ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/258339625

[In Persian] Modeling, Analysis and design of Bridges (Using CSiBridge)

Book · January 2014

CITATIONS
0

READS
1,726

2 authors, including:

Mohsen Azimi
North Dakota State University
12 PUBLICATIONS **50** CITATIONS

SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Mohsen Azimi on 26 June 2014.

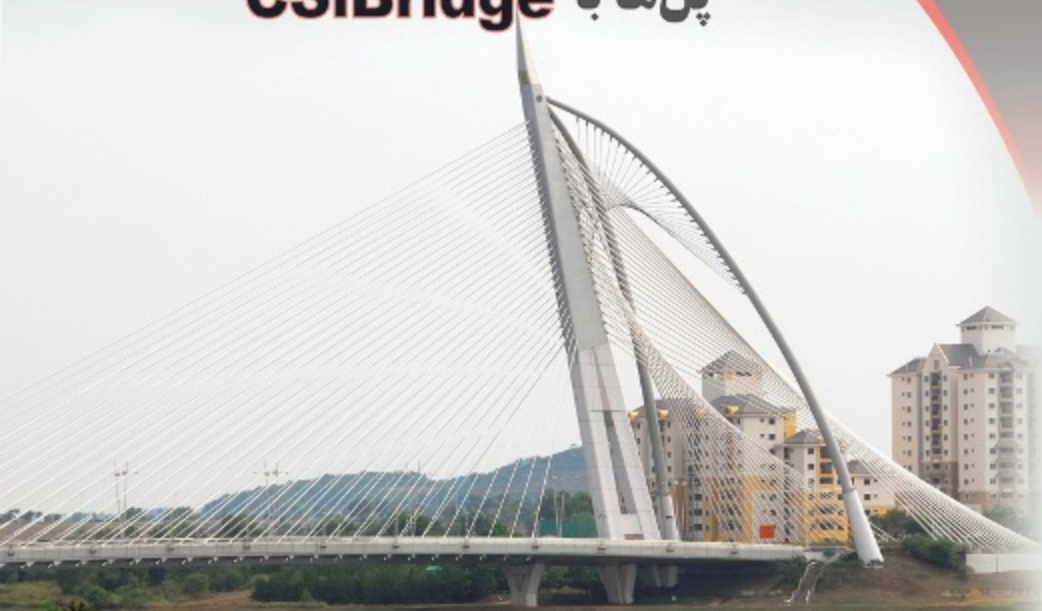
The user has requested enhancement of the downloaded file.

مؤسسه فرهنگی هنری
دیباگران تهران

Intro

CD همراه

مدل‌سازی، تحلیل و طراحی پل‌ها با CSiBridge



مؤلفان: مهندس اکبر رسول‌نیا
مهندس محسن عظیمی

مدل‌سازی، تحلیل و طراحی پل‌ها با CSiBridge
مؤلفان: مهندس اکبر رسول‌نیا، مهندس محسن عظیمی

مدل‌سازی، تحلیل و طراحی پل‌ها

با استفاده از CSiBridge

محسن عظیمی ـ اکبر رسول‌نیا

فرم تخفیف ویژه و پشتیبانی علمی مؤلفین:

https://drive.google.com/file/d/0BxYQWTIGGEa3cHRDb1NKalkzMW8/edit?usp=sharing

https://drive.google.com/file/d/0BxYQWTIGGEa3QlB4enUtd1lGakE/edit?usp=sharing

پیش گفتار نویسندگان

با گسترش تمدن شهرنشینی نیاز انسان به سازه‌های متنوع و پیچیده روز به روز بیشتر می‌شود و استفاده از فن‌آوری رایانه را در تحلیل و طراحی این گونه سازه‌ها اجتناب ناپذیر می‌کند. از طرفی نیز جامعه مهندسی در صدد برآورد این نیاز بشر است و ظهور سازه‌های پیچیده را در سطح شهرها شاهد هستیم. در این میان پل به عنوان عنصر ارتباطی و کلیدی در شهرها باعث تسهیل در امر تردد و کاهش ترافیک در سطح شهر می‌شود. لذا ایجاد زمینه‌هایی در امر تسهیل و تسریع تحلیل و طراحی چنین سازه‌ها، امری ضروری است. شرکت CSi یکی از شرکت‌هایی است که سال‌های متمادی در زمینه رایانه‌ای کردن و تسهیل مدل‌سازی، تحلیل و طراحی طرح‌های سازه‌ای فعالیت دارد که دستاورد این تلاش‌ها برنامه‌های متنوع CSi است که برنامه‌های قدرتمندی در مدل‌سازی، تحلیل و طراحی سازه‌های پیچیده در مقایسه با محصولات سایر شرکت‌ها است.

یکی از محصولات شرکت CSi برنامه SAP2000 است که کمتر مهندسی پیدا می‌شود که با این برنامه آشنایی نداشته باشد. این محصول ابزار قدرتمندی برای مدل‌سازی، تحلیل و طراحی انواع سازه‌ها است. منویی در این برنامه وجود داشت که برای طراحی سازه پل استفاده می‌شد. با توجه به گستردگی سازه‌های پل، این شرکت اخیراً اقدام به ارائه برنامه‌ای تحت عنوان CSiBridge کرده است و مدل‌سازی، تحلیل و طراحی سازه‌های پل را با جزئیات و تنوع بیشتر در این برنامه گنجانده است. سادگی و کاربرپسند بودن این نرم‌افزار آن را تبدیل به یکی از محبوب‌ترین نرم‌افزارهای طراحی سازه‌ای پل کرده است. با استفاده از این برنامه، مهندسان می‌توانند به راحتی پل‌های با هندسه پیچیده، شرایط مرزی و حالت‌های بارگذاری مختلف تعریف کنند. همچنین مدل‌های پل را می‌توان به صورت پارامتری از جمله خطوط طرح، دهانه‌ها، نشیمن‌گاه‌ها، پایه‌های انتهایی، پایه میانی‌ها، مفصل‌ها، معرفی کرد. زمانی که پارامترهای تعریف پل معرفی شدند، نرم‌افزار مدل‌های خطی، پوسته‌ای یا حجمی را، ایجاد می‌کند. این نرم‌افزار اجازه یک طراحی سریع و آسان و همچنین مقاوم‌سازی پل‌های فولادی و بتنی را به کاربر می‌دهد. مدل‌سازی پارامتری این امکان را به کاربر می‌دهد که مدل‌های ساده و پیچیده‌ای از پل‌ها، به راحتی، ایجاد کند، همچنین با کنترل کلی روی فرآیند طراحی، می‌تواند تغییرات موثری اعمال کند. مسیرهای عبور و وسیله‌های نقلیه را می‌توان به راحتی تعریف کرد. بعلاوه، نمودارهای ساده و کاربردی گانت این امکان را به کاربر می‌دهد که مراحل ساخت را شبیه‌سازی کند.

این برنامه شامل ابزار مدل‌سازی گام‌به‌گام پل نیز می‌باشد که برای سهولت در ایجاد مدل پل‌ها به کار می‌رود. در تحلیل مدل سازه‌ای پل، از موتور قدرتمند SAPFire، با قابلیت تحلیل ساخت مرحله‌ای، تحلیل انقباض و خزش، کشش کابل‌ها تا نیروهای هدف، اعمال غیرخطی بودن هندسه مدل (اثر P-Delta و جابجایی‌های بزرگ)، غیرخطی بودن مصالح (روسازه، نشیمن‌گاه، زیرسازه و خاک)، کمانش و تحلیل‌های استاتیک و دینامیک استفاده می‌کند. تمامی این موارد به یک مدل واحد و جامع اعمال

می‌گردد. بعلاوه، ضـوابط طراحی آشـتو شـامل طراحی لرزه‌ای و ترکیب بارهای خودکار به روش LRFD نیز در این بسته گنجانده شده است.

با توجه به نیاز مبرم دانشـجویان و مهندسـان عزیز به اسـتفاده از این برنامه قدرتمند و از طرف دیگر فقدان منبع مفید به زبان فارسی در این زمینه، برآن شدیم تا این مجموعه را، که شامل سه بخش مبانی طراحی، واسـط گرافیکی و مثال‌های کاربردی اسـت، گردآوری کنیم. این کتاب در سـه بخش مجزا طراحی شـده است: در بخش اول، تحت عنوان اصول و مبانی طراحی پل با CSiBridge، مبانی و ضوابط لازم برای درک بهتر مسـائل مربوط به مدل‌سـازی، تحلیل و طراحی پل با اسـتفاده از برنامه آورده شده اسـت. این تعاریف در ارتباط با مسـائلی اسـت، که خوانندگان محترم در بخش‌های بعدی با این مسـائل روبرو می‌شـوند. این قسـمت شـامل قابلیت‌های برنامه، تحلیل بار زنده، خصوصیات تحلیل، مشخصه‌های طراحی لرزه‌ای، بررسی ظرفیت حمل بار زنده سازه پل، فرآیند طراحی، مسیرهای عبور وسیله‌های نقلیه، توضـیحاتی در ارتباط با خطوط و سـطوح تأثیر، بار زنده وسـیله‌های نقلیه، وسیله نقلیه کلی، وسیله‌های نقلیه اسـتاندارد، حالت‌های بارگذاری بار متحرک و تحلیل مرحله به مرحله است. در بخش دوم، کاربر با واسـط گرافیکی و مراحل و ابزارهایی که کاربر برای مدل‌سازی، تحلیل و طراحی لازم دارد، آشنا می‌شود و توضـیحات لازم در ارتباط با کارکردهای منوها و دسـتورات موجود در برنامه داده شـده است. در انتها، مثال‌های کاربردی از انواع پل آورده شده است که مراحل کامل مدل‌سازی، تحلیل و طراحی را به صورت عملی و همراه با تصـاویر مدل و فرم‌های برنامه تشریح می‌کند. در این بخش چهار مثال کاربردی شامل: پل با شـاهتیرهای بتنی پیش‌تنیده، پل با شـاهتیرهای فولادی تحت بارهای متحرک، پل با شـاهتیرهای بتنی تحت بارگذاری امواج، پل با شـاهتیرهای بتنی تحت بارگذاری لرزه‌ای، مدل‌سـازی شـده و مراحل تحلیل و طراحی به صـورت گام به گام توضـیح داده شـده است. همانگونه که مشخص است، سعی شده اسـت مطالب به صـورت مرحله به مرحله ارائه شود تا خواننده با آشنایی و پیش زمینه کافی وارد مرحله بعدی شود و هیچ مسئله مبهمی باقی نماند.

تابستان ۱۳۹۲

محسن عظیمی ـ اکبر رسول‌نیا

بخش ۱: اصول طراحی پل با CSIBRIDGE ۳

۱-۱-۱- مقدمه ۳

۱-۱-۲- قابلیت‌های برنامه ۳

۱-۱-۳- تحلیل بار زنده ۱۶

۱-۱-۴- خصوصیات تحلیل ..... **Error! Bookmark not defined.**

۱-۱-۵- مشخصه‌های طراحی ..... **Error! Bookmark not defined.**

۱-۱-۶- مشخصه‌های طراحی لرزه‌ای ..... **Error! Bookmark not defined.**

۱-۱-۷- بررسی ظرفیت حمل بار زنده سازه پل ..... **Error! Bookmark not defined.**

۱-۱-۸- دستورات منوی Advanced ..... **Error! Bookmark not defined.**

۱-۱-۹- فرآیند طراحی ..... **Error! Bookmark not defined.**

۱-۱-۱۰- مسیرهای عبور وسیله‌های نقلیه ..... **Error! Bookmark not defined.**

۱-۱-۱۱- خطوط و سطوح تأثیر ..... **Error! Bookmark not defined.**

۱-۱-۱۲- بار زنده وسیله‌های نقلیه ..... **Error! Bookmark not defined.**

۱-۱-۱۳- وسیله نقلیه کلی ..... **Error! Bookmark not defined.**

۱-۱-۱۴- وسیله‌های نقلیه استاندارد ..... **Error! Bookmark not defined.**

۱-۱-۱۵- گروه وسیله نقلیه ..... **Error! Bookmark not defined.**

۱-۱-۱۶- حالت‌های بارگذاری بار متحرک ..... **Error! Bookmark not defined.**

۱-۱-۱۷- تحلیل مرحله‌به‌مرحله ..... **Error! Bookmark not defined.**

بخش ۲: واسط گرافیکی ۱۷

فصل ۲-۱- دورنمای برنامه ۱۸

فصل ۲-۲- ORB ۲۱

۲-۲-۱- مقدمه ۲۱

۲-۲-۲- Orb > new ۲۱

۲-۲-۳- Orb > Open ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۲-۴- Orb > Save و Orb > Save As ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۲-۵- Orb > Import ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۲-۶- Orb > Export ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۲-۷- Orb > Batch File ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۲-۸- Orb > Print ..... **Error! Bookmark not defined.**

Error! Bookmark not defined. ..... Orb > Report – ۹–۲–۲
Error! Bookmark not defined. ..... Orb > Pictures – ۱۰–۲–۲
Error! Bookmark not defined. ..... Orb > Settings – ۱۱–۲–۲
Error! Bookmark not defined. ..... Orb > Language – ۱۲–۲–۲
فصل ۲–۳– HOME ۲۲
۲–۳–۱ – مقدمه ۲۲
Error! Bookmark not defined. ..... Home > Bridge Wizard ۲–۳–۲ – دستور
Error! Bookmark not defined. ..... ۲–۳–۳ – مراحل مدل‌سازی گام‌به‌گام پل
Error! Bookmark not defined. ..... Home > View ۲–۳–۴ – دستور
Error! Bookmark not defined. ..... Home > Snap – ۵–۳–۲
Error! Bookmark not defined. ..... Home > Select – ۶–۳–۲
Error! Bookmark not defined. ..... Home > Display – ۷–۳–۲
فصل ۲–۴– LAYOUT ۲۳
۲–۴–۱ – مقدمه ۲۳
Error! Bookmark not defined. ..... Layout > Layout Lines – ۲–۴–۲
Error! Bookmark not defined. ..... Layout > Lanes – ۳–۴–۲
فصل ۲–۵– COMPONENTS ۲۴
۲–۵–۱ – مقدمه ۲۴
Error! Bookmark not defined. ..... Components > Properties – ۲–۵–۲
Error! Bookmark not defined. ..... Components > Superstructure – ۳–۵–۲
Error! Bookmark not defined. ..... Component > Substructure – ۴–۵–۲
فصل ۲–۶– LOADS ۲۵
۲–۶–۱ – مقدمه ۲۵
Error! Bookmark not defined. ..... Loads > Vehicles – ۲–۶–۲
Error! Bookmark not defined. ..... Loads > Load Patterns – ۳–۶–۲
Error! Bookmark not defined. ..... Loads > Functions – ۴–۶–۲
Error! Bookmark not defined. ..... Loads > Loads – ۵–۶–۲
فصل ۲–۷– BRIDGE ۲۶
۲–۷–۱ – مقدمه ۲۶
Error! Bookmark not defined. ..... Bridge > Bridge Objects – ۲–۷–۲
Error! Bookmark not defined. ..... ۲–۷–۳ – ایجاد مدل لینک‌شده

Error! Bookmark not defined. ..... Update > Update – ۴-۷-۲
فصل ۲-۸- ANALYSIS ۲۷
۲-۸-۱- مقدمه ۲۷
Error! Bookmark not defined. ..... Analysis > Load Cases – ۲-۸-۲
Error! Bookmark not defined. ..... Analysis > Bridge – ۳-۸-۲
Error! Bookmark not defined. ..... Analysis > Lock – ۴-۸-۲
Error! Bookmark not defined. ..... Analysis > Analyze – ۵-۸-۲
Error! Bookmark not defined. ..... Analysis > Shape Finding – ۶-۸-۲
فصل ۲-۹- DESIGN/RATING ۲۸
۲-۹-۱- مقدمه ۲۸
Error! Bookmark not defined. ..... Design/Rating > Load Combinations – ۲-۹-۲
Error! Bookmark not defined. ..... Design/Rating > Superstructure Design – ۳-۹-۲
Error! Bookmark not defined. ..... Desing/Rating > Seismic Design – ۴-۹-۲
Error! Bookmark not defined. ..... Design/Rating > Load Rating – ۵-۹-۲
فصل ۲-۱۰- ADVANCED ۲۹
۲-۱۰-۱- مقدمه ۲۹
Error! Bookmark not defined. ..... Advanced > Edit – ۲-۱۰-۲
Error! Bookmark not defined. ..... Advanced > Define – ۳-۱۰-۲
Error! Bookmark not defined. ..... Advanced > Draw – ۴-۱۰-۲
Error! Bookmark not defined. ..... Advanced > Assign – ۵-۱۰-۲
Error! Bookmark not defined. ..... Advanced > Assign Loads – ۶-۱۰-۲
Error! Bookmark not defined. ..... Advanved >Analyze – ۷-۱۰-۲
Error! Bookmark not defined. ..... Advanced > Tools – ۸-۱۰-۲

بخش ۳: مثال‌های طراحی انواع پل ۳۰

فصل ۳-۱- مدل‌سازی و تحلیل پل با شاهتیرهای بتنی پیش‌تنیده ۳۱
۳-۱-۱- تعریف پروژه ۳۱
Error! Bookmark not defined. ..... ۳-۱-۲- خطوط طرح
Error! Bookmark not defined. ..... ۳-۱-۳- مقطع عرشه
Error! Bookmark not defined. ..... ۳-۱-۴- تعریف شئ پل
Error! Bookmark not defined. ..... ۳-۱-۵- تغییرات پارامتری
Error! Bookmark not defined. ..... ۳-۱-۶- اختصاص‌های شئ پل

۳-۱-۷- ایجاد مدل لینک‌شده..... Error! Bookmark not defined.
۳-۱-۸- بارگذاری مدل پل..... Error! Bookmark not defined.
۳-۱-۹- تحلیل و استخراج نتایج تحلیل مدل پل.....۳۴
فصل ۳-۲- مدل‌سازی و تحلیل پل با شاهتیرهای فولادی با بار متحرک ۳۶
۳-۲-۱- تعریف پروژه.....۳۶
۳-۲-۲- مقطع عرشه ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۲-۳- تعریف شئ پل..... Error! Bookmark not defined.
۳-۲-۴- ایجاد مدل لینک‌شده..... Error! Bookmark not defined.
۳-۲-۵- تعریف مسیرهای عبور..... Error! Bookmark not defined.
۳-۲-۶- وسیله‌های نقلیه ۳۷
فصل ۳-۳- مدل‌سازی و تحلیل پل با شاهتیرهای فولادی تحت بار امواج ۴۳
۳-۳-۱- تعریف پروژه.....۴۳
۳-۳-۲- مقاطع قاب..... Error! Bookmark not defined.
۳-۳-۳- مقاطع عرشه..... Error! Bookmark not defined.
۳-۳-۴- تعریف شئ پل..... Error! Bookmark not defined.
۳-۳-۵- ایجاد مدل ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۳-۶- الگوی بارگذاری بار موج.....۴۵
۳-۳-۷- حالت بارگذاری بار موج..... Error! Bookmark not defined.
۳-۳-۸- تحلیل مدل.....۴۶
فصل ۳-۴- تحلیل و طراحی پل با شاهتیرهای بتنی با بارگذاری لرزه‌ای ۴۸
۳-۴-۱- تعریف پروژه.....۴۸
۳-۴-۲- تعریف مقطع اعضای خطی.....۴۹
۳-۴-۳- مقطع عرشه پل..... Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۴- مشخصات پایه‌های میانی..... Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۵- تعریف شئ پل..... Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۶- پایه‌های انتهایی..... Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۷- تخصیص مشخصات پایه‌های میانی..... Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۸- مدل‌سازی فنداسیون..... Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۹- جرم و بارهای شرکت کننده در تحلیل ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۱۰- خطرپذیری و تحلیل لرزه‌ای..... Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۱۱- درخواست طراحی لرزه‌ای..... Error! Bookmark not defined.

۳-۴-۱۲- انجام طراحی لرزه‌ای ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۱۳- الگوهای بارگذاری خودکار ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۱۴- تحلیل بار مرده و مشخصات مقطع ترک‌خورده ۵۰
۳-۴-۱۵- طیف پاسخ و جابجایی‌های تقاضا ۵۱
۳-۴-۱۶- تعیین و تخصیص مشخصات مفصل‌های پلاستیک ۵۳
۳-۴-۱۷- تحلیل جابجایی ظرفیت ۵۶
۳-۴-۱۸- نتایج تحلیل پوش‌اور ۵۸
۳-۴-۱۹- تهیه گزارش طراحی لرزه‌ای ..... Error! Bookmark not defined.
فصل ۳-۵- مدل‌سازی و تحلیل ساخت مرحله‌ای پل معلق کابلی ۶۰
۳-۵-۱- تعریف پروژه ۶۰
۳-۵-۲- هندسه و فرضیات مدل‌سازی ۶۰
۳-۵-۳- تعریف مشخصات مصالح غیرخطی ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۵-۴- تعریف مقاطع ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۵-۵- ترسیم المان‌های مدل ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۵-۶- تعریف و اختصاص گروه‌ها ..... Error! Bookmark not defined.
۳-۵-۷- تعریف الگوهای بارگذاری ..... Error! Bookmark not defined.

قابلیت‌های برنامه

تحلیل بار زنده

خصوصیات تحلیل

مشخصه‌های طراحی

مشخصه‌های طراحی لرزه‌ای

بررسی ظرفیت حمل بار زنده سازه پل

فرآیند طراحی

مسیرهای عبور وسیله‌های نقلیه

خطوط و سطوح تأثیر

بار زنده وسیله نقلیه

وسیله‌های نقلیه استاندارد

تحلیل مرحله به مرحله

بخش ۱

اصول طراحی پل با CSiBRIDGE

بخش ۱
اصول طراحی پل با CSiBridge

۱-۱-۱- مقدمه

از یک مدل CSiBridge می‌توان برای تعیین پاسخ سازه پل تحت بارهای زنده وسیله‌های نقلیه استفاده کرد. قدرت و انعطاف برنامه امکان محاسبه حداکثر و حداقل جابجایی‌ها، نیروها و تنش‌های ناشی از بارگذاری سازه‌های پیچیده‌ای مانند تقاطع غیرهم‌سطح بزرگراه‌ها را می‌دهد. تأثیر بارهای زنده وسیله‌های نقلیه می‌تواند با بارهای استاتیکی و دینامیکی ترکیب گردد.

مدل تحلیلی پل را می‌توان از روی الگوهای برنامه با اجرای دستور File > New Orb ایجاد کرد، یا اینکه با استفاده از ابزار مدل‌سازی گام‌به‌گام برنامه، المان به المان پل را به برنامه معرفی کرد. روسازه پل را می‌توان با استفاده از یک مدل ساده خطی تحلیل کرد و یا کل مدل سه‌بعدی را با استفاده از المان‌های سه‌بعدی پوسته‌ای یا حجمی مدل‌سازی کرد.

مسیرهای عبور، جهت تعیین محل اثر بارهای متحرک بر روی روسازه تعریف می‌گردند. برای تعریف الگوهای ترافیکی پیچیده، لازم نیست که مسیرها هم‌اندازه یا موازی تعریف شوند. نرم‌افزار به طور خودکار بارها را روی روسازه اعمال می‌کند؛ و به ازای کمیت‌های پاسخ مورد نظر، خطوط و سطوح تأثیر ایجاد می‌کند. بارهای زنده وسیله‌های نقلیه می‌تواند از روی مراجع استاندارد معتبر تعریف‌شده در نرم‌افزار، انتخاب گردد؛ یا توسط کاربر به دلخواه تعریف شود. وسیله‌های نقلیه به گروه‌هایی طبقه‌بندی می‌شوند و گروهی که حداکثر مقادیر را نتیجه دهد، در فرایند طراحی حاکم خواهد بود.

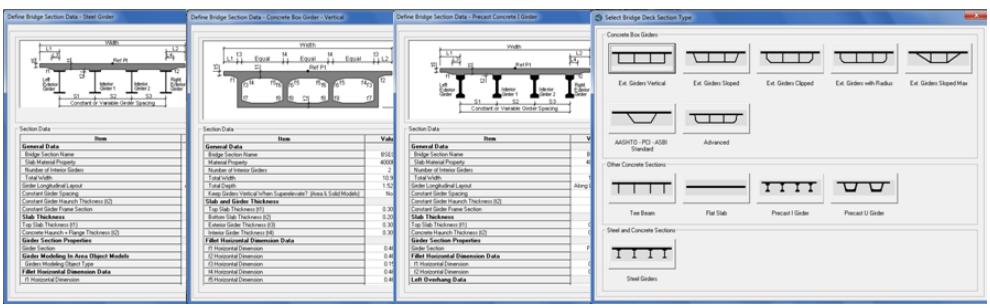
۱-۱-۲- قابلیت‌های برنامه

این برنامه ابزارهای متنوع و قدرتمندی را در اختیار مهندسین برای طراحی پل قرار می‌دهد. لیست برخی از قابلیت‌های این نرم‌افزار در زیر آورده شده است.

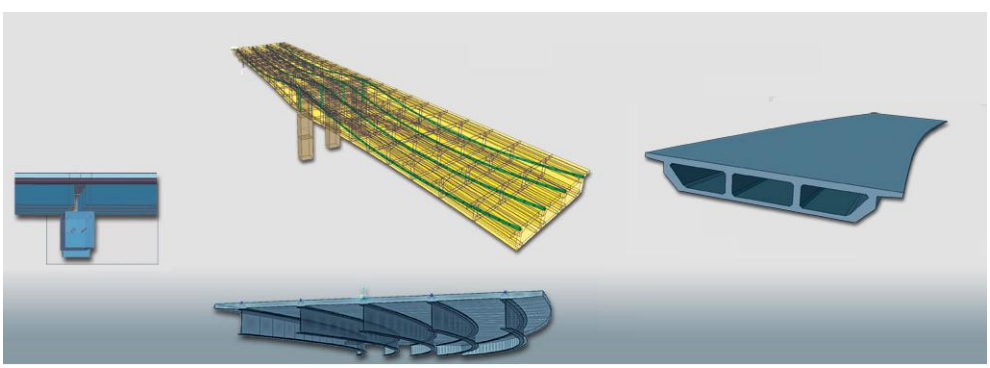
- مدل‌سازی گام‌به‌گام (Bridge Wizard)

- مدل‌سازی شئ پل (Bridge Object Modeling)

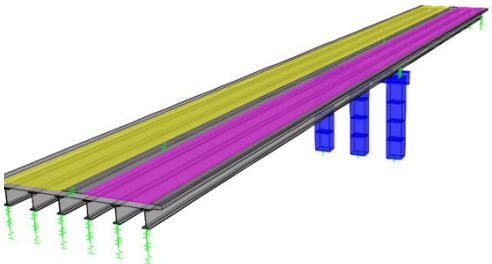
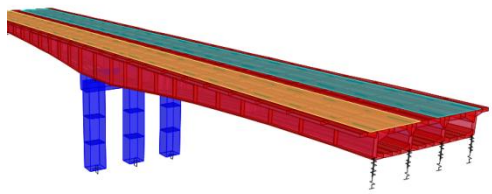
- طراحی و ایجاد مقطع (Section Designer)



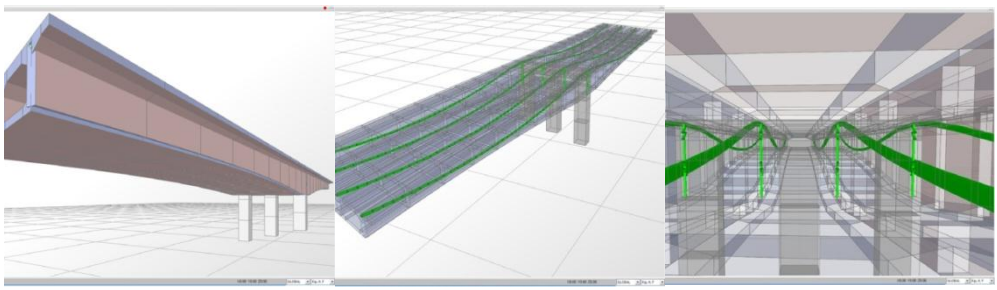
- تعریف مقاطع پارامتری عرشه (Parametric Deck Sections)



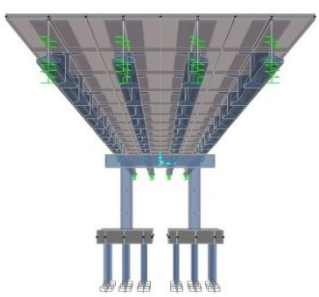
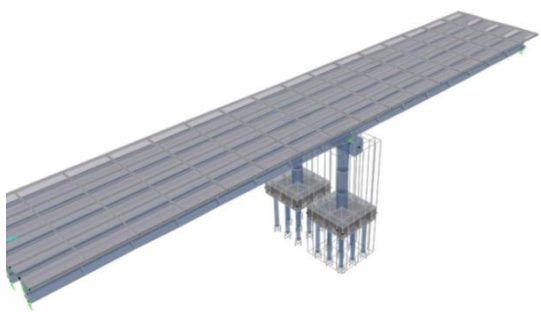
- تعریف مسیر ترافیکی و وسیله‌های نقلیه (Lanes and Vehicles)

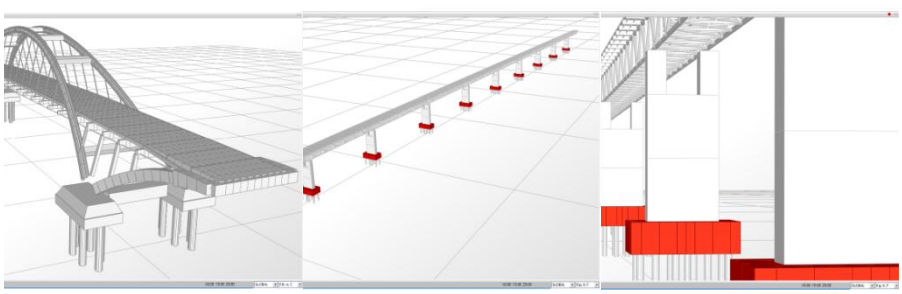



- تعریف شاهتیرهای بتنی پس‌کشیده (Post-Tensioned Box Girders)

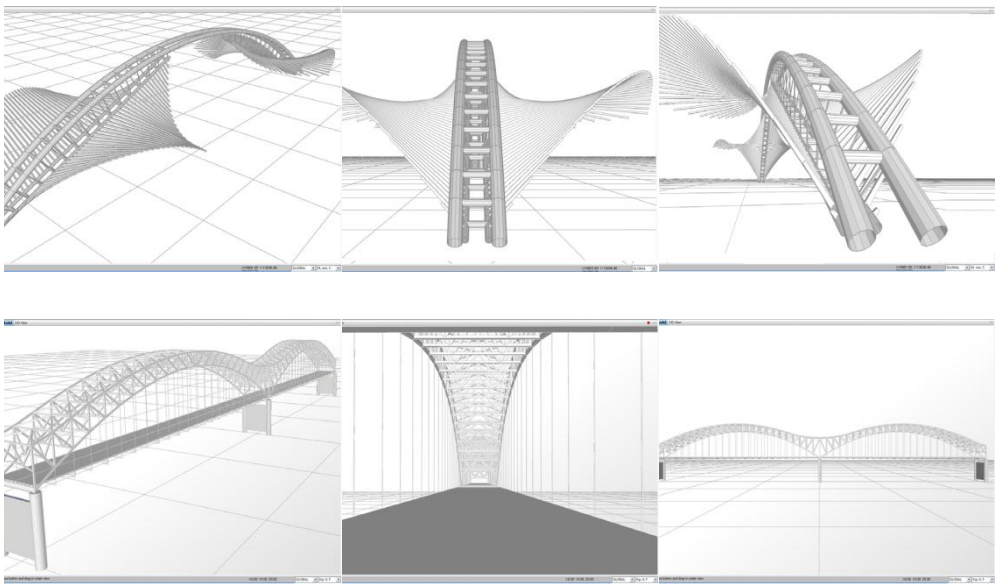


- مدل‌سازی فنداسیون (Foundation Modeling)

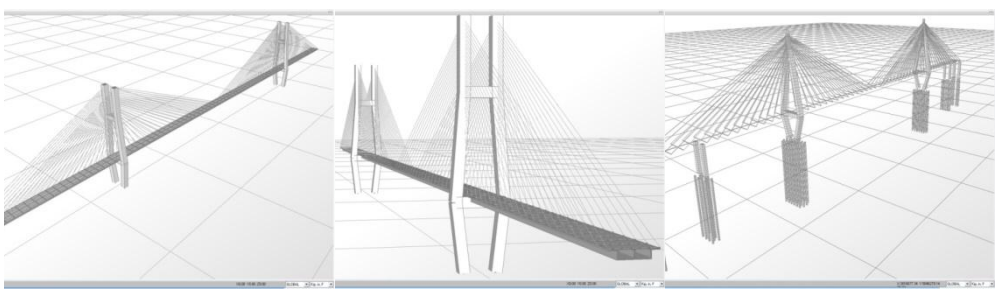





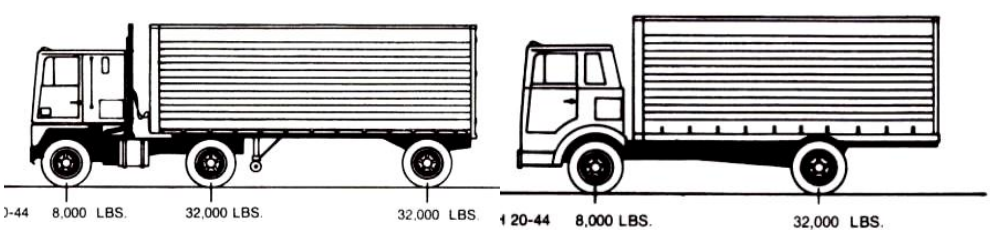
- مدل‌سازی پل‌های قوسی و معلق (Arced and Suspension Bridges)



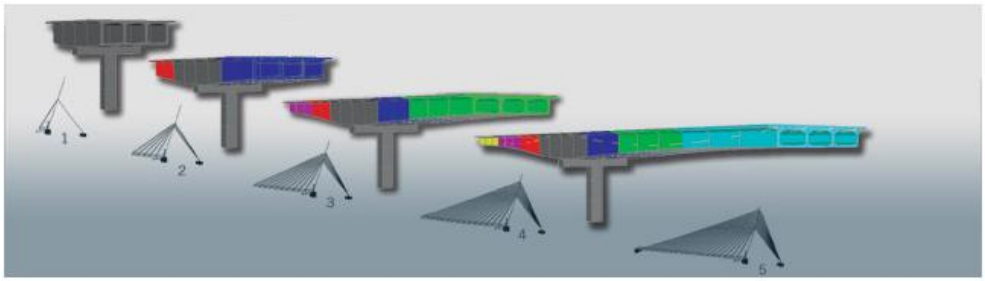
- مدلسازی پل کابلی (Cable-Stayed Bridge)



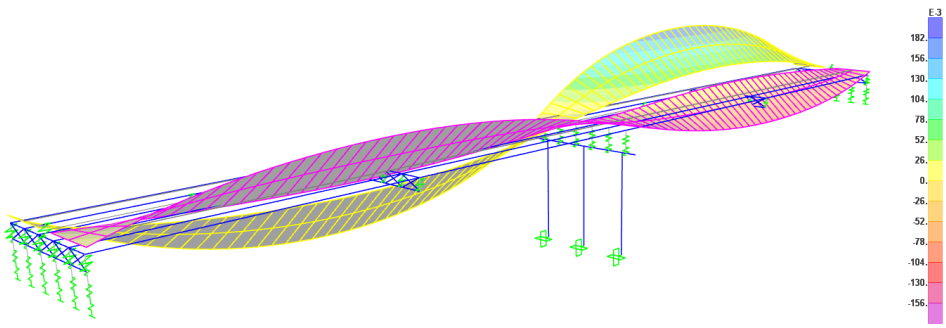
- بارگذاری بار وسیله نقلیه (Live Load Pattern)



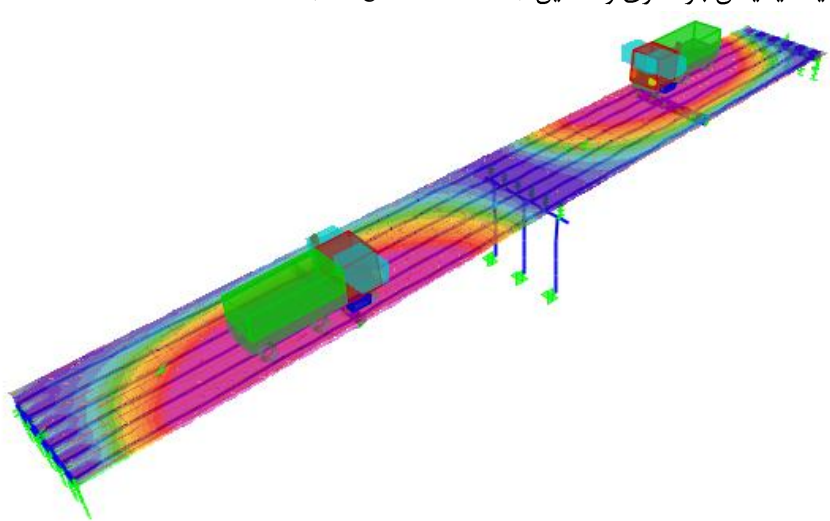
- تحلیل ساخت مرحله‌ای (Staged Construction)



- ترسیم سطوح تأثیر (Influence Surfaces)



- تهیه انیمیشن بارگذاری و تحلیل (Bridge Animations)



- تهیه گزارش نتایج تحلیل (Results and Output)

مدل پل توسط برنامه به صورت پارامتری به صورت مجموعه‌ای از اشیای سطح بالا ایجاد می‌شود، که عبارتند از: خطوط طرح، پایه‌های انتهایی، پایه‌های میانی، مقاطع عرشه، تاندون‌های پیش‌تنیده و غیره. این اشیا در کنار هم به صورت یکپارچه، شئ پل را تشکیل می‌دهند. البته در یک مدل پیچیده‌تر، چند شئ پل مجزا می‌تواند مدل گردد. در طول فرآیند مدل‌سازی پل می‌توان از ابزار مدل‌سازی گام‌به‌گام برنامه استفاده کرد. از منوی Advanced، برای اضافه کردن المان‌هایی به مدل پل با استفاده از دستوراتی که در سایر منوها گنجانده نشده است، استفاده می‌شود. اجزای اضافه شده به این روش با تغییر پارامترهای پل تغییر نخواهند کرد، و در صورت نیاز باید آنها را پس از به‌روز رسانی مدل، جابجا یا اصلاح کرد.

۱-۱-۳- تحلیل بار زنده

This section has been removed intentionally.

فصل ۲-۱: دورنمای برنامه
فصل ۲-۲: منوی Orb
فصل ۲-۳: منوی Home
فصل ۲-۴: منوی Layout
فصل ۲-۵: منوی Components
فصل ۲-۶: منوی Loads
فصل ۲-۷: منوی Bridge
فصل ۲-۸: منوی Analysis
فصل ۲-۹: منوی Design/Rating
فصل ۲-۱۰: منوی Advanced

بخش ۲
واسط گرافیکی

فصل ۲-۱
دورنمای برنامه

برنامه CSiBridge به دلیل گردآوری ملزومات فرآیند مدل‌سازی، تحلیل و طراحی سازه پل در یک ابزار راحت و کاربر پسند، به یک بسته طراحی پل منحصر به فرد تبدیل شده است. اصطلاحاتی که در مهندسی پل مثل خطوط طرح، دهانه‌ها، تکیه‌گاه‌ها، پایه‌های انتهایی، پایه‌های میانی، مفصل‌ها و پیش‌تنیدگی وجود دارد، در طراحی پارامتریک پل به کار می‌رود. مدل اشیای خطی، پوسته‌ای و حجمی می‌توانند در این برنامه ایجاد شوند و قابلیت به روز رسانی در حالتی که پارامترهای مدل پل تغییر کند، وجود دارد. بدون اختلال در فرآیند طراحی پل، می‌توان مدل‌های ساده و پیچیده‌ای را ایجاد و تغییرات موثری را اعمال کرد. مسیرها و وسیله‌های نقلیه می‌توانند به آسانی تعریف شوند. نمودارهای گانت ساده و کاربردی می‌توانند برای ارزیابی زمان‌بندی و توالی ساخت و ساز تهیه شوند.

در این بخش ویژگی‌ها و دستورات موجود در برنامه به صورت عملی و همراه با مثال‌های کاربردی در اختیار خوانندگان عزیز قرار داده می‌شود. شکل ۲-۱-۱ کلیات فرآیند طراحی و تصاویر مربوطه به دستورات برنامه را به صورت فلوچارت نشان می‌دهد.

توجه: هنگامی که برنامه برای اولین بار باز می‌شود، یک پنجره خوش آمد گویی ظاهر خواهد شد. با کلیک بر روی گزینه Continue در قسمت سمت راست و پایین پنجره، می‌توان به پنجره‌های دیگر دسترسی پیدا کرد. برای اینکه این پنجره دیگر ظاهر نشود، می‌توان جعبه چک مربوط به گزینه Do Not Show This… را فعال کرد.

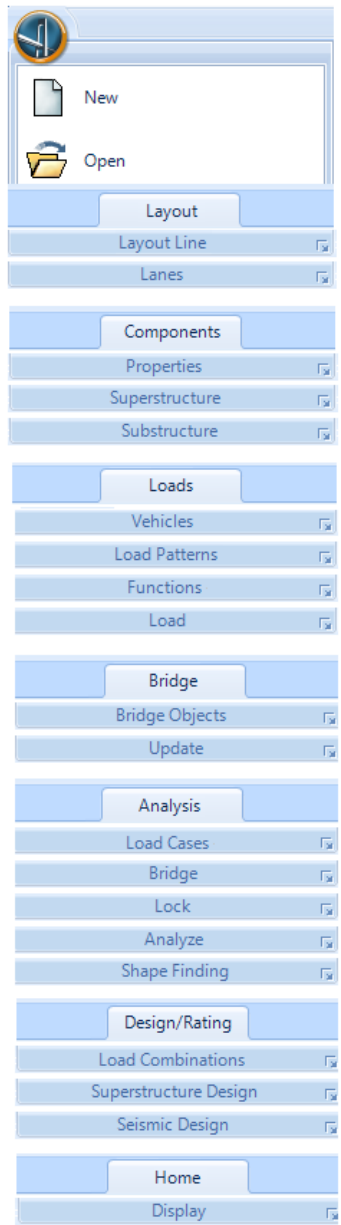
ابزار مدل‌سازی گام‌به‌گام، یک ویژگی کلیدی این برنامه و راهنمای قدم به قدم در طول ایجاد مدل و تحلیل است. این ابزار به دلیل اینکه به طور همزمان با سایر دستورات برنامه کار می‌کند، هم برای کاربران مبتدی و هم برای کاربران حرفه‌ای مفید می‌باشد. یک مدل می‌تواند با استفاده از مدل‌سازی گام‌به‌گام شروع شود و دستورات خارج از مدل‌سازی گام‌به‌گام می‌تواند برای تنظیم پارامترهای هندسی، مؤلفه‌های تحلیل و طراحی و... استفاده شود. جزئیات مربوط به فرآیند مدل‌سازی با استفاده از مدل‌سازی گام‌به‌گام در فصل ۲-۳ توضیح داده می‌شود.

واسط گرافیکی برنامه شامل ابزارهایی است که کاربران ویندوز شرکت مایکروسافت با آن آشنا هستند. همچنین دستورات آن مشابه دستورات به کار رفته در سایر برنامه‌های شرکت CSi می‌باشد.

قسمت‌های مربوطه به واسط گرافیکی و توضیحات آرایش و طرح به کار رفته در آن، در این فصل توضیح داده می‌شود. توضیحات جزئی‌تر دستورات در فصول بعدی این بخش آمده است.

نوار عنوان پنجره نمایش و نوار وضعیت، المان‌های مشترک در برنامه‌های ویندوز هستند.

- شروع مدل‌سازی
- ایجاد مدل
- تعریف خطوط طرح پل و مسیر تردد
- تعریف عرشه پل و نشیمن‌گاه‌ها
- تعریف بارگذاری
- تعریف شئ پل
- به روز رسانی مدل
- تحلیل مدل
- تکمیل طراحی
- تهیه گزارش



شکل ۲-۱-۱- فلوچارت دستورات برنامه

This section has been removed intentionally.

فصل ۲-۲
Orb

۲-۲-۱- مقدمه

Orb در بالا و چپ پنجره برنامه واقع شده است. با کلیک روی Orb، منوی دستوراتی باز می‌شود، که برای نگهداری فایل مدل (ایجاد فایل جدید، باز کردن فایل موجود، ذخیره‌سازی فایل)، ورود داده و خروجی گرفتن از یک فایل مدل، تنظیم تعدادی فایل برای تحلیل، بدون نیاز به حضور کاربر، ایجاد خروجی (گرافیکی، گزارش‌ها، تصاویر و ویدئو انیمیشن) و تنظیم تعدادی پارامتر (واحدها، رواداری‌ها، رنگ نمایش، صدا، اطلاعات پروژه، توضیح و صورت جلسه و موارد مشابه آن)، استفاده می‌شود. در قسمت نمایش Recent Models، مدل‌هایی را که اخیراً ذخیره شده‌اند، نمایش داده می‌شود. در پایین این ناحیه، دکمه‌های Resources و Exit قرار دارند. از دکمه Resources برای دسترسی به منابع مطالعاتی و مستندات مربوط به نرم‌افزار، استفاده می‌شود. در این فصل دستوراتی که در منو Orb وجود دارد، توضیح داده می‌شود. شکل ۲-۲-۱ روال کار را زمانی که مدلی با استفاده از الگوی آماده پل شروع می‌شود، نشان می‌دهد.

۲-۲-۲- Orb > new

This section has been removed intentionally.

فصل ۲-۳
Home

۲-۳-۱- مقدمه

منوی Home شـامل Bridge Wizard، View، Snap، Select، Display می‌باشـد. زمانی که گزینه الگوی Quick Bridge Template یا Blank برای شروع مدل انتخاب شده، ابزار مدل‌سازی گام‌به‌گام پل می‌تواند در طول فرآیند مدل‌سـازی و تحلیل استفاده شود. دستورات پانل View، Snap، Select و Display برای مدیریت نمای فعال (مثلاً ویژگی‌های بزرگنمایی، تنظیم نماهای3D، XY، XZ ، ZY و غیره)، بهبود دقت عملکردها در نمای فعال (مثلاً اعمال ابزارهای Snap برای اطمینان از اینکه انتهای خط ترسـیمی دقیقاً به شـئ نقطه موجود یا شـبکه مختصـات گیره شود)، کمک به عملکردها در نمای فعال از طریق انتخاب هدف (مثلاً انتخاب اشـیا بر اسـاس خصـوصیات مصالح) به کار می‌رود. بنابراین، منوی Home دستوراتی دارد که برای تنظیم پنجره فعال و کار با آن به صـورت کارآمد، نیاز اسـت. هر یک از این خصـوصـیات و دستورات مربوطه به طور مختصر در این فصل توضیح داده می‌شود.

This section has been removed intentionally.

فصل ۲-۴
Layout

۲-۴-۱- مقدمه

منوی Layout شـامل دسـتوراتی اسـت که اجازه دسترسی به فرم‌های داده مورد نیاز برای اضافه کردن، کپی، یا اصلاح و نیز حذف مشخصات خطوط طرح و مسیرهای ترافیکی را می‌دهد. در این فصل فرم‌های تعریفی وجود دارد که همه تعریف‌ها را لیسـت می‌کند؛ و دکمه‌هایی در این فرم‌ها موجود است که برای اجرای توابعی به کار می‌رود که در دسـتورات منوی Layout نیز وجود دارد. در این فصـل، این فرم‌های تعریف توضیح داده می‌شود.

This section has been removed intentionally.

فصل ۲-۵
Components

۲-۵-۱- مقدمه

منوی Components متشکل از دستوراتی است، که اجازه دسترسی به فرم‌های تعریف المان‌های پل را می‌دهد. این دستورات برای اضافه کردن، کپی، یا اصلاح تعاریف مشخصات مصالح، قاب، کابل، تاندون و لینک (پانل Properties)؛ مشخصات مقاطع، دیافراگم‌ها و تغییرات پارامتری (پانل Superstructure)؛ تکیه‌گاه‌ها، گیردارکننده‌ها، فنرهای فنداسیون، پایه‌های انتهایی و پایه‌های میانی (پانل Substructure) مورد استفاده قرار می‌گیرد. دستوری نیز برای مشخص کردن اندازه میلگردها در پانل Properties وجود دارد. همچنین دستور حذف کردن، برای حذف مشخصات انتخاب شده به کار می‌رود. در این فصل، به طور خاص، به این فرم‌ها و تعریف ویژگی مورد نظر پرداخته می‌شود.

اگر برای شروع مدل پل از الگوهای آماده استفاده شده باشد، برنامه، تعاریف پیش‌فرضی برای مشخصات مصالح و مقطع قاب، مقطع عرشه؛ تکیه‌گاه؛ پایه انتهایی و پایه میانی ایجاد می‌کند. این تعاریف با استفاده از دستورات منوی Components قابل اصلاح می‌باشند.

اگر از ابزار مدل‌سازی گام‌به‌گام پل استفاده شده باشد، با مشخص کردن مصالح، مقاطع قاب، آیتم‌های لینک، مقاطع عرشه، تکیه‌گاه‌ها، پایه‌های انتهایی و میانی در جدول خلاصه داده‌ها، و با کلیک کردن روی دکمه‌های Define/Show...، متناسب با آیتم انتخاب‌شده، فرم‌های تعریف و اصلاح مشخصات، نشان داده می‌شوند. برای دسترسی به همان فرم‌ها، می‌توان به طور مستقیم از دستورات منوی Components استفاده کرد. اگر گزینه Blank برای شروع مدل استفاده شده باشد و ابزار مدل‌سازی گام‌به‌گام پل استفاده نشود (یعنی، مدل یا توسط کاربر با وارد کردن داده مدل ایجاد شود)، دستورات منوی Componenets همچنان می‌تواند استفاده شود.

فصل ۲-۶
Loads

۲-۶-۱- مقدمه

منوی Loads شامل دستوراتی است، که اجازه دسترسی به فرمهایی برای اضافه کردن، کپی یا اصلاح (همچنین حذف کردن) تعاریف وسیله‌های نقلیه و گروه‌های وسیله نقلیه، الگوهای بار؛ توابع طیف پاسخ یا تاریخچه زمانی؛ بارهای نقطه‌ای، خطی یا سطحی را می‌دهد.

اگر از الگوی آماده پل برای شروع مدل استفاده شده باشد، برنامه تعاریف پیش‌فرض وسیله‌های نقلیه، گروه‌های وسیله نقلیه، الگوهای بار و توابع طیف پاسخ و تاریخچه زمانی را ایجاد می‌کند. این تعاریف می‌تواند با استفاده از دستورات منوی Loads مشاهده و اصلاح شوند.

This section has been removed intentionally.

فصل ۲-۷
Bridge

۲-۷-۱- مقدمه

منوی Bridge شامل دستوراتی است که اجازه دسترسی به فرم‌های لازم جهت اضافه کردن، کپی، یا اصلاح المان‌های شئ پل و نیز حذف شئ پل انتخاب شده را می‌دهد، و به صورت خودکار یا دستی مدل لینک‌شده پل را ایجاد و به‌روزرسانی می‌کند. ابزارهای دیگر این منو شامل پانل‌های دستورات دسترسی به فرم‌های مورد نیاز برای تعریف و ویرایش دهانه‌ها، آیتم‌های دهانه (دیافراگم، مفصل‌ها، گسسته سازی)، تکیه‌گاه‌ها (پایه‌های انتهایی، پایه‌های میانی)، شیب عرضی، تاندون‌های پیش‌تنیده و بارها می‌باشد. دستور اضافه کردن میلگرد شاهتیر و نیز دستور تعیین گروه‌های پل برای تحلیل ساخت مرحله‌ای، در این منو قرار دارد.

This section has been removed intentionally.

فصل ۲-۸
Analysis

۲-۸-۱- مقدمه

منوی Analysis شـامل دسـتوراتی است که اجازه دسترسی به فرم‌های مورد نیاز برای مدیریت و تعریف حالت بارگذاری؛ تعریف برنامه زمان‌بندی ساخت که برای اجرای تحلیل ساخت مرحله‌ای مدل پل به کار می‌رود؛ تبـدیل ترکیبات بار به حالت‌های غیرخطی، نمایش درختی حالت‌های بارگذاری؛ تعیین نتایجی که برای همه حالت‌های بارگذاری متحرک باید ذخیره شـود؛ و اجرای تحلیل، شـامل تعیین گزینه‌های تحلیل و نمایش نتایج تحلیل اخیر، را می‌دهد. این منو همچنین دستوری برای قفل کردن مدل باز و باز کردن مدل قفل‌شده دارد.

This section has been removed intentionally.

فصل ۲-۹
Design/Rating

۲-۹-۱- مقدمه

منوی Design/Ratings شامل دستوراتی است که اجازه دسترسی به فرم‌هایی که برای اضافه کردن، کپی، یا اصلاح ترکیبات بار نیاز هستند، می‌دهد؛ که شامل اضافه کردن ترکیبات پیش‌فرض؛ تنظیمات آیین‌نامه‌ای و ایجاد درخواست طراحی سازه اصلی و همچنین تولید نتایج آن؛ تنظیمات آیین‌نامه‌ای و ایجاد درخواست طراحی لرزه‌ای و تولید نتایج آن؛ تنظیمات آیین‌نامه‌ای و بررسی ظرفیت حمل بار زنده پل قبل از بدست آوردن نتایج می‌باشد. مراجع طراحی پل شامل آیین‌نامه AASHTO LRFD 2007، AASHTO STD 2002، CAN/CSA-S6-06 می‌باشند.

- برخلاف دیگر منوها، شروع مدل با استفاده از الگوی آماده پل تأثیری بر روی عملکرد منوی Design/Ratings ندارد (هیچ پیش‌فرضی برای منوی Design/Rating ایجاد نمی‌شود).
- برخلاف سایر منوها، ابزار طراحی گام‌به‌گام پل نمی‌تواند برای کامل کردن هیچ یک از دستورات مرتبط با منوی Design/Rating به کار رود.
- اگر گزینه Blank برای شروع مدل استفاده شده باشد، همچنان، می‌توان از دستورات منوی Design/Rating استفاده کرد.

This section has been removed intentionally.

فصل ۲-۱۰
Advanced

۲-۱۰-۱- مقدمه

منوی Advanced شامل دستوراتی است که می‌تواند برای: ویرایش اشیای انتخاب شده؛ اضافه کردن تعاریف؛ ترسیم اشیا (مانند، سطوح، اتصال خاص، قاب‌ها، کابل‌ها و تاندون‌ها)؛ اختصاص تعاریف به گره‌ها، قاب‌ها، سطوح، کابل‌ها، تاندون‌ها، حجم‌ها، لینک‌ها/تکیه‌گاه‌ها؛ اختصاص بار به گره‌های انتخاب‌شده، قاب‌ها، سطوح، کابل‌ها، تاندون‌ها، حجم‌ها، لینک‌ها/تکیه‌گاه‌ها؛ کامل کردن طراحی قاب فولادی و بتنی، اصلاح فرآیند طراحی قاب، تعیین مهاربندی جانبی؛ و اضافه کردن افزونه، استفاده شوند. اکثر این دستورات باید زمانی که قفل مدل باز است، استفاده شوند. این دستورات می‌توانند بدون توجه به چگونگی شروع مدل استفاده شوند: با استفاده از الگوی آماده پل، طراحی گام‌به‌گام، یا گزینه Blank (مدل یا توسط کاربر، یا با وارد کردن داده مدل ایجاد می‌شود). مدل پل را می‌توان ایجاد کرده، تحلیل و طراحی کرد؛ بدون اینکه از دستورات این زبانه استفاده شود.

منوی Advanced هشت پانل دارد: Edit، Define، Assign، Assign Loads، Analyze، Frame Design و Tools. جدول ۲-۱۰-۱ تا جدول ۲-۱۰-۷ به طور خلاصه دستورات این پانل‌ها را توضیح می‌دهد.

This section has been removed intentionally.

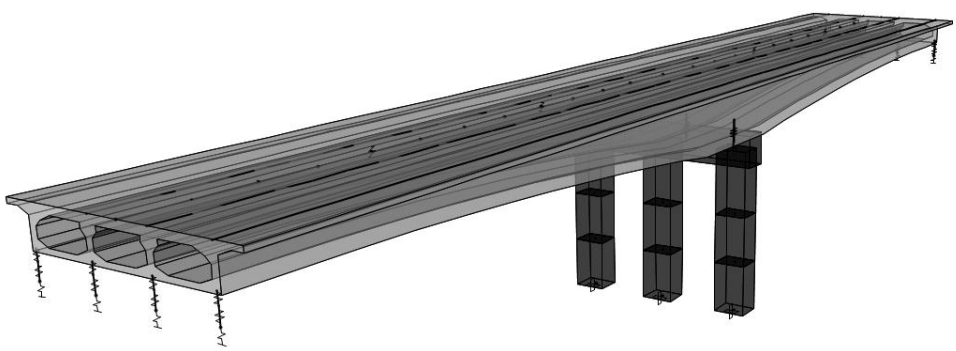
فصل ۳-۱: مدل‌سازی و تحلیل پل با شاهتیرهای بتنی پیش‌تنیده
فصل ۳-۲: مدل‌سازی و تحلیل پل با شاهتیرهای فولادی تحت بارهای متحرک
فصل ۳-۳: مدل‌سازی و تحلیل پل با شاهتیرهای فولادی تحت بار امواج
فصل ۳-۴: تحلیل و طراحی پل با شاهتیرهای بتنی تحت بارگذاری لرزه‌ای
فصل ۳-۵: مدل‌سازی و تحلیل ساخت مرحله‌ای پل معلق کابلی

بخش ۳
مثال‌های طراحی انواع پل

فصل ۳-۱
مدل‌سازی و تحلیل پل با شاهتیرهای بتنی پیش‌تنیده

۳-۱-۱- تعریف پروژه

این فصل گام‌های اساسی را برای ایجاد مدل یک پل با استفاده از برنامه شرح می‌دهد. شکل ۳-۱-۱ پلی را نشـان می‌دهد، که در طول مدل‌سـازی به منظور معرفی قسـمت‌های مختلف نرم‌افزار، که با این مثال مرتبط باشد، به کار خواهد رفت.



شکل ۳-۱-۱- نمای سه‌بعدی پل با شاهتیرهای بتنی پیش‌تنیده

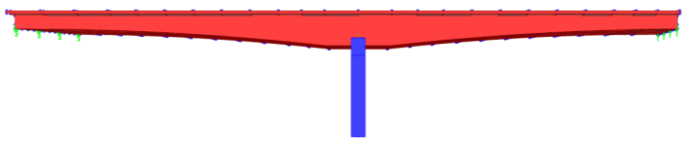
۳-۱-۱-۱- هندسه و فرضیات مدل‌سازی

این مثال شـامل یک پل دو دهانه با شـاهتیرهای بتنی پیش‌تنیده می‌باشـد و مشـخصـات زیر را دارا می‌باشد:

- **مصالح:** از مشخصات پیش‌فرض برنامه استفاده شده است.
- **پایه‌های انتهایی:** به صورت اریب، با زاویه ۱۵درجه و تنها به پایین شاهتیرها متصل می‌باشد.
- **پایه‌های میانی:** تنها پایه میانی پل شامل سه ستون ۱/۵m×۱/۵m می‌باشد.
- **پیش‌تنیدگی:** این پل با چهار تاندون با سطح مقطع ۳۲۰۰mm2 (هر کدام برای یک شاهتیر) و با نیروی تنیدگی ۹۶۰KN/m۲، برای هر کدام، پیش‌تنیده شده است.
- **عرشـه :** عرشه این پل بتنی به عمق ۱/۵m می‌باشد. البته با یک تغییراتی سهمی که از عمق ۱/۵m در پایه‌های انتهایی تا حداکثر ۳/۰m در پایه‌های میانی می‌باشـد. عرض عرشه پل از لبه

تا لبه آن ۱۰m می‌باشد.

- **دهانه:** این پل دو دهانه، هر کدام به طول ۳۰m، دارد.



(الف) نمای جانبی پل

(ب) پلان پل

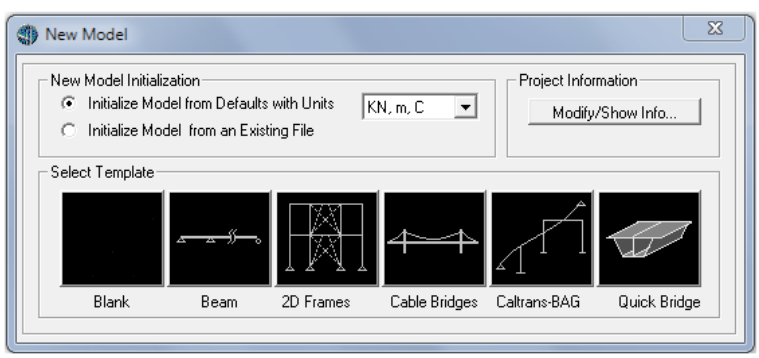
شکل ۳-۱-۲- نمای جانبی و پلان پل

۳-۱-۱-۲- شروع مدل‌سازی

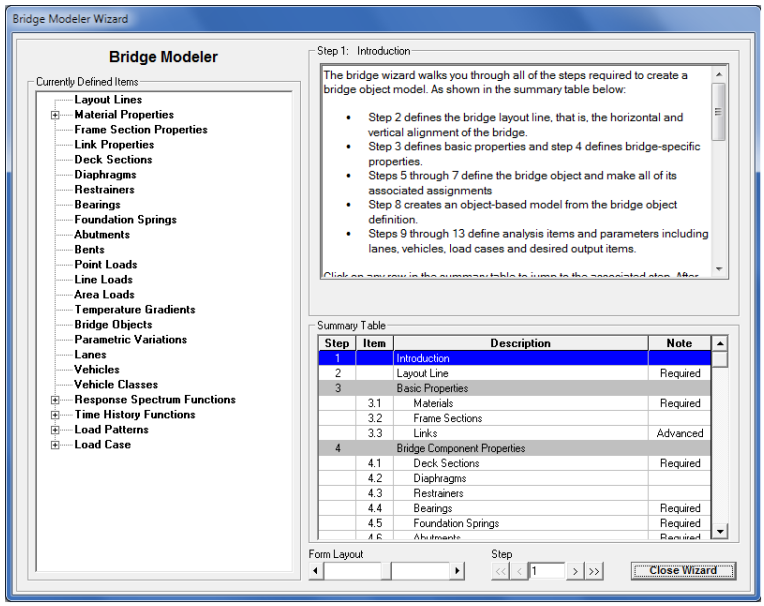
با اجرای دستور New > Orb، فرم شکل ۳-۱-۳ نشان داده می‌شود. برای این مثال، واحد اندازه‌گیری KN,m,C را انتخاب کنید.

با کلیک بر روی دکمه Blank، پنجره‌ای نمایش داده می‌شود. برای اطلاعات بیشتر در این باره می‌توانید از دستور Orb > Resources استفاده کنید. برای شروع مدل‌سازی گام‌به‌گام پل دستور Home > Bridge Wizard را اجرا کنید. پس از اجرای این دستور، فرم شکل ۳-۱-۴ نشان داده می‌شود.

این ویژگی برنامه، کاربر را در مسیر مدل‌سازی گام‌به‌گام مدل پل راهنمایی می‌کند. همچنین به عنوان یک جایگزین، می‌توان از دستورات منوهای layout و Components برای تکمیل مدل یا ایجاد تغییرات دلخواه استفاده کرد.



شکل ۳-۱-۳- فرم شروع مدل جدید



شکل ۳-۱-۴- فرم مدل‌سازی گام‌به‌گام برنامه، Bridge Wizard

۳-۱-۱-۳- مدل‌سازی گام‌به‌گام پل

در مدل‌سازی گام‌به‌گام، تمامی داده‌های لازم برای تهیه مدل پل از کاربر خواسته می‌شود. این فرآیند اساساً به ترتیب زیر می‌باشد:

۱- خطوط طرح

۲- مقاطع عرشه

۳- پایه‌های انتهایی

۴- پایه‌های میانی

۵- دیافراگم‌ها

۶- مفصل‌ها

۷- تغییرات پارامتری

۸- تعاریف شئ پل

۹- به روز رسانی مدل لینک شده

۱۰- مسیرهای عبور وسیله نقلیه

۱۱- وسیله‌های نقلیه و گروه آنها

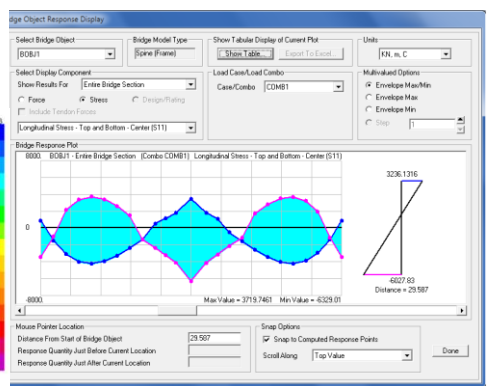
۱۲- حالت‌های تحلیل

نهایت باید دکمه Run Now را برای شروع تحلیل کلیک کنید.

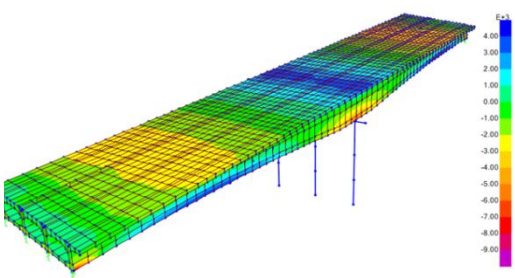
۳-۱-۲-۳- نمایش نتایج

شما می‌توانید به دو صورت نتایج را مشاهده کند: گرافیکی، عددی و به صورت جدول. با استفاده از دستور Home > Display > Show Bridge Superstructure Forces/Stresses می‌توان نیروها و تنش‌ها را همانند شکل ۳-۱-۴۳ نمایش داد. در صورتی که مدل پل به صورت اشیا سطحی به روز رسانی شود، تنش‌ها و نیروهای اعضای پوسته‌ای را می‌توان به صورت گرافیکی نمایش داد. نمونه‌ای از نمایش گرافیکی در شکل ۳-۱-۴۴ نشان داده شده است.

نتایج تحلیل را می‌توان به صورت جداولی نمایش داد. برای این منظور دستور Home > Display> Show Tables را اجرا کنید. به این ترتیب تصویر شکل ۳-۱-۴۵ نمایش داده می‌شود. با استفاده از گزینه‌های مختلف در این فرم می‌توان نتایج مختلف مورد نظر را جهت نمایش انتخاب کرد.



شکل ۳-۱-۴۳- نمایش نتایج تحلیل به صورت نمودار در طول محور پل

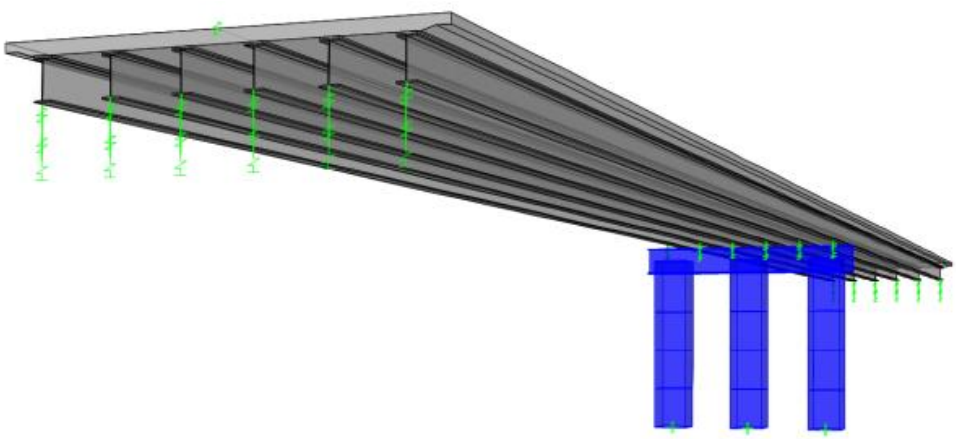


شکل ۳-۱-۴۴- نمایش نتایج به صورت گرافیکی

فصل ۳-۲
مدل‌سازی و تحلیل پل با شاهتیرهای فولادی تحت بارهای متحرک

۳-۲-۱- تعریف پروژه

در این فصل مدل‌سازی یک پل فولادی با استفاده از برنامه شرح داده می‌شود. در شکل ۳-۲-۱، نمای سه‌بعدی پل نشان داده شده است. تنها برخی از دستورات لازم در مدل‌سازی این مثال در این فصل دوباره شرح داده می‌شود و حدالامکان از تکرار مطالب پرهیز می‌شود.



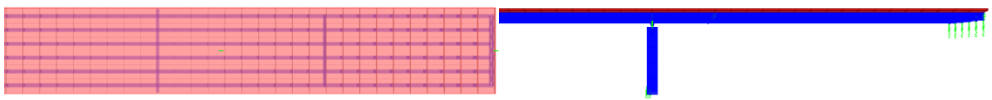
شکل ۳-۲-۱- نمای سه‌بعدی پل با شاهتیرهای فولادی

۳-۲-۱-۱- هندسه و فرضیات مدل‌سازی

این مثال شامل یک پل دو دهانه با شاهتیرهای فولادی می‌باشد و مشخصات زیر را دارا می‌باشد:

- **پایه‌های انتهایی:** بدون اریبی، به پایین شاهتیرها متصل می‌باشد.
- **پایه‌های میانی:** پایه میانی شامل سه ستون ۱/۵m×۱/۵m می‌باشد.
- **عرشه:** دال عرشه این پل به عمق ۰/۲m می‌باشد. عرض عرشه پل از لبه تا لبه آن ۱۰m می‌باشد.
- **دهانه:** این پل دو دهانه، هر کدام به طول ۴۰m، دارد.

- از مقادیر پیش‌فرض برنامه برای تعریف مصالح استفاده شده است.



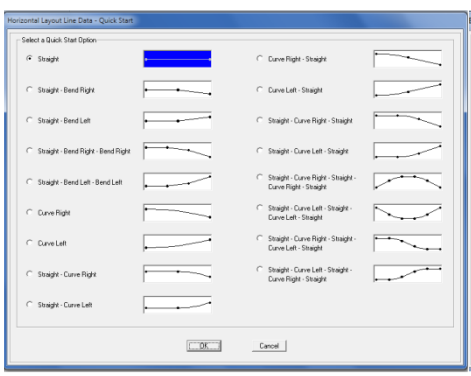
(الف) نمای جانبی پل (ب) پلان پل

شکل ۳-۲-۲- نمای جانبی و پلان پل

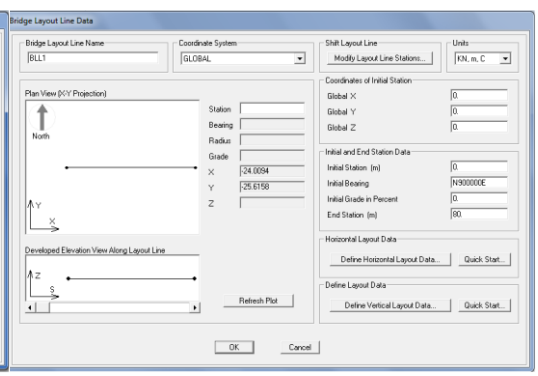
۳-۲-۱-۲- شروع مدل‌سازی

دستور New > Orb را اجرا کنید. برای این مثال واحد اندازه‌گیری KN,m,C را انتخاب کنید. حالت نمایش Blank را انتخاب کنید. برای شروع مدل‌سازی گام‌به‌گام پل دستور Home > Bridge Wizard را اجرا کنید. با دوبار کلیک روی ردیف خط طرح در فرم Bridge Wizard، فرم Define Bridge Layout Line نشان داده می‌شود. همچنین می‌توان با استفاده از دستور Layout> Layout Line > Expand arrow به این فرم دسترسی داشت. با کلیک بر روی دکمه Add New Line، شکل ۳-۲-۳ نمایش داده می‌شود. توصیه می‌شود که محور پل در سمت شرقی ـ غربی تعریف شود.

در قسمت Initial and End Station Data از فرم، مقدار ۸۰ را برای End Station وارد کنید. توجه داشته باشید که طول پل همیشه از طول خطوط طرح کوچکتر یا برابر انتخاب می‌گردد. از دکمه‌های Quick Start می‌توانید برای تعریف سریع و ویرایش خط طرح استفاده کنید (شکل ۳-۲-۴). در انتها با فشردن دکمه‌هایOK به فرم اصلی باز گردید.



شکل ۳-۲-۴- فرم Quick Start برای تعیین الگوی افقی خط طرح

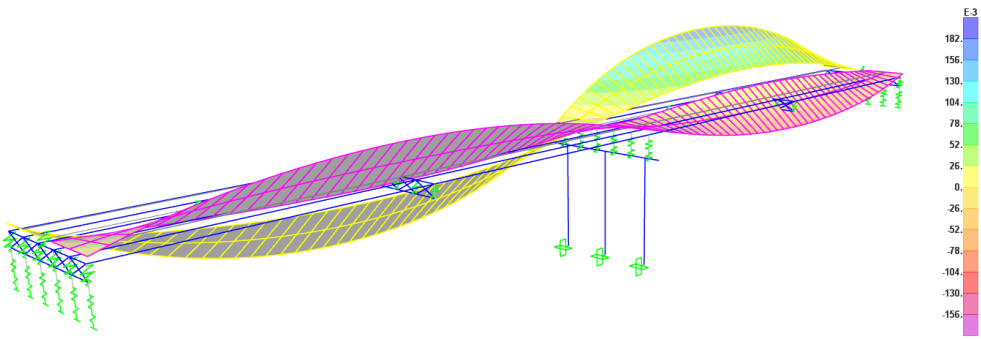


شکل ۳-۲-۳- فرم مشخصات خطوط طرح

۳-۲-۲- وسیله‌های نقلیه

.This section has been removed intentionally

با استفاده از دستور Display > Show Influence Lines/Surfaces می‌توان خطوط/سطوح تأثیر را برای حالت‌های بارگذاری مختلف نمایش داد. در شکل ۳-۲-۲۸ سطح تأثیر لنگر تیر پایه میانی تحت بار متحرک MovingLoad (در مراحل بعدی تعریف می‌شود) نشان داده شده است.



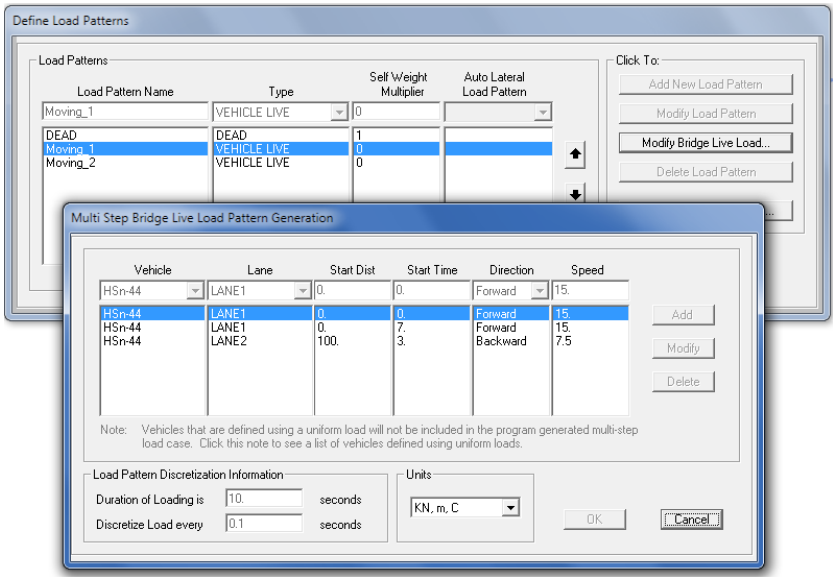
شکل ۳-۲-۲۸- سطح تأثیر لنگر تیر پایه میانی تحت بار MovingLoad

۳-۲-۲-۱- تعریف وسیله نقلیه متحرک با سرعت و جهت معلوم

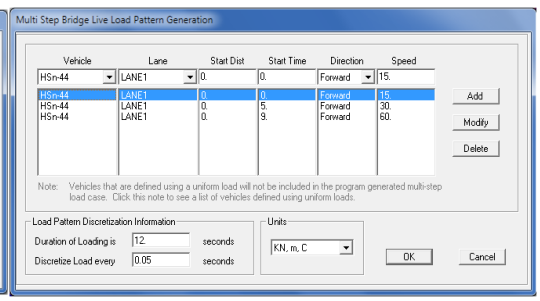
آیتم ۱۱، Load Pattern Definitions، را از فرم Bridge Wizard دوبار کلیک کنید، یا دستور Loads > Load Patterns را اجرا کنید، تا فرم Define Load Patterns برای تعریف الگوی بار ظاهر شود.

الگوهای بار Moving_1 و Moving_2 را به صورت "Vehicle Live" تعریف کنید. با کلیک بر روی دکمه Modify Bridge Live Load، وسیله‌ها، مسیر تردد، زمان و سرعت آنها را در فرم Multi Step Bridge... تعیین کنید. الگوهای بار Moving_1 شامل سه کامیون HSn-44 می‌باشد. دو کامیون در مسیر LANE1 با سرعت ۱۵m/s و با تأخیر ۷ثانیه‌ای عبور می‌کنند. کامیون سوم در مسیر مخالف با تأخیر ۳ ثانیه‌ای از کامیون اول، با سرعت ۷/۵m/s از روی مسیر LANE2 عبور می‌کند. الگوهای بار Moving_2 نیز شامل سه کامیون HSn-44 می‌باشد. دو کامیون اول در مسیر LANE1 به ترتیب با سرعت ۱۵m/s و ۳۰m/s با تأخیر ۷ ثانیه‌ای عبور می‌کنند. کامیون سوم نیز به دنبال آنها با تأخیر ۹ثانیه‌ای از کامیون اول و با سرعت ۶۰m/s از روی همان مسیر عبور می‌کند (شکل ۳-۲-۲۹ و ۳-۲-۳۰).

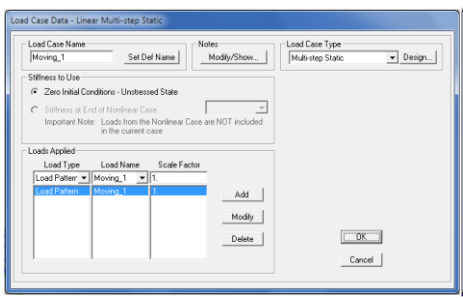
همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، یک الگوی بار به تنهایی روی سازه تأثیر نمی‌گذارد و باید الگوهای بار روی حالت‌های بارگذاری اعمال شوند، تا نتایج تولید شوند. برای این منظور، روی آیتم ۱۲.۱، Load Cases، از فرم Bridge Wizard دوبار کلیک کنید، یا دستور Analysis > Load Cases > Expand arrow را اجرا کنید. دو حالت بارگذاری Moving_1 و Moving_2 باید به صورت خودکار ایجاد شده باشند. برای مشاهده حالت بارگذاری، روی دکمه Modify/Show Load Case کلیک کنید تا فرم Load Case Data، همانند شکل ۳-۲-۳۱، ظاهر گردد.



شکل ۳-۲-۲۹- فرم تعریف الگوی بار متحرک Moving_1

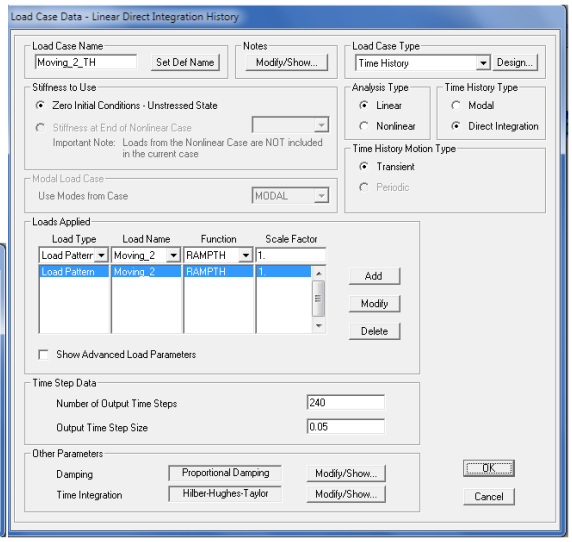


شکل ۳-۲-۳۰- فرم تعریف الگوی بار متحرک Moving_2

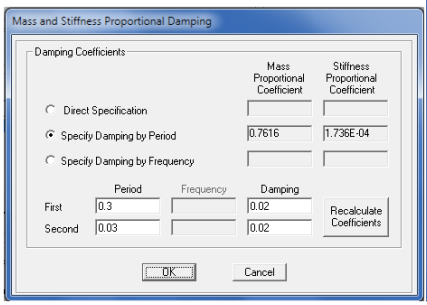


شکل ۳-۲-۳۱- حالت بارگذاری Moving_1 **که به صورت خودکار ایجاد شده**

یک حالت بارگذاری تاریخچه زمانی با تابع رمپ با اســـتفاده از الگوی بار Moving_2 برای این مثال تعریف کنید. به این ترتیب که، از فرم Define Load Cases، روی دکمه Add New Load Case کلیک کنید. در فرم ظاهر شـــده، نوع حالت بارگذاری را به Time History تغییر دهید. نام این حالت بارگذاری را Moving_2_TH انتخاب کنید. نوع تحلیل تاریخچه زمانی را خطی با انتگرال مســـتقیم انتخاب کنید. در قســـمـت Loads Applied، الگوی بار Moving_2 را با ضـــریب مقیاس برابر واحد به صـــورت تابع RAMPTH اضـافه کنید. تعداد گام‌های تاریخچه زمانی و نیز اندازه آنها را در قسمت Time Step Data، به ترتیب، ۲۴۰ و ۰/۰۵ وارد کنید. در شکل ۳-۲-۳۲، فرم تکمیل شده نشان داده شده است. مشخصات میرایی را همانند شـکل ۳-۲-۳۳، با کلیک بر روی دکمه Modify/Show از قسمت Other Parameters، معین کنید.



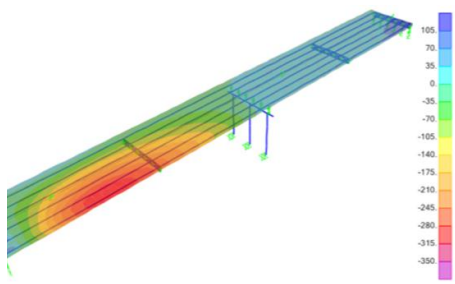
شکل ۳-۲-۳۲- تعریف حالت بارگذاری تاریخچه زمانی Moving_2_TH



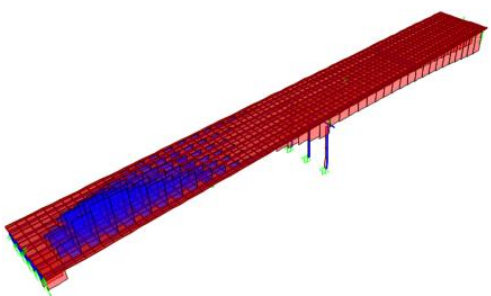
شکل ۳-۲-۳۳- تخصیص میرایی برای حالت بارگذاری تاریخچه زمانی

اکنون با اتمام مراحل مدل‌سازی، مدل لینک‌شده پل را با اشیا پوسته‌ای به‌روزرسانی نمایید. سپس با فشردن کلید میانبر F5 مدل را تحلیل نمایید. شکل ۳-۲-۳۴ و شکل ۳-۲-۳۵، به ترتیب، کانتور تنش‌های F11 و نیروهای محوری را برای حالت بارگذاری Moving_1، در گام دوازدهم نشان می‌دهد.

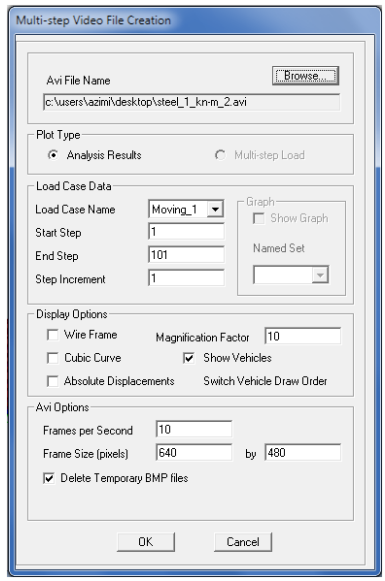
برای تهیه انیمیشن عبور وسیله‌های نقلیه از روی پل و مشاهده همزمان نتیجه آنها به صورت کانتور تنش یا جابجایی، می‌توان با اجرای دستور Orb> Pictures> Create Multi-Step Animation Video، فرم Multi Step Video… را همانند شکل ۳-۲-۳۶ باز کرد. در این فرم مشخصات انیمیشن را تعیین کنید و در انتها دکمه OK را فشار دهید. کمیت پاسخ نمایش داده شده در فایل انیمیشن، همان کمیت کنونی نمایش داده شده در برنامه می‌باشد. شکل ۳-۲-۳۷ تنش‌های F11 را هنگام عبور دو کامیون از روی پل (گام ۸۵) نشان می‌دهد.



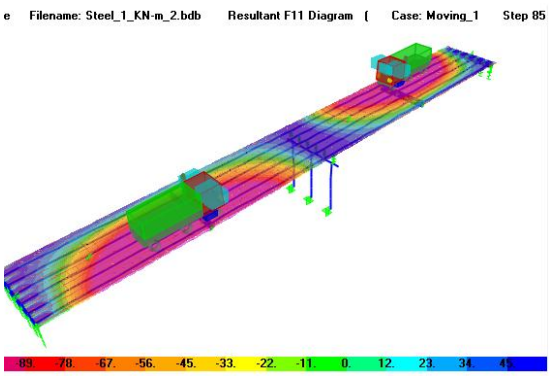
شکل ۳-۲-۳۴- کانتور تنش‌های F11، برای حالت بارگذاری Moving_1، در گام دوازدهم



شکل ۳-۲-۳۵- نمایش نیروهای محوری برای حالت بارگذاری Moving_1، در گام دوازدهم

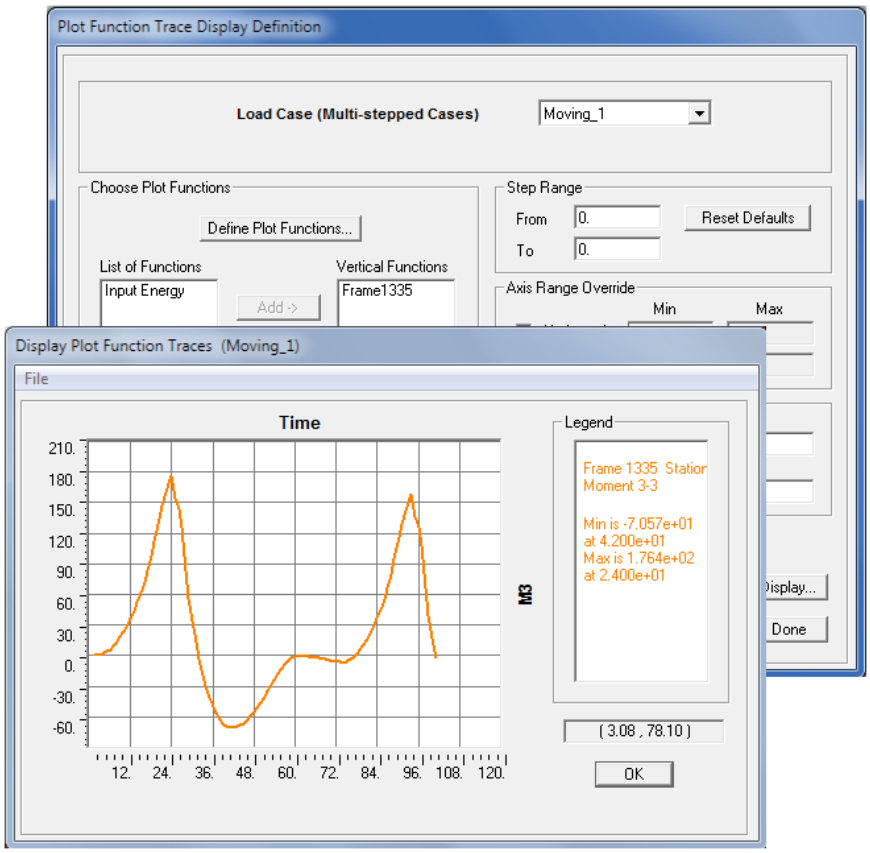


شکل ۳-۲-۳۶- تهیه انیمیشن از بارگذاری بار متحرک پل



شکل ۳-۲-۳۷- تنش‌های F11 هنگام عبور کامیون از روی پل (گام ۸۵)

با اجرای دســـتور Home > Display > More > Show Plot Functions می‌توان نمودار تغییرات کمیت پاســخ دلخواه را برای یک المان مورد نظر در برابر زمان، همانند شــکل ۳-۲-۳۸، نمایش داد. در این شکل، تاریخچه تغییرات لنگر خمشی المان ۱۳۳۵ به صورت نمودار ترسیم شده است. از این ویژگی نرم‌افزار می‌توان برای تهیه نمودار تغییرات پاسخ پل برای گروه نقاط و المان‌های بحرانی استفاده کرد.

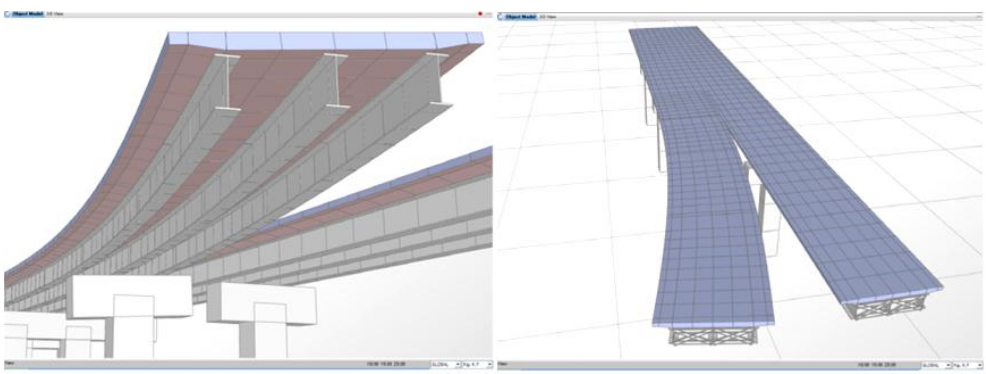


شکل ۳-۲-۳۸- تاریخچه تغییرات لنگر خمشی برای المان ۱۳۳۵ شاهتیر برای حالت بارگذاری Moving_1

فصل ۳-۳
مدل‌سازی و تحلیل پل با شاهتیرهای فولادی تحت بار امواج

۳-۳-۱- تعریف پروژه

در این فصل مدل‌سازی یک پل با شاهتیرهای فولادی شرح داده می‌شود. این پل تحت بارگذاری بارهای امواج تحلیل خواهد شد. نمای سه‌بعدی پل در شکل ۳-۳-۱ نشان داده شده است. همانگونه که از این تصویر مشخص است، مدل پل در سه جزء (شئ پل) مدل شده است. در ادامه توضیحات لازم در مورد مدل‌سازی پل و نیز پارامترهای بارگذاری امواج داده می‌شود.



شکل ۳-۳-۱- نمای سه‌بعدی پل با شاهتیرهای فولادی و عرشه‌های واگرا

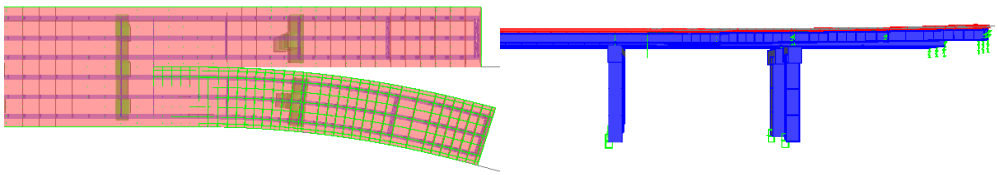
۳-۳-۱-۱- هندسه و فرضیات مدل‌سازی

این پل شامل سه جزء می‌باشد؛ که هرکدام دو دهانه با شاهتیرهای فولادی و مشخصات زیر دارند:

- **پایه‌های انتهایی:** بدون اریبی، به پایین شاهتیرها متصل می‌شود.
- **پایه‌های میانی:** دو نوع پایه میانی برای این مثال تعریف می‌شود؛ نوع اول شامل سه ستون مسلح ۱/۵m×۱/۵m می‌باشد؛ نوع دوم تنها به یک ستون ۲m×۱/۵m تکیه دارد..
- **عرشه :** دال عرشه این پل به عمق ۰/۳m می‌باشد. عرض عرشه پل از لبه تا لبه آن، در ابتدای پل ۱۰m می‌باشد، که در امتداد پل به دو عرشه ۵m تقسیم می‌گردد.
- **دهانه:** این پل شامل چهار دهانه می‌باشد؛ که به ترتیب از ابتدای پل ۱۵m، ۱۵m، ۲۵m،

۲۵m طول دارند.

- از مقادیر پیش‌فرض برنامه برای تعریف مصالح فولاد و بتن استفاده شده است.

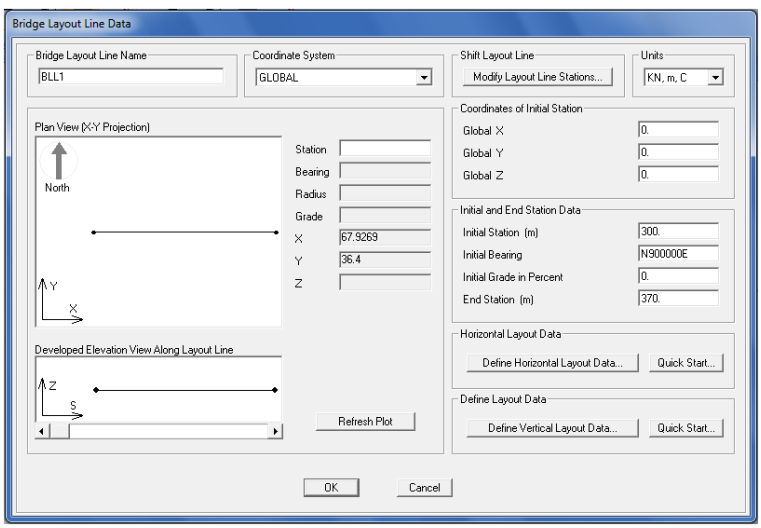


(الف) نمای جانبی پل (ب) پلان پل

شکل ۳-۳-۲- نمای جانبی و پلان پل

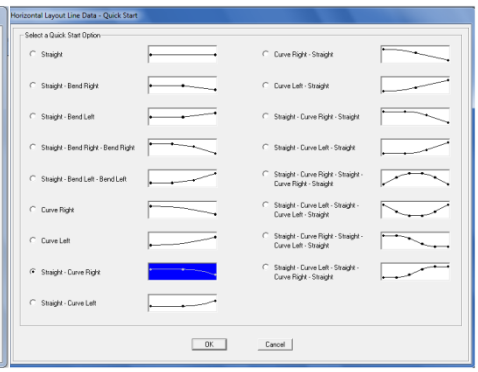
۳-۳-۱-۲- شروع مدل‌سازی

دستور New > Orb را اجرا کنید. برای این مثال، واحد اندازه‌گیری KN,m,C را انتخاب کنید. حالت نمایش Blank را انتخاب کنید. دستور Home > Bridge Wizard را اجرا کنید. با دوبار کلیک روی ردیف خط طرح، فرم Define Bridge Layout Line نشان داده می‌شود. با کلیک بر روی دکمه Add New Line، فرم نمایش داده شده در شکل ۳-۳-۳ را اصلاح نمایید.

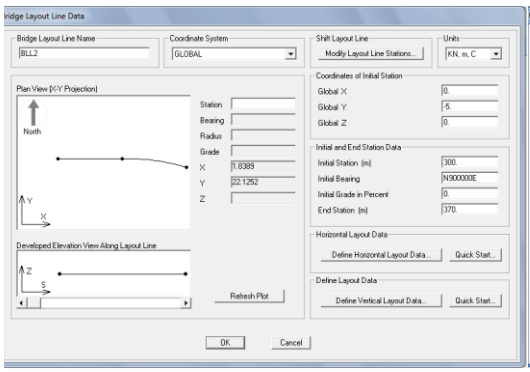


شکل ۳-۳-۳- فرم مشخصات خط طرح BLL1

در ناحیه Initial and End Station Data از فرم، مقدار ۳۰۰ و ۳۷۰ را به ترتیب برای ایستگاه ابتدایی و انتهایی وارد کنید. با فشردن دکمه‌های OK به فرم اصلی باز گردید. با تکرار مراحل قبل، خط طرح دوم را با نام BLL2 و به صورت انحنادار با استفاده از دکمه Quick Start، برای تعریف سریع و ویرایش، تعریف کنید. نقطه شروع این خط نسبت به خط BLL1، ۵m در جهت محور Y فاصله دارد. در شکل ۳-۳-۴ و شکل ۳-۳-۵، فرم تعیین الگوی افقی خط طرح و نیز داده‌های مربوط به خط طرح BLL2، نشان داده شده است.



شکل ۳-۳-۴- فرم Quick Start برای تعیین الگوی افقی خط طرح BLL2

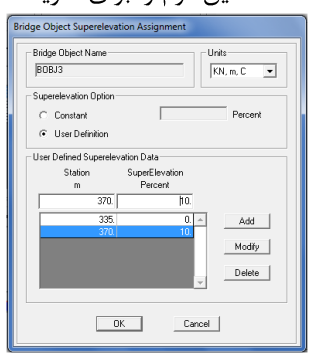


شکل ۳-۳-۵- فرم مشخصات خط طرح BLL2

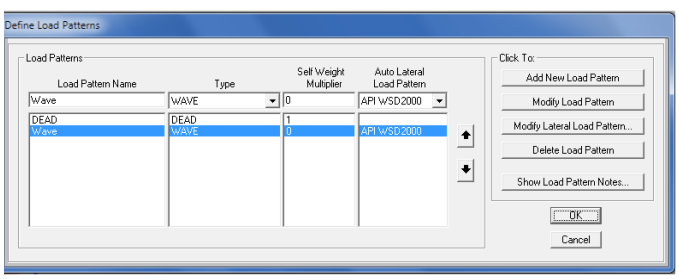
.This section has been removed intentionally

۳-۳-۲- الگوی بارگذاری بار موج

روی آیتم ۱۱، Load Pattern Definitions، از فرم Bridge Wizard دوبار کلیک کنید، یا دستور Loads > Load Patterns را اجرا کنید. فرم Define Load Patterns برای تعریف الگوی بار ظاهر می‌شود. شکل ۳-۳-۲۳ این فرم را برای تعریف الگوی بار موج نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳-۲۲- شکل فرم تعریف شیب عرضی



شکل ۳-۳-۲۳- فرم تعریف الگوهای بار

الگوی بار موج به صورت خودکار بر سازه پل اعمال می‌گردد. این الگو شامل بار امواج، شناوری و باد می‌باشد. بار موج می‌تواند در هر جهتی بر سازه اعمال شود. برای یک جهت مشخص، هر تعداد موقعیت نقطه تاج موج را می‌توان در یک الگوی بار واحد در نظر گرفت. سرعت و شتاب موج می‌تواند با استفاده از تئوری‌های موج به صورت خودکار توسط برنامه محاسبه گردد؛ یا اینکه توسط کاربر تعریف شود.

از لیست کرکره‌ای Type، نوع الگوی بار را Wave انتخاب کنید. برای توزیع جانبی خودکار این بار، American Petroleum Institute (API) WSD 2000 را انتخاب کنید. پس از اضافه کردن این الگو به لیست، دکمه Modify Lateral Load Pattern را فشار دهید، تا فرم Wave Load Pattern، همانند شکل

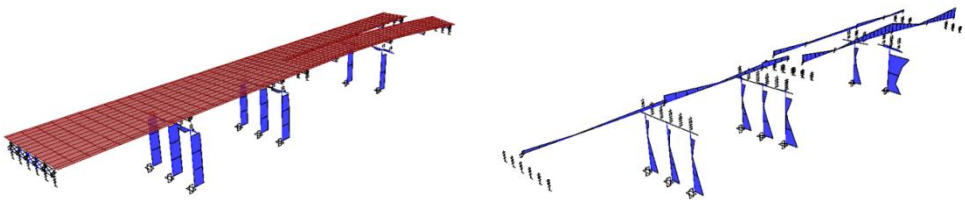
۳-۳-۲۴، نمایش داده شود.

در حالتی که از تئوری‌های موج استفاده شود، ارتفاع، دوره تناوب و عمق آب در زمان بارندگی[1] باید معرفی گردند. سرعت و جهت جریان، رشد لایه آبزی روی سازه[2]، ضریب درگ[3]، ضریب اینرسی را می‌توان به صورت تابعی از عمق آب تعریف کرد. جهت موج می‌تواند مستقل از جهت جریان تعریف شود. بار باد نیز می‌تواند به عنوان قسمتی از بار موج تعریف گردد. بار باد به قسمتی از سازه که بالای سطح آب قرار دارد، اعمال می‌شود. جزئیات محاسباتی بار موج خارج از بحث این کتاب می‌باشد و تنها نحوه تعریف آن در این بخش شرح داده می‌شود. فرم شکل ۳-۳-۲۴ شامل پارامترهای زیر می‌باشد؛ که در ادامه شرح داده می‌شود:

.This section has been removed intentionally

۳-۳-۳- تحلیل مدل

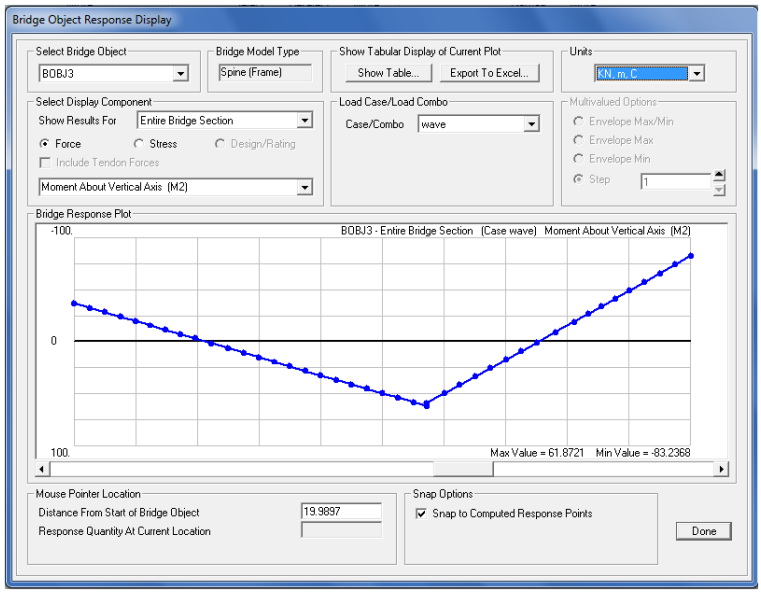
با انجام تحلیل روی مدل لینک‌شده با اشیای خطی، حداکثر پاسخ سازه‌ای پل را می‌توان برای کمیت مختلف پاسخ سازه مشاهده کرد. برای مثال، نیروهای محوری و برشی، تحت بار Wave، در شکل ۳-۳-۳۹ نشان داده شده است (کلید میانبر F7).



شکل ۳-۳-۳۹- تنش حداکثر (راست) و نیروهای برشی (چپ) تحت بار امواج (کلید میانبر F7)

با فشردن دکمه میانبر F10 می‌توانید نمودار نیروهای داخلی اجزای پل را تحت بارگذاری‌های تعریف شده نمایش دهید. نمودار لنگر داخلی شیء BOBJ3 در شکل ۳-۳-۴۰ تحت بارگذاری بار موج نشان داده شده است

1- Storm Water Depth
۲- Marine Growth
۳- Drag Coefficient

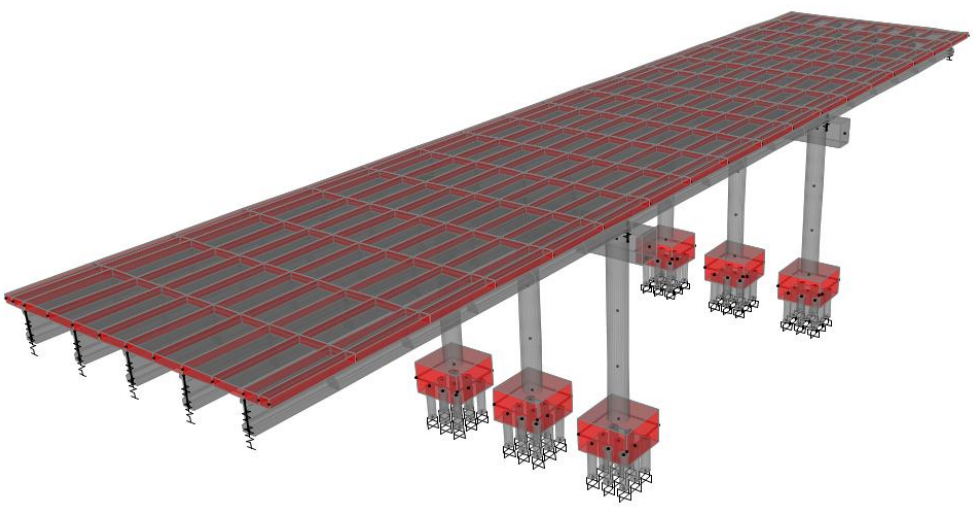


شکل ۳-۳-۴۰- نمایش لنگر خمشی حاصل از بار موج اجزای پل (کلید میانبر F10)

فصل ۳-۴
تحلیل و طراحی پل با شاهتیرهای بتنی تحت بارگذاری لرزه‌ای

۳-۴-۱- تعریف پروژه

در این فصل به توصیف گام‌های فرایند طراحی لرزه‌ای پل با نرم‌افزار پرداخته می‌شود. فرض می‌شود که با ملزومات ایجاد شئ پل لینک‌شده در فصل‌های قبل آشنا شده‌اید؛ و تنها برخی از ویژگی‌های لازم در مدل‌سازی مثال، در این فصل دوباره شرح داده شده است، و از تکرار مطالب پرهیز می‌شود. در شکل ۳-۴-۱ طرح سه‌بعدی پل نشان داده شده است.



شکل ۳-۴-۱- نمای سه‌بعدی پل

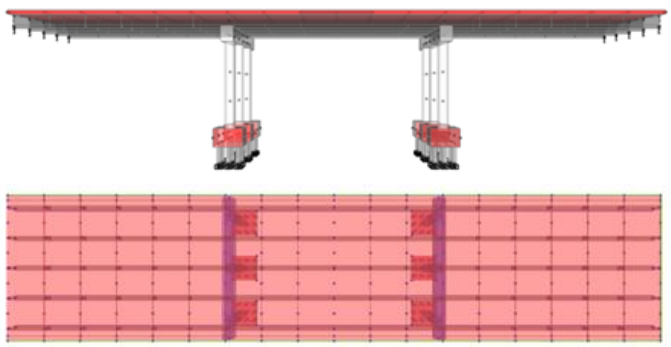
همانگونه که در ضوابط طراحی لرزه‌ای آشتو برای پل‌ها به روش LRFD توضیح داده شده است، روش طراحی لرزه‌ای برای این پل، نوع-۱، طراحی یک روسازه الاستیک می‌باشد. به این ترتیب در طراحی پل می‌بایست تشکیل مفصل‌های پلاستیک در ستون‌ها در نظر گرفته می‌شوند.

۳-۴-۱-۱- هندسه و فرضیات مدل‌سازی

مثال مورد نظر یک پل سه دهانه با شاهتیرهای I-شکل می‌باشد. مشخصات اجزا پل در زیر آورده شده است:

- **شـــمع‌ها:** از شمع‌های با قطر ۰/۴m فولادی، که با بتن مسلح با شش آرماتور طولی #۵ و سه خاموت عرضی #۴ با گام‌های ۰/۱۵m پرشده‌اند، استفاده شده است.
- **کلاهک شـــمع:** ســـتون‌های پایه‌های میانی به صـــورت یکپارچه به کلاهک‌های بتنی متصـــل شده‌اند، که هرکدام توسط نه شمع نگه داشته می‌شوند.
- **پایه‌های میانی:** دو پایه میانی شامل سه ستون به قطر ۰/۹m می‌باشد.
- **عرشـــه پل:** عرشـه پل شـامل پنج شـاهتیر بتنی آماده با ارتفاع ۱m می‌باشـد، که عرشه‌ای با ضخامت دال ۰/۳m را نگه می‌دارند. عرض عرشه پل از لبه تا لبه آن ۱۲m می‌باشد.
- **دهانه‌ها:** این پل شامل سه دهانه با طول ۱۸m می‌باشد.
- پایه‌های انتهایی پل در دو جهت طولی و عرضی آزاد می‌باشند.
- از مقادیر پیش‌فرض برنامه برای تعریف مصالح استفاده شده است.

(الف) نمای جانبی پل



(ب) پلان پل

شکل ۳-۴-۲- نمای جانبی و پلان پل

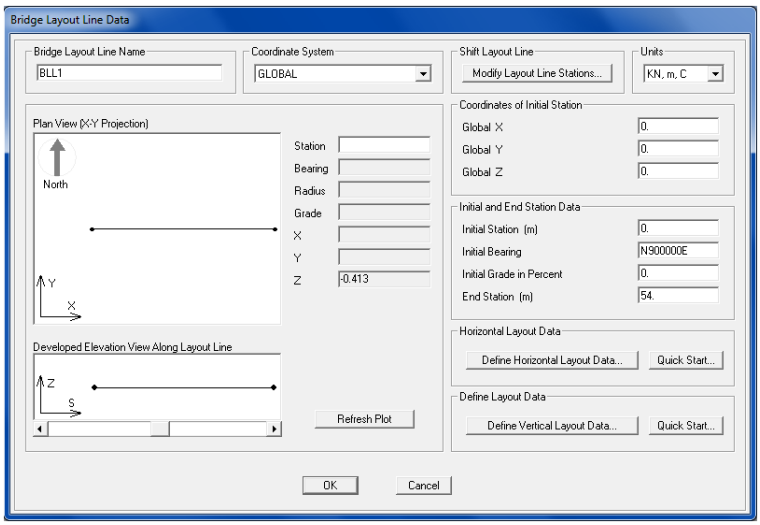
۳-۴-۱-۲- خطوط طرح پل

دســـتور Orb > New را اجرا کنیـد. برای این مثال واحد اندازه‌گیری KN,m,C را انتخاب کنید. حالت نمایش Blank را انتخاب کنید. مدل مورد نظر شـامل سه دهانه با طول ۱۸m می‌باشد. خطوط طرح را با استفاده از دستور Layout > Layout Line > New و مطابق با فرم Layout Line Data در شکل ۳-۴-۳ تعریف کنید. خط طرح به صـورت مسـتقیم و بدون تغییر در ارتفاع می‌باشـد. طول واقعی خط طرح را، برابر ۵۴m، در ناحیه Initial and End Station Data و جعبه ویرایشی End Station وارد کنید.

۳-۴-۲- تعریف مقطع اعضای خطی

چهار مقطع برای ایجاد مدل سازه‌ای پل برای چهار نوع المان خطی استفاده شده در این مثال نیاز است.

این مقاطع شامل: ستون پایه میانی، شمع، تیر زیرسری روی پایه‌های میانی و شاهتیر بتنی، می‌باشد. تعریف مشخصات مقاطع برای هر عضو در ادامه توضیح داده شده است.



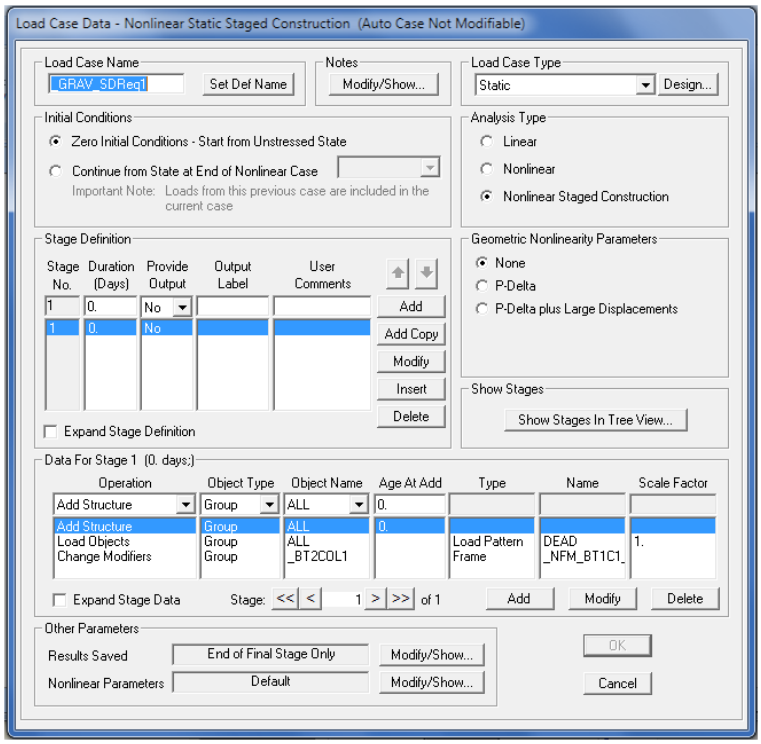
شکل ۳-۴-۳- فرم مشخصات خطوط طرح

.This section has been removed intentionally

۳-۴-۳- تحلیل بار مرده و مشخصات مقطع ترک‌خورده

نتایج تحلیل بار مرده برای بررسی مدل تحلیلی و در ادامه آن مشخصات مقطع ترک‌خورده، که به ستون‌های پایه میانی به صورت تعدیل کننده مشخصات مقطع عضو اعمال می‌شود، به کار می‌رود. سختی کاهش یافته‌ی ستون‌ها ممکن است روی تحلیل‌های پوش‌اور تأثیر گذارد. اصلاح مشخصات مقطع المان جداگانه برای هر ستون پایه میانی و انتهایی به صورت یک سری مشخصات نام‌گذاری شده، تعریف می‌شود. می‌توان از برنامه Section Designer برای مشاهده منحنی لنگر-انحنا و مشخصات ترک‌خورده مقاطع مختلف استفاده کرد.

حالت بار با نام پیش‌فرض GRAV_SDReq1_، توسط برنامه ایجاد شده و به عنوان یک حالت بارگذاری ساخت یک مرحله‌ای و برای استفاده در اصلاح مشخصات مقاطع ستون‌ها به کار می‌رود. شکل ۳-۴-۳۴ فرم Load Case Data را برای حالت بارگذاری GRAV_SDReq1_ نشان می‌دهد. باید در نظر داشت که حالت‌های بارگذاری خودکار قابل تغییر و اصلاح نمی‌باشند.



شکل ۳-۴-۳۴- مشخصات حالت بارگذاری خودکار _GRAV_SDReq1

۳-۴-۴- طیف پاسخ و جابجایی‌های تقاضا[1]

پاسخ لرزه‌ای کل سازه پل با استفاده از تابع طیف پاسخ تعریف‌شده، توسط برنامه تحلیل می‌شود. تعداد مدهای استفاده شده توسط برنامه خودکار بوده و بر حسب تعداد دهانه‌های پل تعیین می‌شود. کاربر باید مشارکت جرم کل را جهت اطمینان از کافی بودن تعداد مدهای استفاده شده در تحلیل، کنترل کند. جابجایی‌های طیف پاسخ استفاده شده توسط برنامه، به عنوان تقاضاهای جابجایی مطابق تعاریف بخش ۴-۴ ضوابط طراحی لرزه‌ای آشتو به روش LRFD استفاده می‌شود.

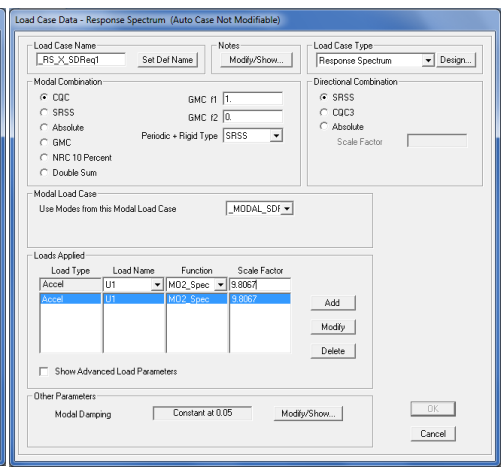
۳-۴-۴-۱- حالت‌های بارگذاری طیف پاسخ

سه حالت بارگذاری طیف پاسخ به صورت خودکار توسط برنامه با نام‌های _RS_X_SDReq1، _RS_Y_SDReq1 و _RS_XY_SDReq1 ایجاد می‌شود. دو حالت بارگذاری طیفی اول بارهای دینامیکی در طول U1 و U2 می‌باشند. جهت U1 از تکیه‌گاه ابتدایی به تکیه‌گاه انتهایی در امتداد خط مرجع پل می‌باشد. در صورتی که طراح بخواهد بار طیف پاسخ را در جهت دیگر اعمال کند، در فرمSubstructure Seismic Design Request Parameters می‌تواند اصلاحات لازم را انجام دهد.

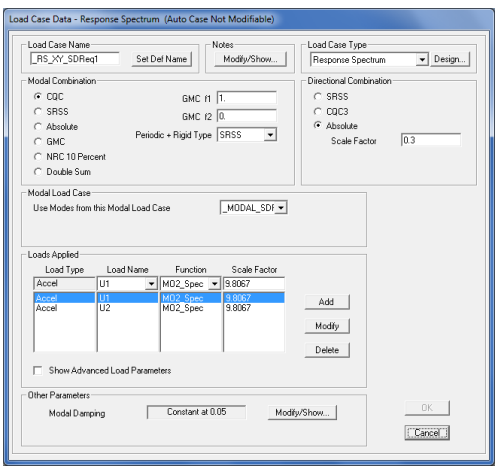
1- Demand Displacements

سومین حالت بارگذاری طیف پاسخ، از یک گزینه ترکیب جهتی از نوع ABS، با ضریب مقیاس برابر ۰/۳ استفاده می‌کند. این حالت بارگذاری طیف پاسخ، ملزومات طراحی لرزه‌ای آشتو را اضافه می‌کند. بخش ۴-۴ آشتو، الزام ترکیب بارهای طیف پاسخ را طبق قاعده ۱۰۰٪ -۳۰٪ برای جهات اصلی بیان می‌کند. یک حالت بارگذاری طیف پاسخ مانند RS_XY_SDReq1_ پوش حداکثر نتایج طیف پاسخ را برای هر یک از ترکیب‌های ۳۰/۱۰۰ و ۱۰۰/۳۰ ایجاد می‌کند. فرم Load Case Data برای حالت بارگذاری طیف پاسخ RS_XY_SDReq1_ در شکل ۳-۴-۳۶ نشان داده شده است.

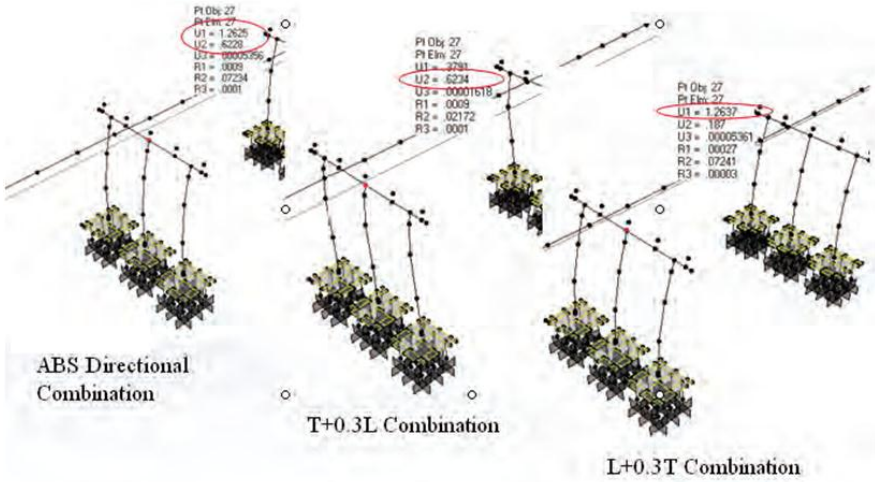
ضریب میرایی مودی برابر ۵٪ در نظر گرفته شده است، اما این مقدار در صورت نیاز می‌تواند توسط کاربر تغییر و اصلاح پیدا کند. برای این منظور از فرم Substructure Seismic Design Request Parameters استفاده می‌گردد. برای تشریح ویژگی ترکیب جهتی ABS، جابجایی‌های پایه میانی مثال پل در شکل ۳-۴-۳۷ به طور خلاصه نشان داده شده است.



شکل ۳-۴-۳۵- حالت بارگذاری طیف پاسخ در جهت U1



شکل ۳-۴-۳۶- حالت بارگذاری طیف پاسخ با ترکیب جهتیABS



شکل ۳-۴-۳۷- جابجایی‌های BENT1 برای سه حالت بارگذاری ایجادشده توسط برنامه

۳-۴-۴-۲- نتایج طیف پاسخ

با اتمام تحلیل طیف پاسخ، جابجایی‌ها برای هر پایه به صورت جداول مختلف ارائه می‌شود. . برنامه همچنین جابجایی‌های تعمیم‌یافته را برای میانگین‌گیری جابجایی‌های بالای پایه میانی و برای تعیین جابجایی‌های بین تیر زیرسری و فنداسیون محاسبه می‌کند. همچنین، جابجایی‌ها برای حالت بارگذاری طیف پاسخ (ABS) برای هر درجه آزادی فعال در جداولی گزارش می‌شود. برای نمایش این جداول، می‌توان از دستور Home > Display > Show Tables استفاده کرد. همچنین، می‌توان مقادیر جابجایی‌ها را از طریق اجرای دستور Design/Rating > Seismic Design > Report مشاهده کرد.

۳-۴-۵- تعیین و تخصیص مشخصات مفصل‌های پلاستیک

برای سازه‌هایی که رده طراحی لرزه‌ای آنها D باشد، ضوابط لرزه‌ای آشتو لازم می‌داند که ظرفیت جابجایی با استفاده از تحلیل پوش‌اور غیرخطی تعیین گردد. به همین منظور طول و مشخصات مفصل‌های پلاستیک ستون‌هایی که جزئی از سیستم مقاوم لرزه‌ای هستند، باید تعریف شود. در این مرحله، روش و نحوه محاسبه طول مفصل‌ها و مشخصات آنها توضیح داده می‌شود. پس از تعیین مشخصات مفصل، مفصل‌های پلاستیک به ستون‌های مشمول سیستم مقاوم لرزه‌ای اختصاص داده می‌شود.

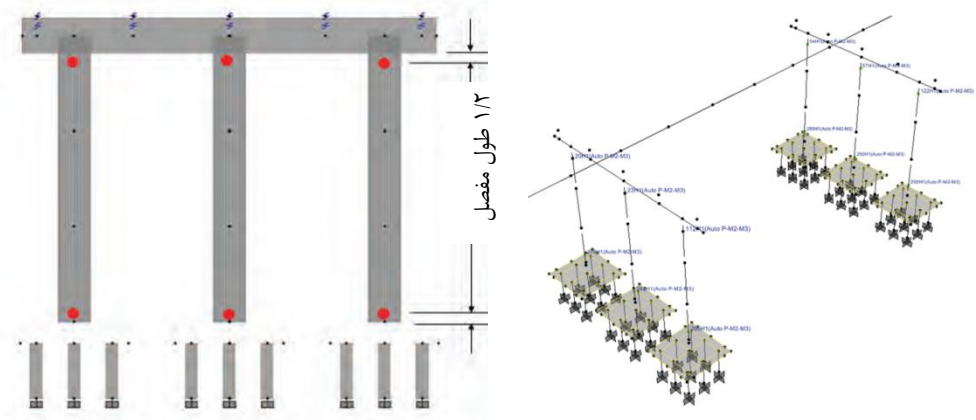
۳-۴-۵-۱- طول مفصل پلاستیک

طول مفصل پلاستیک به کار رفته در درخواست طراحی لرزه‌ای برای ضوابط لرزه‌ای آشتو، بخش ۴-۱۱-۶ به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$L_P = 0.08L + 0.15\, f_{ye} d_{bl}$$

که، f_{ye} مقاومت تسلیم موثر آرماتورهای طولی؛ و d_{bl} قطر آرماتورهای طولی می‌باشد.

طول مفصل با مقدار حداکثر آن، $L_P = 0.3\, f_{ye} d_{bl}$ مقایسه شده، و مقدار کنترل‌کننده استفاده می‌شود. پس از تعیین مشخصات و طول مفصل، هر کدام در فاصله‌ای به اندازه نصف طول مفصل از دو انتهای ستون همانند شکل ۳-۴-۳۸ تعریف و اختصاص داده می‌شود.



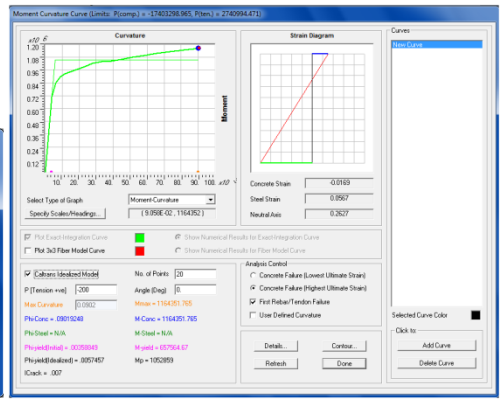
شکل ۳-۴-۳۸- اختصاص مفصل‌ها

۳-۴-۵-۲- مشخصات مفصل غیرخطی

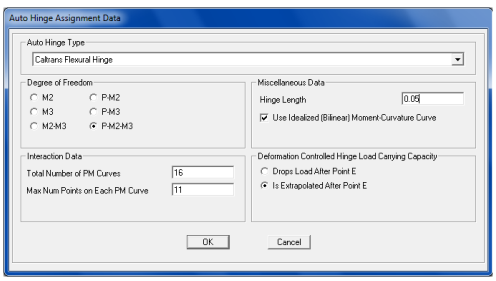
برنامه در طراحی لرزه‌ای از مشخصات یک مفصل که شامل نمودار ایده‌آل شده دو خطی لنگر – انحنا، که مطابق شکل ۳-۴-۳۹ از AASHTO/CALTRANS می‌باشد، استفاده می‌کند. (دستور Display menu >Show Moment Curvature Cure در برنامه Section Designer). از نمودار نشان داده شده، لنگر تسلیم و پلاستیک مقطع ترک‌خورده را می‌توان برای یک نیرو محوری مشخص P مشاهده کرد. قابل ذکر است که این فرم جهت درک بهتر طراح از تأثیرات نیروی محوری روی مشخصات اعضای قاب نشان داده می‌شود. بنابراین، مقادیر نیروی محوری استفاده شده در این فرم در تحلیل و طراحی تأثیرگذار نمی‌باشند.

نیروهای محوری در ستون‌های پایه میانی به علت تأثیرات واژگونی تغییر می‌کند. بنابراین، لنگرهای تسلیم و پلاستیک بسته به مقدار نیروی محوری در یک ستون خاص و گام پوش‌اور مشخص، تغییر خواهند کرد. این تأثیرات در پاسخ‌های مفصل غیرخطی، برای مفصل‌های P-M و P-M-M در نظر گرفته شده، و در طراحی خودکار لرزه‌ای، مفصل‌های P-M-M کوپله به ستون‌های پایه‌ها میانی تخصیص داده می‌شود. با انتخاب المان‌های مورد نظر و کلیک روی Advanced > Assign > Frames > Hinges، انتخاب Auto و کلیک روی دکمه Modify/Show Auto Hinge Assignments Data تنظیمات پیش‌فرض برای اختصاص مفصل‌ها را همانند شکل ۳-۴-۴۰ تعیین کنید. طول مفصل پلاستیک طی

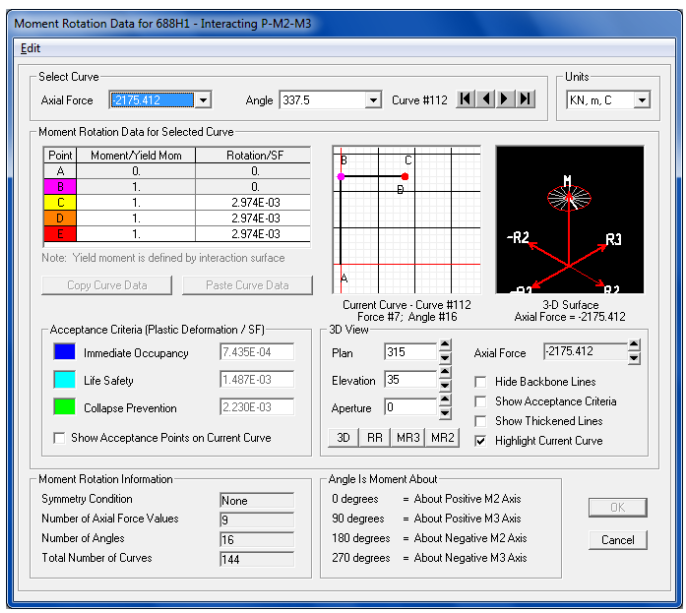
فرایند طراحی لرزه‌ای خودکار توسط برنامه محاسبه می‌گردد. با تکمیل تحلیل پوش‌اور، نتایج را می‌توان بررسی کرد. توضیحات لازم در این رابطه، در بخش پیشین داده شده است.



شکل ۳-۴-۳۹- نمودار لنگر-انحنا مقطع ستون پایه میانی



شکل ۳-۴-۴۰- مشخصات مفصل اختصاص یافته به ستون‌های پایه میانی

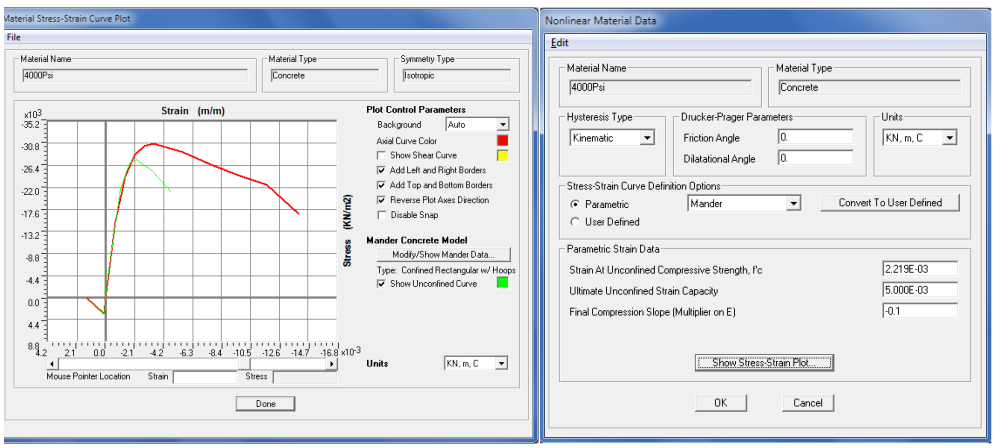


شکل ۳-۴-۴۱- نمودار لنگر ـ دوران یکی از مفصل‌ها

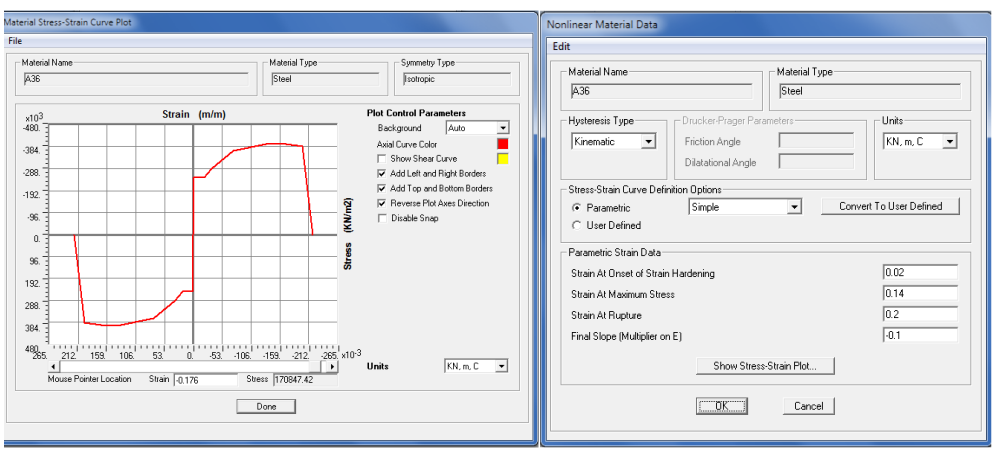
۳-۴-۵-۳- تعریف مشخصات مصالح غیرخطی

۳-۴-۵-۴- تعریف مشخصات مصالح غیرخطی برای بتن

۳-۴-۵-۵- تعریف مشخصات مصالح غیرخطی برای فولاد



شکل ۳-۴-۴۲- مشخصات مصالح غیرخطی برای بتن

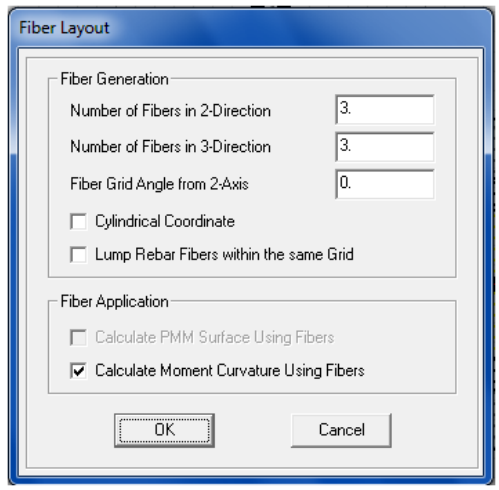


شکل ۳-۴-۴۳- مشخصات مصالح غیرخطی برای فولاد

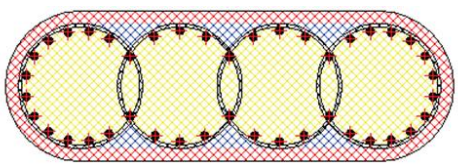
۳-۴-۶- تحلیل جابجایی ظرفیت

در این بخش به توضیح فرآیند تعیین جابجایی‌های ظرفیت لرزه‌ای پل توسط برنامه پرداخته می‌شود. بسته به رده طراحی لرزه‌ای (SDC)، یک پل خاص، روش نیز تغییر می‌یابد. فلوچارت شکل ۳-۴-۴۶

تعیین جابجایی‌های ظرفیت را با انجام تحلیل ضمنی[1] یا پوش‌اور نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴-۴۴- گزینه‌های Fiber Layout



شکل ۳-۴-۴۵- نمونه تعریف شده با Section Designer

۳-۴-۶-۱-

۳-۴-۶-۲- ظرفیت جابجایی برای رده طراحی لرزه‌ای B و C

برای سازه‌هایی که ستون‌های بتنی مسلح دارند، ظرفیت‌های جابجایی برای رده طراحی لرزه‌ای B و C از روابط زیر محاسبه می‌شود:

- برای رده طراحی لرزه‌ای B:

$$\Delta_C^L = 0.12H_0(-1.27\ln(x) - 0.32) \geq 0.12H_0$$

- برای رده طراحی لرزه‌ای C:

$$\Delta_C^L = 0.12H_0(-2.32\ln(x) - 1.22) \geq 0.12H_0$$

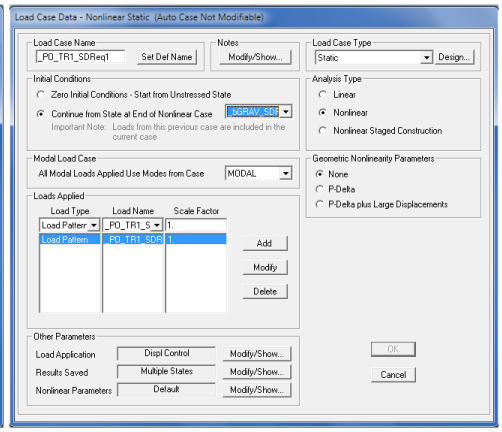
در روابط بالا x برابر است با:

$$x = \frac{\Lambda B_0}{H_0}$$

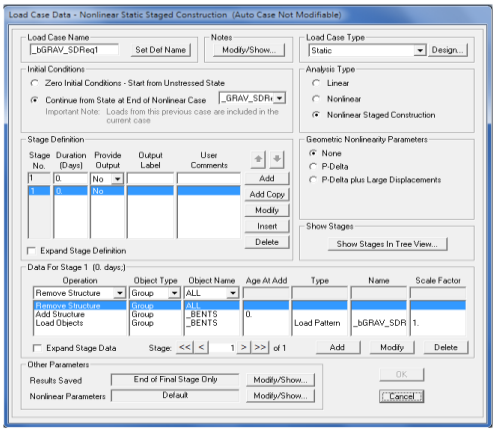
که، H_0، ارتفاع آزاد ستون (ft)؛ B_0، قطر ستون یا عرض موازی با جهت جابجایی مورد نظر (ft)؛ و Λ، ضریب شرایط مرزی قید انتهای ستون می‌باشد.

۳-۴-۶-۳- ظرفیت‌های جابجایی برای رده طراحی لرزه‌ای D

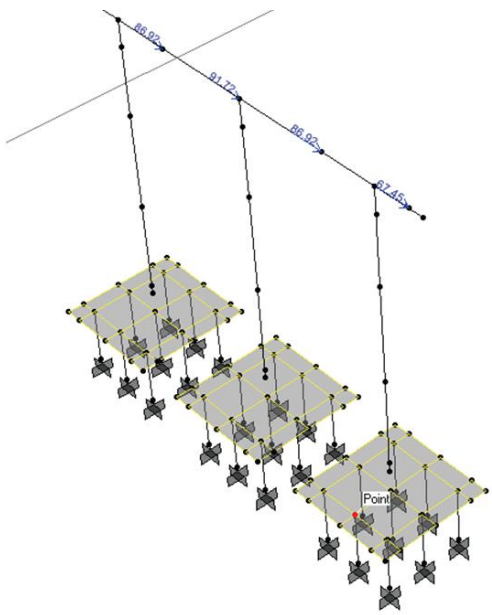
1- Implicit



شکل ۳-۴-۴۷- حالت بارگذاری پوش‌اور در جهت عرضی BENT1



شکل ۳-۴-۴۸- اعمال ضرایب اصلاح خصوصیت و بارهای مرده به BENT1

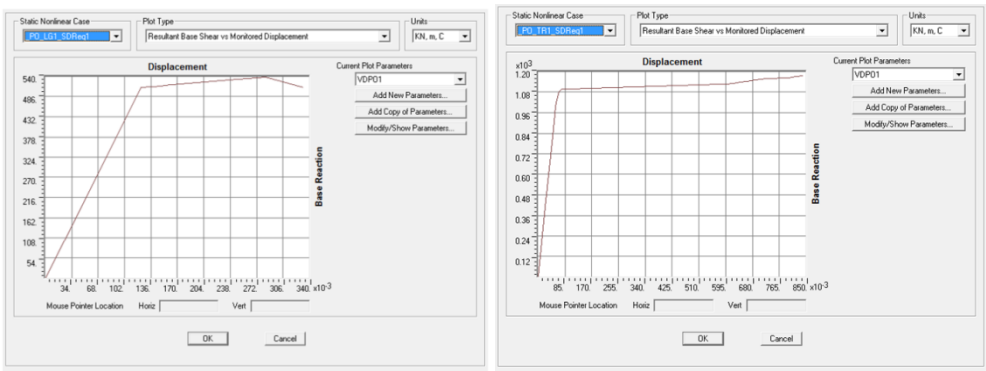


شکل ۳-۴-۴۹- الگوی بار پوش‌اور در جهت عرضی BENT1

۳-۴-۷- نتایج تحلیل پوش‌اور

پس از اینکه تحلیل‌های پوش‌اور انجام شد، جابجایی‌های ظرفیت به صورت خودکار به صورت حداکثر جابجایی از منحنی پوش‌اور، درست قبل از افت مقاومت (شیب منفی منحنی پوش‌اور)، برای هر اجرای پوش‌اور مشخص می‌شود. نتایج تحلیل پوش‌اور را می‌توان از طریق دستور Home > Display > More >Show Static Pushover Curve نمایش داد. برای مثال در شکل ۳-۴-۵۰ نمودار پوش‌اور برای

BENT1 در دو جهت طولی و عرضی نمایش داده شده است.



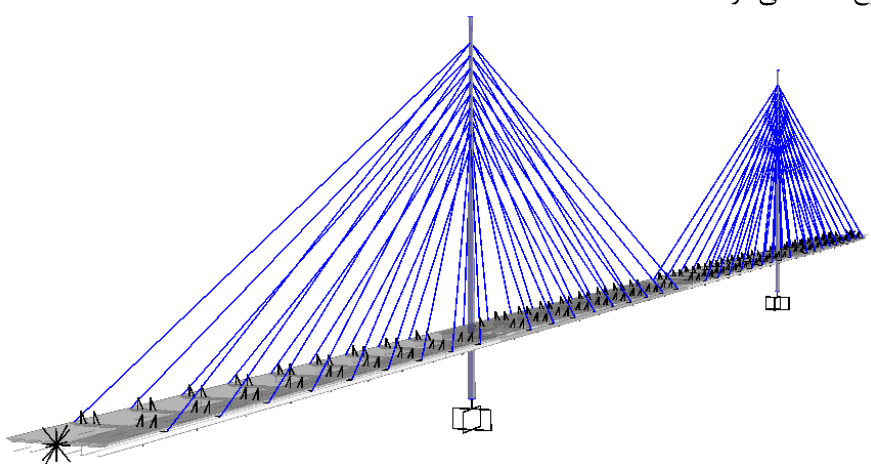
شکل ۳-۴-۵۰- منحنی‌های پوش‌اور BENT1

This section has been removed intentionally.

فصل ۳-۵
مدل‌سازی و تحلیل ساخت مرحله‌ای پل معلق کابلی

۳-۵-۱- تعریف پروژه

در این مثال به طور خاص به مدل‌سازی و تحلیل پل معلق کابلی تحت بارگذاری ساخت مرحله‌ای پرداخته می‌شود. مراحل مدل‌سازی این مثال با مثال‌های پیشین متفاوت بوده؛ و در آن از منوی Bridge استفاده نخواهد شد. در واقع، این مدل خارج از ماژول Bridge Wizard ساخته شده و دستورات آن روی این مدل بی تأثیر خواهد بود. در این فصل به صورت گام به گام با تعریف جزئیات هر مرحله آشنا خواهید شد. فرض می‌شود که خواننده با تمام مراحل مدل‌سازی در مثال‌های پیش آشنا شده، و نحوه دسترسی به برخی از فرم‌ها شرح داده نمی‌شود.



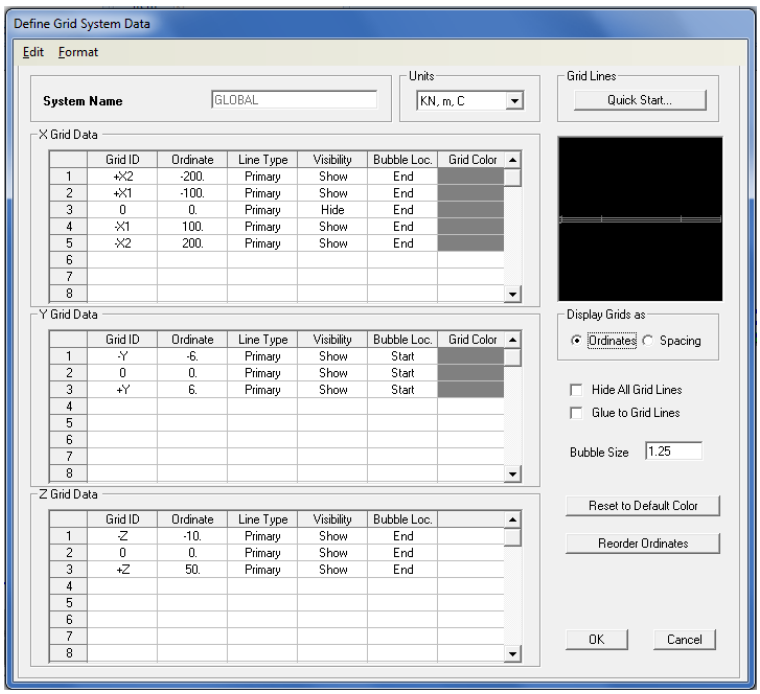
شکل ۳-۵-۱- نمای سه بعدی پل معلق کابلی

۳-۵-۲- هندسه و فرضیات مدل‌سازی

این پل شامل یک عرشه با شاهتیرهای فولادی ودال بتنی می‌باشد، که توسط کابل‌ها و دکل‌های میانی نگه‌داشته شده است. این پل تحت بارهای مرده، مودال و ساخت مرحله‌ای تحلیل می‌گردد. مقطع عرشه شامل ۶ شاهتیر فولادی بوده و به عرض ۱۲m می‌باشد. عمق دال عرشه ۰/۴m تعریف شده است. این عرشه در هر دو سمت هر دکل به ده جزء تقسیم می‌شود. هر جزء به یک گروه مشخص اختصاص می‌یابد، تا مراحل

ساخت مرحله‌ای شبیه‌سازی شود. برای مدلسازی انقباض و خزش در عرشه بتنی پل، از مصالح با خاصیت غیرخطی وابسته به زمان استفاده شده است. مقطع دکل‌های میانی به صورت غیرمنشوری با قطر مقطع ۰/۷m در بالا و ۱/۵m در پایین آن می‌باشد.کابل‌ها از عرشه پل به گره‌های مشخصی در دکل متصل می‌باشد.

برای ترسیم المان‌های پل نیاز به تعریف خطوط شبکه در مختصات کلی می‌باشد. برای این منظور پس از ذخیره فایل با واحد KN.m.C، روی صفحه نمایش راست کلیک کرده و مشخصات خطوط شبکه را همانند شکل ۳-۵-۲ اصلاح نمایید.

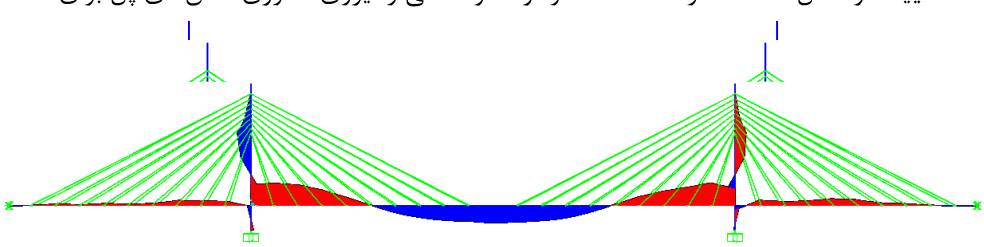


شکل ۳-۵-۲- مشخصات خطوط شبکه

This section has been removed intentionally.

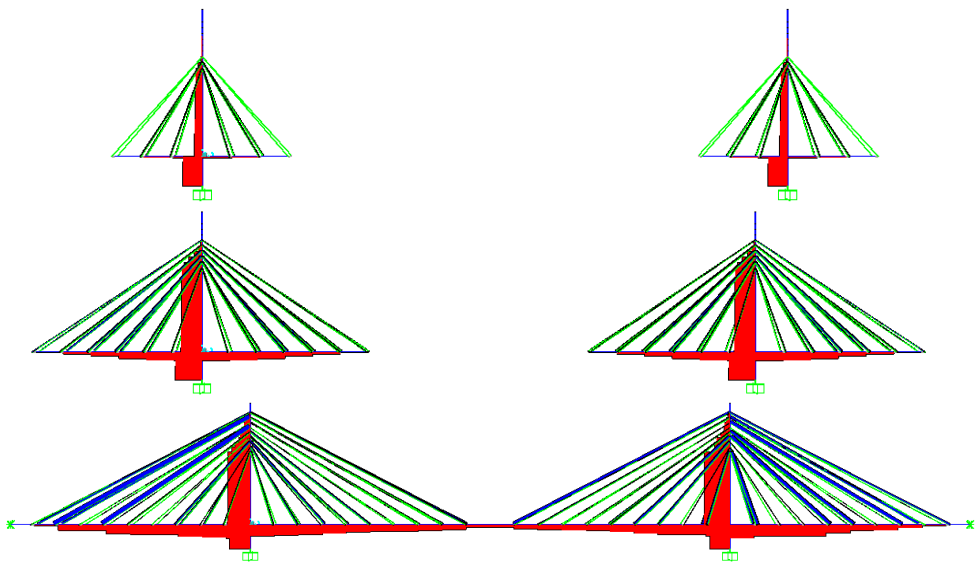
۳-۵-۳- انجام تحلیل و مشاهده نتایج

پس از انجام تحلیل، شما می‌توانید نمودارهای مربوط به تحلیل حالت بارگذاری Stage و Stage-Target را مشاهده نمایید. در شکل ۳-۵-۲۲ و ۳-۵-۲۳، نمودار لنگرخمشی و نیروی محوری المان‌های پل برای حالت



بارگذاری Stage نشـان داده شـده اسـت. دقت داشته باشید که بسته به تنظیمات تحلیل، ممکن است تحلیل ساخت مرحله‌ای زمانبر باشد؛ بنابراین، با تنظیمات خروجی می‌توان زمان تحلیل و ذخیره نتایج را کاهش داد.

شکل ۳-۵-۲۲- نمودار لنگر خمشی در سه مرحله مختلف ساخت



شکل ۳-۵-۲۳- نیروی محوری در سه مرحله مختلف ساخت

.This section has been removed intentionally

View publication stats