



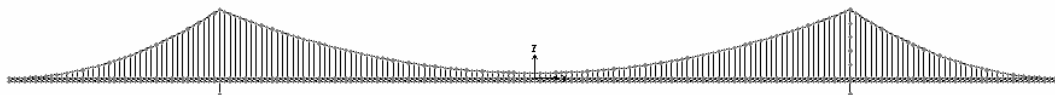
mranDL.ir

مرکز تخصصی دانش و مهندسی عمران



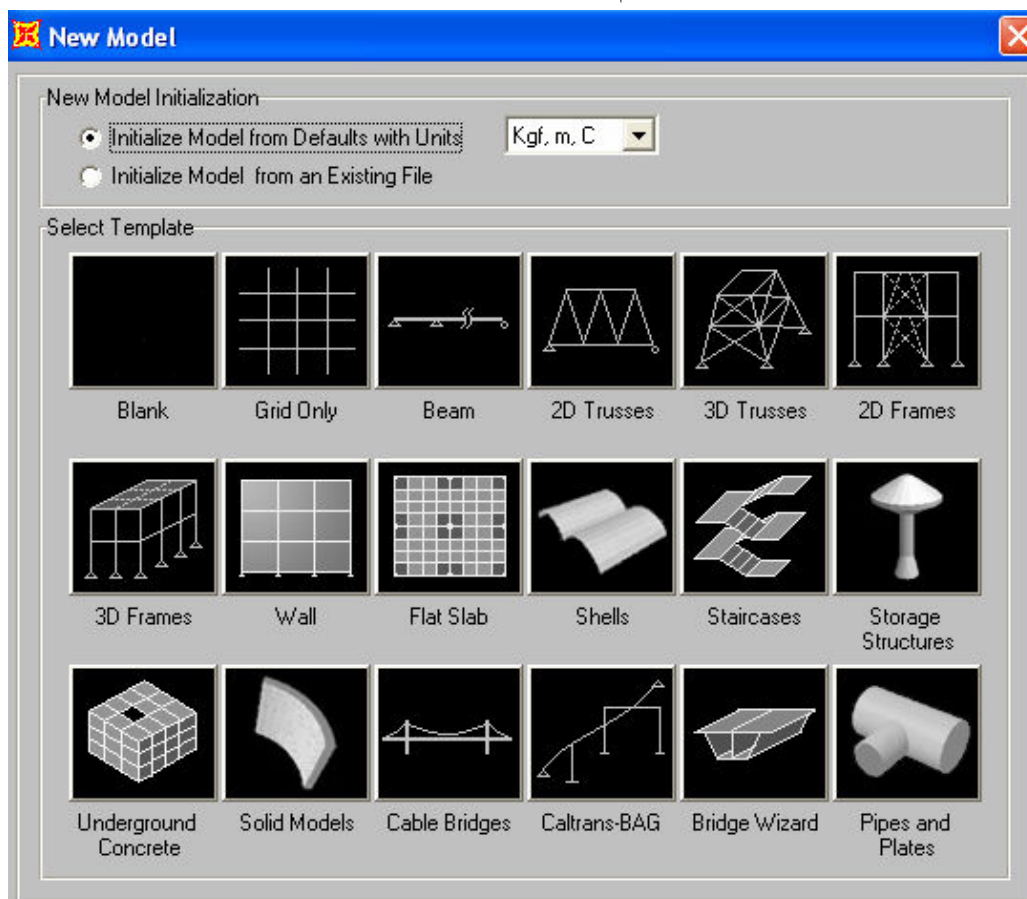
مدلسازی پل معلق

مدلسازی پل معلق



مشخصات پل معلق

در این مثال پل مورد نظر دارای سه دهانه است. دو دهانه کناری آن ۲۰۰ متر و دهانه میانی آن ۶۰۰ متر می باشد. عبورگاه پل ۶ متر و ارتفاع کل برج میانی، ۷۰ متری باشد. برای ایجاد هندسه پل، مراحل زیر را انجام می دهیم. دستور **File > New Model From Template** را اجرا کرده یا روی دکمه نظیر آن یعنی  تیک می زنیم تا پنجره ۱-۳ ظاهر گردد.



پنجره ۱-۳

در پنجره ظاهر شده روی شمایل **Cable Bridges** تیک بزنید. تا پنجره ۲-۳ نمایان شود.

Suspension Bridge



Parametric Definition

Suspension Bridge Dimensions

Left Span Length, L1	200	Number of Divisions, N1	40
Middle Span Length, L2	600	Number of Divisions, N2	120
Right Span Length, L3	200	Number of Divisions, N3	40
Deck Width, W	6	Minimum Middle Sag, S	5
Column Height, H1	15	Column Height, H2	65

Section Properties

Beams	W18X35
Columns	W18X40
Cables	W18X55
Areas	ASEC1

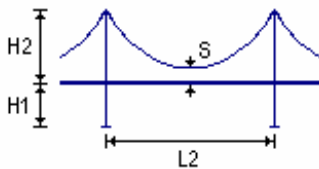
☒ Restraints
☒ Gridlines

پنجره ۲-۳

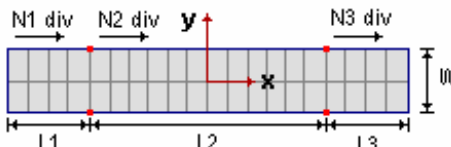
با تیک زدن روی دکمه Parametric Definition، پنجره ۳-۳ را نمایان می کنیم.

Parameters

W: Deck Width
S: Minimum Middle Sag
N1: Number of Divisions, Left Span
N2: Number of Divisions, Middle Span
N3: Number of Divisions, Right Span



Elevation



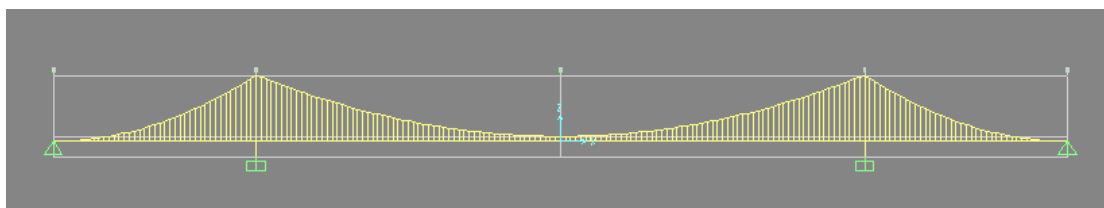
Plan

پنجره ۳-۳

۶۹

L1	 طول دهانه سمت چپ
L2	 طول دهانه میانی پل
L3	 طول دهانه سمت راست
S	 کمترین فاصله بین عرشه و کابل اصلی در مرکز دهانه ی میانی پل
W	 عرض عرشه پل
H1	 ارتفاع برج از پی تا عرشه
H2	 ارتفاع برج از عرشه تا محل قرار گیری کابل اصلی
N1	 تعداد تقسیمات دهانه سمت چپ برای قرار گیری آویزها
N2	 تعداد تقسیمات دهانه وسطی برای قرار گیری آویزها
N3	 تعداد تقسیمات دهانه سمت راست برای قرار گیری آویزها

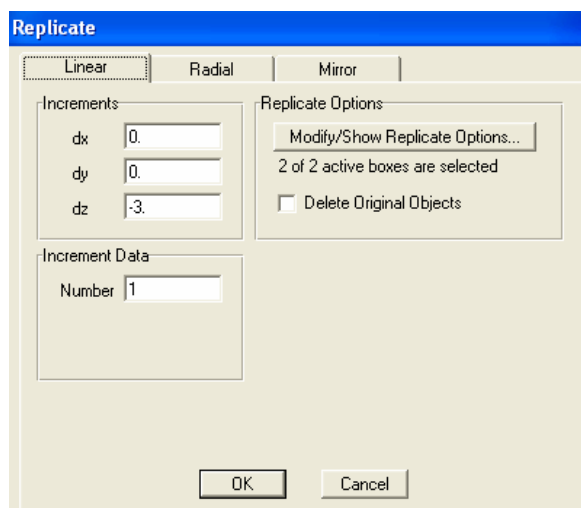
این اطلاعات را برای پل مورد نظر، مطابق پنجره ۳-۳ وارد می کنیم. با تیک زدن روی دکمه OK، مدل پل مطابق پنجره ۳-۴ نمایان می شود. در قسمت Section Properties برای هر عضو یک مقطع متفاوت را معرفی می کنیم. تا در انتخاب مقاطع و تغییر مقاطع آنها، مشکل نداشته باشیم.



پنجره ۳-۴

در مدل پیش فرض، مقطع عرشه را یک تیر به مقطع W18*35 معرفی کردیم. با توجه به دهانه زیاد پل، عرشه را به صورت خرپا مدل می کنیم. ایجاد این خرپا، با کپی کردن تیر عرشه به اندازه ارتفاع خرپا و ترسیم اعضای قائم و مایل، صورت می گیرد. البته با ترسیم خرپا در پنجره دیگری از Sap و کپی کردن آن به پنجره مورد نظر، مدلسازی عرشه خرپایی را می توان انجام داد.

تیر افقی عرشه را با دستور Select > Frame Sections انتخاب کرده و از لیست موجود مقاطع، مقطع عرشه را انتخاب می کنیم. با دستور Edit > Replicate پنجره ای ظاهر می شود. که مطابق پنجره ۳-۵ آن را تکمیل می کنیم. در این پنجره، ارتفاع خرپا را برابر ۳ متر در نظر گرفته که در قسمت dz این فاصله وارد می شود.

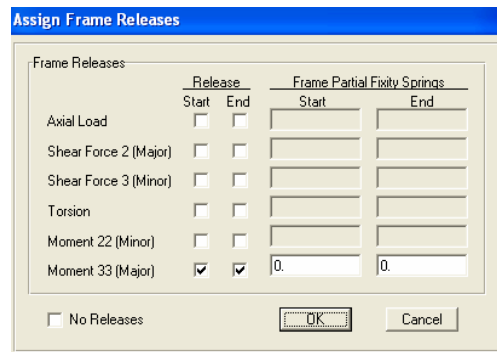


پنجره ۳-۵

برای ترسیم عضو قائم خریا، یک عضو را رسم کرده و سپس با دستور Replicate آن را به تعداد لازم و با فواصل ۵ متر از هم تکرار می کنیم. توجه کنید در مرحله تکرار، دو عضو در راستای برج پل، بر هم منطبق نشوند. همچنین عضو برج، در محل اتصال به عضوهای خریا باید تقسیم شود. برای این مقاطع، از لیست مقاطع موجود، مقطع مورد نظر را هنگام ترسیم اختصاص می دهیم و یا می توان یک مقطع دلخواهی را انتخاب کرده و در مراحل بعدی، مقطع جدید را برای این اعضا جایگزین نمود. برای ترسیم عضوهای قطری، از شمایل  و یا از عبارت دستوری Draw>Draw Frame/Cable/Tendon یک عضو قطری را ترسیم و بقیه را از دستور Replicate به تعداد لازم و به فواصل ۵ متر از هم تکرار می کنیم. با توجه به اینکه اعضای خریا فقط نیروهای فشاری و کششی را تحمل می کنند. لذا برای حذف انتقال لنگر در محل اتصال این اعضا، تمامی عضوهای مایل و قائم را انتخاب کرده و از دستور

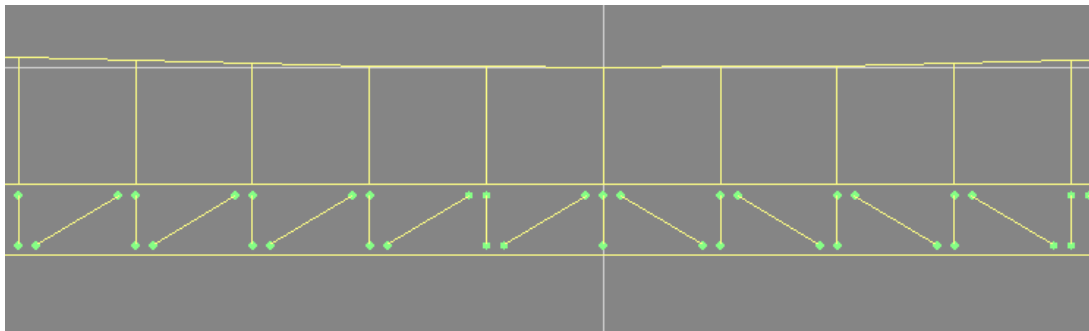
Assign > Frame /Cable/Tendon >Releases /partial Fixity...

پنجره ۳-۶ را نمایان و تکمیل می کنیم. برای انتخاب آنها بهتر است از قسمت Select استفاده کنیم. برای آگاهی از نام مقطع عضوهای مایل و قائم، روی آنها موشواره را قرار داده و با تیک زدن روی دکمه راست موشواره، پنجره مشخصات آنها را ظاهر می کنیم. در این پنجره، گزینه Assignment را انتخاب کرده و در پنجره نمایان شده، مشخصات مقطع را مشاهده می کنیم.



پنجره ۳-۶

بعد از انجام این مراحل، مدل پل به صورت پنجره ۳-۷ نشان داده می شود.



پنجره ۳-۷

تمام عضوهای مایل و قائم خرپا را انتخاب کرده و آنها را به تعداد لازم در جهت عرض پل، کپی می کنیم. با توجه به عرض عبورگاه ۶ متری، در جهت عرض پل، از ۳ خرپا استفاده می کنیم. البته این فقط به لحاظ مدلسازی است و جنبه ی محاسباتی ندارد. در ایجاد مدل های بزرگ از مدل کوچک، استفاده از دستور Replicate بسیار موثر است. در ایجاد مدل خرپا به اتصالات مفصلی آنها توجه کنید. اگر نیاز به تقسیم بندی دال کف در محل اتصالات باشد. تمام عضوهای خطی و دال های کف را انتخاب و با دستور Edit > Divide Areas گزینه Divide Area Using Cookie cut Based On Selected Point Objects را در آن پنجره فعال کرده و بعد دکمه OK را تیک می زنیم. با این دستور دال کف عرشه در محل تقاطع تیرها تقسیم می شود.

معرفی مشخصات مصالح

برای معرفی مشخصات مصالح فولادی، دستور Define > Material را اجرا کرده و در پنجره نمایان شده گزینه Steel را انتخاب و روی دکمه Modify/Show Material تیک زده و پنجره نمایان شده را تکمیل می کنیم. (مطابق پنجره ۳-۸)

پنجره ۳-۸

Define > Materials

با اجرای دستور فوق، پنجره ای نمایان می شود که از قسمت Materials، مصالح بتنی، یعنی عبارت Conc را فعال و با تیک زدن روی دکمه Modify/Show Material وارد پنجره تنظیمات می شویم. در این قسمت، ضرایب مربوط به اثرخزش و وارفنگی بتن را با تیک زدن روی دکمه Time Dependent Properties از پنجره ظاهر شده، انجام می دهیم. در پنجره Material Property Data می توان مشخصات مورد نظر را تغییر داد و یا بصورت پیش فرض قبول نمود.

پنجره ۳-۹

در پنجره ۳-۹ اثرخزش و وارفنگی بتن وارد می شود.

درصد رطوبت نسبی مربوط به اثر خزش	Relative Humidity
بعد فرضی مربوط به اثر خزش	Notional Size, h
ضریب تأثیر وارفتگی بتن	Shrinkage Coefficient, Bsc
سن شروع وارفتگی بتن بر حسب روز	Shrinkage Start Age (days)

معرفی مشخصات عناصر سطحی

Define > Area Sections > Add New Section

با دستور فوق پنجره ای نمایان می شود که در قسمت Bending، ضخامت رفتار خمشی و در قسمت Membrane ضخامت رفتار غشایی را وارد می کنیم.

معرفی مقاطع عناصر خطی

عناصر اختصاصی برای عضوهای مدل، به صورت جفت نبشی معرفی می شوند. برای این منظور می توان از CD مقاطع ایرانی و یا از مقاطع آیین نامه های دیگر استفاده کرد. با دستور Define > Frame Section پنجره ای نمایان می شود که از لیست کرکره ای بالایی، روی گزینه Import Double Angle تیک می زنیم. CD مقاطع را انتخاب کرده و در پنجره نمایان شده، لیست مقاطع مختلف مورد نظر را انتخاب می کنیم. برای انتخاب مقاطع، دکمه Ctrl را نگه داشته و روی نام مقاطع تیک می زنیم. پس از انتخاب مقاطع، روی دکمه OK تیک زده تا پنجره بسته شود. برای اضافه کردن لیست انتخاب خودکار در نوار کشویی پایینی، روی گزینه Add Auto Select List تیک می زنیم. در پنجره نمایان شده با کشیدن موشواره روی مقاطع مورد نظر، یعنی 2LB که در لیست List of Sections قرار دارند. مقاطع را انتخاب کرده و با تیک زدن روی دکمه Add، این مقاطع، به لیست انتخاب خودکار (Auto Section) اضافه می شوند. در نوار ویرایشی Auto Section Name، نام Truss را وارد کرده و سپس روی دکمه OK تیک می زنیم. مقاطع نبشی دابل به صورت 2LB10-E3.0 نشان داده می شوند. عدد جلوی LB نشان دهنده شماره نبشی بر حسب سانتیمتر می باشد. عدد روبروی حرف E نشان دهنده فاصله پشت تا پشت نبشی است و در حالتی که دو نبشی به هم بچسبند. این عدد صفر می باشد. برای انتخاب عضوهای فوقانی و تحتانی خرپا، از قسمت select، نوع مقطع را انتخاب کرده و از قسمت مقاطع ایرانی، جفت نبشی شماره ۱۵ به فاصله ۱/۲ سانتیمتر از هم را انتخاب می کنیم. برای عضوهای قطری و قائم، جفت نبشی به شماره ۱۲ و به فاصله پشت تا پشت ۱/۲ سانتیمتر، اختصاص می دهیم. برای سایر عضوها نیز این مراحل را انجام می دهیم.

اختصاص مشخصات عناصر نقطه ای

اختصاص تکیه گاه ها

برای این منظور، عناصر نقطه ای واقع در ابتدا و انتهای مدل خرابایی را انتخاب و از دستور Assign > Joint Restraints پنجره ای را ظاهر می کنیم که نوع تکیه گاه را انتخاب کرده و روی دکمه OK تیک می زنیم.

اختصاص مشخصات عناصر سطحی

با تیک زدن روی عضوهای سطحی و یا از دستور Select > Select > Area Section آنها را انتخاب و از دستور Assign > Area > Section پنجره ای را نمایان می کنیم که از قسمت Sections نام مربوط به عضو سطحی را انتخاب و دکمه OK را تیک می زنیم.

معرفی مقطع متغیر برج میانی پل

Define > Frame Section

معرفی مقطع برج، همانند قسمت پل کابلی انجام می شود. مراحل معرفی این مقطع در بخش پل کابلی آمده است.

تعریف عضو کابل و ترسیم آن

Define > Cable Section > Add New Section

با دستور فوق پنجره ۳-۱۰ نمایان می شود.

Cable Section Data

Cable Section Name: CABLE

Cable Material: STEEL

Cable Properties:

- ☒ Specify Cable Diameter: 0.04
- ☐ Specify Cable Area: 1.257E-03
- Torsional Constant: 2.513E-07
- Moment of Inertia: 1.257E-07
- Shear Area: 1.131E-03

Modify/Show Cable Property Modifiers...

Units: KN, m, C

Display Color: ☒

OK Cancel

پنجره ۳-۱۰

در این پنجره، قطر کابل آویزان را ۶ سانتیمتر و قطر کابل اصلی را ۴۰ سانتیمتر معرفی می کنیم. اثر نیروی P-Delta که در کابلها اعمال می شود، با دستور زیر اعمال می گردد.

Assign >Frame/Cable/Tendon >P-Delta Force

با این دستور، پنجره ای نمایان می شود که در بخش Initial Force، در مقابل عبارت Force مقدار نیروی اولیه را که در این مثال ۵ تن است، وارد می کنیم.

معرفی حالت تحلیل

با دستور Define > Analysis Cases > Add New Case پنجره ای نمایان می شود که در قسمت Analysis Case Name یک نام دلخواه، بطور مثال StagedCon را وارد می کنیم. در قسمت Analysis Type، تحلیل استاتیکی را انتخاب می کنیم. برای پل معلق، با توجه به وابستگی تحلیل به زمان ساخت و بارگذاری تدریجی ناشی از آن، گزینه سوم تحلیل یعنی Nonlinear Staged Construction را انتخاب کرده و از قسمت Analysis Case Type گزینه Static را انتخاب می کنیم. مراحل معرفی مشخصات چنین تحلیلی، مطابق قسمت پل ترکه ای انجام می شود. تنها تفاوت این است که در پل ترکه ای از طرفین پایه های میانی پل، عملیات ساخت شروع شده و ادامه می یابد. اما در پل معلق، مراحل ساخت از وسط دهانه پل شروع شده و به پایه های کناری ختم می شود. این مسئله در گروه بندی عضو ها برای تحلیل، باید لحاظ شود. مراحل مربوط به تحلیل و مشاهده نیروها و طراحی عضو ها، مطابق پل ترکه ای می باشد. توجه کنید که برای این پل، حالت تحلیل بارگذاری متحرک را انجام ندادیم. برای تحلیل پل در برابر بارهای متحرک، و مشاهده تصاویر گرافیکی حرکت کامیون روی پل، مراحل مربوط به پل بتنی را تکرار می کنیم.