 \times 0.7 \times 40.5 \times 5 \cong 284 \text{ kg}$$

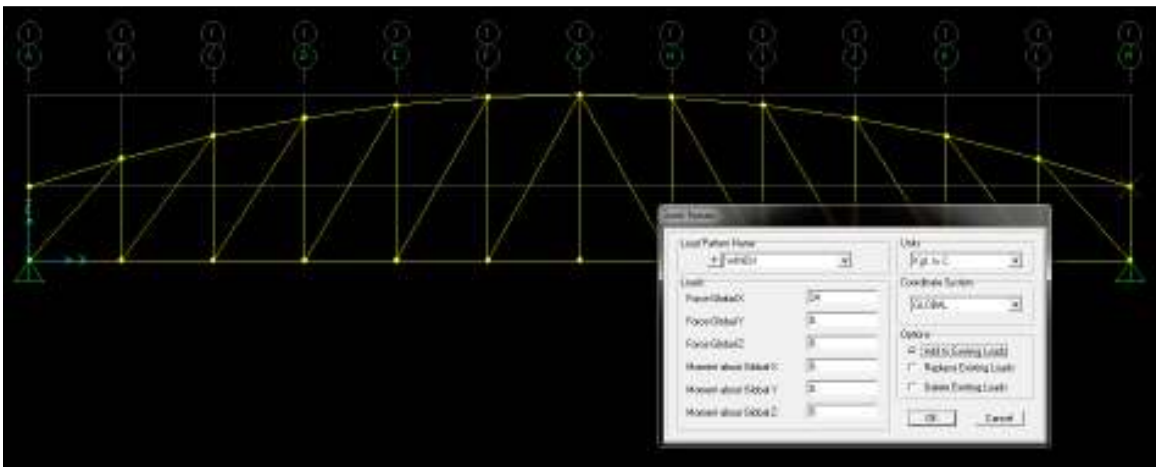
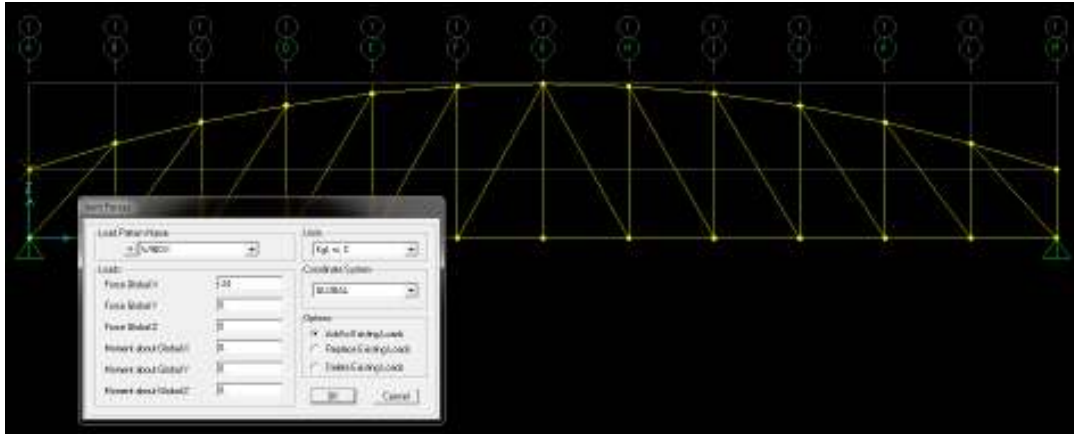
این نیروها در راستای عمود بر اعضاء فوقانی خریا به سمت بالا (حالت کششی)، بر گره های خریا وارد می شوند. برای این کار می توان بار را به طور دستی در دو راستای X, Y تجزیه و سپس اعمال نمود.

تجزیه نیروی باد برای گره های کناری:

$$P_{wind z} = 142 \times \cos 9.46^\circ \cong 141 \text{ kg}$$

$$P_{wind x} = 142 \times \sin 9.46^\circ \cong 24 \text{ kg}$$

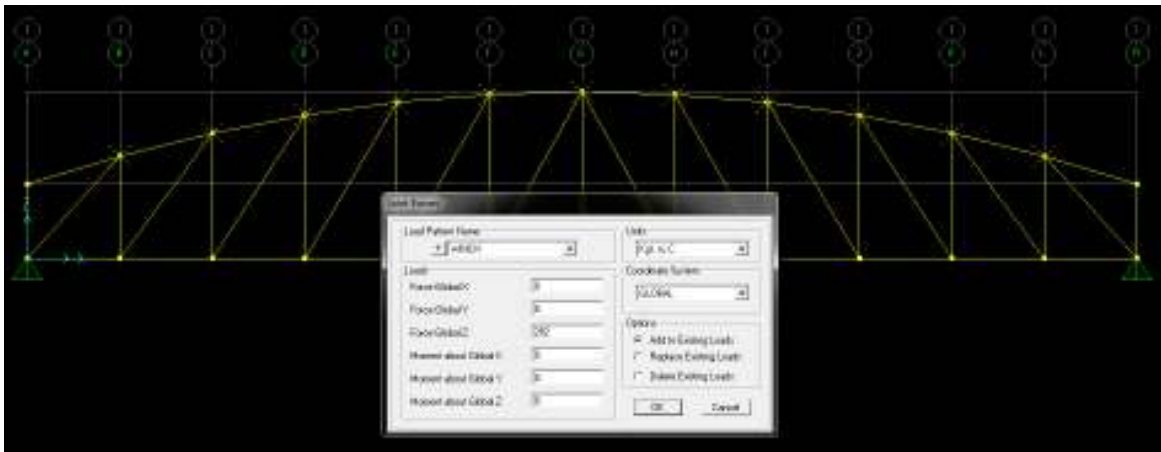


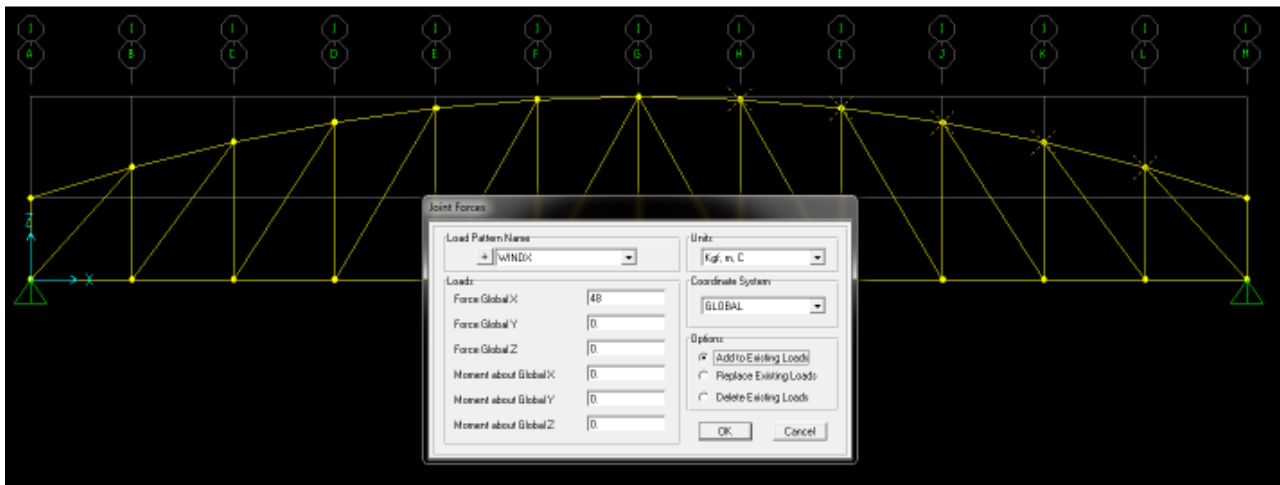
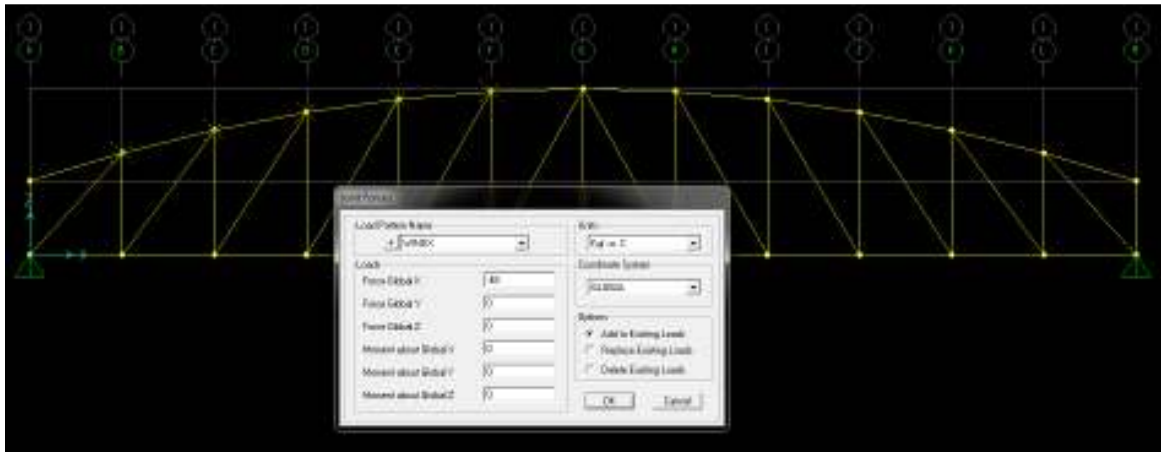


تجزیه نیروی باد برای گره‌های میانی:

$$P_{wind z} = 284 \times \cos 9.46^\circ \cong 282 \text{ kg}$$

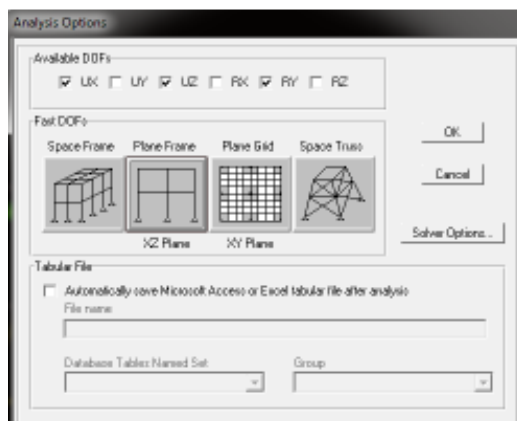
$$P_{wind x} = 284 \times \sin 9.46^\circ \cong 48 \text{ kg}$$





تحليل خرپا

Analyze-Set Analysis Options



حال بر روی دکمه Run کنید و سپس Run Now را بفشارید.

کنترل خیز خرپا:

الف) برای بار برف

Display-Show Deformed Shape-SNOW-OK

حال مکان نما را به وسط قسمت تحتانی خرپا برده و مقدار U3 را بخوانید.

$$U3 = -0.0021 \text{ m} = -0.21 \text{ cm} = -2.1 \text{ mm}$$

علامت منفی هم به خاطر پایین بودن تغییر مکان است. خیز مجاز تحت بار زنده (در اینجا برف) از $\frac{1}{360}$ طول دهانه بیشتر باشد. خیز مجاز برابر است با:

$$\frac{12}{360} = 0.033 \text{ m} = 3.3 \text{ cm} = 33 \text{ mm} > 2.1 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

الف) برای بار برف + بار مرده

Display-Show Deformed Shape-SNOW-OK

حال مکان نما را به وسط قسمت تحتانی خرپا برده و مقدار U3 را بخوانید.

$$U3 = -0.0038 \text{ m} = -0.38 \text{ cm} = -3.8 \text{ mm}$$

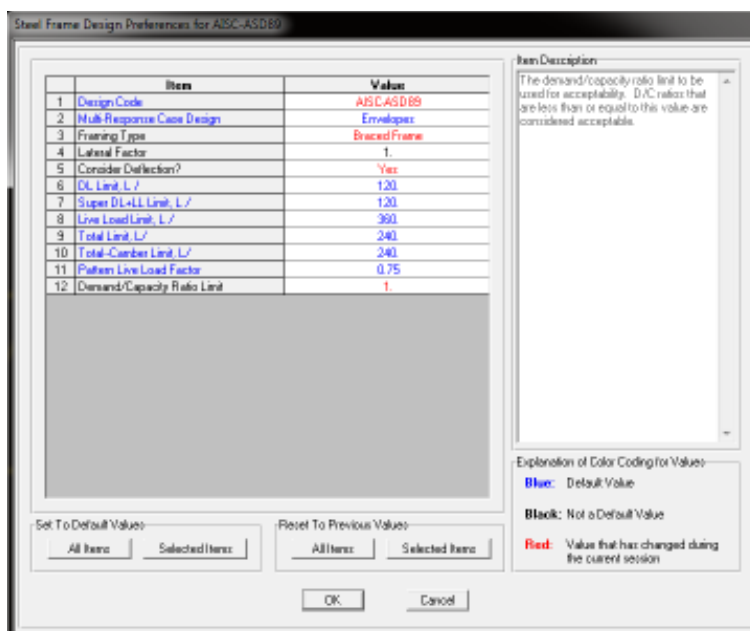
علامت منفی هم به خاطر پایین بودن تغییر مکان است. خیز مجاز تحت بار زنده (در اینجا برف) + بار مرده نباید از $\frac{1}{240}$ طول دهانه بیشتر باشد. خیز مجاز برابر است با:

$$\frac{12}{240} = 0.05 \text{ m} = 5 \text{ cm} = 50 \text{ mm} > 3.8 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

طراحی خرپا

گام ۱- تنظیم پارامترهای طراحی

Design-Steel Frame Design-View/Revise Preferences



نکته: آیین نامه AISC-ASD89 ضوابط طرح لرزه ای ندارد. در خرپا هم نیازی به ضوابط طراح لرزه ای نیست.

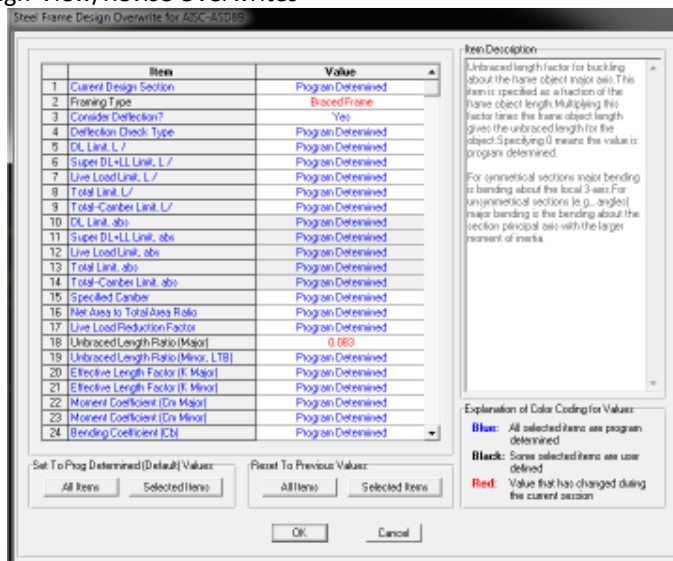
نکته: با انتخاب گزینه Yes از قسمت Consider Deflection به برنامه می گوییم در طراحی ها کنترل خیز را در نظر داشته باش. در این صورت دیگر نیازی به کنترل خیز در خروجی های نتایج تحلیل نیست.

نکته: اعضاء خرپا فقط نیروی محوری دارند برای همین گزینه Braced Frame انتخاب شد.

گام ۲- تنظیم پارامترهای طراحی المان افقی خرپا

با کلیک المان افقی خرپا (پایین خرپا) را انتخاب کرده (یک المان سراسری ۱۲ متری است) و:

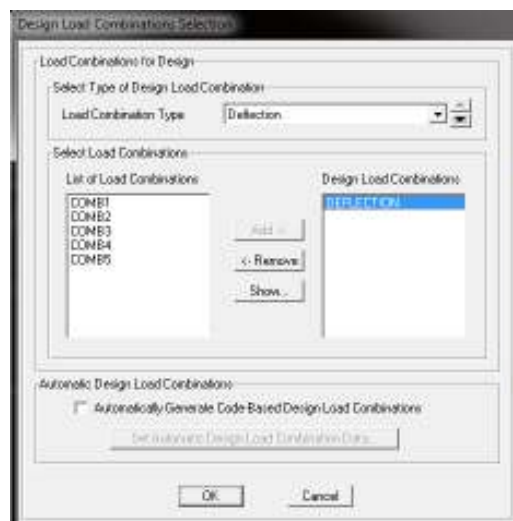
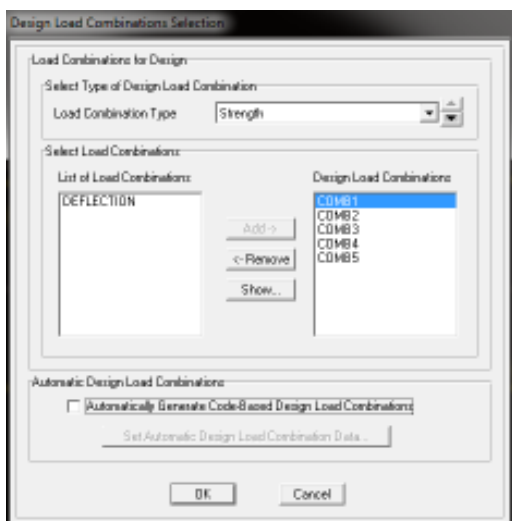
Design-Steel Frame Design-View/Revise Overwrites



این یعنی در هر ۰/۰۸۳ از طول المان افقی، یک مهار قائم ایجاد شده است. برای کمان که به صورت شکسته در Sap مدل می شود نیازی به این تعریف نیست.

گام ۳- معرفی ترکیب بارهای طراحی در پروسه طراحی برنامه

Design-Steel Frame Design-Select Design Combos



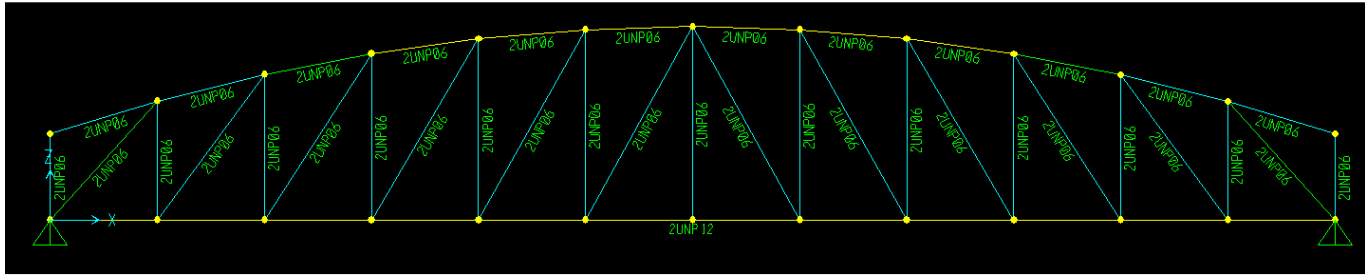
گام ۴- شروع طراحی خرپا

Design-Steel Frame Design- Start Design/Check of Check of Structure

به علت اینکه از مقاطع خوکار استفاده کردیم باید مقاطع تحلیل و طراحیمان یکی باشد. برنامه Sap بر خلاف Etabs این کار را انجام نمی دهد و کاربر باید به طور دستی این کار را انجام دهد.
برای دیدن مقطعی که در تحلیل و طراح متفاوت هستند از دستور زیر استفاده کنید:

Verify Analysis Vs Design Section

در صورت صفر بودن این عدد، مجدداً تحلیل و طراحی را انجام دهید و این کار را تا جایی تکرار کنید که این عدد صفر شود. در نهایت مقاطع انتخابی به شرح زیر هستند:



توجه: برنامه‌های Etabs و Sap در طراحی مقطع مهاربندها ضعف دارند. اگر مقاطع بادبندی را (که در این پروژه دابل ناودانی و فشرده است) General معرفی کنیم شکل هندسی آن را برنامه نمی‌شناسد فلذا پیغام غیرفشرده‌گی می‌دهد (با راست کلیک کردن و کلیک بر روی Details این پیغام قابل مشاهده است). آیین‌نامه UBC می‌گوید که این مقاطع باید فشرده باشند به همین ترتیب برنامه مقطع اول (ضعیف‌تر) را اختصاص داده و سپس آن را حذف و به همین ترتیب سایر مقاطع بادبندی را تا بالاترین مقطع اختصاص می‌دهد. از این جهت مقاطع بادبندی غیر اقتصادی هستند.

اما در آیین‌نامه AISC-ASD89 ضوابط طرح لرزه‌ای مثل UBC97-ASD موجود نیست. فلذا مشکل غیر اقتصادی انتخاب کردن مقاطع بادبندها توسط برنامه به علت عمومی تعریف شدن مقاطع دابل در آیین‌نامه وجود ندارد.