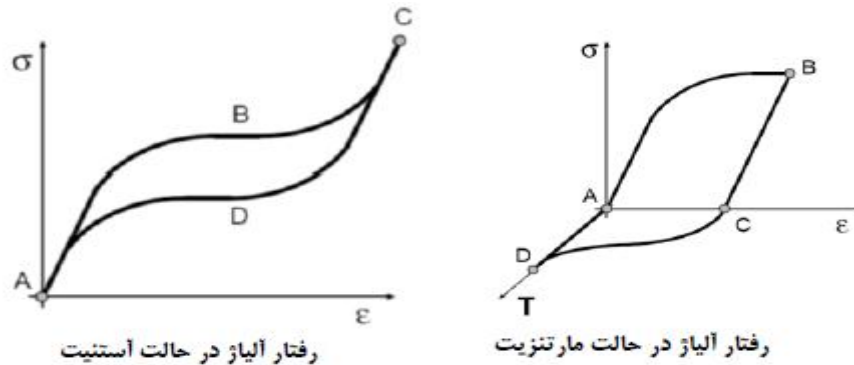


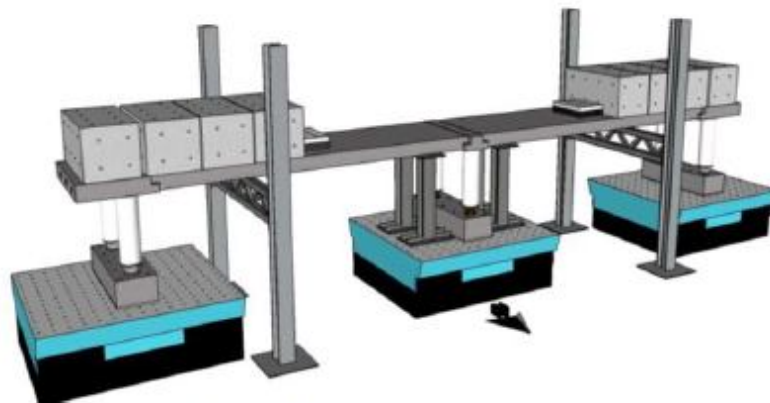
روشهای نوین پلسازی

ایمان الیاسیان، دانشجوی دکترای عمران سازه، دانشگاه یزد i.elyasian@gmail.com

مهندسی پل شامل ۱- بازرسی، تعمیر و نگهداری پلها ۲- پایش سلامت ۳- مفاهیم جدید ۴- مواد و روشها و فناوریهای نوین ساخت ۵- طراحی و ساخت ۶- استانداردها و آیین نامه های ملی و بین المللی می باشد



استفاده از کامپوزیت سیمانی مهندسی ECC نوعی بتن که سنگدانه درشت ندارد فیبرو پوشش مخصوص PVA پلی وینیل الکل دارد بیشترین خرابی روی میز لرزان مربوط به بتن و فولاد با ۸٪ خرابی، آلیاژحافظه دار شکلی و بتن متوسط خرابی ۱۰٪ و ترکیب SMA/ECC ۱۲ تا ۱۴٪ کمترین خرابی دارد



Shake table model of deconstructible bridge

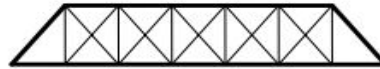
کاربرد الیاف کربن و شیشه در ۱- پیش ساختگی بابتن پرمقاومت (کاهش مقطع-
مونتازودمونتازا سانتر و ظرفیت جابجایی ۲- ساختن اتصالات فولادی لوله ای در جا ۳- استفاده از
نشیمنگاههای شبیه به جداگرهای لرزه ای با این تفاوت که مقاوم در خمش باشند در برش

	sliding	rolling	deforming
displacement			
rotation			

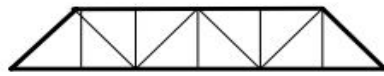
Functional principles of bearings



Bollman truss



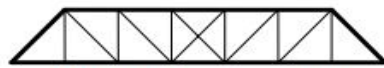
Howe truss (iron & wood)



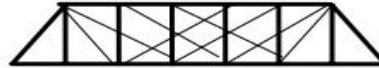
Warren truss



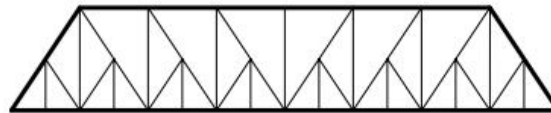
Howe truss (iron)



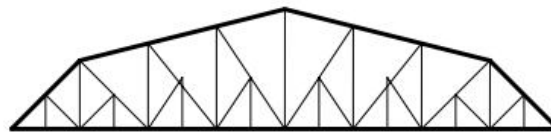
Pratt truss (with center counter)



Whipple truss

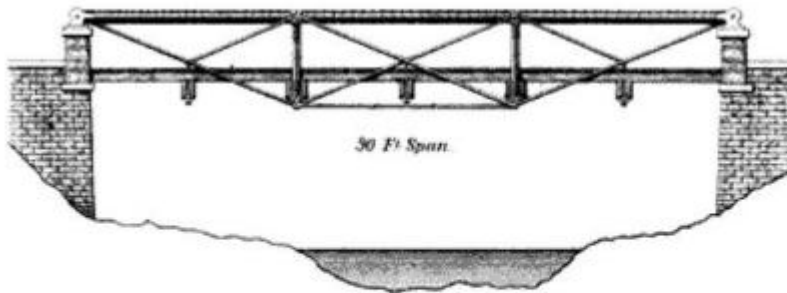


Baltimore truss



Petit truss

Quadrangular Truss.



30 Ft Span.

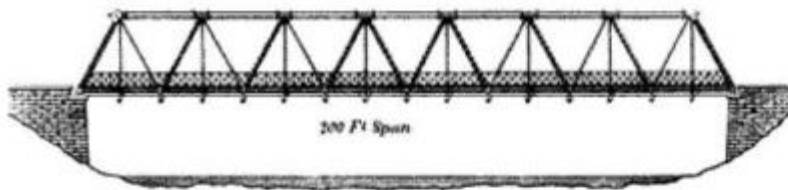
6 inch Column.



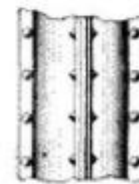
8 inch Column.



Triangular Truss



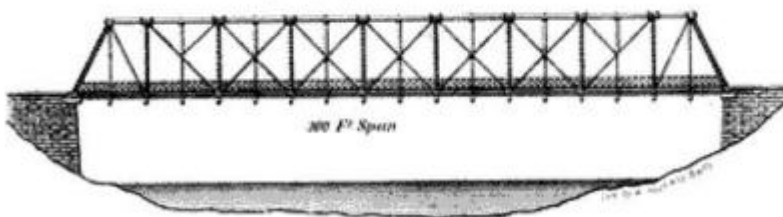
200 Ft Span



10 inch Column.



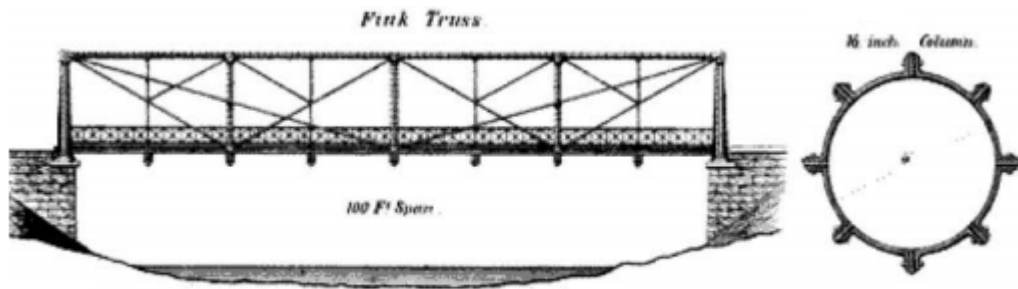
Quadrangular Truss.



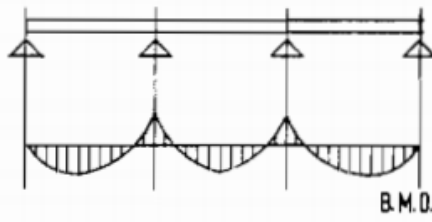
200 Ft Span

12 inch Column.





(الف) دهانه ساده .



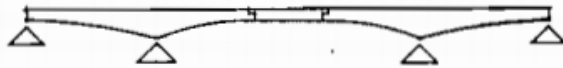
(ب) دهانه ممتد .



(ج) قاب صلب .



(د) کنسول مفصل دار .

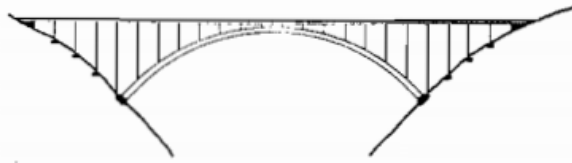


انواع پل‌های تخت

(ه) کنسول دوپله و دهانه ساده .



(الف) جان پر .



(ب) جان باز .



(ج) چند ضلعی



(د) کشدار



(ه) قاب با پایه‌های مورب

انواع قوسها



(الف) تکی .



(ب) شعاعی .



(ج) متوازی .



(د) پنکئی .

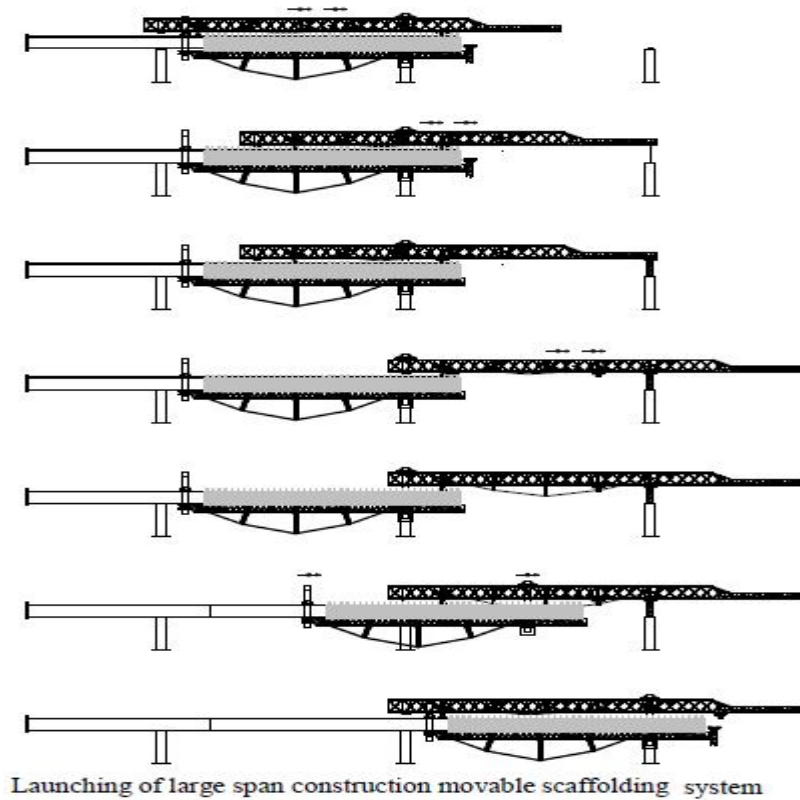


(ه) ستارهای .



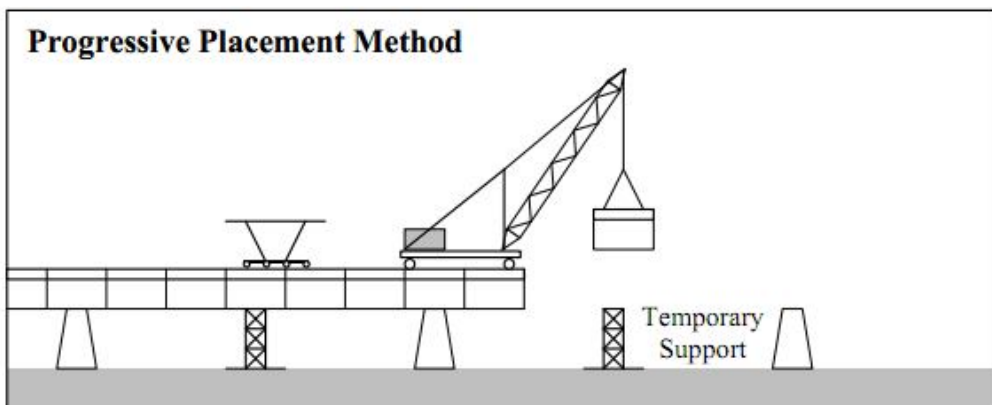
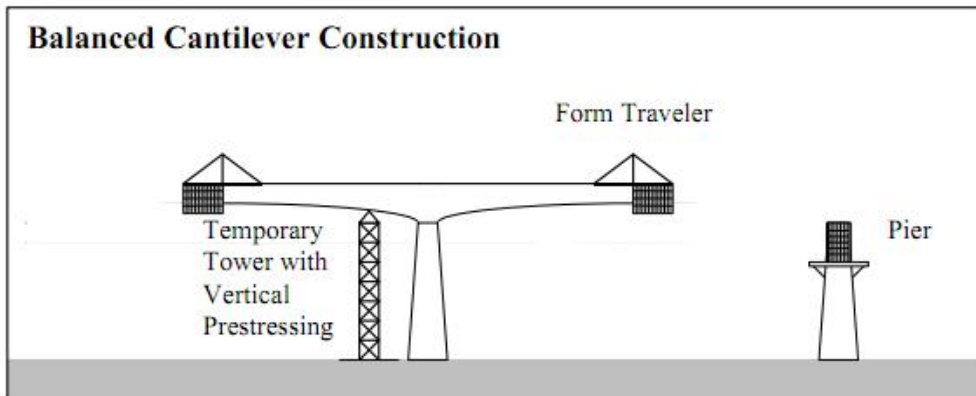
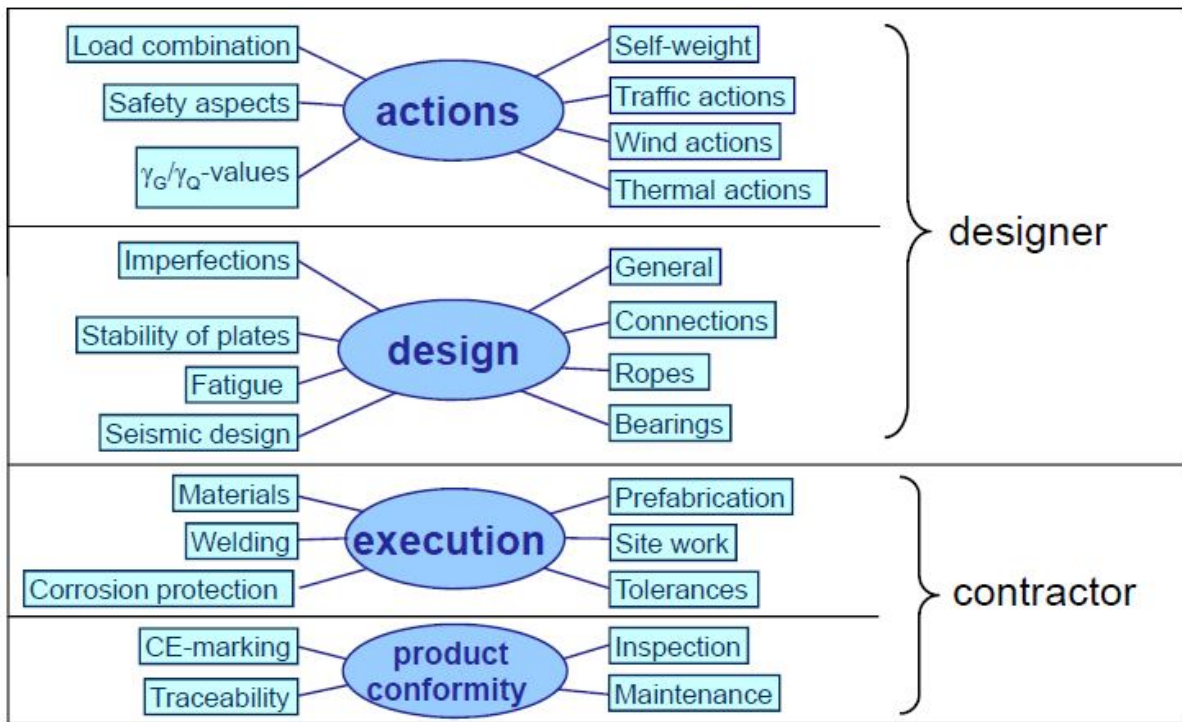
(ی) شعاعی نامتقارن

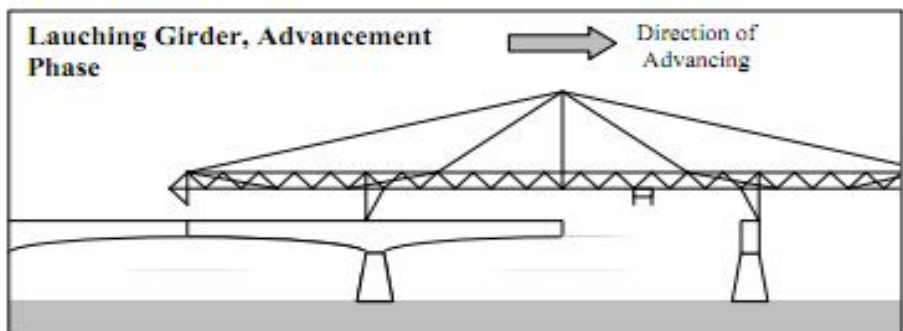
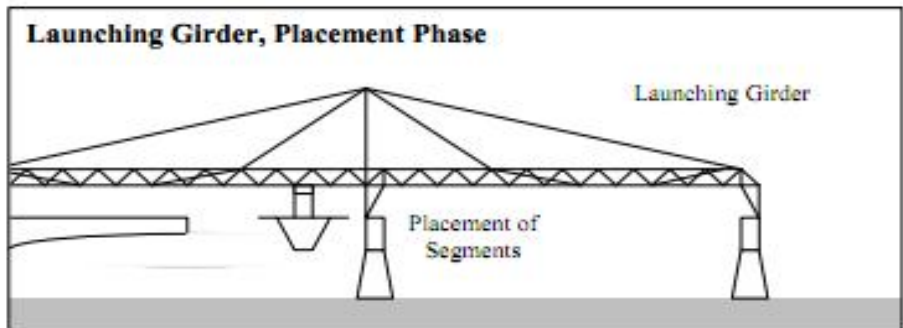
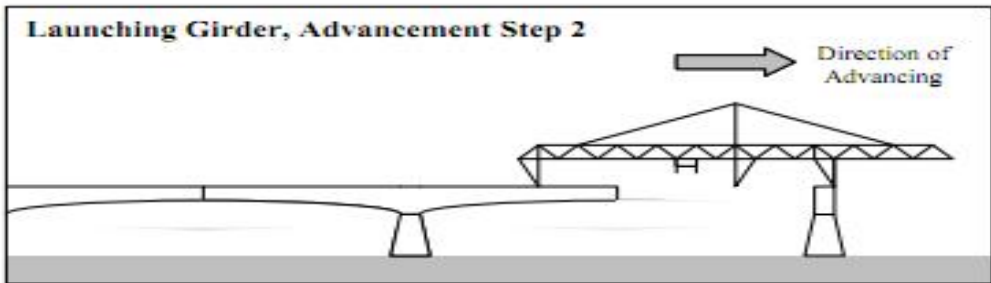
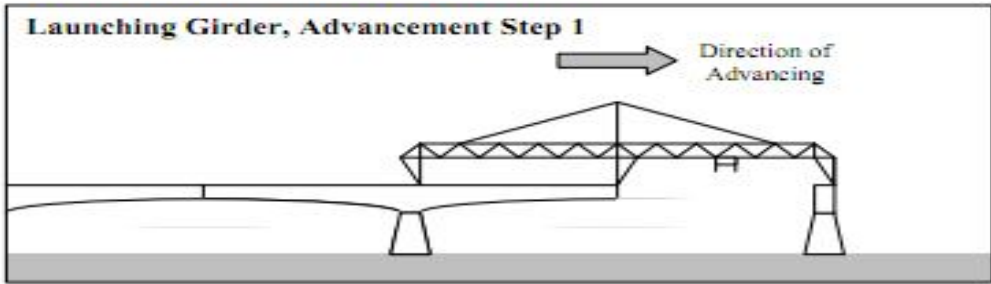
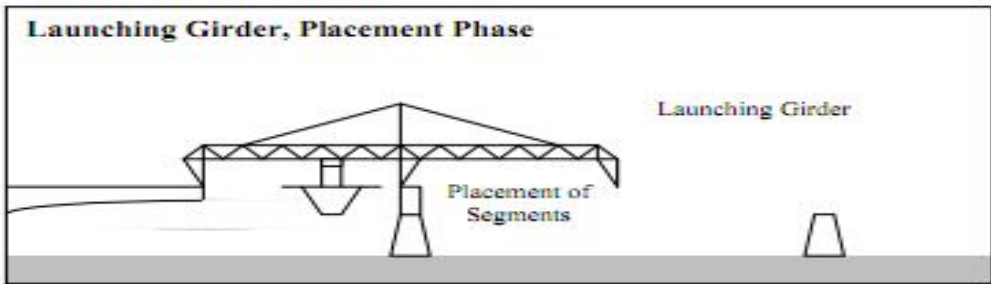
انواع پل‌های ترکمائی

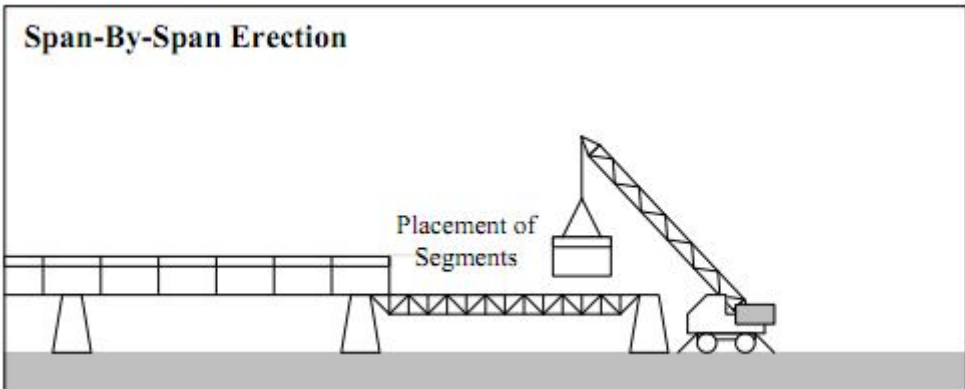
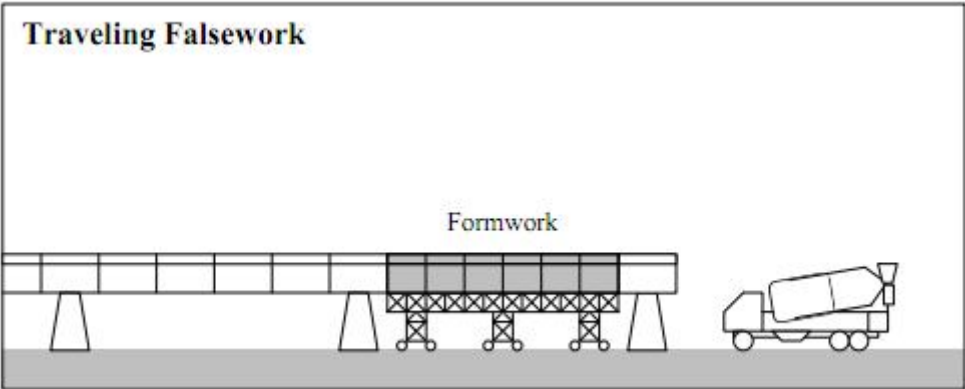
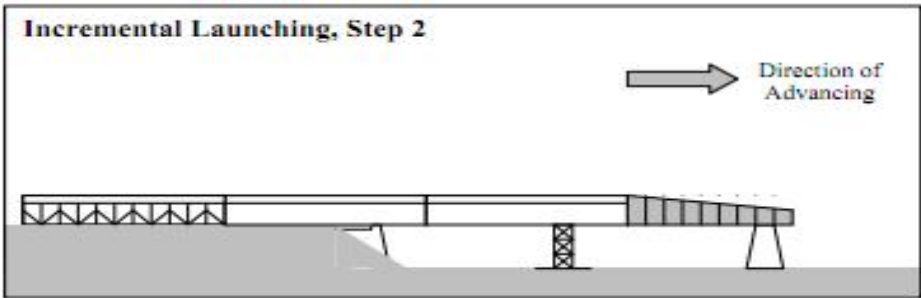
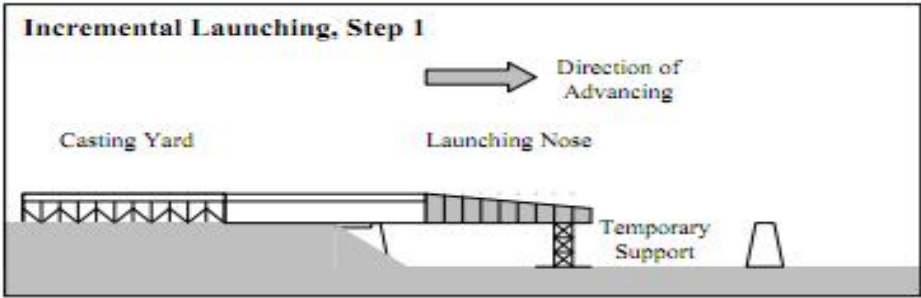


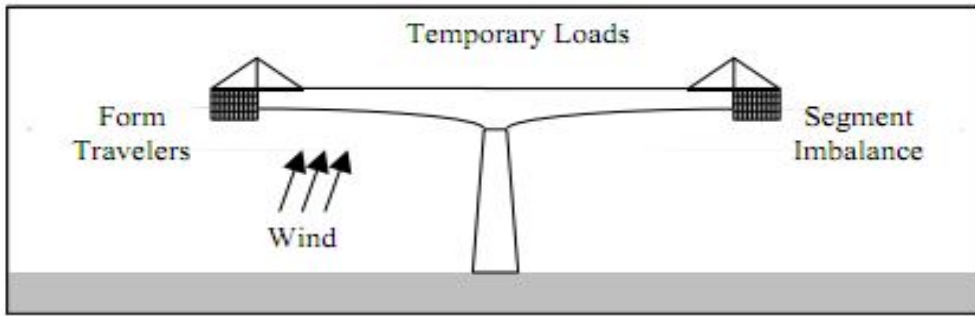
Launching gantry for span by span precast segmental construction (50 m spans)

- ۱- پلها با ظرفیت بالا ۲- کاهش وزن تجهیزات ۳- کاهش قیمت مالکیت ۴- کاهش هزینه های بهره برداری ۵- کنترل تغییر شکل و سط دهانه و توانایی تغییر شکل ۶- پایش و نظارت مداوم داربست بندی و رسیدن به سطوح ایمنی بالاتر ۷- سادگی اتصالات فولادی با ظرفیت حداکثری کششی ۸- توانایی ساخت عرشه پل بتنی درجا برای دهانه های بین ۷۰ تا ۹۰ متری







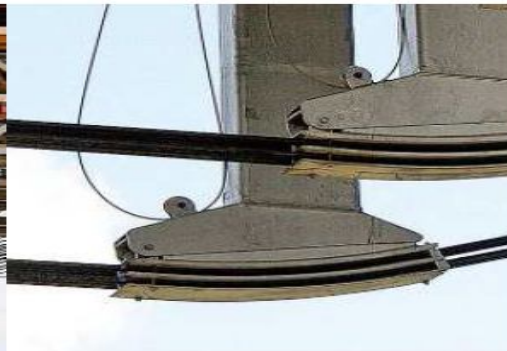


a) actuator

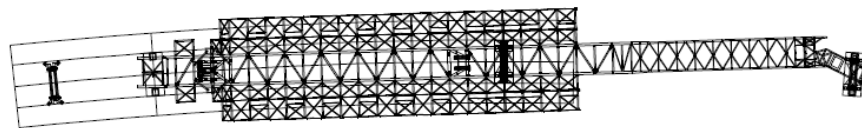
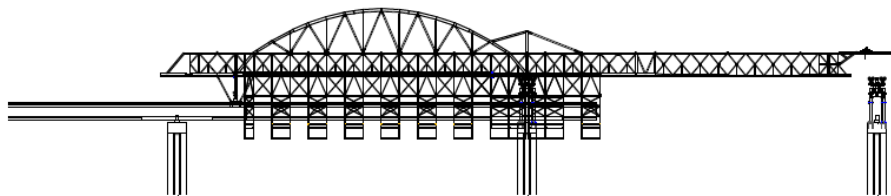
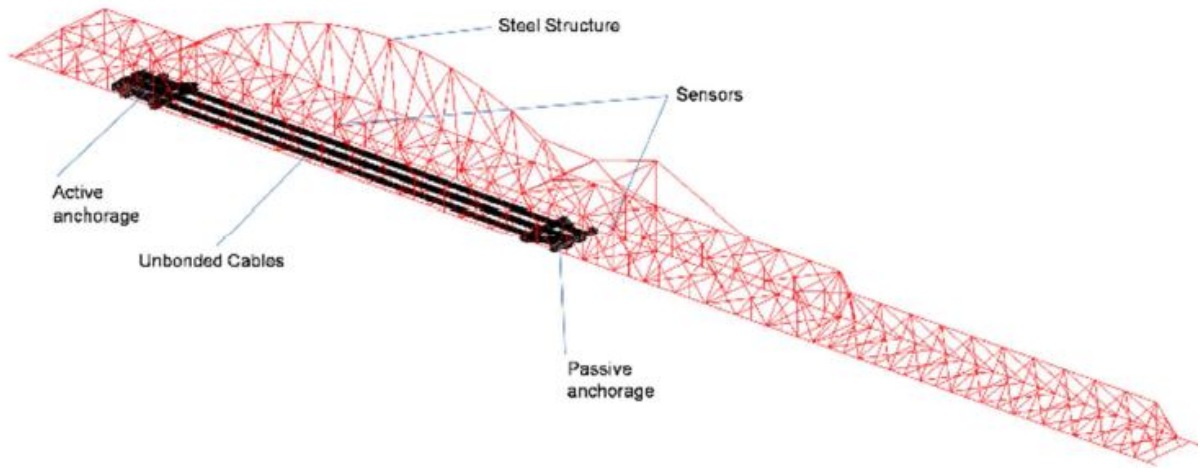


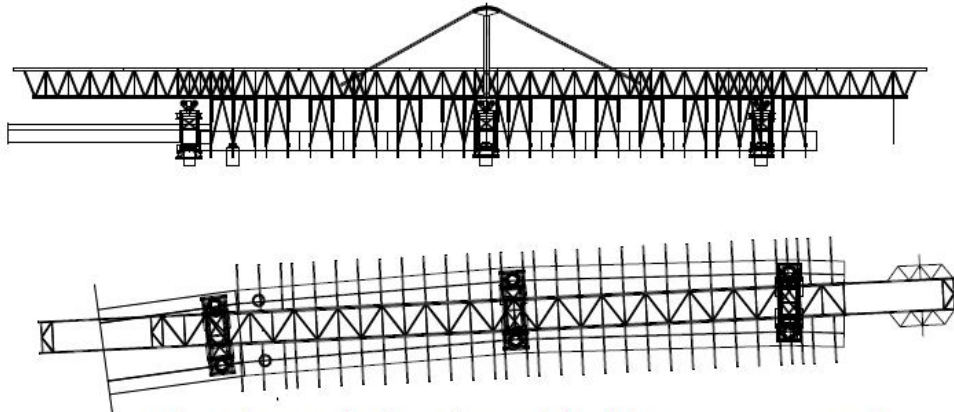
b) passive anchorage

Organic anchorages

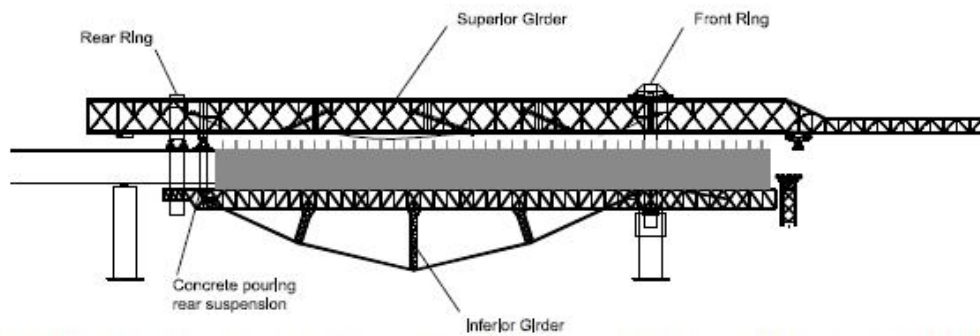


Deviation shores and deviation saddles

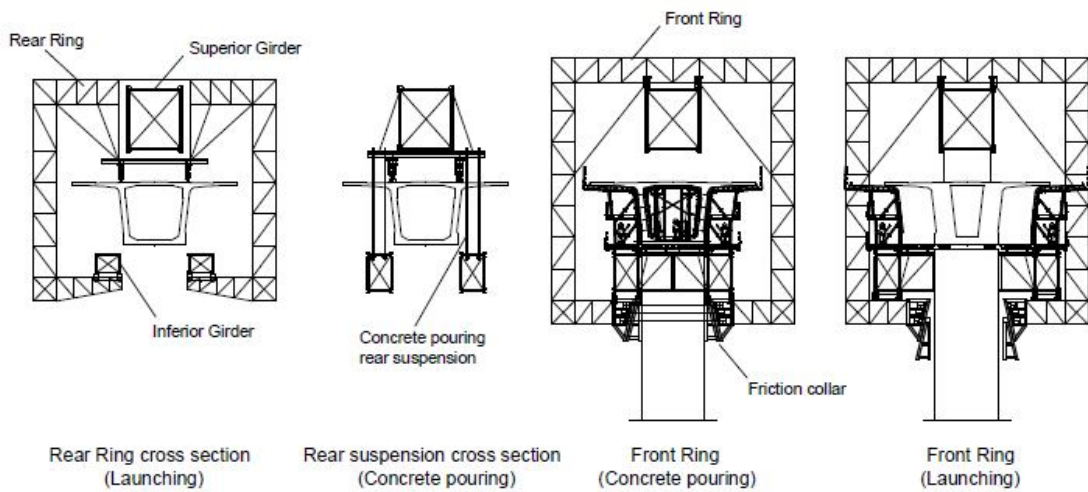




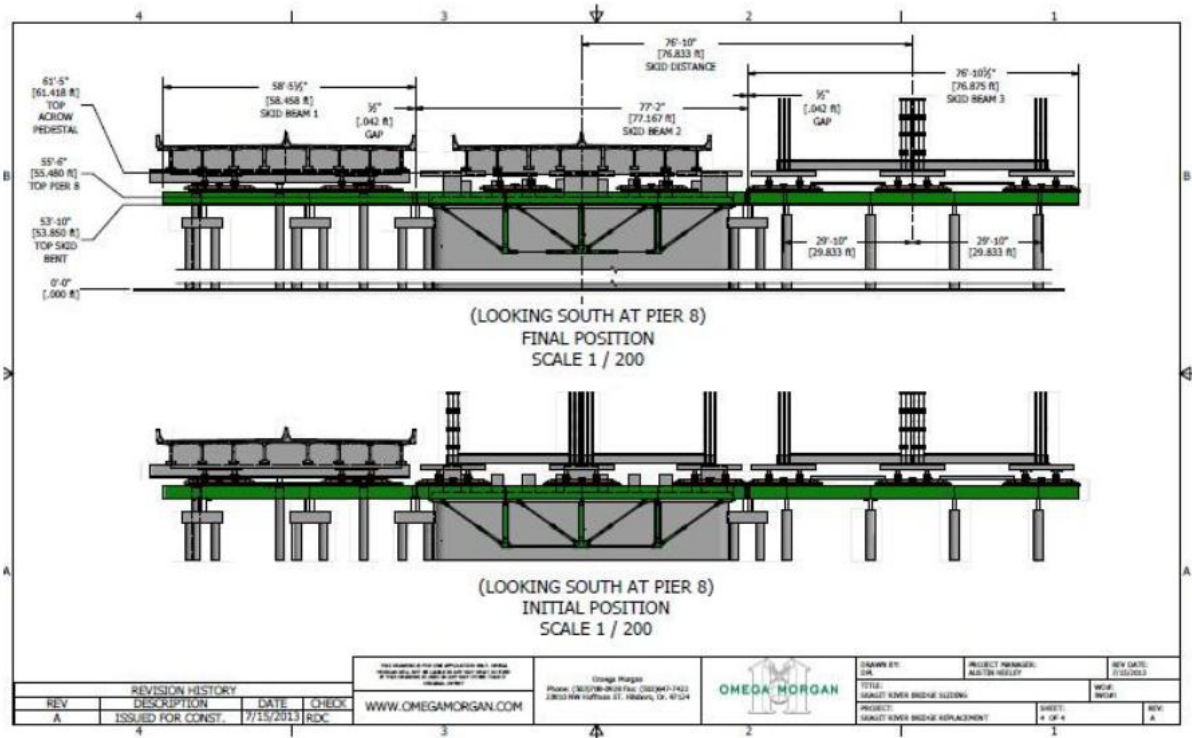
Elevation and plan view of double span construction movable scaffolding system



Elevation view of large span construction movable scaffolding system¹

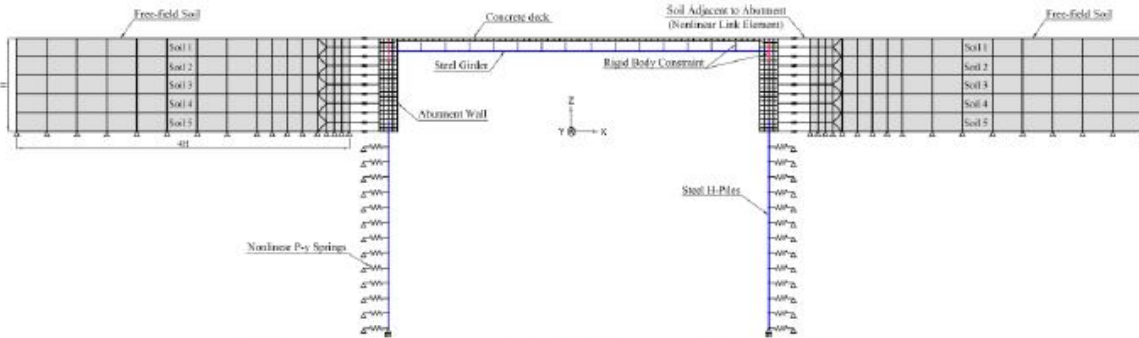


Cross sections of large span construction movable scaffolding system

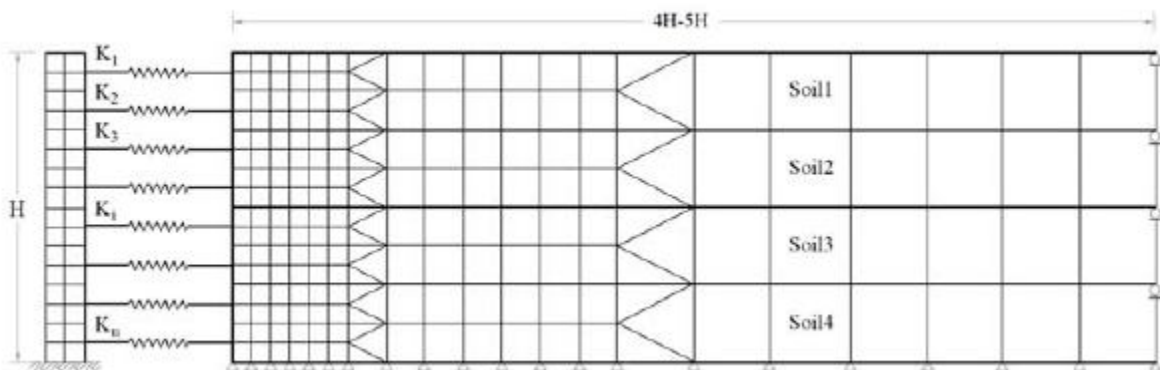


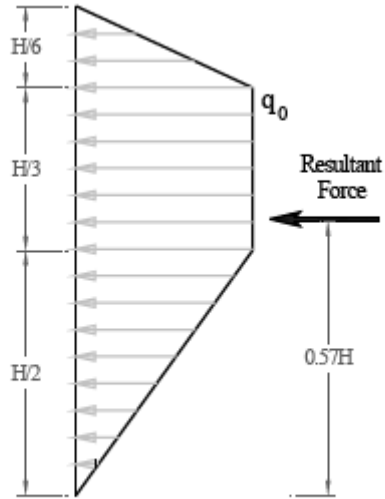
Schematic of Accelerated Bridge Construction

پلهای با کوله یکپارچه (عرشه و کوله و پایه به هم پیوسته و یکپارچه عمل می کند) درزهای انبساط حذف میشود و تنشهای حرارتی حائز اهمیت است و شرایط محیطی از جنبه خوردگی، زنگ زدگی، شوره زدگی، نخاله و گرد و غبار، جلوگیری از انباشت زباله به دلیل حذف درز قابل کنترل می باشد ضربه عرشه به کوله و در اصطلاح **pounding**، تولید صدا و جابجایی در پلهای (integrated abutment bridge-IAB)



Finite element model of integral abutment bridge-soil system.

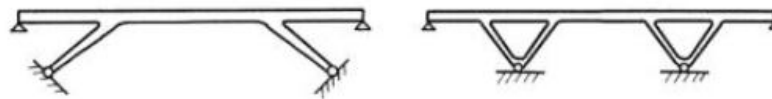




توزیع اضافه فشار لرزه‌ای خاک پیشنهاد شده



(a) Portal Frame



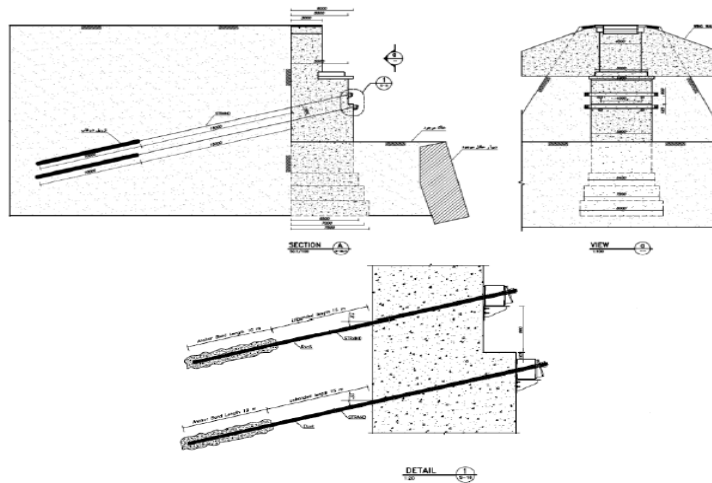
(b) π -Rahmen

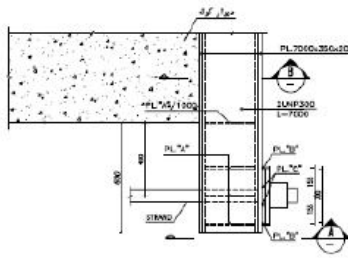
(c) V-Leg Rahmen



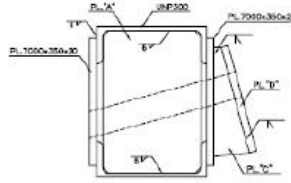
(d) Vierendeel Rahmen

انواع سیستم سازه‌ای پل‌های پیوسته

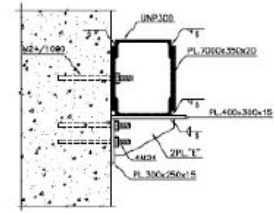




پلان اتصال استرئوما به کوله
302/710



SECTION A
302/75



SECTION B
302/75

طرح مقاوم سازی کوله به روش مهار با انکر با تکیه گاه یکپارچه



الف

ب

ج

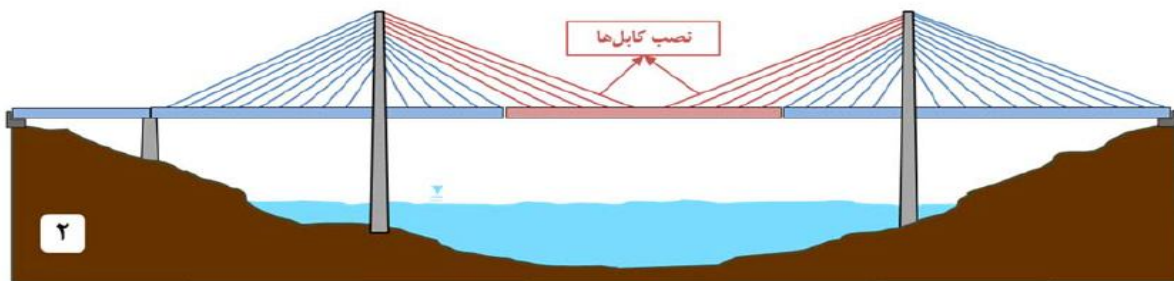
طرح مقاوم سازی نهایی کوله پل رودشور، الف) نمایی از تکیه گاه مهارها، ب) عملیات کشش مهارها، ج) نمایی از کوله پس از مقاوم سازی

روشهای دیگر پلسازی که به آن می توان اشاره کرد ۱- روش دهانه به دهانه Span by Span ۲- روش طره متعادل (کانتیلیور) برای دهانه های ۵۰ تا ۲۰۰ متر (البته در نروژ پل تا دهانه ۳۰۰ متر به روش طره متعادل و عدم نیاز به داربست بندی اجرا شده است) ۳- روش کابلهای نگهدار cable stay تا دهانه های ۴۰۰ متر ۴- پلهای صندوقه ای یا Via Duct (در مورد اینگونه پلها از آنجایی که بصورت پیش تنیده بکار می روند بایستی خزش، انقباض ووادادگی کابلهای پیش تنیده و تحلیل تابع زمانی انجام شود) در پلهای پیش تنیده مشکلاتی چون ۱- احتمال بازشدگی درزها در نواحی بحرانی و سطدهانه و نزدیک تکیه گاهها ۲- تسلیم کابل در وسط دهانه ۳- خردشدگی بتن در نزدیکی تکیه گاه ۴- کاهش سختی و زوال بیشتر ۵- پس از کشیدن کابلها کلیه درزها بسته می شوند خساراتی که در پلهای بتنی وجود دارد و به آن اشاره شد عبارتند از ۱- ترک خوردگی ۲- بازشدگی ترک ۳- خرد شدگی بتن ۴- پوسته شدن ۵- پکیدن ۶- تغییرشکل بیش از حد ۷- کرناسیون ۸- واکنش قلیایی ۹- حمله سولفات و کلر ۱۰- خلل و فرج و کرمو شدن ۱۱- افت و خزش بتن ۱۲- وارفتگی برای مدل کردن خزش روشهای مختلفی از جمله ۱- روش مدل موثر ۲- روش آهنگ وارفتگی ۳- روش نرخ جریان ۴- روش توسعه نرخ جریان و ... بکار می رود

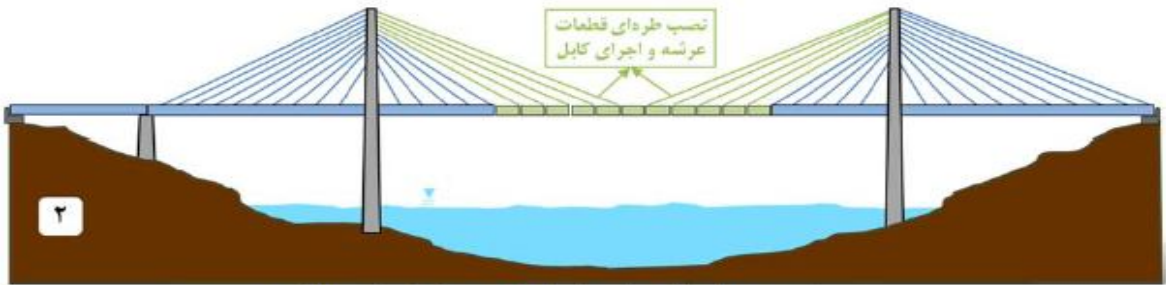
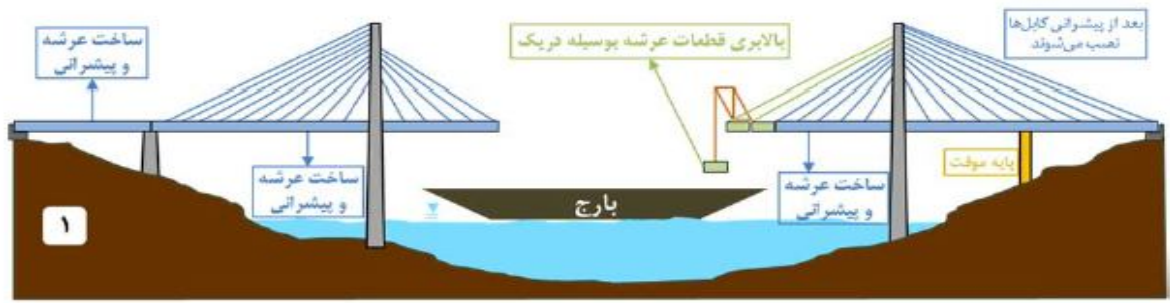
موارد کنترل طراحی که در مرحله پیشرانی می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، عبارتند از:

- کنترل انحراف تیر اصلی هنگام پیشرانی و بعد از اتصال به قطعه موجود در پایلون
- کنترل مهاربندی در بالای پایه‌های موقت در جهت طولی
- کنترل مهاربندی بین دو پایه موقت
- کنترل انحراف عرضی بین پایه‌های موقت
- کنترل تنش‌ها در تیر اصلی هنگام پیشرانی تحت بار مرده و بار باد
- کنترل اتصال بولت در بال پایینی هنگام پیشرانی

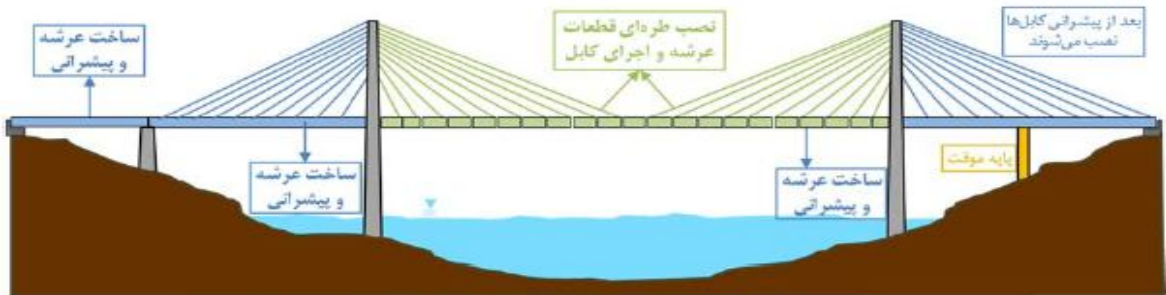
- کنترل مهاربندی افقی در تیرهای اصلی به منظور مقاومت در برابر بار باد هنگام ساخت
- موارد کنترل طراحی که بعد از اتصال عرشه کناری به پایلون می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، عبارتند از:
- کنترل تنش‌ها در تیر اصلی هنگام نصب قطعات پیش‌ساخته بتنی عرشه (به علت بار ناشی از جرثقیل موبایل)
- کنترل تنش‌ها در تیرهای عرضی ناشی از بار مرده و وزن جرثقیل
- کنترل پانل‌های بتنی پیش‌ساخته در بارگذاری ناشی از بار مرده و وزن جرثقیل
- کنترل بالاست مورد نیاز هنگام پیشرانی و در حالت طره حداکثر قبل از رسیدن به پایه موقت اول
- کنترل رولیک و بارهای اعمال شده به بال پایینی تیر اصلی
- کنترل بال بالایی تیرهای عرضی
- کنترل تراز رولیک مستقر در پایه‌های موقت و کوله



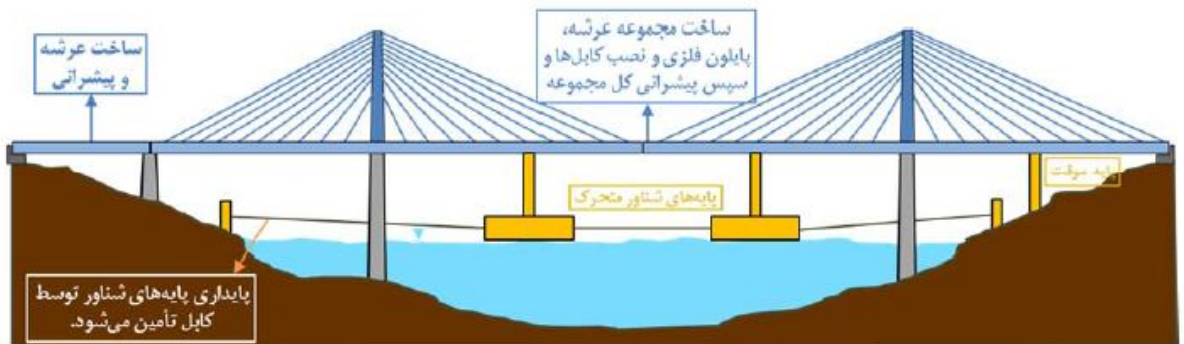
روش پیشرانی عرشه و بالابری سنگین



پیشرانی عرشه‌های کناری تا بعد از پایه‌ها و نصب طره‌ای مابقی قطعات عرشه



پیشرانی عرشه‌های کناری تا پایه‌ها و نصب طره‌ای مابقی قطعات عرشه

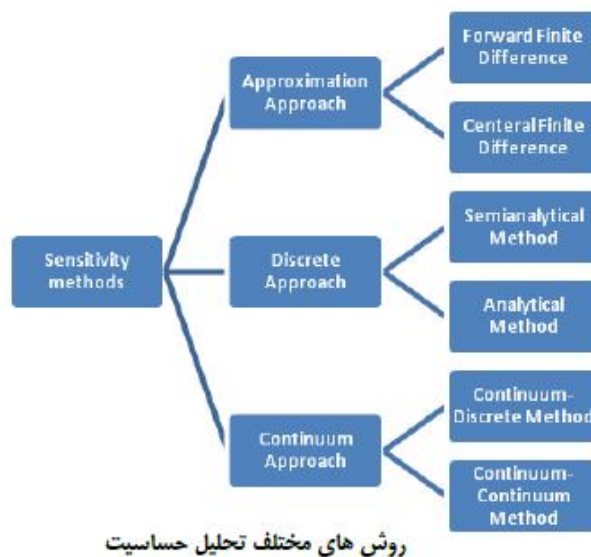


ساخت عرشه، پایلون فلزی و نصب کابلها و سپس پیشرانی کل مجموعه

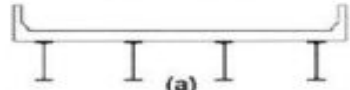
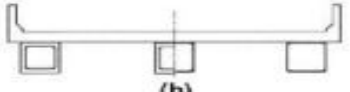
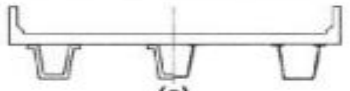
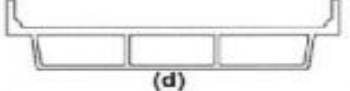
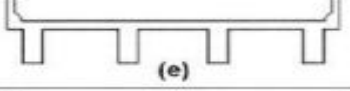
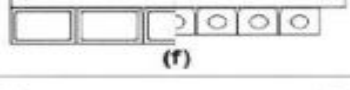
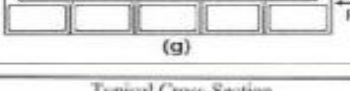
مزیت های پایش سلامت سازه



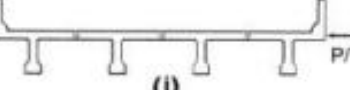
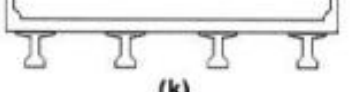
- ۱- درک بهتر و پیشرفته در رفتار سازه
- ۲- تشخیص خرابی زودهنگام
- ۳- اطمینان از سطح عملکرد سرویس دهی یک سازه
- ۴- کاهش زمان تلف شده

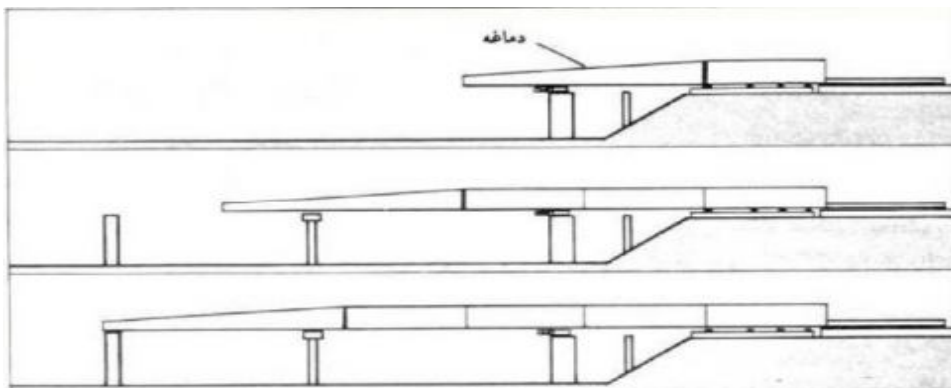
۵- بهبود استراتژی های نگهداری و مدیریت برای تخصیص بهتر منابع سطوح پایش سلامت سازه به ۴ دسته ۱- شدت خرابی وجود نداشته باشد ۲- تشخیص آسیب دیدگی در سازه و اطلاعات کلی ۳- تشخیص آسیب دیدگی در سازه و تعیین دقیق محل ۴- سطح ۴ در مورد سنسورها ملاحظات اقتصادی-محیطی -عملکردی سنسور و حساسیت آن حائز اهمیت است در پایش سلامت سازه اکتساب داده،ارتباط داده،پردازش هوشمند،بازیابی داده،ذخیره داده های پردازش شده ، تشخیص و پیش بینی وجود دارد و پایش واقعی برای سازه های در حال سرویس و با شبکه ای از سنسورها انجام می شود

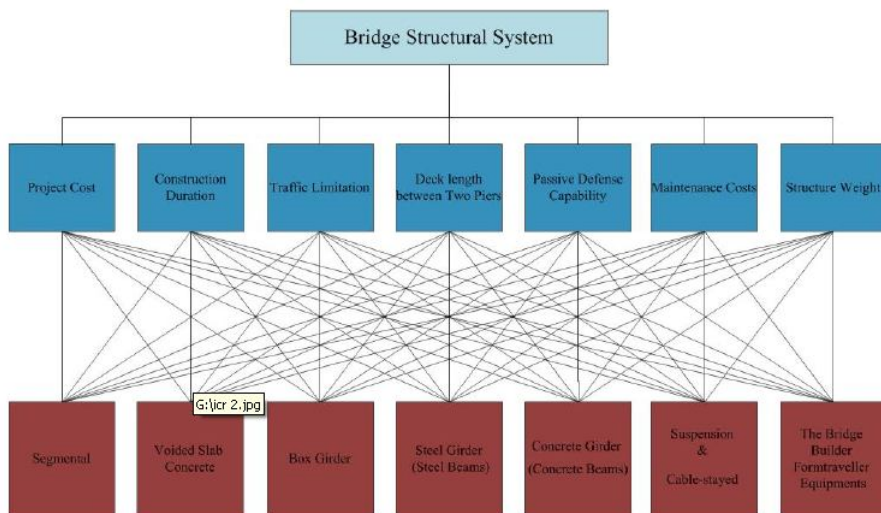
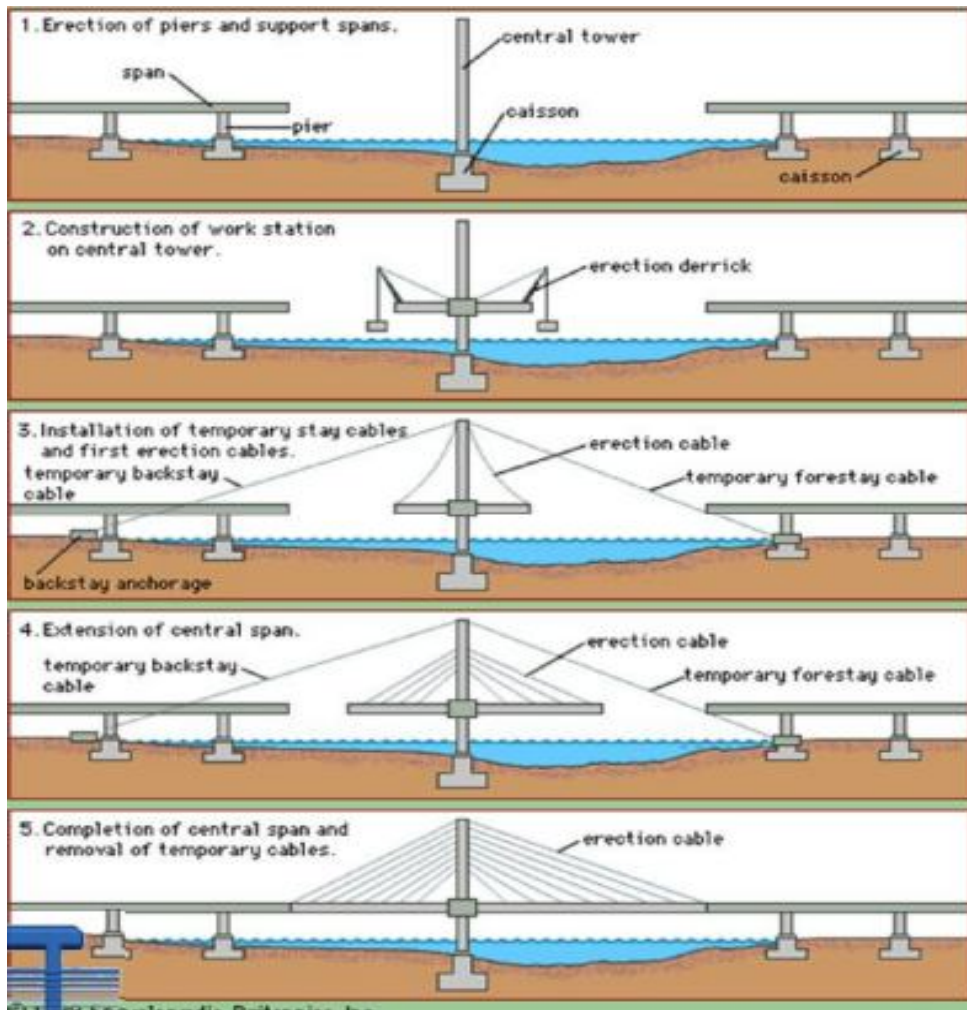


بایستی به منابع احتمالی -عدم اطمینان محل-وجود اطلاعات اضافی و پارازیت ها توجه داشت تشخیص و تفسیر داده ها،آنالیز پاسخ سازه ای،شناسایی هرگونه خرابی محتمل و مقاومت الکتریکی سیم مرتعش یا فیبر نوری اهمیت دارد . پیش بینی عمر مفید پلها با استفاده از تحلیل رفتار خستگی تحت بارهای رفت و برگشتی،افزایش تکراری مقادیر تنش موضعی و ایجاد رشد ترک، تکنولوژی دریافت ، خستگی -تنش بر تعداد سیکل،مقاومت نهایی،شرایط محیطی،نرخ بارگذاری،پدیده های دینامیکی با سرعت بالا،پدیده های شبه استاتیکی،مسائل مکانیک شکست در پایش خستگی موثر هستند

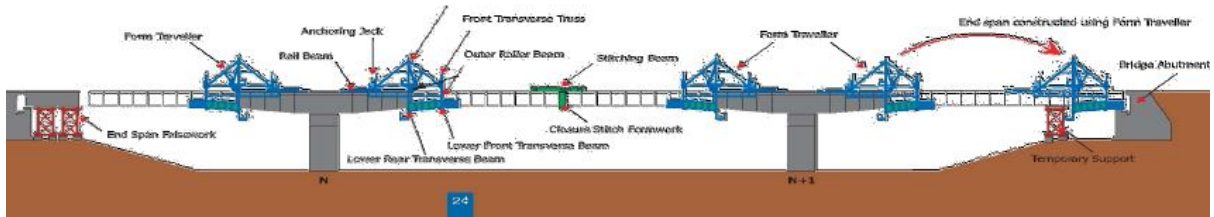
Supporting Components	Type Of Deck	Typical Cross-Section
Steel Beam	Cast-in-place concrete slab, precast concrete slab, steel grid, glued/spiked panels, stressed wood	 (a)
Closed Steel or Precast Concrete Boxes	Cast-in-place concrete slab	 (b)
Open Steel or Precast Concrete Boxes	Cast-in-place concrete slab, precast concrete deck slab	 (c)
Cast-in-Place Concrete Multicell Box	Monolithic concrete	 (d)
Cast-in-Place Concrete Tee Beam	Monolithic concrete	 (e)
Precast Solid, Voided or Cellular Concrete Boxes with Shear Keys	Cast-in-place concrete overlay	 (f)
Precast Solid, Voided, or Cellular Concrete Box with Shear Keys and with or without Transverse Post-Tensioning	Integral concrete	 (g)

Supporting Components	Type Of Deck	Typical Cross-Section
Precast Concrete Channel Sections with Shear Keys	Cast-in-place concrete overlay	 (h)
Precast Concrete Double Tee Section with Shear Keys and with or without Transverse Post-Tensioning	Integral concrete	 (i)
Precast Concrete Tee Section with Shear Keys and with or without Transverse Post-Tensioning	Integral concrete	 (j)
Precast Concrete I or Bulb-tee Sections	Cast-in-place concrete, precast concrete	 (k)





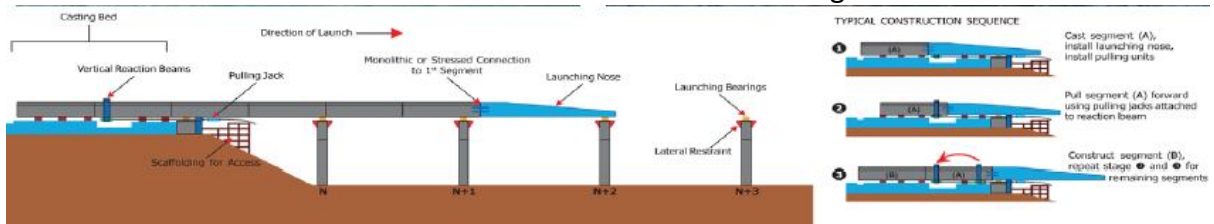
The Hierarchy for the Consultant Selection Problem

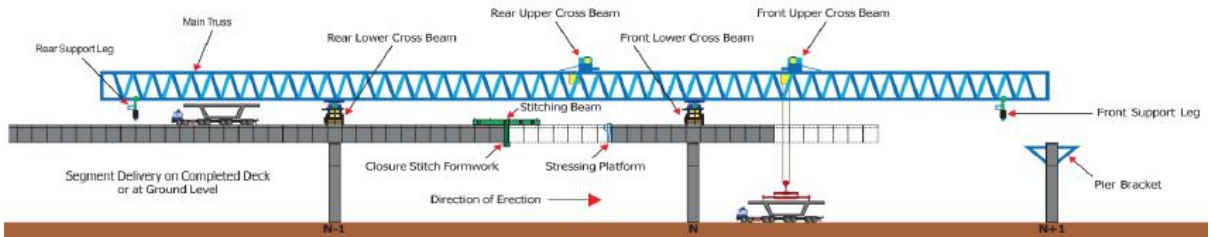


Cast in Place Segmental - Cantilever

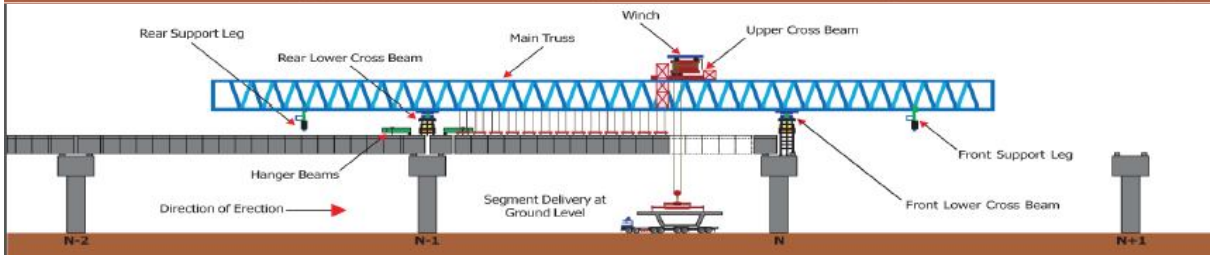
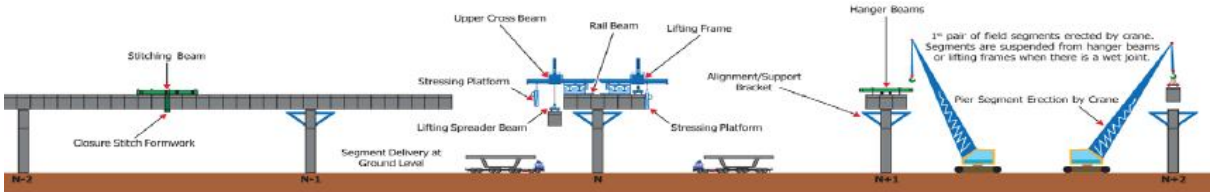


Cast-in-Place- Incremental Launching

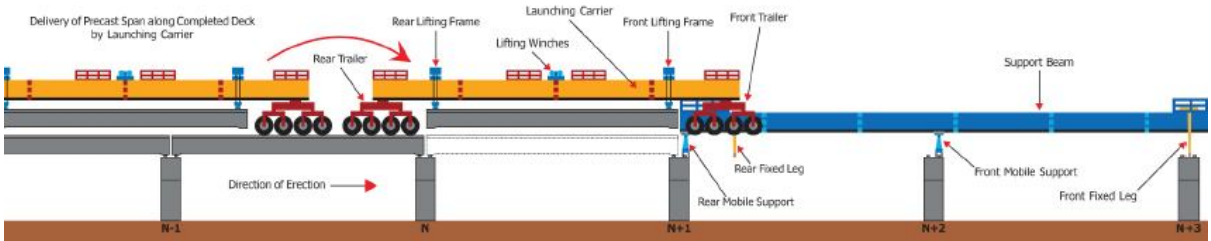
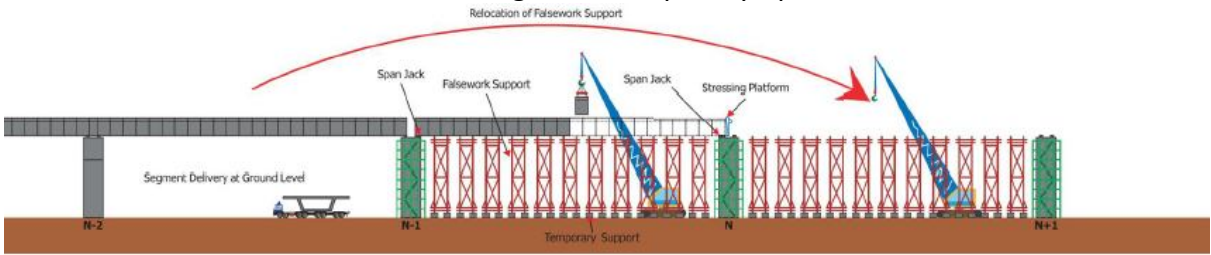




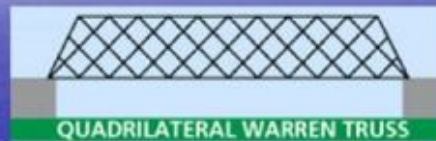
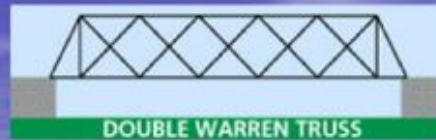
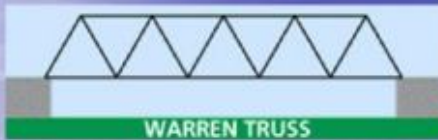
Precast Segmental – Cantilever



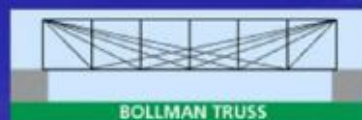
Precast Segmental – Span-by-Span

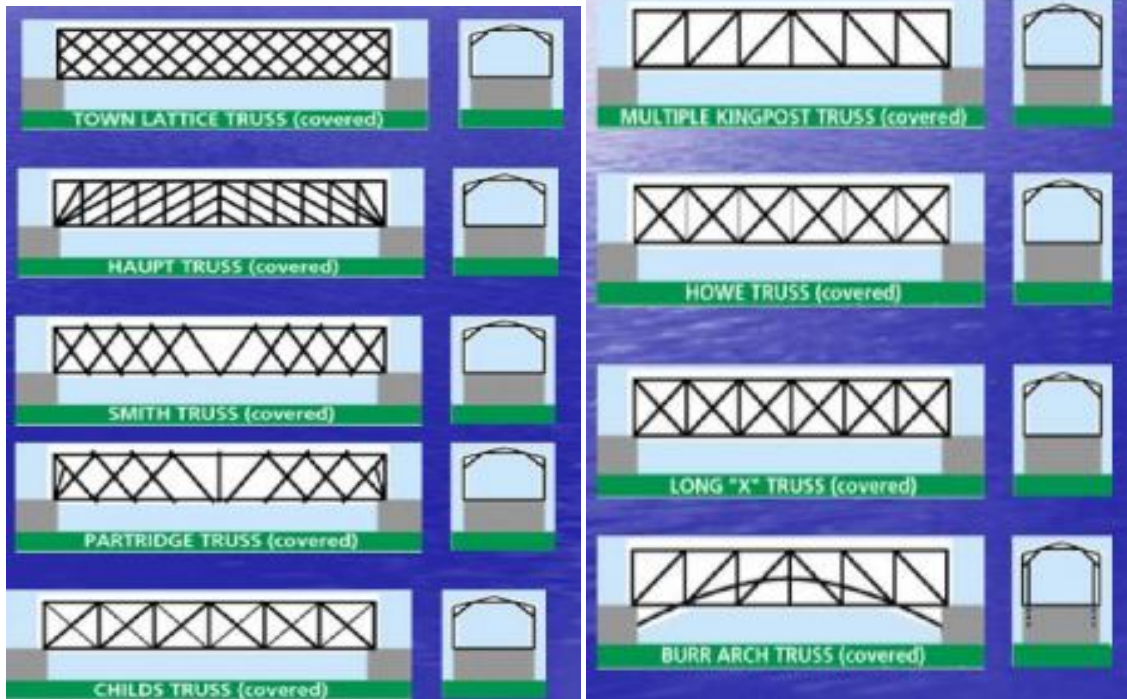


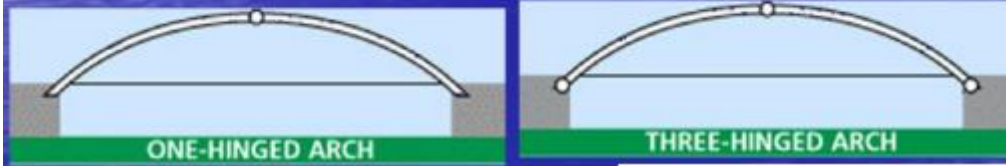
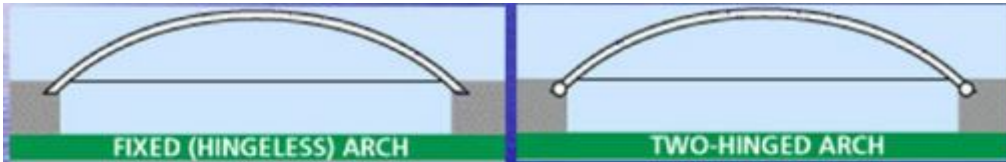
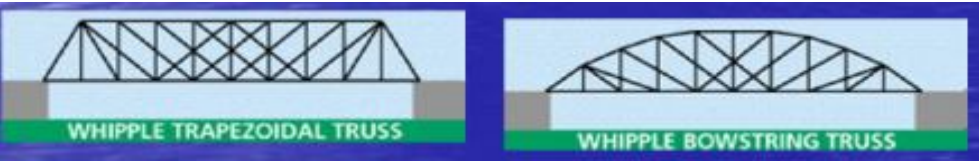
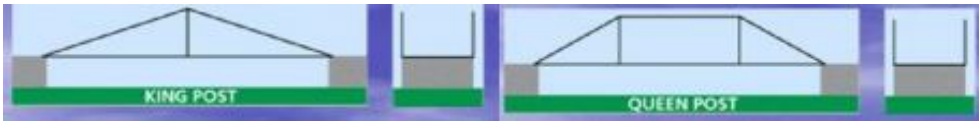
Precast Segmental – Full Span



Truss – Other Types

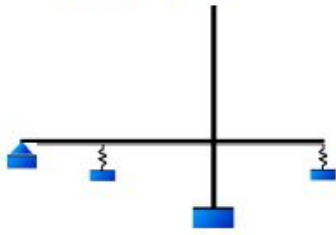




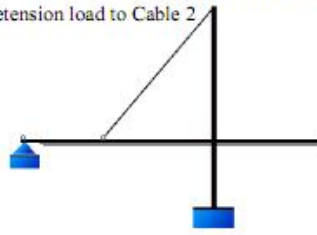


Construction Sequence

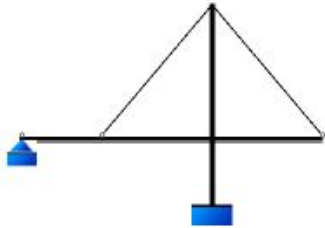
CS1: Erect Pylon and Deck



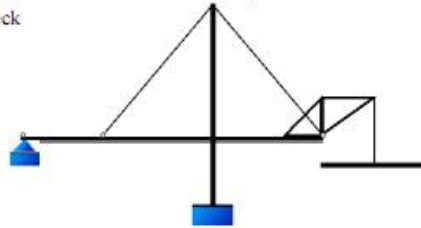
CS2: Remove temporary supports and apply pretension load to Cable 2



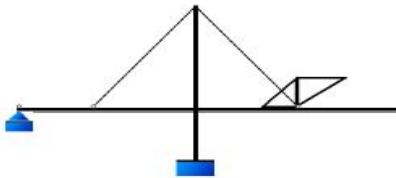
CS3: Apply pretension load to Cable 3



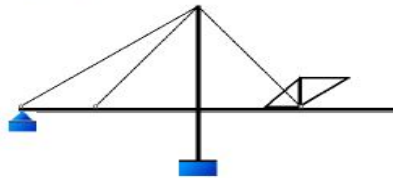
CS4: Install Derick Crane and place loads to Deck



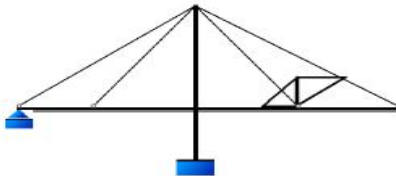
CS5: Construct additional Deck



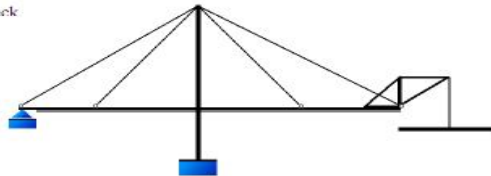
CS6: Apply pretension load to Cable 1



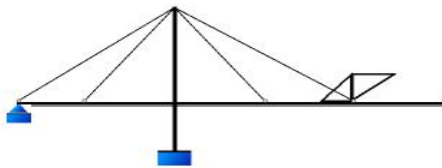
CS7: Apply pretension load to Cable 4



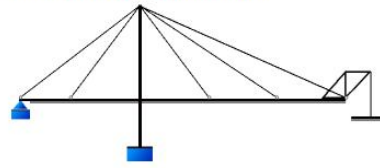
CS8: Move Derick Crane and place loads to Deck



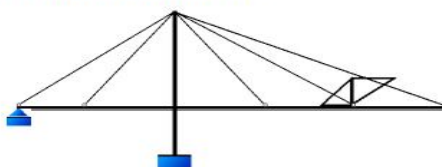
CS9: Construct additional Deck



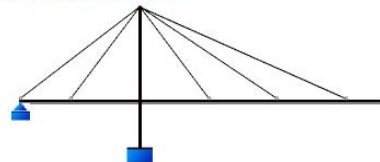
CS11: Move Derick Crane and place loads to Deck



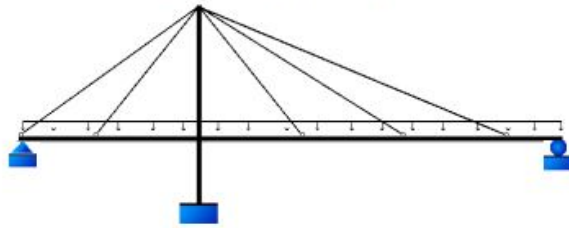
CS10: Apply pretension load to Cable 5



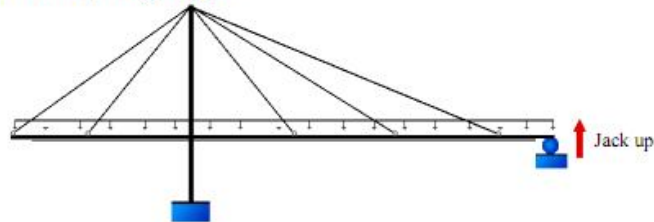
CS12: Construct additional Deck



CS13: Construct a support at the right span and place 2nd dead loads



CS14: Jack up the right support



راهنمای اجرای سیستم BMS



اولویت بندی بر اساس نمره وضعیت آسیب

اولویت بندی بر اساس ظرفیت بازری

اولویت بندی بر اساس فاصله آزاد

- نقش اصلی درزهای انبساط در سلامت پلها را می توان ایجاد شرایط لازم جهت حرکت قطعات در کنار یکدیگر عنوان نمود، که بر اثر افزایش و کاهش ابعاد قطعات به دلیل انبساط و انقباض در برابر دما و در بعضی موارد نیز حرکت قطعات بر اثر نیروهای مختلف اعمال شده از اطراف می باشد.
- درزهای انبساط نقش بسیار مهمی در سلامت پلها ایفاء می نمایند که می توان مهمترین آنها را جلوگیری از ترک خوردگیها و شکستها در بدنه که بر اثر فشار آوردن قطعات به یکدیگر اتفاق افتاده و همچنین تقلیل پتانسیل نهفته در قطعات با تقسیم بندی آنها در ابعاد کوچکتر ، نام برد.
- پر شدن درز با خاک و مواد نخاله و آشغال
- ترک خوردگی عرضی در سطح جاده در اثر عدم عملکرد درز انبساط
- از بین رفتن تمهیدات آب بندی
- اشکالات کانال های زهکشی و جمع آوری آب های سطحی
- یخ زدگی در محل درز
- اختلاف نشست بین دو لبه
- اعمال خسارت ترمیم نشده به لبه ها و ورق ها و تکیه گاه ها

✓ شناخت رفتار و مکانیزمهای خرابی

✓ نوع مصالح

✓ کیفیت و فرآیند تولید

✓ ارزیابی عملکرد

- بازرسی پلها
- تهیه شناسنامه فنی هر پل
- تهیه بانک اطلاعاتی پلها
- مدلسازی و تبدیل شاخصهای کیفی به پارامترهای عددی
- اولویت بندی پلها از لحاظ ضرورت نگهداری
- ارائه برنامه های تعمیر و نگهداری پلها بر اساس بودجه بندی سالانه
- ارائه برنامه های مقاوم سازی پلها بر اساس بودجه بندی سالانه
- طول کل پل: شامل طول روسازی روی پل و طول پیش دالها

- عرض کل پل: عرض سواره رو + عرض پیاده روها+عرض قرنیزها+عرض جزیره میانی
- عرض پیاده روها : مجموع عرض پیاده روها بدون در نظر گرفتن عرض قرنیز
- تعداد سواره رو: مجموع جهات حرکت
- تعداد خطوط ترافیکی: مجموع تعداد لاینهای ترافیکی هر دو جهت
- نشانه فاصله آزاد رسمی: ارتفاع آزاد فاصله بین پایین ترین قسمت روسازه پل تا بالای سطح پروفیل محور یا بالاترین ترازسطح آب سالانه موجود (بر اساس نقشه ها)
- نشانه فاصله آزاد واقعی: ارتفاع آزاد فاصله بین پایین ترین قسمت روسازه پل تا بالای سطح پروفیل محور یا بالاترین ترازسطح آب سالانه موجود (بر اساس وضعیت موجود)
- ضریب اهمیت پل : عددی بین ۰,۵ تا ۲ بسته به اهمیت پل
- میزان تورب : زاویه افقی پل با معبر متقاطع به درجه
- تناژ مجاز پل : میزان بار مجاز عبوری از پل بر اساس محاسبات انجام شده
- وضعیت توسعه پل : چنانچه پل از نظر کلی مطابق با نقشه های اولیه ساخت بوده و تغییراتی نداشته حالت عادی ، چنانچه پل قدیمی محسوب شده شده ، قدیمی و چنانچه از جهاتی توسعه داده شده است ، توسعه یافته را انتخاب نمائید.
- وضعیت بهره برداری از پل : بر اساس لیست مربوطه وضعیت بهره برداری پل را مشخص نمائید.
- وضعیت حریم پل : ضمن درج آزاد بودن یا نبود حریم پل در محل وضعیت حریم پل ، چنانچه در حریم پل مواردی از قبیل لوله یا کابل برق عبوری ، هرگونه مستحذات غیر مرتبط با پل یا موارد دیگری وجود دارد در قسمت حریم پل تایپ نمائید.
- نوع و نام معبر متقاطع : نوع معبر متقاطع پل می تواند جاده ، رودخانه دائمی ، رودخانه فصلی ، راه آهن ، کانال آب ، خطوط لوله و یا سایر باشد. نام معبر را نیز تایپ نمائید. بعنوان مثال پل "بند قیر" که بر روی رودخانه کارون واقع شده ، نوع معبر رودخانه دائمی و نام معبر نیز رودخانه کارون می بایست باشد.
- سال ساخت و تاریخچه اطلاعاتی پل : اگر سال ساخت پل مشخصی باشد آنرا ذکر نمائید. تاریخچه پل نیز می تواند مربوط به محدوده زمانی ساخت ، نوع و زمان تعمیرات اساسی ، مقاوم سازی ، توسعه ، تغییر کاربری و ... باشد.

سیستم مدیریت پل

ایمان الیاسیان، دانشجوی دکترای عمران سازه، دانشگاه یزد i.elyasian@gmail.com

- مدیریت پل شامل ۱- بازرسی ۲- ارزیابی وضعیت و شرایط پل ۳- تعمیر، مرمت، بهسازی و تقویت می باشد
- در برنامه نگهداری پلها به دنبال ۱- ایمنی ۲- قابلیت خدمت دهی ۳- دوام هستیم
- ارکان اصلی مدیریت فنی پلها ۱- سیستم کسب داده و ذخیره آن ۲- سیستم پردازش داده ، مدیریت و تصمیم گیری ۳- سیستم اجرای تصمیمات می باشند
- ارزیابی: تعیین مقاومت مصالح یا طبقه بندی شرایط کنونی و ظرفیت باربری پل
- تشخیص : تعیین علت خرابی
- بهبود بخشی و بهسازی : عملیات افزون بر سطح سرویس مثل تعریض و تقویت پل - تجدید سطح سرویس
- محافظت: عملیات جهت جلوگیری از آسیب زدن به پلها
- تعمیر: تکنیک و فعالیت انجام بازسازی
- تعویض : حالت تعمیر کل یا بخشی از سازه
- مقاوم سازی: افزایش ظرفیت باربری سازه

داده هایی که باید ذخیره شوند ۱- اطلاعات کلی در مورد پل (عنوان- موقعیت جغرافیایی- اطلاعات هندسی راه) ۲- سیستم سازه ای پل ۳- نوع اعضای پل ۴- مصالح و آزمونها ۵- زهکشی پل ۶- هزینه تعمیر و نگهداری ۷- هزینه بازسازی، تعویض و بهسازی ۸- دفترچه بازرسی (پایه ای و متناوب- جزئیات ویژه) ۹- چک لیست ارزیابی همراه با عکس و ویدئو ۱۰- نقشه های چون ساخت و دفترچه محاسبات و دستورالعملها و ضوابط طرح ۱۱- بارگذاری خاص، سیل و ترافیک ۱۲- تاریخچه تعمیر و نگهداری ۱۳- تاریخچه احداث روکش و حفاظت سطحی

نگهداری پل ۱- پیشگیرانه ۲- دائمی و برنامه ریزی شده ۳- عکس العملی

خرابی پل ۱- خرابی اولیه ۲- خرابی در طول زمان خدمت دهی پل ۳- واکنشهای شیمیایی (کربناسیون، کلراید، سولفات ۴- خوردگی ۵- امکان زوال ناشی از خستگی ۶- خرابی بار بحرانی ۷- یخ و ذوب شدن و ترو خشک شدن متوالی ۸- واکنشهای قلیایی ۹- ضربه

انواع ضربه به پایه پلها

- ۱- خرابی موضعی و آسیب رسیدن به پوشش بتن روسازه
- ۲- خرابی موضعی و آسیب رسیدن به پوشش بتن زیرسازه
- ۳- به بالا راندن روسازه از روی تکیه گاه
- ۴- آسیب دیدن روسازه و تکیه گاه
- ۵- وارد آمدن آسیب جدی به زیر تیر
- ۶- وارد آمدن آسیب جدی به تکیه گاه پل
- ۷- تخریب روسازه

اطلاعات سازه ای و برگه ارزیابی پل شامل ۱- شناسنامه پل ۲- اطلاعات کلی ۳- نوع سازه و مصالح ۴- عمر و قابلیت خدمت دهی ۵- اطلاعات هندسی پل ۶- وضعیت حفاظت پایه ۷- درجه کفایت ۸- وضعیت اعضای مختلف ۹- بارگذاری ۱۰- پیشنهادات اصلاحی

خرابی بحرانی در اعضا ۱- سیستمهای معلق با دوعضو گوشواره ای ۲- سرپایه های فولادی و شاهتیرها ۳- سیستمهای ۲ خرابی ۴- دهانه های معلق با دو شاهتیر ۵- قوسهای به هم جوش شده ۶- اتصالات مفصل و آویز بروی سیستم دویا سه شاهتیری

ابزارهای عملیات میدانی و بازرسی

- ۱- چکش ۲- متر ۳- اندازه گیر ترک ۴- دوربین نقشه برداری ۵- زنجیر ۶- رنگ خراش ۷- آچار ۸- میله بلند ۹- دوربین عکاسی یا فیلمبرداری ۱۰- برس سیمی ۱۱- چراغ قوه ۱۲- تراز دستی ۱۳- خط کش مدرج ۱۴- ضخامت سنج ۱۵- میکرومتر عمق ۱۶- ابزار یادداشت اطلاعات یا مارکر

موارد نیاز به ارزیابی

- ۱- خراب شدن اعضای باربر پل ۲- آسیب دیدگی ناشی از ضربه، آتش سوزی یا انفجار ۳- بهسازی پل ۴- افزایش ظرفیت پل به سبب افزایش تقاضای ترافیک ۵- اصلاح کدها و آئین نامه های طراحی و بارگذاری (طبق دستورالعملهای ارزیابی، نگهداری و تعمیر)

عملیات ارزیابی

- ۱- بازرسی شرایط سازه ای پل ۲- تحلیل سازه ۳- آزمون ۴- تعیین ظرفیت بار

ابزارهای اندازه گیری و ثبت داده ها

- ۱- کرنش سنجها ۲- جابجایی سنجها ۳- چرخش سنجها ۴- دیتا لاگر ۵- کامپیوتر ثبت داده ها

بازرسی چشمی

- ۱- ترک ۲- پوسته شدن ۳- پکیدن و قلوه کن شدن ۴- زنگ زدگی

آزمون بتن

۱- تعیین عمق پوشش روی میلگرد ۲- چکش برگشت (اشمیت) ۳- فراصوتی ۴- بازتاب یا اکوی ضربه ۵- نفوذپذیری ۶- کربناسیون (فنل فتالین) ۷- ترموگرافی ۸- رادار ۹- مغه گیری ۱۰- خوردگی (پتانسیل نیم سلولی، پلاریزاسیون، پروب، مقاومت اکتیریکی و اغتشاش الکتروشیمیایی) ۱۱- حسگرها ۱۲- رادیوگرافی ۱۳- بازرسی تاندونها (درپلهای پیش تنیده) ۱۴- ارزیابی خوردگی درزها و مقاومت اتصال حسگرهایی که در پایش سلامت سازه پل بکار میروند نوری یا سیم مسی میباشند مواد تعمیر وصله ۱- رزین پلی استر ۲- اپوکسی ۳- سیمان پرتلند ۴- استرین بوتادین ۵- استات وینیل ۶- اکریلیک ۷- فسفات منیزیم ۸- سیلیکون ۹- لاتکس ۱۰- پلیمر میباشند انواع ترک

۱- ترک ناشی از خوردگی ۲- ترک ناشی از واکنش قلیایی- سیلیکا ۳- تزریق ترکهای تثبیت شده ۴- ترک گسترش یابنده و نیابنده

برای تعمیر و تقویت پل از ۱- بتن پاشی ۲- تعمیر نواحی پلاستیک ۳- تقویت خارجی و روکش ۴- پیش تنیدگی استفاده می شود مشکلات سطوح بتنی

۱- پوسته شدن ۲- پولکی شدن ۳- ترک خوردگی ۴- قلوه کن شدن ۵- پکیدگی ۶- پریدگی ۷- فروپاشی و تجزیه بر اثر فساد بتن ۸- تغییر شکل درازمدت (انقباض و خزش) ۹- خوردگی ۱۰- خیز غیر مجاز ۱۱- تورق ۱۲- کرموشدن تکنیک پیشرانی تدریجی

در دره های عمیق- گذرگاههای آبی عمیق- شیبهای تند با وضعیت بد خاک - میراث فرهنگی ساختگاه پل

۱- حداقل تخریب در مناطق حساس محیط زیستی ۲- تمرکز بیشتر جهت مونتاژ با ساخت و ساز کمتر ۳- افزایش ایمنی

۱- تجهیز کارگاه ۲- پیاده کردن محورا اصلی ۳- پیاده کردن محل شمعها ۴- اجرای شمعها ۵- اجرای سرشمع ۶- اجرای کوله پیشرانی ۷- اجرای پایه ها ۸- قالب لغزنده ۹- جک و پشت بند افقی ۱۰- یوک ۱۱- رویه قالب ۱۲- داربست بندی و آویز ۱۳- مهاربندی ۱۴- آب بندی قالب ۱۵- نصب دماغه پیشرونده ۱۶- ساخت صندوقه بتنی ۱۷- عملیات هل دادن عرشه ۱۸- اجرای درزهای انبساطی

خاک برداری - قالب بندی و بتن ریزی فونداسیونها پایه ها و کوله ها - مونتاژ دماغه به سیستم پیشرانی - بتن ریزی عرشه - کشیدن کابلها پیش تنیده - جاگذاری و اصلاح نشیمن گاه دائمی - مونتاژ و جاگذاری دمپرها و میراگرها

در طراحی لرزه ای پلها مواردی که در زلزله اخیر ژاپن چون کوبه در تحقیقات بیشتر به آنها توجه شد ۱- رعایت طول نشیمنگاه پلها ۲- انطاف پذیربو رفتار یکپارچه تابلیه ، وزن و نوع تابلیه و آنالیز فرکانسی و پرپود ارتعاشی ۳- مسائل مربوط به خاک و ژئوتکنیک چون روانگرایی، جوشش ، رمبندگی و نشست، زمین لغزش ۴- نحوه اتصال روسازه به زیر سازه و مهار تابلیه در محل تکیه گاه درزها و اندرکنش پایه، کوله با عرشه، عملکرد مرکب ۵- تورب و کجی احداث پل نسبت به محور جاده با توجه به ضوابط پلهای منظم و نامنظم اداره فدرال بزرگراههای آمریکا (FHWA) راستای ارتعاش مدهای آن نسبت به پلهای مستقیم متفاوت میباشد (اغلب پرپود ارتعاش پیچشی از مدهای انتقالی بزرگتر و غالب بوده و خروج از مرکزیت باعث تشدید پیچش میگردد) ۶- نسبت چرخش و تغییر مکانهای شالوده پایه ها ۷- نوع و فناوری ساخت ، مسائل لرزه ای چون تحلیل دینامیکی ، پایش سلامت سازه ، ارتعاشات تصادفی ، شکل مودها و اختلاف ارتفاع پایه ها . . .

امروزه با تعبیه جزئیات مکانیکی شاهتیرها را به تکیه گاه وصل می نمایند و با برشگیر، مهارکننده یا ضامنها ... از لغزش و واژگونی عبورگاه پل در هنگام زلزله جلوگیری میشود در آیین نامه LRFD در مورد پلهای تکدهانه هیچ

تحلیل لرزه ای خاصی نیاز نیست و در معادلات دینامیکی جرم تابلیه رادرشتاب مبنای طرح ضرب می نمایند و برای نواحی ۳ و ۴ در تقسیم بندی آشتو دستگاههای تکیه گاهی را در نیروی معادل 2.5A ضرب میکنند. در مورد پلهای چنددهانه نیروهای طراحی آیین نامه آشتو و ایران یکسان است.

افزایش طول دهانه پل باعث افزایش سهم جرم پایه ها ، کاهش سختی تابلیه ها در نهایت افزایش میزان جابجایی لرزه ای عرشه میگردد در پلهای تابلیه با پایه یکپارچه ، طول دهانه پل تاثیر مستقیمی بروی سختی و زمان تناوب مدافصلی پل دارد . با افزایش ارتفاع ، بیشینه جابجایی نسبی آنقدر افزایش می یابد تا به حد نهایی خود برسد پلهای مرتفع بیشینه جابجایی تقریباً یکسانی دارند

توجه به عوامل غیر لرزه ای چون دما، خزش و جمع شدگی (کرنش ناشی از افت، تابع زمان و میزان رطوبت) تاثیرات آب، خاک، بادرویی سازه، خستگی و شکست در پلهای فولادی حائز اهمیت هستند.

پلهای فولادی:

بر اثر ترک خوردگی و خستگی در نقطه گسیختگی اعضای حساس به شکست گسیختگی اتفاق می افتد. افزونگی مسیبربار، سازه ای و داخلی (عضو زمانی خستگی در پلهای فولادی به تاخیر می اندازد، مسیر انتقال ترک از یک المان به المان دیگر بایستی وجود داشته باشد، مکانیزمهای گسیختگی شامل شروع ترک، انتشار ترک و شکست در پیکره فاقد افزونگی رخ میدهد. کل عمر خستگی برابر مجموع عمر آغاز و انتشار میباشد و به خواص رفتار فولاد و آلیاژهای در پلهای فولادی از لحاظ نرمی و تردی بایستی توجه شود .

عوامل تعیین کننده شکست ۱- درجه حرارت محیط ۲- نرخ بارگذاری ۳- درجه مقید بودن (افزونگی) شکستهای ترد عموماً در درجه حرارت سرد، بارگذاری سریع و قیود زیاد و عضو ضخم رخ میدهد برعکس تغییر شکلهای پلاستیک به شکست نرم منجر میشود که در درجه حرارت گرم محیط، نرخ بارگذاری آهسته و مداوم ، قیود پایین و عضو نازک رخ میدهد.

در بررسی ترکهای خستگی در جوشها بایستی به عیوب متداول جوشکاری توجه داشت

عیوب مصالح شامل عیوب خارجی مانند پلیسه های سطحی، عیوب داخلی مانند ناخالصی های غیر فلزی ، لایه لایه شدگی و عیوب ورقهای نورد شده عیوب ساخت شامل ۱- نفوذ ناقص ۲- عدم همجوشی ۳- آخال یا سرباره (نفوذ سرباره) ۴- تخلخل ۵- بریدگی (زیرجوش) ۶- رویهم افتادگی (لوجه) ۷- سوراخکاری باشعله توجه داشت

عیوب ناشی از انتقال و نصب نادرست شامل بریدگی، شیارافتادگی و فرورفتگی، آثار ناشی از زنجیر، نیروهای خمشی خارج از صفحه ، جوشهای موقت ، عیوب حالت سرویس اشاره کرد

عوامل موثر بر انتشار خستگی ۱- محدوده تنش ۲- تعداد سیکلهای اعمال تنش ۳- نوع جزئیات

نوع جزئیات شامل ۱- ورقهای پوشش بال (ورقهای وصله) ۲- سخت کننده های عرضی ۳- جوشهای شیاری بال ۴- اتصالات پیچی ۵- سخت کننده های طولی ۶- ورقهای اتصال (افقی یا عمودی) متصل به بال یا جان

طبقه بندی ترک خستگی

۱- اعوجاج خستگی خارج از صفحه : ترک خستگی ناشی از اعوجاج بخصوص در پلهای ۱- خرپاها ۲- پلهای معلق با دوشاهتیر ۳- پلهای با چند تیر و یا چند شاهتیر ۴- پلهای قوسی کلافدار ۵- پلهای با شاهتیر جعبه ای رخ میدهد

جزئیات با مقاومت خستگی پایین، عیوب اولیه، کتیبه ها، نقاط انتهایی بال، قیود انتهایی محل‌های مستعد برای شکست میباشند به طور کلی عوامل متعددی بر درجه حساس بودن یک پل به شکست تاثیر میگذارد ۱- درجه افزونگی ۲- تنش بارزنده در عضو ۳- تمایل مصالح به ترک و شکست ۴- وضعیت اعضای ویژه حساس به شکست ۵- وجود اجزای مستعد به خستگی ۶- تعداد و بزرگی بارهای قبلی ۷- تعداد و بزرگی بارهای پیش بینی شده

انواع پل‌های حساس به شکست

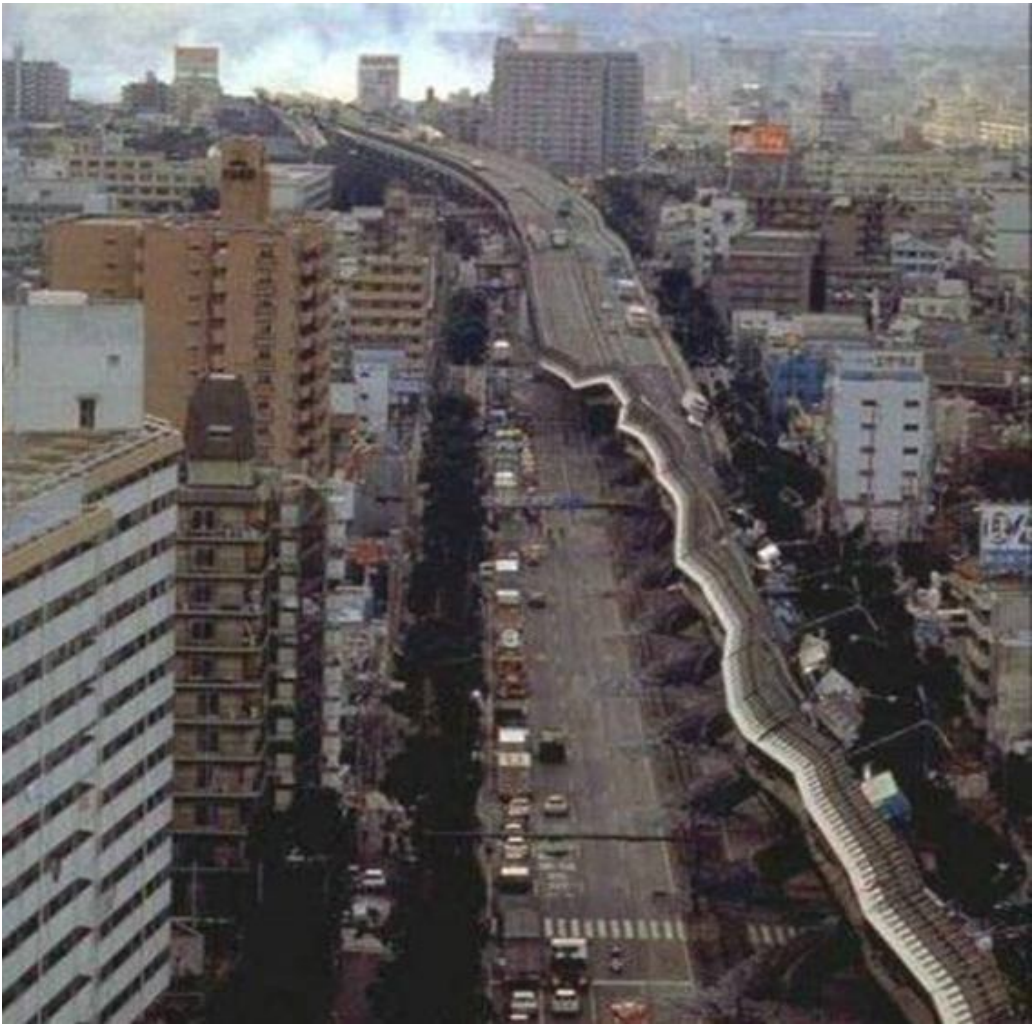
۱- دهانه های معلق با ۲ شاهتیر ۳- پل‌های معلق با کابل زنجیری با دومیله گشواره در هر پانل ۴- قوس‌های کلافدار جوشی با شاهتیر کلاف جعبه ای ۴- خرپای با دهانه ساده با دومیله گشواره ای بایک عضو تکی بین گره های پانل ۵- تک شاهتیرهای جعبه ای جوش دهانه ساده با جزئیات مانند خاتمه سخت کننده های طولی یا ورق لچکی

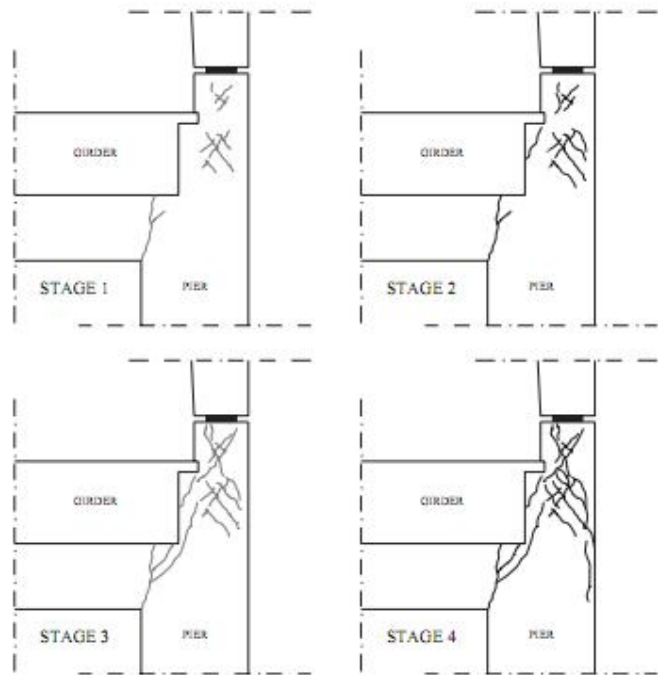
برای اعوجاج خارج از صفحه مناطق زیر بازرسی شود ۱- جان شاهتیرها در اتصالات دیافراگم و تیر عرضی ۲- دوانتهای ورق‌های اتصال دیافراگم در پل‌های شاهتیری ۳- جان‌های شاهتیرهای جعبه ای در محل دیافراگم ۴- ورق‌های لچکی مهاربندی جانبی در جان شاهتیر در محل اتصال تیرهای عرضی ۵- اتصالات دستک کنسولی (براکت) و تیر عرضی به شاهتیر ۶- ورق‌های آویز متصل شده با پین و ورق‌های ثابت شده با پین

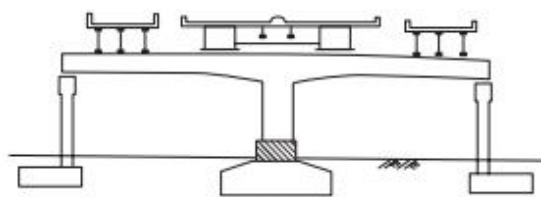




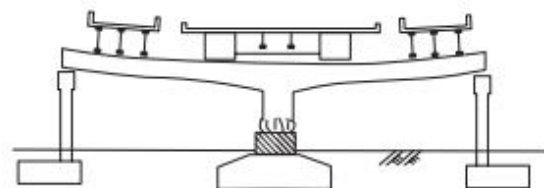




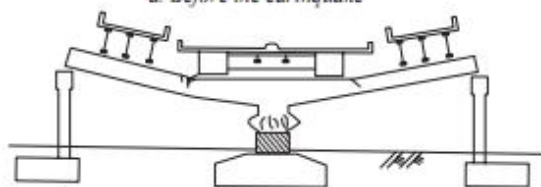




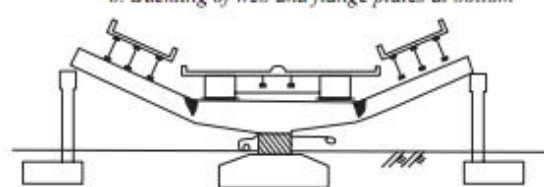
a. Before the earthquake



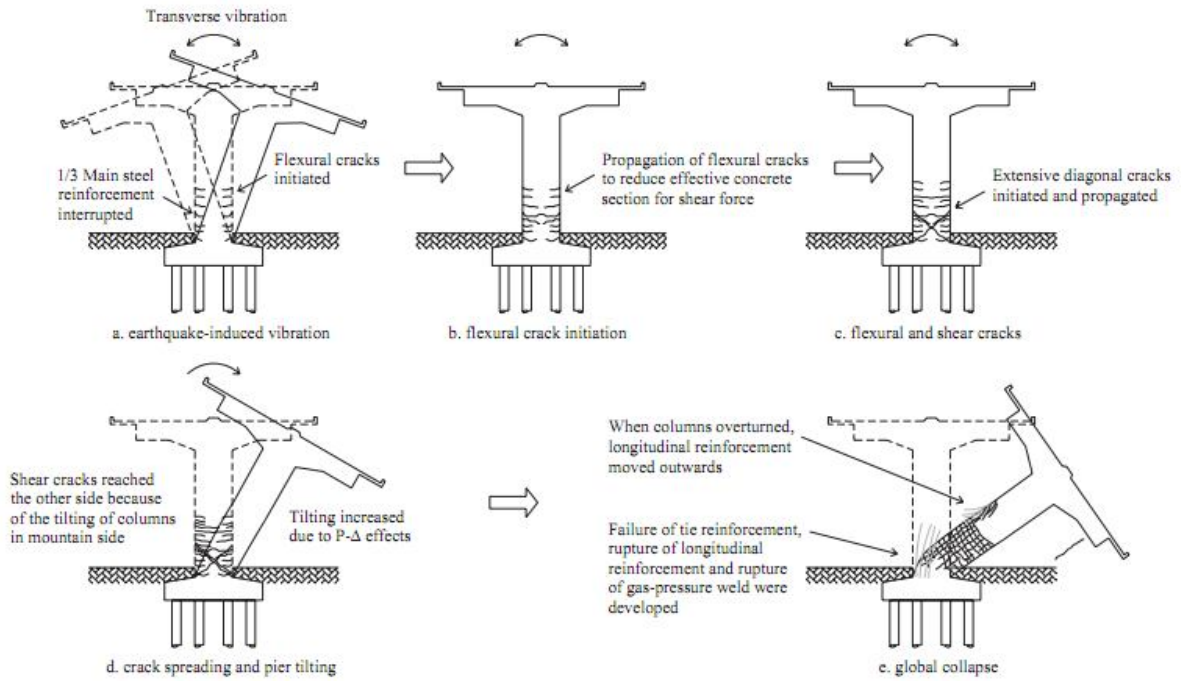
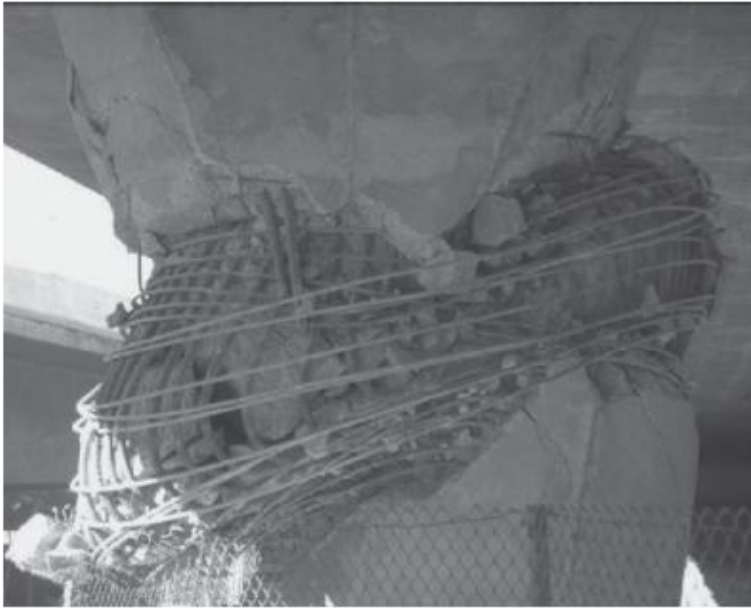
b. Buckling of web and flange plates at bottom

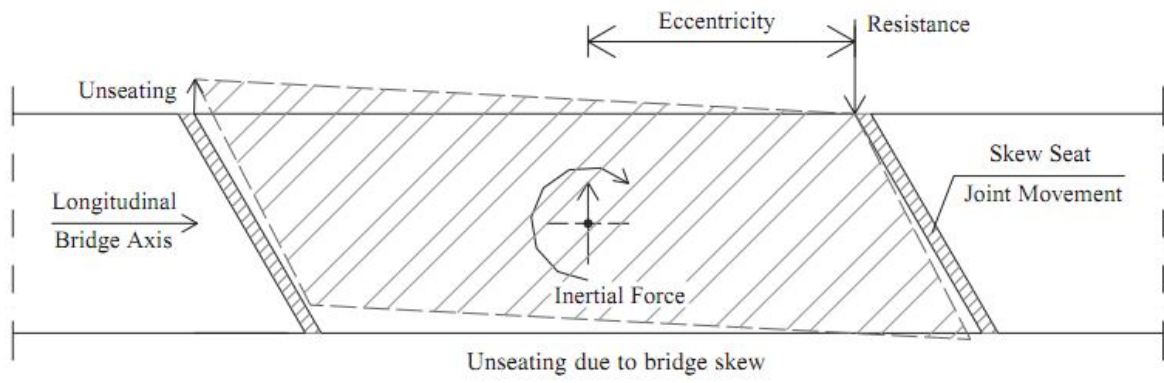


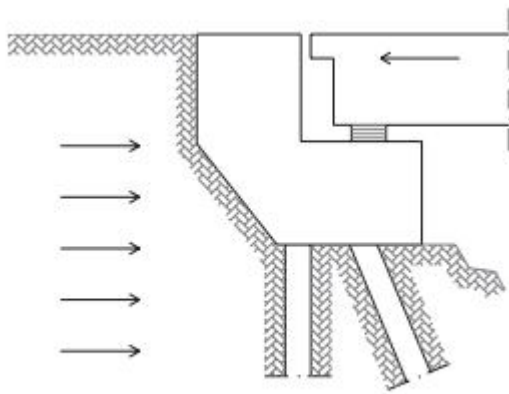
c. Progress of buckling at bottom and buckling of lateral beam



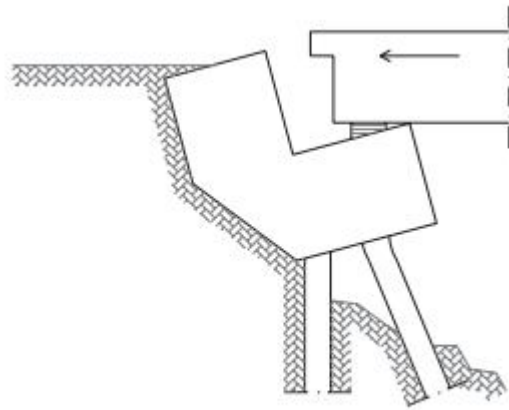
d. Complete failure of column and settlement of lateral beam



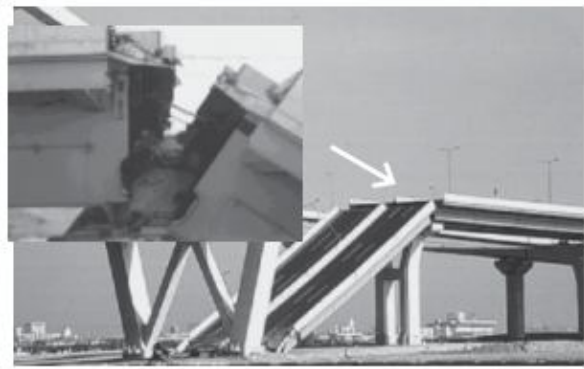


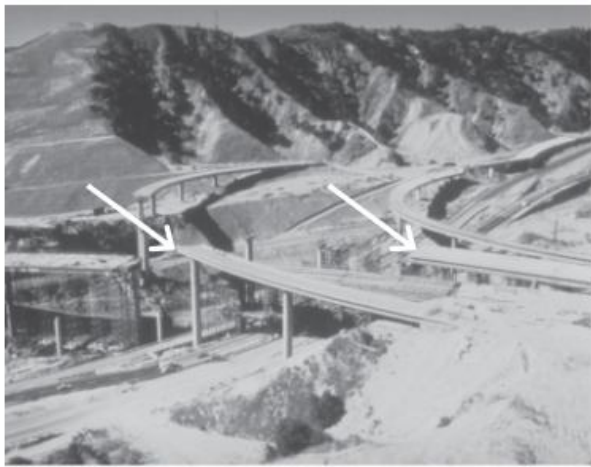


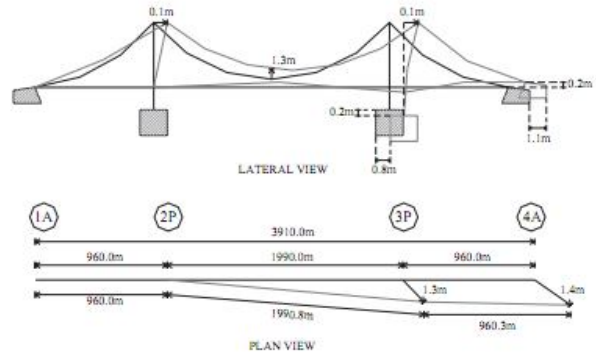
Before Failure



After Failure



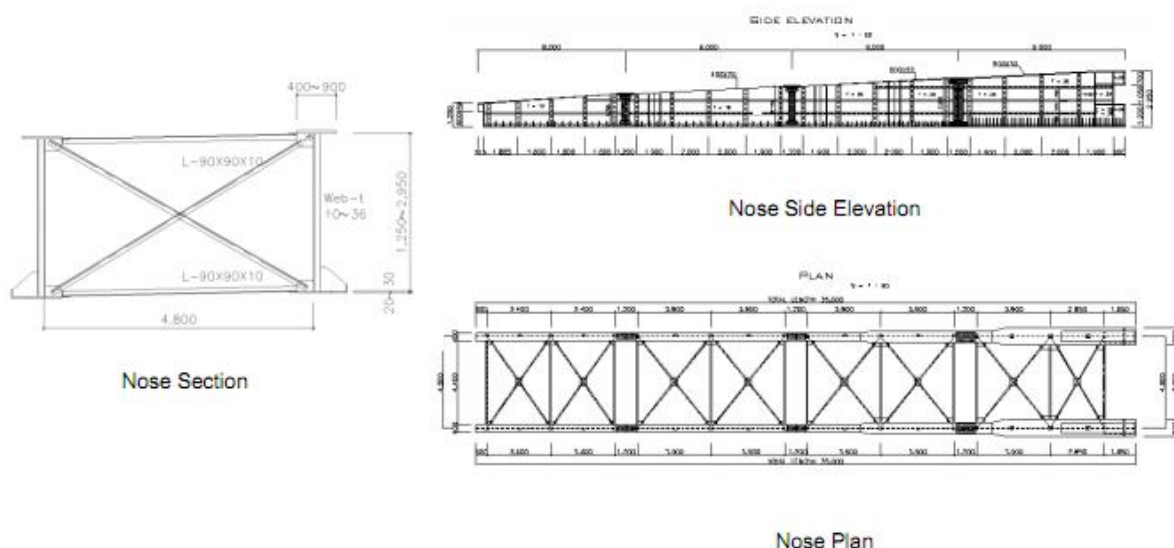




- فرسایش و نشست و ریزش خاکریز پشت کوله ها
- گسیختگی های خمشی در مفاصل پلاستیک به دلیل عدم محصورشدگی کافی
- گسیختگی های برشی در ستونهای کوتاه منفرد، پایه ها و قیود بخصوص در پلهای مورب و کج
- محل نامناسب وصله در اعضای پایه که منجر به گسیختگی برشی میشوند
- گسیختگی فشاری در ستونها و پایه ها مطابق کمانش آرما تورها و خاموتهای، بازشوها و گسستها
- تنش بیش از حد منجر به گسیختگی محلی در قیود لرزه ای
- نیروهای واژگونی و uplift فونداسیون و پایه های پلها مهارنا کافی پایه
- ضربه عرشه به کوله و نشیمن نادرست و ایجاد مفاصل پلاستیک در نگهدارها
- گسیختگیهای فونداسیون بر اثر روانگرایی خاک و نشستهای نامتقارن
- کمانش کلی و موضعی بخصوص در ستونهای فولادی در ارتفاعهای میانی و تحتانی از پایه
- ضربه عمودی در مقاطع جعبه ای مورد استفاده به پایه
- شکست و بریدگی پیچها در برش و کشش
- جانمایی نادرست نئوپرن در زیر تیرهای پیش ساخته عرشه پل
- عمل آوری نامناسب بتن عرشه و ایجاد ترکهای انقباضی
- اجرای نامناسب درزهای انبساط

- اجرای نامناسب نرده های پل
 - وصله آرماتور طولی در ناحیه تشکیک مفصل خمی ری در پای ستون های پل
 - عدم تامل طول لازم برای نشیمن تیرهای بتن مسلح پیش ساخته عرشه پل
- مدیریت پل شامل ۱- بازرسی ۲- ارزیابی وضعیت و شرایط پل ۳- تعمیر، مرمت، بهسازی و تقویت می باشد در برنامه نگهداری پلها به دنبال ۱- ایمنی ۲- قابلیت خدمت دهی ۳- دوام هستیم
- ارکان اصلی مدیریت فنی پلها ۱- سیستم کسب داده و ذخیره آن ۲- سیستم پردازش داده، مدیریت و تصمیم گیری ۳- سیستم اجرای تصمیمات می باشند
- ارزیابی: تعیین مقاومت مصالح یا طبقه بندی شرایط کنونی و ظرفیت باربری پل
- تشخیص: تعیین علت خرابی
- بهبود بخشی و بهسازی: عملیات افزون بر سطح سرویس مثل تعریض و تقویت پل - تجدید سطح سرویس
- محافظت: عملیات جهت جلوگیری از آسیب زدن به پلها
- تعمیر: تکنیک و فعالیت انجام باسازی
- تعویض: حالت تعمیری کل یا بخشی از سازه
- مقاوم سازی: افزایش ظرفیت باربری سازه
- داده هایی که باید ذخیره شوند ۱- اطلاعات کلی در مورد پل (عنوان - موقعیت جغرافیایی - اطلاعات هندسی راه) ۲- سیستم سازه ای پل ۳- نوع اعضای پل ۴- مصالح و آزمونها ۵- زهکشی پل ۶- هزینه تعمیر و نگهداری ۷- هزینه باسازی، تعویض و بهسازی ۸- دفترچه بازرسی (پایه ای و متناوب - جزئیات ویژه) ۹- چک لیست ارزیابی همراه باعکس و ویدئو ۱۰- نقشه های چون ساخت و دفترچه محاسبات و دستورالعملها و ضوابط طرح ۱۱- بارگذاری خاص، سیل و ترافیک ۱۲- تاریخچه تعمیر و نگهداری ۱۳- تاریخچه احداث روکش و حفاظت سطحی
- نگهداری پل ۱- پیشگیرانه ۲- دائمی و برنامه ریزی شده ۳- عکس العملی
- خرابی پل ۱- خرابی اولیه ۲- خرابی در طول زمان خدمت دهی پل ۳- واکنشهای شیمیایی (کربناسیون، کلراید، سولفات ۴- خوردگی ۵- امکان زوال ناشی از خستگی ۶- خرابی بار بحرانی ۷- یخ و ذوب شدن و ترو خشک شدن متوالی ۸- واکنشهای قلیایی ۹- ضربه
- انواع ضربه به پایه پلها
- ۸- خرابی موضعی و آسیب رسیدن به پوشش بتن روسازه
 - ۹- خرابی موضعی و آسیب رسیدن به پوشش بتن زیرسازه
 - ۱۰- به بالا راندن روسازه از روی تکیه گاه
 - ۱۱- آسیب دیدن روسازه و تکیه گاه
 - ۱۲- وارد آمدن آسیب جدی به زیر تیر
 - ۱۳- وارد آمدن آسیب جدی به تکیه گاه پل
 - ۱۴- تخریب روسازه

اطلاعات سازه ای و برگه ارزیابی پل شامل ۱- شناسنامه پل ۲- اطلاعات کلی ۳- نوع سازه و مصالح ۴- عمر و قابلیت خدمت دهی ۵- اطلاعات هندسی پل ۶- وضعیت حفاظت پایه ۷- درجه کفایت ۸- وضعیت اعضای مختلف ۹- بارگذاری ۱۰- پیشنهادات اصلاحی



در طراحی لرزه ای پلها مواردی که در زلزله اخیر ژاپن چون کوبه در تحقیقات بیشتر به آنها توجه شد ۱- رعایت طول نشیمنگاه پلها ۲- انطاف پذیری و رفتار یکپارچه تابلیه ، وزن و نوع تابلیه و آنالیزفرکانسی و پیروود ارتعاشی ۳- مسائل مربوط به خاک و ژئوتکنیک چون روانگرایی، جوشش ، رمبندگی و نشست، زمین لغزش ۴- نحوه اتصال روسازه به زیر سازه و مهار تابلیه در محل تکیه گاه درزها و اندرکنش پایه، کوله با عرشه، عملکرد مرکب ۵- تورب و کجی احداث پل نسبت به محور جاده با توجه به ضوابط پلهای منظم و نامنظم اداره فدرال بزرگراههای آمریکا (FWHA) راستای ارتعاش مدهای آن نسبت به پلهای مستقیم متفاوت میباشد (اغلب پیروود ارتعاش پیچشی از مدهای انتقالی بزرگتر و غالب بوده و خروج از مرکزیت باعث تشدید پیچش میگردد) ۶- نسبت چرخش و تغییر مکانهای شالوده پایه ها ۷- نوع و فناوری ساخت ، مسائل لرزه ای چون تحلیل دینامیکی ، پایش سلامت سازه ، ارتعاشات تصادفی ، شکل مودها و اختلاف ارتفاع پایه ها . . . امروزه با تعبیه جزئیات مکانیکی شاهیترها را به تکیه گاه وصل می نمایند و با برشگیر، مهارکننده یا ضامنها ... از لغزش و واژگونی عبورگاه پل در هنگام زلزله جلوگیری میشود در آیین نامه آشتو LRFD در مورد پلهای تکدهانه هیچ تحلیل لرزه ای خاصی نیاز نیست و در معادلات دینامیکی جرم تابلیه رادارشتاب مبنای طرح ضرب می نمایند و برای نواحی ۳ و ۴ در تقسیم بندی آشتو دستگاههای تکیه گاهی را در نیروی معادل 2.5A ضرب میکنند. در مورد پلهای چنددهانه نیروهای طراحی آیین نامه آشتو و ایران یکسان است.

افزایش طول دهانه پل باعث افزایش سهم جرم پایه ها ، کاهش سختی تابلیه ها در نهایت افزایش میزان جابجایی لرزه ای عرشه میگردد در پلهای تابلیه با پایه یکپارچه ، طول دهانه پل تاثیر مستقیمی بروی سختی و زمان تناوب مداخلی پل دارد . با افزایش ارتفاع ، بیشینه جابجایی نسبی آنقدر افزایش می یابد تا به حد نهایی خود برسد پلهای مرتفع بیشینه جابجایی تقریباً یکسانی دارند توجه به عوامل غیرلرزه ای چون دما، خزش و جمع شدگی (کرنش ناشی ازافت، تابع زمان و میزان رطوبت) تاثیرات آب، خاک، بادروی سازه، خستگی و شکست در پلهای فولادی حائز اهمیت هستند. پلهای فولادی:

بر اثر ترک خوردگی و خستگی در نقطه گسیختگی اعضای حساس به شکست گسیختگی اتفاق می افتد. افزونگی مسیر بار، سازه ای و داخلی (عضو زمانی خستگی در پلهای فولادی به تاخیر می اندازد، مسیر انتقال ترک از یک المان به المان دیگر بایستی وجود داشته باشد، مکانیزمهای گسیختگی شامل شروع ترک، انتشار ترک و شکست در پیکره فاقد افزونگی رخ می دهد. کل عمر خستگی برابر مجموع عمر آغاز و انتشار میباشد و به خواص رفتار فولاد و آلیاژهای در پلهای فولادی از لحاظ نرمی و تردی بایستی توجه شود .

عوامل تعیین کننده شکست ۱- درجه حرارت محیط ۲- نرخ بارگذاری ۳- درجه مقید بودن (افزونگی) شکستهای ترد عموماً در درجه حرارت سرد، بارگذاری سریع و قیود زیاد و عضو ضخیم رخ میدهد برعکس تغییر شکل‌های پلاستیک به شکست نرم منجر میشود که در درجه حرارت گرم محیط، نرخ بارگذاری آهسته و مداوم ، قیود پایین و عضو نازک رخ میدهد. در بررسی ترکهای خستگی در جوشها بایستی به عیوب متداول جوشکاری توجه داشت عیوب مصالح شامل عیوب خارجی مانند پلیسه های سطحی، عیوب داخلی مانند ناخالصی های غیر فلزی ، لایه لایه شدگی و عیوب ورقهای نورد شده عیوب ساخت شامل ۱- نفوذ ناقص ۲- عدم همجوئی ۳- آخال یا سرباره (نفوذ سرباره) ۴- تخلخل ۵- بریدگی (زیرجوش) ۶- رویهم افتادگی (لوجه) ۷- سوراخکاری باشعله توجه داشت

عیوب ناشی از انتقال و نصب نادرست شامل بریدگی، شیارافتادگی و فرورفتگی، آثار ناشی از زنجیر، نیروهای خمش خارج از صفحه ، جوشهای موقت ، عیوب حالت سرویس اشاره کرد عوامل موثر بر انتشار خستگی ۱- محدوده تنش ۲- تعداد سیکلهای اعمال تنش ۳- نوع جزئیات نوع جزئیات شامل ۱- ورقهای پوشش بال (ورقهای وصله) ۲- سخت کننده های عرضی ۳- جوشهای شیاری بال ۴- اتصالات پیچی ۵- سخت کننده های طولی ۶- ورقهای اتصال (افقی یا عمودی) متصل به بال یا جان طبقه بندی ترک خستگی

۲- اعوجاج خستگی خارج از صفحه : ترک خستگی ناشی از اعوجاج بخصوص در پلهای ۱- خریاها ۲- پلهای معلق با دوشاهتیر ۳- پلهای با چند تیر و یا چند شاهتیر ۴- پلهای قوسی کلافدار ۵- پلهای با شاهتیر جعبه ای رخ می دهد

- جزئیات با مقاومت خستگی پایین، عیوب اولیه، کتیه ها، نقاط انتهایی بال، قیود انتهایی محللهای مستعد برای شکست میباشند به طور کلی عوامل متعددی بر درجه حساس بودن یک پل به شکست تاثیر میگذارد ۱- درجه افزونگی ۲- تنش بارزنده در عضو ۳- تمایل مصالح به ترک و شکست ۴- وضعیت اعضای ویژه حساس به شکست ۵- وجود اجزای مستعد به خستگی ۶- تعداد و بزرگی بارهای قبلی ۷- تعداد و بزرگی بارهای پیش بینی شده
- انواع پلهای حساس به شکست
- ۲- دهانه های معلق با ۲ شاهتیر ۳- پلهای معلق با کابل زنجیری با دوميله گشواره در هرپانل ۴- قوسهای کلافدار جوشی با شاهتیر کلاف جعبه ای ۴- خرپای با دهانه ساده با دوميله گشواره ای بایک عضو تکی بین گره های پانل ۵- تک شاهتیرهای جعبه ای جوش دهانه ساده با جزئیات مانند خاتمه سخت کننده های طولی یا ورق لچکی
- برای اعوجاج خارج از صفحه مناطق زیر بازرسی شود ۱- جان شاهتیرها در اتصالات دیافراگم و تیر عرضی ۲- دوانتهای ورقهای اتصال دیافراگم در پلهای شاهتیری ۳- جانهای شاهتیرهای جعبه ای در محل دیافراگم ۴- ورقهای لچکی مهاربندی جانبی در جان شاهتیر در محل اتصال تیرهای عرضی ۵- اتصالات دستک کنسولی (براکت) و تیر عرضی به شاهتیر ۶- ورقهای آویز متصل شده با پین و ورقهای ثابت شده با پین برای اعضای اصلی مناطق زیر را بازرسی کنید
- ۱- دوانتهای ورقهای پوشش جوشی ۲- جوشهای کام در ورقهای بال ۳- جوشهای لب به لب در سخت کننده های طولی ۴- ورقهای جان با جوشهای گوشه ۵- جوشهای شیاری متقاطع ۶- مناطق تعمیر و تقویت جوشی ۷- وصله ها با میلگرد پشتیبان ۸- افزایش دهنده های تنش برای اتصالات و ملحقات مناطق زیر را بازرسی کنید
- ۱- بالهای کوتاه- بریده شده ۲- دو انتهای تیرهای کتیه شده
- خرابی بحرانی در اعضا ۱- سیستمهای معلق با دوعضو گشواره ای ۲- سرپایه های فولادی و شاهتیرها ۳- سیستمهای ۲ خرپایی ۴- دهانه های معلق با دو شاهتیر ۵- قوسهای به هم جوش شده ۶- اتصالات مفصل و آویز بروی سیستم دویا سه شاهتیری
- ابزارهای عملیات میدانی و بازرسی
- ۲- چکش ۲- متر ۳- اندازه گیر ترک ۴- دوربین نقشه برداری ۵- زنجیر ۶- رنگ خراش ۷- آچار ۸- میله بلند ۹- دوربین عکاسی یا فیلمبرداری ۱۰- برس سیمی ۱۱- چراغ قوه ۱۲- تراز دستی ۱۳- خط کش مدرج ۱۴- ضخامت سنج ۱۵- میکرومتر عمق ۱۶- ابزار یادداشت اطلاعات یا مارکر
- موارد نیاز به ارزیابی
- ۲- خراب شدن اعضای باربر پل ۲- آسیب دیدگی ناشی از ضربه، آتش سوزی یا انفجار ۳- بهسازی پل ۴- افزایش ظرفیت پل به سبب افزایش تقاضای ترافیک ۵- اصلاح کدها و آئین نامه های طراحی و بارگذاری (طبق دستورالعملهای ارزیابی، نگهداری و تعمیر)
- عملیات ارزیابی
- ۲- بازرسی شرایط سازه ای پل ۲- تحلیل سازه ۳- آزمون ۴- تعیین ظرفیت بار

ابزارهای اندازه گیری و ثبت داده ها

۲- کرنش سنجها ۲- جابجایی سنجها ۳- چرخش سنجها ۴- دیتا لاگر ۵- کامپیوتر ثبت داده ها
بازرسی چشمی

۲- ترک ۲- پوسته شدن ۳- پکیدن وقلوه کن شدن ۴- زنگ زدگی

آزمون بتن

۲- تعیین عمق پوشش روی میلگرد ۲- چکش برگشت (اشمیت) ۳- فراصوتی ۴- بازتاب یا اکوی ضربه
۵- نفوذپذیری ۶- کربناسیون (فنل فتالین) ۷- ترموگرافی ۸- رادار ۹- مغه گیری ۱۰- خوردگی (

پتانسیل نیم سلولی، پلاریزاسیون، پروب، مقاومت اکتیریکی و اغتشاش الکتروشیمیایی) ۱۱- حسگرها

۱۲- رادیوگرافی ۱۳- بازرسی تاندونها (درپلهای پیش تنیده) ۱۴- ارزیابی خوردگی درزها و مقاومت اتصال
حسگرهایی که در پایش سلامت سازه پل بکار میروند نوری یا سیم مسی میباشند

مواد تعمیر وصله ۱- رزین پلی استر ۲- اپوکسی ۳- سیمان پرتلند ۴- استرین بوتادین ۵- استات وینیل

۶- اکریلیک ۷- فسفات منیزیم ۸- سیلیکون ۹- لاتکس ۱۰- پلیمر میباشند

انواع ترک

۲- ترک ناشی از خوردگی ۲- ترک ناشی از واکنش قلیایی - سیلیکا ۳- تزریق ترکهای تثبیت شده ۴-
ترک گسترش یابنده و نیابنده

برای تعمیر و تقویت پل از ۱- بتن پاشی ۲- تعمیر نواحی پلاستیک ۳- تقویت خارجی و روکش ۴-
پیش تنیدگی استفاده می شود

مشکلات سطوح بتنی

۲- پوسته شدن ۲- پولکی شدن ۳- ترک خوردگی ۴- قلوه کن شدن ۵- پکیدگی ۶- پریدگی ۷-

فروپاشی و تجزیه بر اثر فساد بتن ۸- تغییر شکل درازمدت (انقباض و خزش) ۹- خوردگی ۱۰- خیز

غیر مجاز ۱۱- تورق ۱۲- کرموشدن

تکنیک پیشرانی تدریجی

در دره های عمیق- گذرگاههای آبی عمیق- شیبهای تند با وضعیت بد خاک - میراث فرهنگی ساختگاه پل

۲- حداقل تخریب در مناطق حساس محیط زیستی ۲- تمرکز بیشتر جهت مونتاژ با ساخت و ساز کمتر

۳- افزایش ایمنی

۲- تجهیز کارگاه ۲- پیاده کردن محو اصلی ۳- پیاده کردن محل شمعها ۴- اجرای شمعها ۵- اجرای

سرشمع ۶- اجرای کوله پیشرانی ۷- اجرای پایه ها ۸- قالب لغزنده ۹- جک و پشت بند افقی ۱۰-

یوک ۱۱- رویه قالب ۱۲- داربست بندی و آویز ۱۳- مهاربندی ۱۴- آب بندی قالب ۱۵- نصب دماغه

پیشرونده ۱۶- ساخت صندوقه بتنی ۱۷- عملیات هل دادن عرشه ۱۸- اجرای درزهای انبساطی

خاک برداری - قالب بندی و بتن ریزی فونداسیونها پایه ها و کوله ها - مونتاژ دماغه به سیستم

پیشرانی - بتن ریزی عرشه - کشیدن کابلها پیش تنیده - جاگذاری و اصلاح نشیمن گاه دائمی

- مونتاژ و جاگذاری دمپرها و میراگرها

روشهای پیشرفته بازرسی فیزیکی

- اندازه گیری سرعت امواج صوتی/افراصوتی
- ماشین آلات شناسایی تورق (لایه لایه شدگی)
- روشهای الکتریکی
- روشهای الکترومغناطیسی
- سرعت پالس(ضربه)
- آزمون جک تخت
- رادار نفوذی زمینی
- آزمون بازتاب ضربه
- دمانگاری مادون قرمز
- آزمون فراصوتی(التراسونیک) معمولی و لیزری
- اختلال میدان مغناطیسی
- ردیاب نوترون برای شناسایی کلریدها
- روشهای هسته ای
- پاکومتر pachometer
- روشهای Rebound نفوذ و واجهش
- مغزه گیری
- کربناسیون - نفوذپذیری بتن
- دوربینها (اندوسکوپها) و ویدئو بین ها (ویدئو اسکوپها)
- میزان رطوبت - مقاومت آرماتور فولادی

عیوب متداول در بتن

- ۱- ترک خوردگی ۲- ورمادگی ۳- لایه لایه شدن ۴- جداشدن تکه های بتن ۵- شوره زدگی ۶- ساختار لانه زنبوری ۷- قلوه کن شدن ۸- سایش ۹- خسارت برخورد(تصادم) ۱۰- فرسایش ۱۱- خسارت بار اضافه ۱۲- خوردگی آرماتور فولادی، پیش تنیدگی و تنش ۱۳- کاهش مقطع می‌لگرد نمایان شده ، تخلیه خاکریزی در مدخل ورودی و خروجی ۱۴- نشست سطح روسازی
- ترکهای تا 0.1 میلیمتر جز ترکهای مویی باریک ۰،۱ تا ۰،۲۳ میلیمتر متوسط ۰،۲۵ تا ۰،۷۶ عریض ۰،۷۶ میلیمتر میباشند که در بازرسهای چشمی بایستی به ترکهای خمشی، خمش-برش ترکهای برشی به خصوص در پلهای پیش تنیده به ترکهای ناشی از پیچش، اثرات حرارت ، پس کشیدگی، اضافه تنش، راستا و امتدادسازه ، مسیر رشته کابلها و ترک خوردگی شعاعی، بلوکهای مهاری توجه شود و از تستهای مخرب در پلهای پیش تنیده پرهیز شود.
- بازرسی در ۱-نواحی تکیه گاهی ۲- نواحی برشی ۳- نواحی کششی ۴- نواحی فشاری ۵- نواحی در معرض زهکش ۶- نواحی در معرض ترافیک ۷- درزها ۸- دیافراگمها انجام میشود
- در آبروهای جعبه ای علاوه بر محل‌های مذکور ۱-ناهمراستایی ۲- عیوب درزها ۳- ترکها و قلوه کن شدن ۴- سطوح در تماس ۵- سوراخهای تراوش بازرسی کردند

پلهای قوسی ۱- قوس پیشانی باز (تا دهانه ۶۰ متر) ۲- قوس پیشانی بسته ۳- قوس میانگذر (شبه رنگین کمان)- قوس پیش ساخته (به صورت قطعه قطعه) تقسیم میشوند

اعضای قوس پیشانی باز ۱- قاب پیشانی ۲- سرستون قاب پیشانی ۳- ستونهای پیشانی ۴- تیرهای پیشانی میباشد روسازه با تیرهای شکل پیش تنیده ، مقاومت مصالح و دوام ، پیوستگی و انسجام، عملکرد مرکب (کامپوزیت) و تیرهای جعبه ای بهم چسبیده (پهلوی به پهلوی)- تیرهای جعبه ای پخش شده در پلهای بتنی اخیر شاخص میباشند. پیکر بندی تیرهای جعبه ای شامل ۱- دال فوقانی ۲- دال تحتانی ۳- دیوارهای جان و دیوارهای جان داخلی (چند حفره ای) میباشد.

برخی از روشهای اجرا عبارتند از ۱- روش طره ای معلق ۲- اجرای دهانه به دهانه ۳- اجرای روش جا دادن پیشرو ۴- اجرای روش هل دادن روبه جلو

بارهای وارد بر آبروهای بتنی جعبه ای ۱- وزن آبرو ۲- فشار قائم خاک (خاکریز و روسازی جاده) ۳- فشار افقی خاک (جانبی) ۴- بارهای زنده (ترافیک شامل و سایل نقلیه و پیاده) انواع آبروهای جعبه ای ۱- آبرو جعبه ای درجا ۲- آبرو جعبه ای پیش ساخته فرآیندها و محلهای بازرسی

۱- اطلاعات موجود بررسی شوند ۲- وضعیت کلی مشاهده شود ۳- خاکریزی و نشست سواره رو ۴- مسیر آب ۵- عملکرد دوانتها بازرسی شود ۶- دهانه آبرو

بیشینه شتاب زمین PGA در نواحی با لرزه خیزی متفاوت و جنس بستر مختلف متفاوت بوده و ضرایب تصحیح ضرایب طول و ارتفاع برای نواحی مختلف آمده است مطابق آیین نامه آشتو طول نشیمن در مناطق زلزله خیز شدید نسبت به مناطق زلزله خیز متوسط ۱،۵ برابر است. احتمال حرکات غیر همفاز پایه ها در موضوع خطر سقوط عرشه دیده میشود بویژه در پلهای با دهانه بلند که پایه ها با فاصله از هم قرار دارند نحوه عبور امواج زلزله حائز اهمیت میباشد از دیگر دلایل آسیب پذیری پلهای برای اثر افتادن عرشه به شیب عرشه میتوان اشاره نمود، این عرشه ها متناسب باشیب خود تمایل به سرازیر شدن در زلزله رادارند و شتاب زلزله ۱- روش مرسوم مقاوم سازی برای پل ها

۲- تاثیر کم بر وزن سازه پس از عمل تقویت و به تبع آن نیروی لرزه ای اعمالی کمتر به سازه در شرایط زلزله

۳- دسترسی فراوان به مصالح کاربردی و سهولت نگهداری از عضو تقویت شده

۴- بهبود خواص لرزه ای و مکانیکی عضو تقویت شده

۱- امکان خوردگی فولاد در شرایط محیطی مهاجم

۲- مشکلات اجرایی در حالت تقویت ستون های بلند

✓ مقاومت خمشی ناکافی

✓ شکل پذیری ناکافی

✓ قطع نامنگام آرماتورهای طولی

□ خرابی خمشی بر حسب روش طراحی به کار رفته

۱- خرابی خمشی

□ خرابی برشی خالص

۲- خرابی برشی

□ خرابی برشی - خمشی

- ❖ دلایل وقوع
 - ۱- مقاومت خمشی ناکافی
 - ۲- فقدان ظرفیت شکل پذیری خمشی
 - ۳- عدم محصورشوندگی مناسب هسته بتنی

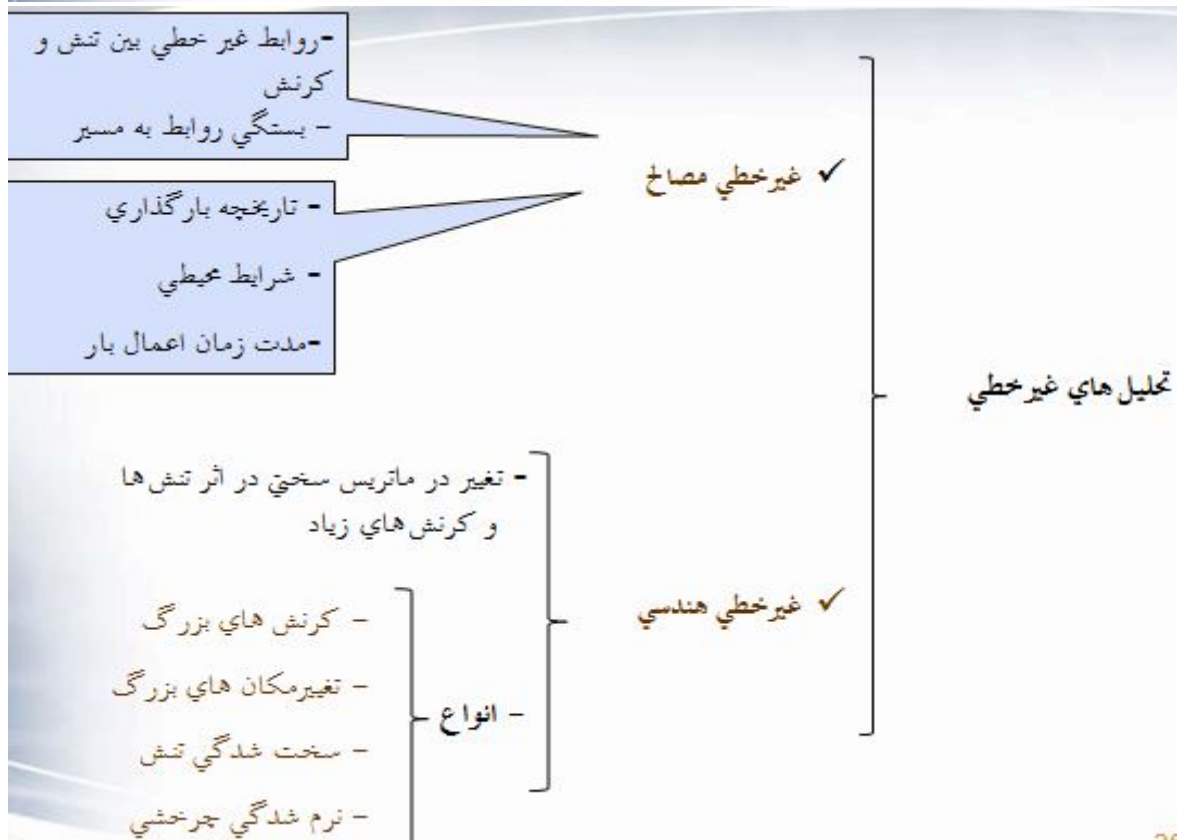
- ❖ علائم مشخص کننده
 - ۱- ایجاد ترک های افقی
 - ۲- خرد شدن هسته بتنی در فشار
 - ۳- خرابی میلگردهای عرضی و کمانش میلگردها

مزایا و معایب روش

- مزایا
 - ✓ عدم توقف بهره برداری در زمان تقویت سازه
 - ✓ افزایش ظرفیت سرویس دهی و ظرفیت باربری نهایی مقطع شده
 - ✓ افزایش کم در ابعاد مقطع تقویت شده و بر آوردن ملاحظات معماری
 - ✓ سهولت در بازرسی و نگهداری از عضو تقویت شده
 - ✓ دسترسی آسان به مصالح کاربردی و توجه اقتصادی عمل مقاوم سازی

- معایب
 - ✓ امکان خوردگی ورق ها و المان های فولادی (بر طرف شدن این تقیصه با وجود فولادهای ضد زنگ)
 - ✓ ایجاد مشکل به دلیل وزن نسبتا زیاد صفحات در حمل و نقل و عملیات نصب آن

- اهداف مختلف از مقاوم سازی
۱. محصورکنندگی به منظور افزایش ظرفیت شکل پذیری خمشی؛
 ۲. محصورکنندگی برای حفظ تمامیت خمشی ستون های دارای وصله در آرماتورها؛
 ۳. افزایش مقاومت برشی؛
 ۴. افزایش سختی ستون با استفاده از جاکت های فولادی؛

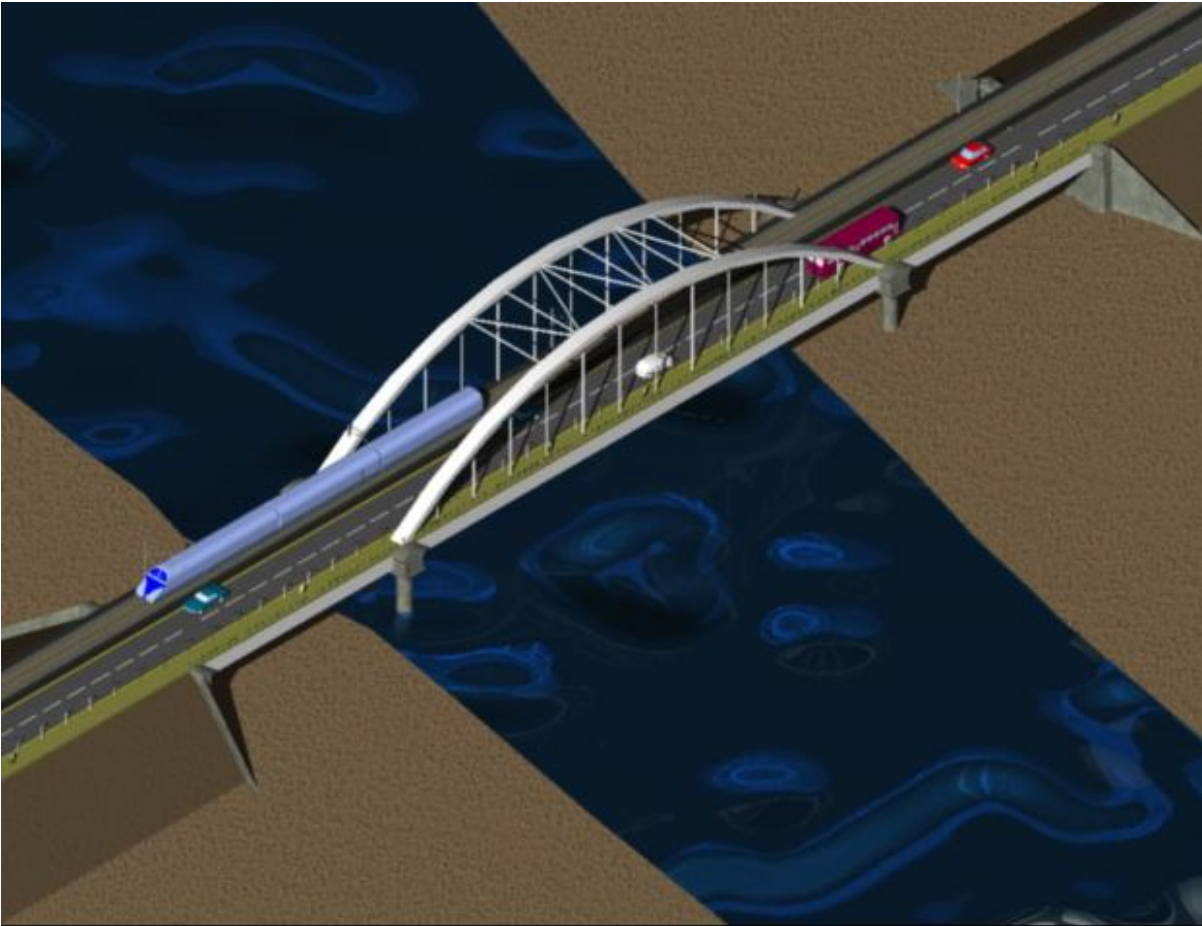


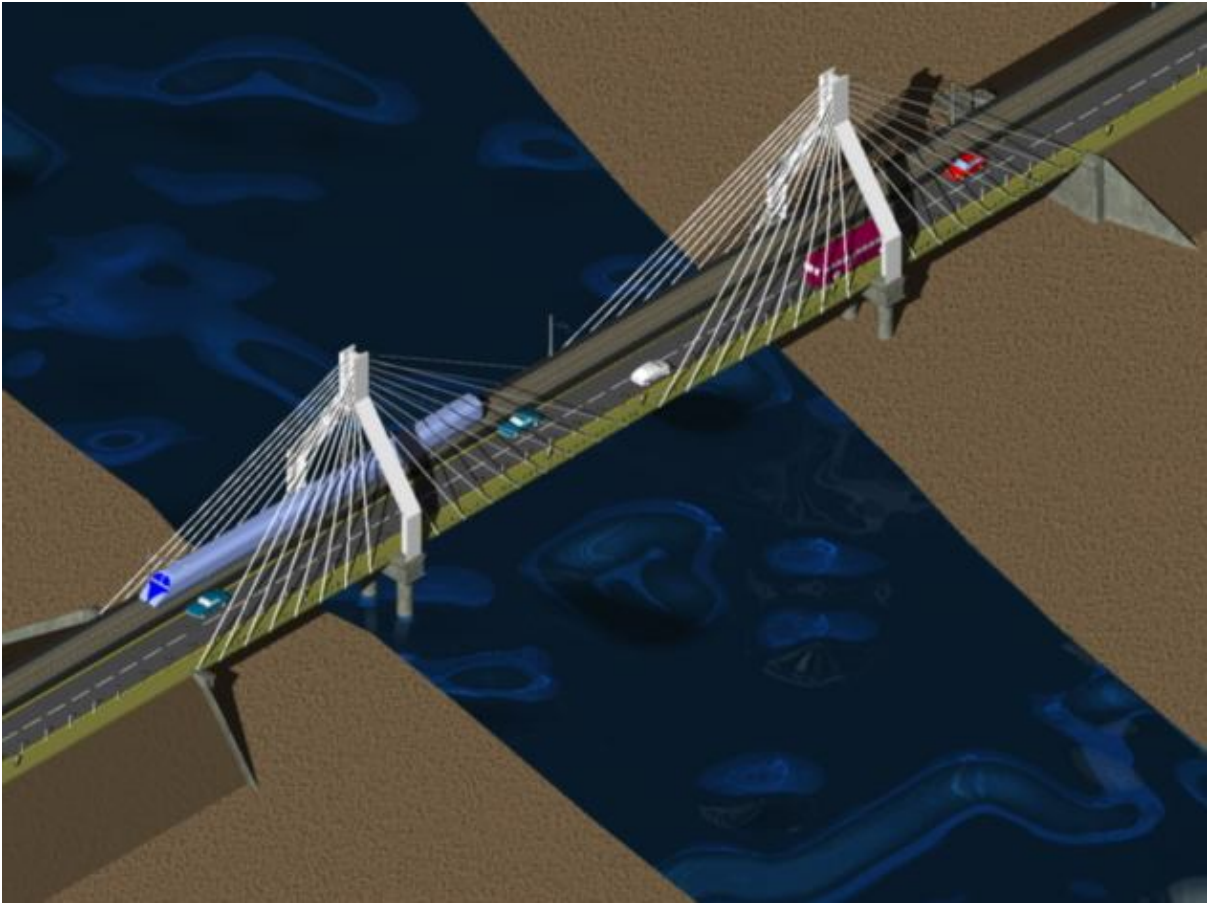
- 3-Robert Benaim the design of Pre stressed Concrete bridges Concepts and Principles, Taylor and Francis, 2008
- 4-C.Menn Pre stressed Concrete Bridges , Springer 1996
- 5-Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges, AASHTO 1999
- 6-Guidelines for the design of foot bridges , CEB FIP
- 7-Hand book Design of bridges based on Euro code , 2005
- 8-Petros, Theory and Design of Bridges , John Wiley,1994
- 9-Sukhen Chatterjee The Design of Modern Steel Bridges Black well ,2003

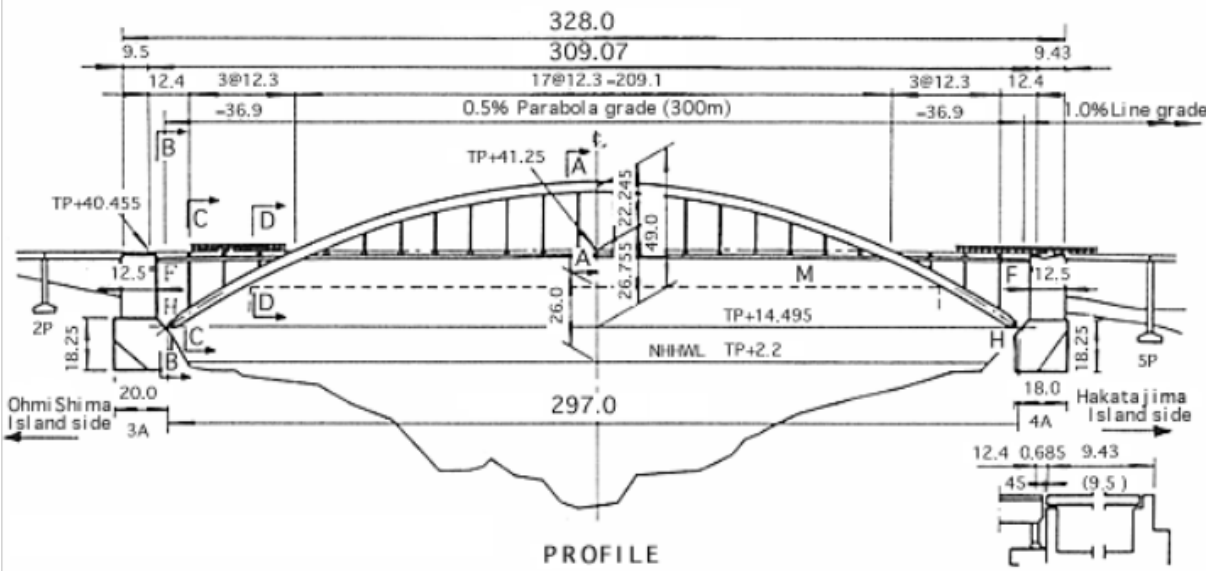
- ۱۰- سهیل آل رسول ، پلسازی به روش پیشرانی، درآمدی بر طرح واجرا، مهندسین مشاور رهاب، ۱۳۸۹
- ۱۱- عبدالرضا جغتایی، ابولفضل علیخانی، نگهداری پلها براساس آشتو، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۹
- ۱۲- عبدالرضا جغتایی، راهنمای اصول مدیریت فنی پلها، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۰
- ۱۳- شروین ملکی، پلهای یکپارچه، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۷
- ۱۴- سهیل آل رسول، محمدرضا صافدل، ملحقات پل سیستمهای تکیه گاه و درز انبساط، مهندسین مشاور رهاب ۱۳۹۲
انتشارات فدک ایستایس
- ۱۵- رضا اکبری ، دستورالعمل بهسازی لرزه ای پلهای بزرگراهی FWHA-1995 وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۷
- ۱۶- بازرسی و ارزیابی روسازی پلهای فولادی، وزارت راه و ترابری ، انتشارات ارکان، ۱۳۸۶
- ۱۷- رضا اکبری، بازرسی و ارزیابی روشها پلهای بتنی ، انتشارات ارکان ، ۱۳۸۸
- ۱۸- مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس بین المللی پل، دانشگاه امیرکبیر ۴ تا ۶ بهمن ۱۳۹۳
- ۱۹- ایمان الیاسیان، راهکارهای مقاوم سازی پل، کتاب شماره ۴۹، CIVIL808.com
- ۲۰- مجموعه مقالات سومین کنفرانس بین المللی پل، دانشگاه امیرکبیر خرداد ۱۳۸۷



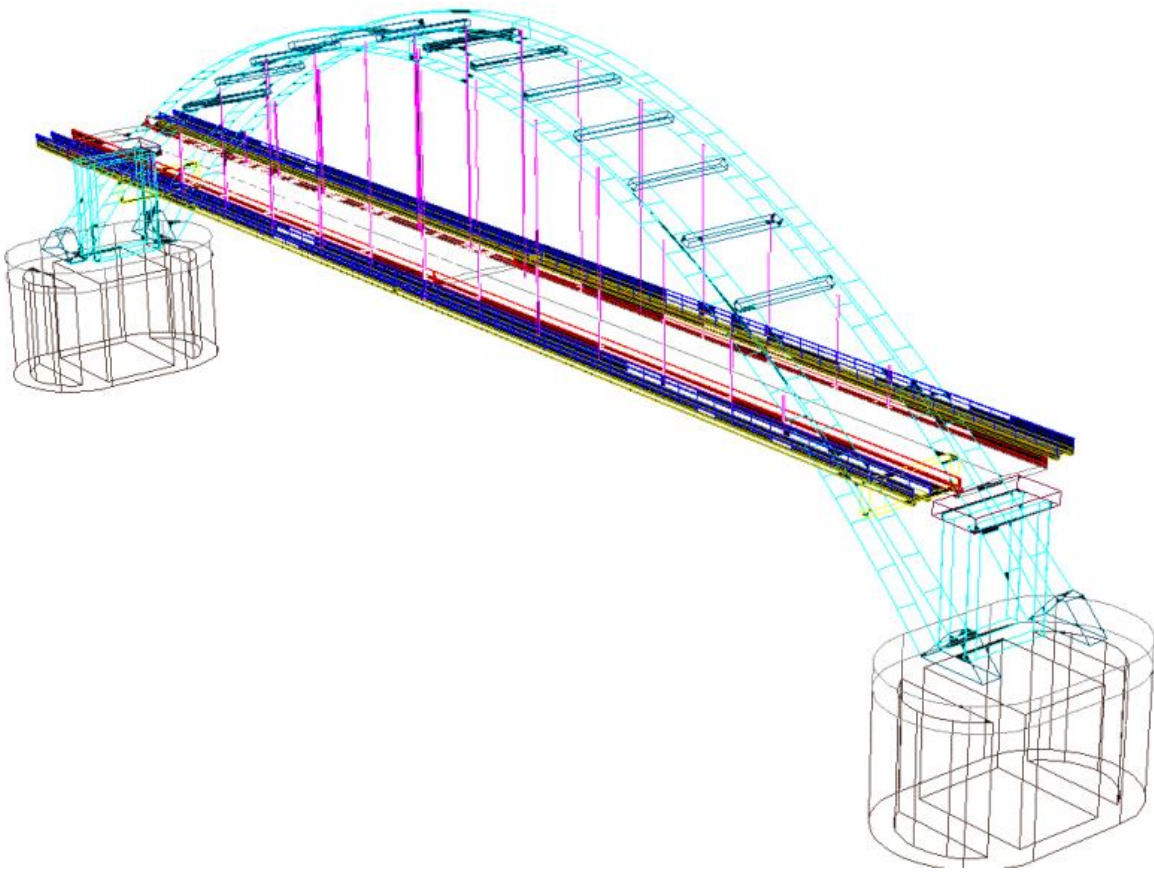










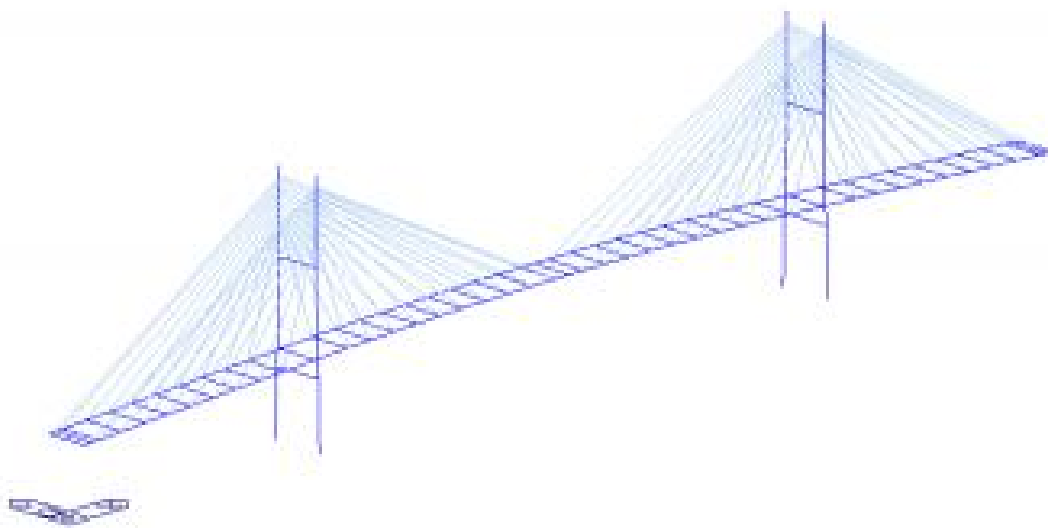






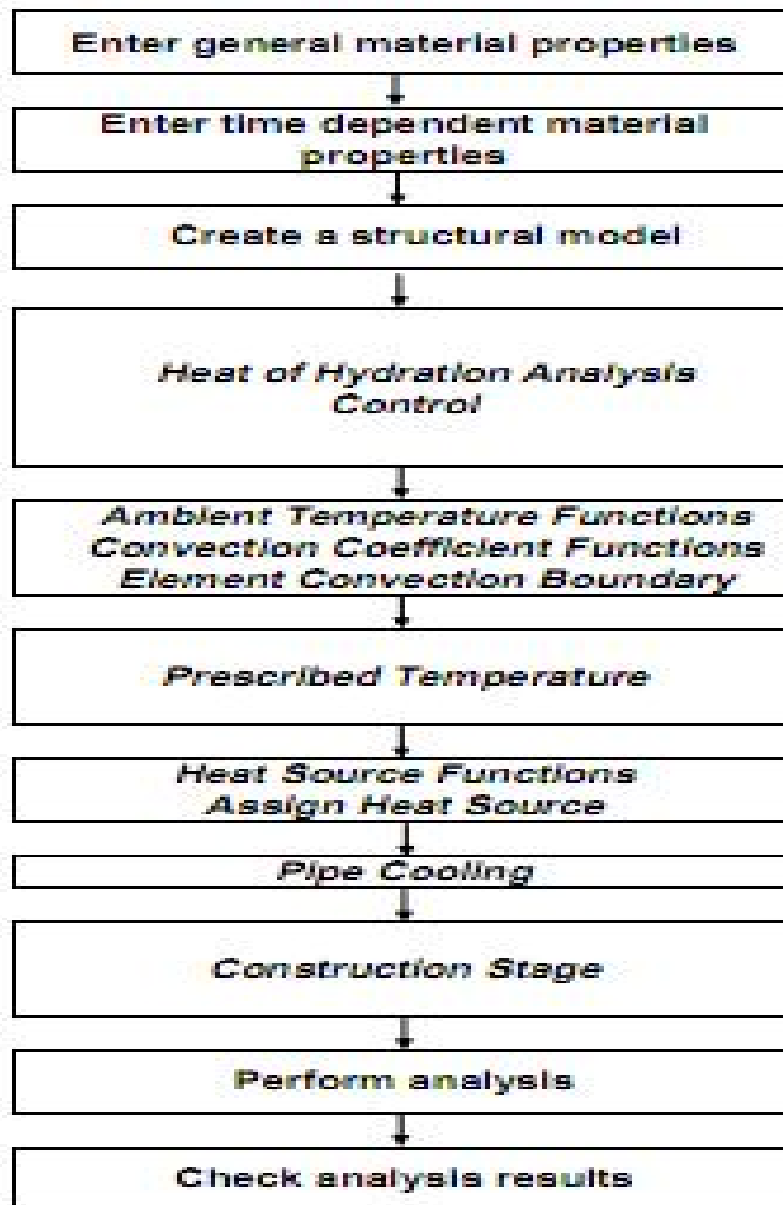


-
1. 2D Model Generation by Cable-Stayed Bridge Wizard
 2. Tower Modeling
 3. Expand into a 3D Model
 4. Main Girder Cross Beam Generation
 5. Tower Bearing Generation
 6. End Bearing Generation
 7. Boundary Condition Input
 8. Initial Cable Prestress Force Calculation by Unknown Load Factors
 9. Loading Condition and Loading Input
 10. Perform Structural Analysis
 11. Unknown Load Factors Calculation
-

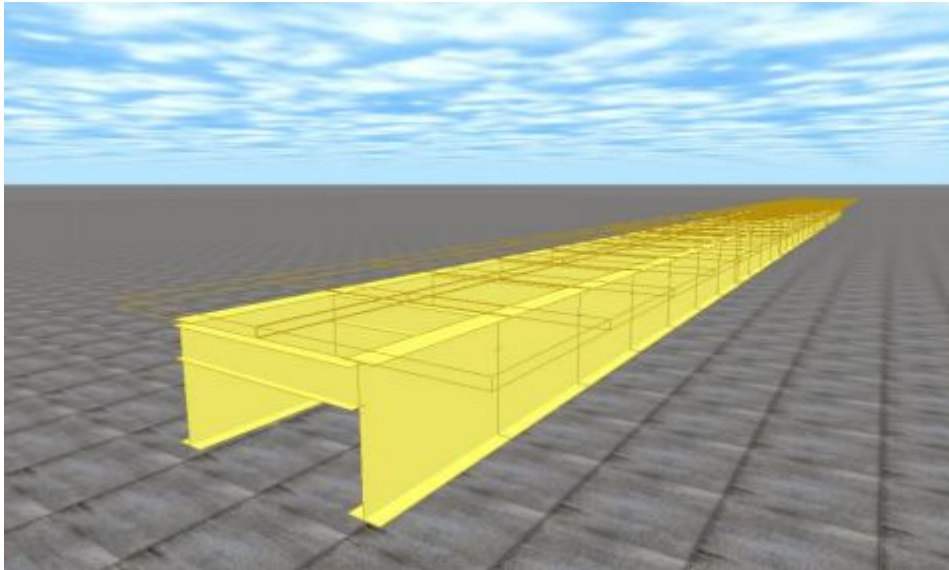


1. Define material and section properties
2. Analyze initial equilibrium state
3. Create a model and enter boundary conditions
 - Divide pylon (tower) members to generate pylon transverse beams
 - Create & remove pylon transverse beams
 - Enter boundary conditions
4. Accurate initial equilibrium state analysis
 - Define structure groups
 - Enter self weight
 - Perform analysis
5. Input static loads & modify boundary conditions
6. Perform completed state analysis





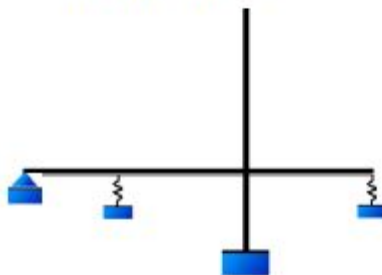
1. Define material and section
2. Structure modeling
3. Define Structure Group
4. Define Boundary Group
5. Define Load Group
6. Input Load
7. Arrange tendons
8. Prestress tendons
9. Define time dependent material property
10. Perform structural analysis
11. Review results



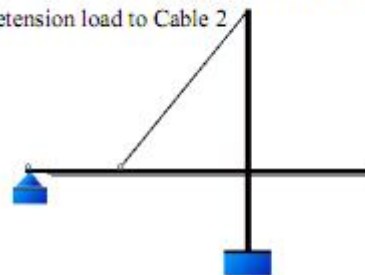
1. Define material and section properties
2. Define Structure Groups, Boundary Groups and Load Groups
3. Define construction stages
4. Activate the Boundary Groups and Load Groups corresponding to each construction stage
5. Activate the floor sections corresponding to each construction stage as per the construction sequence for floor slab
6. Review the analysis results for each construction stage

Construction Sequence

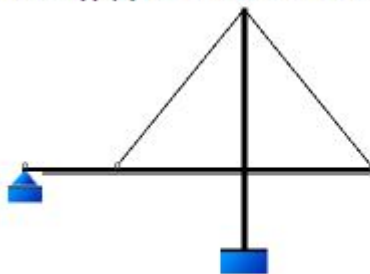
CS1: Erect Pylon and Deck



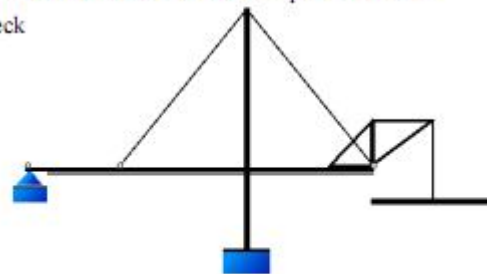
CS2: Remove temporary supports and apply pretension load to Cable 2



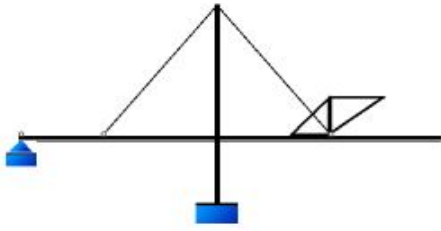
CS3: Apply pretension load to Cable 3



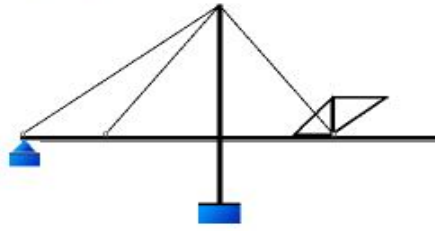
CS4: Install Derrick Crane and place loads to Deck



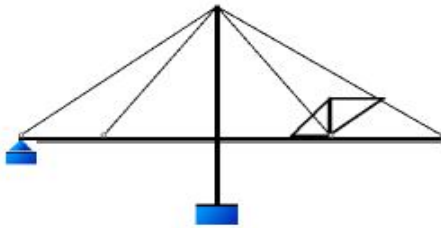
CS5: Construct additional Deck



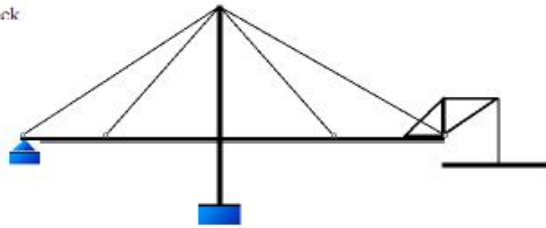
CS6: Apply pretension load to Cable 1



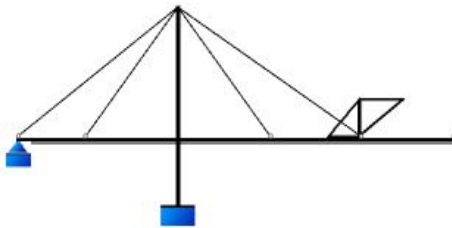
CS7: Apply pretension load to Cable 4



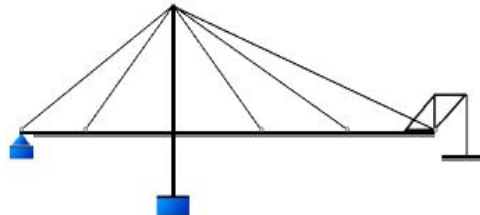
CS8: Move Derick Crane and place loads to Deck



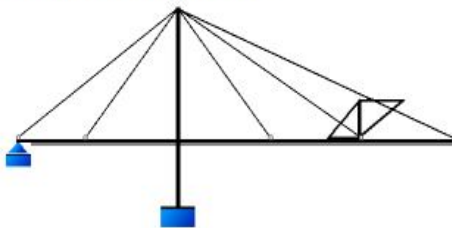
CS9: Construct additional Deck



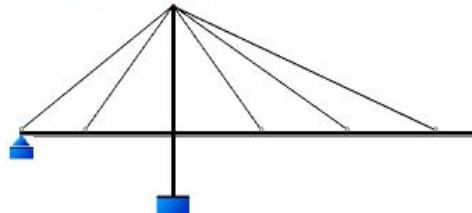
CS11: Move Derick Crane and place loads to Deck



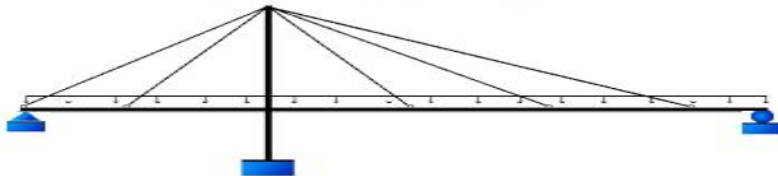
CS10: Apply pretension load to Cable 5



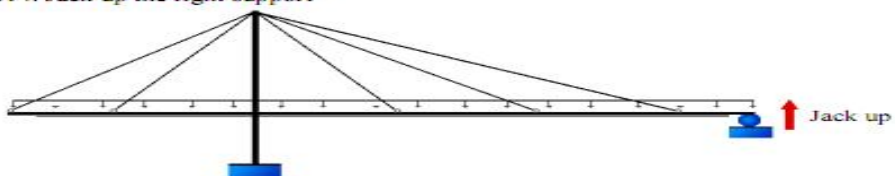
CS12: Construct additional Deck

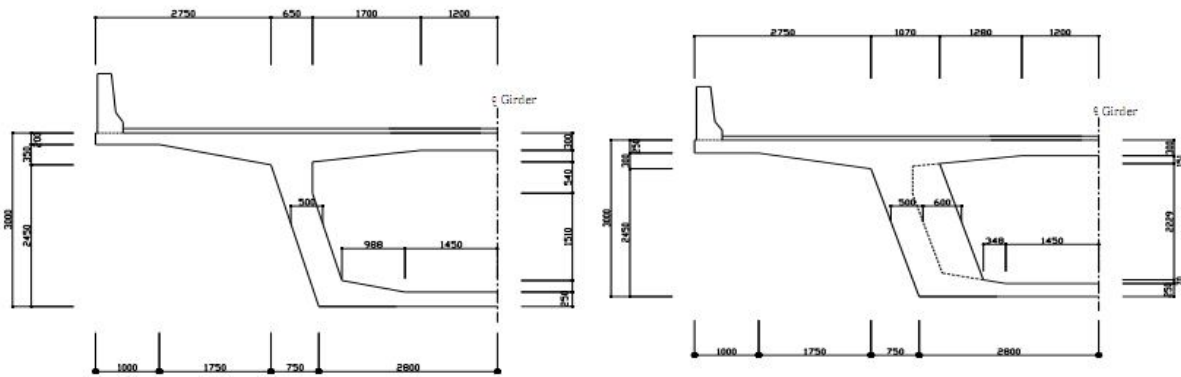
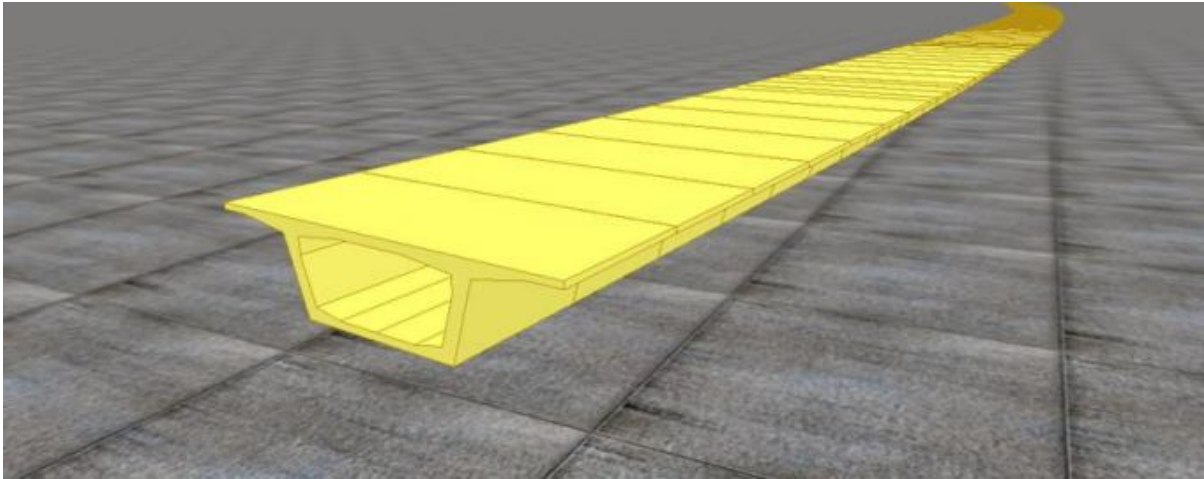


CS13: Construct a support at the right span and place 2nd dead loads

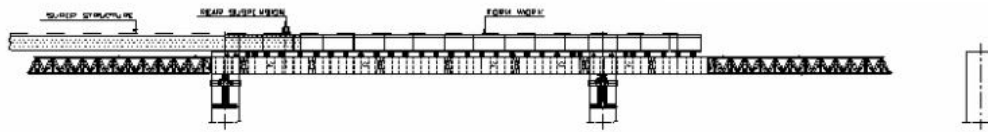


CS14: Jack up the right support

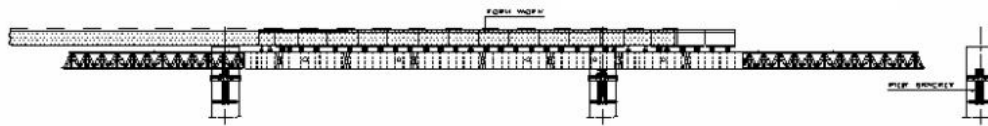




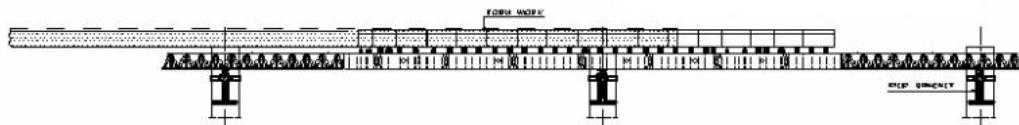
Stage 1: Preparation stage for dismantling formwork after casting concrete



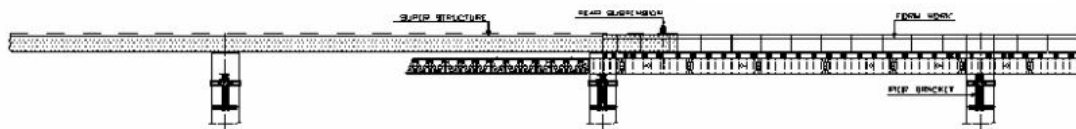
Stage 2: Dismantling stage for advancing formwork

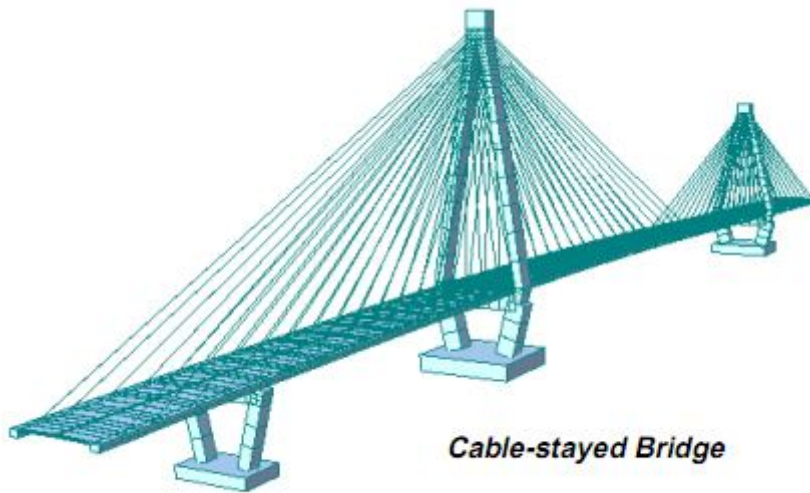
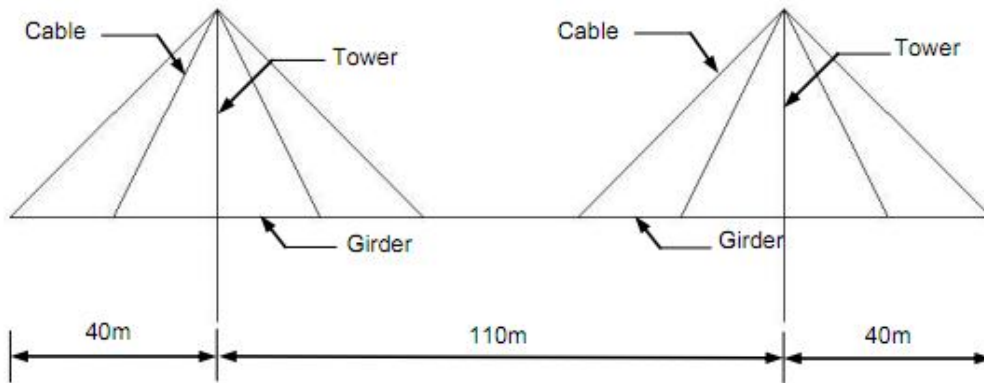


Stage 3: Advancing stage for assembling formwork in the next span

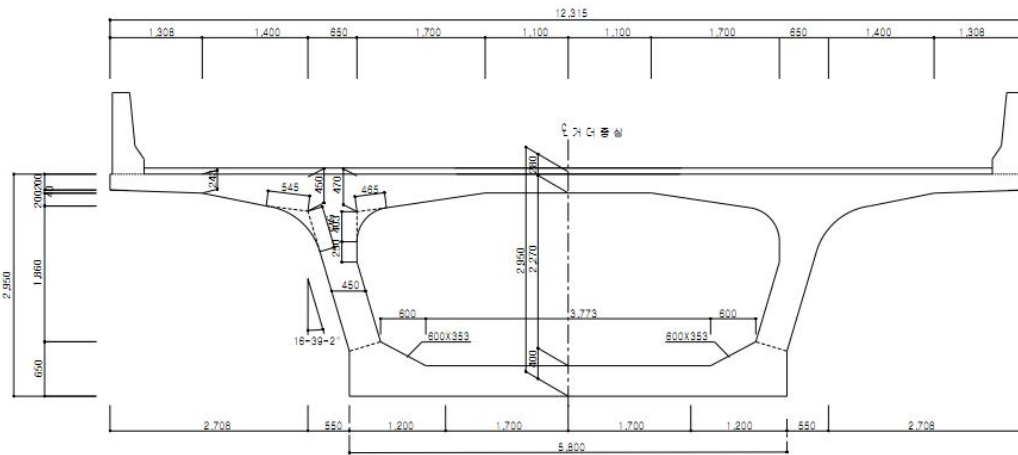


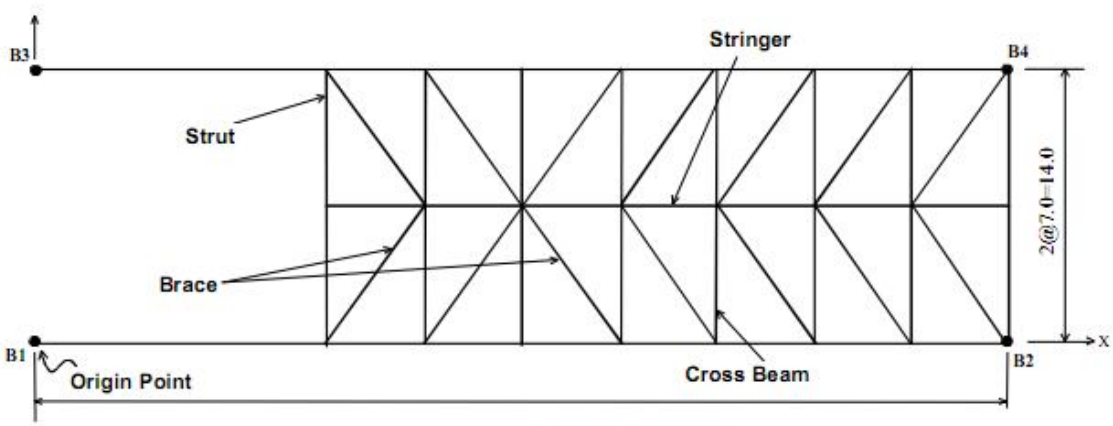
Stage 4: Assembling formwork for casting concrete in the next span



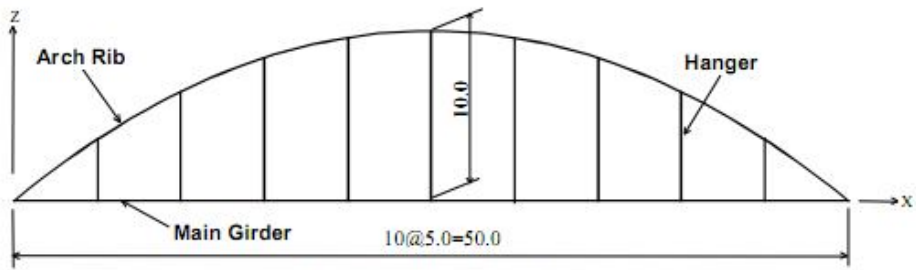


Cable-stayed Bridge

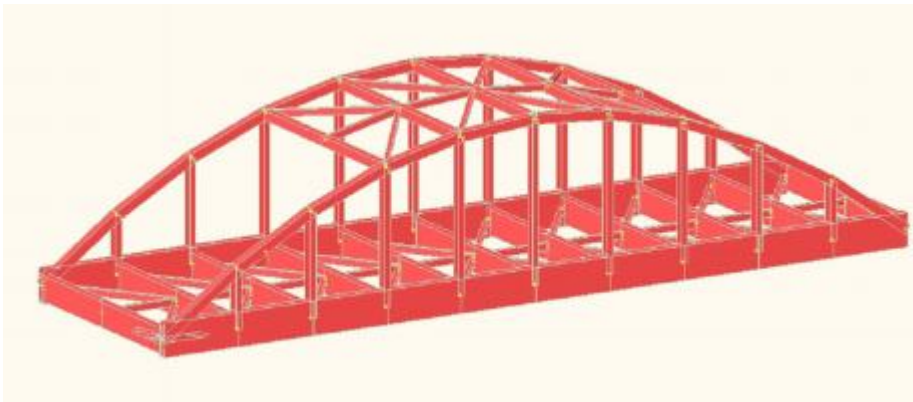


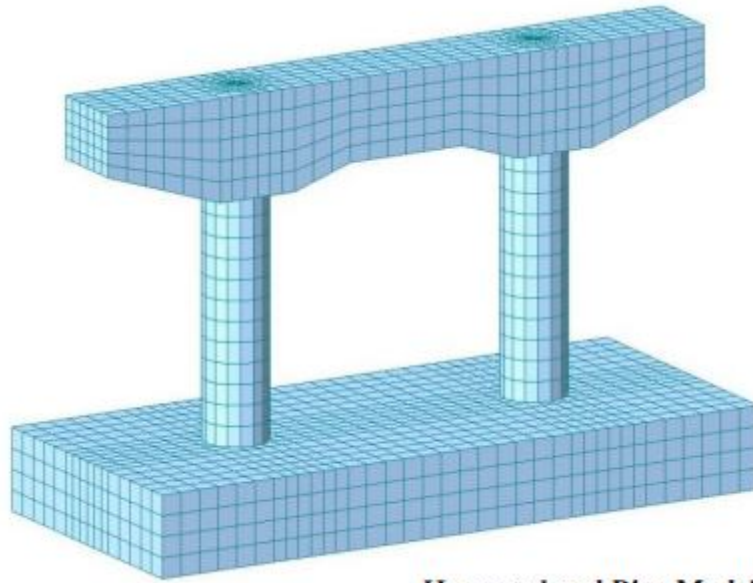


(a) Framing Plan



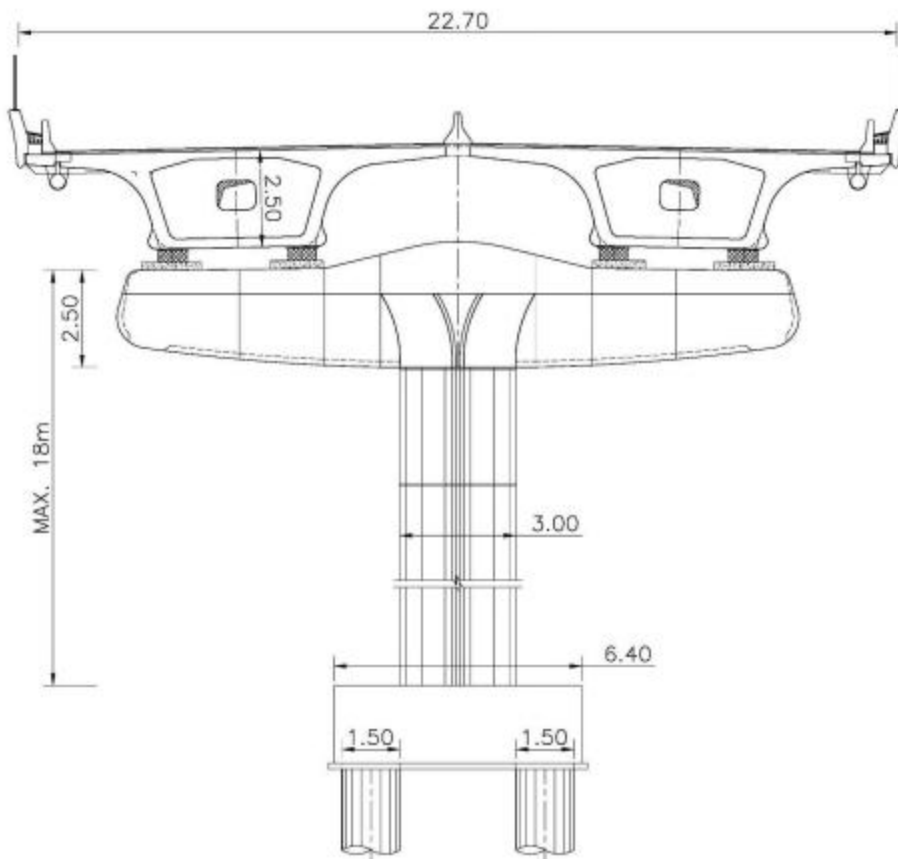
(b) Front View Elevation



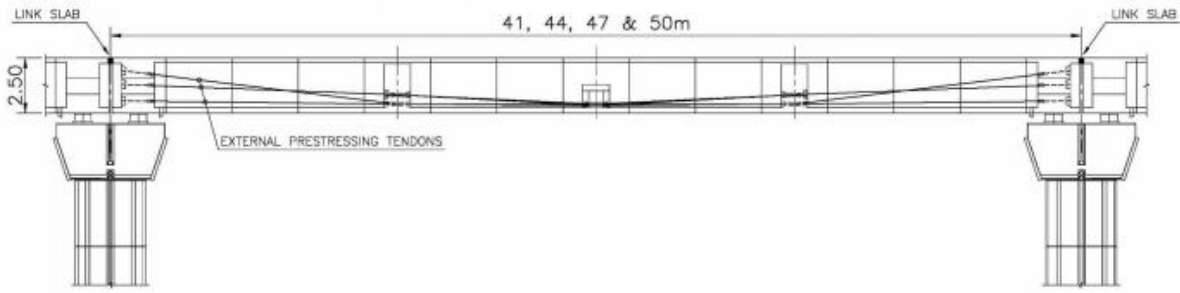


Hammerhead Pier Model

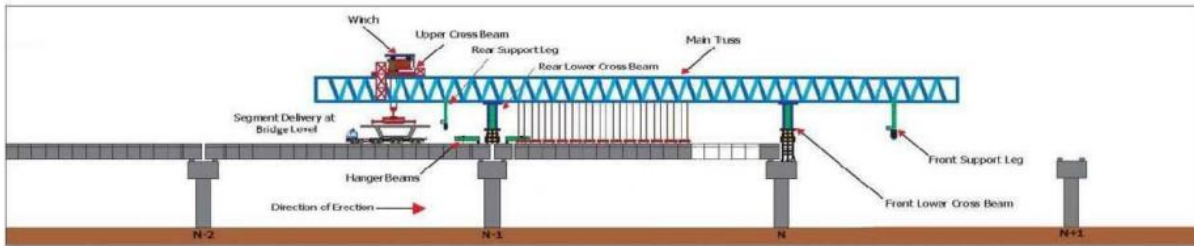
Cross-Section



Longitudinal-Section



Erection Method: Span-by-span



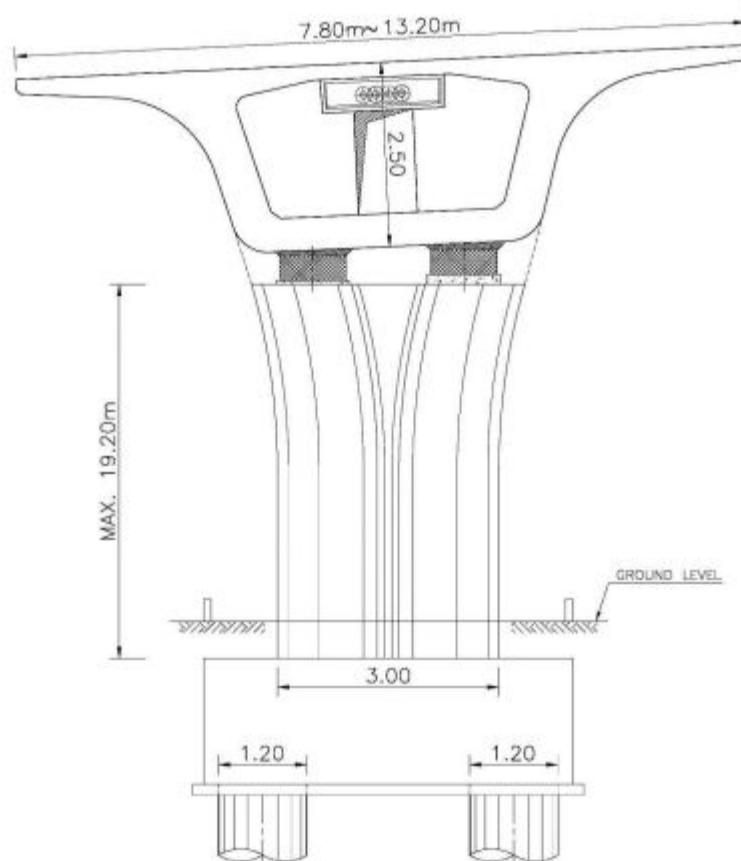




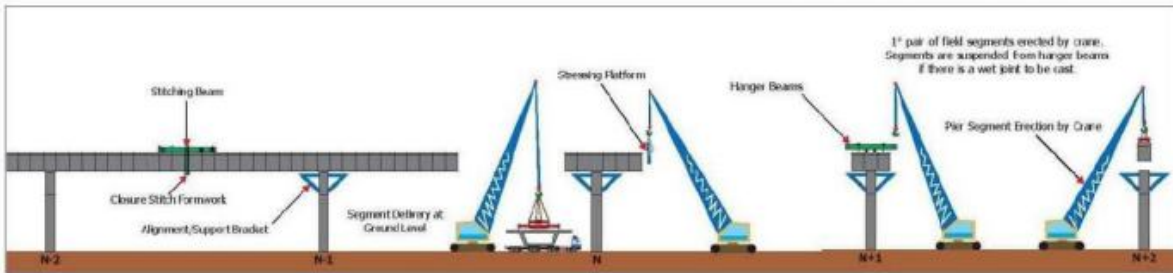


Ramp and Junction Superstructures

Cross Section

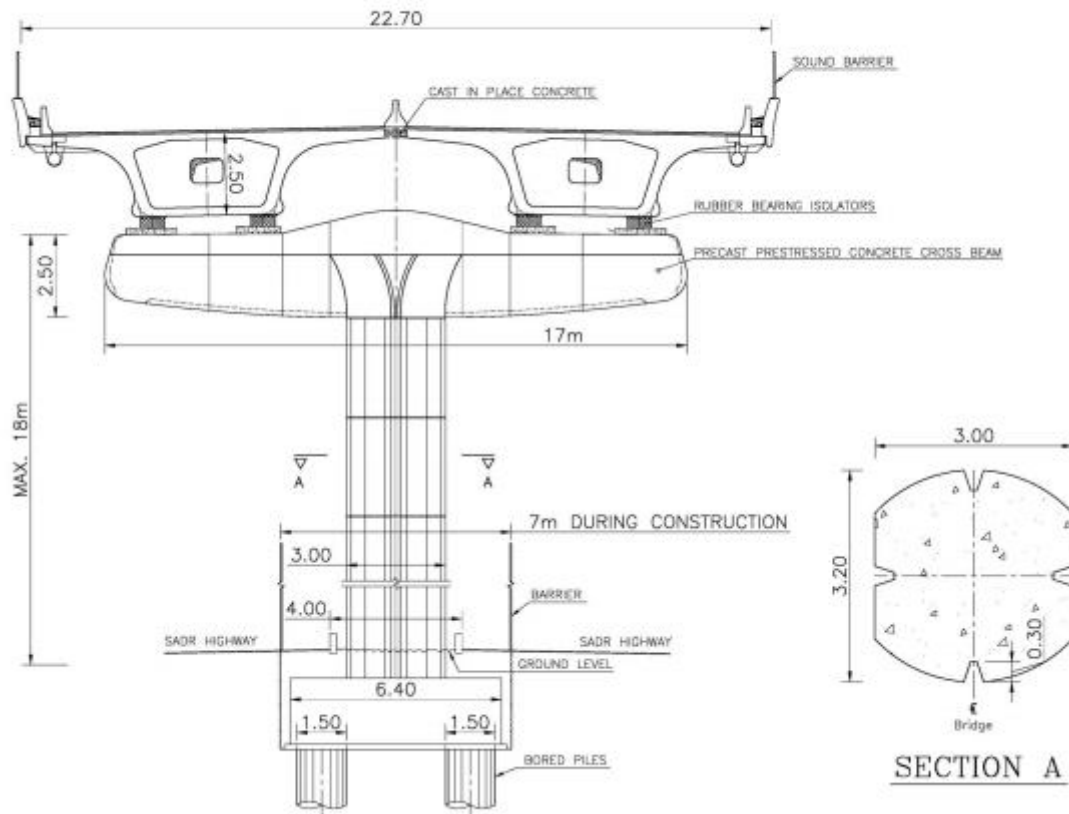


Erection Method: Balanced cantilever using cranes from ground

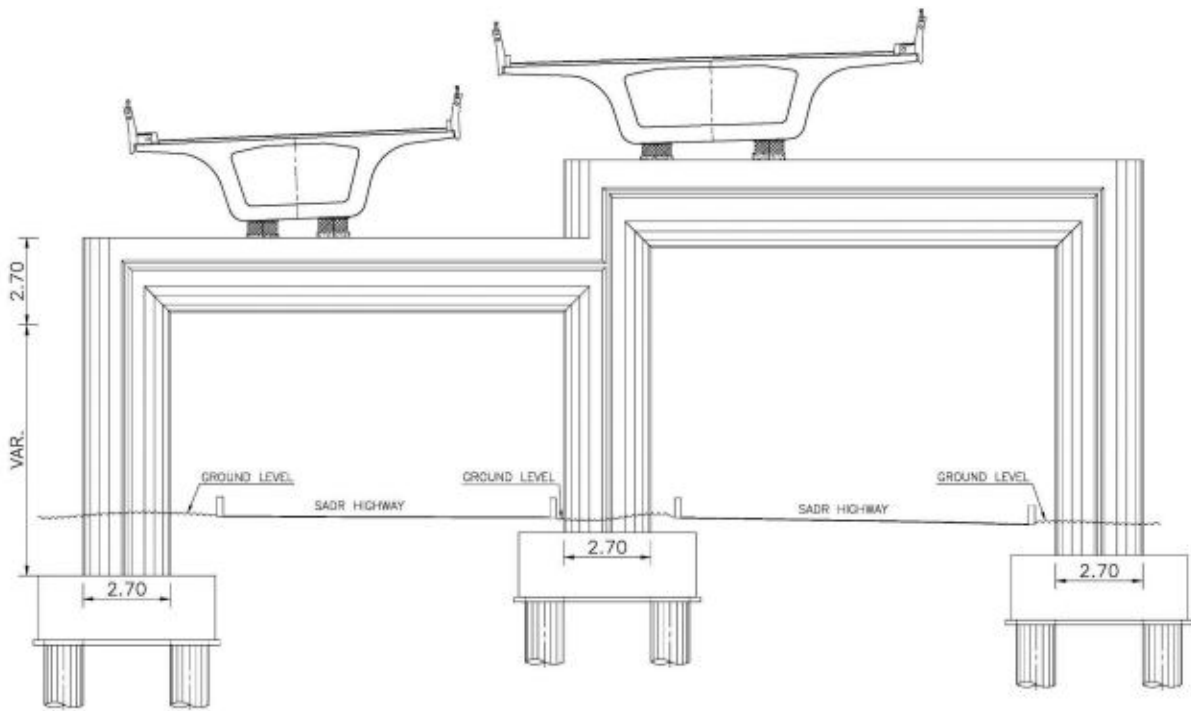




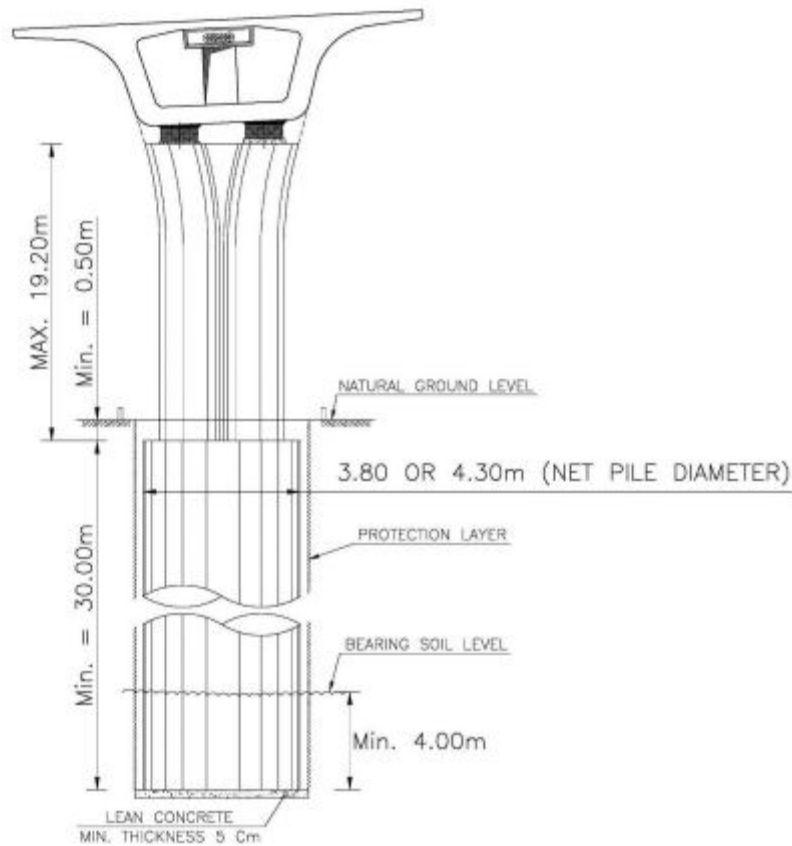
Multiple Pile Foundation



Portal Piers



Single Shaft Foundation



منابع

- ۱- بازرسی و ارزیابی روسازه پلهای فولادی، وزارت راه و ترابری، اداره کل راه و ترابری استان اصفهان
- ۲- دکتر رضا اکبری، بازرسی و ارزیابی روسازه پلهای بتنی، وزارت راه و ترابری، اداره کل راه و ترابری استان اصفهان
- ۳- دکتر شروین ملکی، پلهای یکپارچه، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف
- ۴- سهیل آل رسول، پلسازی به روش پیشرانی درآمدی بر طرح و اجرا مشاور رهاب
- ۵- دکتر عبدالرضا جغتایی راهنمای اصول مدیریت فنی نگهداری پلهای، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف
- ۶- دکتر عبدالرضا جغتایی، نگهداری پلهای براساس آشتو و سایر منابع، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف

بررسی راهکارهای بهسازی سازه ای پلهای با الیاف FRP

حسین میسمی، دکترای عمران، شرکت آب و فاضلاب روستایی اصفهان H-mesam@yahoo.com

چکیده:

سازه های بتن مسلح مدت هاست که در صنعت ساخت و ساز پلها و روگذرها مورد استفاده بوده است و عنصر محوری در مسلح سازی این سازه ها، فولاد می باشد. اگرچه فولاد مزایا و قابلیت های زیادی در مهندسی پل دارد و نقش بسیار قابل توجهی دارد، اما دارای اشکالاتی از جمله وزن سنگین و مقاومت کم در برابر شرایط نامساعد محیطی، دما، رطوبت و خوردگی می باشد. امروزه با پیشرفت تکنولوژی مواد جایگزینی به نام FRP ساخته شده است که ضمن دارا بودن مشخصات مقاومتی بسیار خوب و آسانی کاربرد در اجرای سازه های روگذر، در مقابل خوردگی و آسیب های محیطی در مجاورت اسکله ها و پلهای آبی و تونلهای عبور آب و مدفون نیز بسیار مقاوم می باشد.

در حال حاضر، استفاده از FRP در بسیاری از کشورهای جهان مرسوم گشته است و همچنان این فناوری در حال توسعه و پیشرفت می باشد. در کشور ما نیز، استفاده از این مصالح جایگزین خصوصا در سازه های آبی از جمله پل ها و روگذرها و نیز در ترمیم و بهسازی سازه پلها و پایه ها و حتی عرشه پل بسیار ضروری به نظر می رسد که در اینجا بررسی و تحقیق مفید و جامعی در باره استفاده از FRP به عنوان مکمل و حتی جایگزین فولاد در سازه های بتنی پلها صورت گرفته و مزایا و معایب آن نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: FRP، بهسازی، مقاوم سازی، پایه پل، راهکار بهسازی، تعمیرات پیشگیرانه

۱- مقدمه:

پل ها به واسطه آن که یکی از عناصر مهم در شریان های حیاتی هستند، باید به گونه ای طراحی شوند که در مدت زلزله و بعد از آن هم بتواند عملکرد خود را داشته باشد. بنابراین دست یابی به روش یا روش هایی جهت بهسازی لرزه ای پل هایی که در برابر زلزله به اندازه کافی مقاوم نیستند می تواند بسیار مهم باشد.

ستون های بتنی پل ها و سازه های روگذر و زیر گذر، در محل اتصال خود به فونداسیون در برابر زلزله بسیار آسیب پذیر هستند. با وجود بهسازی بدنه ستونهای پل همواره این قسمت از پلها، محلی برای تمرکز آسیب دیدگی می باشد. لذا باید ضمن دست یابی به روشی کاربردی جهت مقاوم سازی ستون ها، کاهش و یا رفع آسیب دیدگی در پای ستون های بتنی پلها در برابر زلزله مد نظر قرار گیرد. در این مقاله ضمن بررسی انواع روش های مقاوم سازی موجود در جهان به مقایسه چند نمونه از این روش ها پرداخته می شود. که علاوه بر تعیین مناسبترین روش بهسازی لرزه ای به تشریح نقش FRP و کارکردهای بسیار گسترده آن و همچنین عملکرد کفشک بتنی جهت بهبود رفتار لرزه ای ستون های بتنی پلها و زیرگذرها و روگذرها پرداخته می شود.

۲- علل خرابی پل ها:

علل اصلی خرابی بسیاری از پلها قبل از پایان عمرشان، عدم توجه به معیارهای طراحی، و اجرا و نگهداری از آنهاست. تعمیرات پیشگیرانه می تواند تا حد بسیار زیادی به ادامه باربری و خدمات رسانی پلها کمک نماید که FRP می تواند نقش بسیار مهمی در ترمیم نقاط مشکل دار پیدا شده در حین بازرسی داشته باشد.

۳- بکارگیری FRP در مقاوم سازی سازه ای پل:

سازه های بتن مسلح مدت هاست که در صنعت ساخت و ساز مورد استفاده بوده است و عنصر محوری در مسلح سازی این سازه ها، فولاد می باشد. اگرچه فولاد مزایا و قابلیت های مهندسی بسیار قابل توجهی دارد، اما دارای اشکالاتی از جمله وزن سنگین و مقاومت کم در برابر شرایط نامساعد محیطی، دما، رطوبت و خوردگی می باشد. امروزه با پیشرفت تکنولوژی مواد جایگزینی به نام FRP ساخته شده است که ضمن دارا بودن مشخصات مقاومتی بسیار خوب و آسانی کاربرد، در مقابل خوردگی و آسیب های محیطی نیز بسیار مقاوم می باشد.

در حال حاضر، استفاده از FRP در بسیاری از کشورهای جهان مرسوم گشته است و همچنان این فناوری در حال توسعه و پیشرفت می باشد. در کشور ما نیز، استفاده از این مصالح جایگزین خصوصاً در سازه های آبی و نیز در ترمیم و بهسازی سازه ها بسیار ضروری به نظر می رسد. استفاده از FRP به عنوان جایگزین فولاد در سازه های بتنی مزایا و معایب بس یار زیادی دارد که با ید ب یشر از آنچه تاکنون پرداخته شده است مورد توجه قرار گ یرد.

با توجه به قابلیت ها و ویژگی های محصولات FRP و نتایجی که طی چند سال آزمایشات و تلاش های بسیار محققین حاصل گشته است، می توان دریافت که این محصولات می توانند جایگزین بسیار مناسبی برای فولاد باشند. این مطلب از دو منظر قابل توجه و حائز اهمیت می باشد که یکی بکارگیری این محصولات در ساخت سازه ها و دیگری استفاده از آنها جهت بهسازی و مقاوم سازی و ترمیم سازه ها و ابنیه موجود می باشد.

از آنجا که یکی از ویژگی های مهم و مفید محصولات FRP مقاومت آنها در برابر خوردگی می باشد، استفاده از این محصولات در سازه های دریایی در نواحی آبی جنوب کشور که خوردگی یکی از معضلات عمده آنها می باشد، همچنین بکارگیری این محصولات در سازه ها در شهرهای بزرگ و صنعتی که آلودگی بالای آنها در هنگام بارندگی می تواند منجر به تولید باران اسیدی گردد، می تواند تا حد زیادی مشکلات موجود را برطرف نماید.

۴- خصوصیات FRP:

- وزن مخصوص (*specific gravity*): آرماتورها و تاندون های FRP دارای چگالی بین 1.5 تا 2 g/cm^3 می باشند که تقریباً ۴ برابر سبک تر از فولاد هستند. وزن کم آنها موجب کاهش هزینه های حمل و نقل و ذخیره سازی و کاهش زمان جابجایی و نصب، در محل در مقایسه با آرماتورهای فولادی می گردد.

این مزیتی است که باید در هر تحلیل برای انتخاب محصول بدان توجه شود.

- انبساط حرارتی: خود بتن مسلح خود یک ماده مرکب است که در آن آرماتورها نقش ابزار تقویتی را داشته و بتن به عنوان خمیر عمل می کند. بنابراین ضروری است که رفتار دو ماده تحت تنش های حرارتی مشابه باشد تا تغییر شکل های ناهمگون

بتن و آرماتورها به تاحداقل برسد. بسته به خواص مخلوط ضریب خطی انبساط حرارتی برای بتن از 6×10^{-6} تا 11×10^{-6} بر $^{\circ}\text{C}$ تغییر می کند. در جدول ۱ ضرایب انبساط حرارتی برای محصولات معمولی FRP فهرست شده است.

جدول ۱- مقایسه خواص مکانیکی (در راستای طولی)

	Steel reinforcing bar	Steel tendon	GFRP bar	GFRP tendon	CFRP tendon	AFRP tendon
tensile strength, MPa (ksi)	483-690 70-100	1379-1862 200-270	517-1207 75-175	1379-1724 200-250	165-2410 240-350	1200-2068 170-300
yield strength, MPa (ksi)	276-414 40-60	1034-1396 150-203	Not applicable			
tensile elastic modulus, GPa (ksi)	200 29,000	186-200 27,000-29,000	41-55 6000-8000	48-62 7000-9000	152-165 22,000-24,000	50-74 70,000-11,000
ultimate elongation, m/mm	> 0.10	>0/04	0.035-0.05	0.03-0.045	0.01-0.015	0.02-0.026
compressive strength, MPa (ksi)	276-414 40-60	N/A	310-482 45-70	N/A	N/A	N/A
coefficient of thermal expansion $(10^{-6}/^{\circ}\text{C})$ $(10^{-6}/^{\circ}\text{F})$	11.7 6.5	11.7 6.5	9.9 5.5	9.9 5.5	0.0 0.0	-1.0 -0.5
specific gravity	7.9	7.9	1.5-2.0	2.4	1.5-1.6	1.25

- مقاومت کششی: میله‌ها و تاندون‌های FRP بدون نمایش نقطه تسلیم، به مقاومت کششی نهایی خود

می‌رسند. مقایسه‌ای از خواص میله‌های FRP و فولادی و تاندون‌ها در جدول ۳-۱ نشان داده شده است. خواص مکانیکی FRP که در اینجا آورده شده در راستای طولی (یعنی راستای مقاوم آن) اندازه‌گیری شده است. مقادیر ارائه شده، برخی محصولات رایج موجود را پوشش می‌دهند. برخلاف فولاد، مقاومت کششی میله‌های FRP تابعی از قطر میله است. این بدین معنی است که به علت جهش در برش، الیاف واقع در مرکز مقطع میله تنش‌ی به اندازه الیاف واقع در نزدیکی سطح خارجی میله را تحمل نمی‌کنند. این پدیده منجر به کاهش مقاومت و بازده در میله‌های با قطر بیشتر می‌گردد.

برای مثال برای GFRP تولید شده در ایالات متحده، مقاومت کششی از حدود 480Mpa برای میله با قطر ۲۸/۷ mm تا 890MPa برای میله با قطر ۹/۵ mm متغیر می‌باشد.

برخی تاندون‌های FRP از طریق تابیدن ۷ میله) $S-2$ GFRP (Glass یا CFRP با قطر ۳ mm تا 4mm ساخته می‌شوند. مقاومت نهایی این تاندون‌ها قابل مقایسه با رشته‌های پیش‌تنیده فولادی می‌باشد. برای تاندون‌های GFRP مقاومت نهایی از 1380 MPa تا 1724MPa متغیر می‌باشد، در حالیکه برای تاندون‌های CFRP این مقدار بین 1862 MPa تا 2070MPa متغیر می‌باشد.

- ضریب ارتجاعی کششی: چنانکه در جدول ۱ ذکر شده است ضریب ارتجاعی طولی میله‌های GFRP تقریباً ۲۵ درصد فولاد است. این ضریب برای تاندون‌های CFRP که اغلب دارای الیاف محکم تری هستند از میله‌های GFRP بیشتر می‌باشد.

- مقاومت فشاری: میله‌های FRP در فشار، ضعیف‌تر از کشش هستند و این به دلیل مشکلات آزمایش دقیق کمپوزیت‌های یک‌جهته در فشار می‌باشد و نیز مربوط به روش‌های نگه‌داشتن و تنظیم قطعه و نیز اثرات پایداری الیاف می‌باشد. با وجود این، مقاومت فشاری کمپوزیت‌های FRP برای اغلب کارها، نگرانی اول به شمار نمی‌رود. مقاومت فشاری به صاف یا دندان‌دار (آجدار) بودن میله نیز بستگی دارد. مقاومت فشاری در محدوده 317 MPa تا 470 MPa برای میله‌های GFRP که دارای مقاومت کششی حدود 552

MPa تا 896 MPa بوده اند، گزارش شده است. مقاومت های فشاری بالاتر برای میله های با مقاومت کششی بالاتر مورد انتظار می باشد.

- ضریب ارتجاعی فشاری: برخلاف سختی کششی، سختی فشاری میله های FRP با اندازه، نوع، کنترل کیفیت ساخت و نسبت طول به قطر نمونه ها تغییر می کند. ضریب ارتجاعی فشاری میله های FRP کوچکتر از ضریب ارتجاعی کششی آنها می باشد. براساس آزمایشات نمونه های شامل ۵۵ تا ۶۰ درصد حجمی الیاف پیوسته

E-Glass با خمیر وینیل استر شامل رزین ایزوفتالیک، ضریبی به اندازه 34 GPa تا 48GPa بدست آمده است.

- مقاومت برشی: به طور کلی مقاومت برشی کمپوزیت ها بسیار کم است. برای مثال میله های FRP براحتی در راستای عمود بر راستای طولی با اره های معمولی بریده می شوند. این نقص در اغلب موارد می تواند از طریق جهت گیری میله های FRP به گونه ای که بارهای اعمالی به صورت کششی محوری ظاهر شوند، برطرف گردد. آزمایشات برش با استفاده از یک روش آزمایش Isoipescu با مقیاس کامل صورت گرفته است (Porter et al. 1993). این روش آزمایش برش با موفقیت برای بدست آوردن خواص برشی میله های FRP بر روی بیش از ۲۰۰ نمونه انجام شده است.

- خزش و شکست خزشی: الیافی مانند کربن و شیشه مقاومت بسیار خوبی نسبت به خزش دارند در حالیکه این مطلب برای رزین ها صدق نمی کند. بنابراین جهت گیری و حجم الیاف تاثیر قابل ملاحظه ای بر عملکرد خزشی میله ها و تاندون های مسلح سازی خواهند داشت. گزارشات یک مطالعه بر روی میله های GFRP با کیفیت بالا نشان می دهد که کرنش اضافی ایجاد شده توسط خزش، در حدود ۳ درصد کرنش الاستیک اولیه می باشد.

در بارگذاری تحت شرایط نامطلوب محیطی، میله ها و تاندون های FRP که در معرض بار ثابت قرار دارند، ممکن است پس از مدت زمانی که «زمان تحمل» نامیده می شود ناگهان گسیخته شوند. این پدیده که شکست خزشی نام دارد، برای کلیه مصالح ساختمانی از جمله فولاد نیز صادق می باشد. اما برای میله های پیش تنیده فولادی این پدیده چندان مهم نمی باشد. فولاد می تواند بارهای کششی معمول را که در حدود ۷۵ درصد مقاومت نهایی هستند تحمل نماید که البته نمی توان از عدم گسیختگی و کاهش مقاومت آن مطمئن بود. هنگامیکه نسبت تنش کششی تحملی به مقاومت کوتاه مدت FRP افزایش یابد زمان تحمل کاهش می یابد. آزمایشاتی در ارتباط با خزش در آلمان بر روی کمپوزیت های GFRP با سطح مقطع های مختلف انجام گرفت. این مطالعات نشان می دهد که اگر تنش تحملی، محدود به ۶۰ درصد مقاومت کوتاه مدت باشد، شکست خزشی روی نمی دهد.

محدودیت فوق برای تنش ممکن است برای اکثر سازه های بتن مسلح اهمیت کمی داشته باشد چرا که تنش تحملی در آرماتورها، اغلب زیر ۶۰ درصد می باشد. با این وجود در کاربردهای کمپوزیت های FRP به عنوان تاندون های پیش تنیده، این امر مستلزم توجه ویژه ای است. باید توجه داشت که فاکتورهای دیگری مانند رطوبت نیز تاثیر نامطلوبی بر رفتار خزشی داشته و ممکن است منجر به زمان تحمل کمتر شوند.

بار تحملی کوتاه مدت (۴۸ ساعت) و بلند مدت (۱سال) متناظر با ۵۰ درصد مقاومت نهایی به تاندون های GFRP و CFRP در دمای اتاق اعمال گردید. نمونه ها، خزش بسیار کمی از خود نشان دادند و مدول کششی و مقاومت نهایی پس از آزمایش تغییر قابل ملاحظه نکردند (Anigol 1991 و Khubchandani).

- خستگی: میله های FRP مقاومت خستگی خوبی را نشان می دهند. اغلب تحقیقات در این زمینه بر روی الیاف با مدول بالا بوده است، (مثلاً آرامید و کربن) که در معرفی سیکل های بزرگ بارگذاری کششی - کششی در کاربردهای هوافضا، قرار گرفتند. در آزمایشاتی که بارگذاری در ۱۰ میلیون سیکل، تکرار گردید، این نتیجه بدست آمد که کمپوزیت های کربن - اپوکسی دارای مقاومت خستگی بهتری نسبت به فولاد هستند. در حالیکه مقاومت خستگی کمپوزیت های الیاف شیشه در نسبت های تنش پایین، کمتر از فولاد می باشد (Schwarz 1992). در تحقیق دیگری (Porter et al. 1993) نشان داده شد که میله های GFRP دارای مقاومت خستگی خوبی در برش در ۱۰ میلیون سیکل تکرار می باشند. همچنین در یک بررسی دیگر، میله های GFRP که برای کارهای پیش تنیدگی ساخته شده بودند در معرض بارهای تکرار شونده دوره ای با تنش حداکثر 496MPa و محدوده تنش 345MPa قرار گرفتند. این میله ها توانستند ۴ میلیون سیکل بارگذاری را پیش از گسیختگی در ناحیه ننگه داشته شده تحمل کنند. تاندون های CFRP مقاومت خستگی خوبی را از خود نشان دادند، و در مورد آزمایش خستگی کششی برای ۲ میلیون سیکل تکرار نیز نتایج همین گونه بود. تنش متوسط در حدود ۶۰ درصد مقاومت نهایی، با مقدار حداقل و حداکثر سطوح تنش برابر ۵۵ و ۶۴ درصد مقاومت نهایی بود. ضریب ارتجاعی تاندون ها پس از آزمایش خستگی تغییر نکرده بود.

- فاکتورهای موثر بر خواص مکانیکی: خواص مکانیکی کمپوزیت ها به عوامل بسیاری چون تاریخچه و مدت زمان بارگذاری، دما و رطوبت بستگی دارد. این عوامل به یکدیگر وابسته بوده و بنابراین تعیین تاثیر هر یک با ثابت نگه داشتن بقیه عوامل دشوار می باشد.

۱- رطوبت: جذب بیش از حد آب در کمپوزیت ها می تواند موجب افت قابل ملاحظه مقاومت و سختی شود. جذب آب تغییراتی در خواص رزین ها ایجاد کرده و می تواند موجب تورم و تاب برداشتن کمپوزیت ها شود. بنابراین ضروری است که خواص مکانیکی مورد نیاز کمپوزیت ها تحت شرایط محیطی یکسان تعیین گردد. با این حال رزین هایی هستند که ترکیبات آنها طوری است که ضد رطوبت بوده و ممکن است در سازه ای که انتظار می رود در تمام زمان ها مرطوب باشد، استفاده شوند. در مناطق سردسیر، اثر سیکل های یخ زدن و ذوب شدن نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

۲- آتش و دما: بسیاری از کمپوزیت ها دارای خواص خوب و گاهی عالی در دماهای بالا هستند. اغلب کمپوزیت ها براحتی آتش نمی گیرند. اثر دمای بالا بر روی رزین ها بیشتر از الیاف است. رزین ها دارای مقادیر زیادی کربن و هیدروژن هستند که قابل اشتعال اند و تحقیقات بر روی توسعه رزین های مقاوم به آتش در حال انجام می باشد. آزمایشاتی که در آلمان صورت گرفته نشان داده است که میله های FRP از نوع E-Glass می توانند ۸۵ درصد مقاومت خود در دمای اتاق را پس از نیم ساعت قرار گرفتن در معرض دمای ۳۰۰ درجه سانتی گراد و تحت تنش ۵۰ درصد حداکثر مقاومت کششی خود، تحمل نمایند. در عین حال که این رفتار، از عملکرد فولاد از پیش تنیده بهتر می باشد اما در دماهای بالاتر، کاهش مقاومت افزایش یافته و مقاومتی در حد فولاد حاصل می شود.

مسئله آتش برای اعضای بتنی مسلح با کمپوزیت های FRP با مسئله قرارگیری مستقیم مصالح در معرض آتش متفاوت می باشد. در این حالت بتن به عنوان حائلی برای حفاظت FRP از تماس مستقیم با شعله ها عمل می کند. اما چنانکه دما در داخل عضو افزایش یابد، خواص مکانیکی FRP ممکن است به میزان قابل ملاحظه ای تغییر نماید. بنابراین توصیه می شود که استفاده کنندگان، اطلاعاتی راجع به عملکرد نوع خاص FRP و رزین آن در دماهای بالاتر، درجایی که احتمال آتش سوزی بالاست، در اختیار داشته باشد.

۳- اشعه ماوراء بنفش: کمپوزیت ها ممکن است از اشعه های ماوراء بنفش موجود در نور خورشید صدمه ببینند. این اشعه ها موجب واکنش های شیمیایی در یک خمیر پلیمری می شوند که می تواند منجر به تنزل خواص ماده گردد. اگرچه این مشکل می تواند از طریق

اضافه کردن مواد افزودنی مناسب به رزین حل شود، اما این نوع آسیب، هنگامیکه اعضای FRP در مسلح سازی داخلی سازه های بتنی بکار می روند و در معرض اشعه مستقیم خورشید نیستند، چندان مهم نمی باشد.

۴- خوردگی: آرماتورهای فولادی دچار خوردگی می شوند و افزایش حجم مواد آنها موجب ترک خوردگی و پوسته شدن بتن می شود که این امر موجب تسریع خرابی آن می گردد. یکی از مزایای مهم کمپوزیت ها این است که دچار خوردگی نمی شوند. اما باید توجه داشت که کمپوزیت ها در اثر قرارگیری در معرض محیط های خورنده ممکن است صدمه ببینند. در عین حال که میله های GFRP مقاومت بالایی در برابر اسیدها دارند، اما ممکن است در یک محیط قلیایی دچار آسیب شوند. در مطالعه ای که اخیراً بر روی کاربردهای بتن پیش تنیده صورت گرفته است، یک نوع خاص از رشته های FRP شیشه و اپوکسی موجود در داخل بتن، در معرض یک شبیه سازی آب شور جزر و مدی قرار گرفتند که منجر به جذب آب و کاهش مقاومت گردید. اگر چه این نتایج را نمی توان عمومیت داد، اما اهمیت انتخاب سیستم صحیح رزین - الیاف برای یک کاربرد خاص از روی این نتایج مشخص می شود. تاندون های FRP که از الیاف کربن ساخته شده اند به اغلب مواد شیمیایی مقاوم هستند.

۵- سالخوردهگی زودرس: نیاز به حصول داده های هوازدگی بلند مدت در یک مدت محدود موجب پیدایش روشهای تحلیلی چون سالخوردهگی زودرس به منظور پیش بینی دوام سازه های کمپوزیتی در معرض محیط های خشن با گذشت زمان، گردیده است. تحقیق انجام شده در Pilkington Bros (Porte et al.1982) نشان می دهد که پیش بینی های سالخوردهگی بلند مدت که در مدت زمانی کوتاه و در دماهای بالاتر صورت گرفته است، همبستگی خوبی را با سالخوردهگی ناشی از هوازدگی در طبیعت نشان می دهد. براساس این یافته ها، محققین دو رابطه برای سالخوردهگی زودرس کمپوزیت های FRP ارائه نموده اند. رابطه اول یک فاکتور تسریع براساس میانگین سالانه دمای یک اقلیم خاص را بدست می دهد. رابطه دوم رابطه ای بین دمای حمام آب و تعداد روزهای اضافه شده برای سالخوردهگی زودرس به ازای یک روز در حمام آب را نشان می دهد (Porter et al. 1992, Lorenz 1993). با استفاده از این دو رابطه، میخ پرچ های (dowel) مرکب از الیاف E-Glass قرار گرفته در رزین وینیل استر، در دمای بالای 60 C برای مدت 4 هفته، دچار سالخوردهگی شدند. نمونه ها در حمام محلول آب آهک و نمک به منظور ایجاد سالخوردهگی آزمایش شدند. یک دوره سالخوردهگی زودرس به مدت 633 روز در دمای بالای 60 درجه سانتی گراد در این محلول ها، بدون خرابی قابل ملاحظه برای یک حمام آهک بکار گرفته شد. این سالخوردهگی زودرس معادل تقریباً 50 سال بود.

۵- انتخاب الیاف در مقاوم سازی پل:

انتخاب نوع الیاف سیستم FRP براساس نیازمندی سازه میباشد:

-کیفیت سطح مورد پوشش

-درجه ایجاد مقاومت

-افزایش شکل پذیری

۶- تقویت سازه در مقابل زلزله با استفاده از صفحات FRP:

FRP تار الیافی است که در حدود ۹۰٪ پود نوار میباشد و برای تقویت دورپیچی سازه ها در مقابل زلزله تولید گردیده است. در چند مورد توسط تست های مختلف در پروژه های اجرای شده توسط تست های push pull مشخص شده است که شکل پذیری سازه پل از جمله عرشه و پایه افزایش پیدا کرده است.



تقویت المانهای باربر با استفاده از صفحات FRP :

صفحات FRP بمنظور بهبود مقاومت فشاری ستونها مورد استفاده قرار میگیرد. لمینیت های CFK قابلیت تحمل لنگر خمشی ناشی از بارهای وارده به ستونها را دارا می باشند. در صورت استفاده از سیستم FRP مشکلی از نظر نفوذ پذیری بخار آب بوجود نمی آورد.



تقویت مقاومت خمشی با استفاده از سیستم FRP

تقویت مقاومت کششی و خمشی بوسیله استفاده از لمینیت های پیش ساخته CFK انجام میگردد.



۷- تقویت مقاومت برشی خارجی با استفاده از FRP :

تقویت مقاومت برشی خارجی بوسیله استفاده از لمینیت های پیش ساخته CFK انجام میگردد. بوسیله برنامه تولید شده بصورت اتوماتیک مقاومت های برشی خارجی و مهاری محاسبه گردیده است.

۸- صفحات FRP در مقاوم سازی پلها :

با توجه به قابلیت ها و ویژگی های محصولات FRP و نتایجی که طی چند سال آزمایشات و تلاش های بسیار محققین حاصل گشته است، می توان دریافت که این محصول می تواند مکمل و حتی جایگزین بسیار مناسبی برای فولاد باشند. این مطلب از دو منظر قابل توجه و حائز اهمیت می باشد که یکی بکارگیری این محصولات در ساخت سازه ها و دیگری استفاده از آنها جهت بهسازی و مقاوم سازی و ترمیم سازه ها و ابنیه موجود می باشد.

رویکرد اخیر بحثی جدید و مطرح در مجامع علمی در دنیا بوده و ضرورت و اهمیت آن در بسیاری زمینه ها به وضوح احساس می گردد و پروژه های تحقیقاتی بسیاری نیز در این زمینه در حال انجام می باشد. در کشور ما نیز بحث مقاوم سازی و بهسازی اخیراً مورد توجه اساتید و پژوهشگران قرار گرفته و فعالیتها و اقداماتی در این زمینه آغاز گشته است. از جمله موضوعات مهم در این زمینه می توان به مقاوم سازی لرزه ای خطوط گاز و نفت، بهسازی سازه های آبی، مقاوم سازی سازه ها و ابنیه روستایی، بهسازی آثار تاریخی و غیره اشاره نمود.

نکته قابل توجه دیگر آن است که از آنجا که یکی از ویژگی های مهم و مفید محصولات FRP مقاومت آنها در برابر خوردگی می باشد، استفاده از این محصولات در سازه های دریایی در نواحی آبی جنوب کشور که خوردگی یکی از معضلات عمده آنها می باشد، همچنین بکارگیری این محصولات در سازه ها در شهرهای بزرگ و صنعتی که آلودگی بالای آنها در هنگام بارندگی می تواند منجر به تولید باران اسیدی گردد، می تواند تا حد زیادی مشکلات موجود را برطرف نماید. امید است با فعالیت هر چه بیشتر پژوهشگران و توجه و عنایت کارشناسان و مسئولین به این موضوع جدید و خطیر، شاهد پیشرفت هر چه بیشتر کشور عزیزمان در این زمینه باشیم.

۹- اثر کفشکهای بتنی غیر مسلح در پای ستونهای پل :

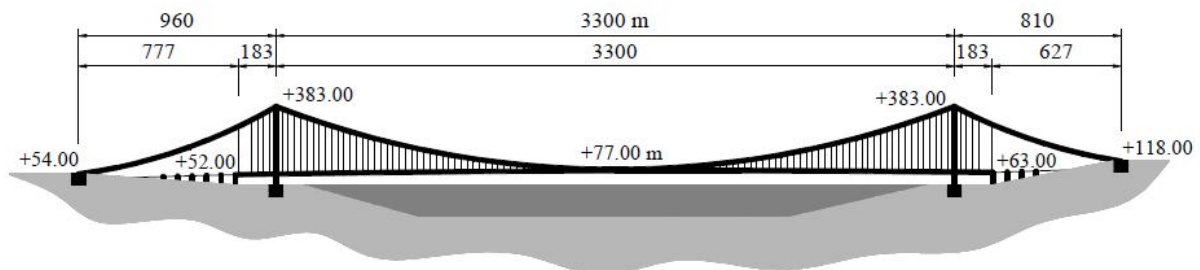
در طی انجام این سری از آزمایشات به اثر بسیار مناسب کفشک بتنی مسلح و غیر مسلح بر روی رفتار لرزه ای ستون ها پی برده شده است و یکی از معضلات بسیار اساسی که غالباً برای ستون های بتنی پلهای متکی به پی پل ها، به واسطه وجود نیروی برشی کم، به همراه خمش سیکلی و نیروی محوری رخ میدهد را، این کفشکها می تواند برطرف نماید. این کفشکها مانند یک فیوز علاوه بر ایجاد محدودیت چرخش مفاصل با خورد شدن خود به جذب انرژی زلزله و س یلاب یا هر بار دینام یکی دیگر می پردازند. لذا چنانچه مقاوم سازی در داخل کفشک بتنی ادامه داشته باشد و یا، پس از مقاوم سازی ستون، با استفاده از کفشک بتنی محل اتصال ستون به پی پلها تقویت گردد، می توان انهدام پای ستون را محدود کرد. با این کار ضمن کاهش چرخش مفاصل میتوان از تغییر مکانهای جانبی بزرگ عرشه پل ممانعت بعمل آورد و حتی در مواردی آسیب دیدگی پای ستون را به کلی از بین برد. لازم به توضیح می باشد که کفشک بتنی به عنوان مقاوم سازی پی به کار نرفته است و گاهی غیر مسلح میباشد و صرفاً به عنوان فیوزی جهت کنترل آسیب دیدگی پای ستونها کاربرد دارد.

- 1- پایه پلهای مقاوم سازی شده با زره پوش فولادی، دارای سطح زیر منحنی باربری بیشتری نسبت به سایر حالات می باشد، این افزایش به منزله رشد قابلیت جذب انرژی می باشد، در نتیجه، شکل پذیری پایه های پل افزایش پیدا می کند.
- 2- استفاده از FRP با وجود آنکه در کاهش میزان جابجایی و شتاب فوقانی پایه های پلها موثر است، اما به اندازه حالت استفاده از زره پوش فولادی نمی تواند در اتلاف انرژی موثر باشد.
- 3- استفاده از پدستال در مواردی که سازه در شرایط اولیه به کلی آسیب دیده باشد و پای ستون به مفصل تبدیل شده باشد بسیار موثر است.
- 4- در طراحی پلها عوامل هیدرولیکی بسیار زیاد و پیچیده ای در رابطه با اندرکنش سازه پل و رودخانه نظیر ظرفیت آبگذری، آبشستگی و فرسایش پایداری بازه رودخانه و نیروهای موثر جریان بر پایه ها و تکیه گاهها وجود دارند.
- 5- طراحی پلها با در نظر گرفتن اصول هیدرولیکی که یکی از عوامل تعیین کننده می باشد، در بسیاری از موارد طراحی سازه ای پل را تحت الشعاع قرار داده و باعث تغییر سیستم باربری سازه پل می گردد.
- 6- در طراحی و ساخت پلها انتخاب جانمایی طول، ارتفاع، شکل تکیه گاهها و پایه ها و عمق شالوده بر اساس مطالعات هیدرولیک جریان و ریخت شناسی در بازه مورد نظر انجام می گردد.

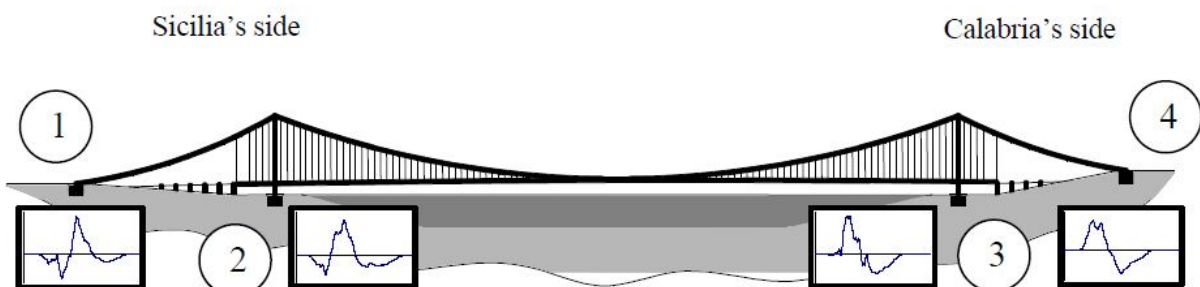
۱۱-مراجع:

- ۱- ۱۳۸۶، جلال، م.، نقش FRP در مقاوم سازی ابنیه آبی نظیر پلها، پایان نامه کارشناسی،، دانشگاه صنعتی شهید عباسپور
 - ۲- ۱۳۸۵، وتر، م ق.، گرمه ای، و.، بهسازی لرزه ای ستونهای بتنی پلهای بزرگراه هابراساس مطالعات میزلرزان، بخش دوم -نتایج آزمایشها ، مدلسازی عددی ، مقایسه و نتیجه گیری ،، کنفرانس بین المللی مقاوم سازی لرزه ای
 - ۳- ۱۳۸۲، وتر، م ق ، شیخی، ع.، بررسی رفتار لرزه ای ستونهای مقاوم سازی شده بتنی، پایان نامه کارشناسی ارشد
 - ۴- ۱۳۸۳، رهایی، ع.، ارزیابی عملکرد و روشهای مقاوم سازی سازه های بتنی، انتشارات فدک ایساتیس
- 5- *Liquefaction Mitigation in Silty Soils Using Composite Stone Columns and Dynamic Compaction, by Thevachandran Shenthan, Rafeek G. Nashed, Sabanayagam Thevanayagam and Geoffrey R. Martin*
 - 6- *Subsurface Exploration Using the Standard Penetration Test and the Cone Penetrometer Test, J. DAVID ROGERS Department of Geological Sciences & Engineering, 125 McNutt Hall, University of Missouri-Rolla, Rolla, MO 65409-0230*
 - 7- *Vibro Replacement Soil Improvement Works for two LNG-Tanks at the Hazira Terminal, India, keller company*
 - 8- *United Nations, 1997, Sustainable development of Water Resources in Asia and the Pacific: An overview.*
 - 9- *Yevjevich, V., 1995, Effect of area time horizons in comprehensive and integrated water resources management, Water Science and Technology, Vol. 31(8), pp 19-25.*

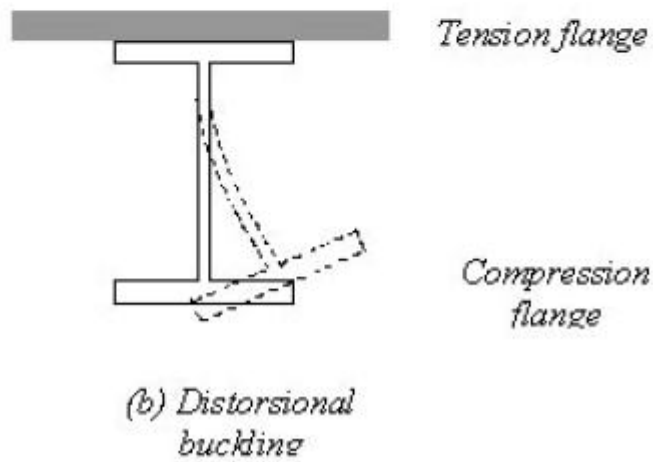
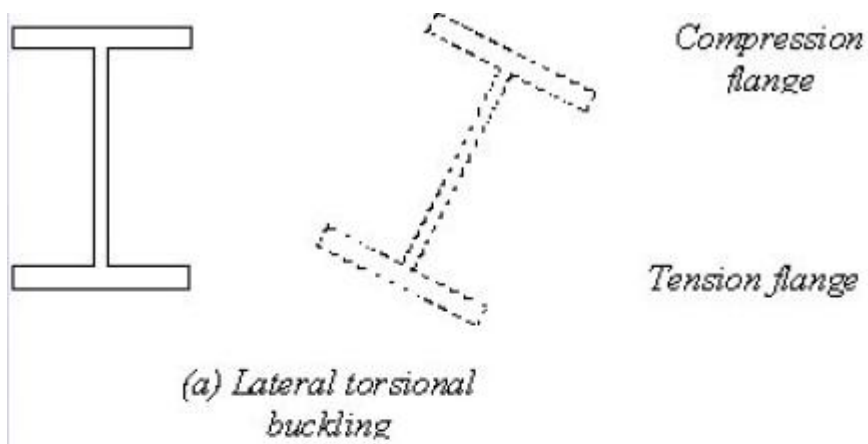
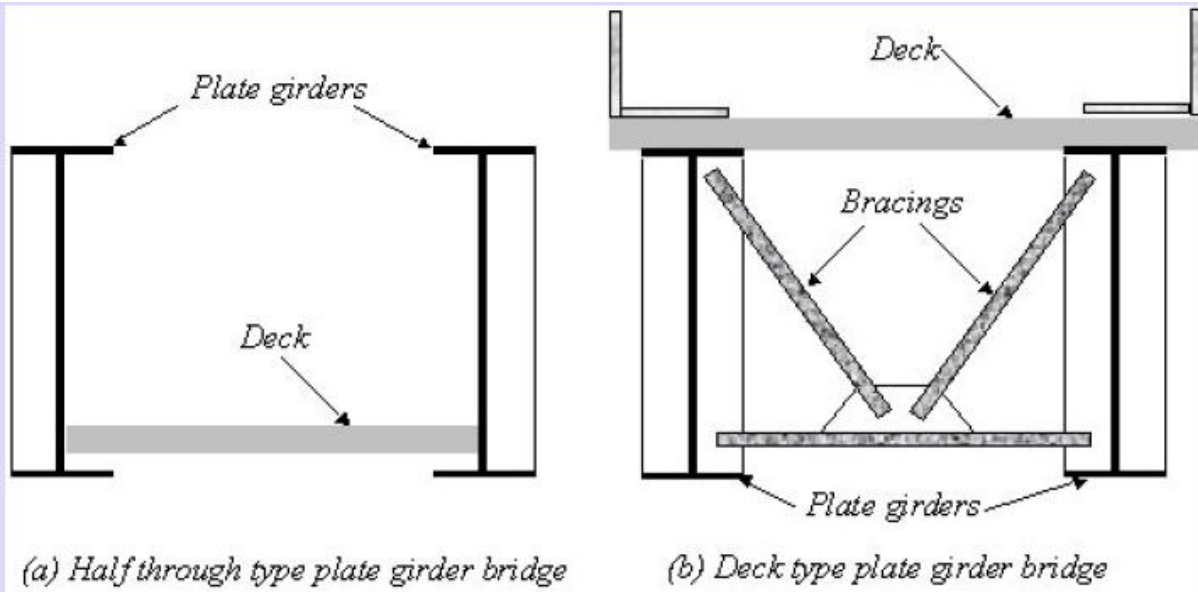
- 10- Herbertson, P.W. and E.L. Tate, 2001, *Tools for water use and demand management in South Africa*, World Meteorological Organization, *Technical Reports in Hydrology and Water Resources*, No. 73.
- 11- Sadegh Vaziri, M., Fouth, D.A, *Dynamic behaviour of RC highway bridges under the combinef effect of vertical and horizontal earthquake motions* ,J. *Earthquake Eng. and Struc.Dyn* Vol 29 , 535-549 ,(1991)
- 12- George G.Penelis & Andreas J.Kappos.,*St Edmunds bury Press Limited.(1997)*
- 13- *Calterans Seismic Design Criteria Version 1.2 , December(2001)*
- 14- Adnan C.Masri and Subhash C.Goel.*Seismic Design and Testing of RC Slab-Column Frame Strengthened by Steel Bracing.Earthquake Spectra.Vol 12.No4. November (1996)*
- 15- Rayad S.Aboutaha , Michael D.Engelhardt , James O.Jirsa and Michael E.Kreger.*Retrofit of Concrete Columns with Inadequate Lap Splices by the Use of Rectangular Steel Jackets, Earthquake Spectra. Vol 12.No4. November (1996)*
- 16- Harries,K & Ricles ,R & Pessiki,S & Sause.R & Walkup,*Seismic Retrofit of Non –Ductile Reinforced Concrete Building Columns Using FRPC Jackets,6NCEE,Seattle (1998)*
- 17- George G.Penelis & Andreas J.Kappos.,*St Edmundsbury Press Limited(1997)*
- 18- Priestley M & Calvi.G.M , *Seismic Design and Retrofit of Bridges, John Wiley & Sons.Inc. (1996)*
- 19- Kawashima Kazuhiko , *Engineering Characterization of Ground Motion , Tokyo Institute of Technology ,(2005)*

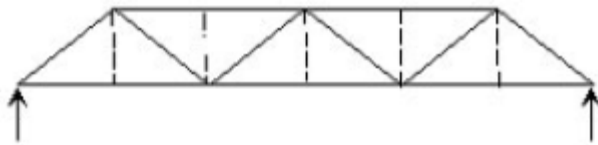


Longitudinal view of the long span suspension bridge.

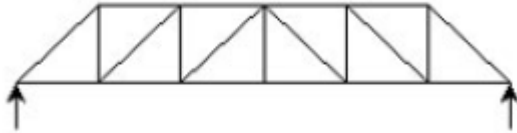


Horizontal curvature of the deck.

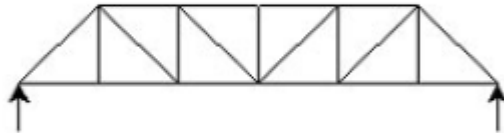




(a) *Warren truss*



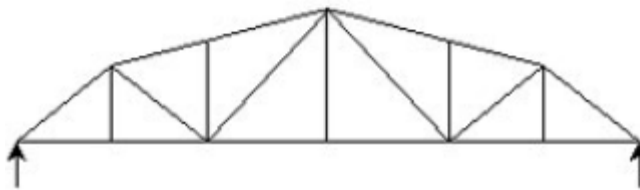
(b) *Howe truss*



(c) *Pratt truss*



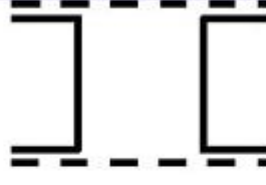
(d) *Double Warren truss*



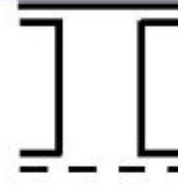
(e) *Varying depth
Warren truss*



(a) *Box Section*



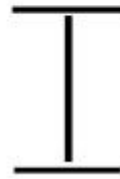
(b) *Box Section*



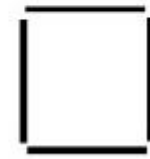
(c) *Box Section*



(d) *Plated I Section*



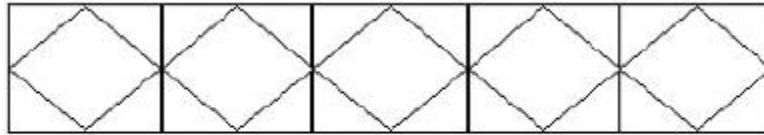
(e) *Built-up I Section*



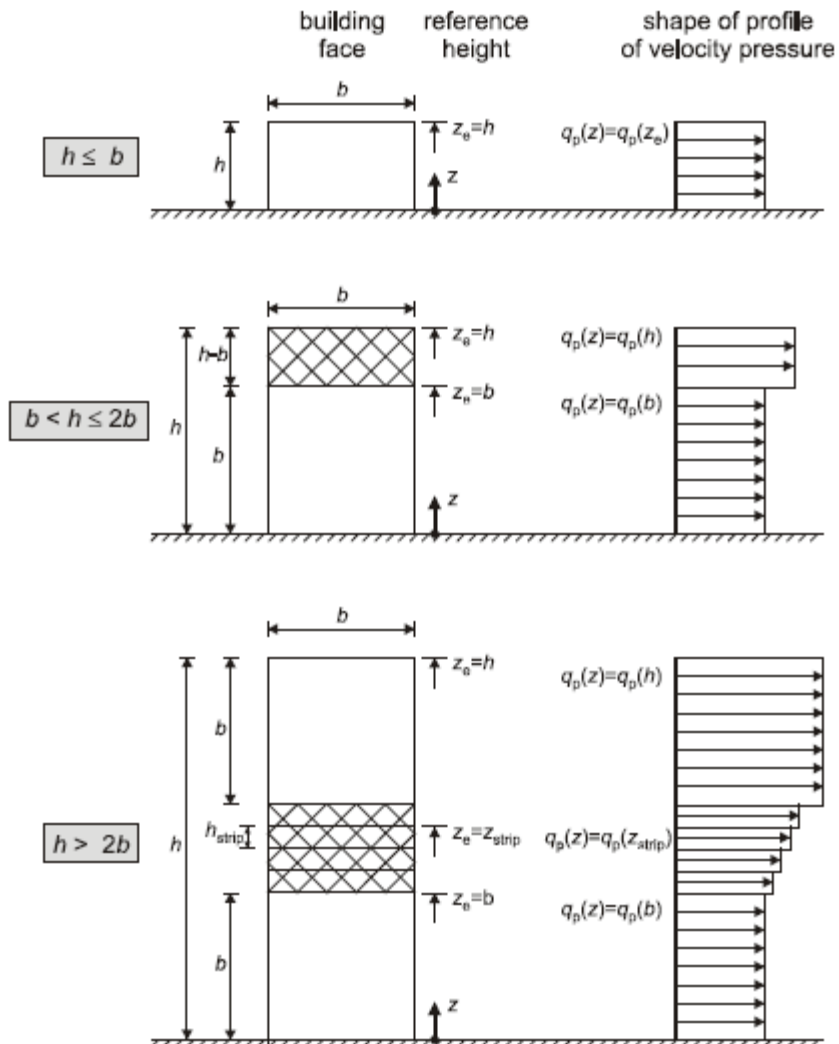
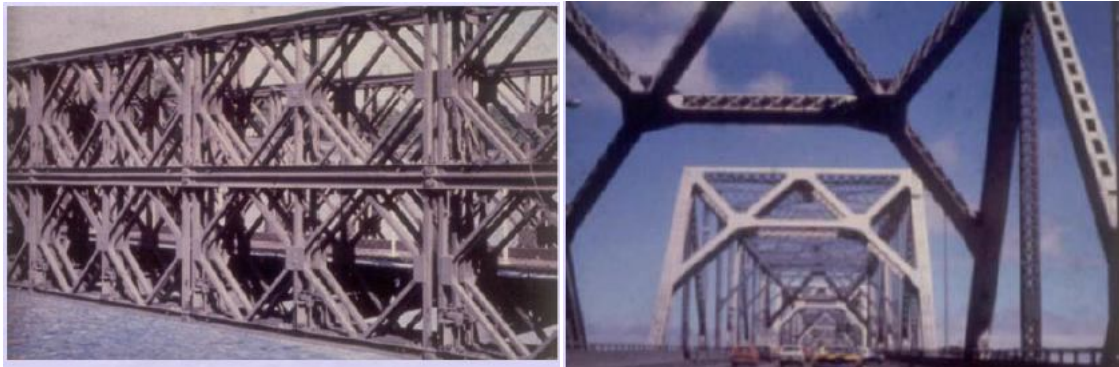
(f) *Box Section*

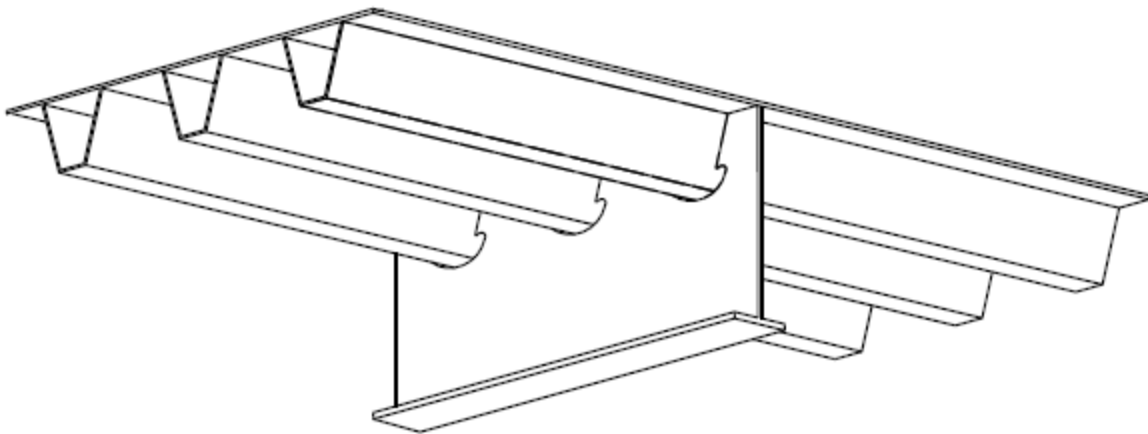


(a) *St. Andrew's cross system*



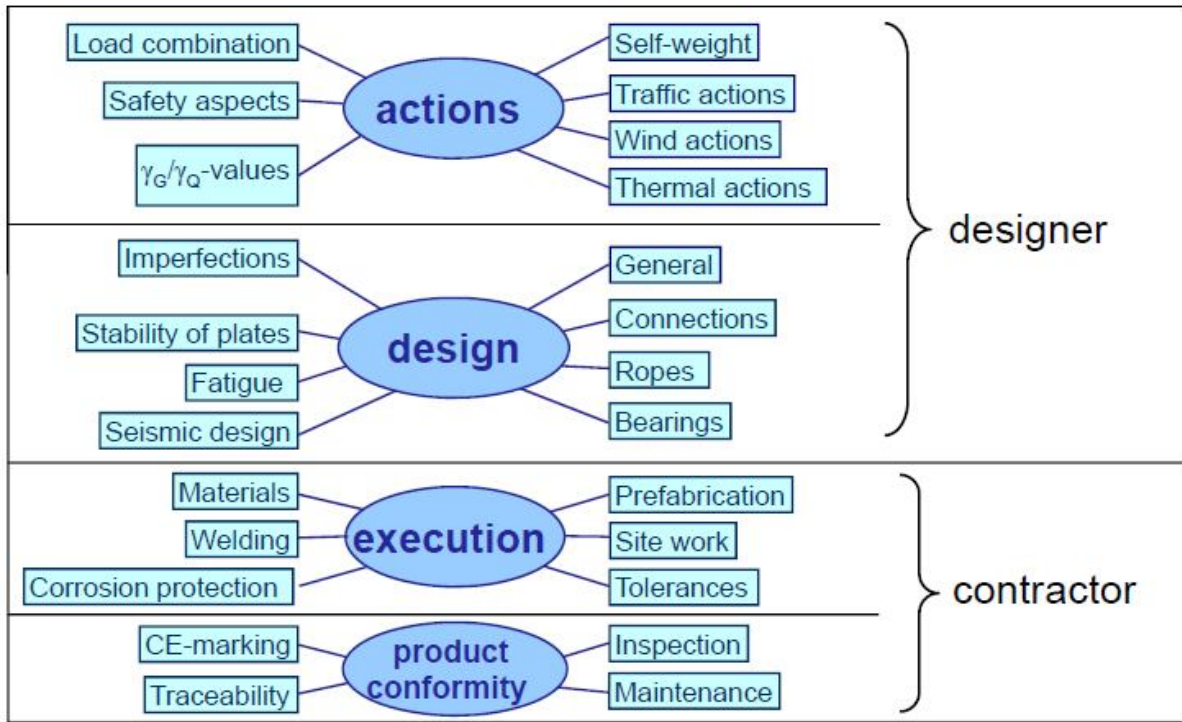
(c) *Diamond System*





	sliding	rolling	deforming
displacement			
rotation			

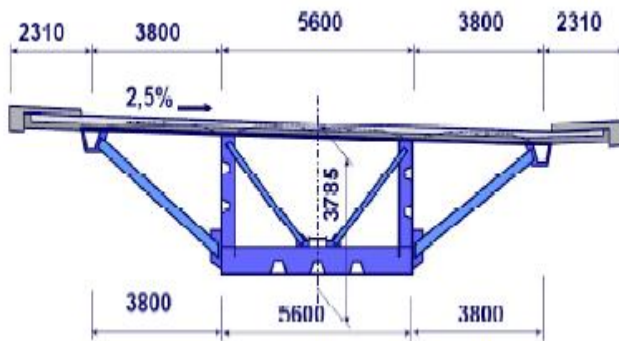
Functional principles of bearings








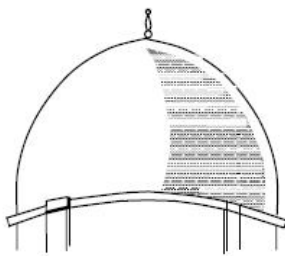
Double composite deck



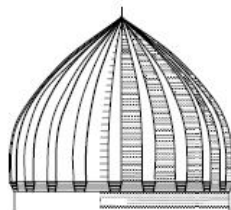
Two girder composite deck



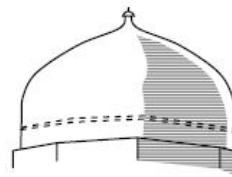
LORRY SILHOUETTE	Interaxles [m]	Frequent axle loads [kN]
	4.5	90 190
	4.20 1.30	80 140 140
	3.20 5.20 1.30 1.30	90 180 120 120 120
	3.40 6.00 1.80	90 190 140 140
	4.80 3.60 4.40 1.30	90 180 120 110 110



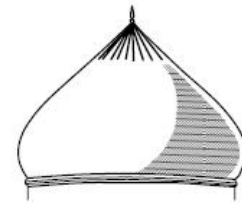
Dome of the Rock
Jerusalem, 7th century



Samarkand, 14th century



Tomb of Runk-i-Alam
at Multan, 1325 A.D.



Safdar Jang's Tomb
Delhi, 1753 A.D.

Types of domes



Confederation Bridge, New Brunswick, Canada

Behaviour Tests

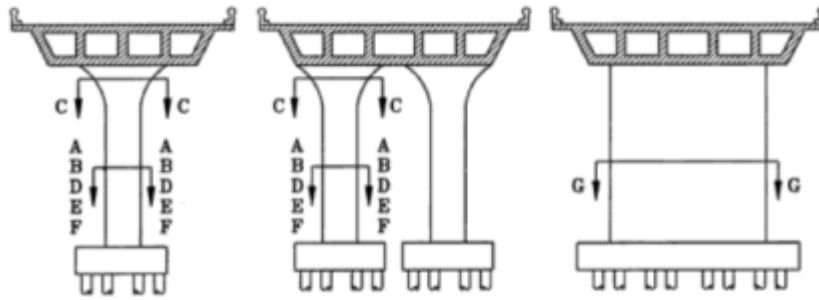
Proof Tests

Ultimate Load Tests

Diagnostic Tests

Dynamic Tests

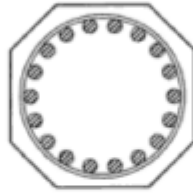
Stress History Tests



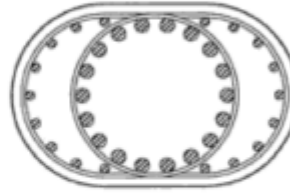
Transverse Elevation



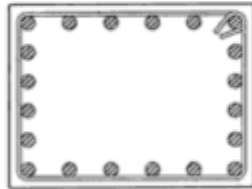
Section A-A



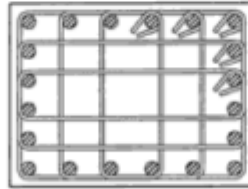
Section B-B



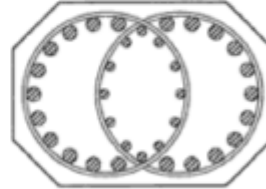
Section C-C



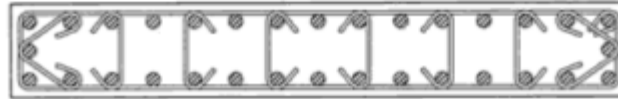
Section D-D
(not recommended)



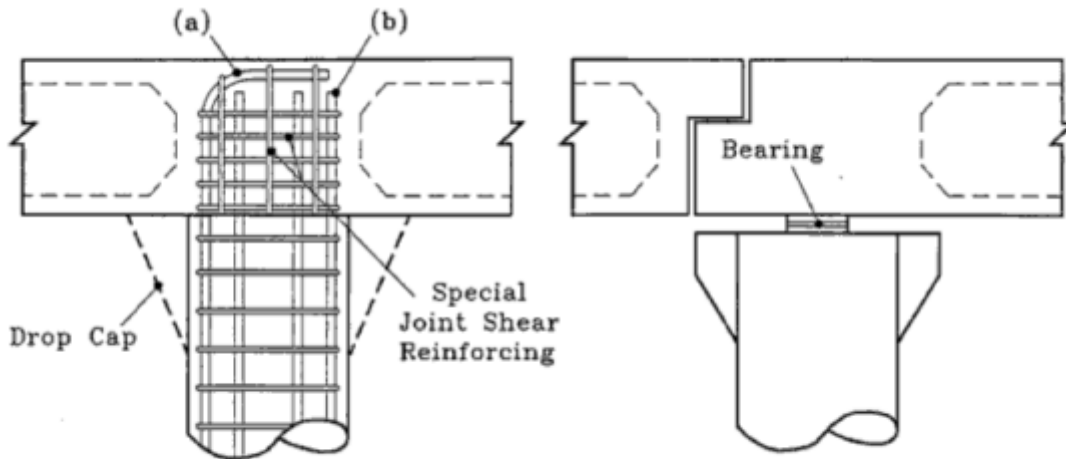
Section E-E



Section F-F

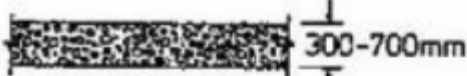
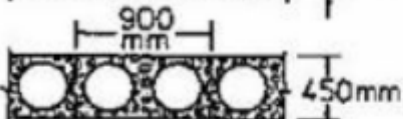
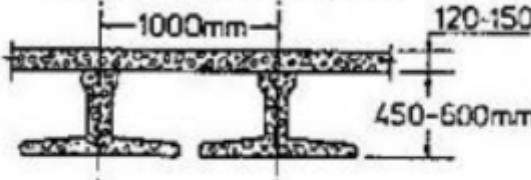
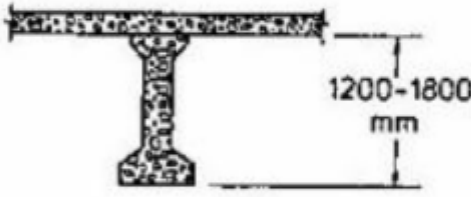

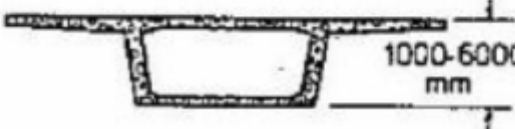
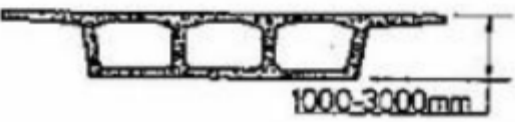


Section G-G



(a) Moment-resisting

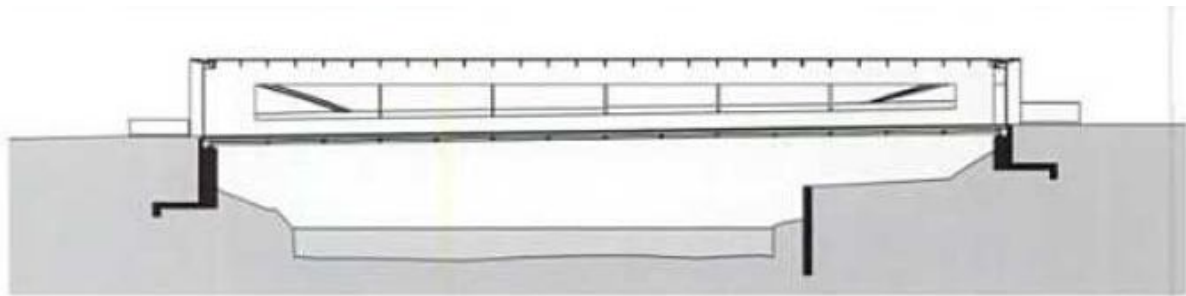
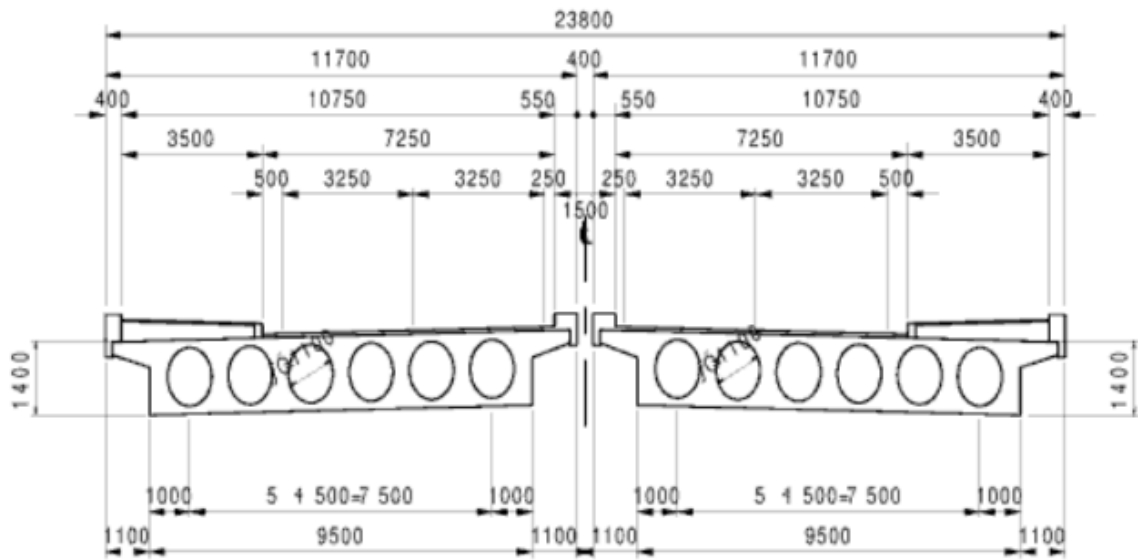
(b) Bearing Supported

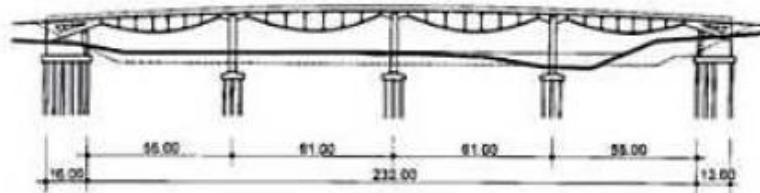
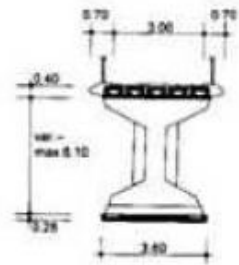
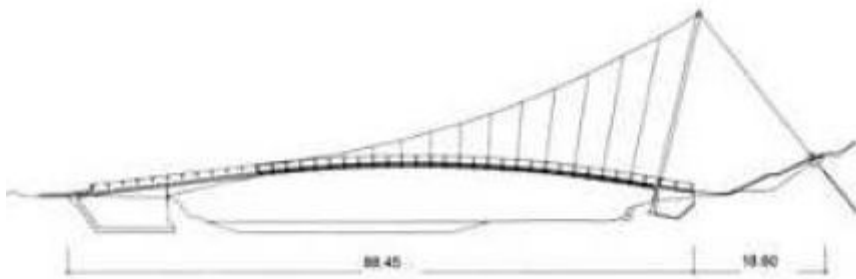
TYPE	EXAMPLE
Solid Slab	
Voided Slab	
Inverted-Tee	
I-Beam	
Double-Tee	
Single-Spine Box Girder	
Multi-Cell Box Girder	

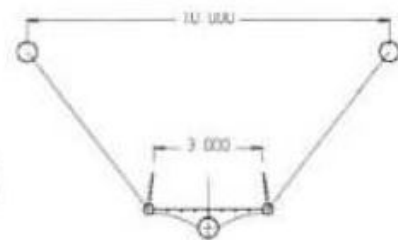
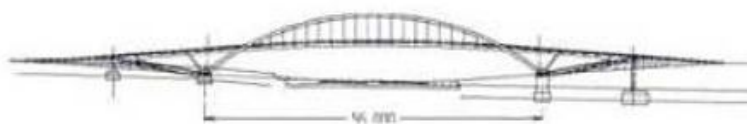


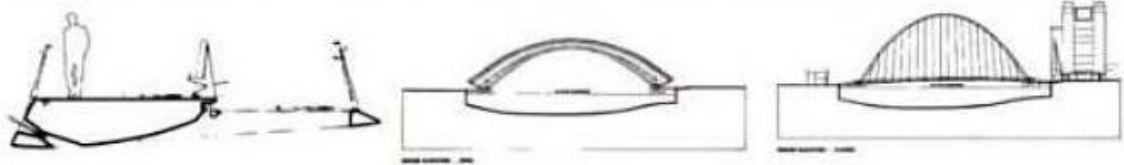


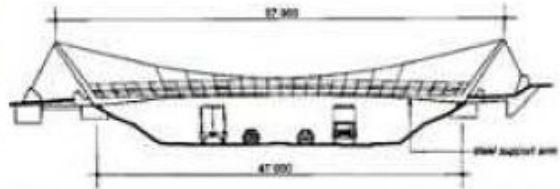
Extended seating frame

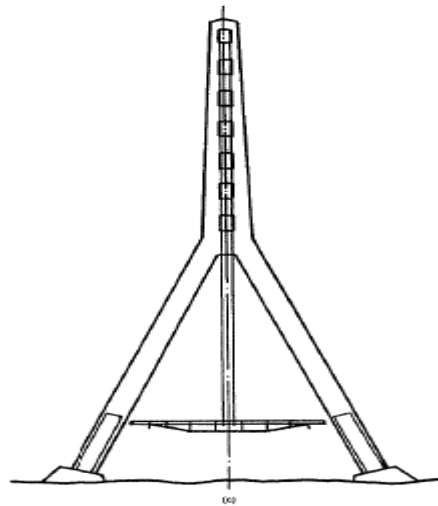
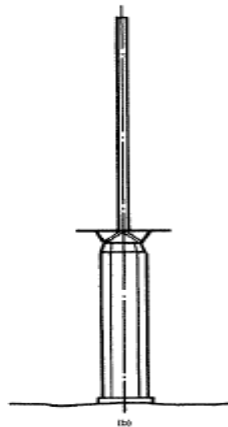
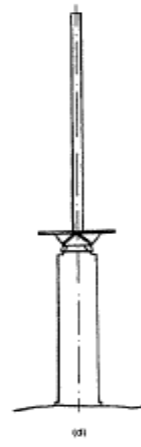
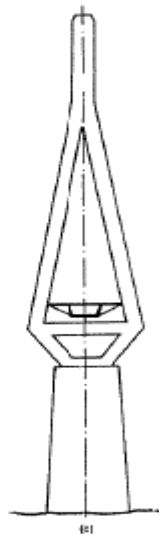
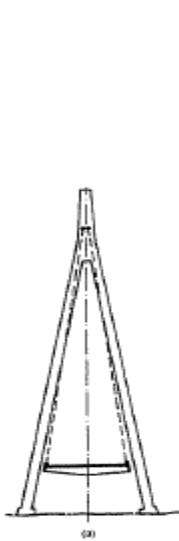
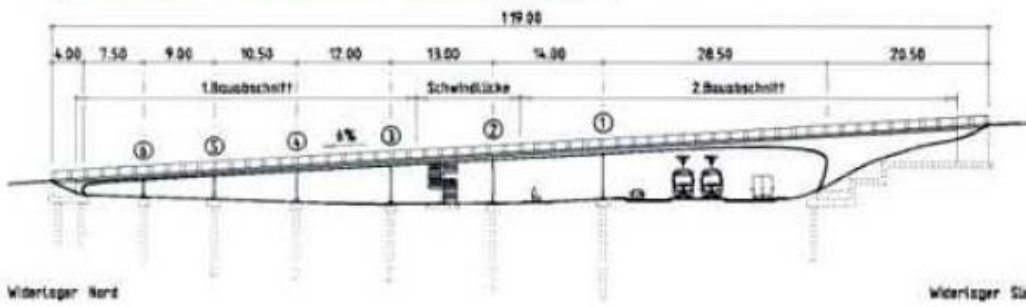


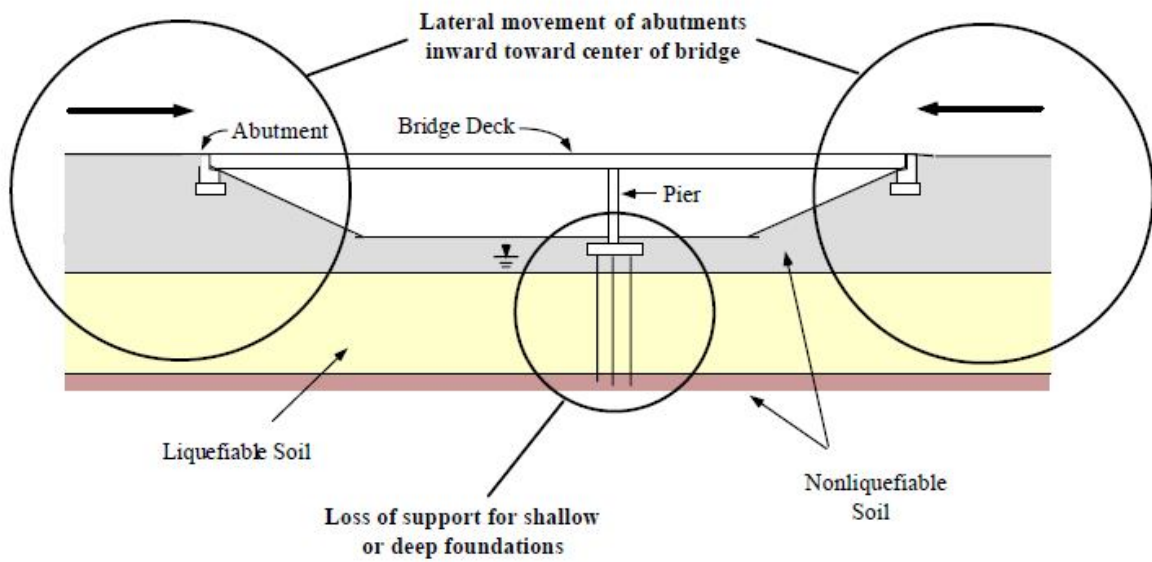
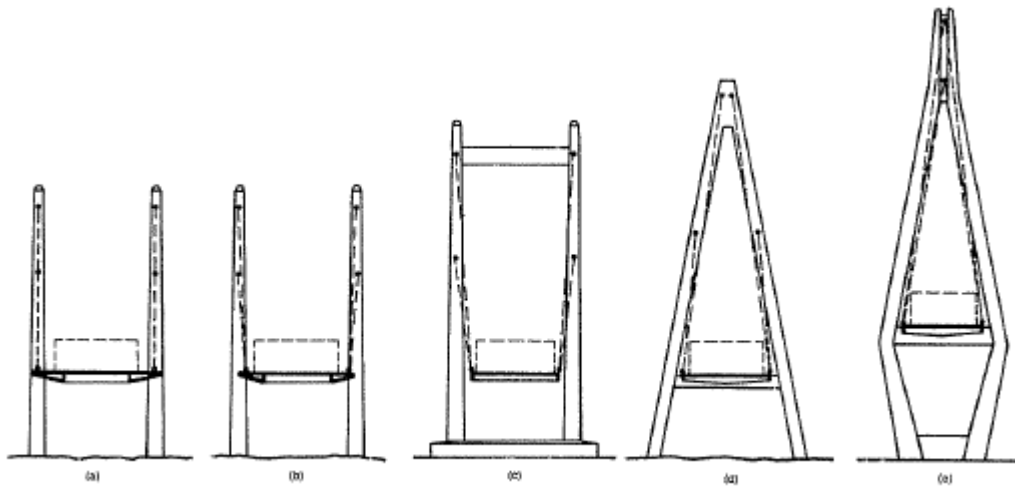




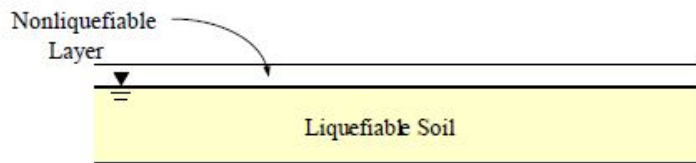




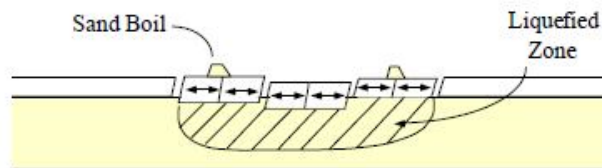




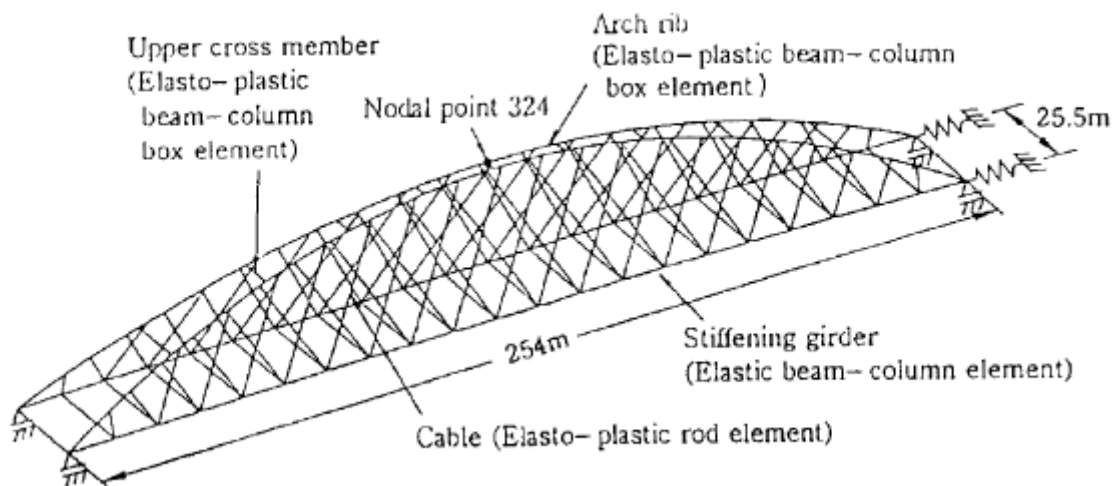
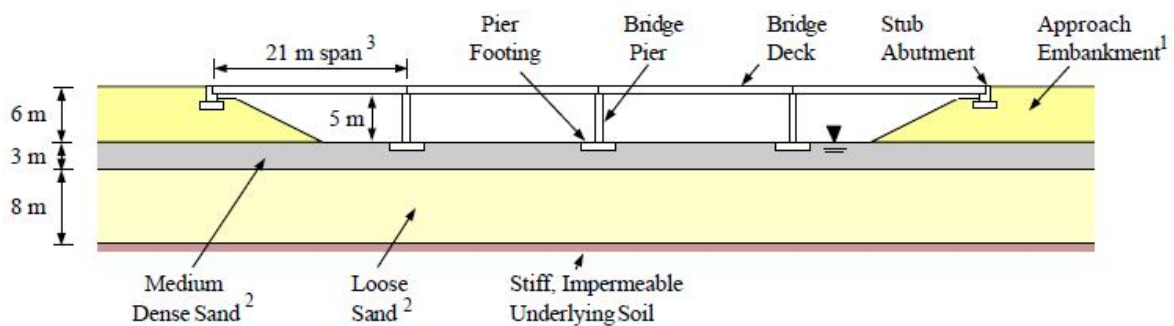
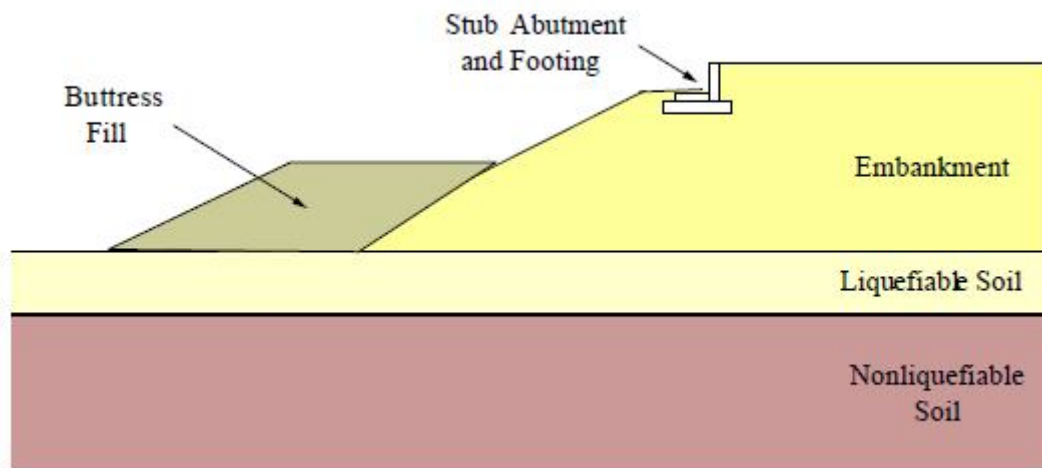
Potential Effects of Liquefaction on Highway Bridge



Before Earthquake



During Earthquake

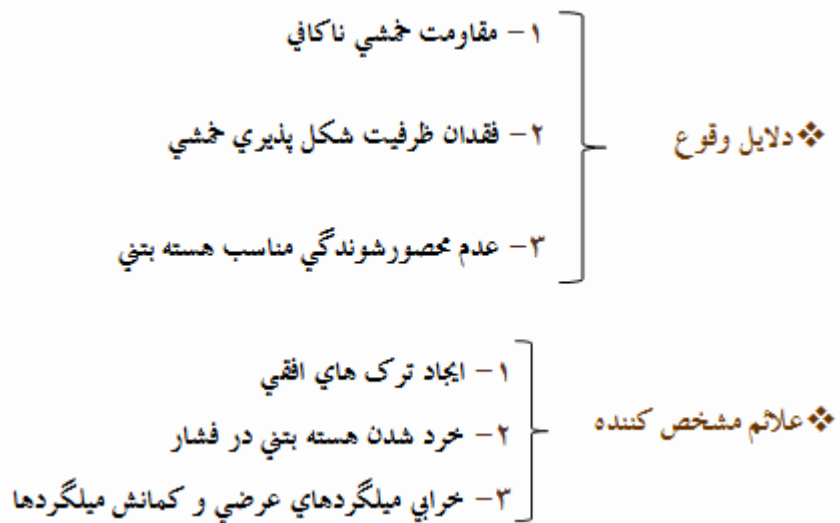
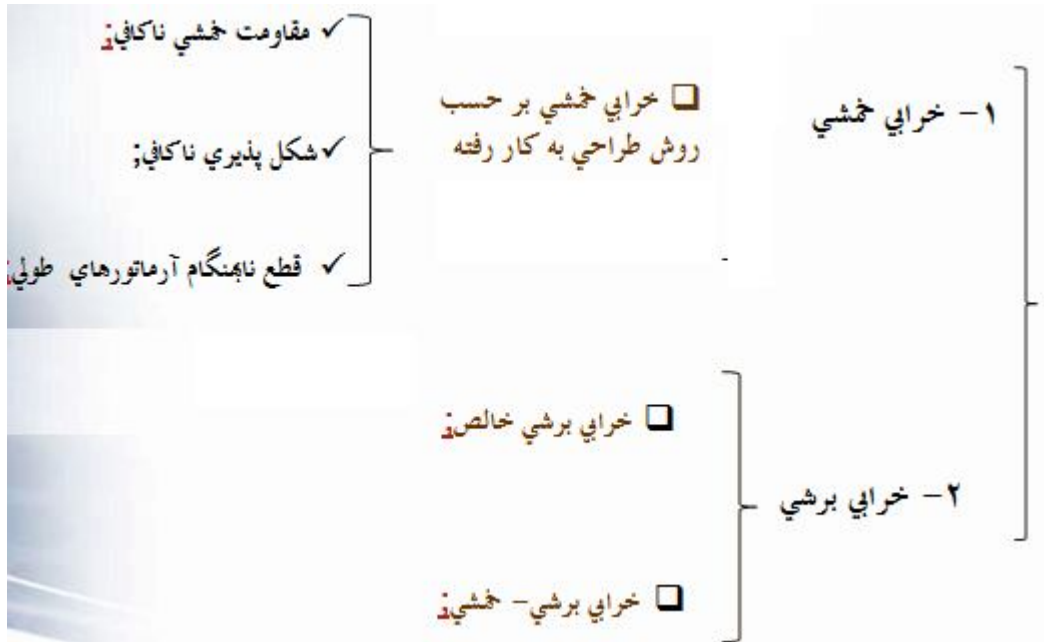


روش تقویت با استفاده از جاکت های فولادی

- ۱- روش مرسوم مقاوم سازی برای پل ها
- ۲- تاثیر کم بر وزن سازه پس از عمل تقویت و به تبع آن نیروی لرزه ای اعمالی کمتر به سازه در شرایط زلزله
- ۳- دسترسی فراوان به مصالح کاربردی و سهولت نگهداری از عضو تقویت شده
- ۴- بهبود خواص لرزه ای و مکانیکی عضو تقویت شده

۱- امکان خوردگی فولاد در شرایط محیطی مهاجم

۲- مشکلات اجرایی در حالت تقویت ستون های بلند



مزایا و معایب روش

- ✓ عدم توقف بهره برداری در زمان تقویت سازه
- ✓ افزایش ظرفیت سرویس دهی و ظرفیت باربری نهایی مقطع شده
- ✓ افزایش کم در ابعاد مقطع تقویت شده و بر آوردن ملاحظات معماری
- ✓ سهولت در بازرسی و نگهداری از عضو تقویت شده
- ✓ دسترسی آسان به مصالح کاربردی و توجه اقتصادی عمل مقاوم سازی

مزایا

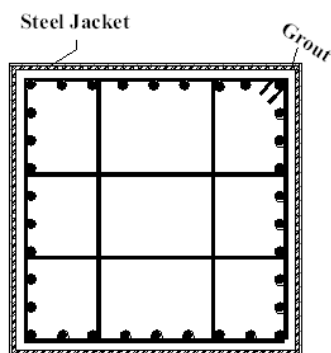
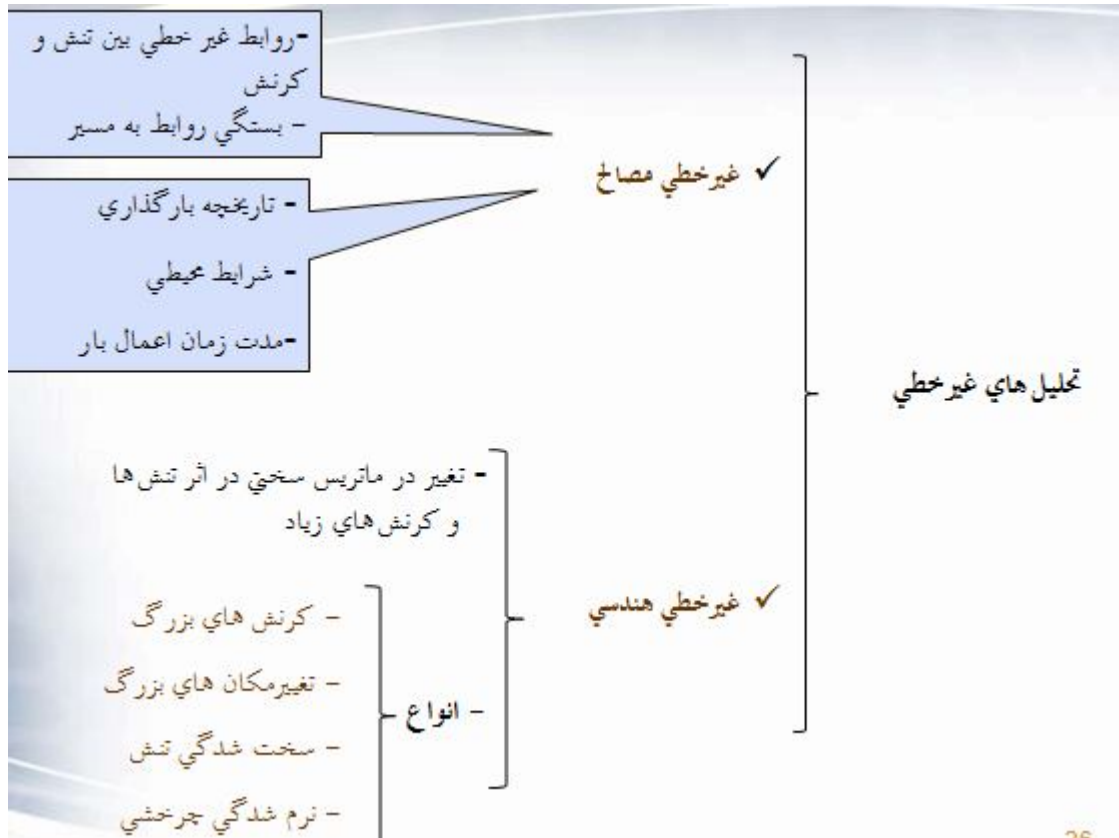
- ✓ امکان خوردگی ورق ها و المان های فولادی (بر طرف شدن این نقیصه با وجود فولادهای ضد زنگ)
- ✓ ایجاد مشکل به دلیل وزن نسبتا زیاد صفحات در حمل و نقل و عملیات نصب آن

معایب

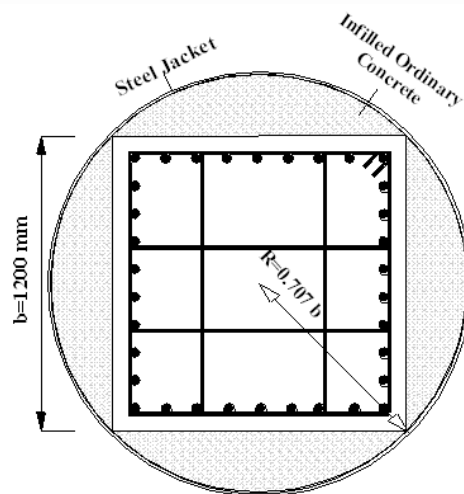
مبانی طراحی مقاوم سازی با استفاده از جاکت های فولادی

۱. محصورکنندگی به منظور افزایش ظرفیت شکل پذیری خمشی؛
۲. محصورکنندگی برای حفظ تمامیت خمشی ستون های دارای وصله در آرماتورها؛
۳. افزایش مقاومت برشی؛
۴. افزایش سختی ستون با استفاده از جاکت های فولادی؛

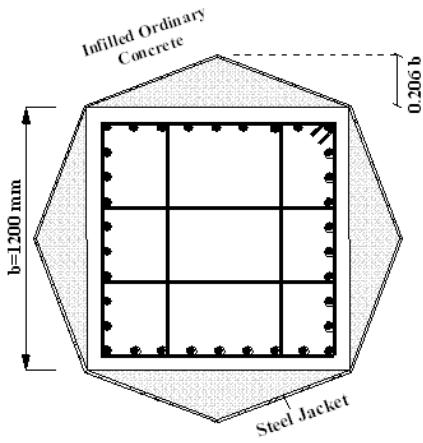
اهداف مختلف از مقاوم سازی



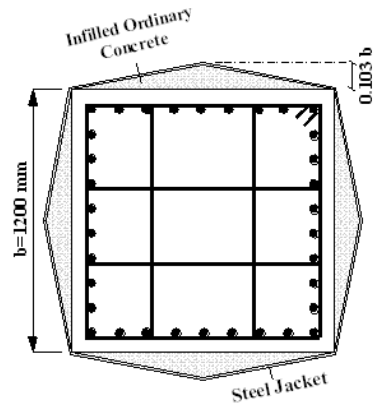
Square Steel Jacket



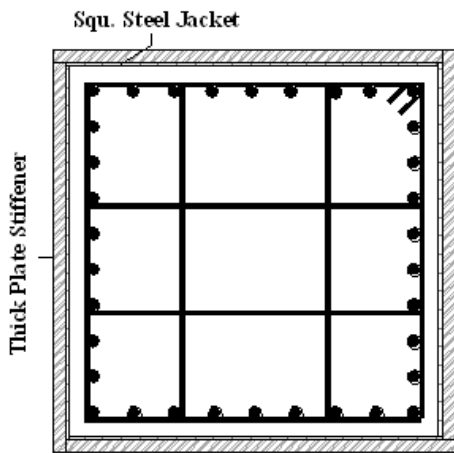
Circular Steel Jacket



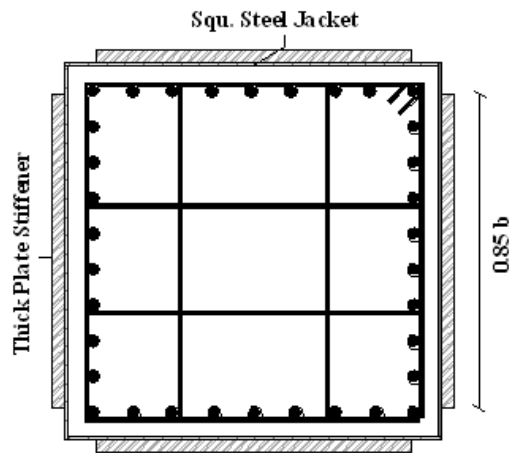
Octagonal Steel Jacket



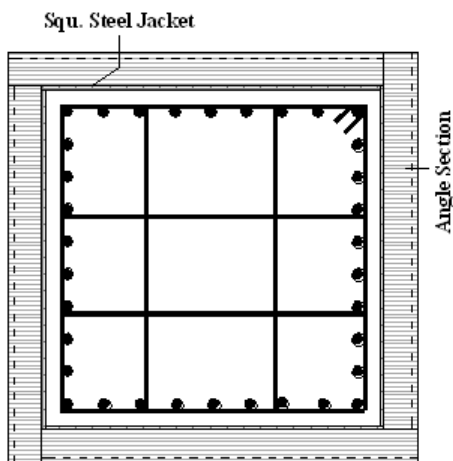
Reduced Octagonal Steel Jacket



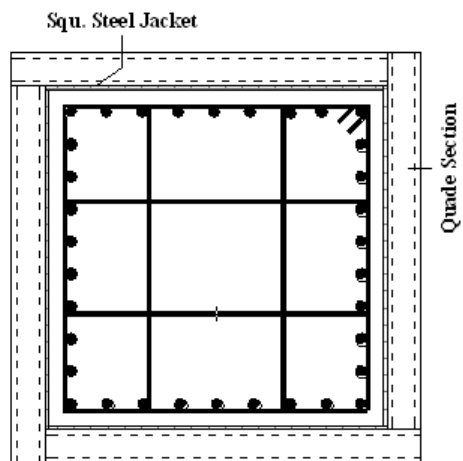
T.P- Confinement Application



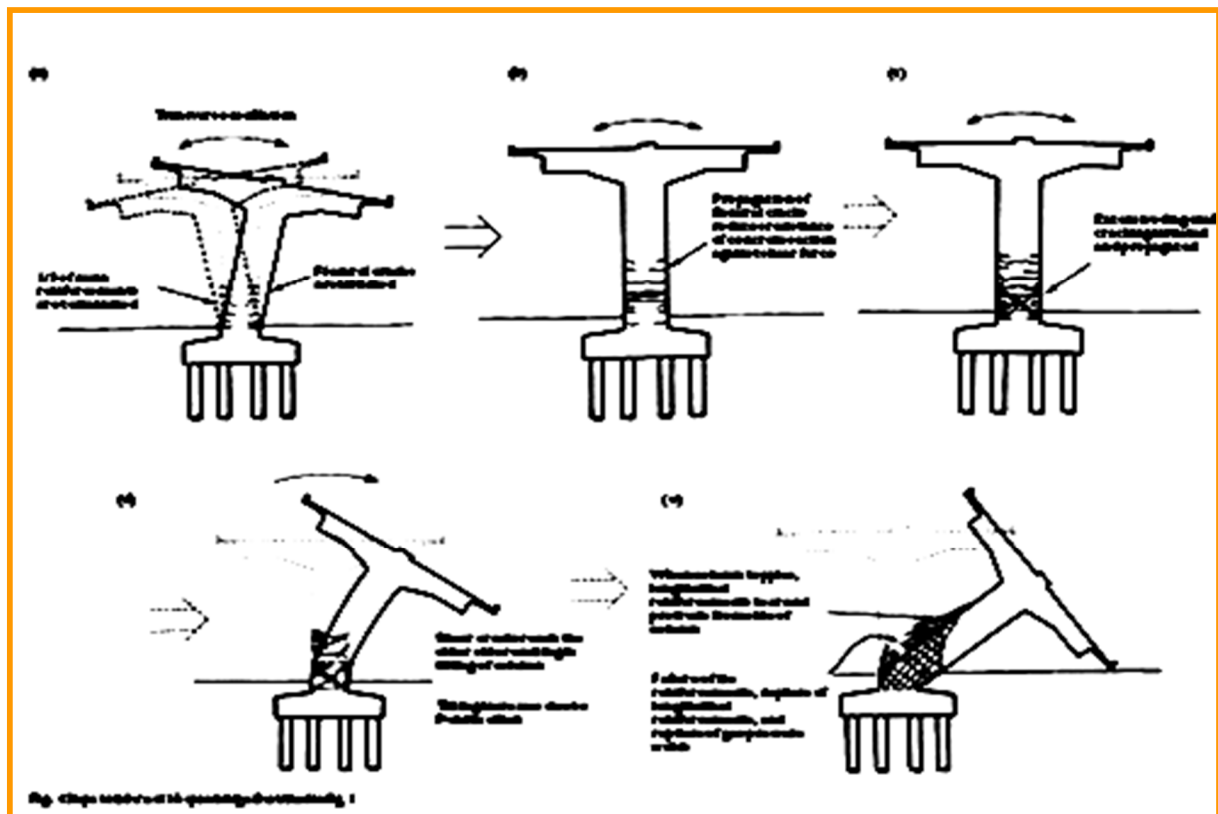
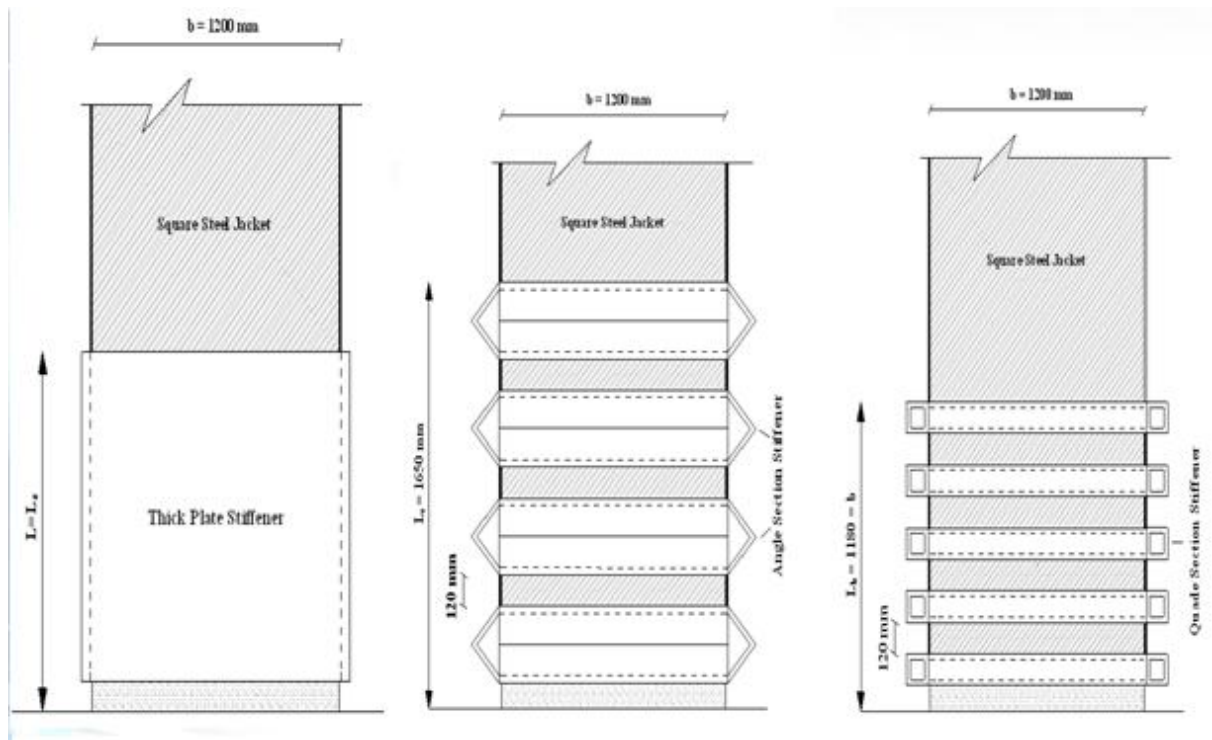
T.P- Stiffener Application



Angle Stiffener



Quad Section Stiffener



وصله آرماتور طولی در ناحیه تشکیل مفصل خمیری در پای ستون‌های پل
 عدم تامین طول لازم برای نشیمن تیرهای بتن مسلح پیش ساخته عرشه پل
 جانمایی نادرست نئوپرن در زیر تیرهای پیش ساخته عرشه پل
 عمل آوری نامناسب بتن عرشه و ایجاد ترک‌های انقباضی

اجرای نامناسب درزهای انبساط - اجرای نامناسب نرده های پل

اصلاح موضعی اجزای سازه که دارای عملکرد نامناسبی در اثر زلزله می باشد

رفع یا کاهش نامنظمی در وضعیت موجود

تامین سختی جانبی لازم برای کل سازه

تامین مقاومت لازم برای کل سازه

کاهش جرم

کامل نمودن مسیر بار

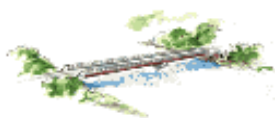
افزایش انسجام پل با کلاف بندی

تغییر سیستم پل به منظور تغییر در رفتار نهایی پل

بکارگیری سیستم های جاذب انرژی

بکارگیری سیستم های جداساز لرزه ای

راهکارهای مناسب دیگر



(۱) پل های شاه تیری؛ Girder Bridge



(۲) پل خربای؛ Truss Bridge



(۳) پل اسکلت سخت Rigid Frame Bridge



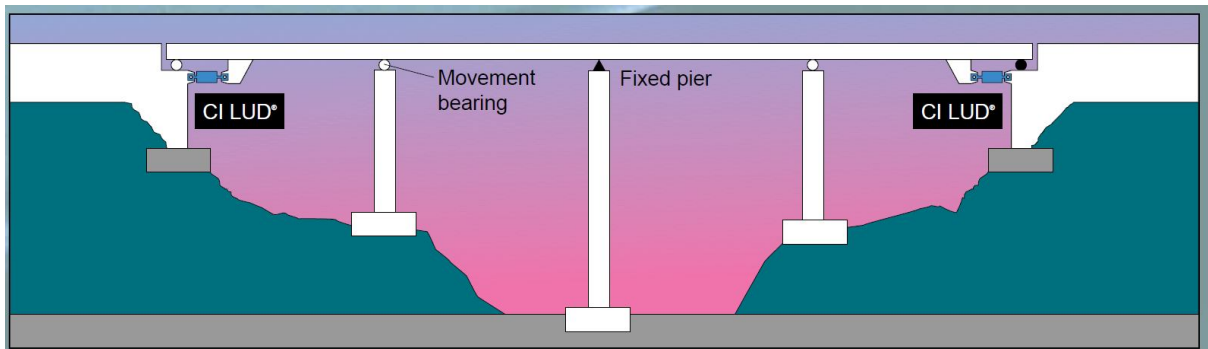
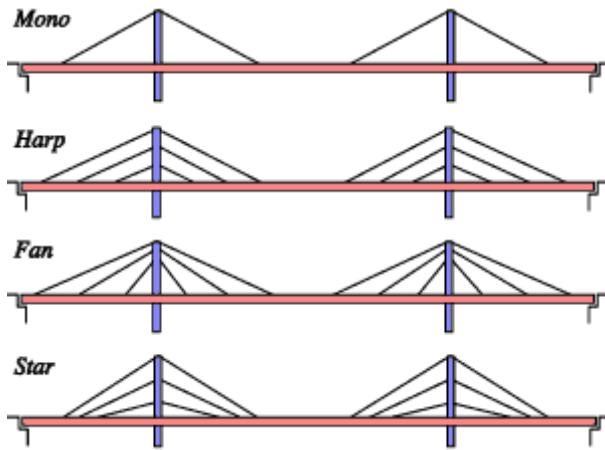
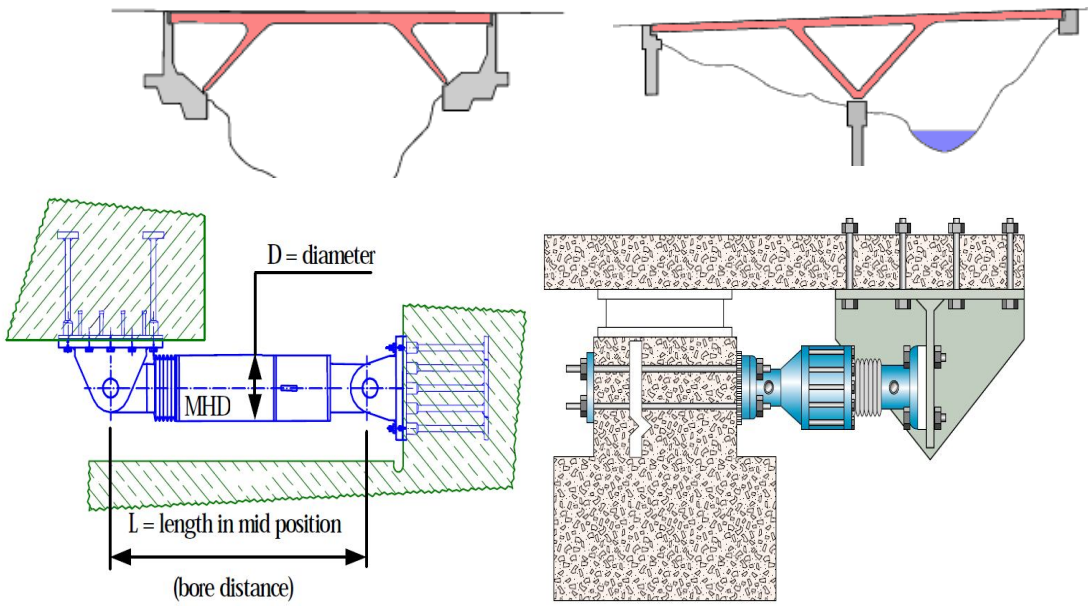
(۴) پل کمانی؛ Arch Bridge

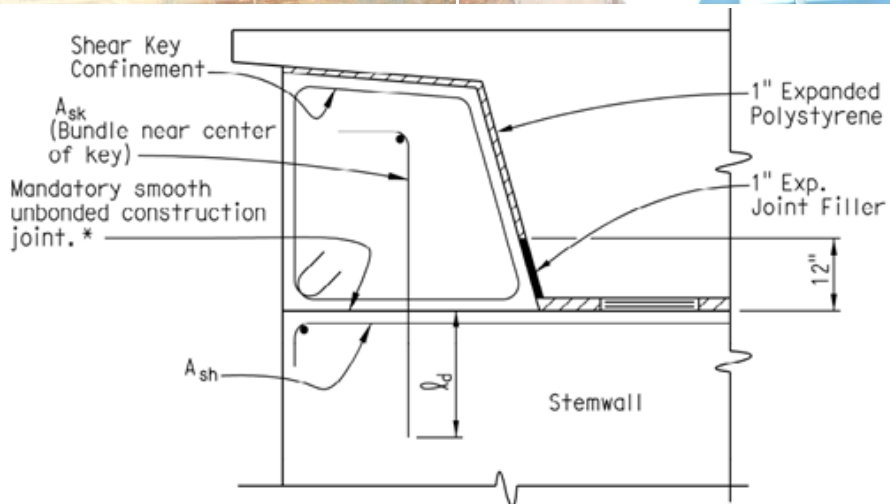
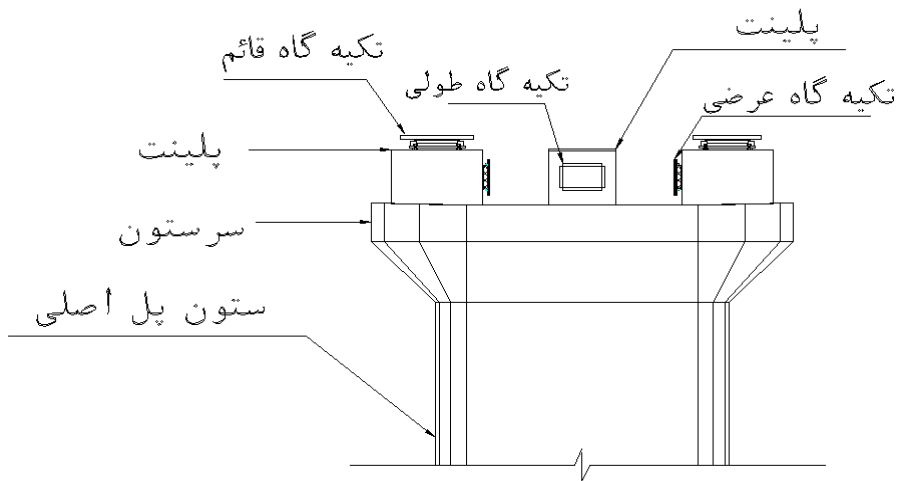


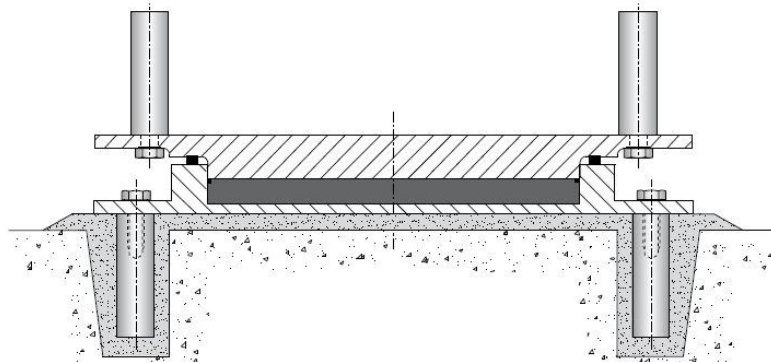
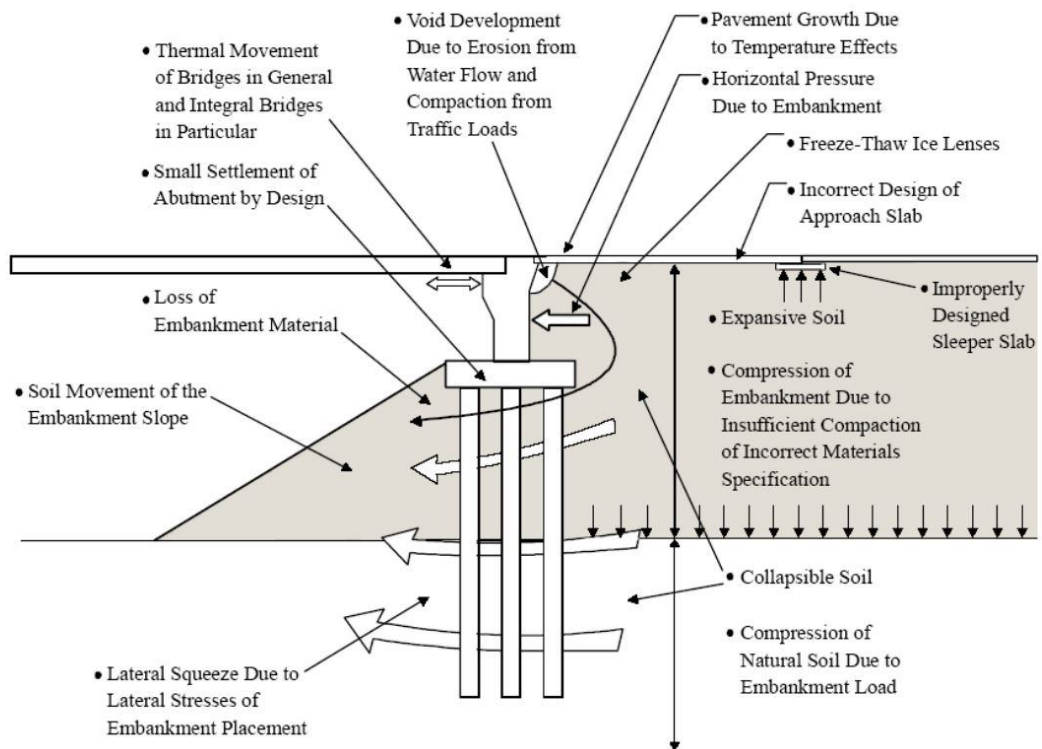
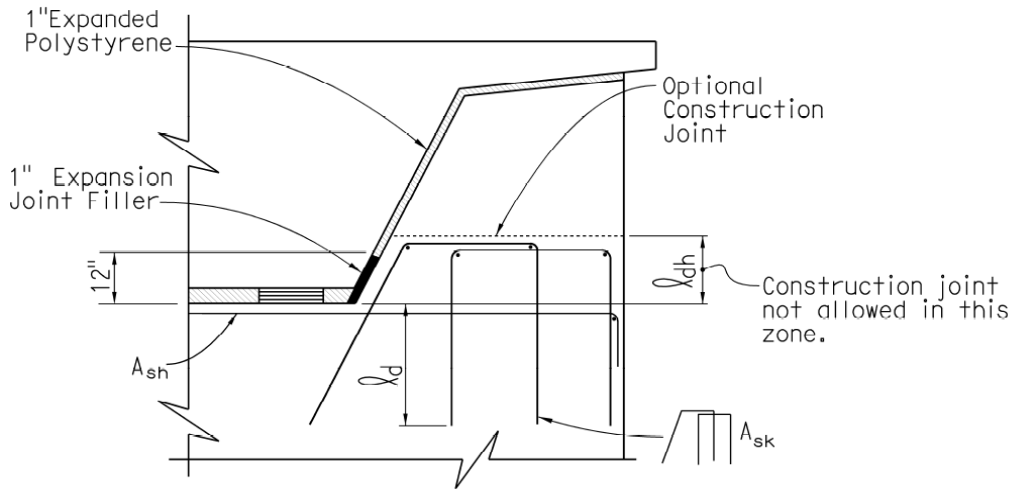
(۵) پل کابلی؛ Cable stayed Bridge

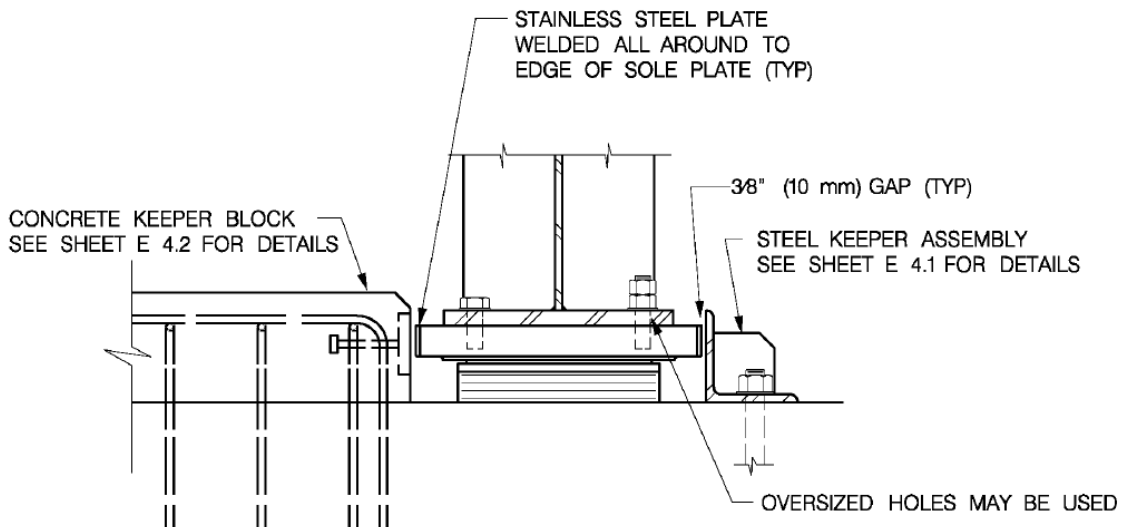
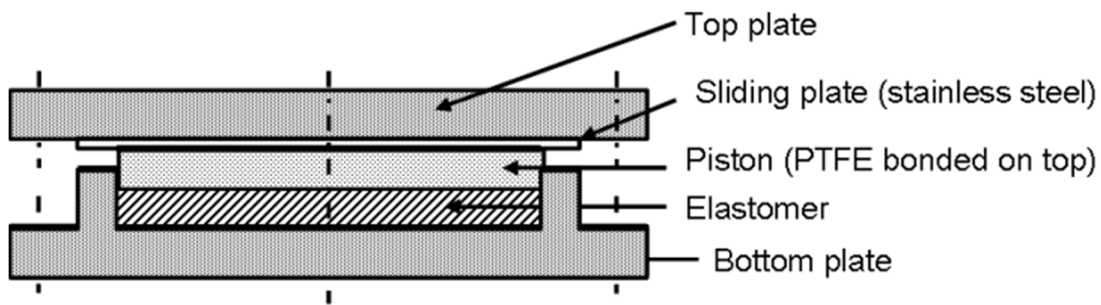
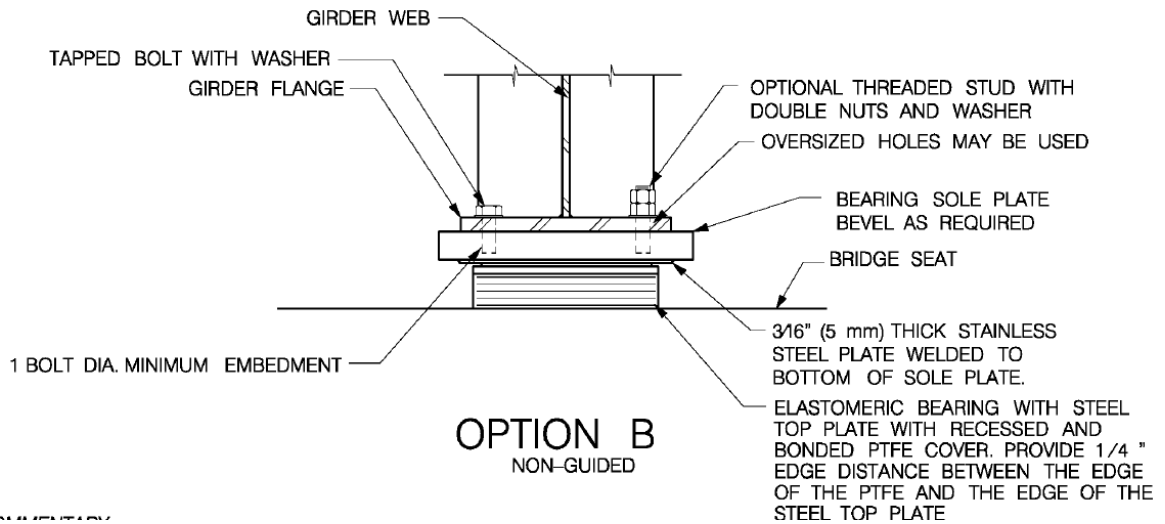


(۶) پل معلق Suspension Bridge



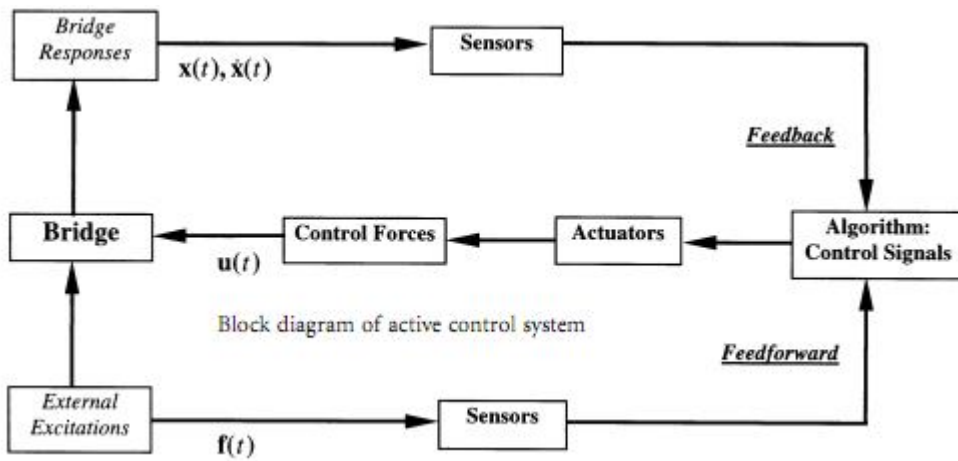




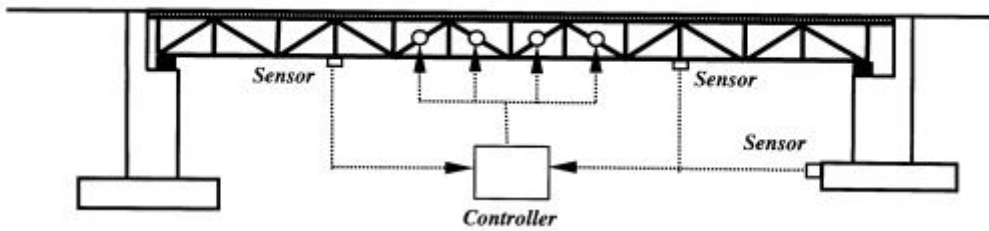


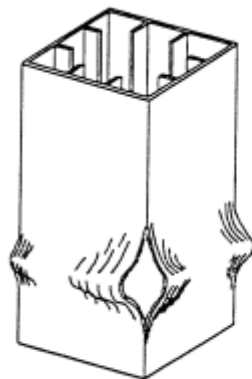
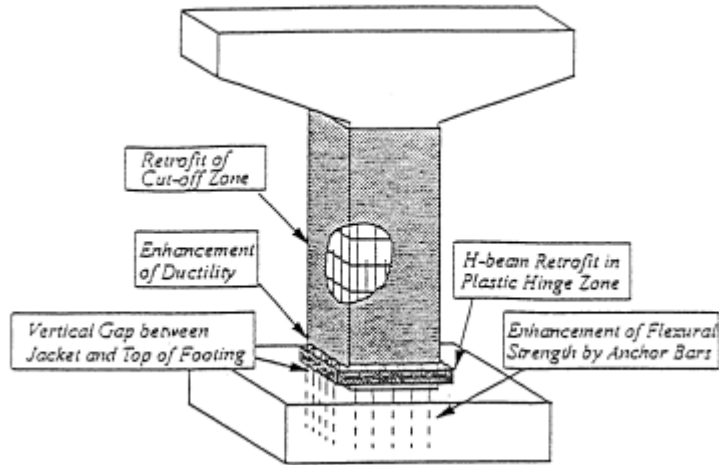
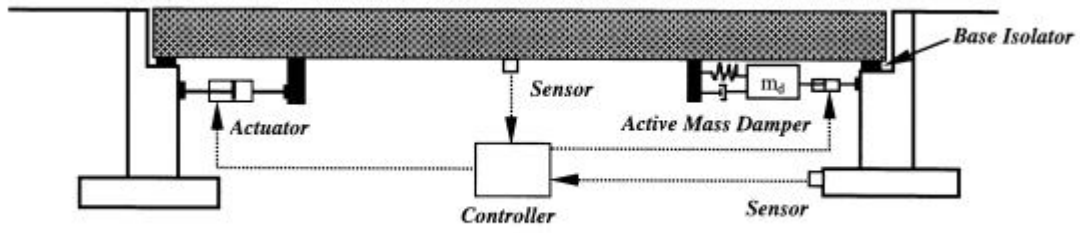
GUIDE DETAILS

USE EITHER KEEPER BLOCKS OR KEEPER ANGLES



Active bracing control for steel truss bridge.

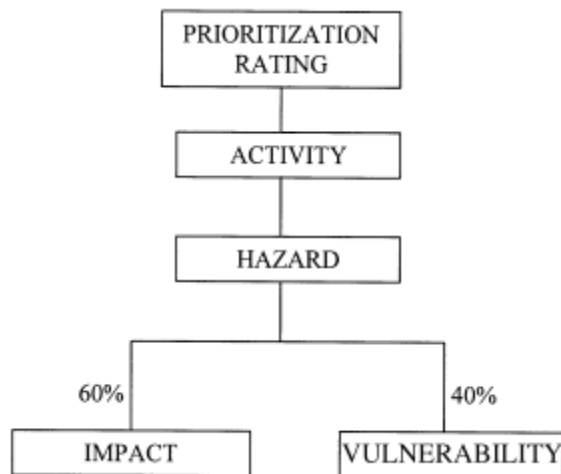


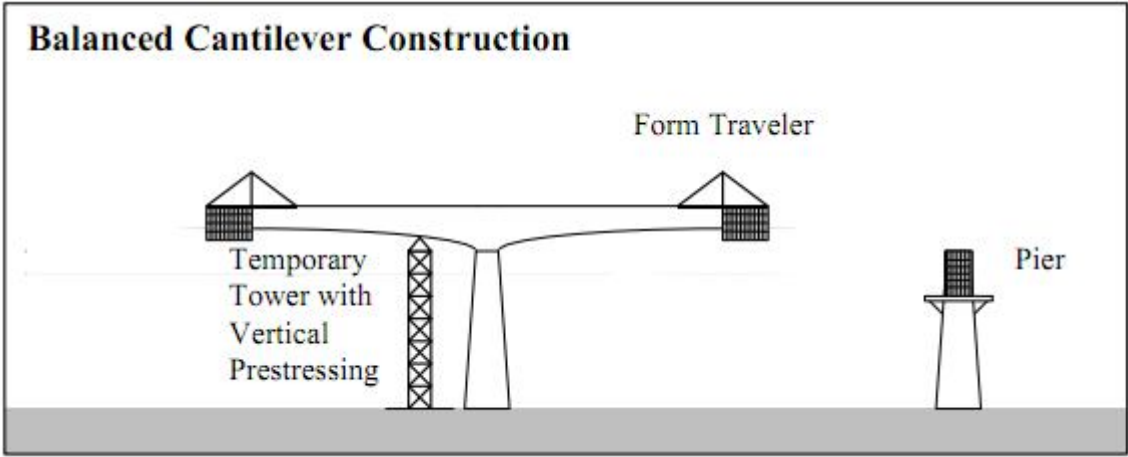
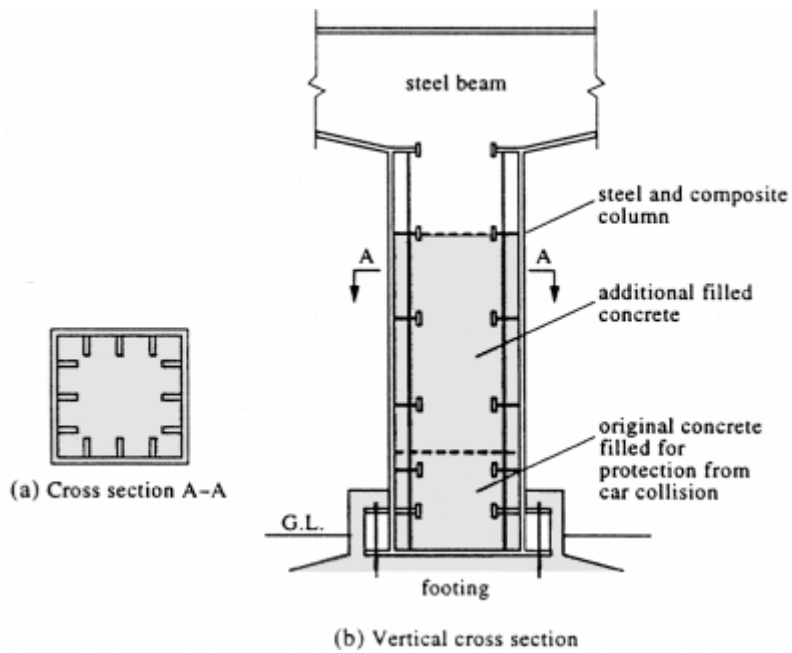
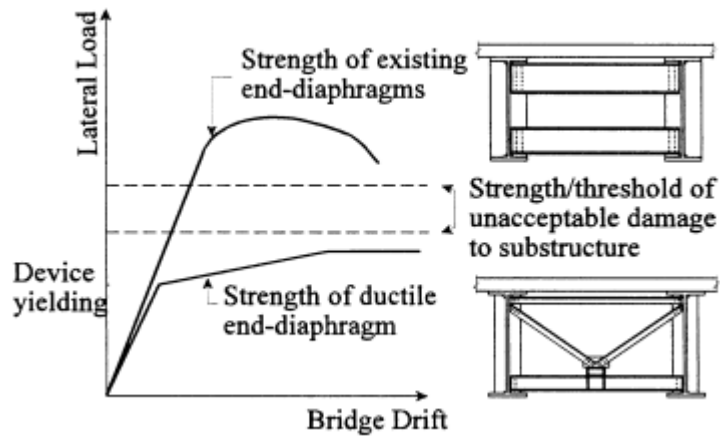


(a) Fracture of Corners

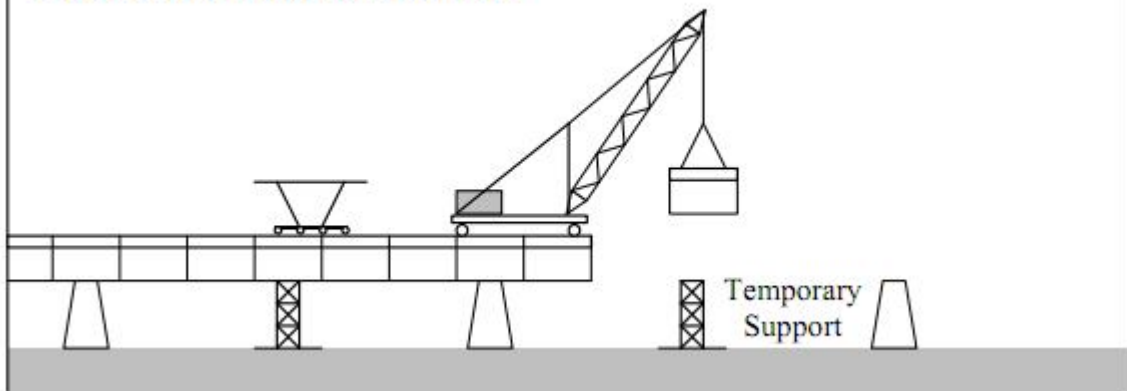


(b) Elephant Knee Buckling

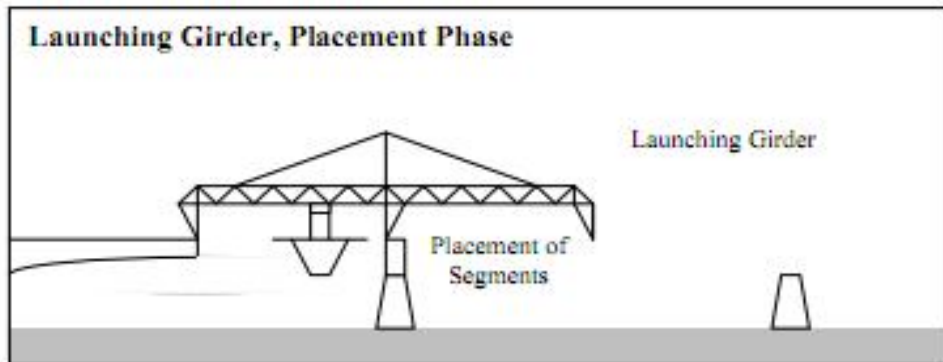




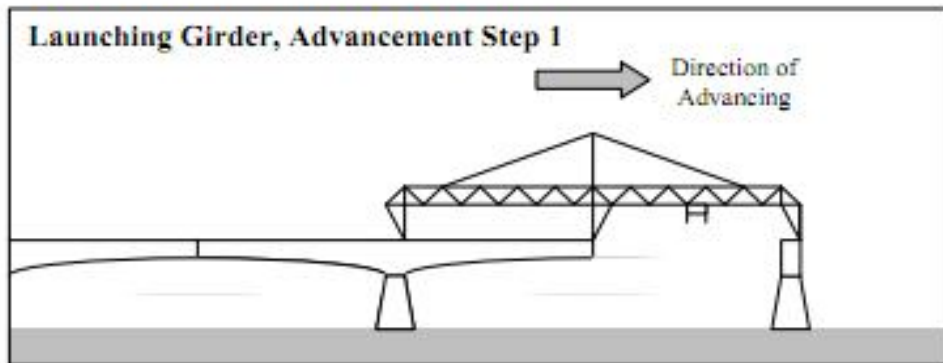
Progressive Placement Method



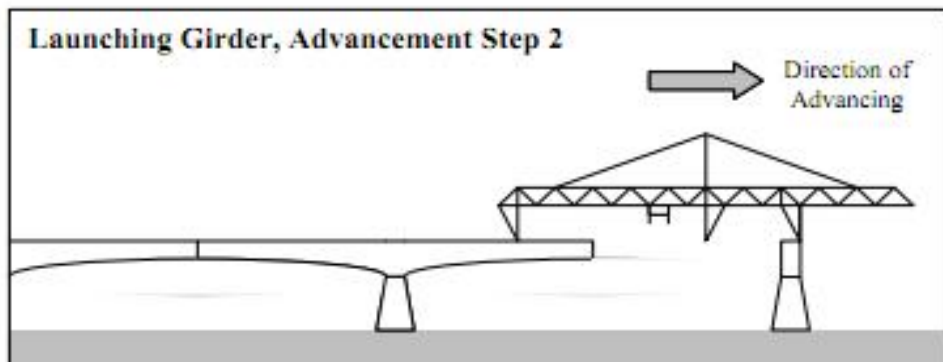
Launching Girder, Placement Phase



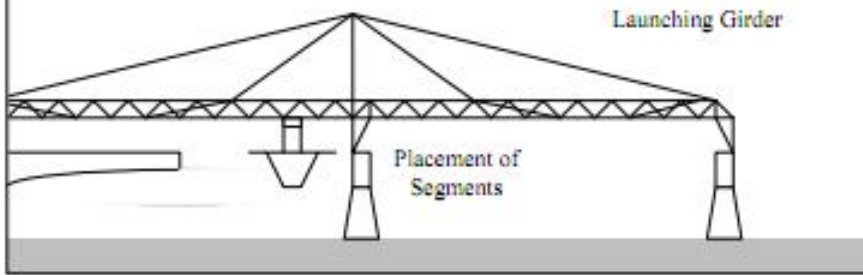
Launching Girder, Advancement Step 1



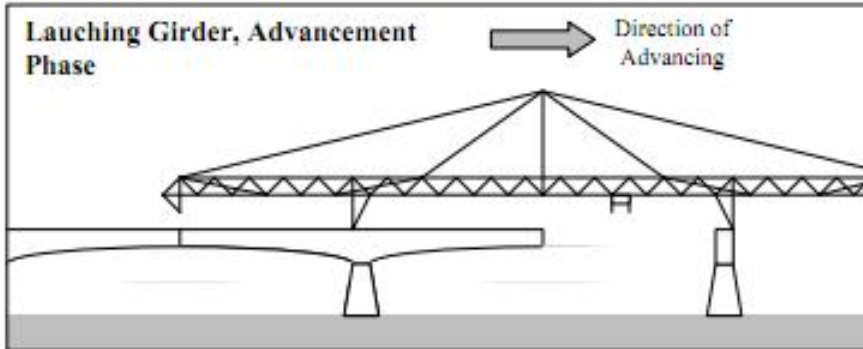
Launching Girder, Advancement Step 2



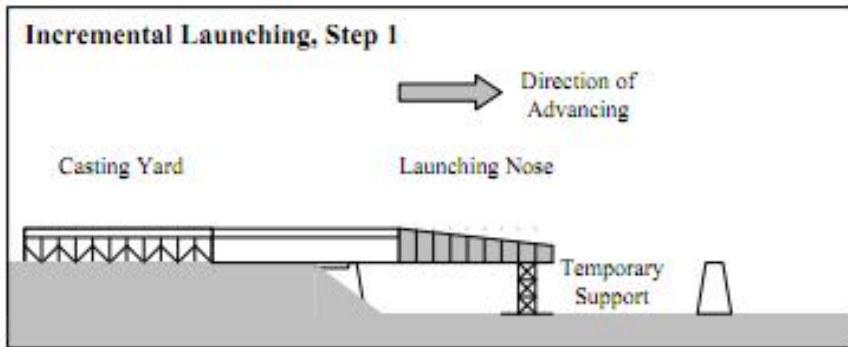
Launching Girder, Placement Phase



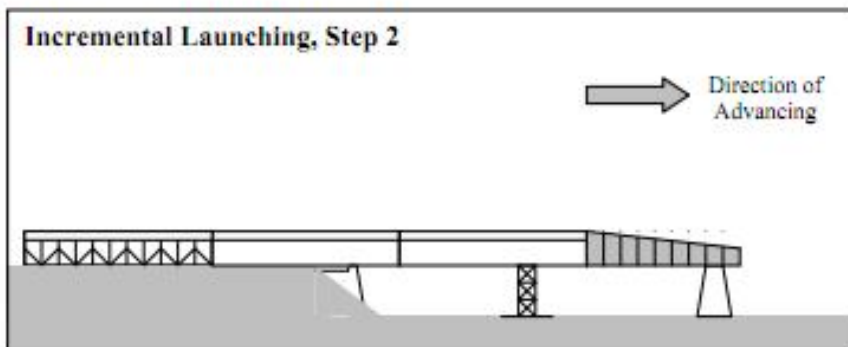
Launching Girder, Advancement Phase

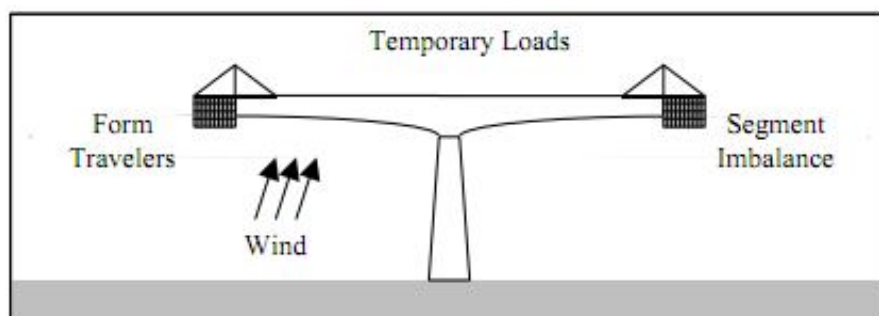
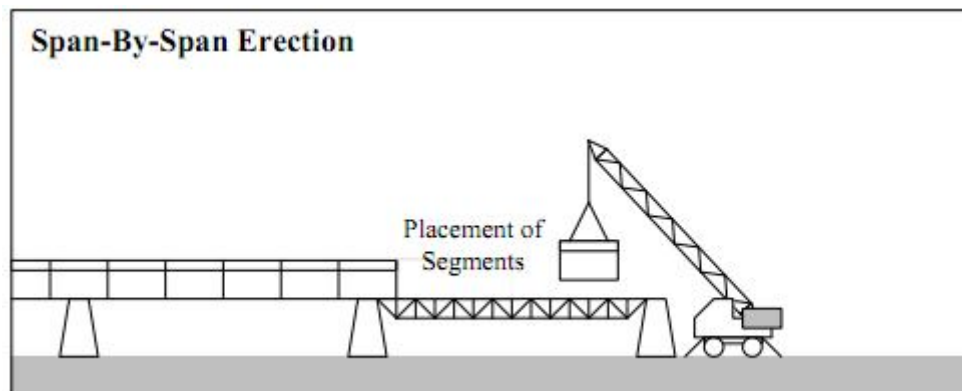
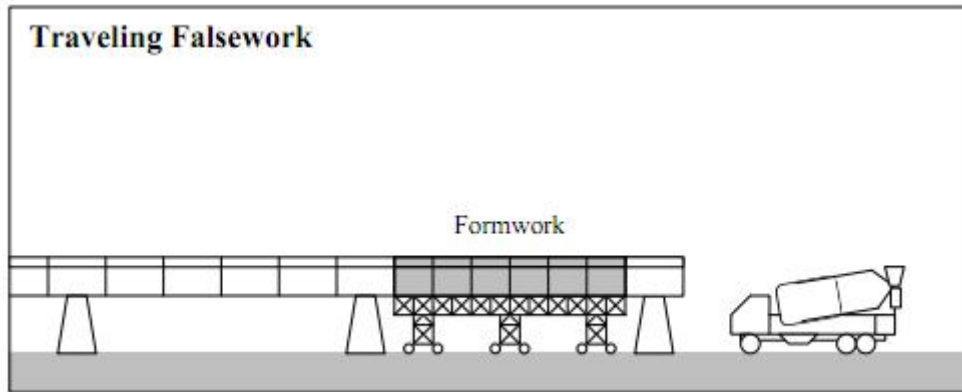


Incremental Launching, Step 1



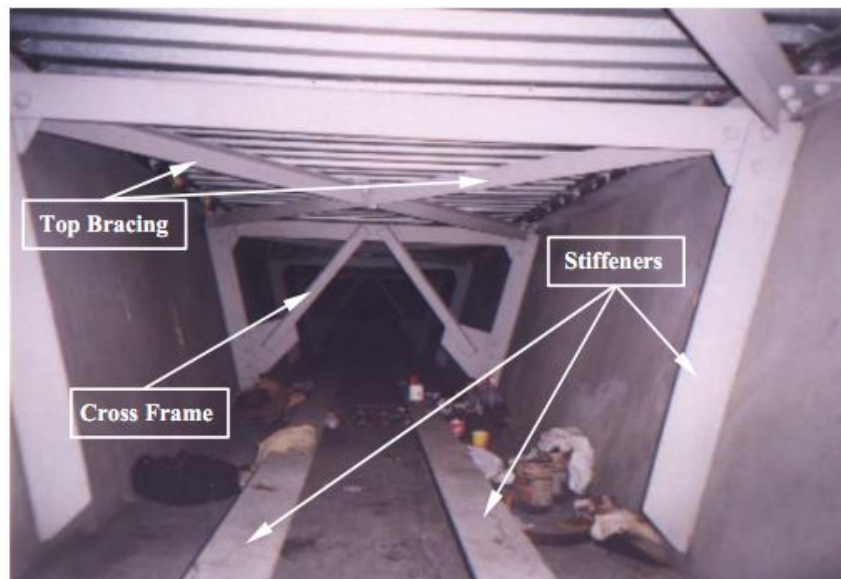
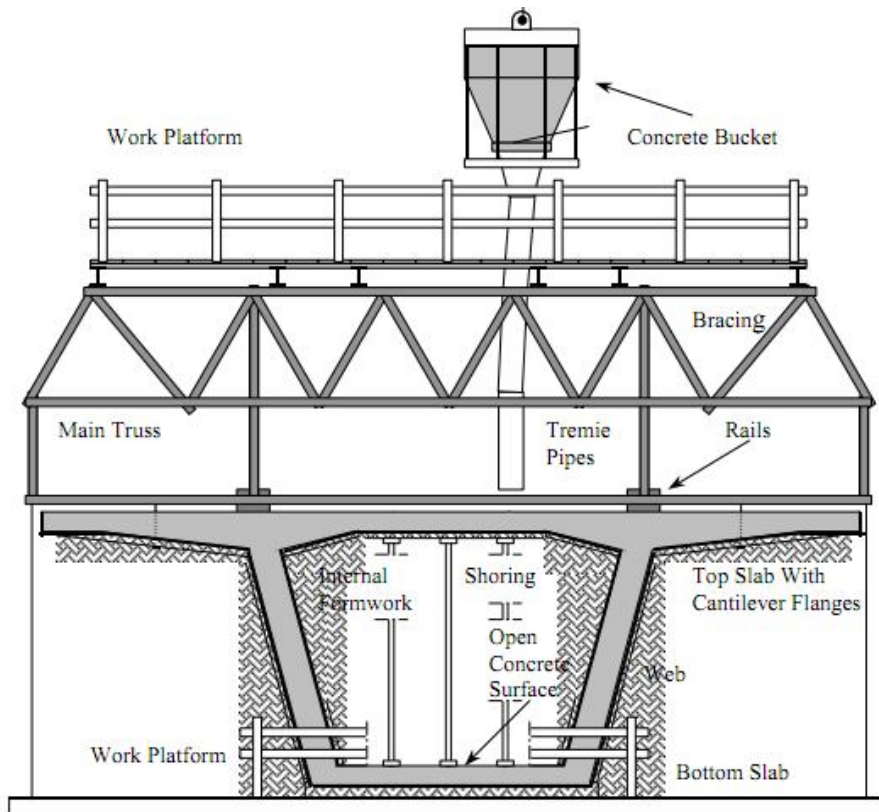
Incremental Launching, Step 2

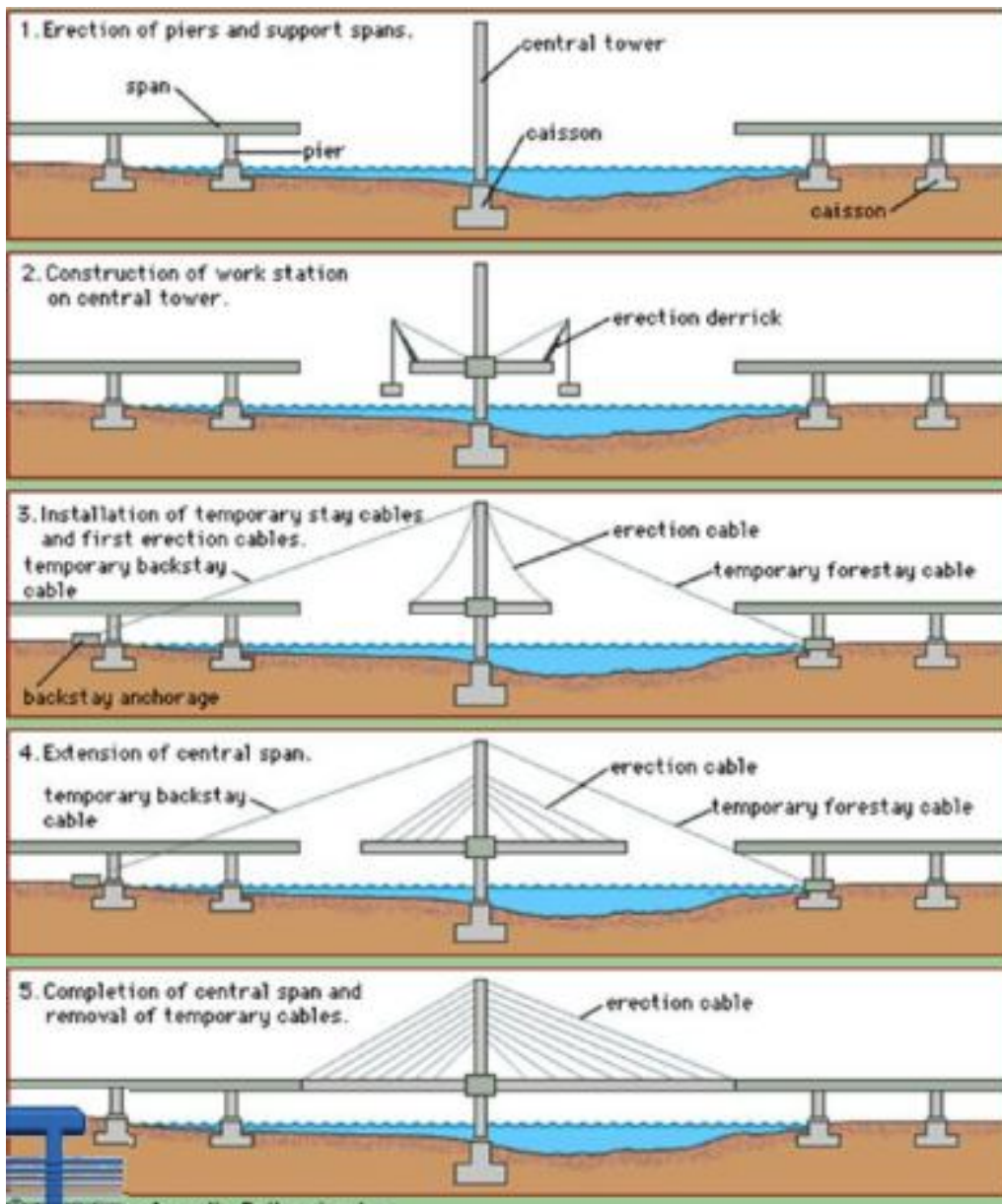


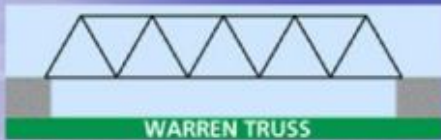


Causes for Cantilever Imbalance

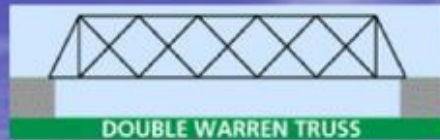
Cause for Imbalance	Example
Non-coincident work progress	Concreting or segment placement faster on one side
Construction inaccuracies	Weight difference between cantilever arms
Site temporary loads	Material stored on cantilever arm
Wind loads	Gales attacking the structure at an angle
Construction accidents	Falling of concreting or placement equipment







WARREN TRUSS



DOUBLE WARREN TRUSS



SUBDIVIDED WARREN TRUSS



QUADRILATERAL WARREN TRUSS

Truss – Other Types



HOWE TRUSS



LENTICULAR TRUSS



FINK TRUSS



HOWE TRUSS (with counter braces)



WICHERT TRUSS



HOWE TRUSS (wooden brace/iron rod)



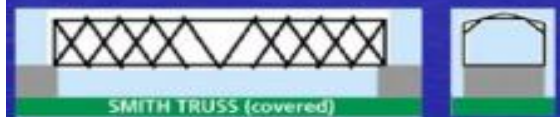
BOLLMAN TRUSS



TOWN LATTICE TRUSS (covered)



HAUPT TRUSS (covered)



SMITH TRUSS (covered)



PARTRIDGE TRUSS (covered)



CHILDS TRUSS (covered)



MULTIPLE KINGPOST TRUSS (covered)



HOWE TRUSS (covered)

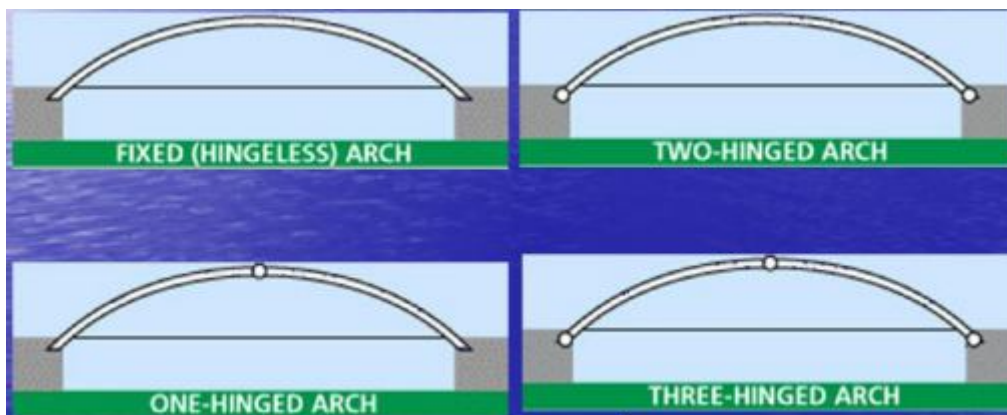
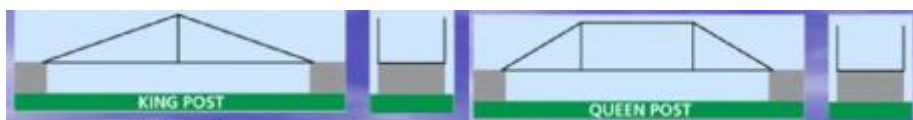
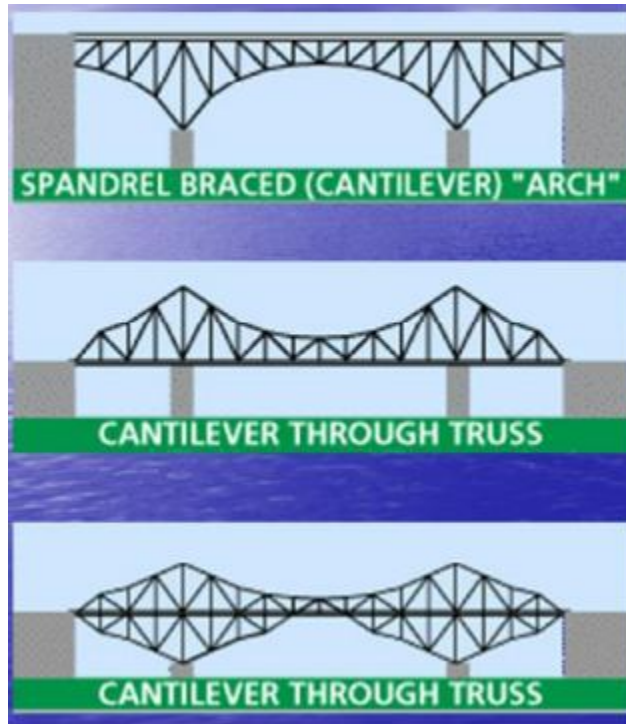


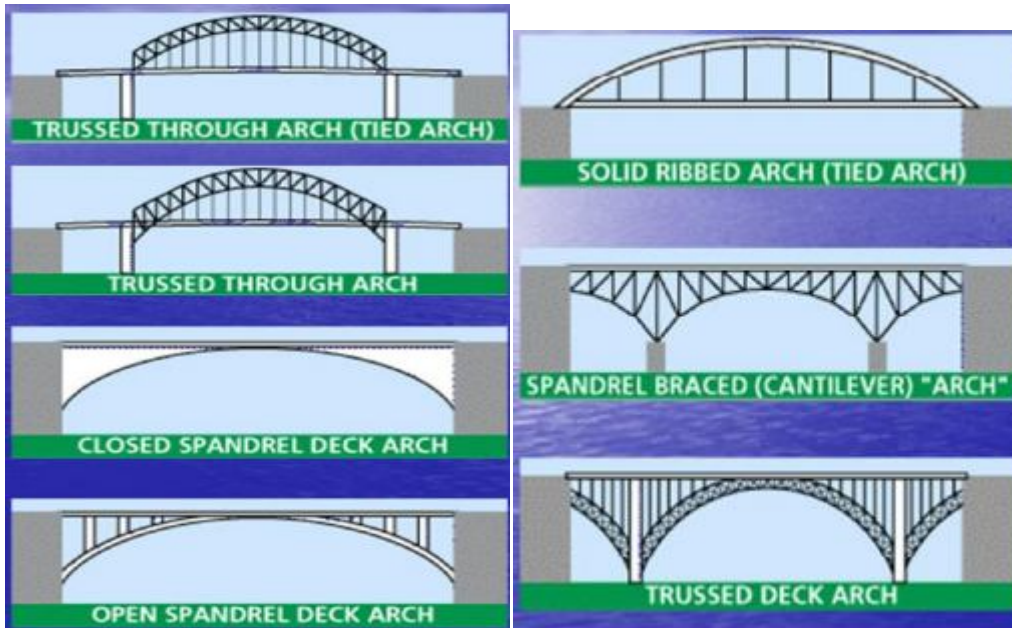
LONG "X" TRUSS (covered)

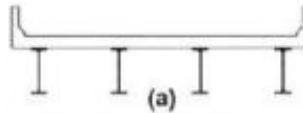
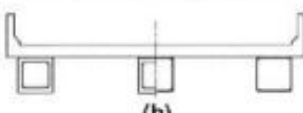
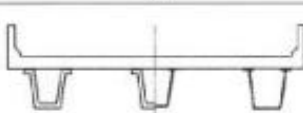
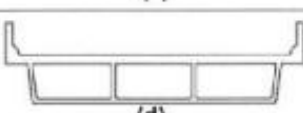
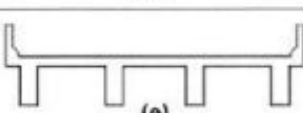
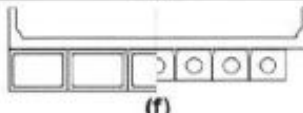
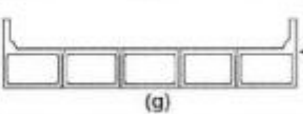


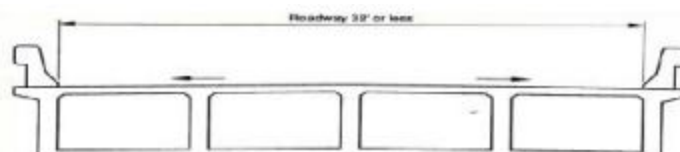
BURR ARCH TRUSS (covered)

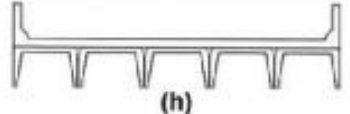
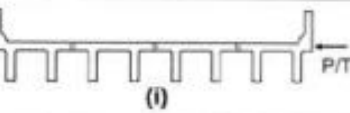
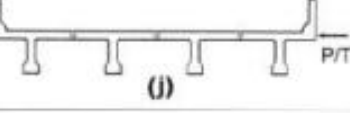
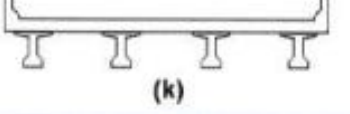


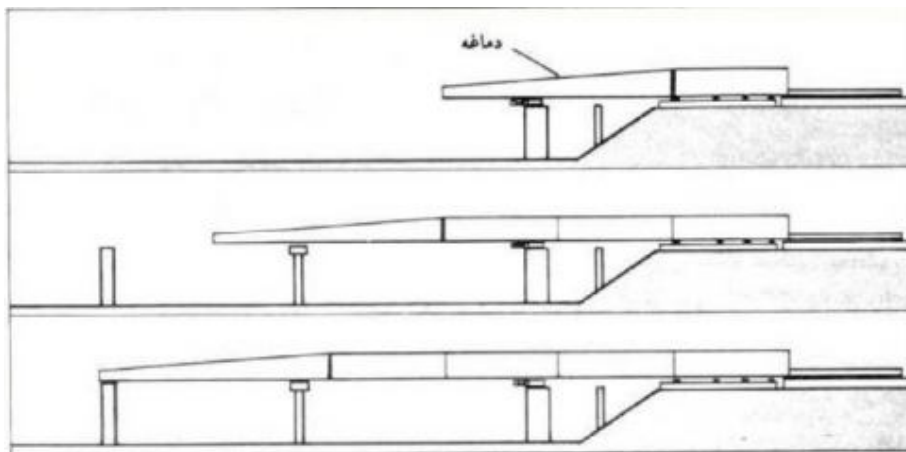




Supporting Components	Type Of Deck	Typical Cross-Section
Steel Beam	Cast-in-place concrete slab, precast concrete slab, steel grid, glued/spiked panels, stressed wood	 (a)
Closed Steel or Precast Concrete Boxes	Cast-in-place concrete slab	 (b)
Open Steel or Precast Concrete Boxes	Cast-in-place concrete slab, precast concrete deck slab	 (c)
Cast-in-Place Concrete Multicell Box	Monolithic concrete	 (d)
Cast-in-Place Concrete Tee Beam	Monolithic concrete	 (e)
Precast Solid, Voided or Cellular Concrete Boxes with Shear Keys	Cast-in-place concrete overlay	 (f)
Precast Solid, Voided, or Cellular Concrete Box with Shear Keys and with or without Transverse Post-Tensioning	Integral concrete	 (g)



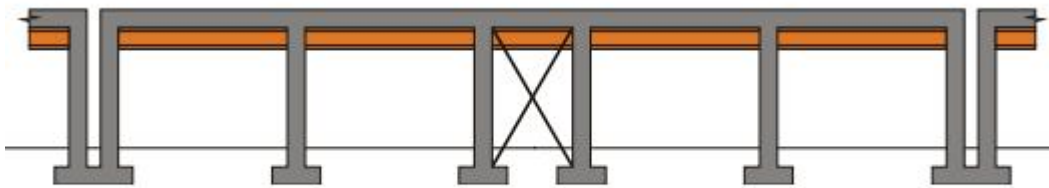
Supporting Components	Type Of Deck	Typical Cross-Section
Precast Concrete Channel Sections with Shear Keys	Cast-in-place concrete overlay	 (h)
Precast Concrete Double Tee Section with Shear Keys and with or without Transverse Post-Tensioning	Integral concrete	 (i)
Precast Concrete Tee Section with Shear Keys and with or without Transverse Post-Tensioning	Integral concrete	 (j)
Precast Concrete I or Bulb-tee Sections	Cast-in-place concrete, precast concrete	 (k)



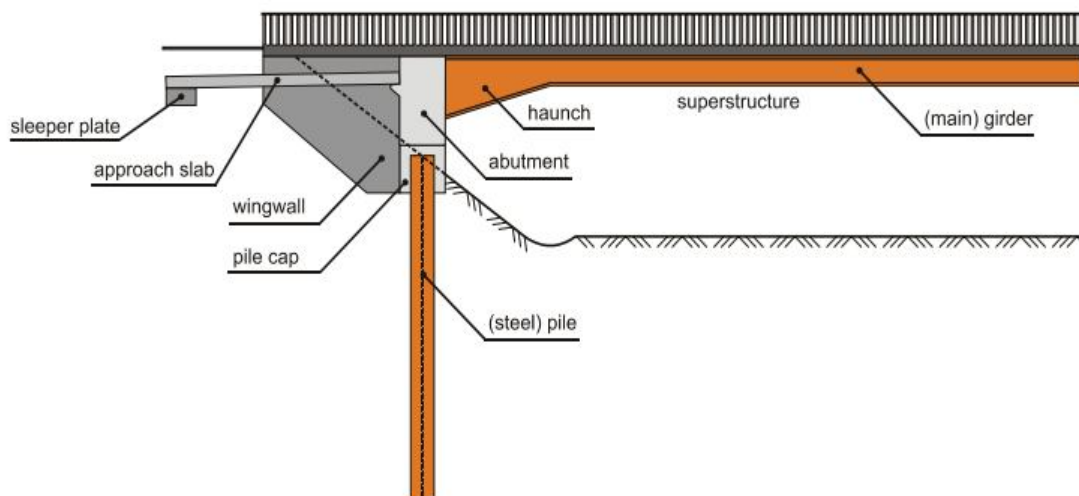
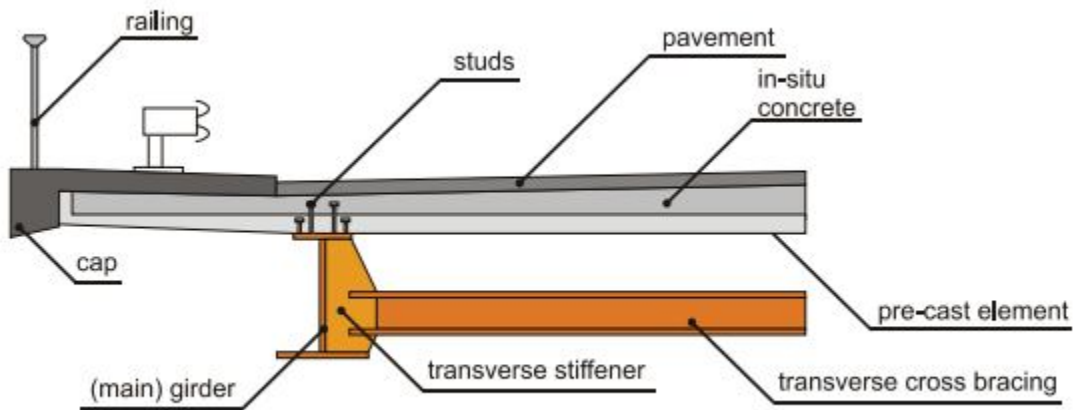
Composite bridge with integral abutments (Munich), Germany

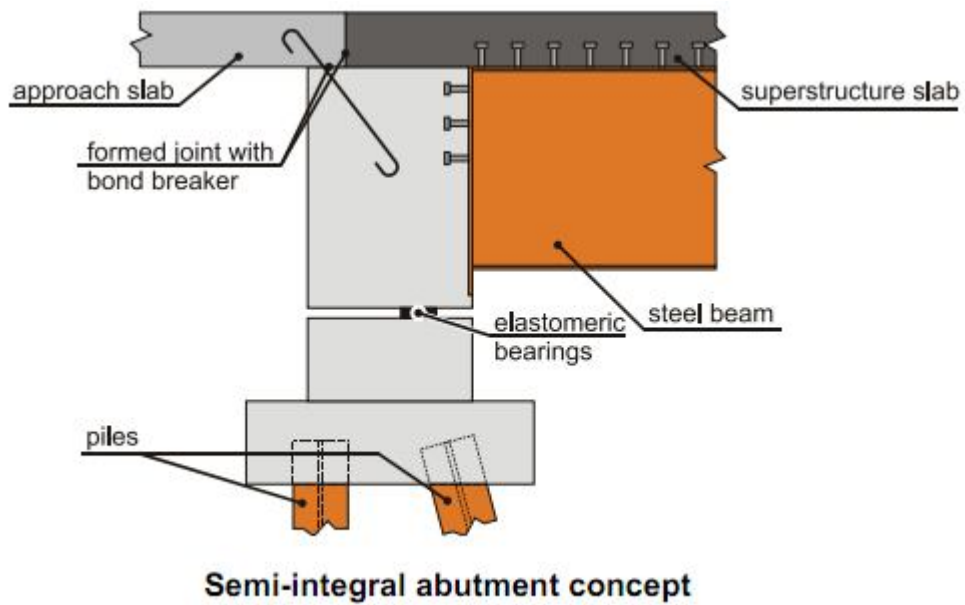
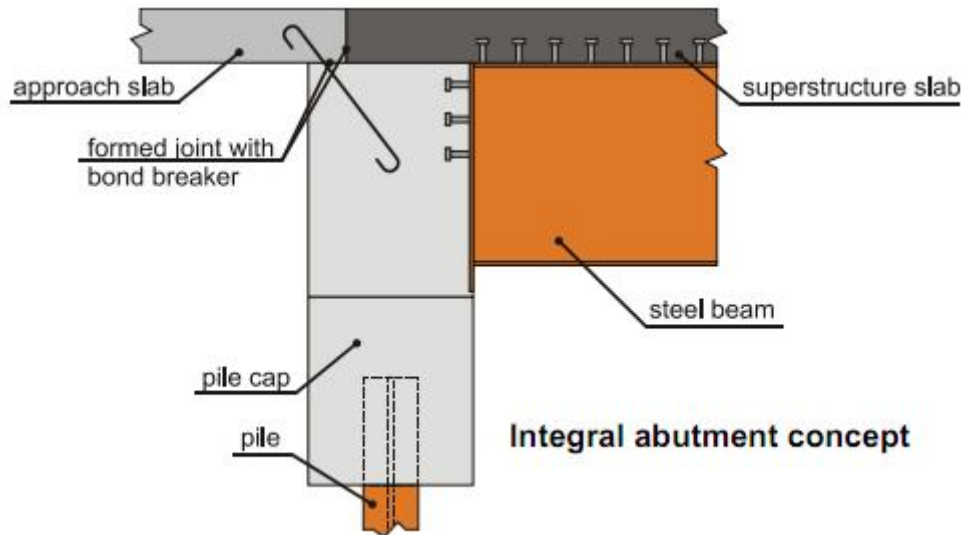


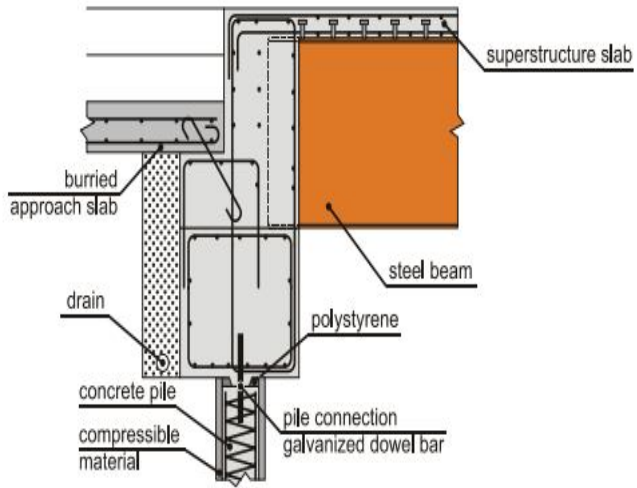
Structure deformed due to railway braking force



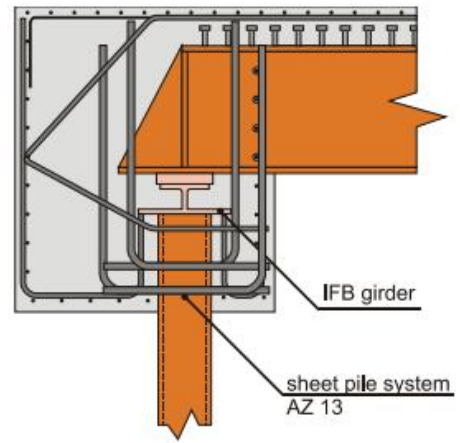
Block unit, long railway viaduct



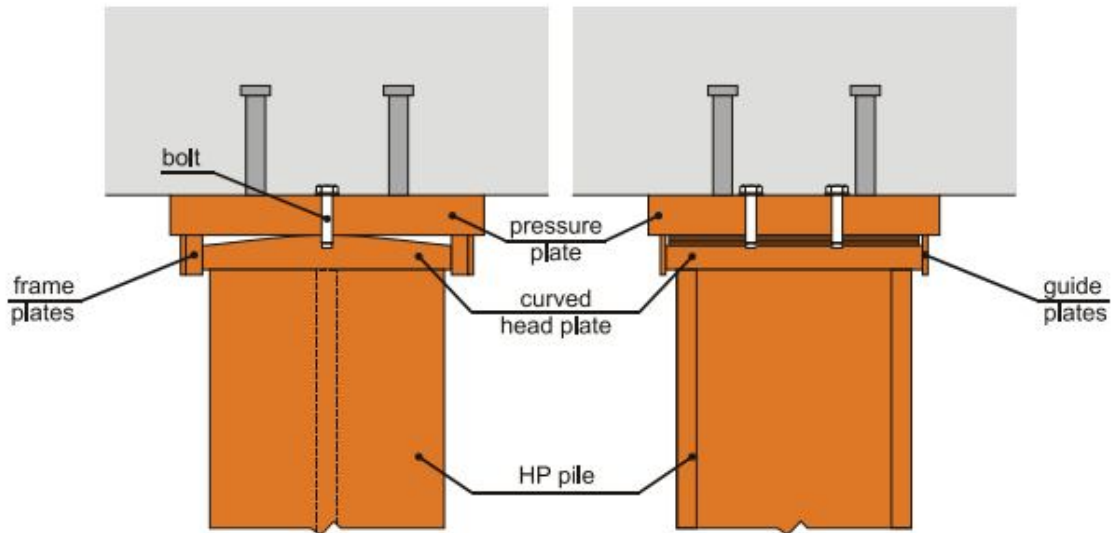




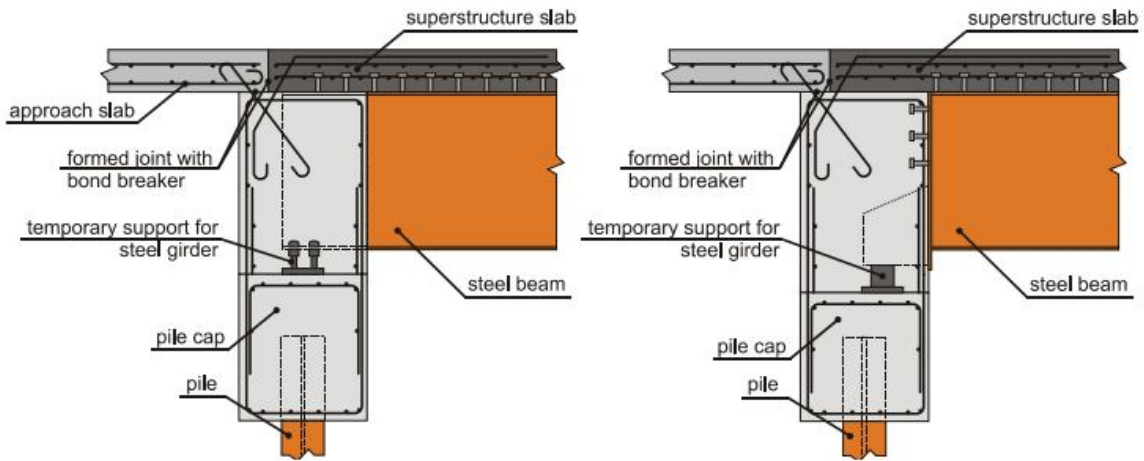
Abutment with hinged-piles



Sheet pile connection

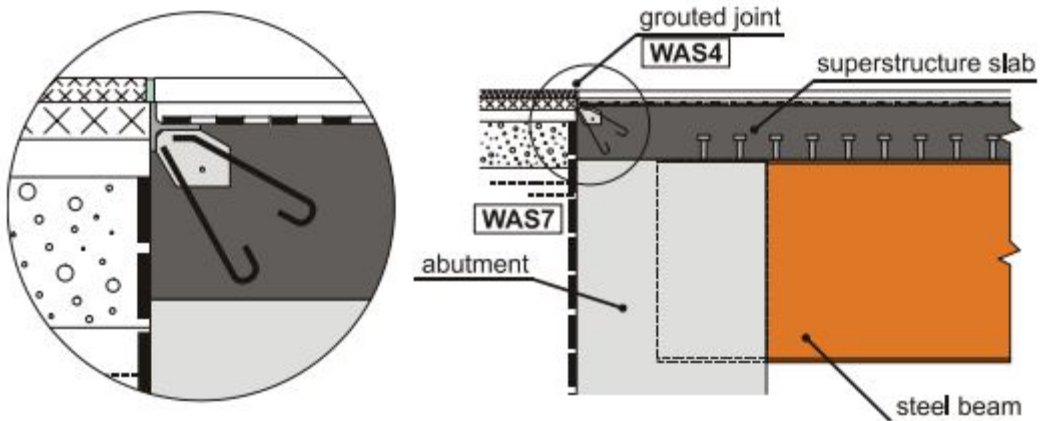
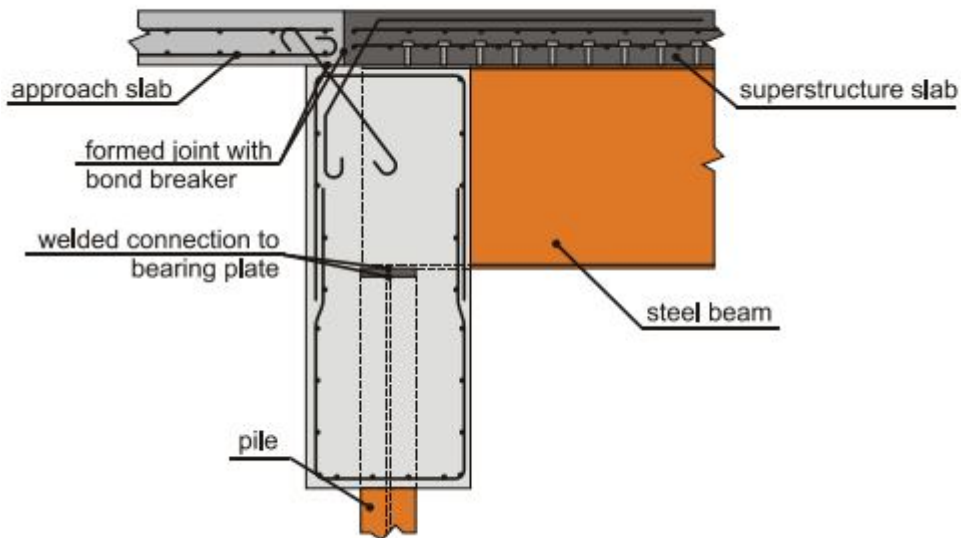


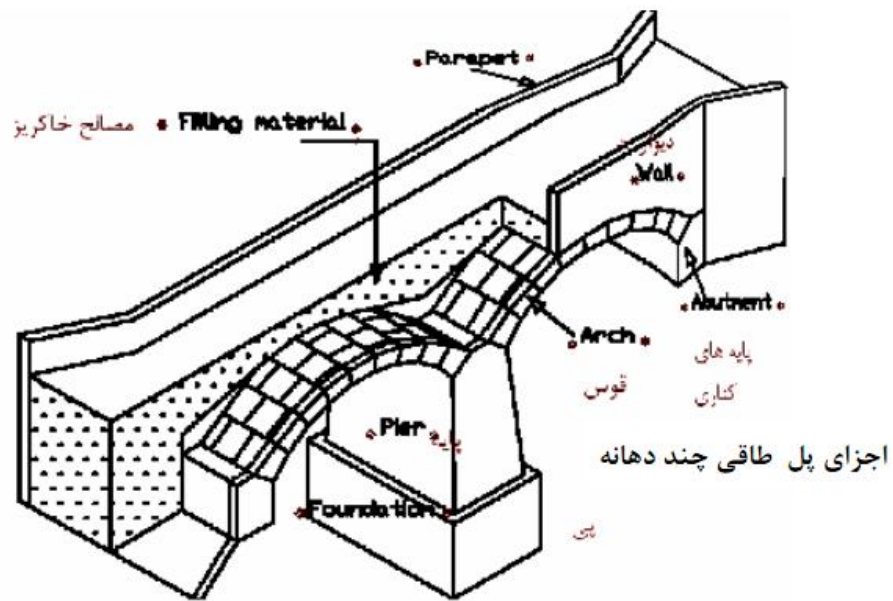
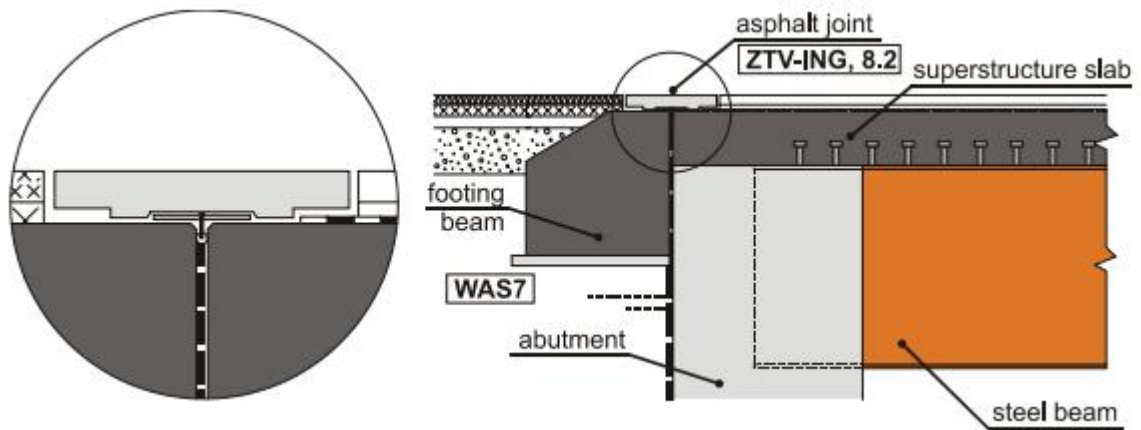
Hinged connection



Girder mounted on levelling bolts / pressure plate on top of a pile cap

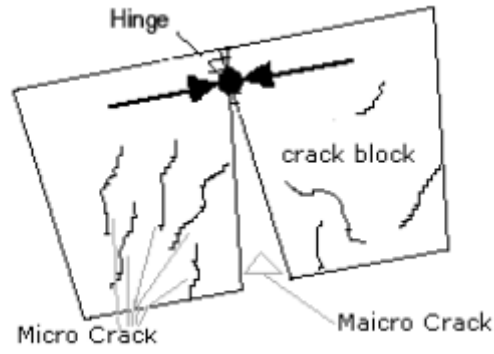
Welded connections between piles and girders





افتادگی قوس ها

افتادگی خیلی کم	$\gamma \leq 0.15$
افتادگی کم	$0.15 \leq \gamma \leq 0.3$
کلاه فرنگی	$0.3 \leq \gamma \leq 0.5$
شاخ بزی	$\gamma \geq 0.5$
دایروی	$\gamma = 0.5$



Wedging



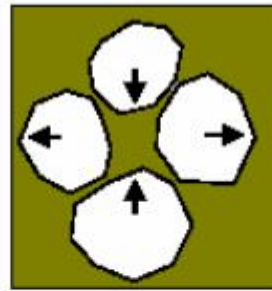
Diagonal shear



"Scissors jack"



Cleaving boulders



Pyramid of spheres



Cracked rock beam

مود خرابی در سنگها



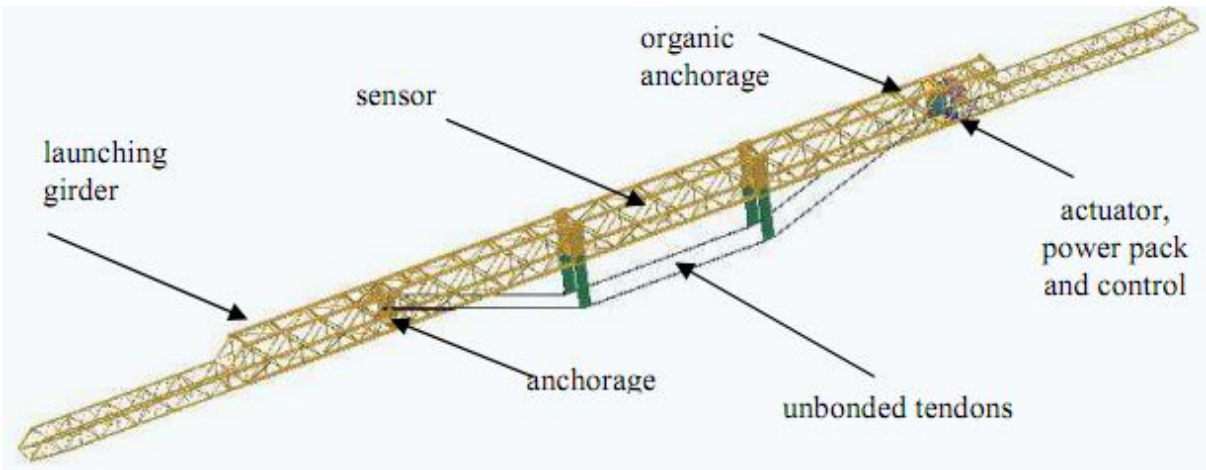
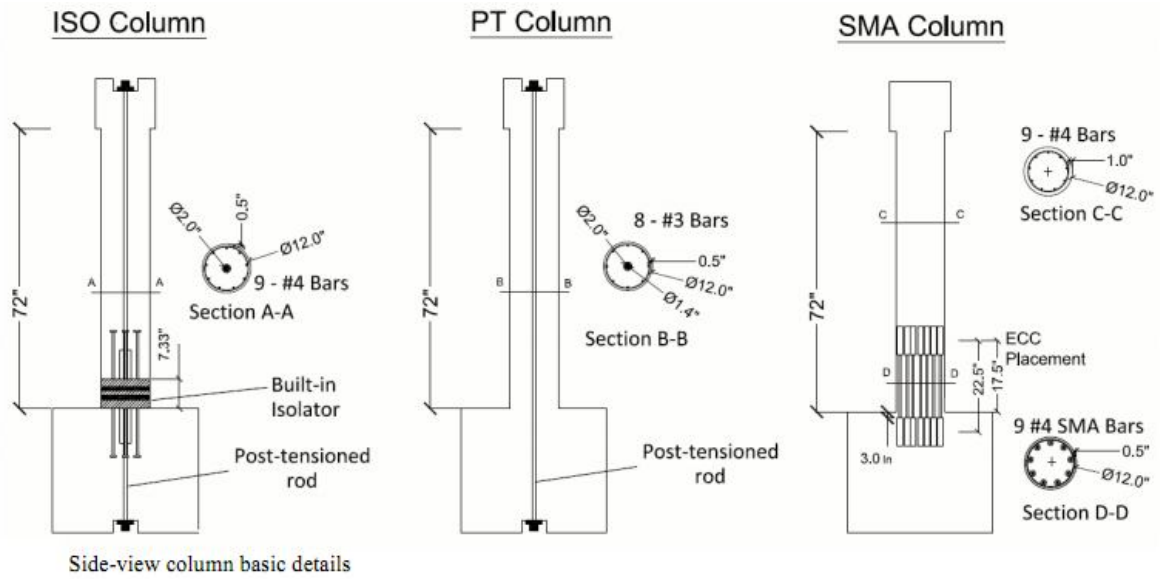
ISO Bent



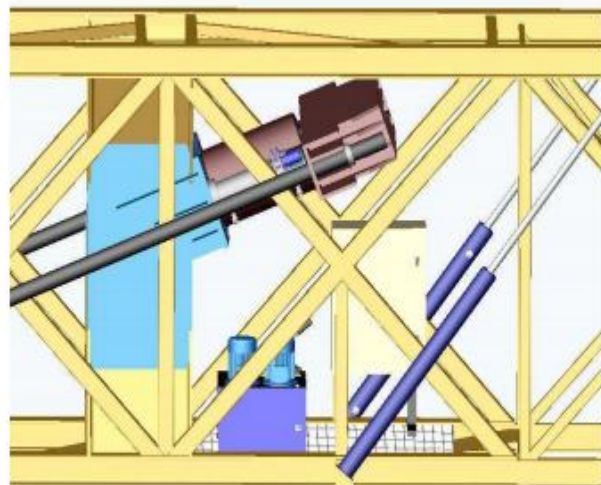
PT Bent



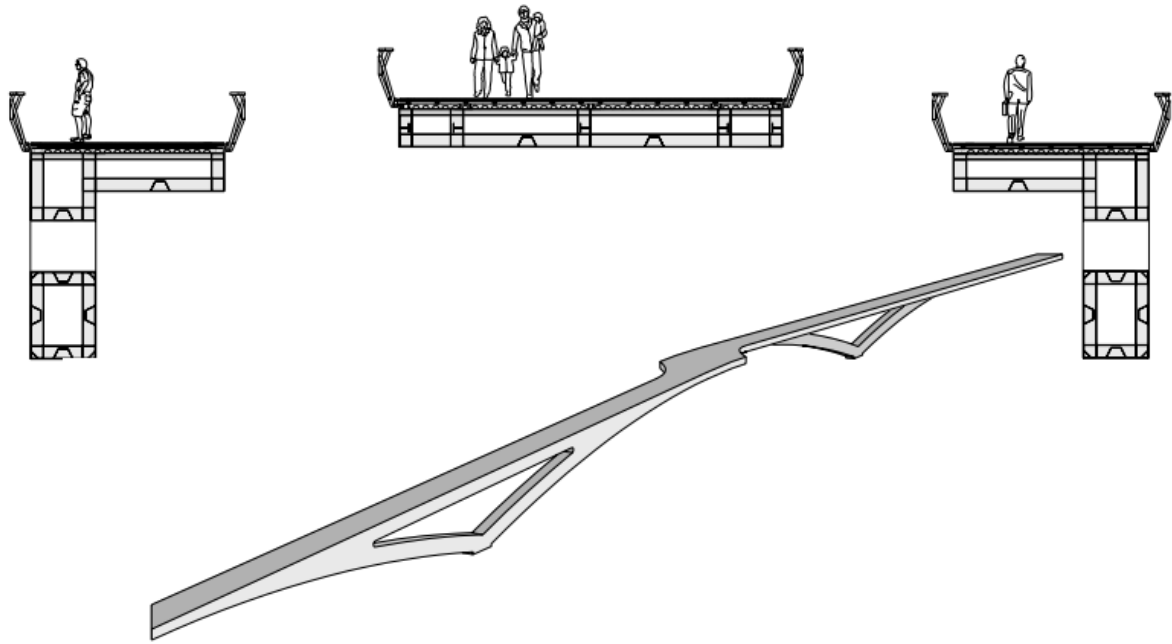
SMA Bent

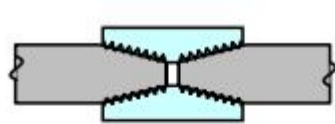


Actuator and organic anchorage

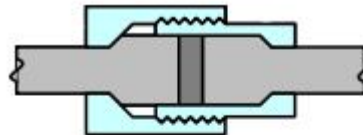


Lateral view of organic anchorage

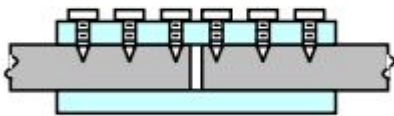




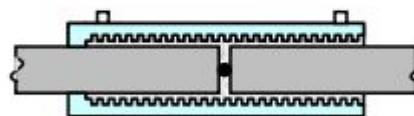
Threaded sleeve



Headed bars with mating sleeves

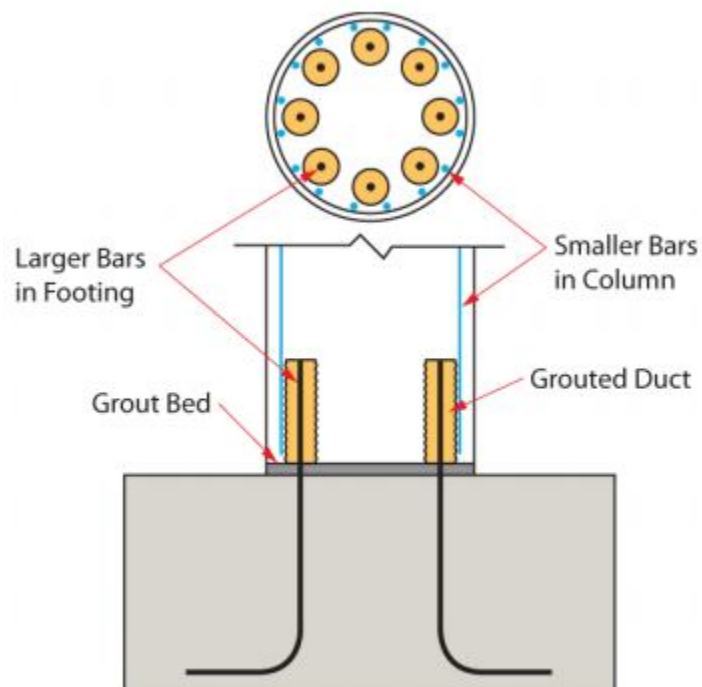


External clamping screws

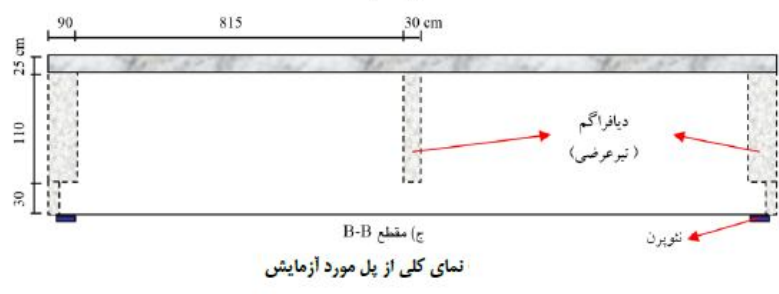
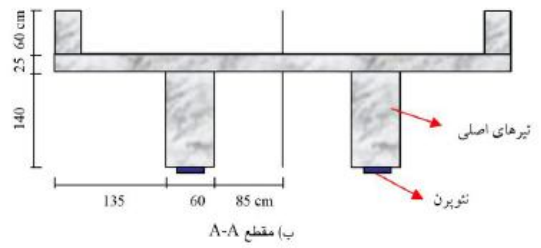


Grouted splice sleeve

Bar coupler types

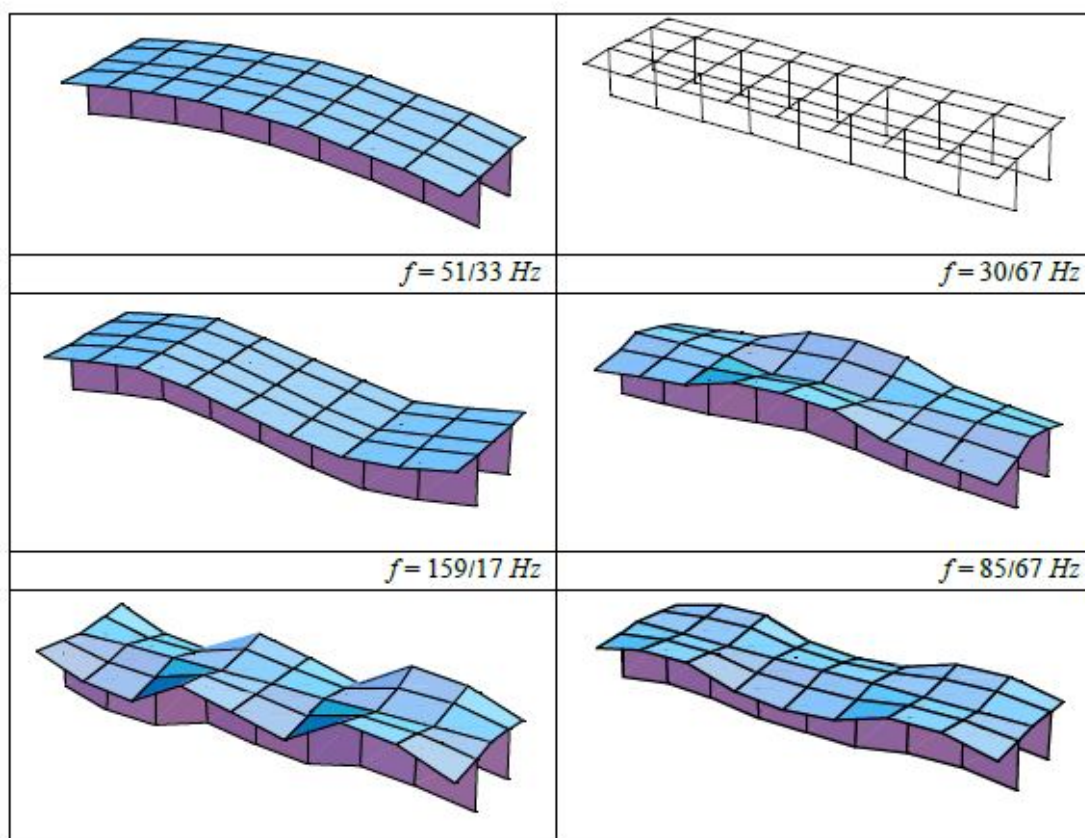
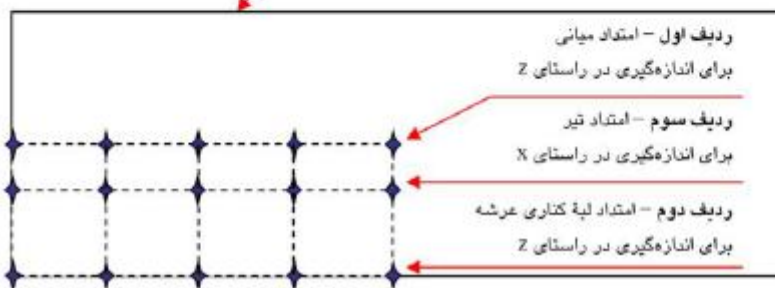


Typical grouted duct

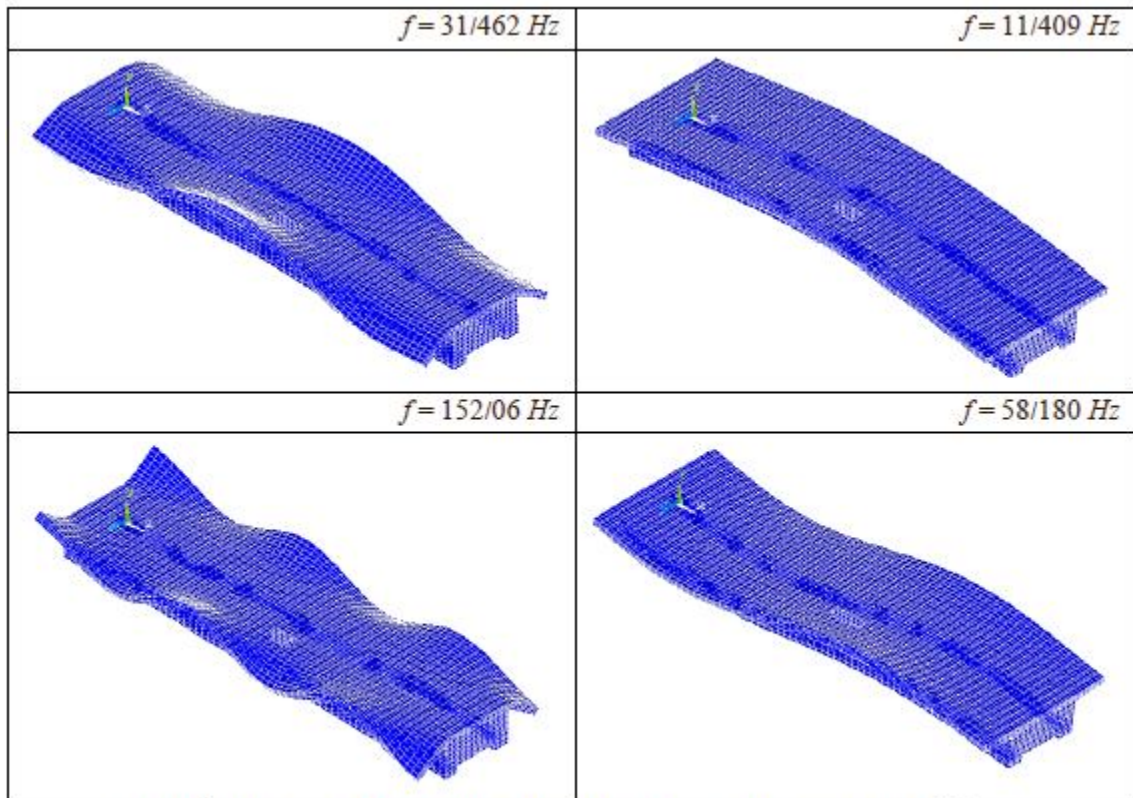




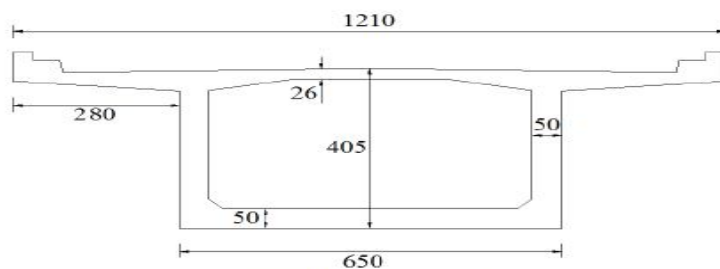
یک چهارم دهانه انتخابی پل برای اندازه‌گیری در آزمایش مودال



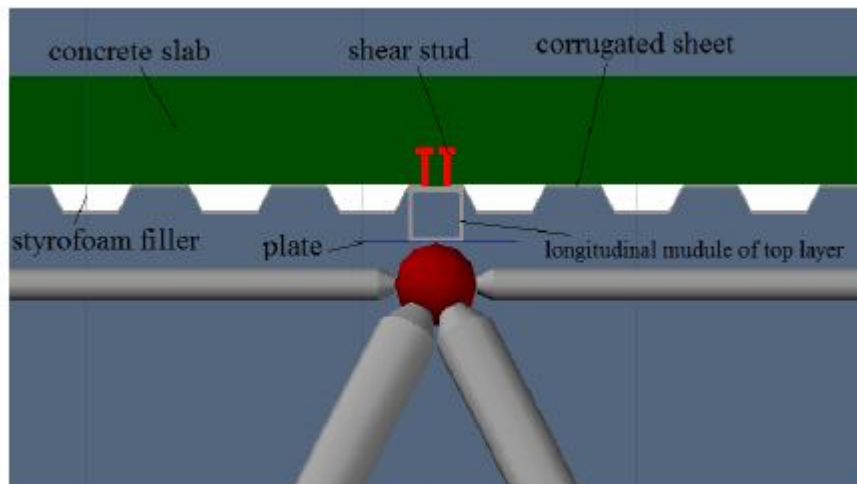
شکل‌های مودی پل حاصل از آزمایش



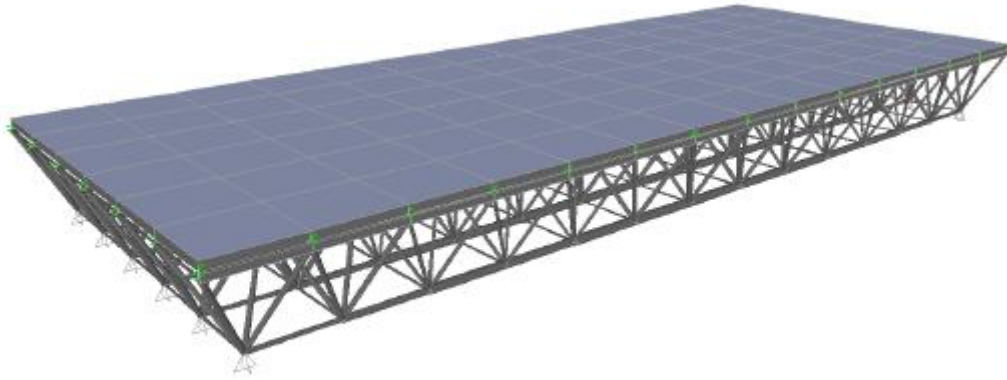
شکل‌های مودی ارتعاش پل حاصل از تحلیل مودال در ANSYS روی مدل تأیید شده



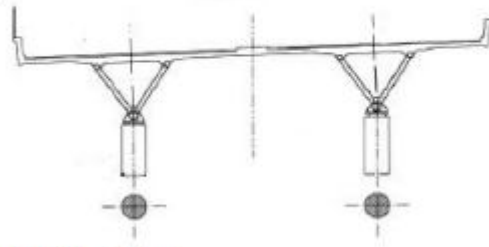
مقطع عرشه در محل پایه ها



جزئیات اتصالات لایه پایین و بالای پل با سیستم باربر عرشه متشکل از شبکه دو لایه



مدل نرم‌افزاری عرشه پل شبکه دو لایه تحت عملکرد کامپوزیت با دال بتنی فوقانی



پل شبکه دو لایه Lully viaduct در کشور سوئیس

$$\Delta_c = \Delta_Y^{col} + \Delta_p$$

$$\Delta_Y^{col} = \frac{L^2}{3} \times \phi_Y$$

$$\Delta_p = \theta_p \times \left(L - \frac{L_p}{2} \right)$$

$$\theta_p = L_p \times \phi_p \quad S_d = 25T^2 \quad (\text{cm}) \quad 0.0 \leq T \leq 0.585 \text{ s}$$

$$\phi_p = \phi_u - \phi_Y \quad S_d = 15T \quad (\text{cm}) \quad T > 0.585 \text{ s}$$

$$S_d = 25T^2 \quad (\text{cm}) \quad 0.0 \leq T \leq 0.585 \text{ s}$$

$$S_d = 15T \quad (\text{cm}) \quad T > 0.585 \text{ s}$$

$$\frac{\delta_u}{H_w} = 0.00023 \frac{H_w}{L_w} \sqrt{\frac{1}{p}}$$

$$\frac{\delta_u}{H_w} = \frac{1.5(S_d)}{H_w}$$

$$\frac{\delta_u}{H_w} = 0.2 \frac{H_w}{L_w} \sqrt{\frac{wg}{E_c p h_s}}$$

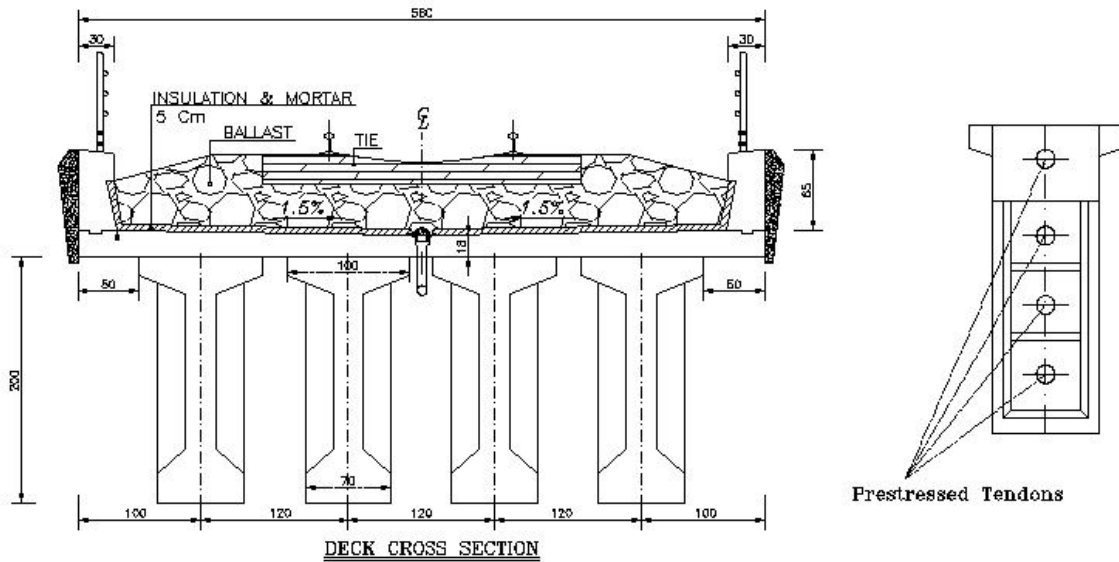
$$\delta_u = \delta_y + \theta_p H_w = \frac{11}{40} \phi_y H_w^2 + \frac{1}{2} (\phi_u - \phi_y) H_w L_w$$

$$\phi_y = \frac{0.0025}{L_w}$$

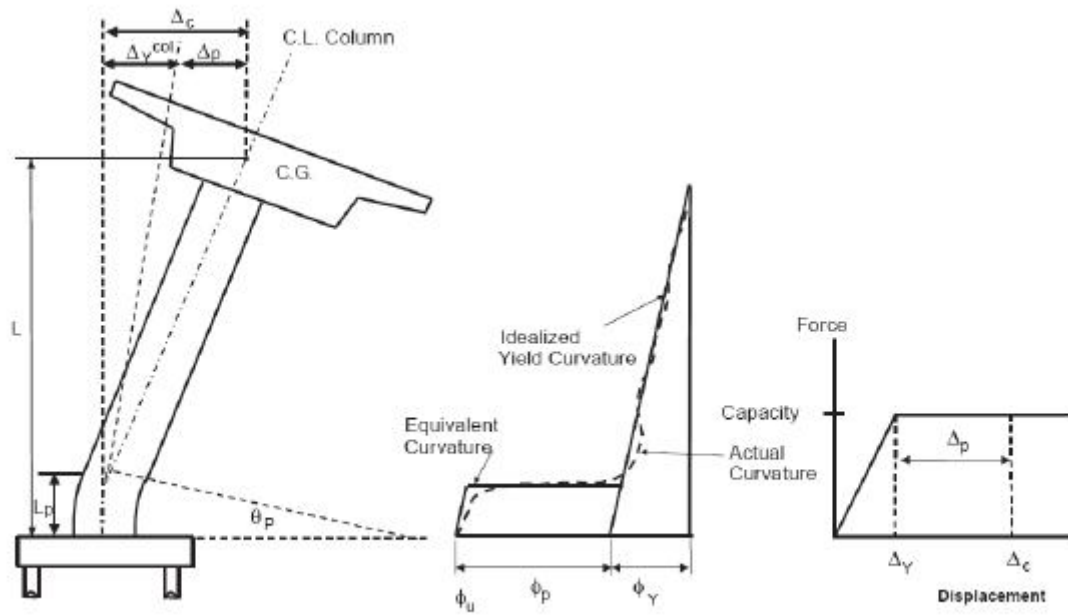
$$\phi_u L_w = 0.0025 \left[1 - \frac{1}{2} \frac{H_w}{L_w} \right] + 2 \frac{\delta_u}{H_w}$$

$$\phi_u L_w = 0.0025 \left[1 - \frac{1}{2} \frac{H_w}{L_w} \right] + 0.00046 \frac{H_w}{L_w} \sqrt{\frac{1}{p}}$$

$$\epsilon_{c, \max} = \left[\frac{\left(\rho + \rho'' - \frac{\gamma}{\alpha_m} \rho' \right) \frac{\alpha_m f_y}{f_c} + \frac{P}{A_w f_c}}{\left(0.85 \beta_1 + 2 \rho'' \frac{\alpha_m f_y}{f_c} \right)} \right] \phi_u L_w$$

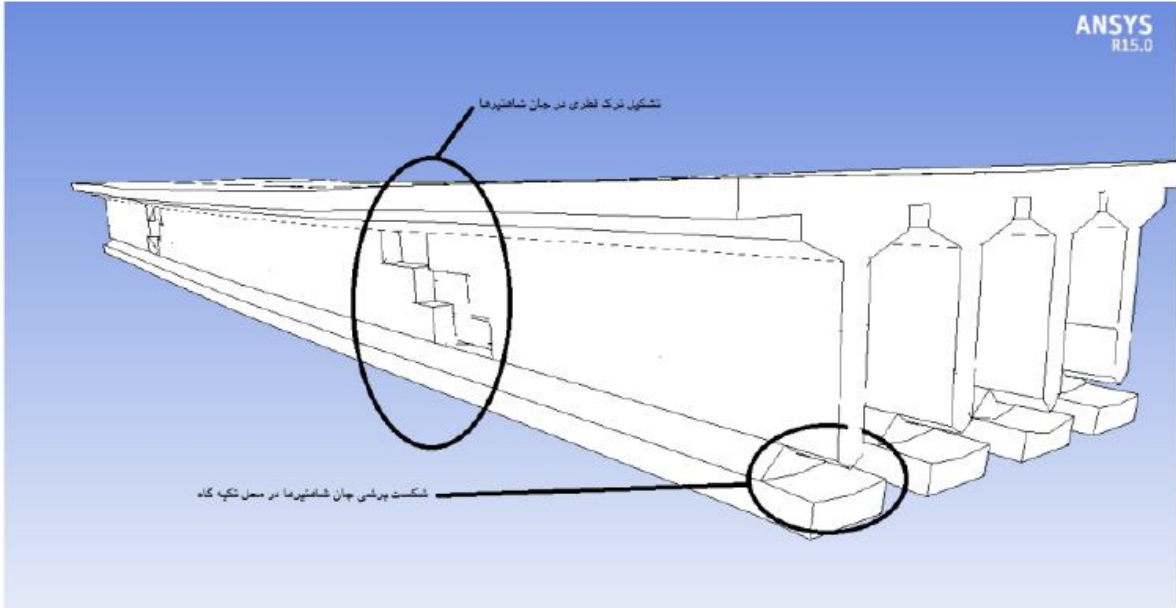


مقطع عرشه پل و محل قرارگیری کابل‌های پیش‌تندگی



Displacement capacity of a RC pier wall

Reference	Purpose	Methodology	Conclusion
Moselhi and shehab-eldeen [1]	Classification of defects in sewer pipes	Image processing, and back-propagation neural network	Classification of defects in four categories: cracks, joint displacements, reduction of cross-sectional area, and spalling
Chae and Abraham [2]	Sanitary sewer pipeline condition assessment	Morphological image processing, and neuro-fuzzy systems	Classification of condition of pipes in three categories: joints, laterals, and cracks
Abdel-Qader et al. [3]	Crack identification in bridges	Four edge detection techniques for image processing: Canny, Sobel, FHT, and FFT	Better performance of FHT algorithm with 86% overall accuracy
Abdel-Qader et al. [5]	Automating inception of cracks in bridges	Image processing, and principal component analysis (PCA) to identify clusters using a database of bridge images	73% accuracy for detecting cracks by using proposed method
Hutchinson and Chen [6]	Concrete damage evaluation	Utilizing two algorithms of edge detection, Canny and FHT. Using of ROC and Bayesian decision theory for selecting optimum parameters	Detection of damages with minimal computational effort and high accuracy
Yamaguchi et al. [7]	Automated crack detection for concrete surface	Image processing technique based on the percolation model	More accuracy of proposed model than the conventional methods
Yamaguchi et al. [8]	Crack detection for real concrete surfaces	Improvement of previous percolation method based on the shapes and brightness with noise reduction and binarization	Robustness to noises and highly accurate crack detection
Yamaguchi and Hashimoto [9]	Crack detection for large-size concrete surface	Percolation method for image processing, termination- and skip-added procedures to reduce the computation time	High accuracy, fast, and minimum computational costs of proposed model
Zhu et al. [10]	Retrieval of concrete crack properties for automated post-earthquake structural safety evaluation	Percolation model for image processing, image thinning algorithm for crack retrieval, Euclidean distance transform for calculating the distance field	Detection of cracks and retrieval of crack properties, such as length, orientation and width
Fujita and Hamamoto [11]	Automatic crack detection from noisy concrete surfaces	Using median filter and a multi-scale line filter with the hessian matrix for preprocessing, probabilistic relaxation for detecting cracks	Crack detection of noisy concrete images with high accuracy
Nishikawa et al. [12]	Concrete crack detection	Utilizing multisequential image filter which is developed for detecting cracks using a SACIF (system for automatic construction of image filter) aided by Genetic programming	The filter accurately detects large cracks and considerably reduce the noise
Walter et al. [13]	Developing a robotic system, the damage measuring and cleaning system (SVM-RS)	Using percolation method for image processing	Inspecting large-diameter sewers
Jahanshahi et al. [14]	Detection and quantification of cracks in concrete structures	Using depth perception to detect cracks and quantify their thickness, neural network, support vector machine, and a nearest-neighbor classifier	Detection of cracks from non-cracks and quantify crack width and orientation
Lattanzi et al. [15]	Detecting cracks in concrete images for field inspection	Using of unsupervised machine learning (k-means) for image segmentation	Detection of cracks in images, proposed method is invariant to crack size and orientation which is appropriate for field inspection



خرابی در شاهتیرها



damaged expansion joint bridge



Weak at the junction of the deck and the abutment is reduced

Lack difficulty in crossing vehicles

Resistance to heavy loads and wheel vehicle, versus high speed and vibrations

Resistance to heavv loads and wheel vehicle. versus high speed and vibrations

Resistance versus different environmental factors

*Resistance versus different environmental factors
have Appropriate drainage system and waterproof
The ease of service and maintenance*



Risks of Chemical Damage



Damage of Asphalt



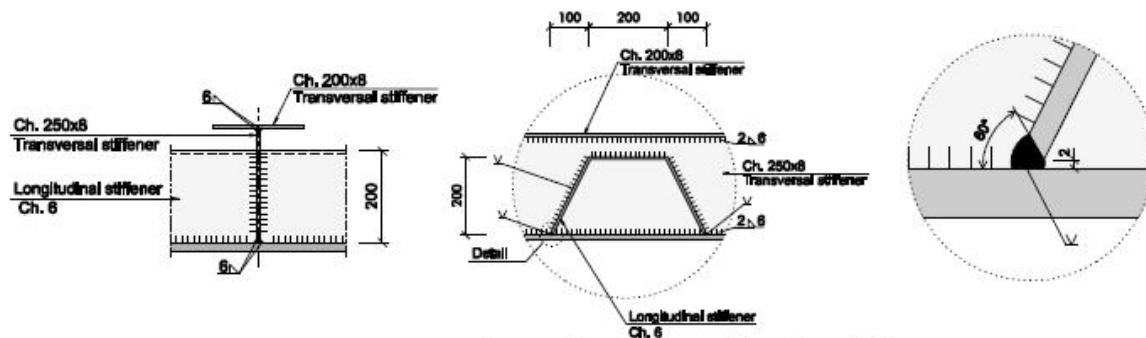
Damage of Wall Deck

1. The lower water-cement ratio
2. The minimum fine aggregate with coarse aggregate in comparison. The minimum amount for determined in concrete trowel proper .
3. Selection of good aggregate size and clean
4. Water-reducing additives to reduce the water-cement ratio
5. Low slump concrete
6. Proper compaction of concrete
7. Proper curing and surface linkage of the concrete immediately after concrete placement

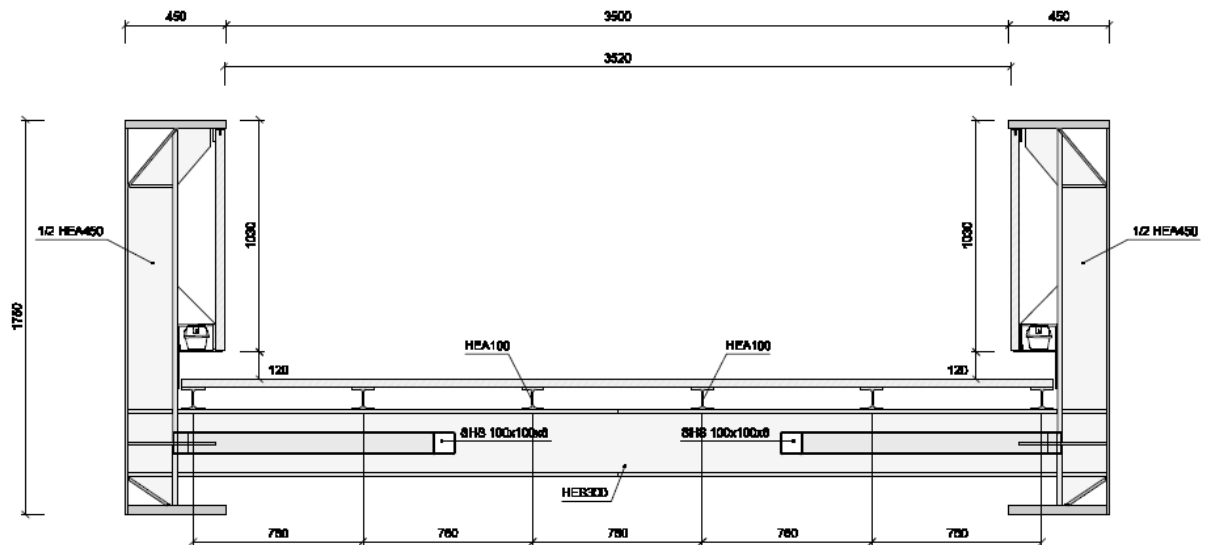


Damage of Superstructure

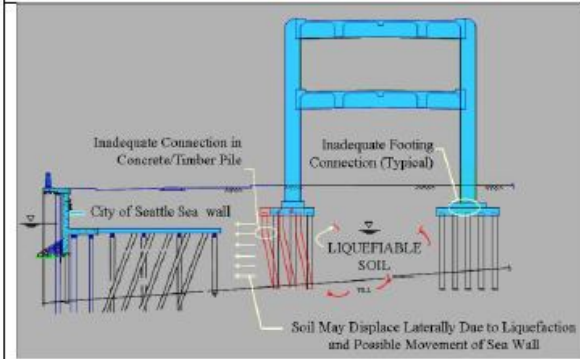
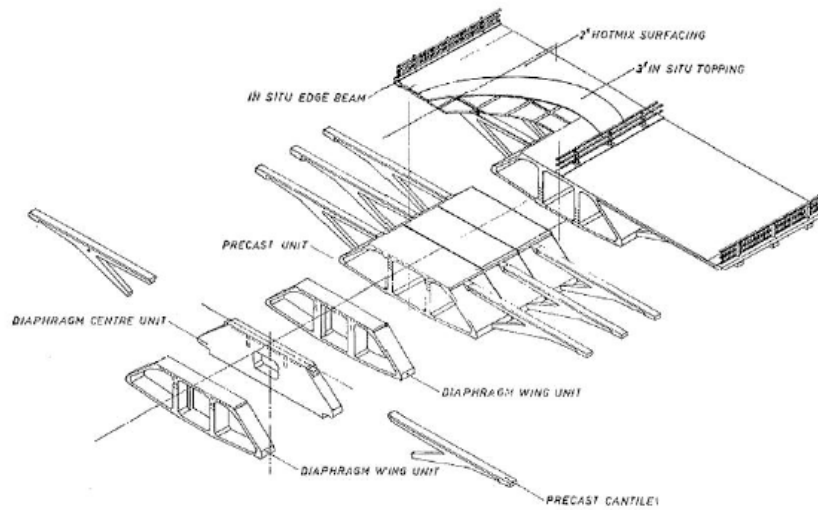
- accommodate all movements of the structure, both horizontal and vertical*
- withstand all applied loadings*
- have a good riding quality without causing inconvenience or a hazard to any class of road user (including cyclists, pedestrians and animals)*
- not present a skid hazard*
- be silent and vibration free in operation*
- resist corrosion and withstand attack from grit and chemicals*
- require little or no maintenance*
- allow easy inspection, maintenance, repair or replacement*



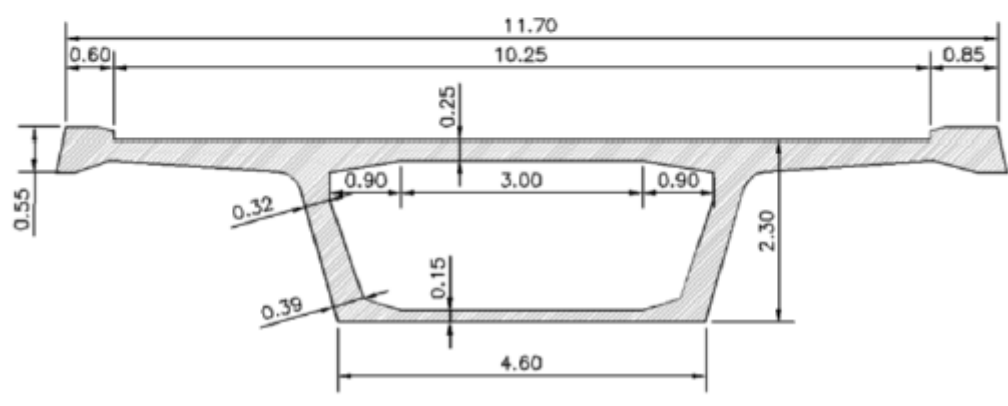
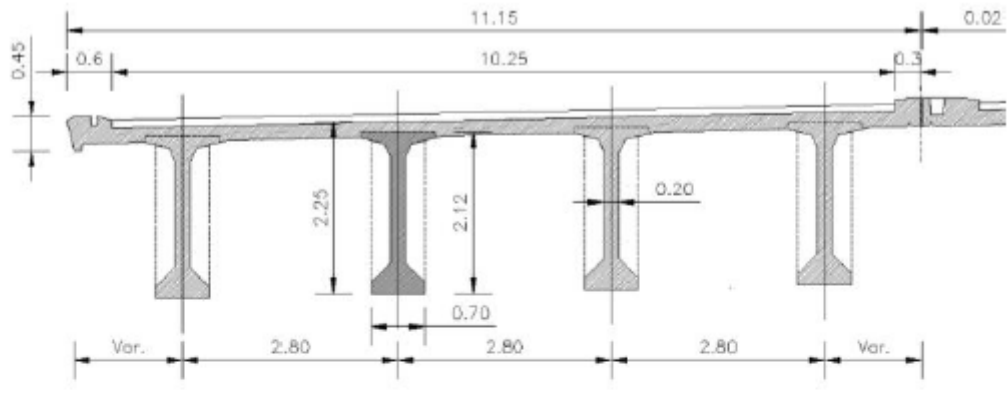
Transversal and longitudinal stiffeners



- Higher load capacity;
- Reduction of the equipment weight;
- Reduction of the acquisition costs;
- Reduction of operational costs;
- Mid-span deflection control and ability to program deflections;
- Continuous monitoring of the scaffolding structure, enabling higher safety levels;
- Simplicity of steel connections (maximum tensions substantially reduced);
- Ability to construct cast in situ concrete bridge decks with spans ranging from 70 m to 90 m.

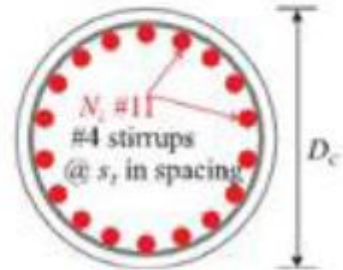
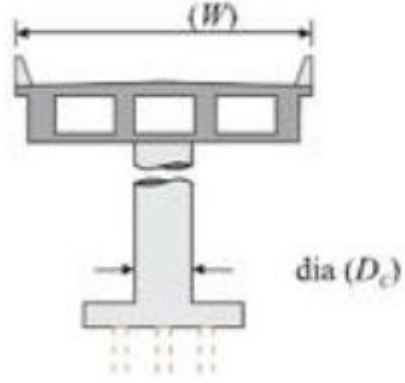
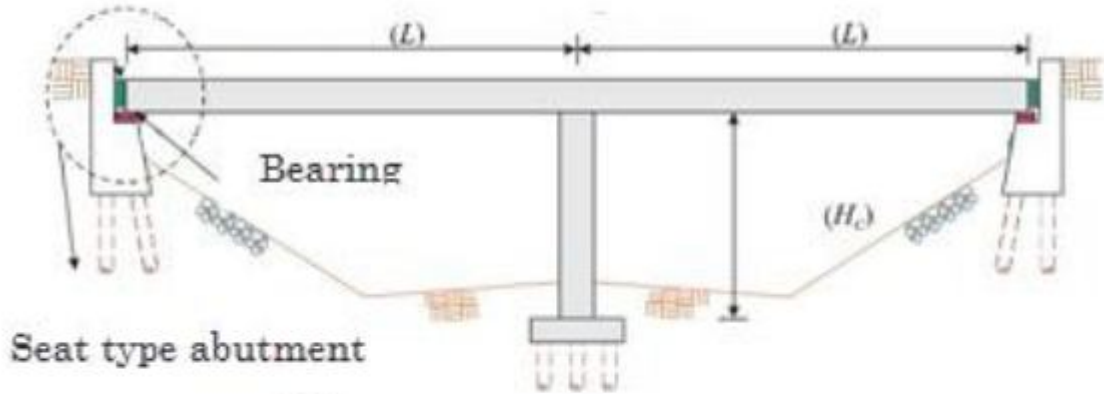


Seismic Rehabilitation Projects



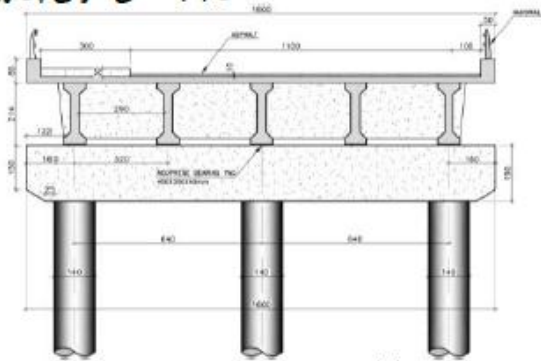
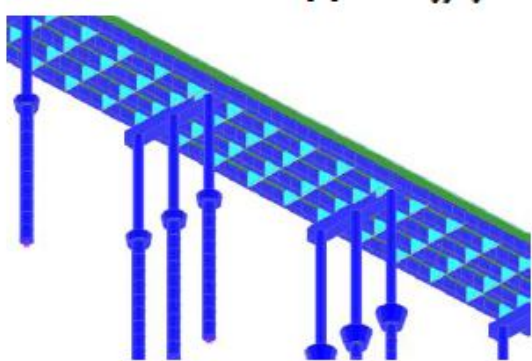
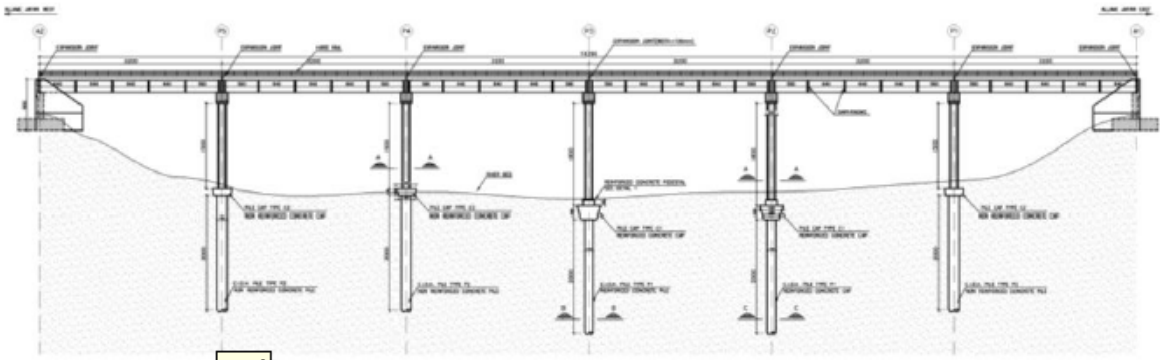
Distresses	Condition Assessment Methods
Air Pockets and Honeycombing	Chain Dragging, Coring, Ground Penetrating Radar, Hammer Sounding, Impact-Echo, Ultrasonics, Visual Inspection
Alkali-Silica Reaction	Coring, Petrographic Analysis, Visual Inspection
Carbonation	Coring, Penetration Dyes, Petrographic Analysis
Chloride-Induced Corrosion	Chloride Concentration Testing, Coring, Half-Cell Potential, Rapid Chloride Permeability, Resistivity
Cracking	Impact-Echo, Penetration Dyes, Ultrasonics, Visual Inspection
Delamination	Chain Dragging, Coring, Ground Penetrating Radar, Hammer Sounding, Impact-Echo, Infrared Thermography, Ultrasonics
Polishing	Skid Resistance Testing
Popouts	Visual Inspection
Potholing	Visual Inspection
Scaling	Visual Inspection
Spalling	Visual Inspection
Sulfate Attack	Coring, Petrographic Analysis

Longitudinal view of the bridge



Bridge frame cross section

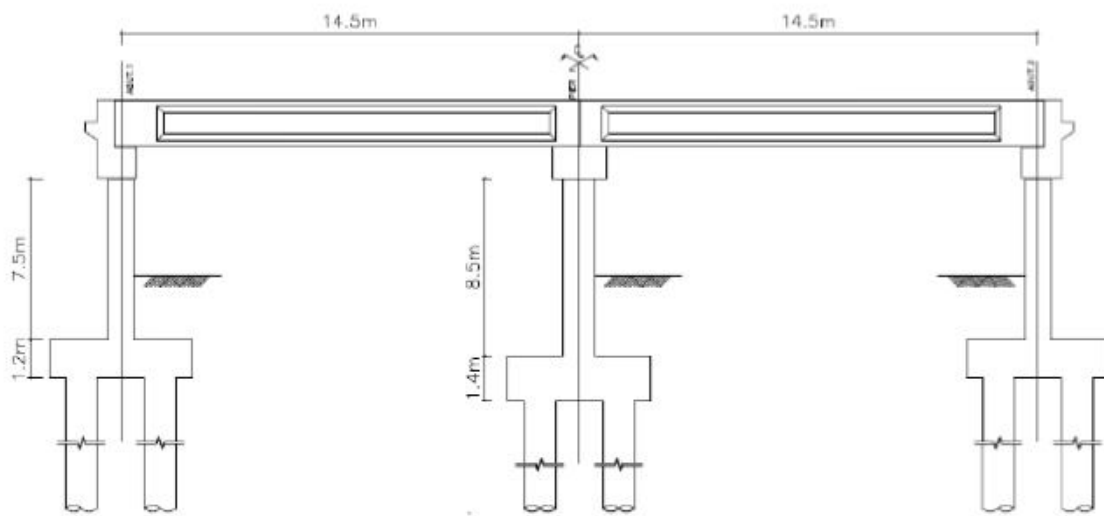
Column type section



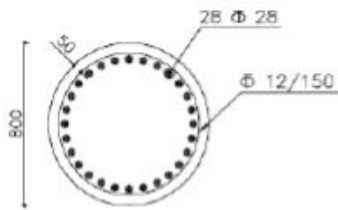
سیستم زیرسازه و مدل سازی صورت گرفته جهت تحلیل آسیب پذیری لرزه ای



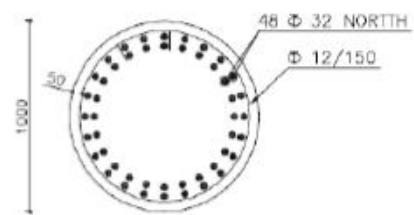
اتصالات خمشی زانویی



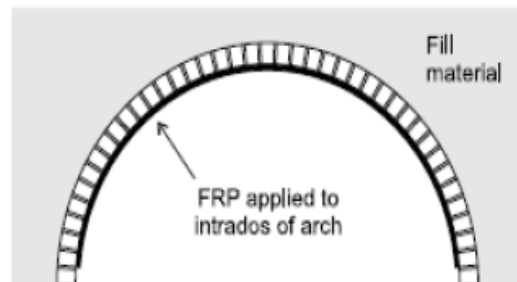
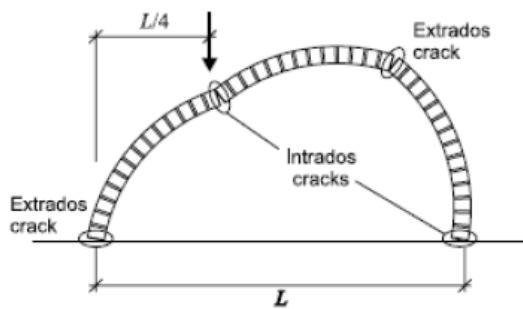
نمای طولی پل

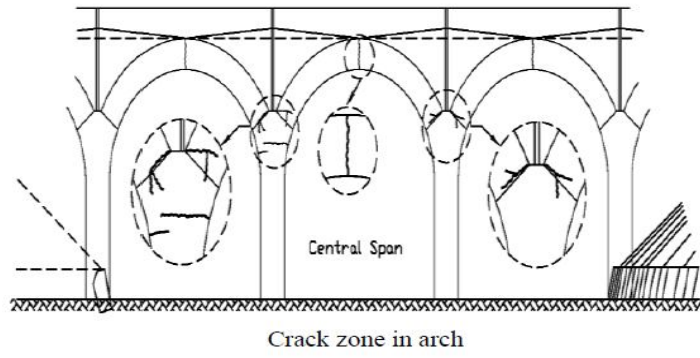


مقطع ستون‌های پایه‌های کناری



مقطع ستون‌های پایه میانی



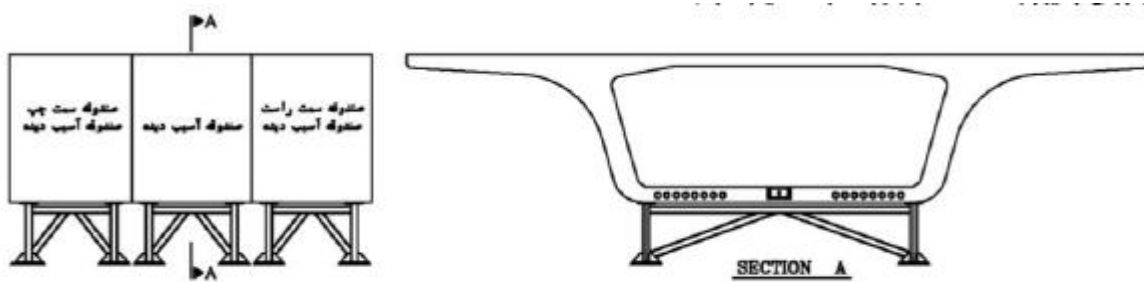


(الف)



(ب)

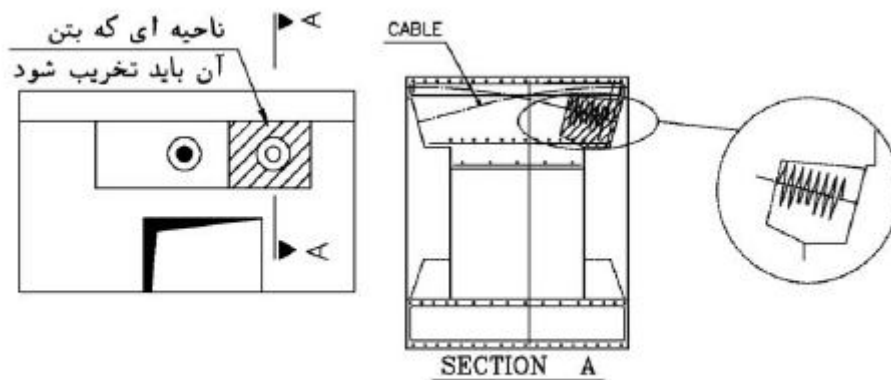
نمایی از پل بتنی عابر پیاده بابلسر قبل و ۲ سال بعد از بازسازی،



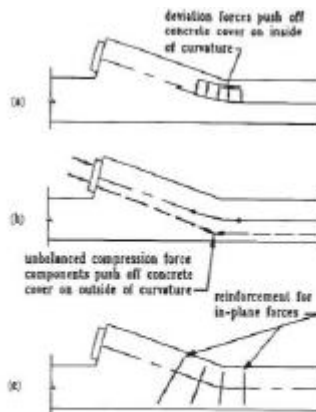
شکست برشی در بال تحتانی در هردو وجه صندوقه



گیره انتهایی به همراه دورپیچ
دور شیپوری انتهایی



ناحیه تخریب بتن



نیروهای تعادلی در محل قوس کابل
قوس کابل

- 1-Sukhen Chatterjee, The Design of Modern Steel Bridges, Blackwell science
- 2-LRFD Design Example For Steel Girder Superstructure Bridge, December 2003, FHWA NHI-04-041
- 3-Steel Bridge Bearing Design and Detailing Guidelines, AASHTO/NSBA Steel Bridge Collaboration – 2004
- 4-Recent Advances in Bridge Engineering, JMBT Structures Research Inc. Canada, June 2008
- 5-Philippe Vion - Emmanuel Bouchon ,Prestressed concrete bridges built by the cantilever method Design and stability during erection,SETRA
- 6-Repair and Strengthening of Railway Bridges, Sustainable Bridges, Literature and Research ReportExtended Summary,2007
- 7-W. Jay Rohleder Segmental Bridge Technology –Established and Evolving,MCEER

- 8-M.J.N.Priestley,F.Seible,G.M.Calvi Seismic Design and retrofit of bridges , WILEY 1996
- 9-Nigel R.Hewson Pre stressed Concrete bridges Design and Construction,Thomas Telford,2003
- 10-Robert Benaim the design of Pre stressed Concrete bridges Concepts and Principles, Taylor and Francis, 2008
- 11-C.Menn Pre stressed Concrete Bridges , Springer 1996
- 12-Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges, AASHTO 1999
- 13-Guidelines for the design of foot bridges , CEB FIP
- 14-Hand book Design of bridges based on Euro code , 2005
- 15-Petros, Theory and Design of Bridges , John Wiley,1994
- 16-Seismic bridge design and retrofit-structural solutions ,CEB FIP State of art report may 2007
- 17-Bjorn Akesson understanding bridge collapse Taylor and francis 2008
- 18-Y.B.Yang,J.D.Yau,Y.S.Wu "Vehicle- bridge interaction dynamics"world scientific 2004
- 19-Brian Pritcahard Bride design for economy and durability ,1992
- 20-Wai-Fah Chen, Lian Duan Bride engineering CRC press 2003
- 21-Amr S Elnashai,Luigi Di Sarno Fundamentals of Earthquake engineering ,wiley publication "Low Rise Building Systems Manual", Metal Building Manufacturers Association, MBMA, 1996, Cleveland , Ohio , USA

Guide for the Design and Construction of Mill Buildings", AISE Technical Report No.13, 1979
 Association of Iron and Steel Engineers, Pittsburgh, Pa, USA.

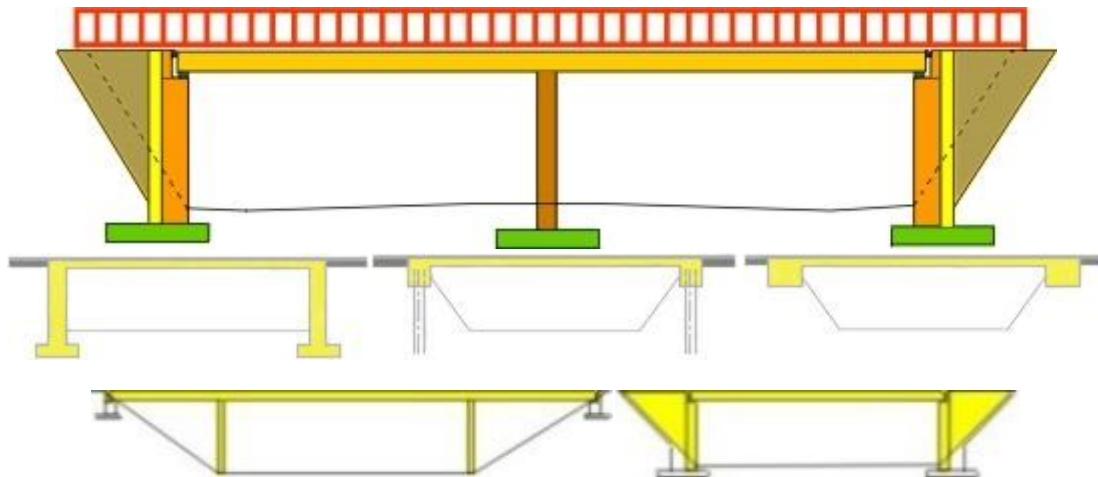
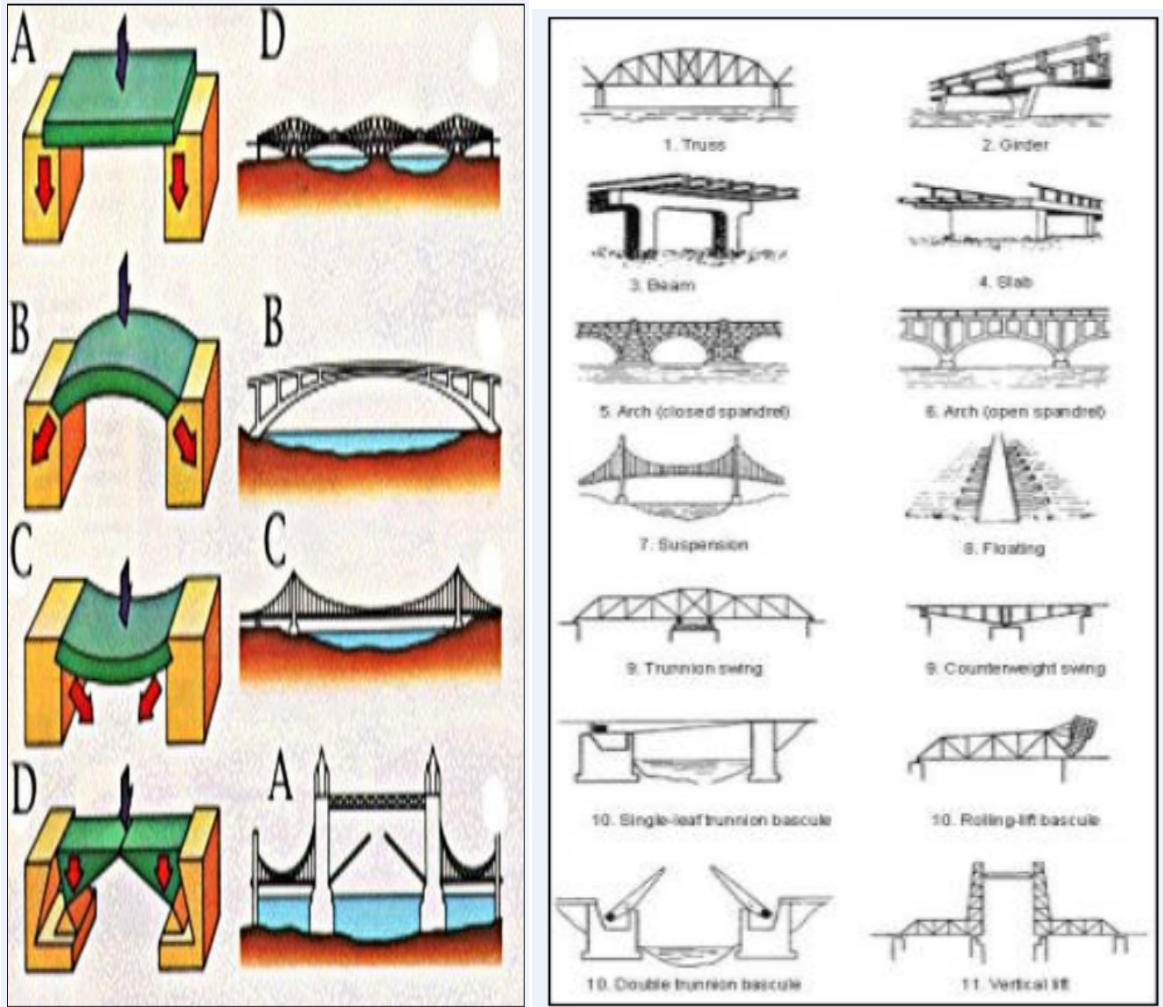
[2] "Barry's Advanced Construction Of Buildings", Stephan Emmitt & Christopher.

[3] "Steel Designer's Manual", Buick Davison & Graham W.Owens.

[4] ALEXANDER NEW MAN, "Metal Building Systems Design and Specifications", 1997.

روشهای ساخت و اجزای مهندسی پل

ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه، i.elyasian@gmail.com

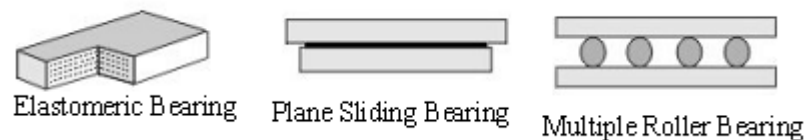


Open Side Span with Bank Seats

Solid Side Span with Full Height Abutments

Usually the narrow bridge is cheaper in the open abutment form and the wide bridge is cheaper in the solid abutment form

- i. Vertical loads from self weight of deck.
- ii. Vertical loads from live loading conditions.
- iii. Horizontal loads from temperature, creep movements etc and wind.
- iv. Horizontal loads from braking and skidding effects of vehicles.



- a. **Elastomeric**
The elastomeric bearing allows the deck to translate and rotate, but also resists loads in the longitudinal, transverse and vertical directions. Loads are developed, and movement is accommodated by distorting the elastomeric pad.
- b. **Plane Sliding**
Sliding bearings usually consist of a low friction polymer, polytetrafluoroethylene (PTFE), sliding against a metal plate. This bearing does not accommodate rotational movement in the longitudinal or transverse directions and only resists loads in the vertical direction. Longitudinal or transverse loads can be accommodated by providing mechanical keys. The keys resist movement, and loads in a direction perpendicular to the keyway.
- c. **Roller**
Large longitudinal movements can be accommodated by these bearings, but vertical loads only can generally be resisted.



- a. **Safety.**
The ideal structure must not collapse in use. It must be capable of carrying the loading required of it with the appropriate factor of safety. This is more significant at detailed design stage as generally any sort of preliminary design can be made safe.
- b. **Serviceability.**
The ideal structure must not suffer from local deterioration/failure, from excessive deflection or vibration, and it must not interfere with sight lines on roads above or below it. Detailed design cannot correct faults induced by bad preliminary design.

- c. Economy.
The structure must make minimal demands on labour and capital; it must cost as little as possible to build and maintain. At preliminary design stage it means choosing the right types of material for the major elements of the structure, and arranging these in the right form.
- d. Appearance.
The structure must be pleasing to look at. Decisions about form and materials are made at preliminary design stage; the sizes of individual members are finalised at detailed design stage. The preliminary design usually settles the appearance of the bridge.

Constraints

- i. Existing services (Gas, Electricity, Water, etc)
 - ii. Rivers and streams (liability to flood)
 - iii. Existing property and rights of way
 - iv. Access to site for construction traffic
1. A span to depth ratio of 20 will give a starting point for estimating construction depths.
 2. Continuity over supports
 - i. Reduces number of expansion joints.
 - ii. Reduces maximum bending moments and hence construction depth or the material used.
 - iii. Increases sensitivity to differential settlement.
 3. Factory made units
 - i. Reduces the need for soffit shuttering or scaffolding; useful when headroom is restricted or access is difficult.
 - ii. Reduces site work which is weather dependent.
 - iii. Dependent on delivery dates by specialist manufactures.
 - iv. Specials tend to be expensive.
 - v. Special permission needed to transport units of more than 29m long on the highway.
 4. Length of structure
 - i. The shortest structure is not always the cheapest. By increasing the length of the structure the embankment, retaining wall and abutment costs may be reduced, but the deck costs will increase.
 5. Substructure
 - i. The structure should be considered as a whole, including appraisal of piers, abutments and foundations. Alternative designs for piled foundations should be investigated; piling can increase the cost of a structure by up to 20%.
- i. Estimate the major quantities.
 - ii. Apply unit price rates - they need not be up to date but should reflect any differential variations.
 - iii. Obtain prices for the schemes.



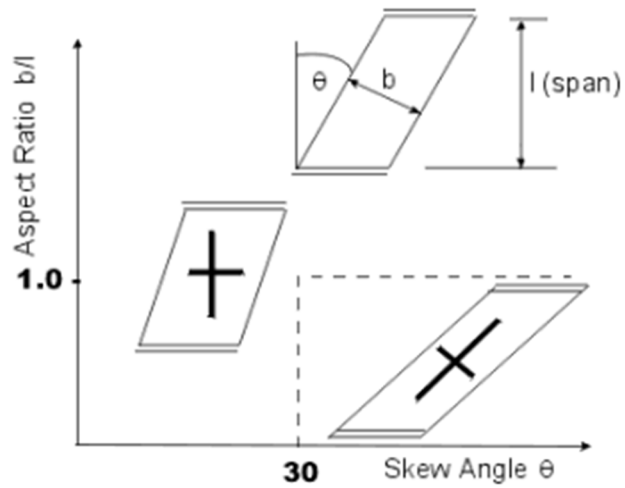
Solid Slab



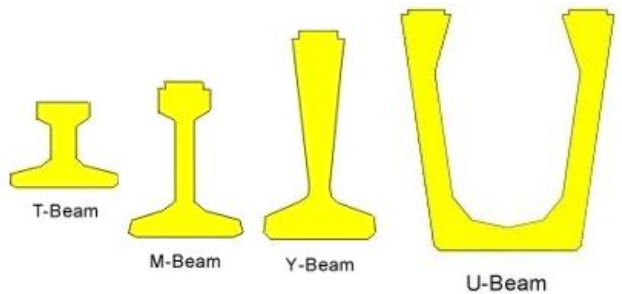
Voided Slab



Beam and Slab



- i. Pre-tensioned beams with insitu concrete.
- ii. Post-tensioned concrete.

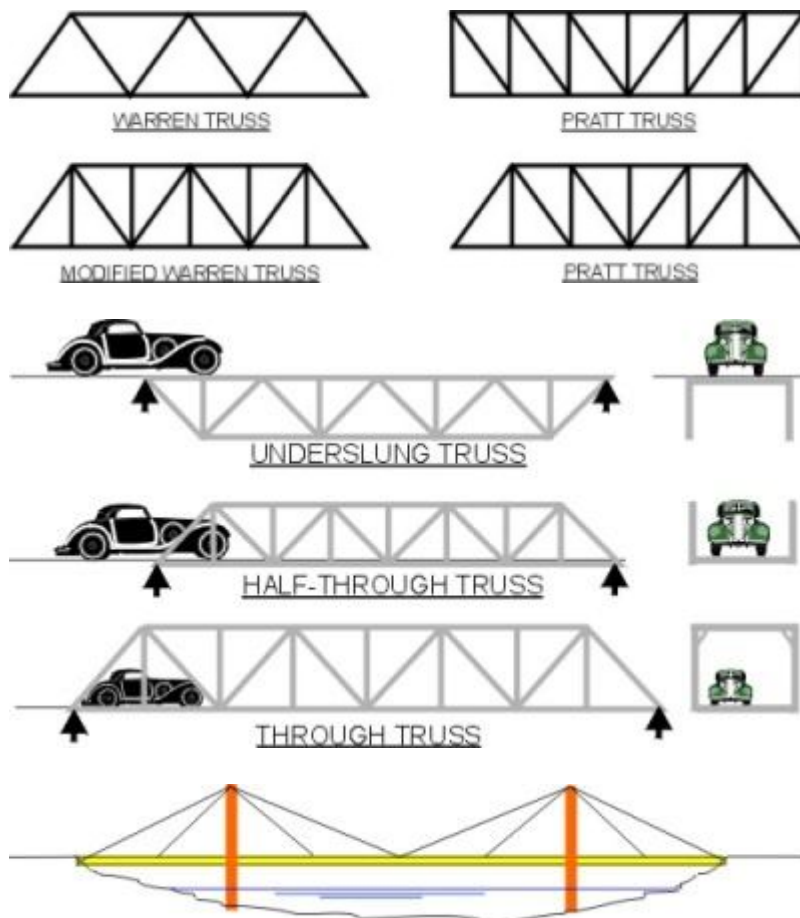




Typical Composite Deck

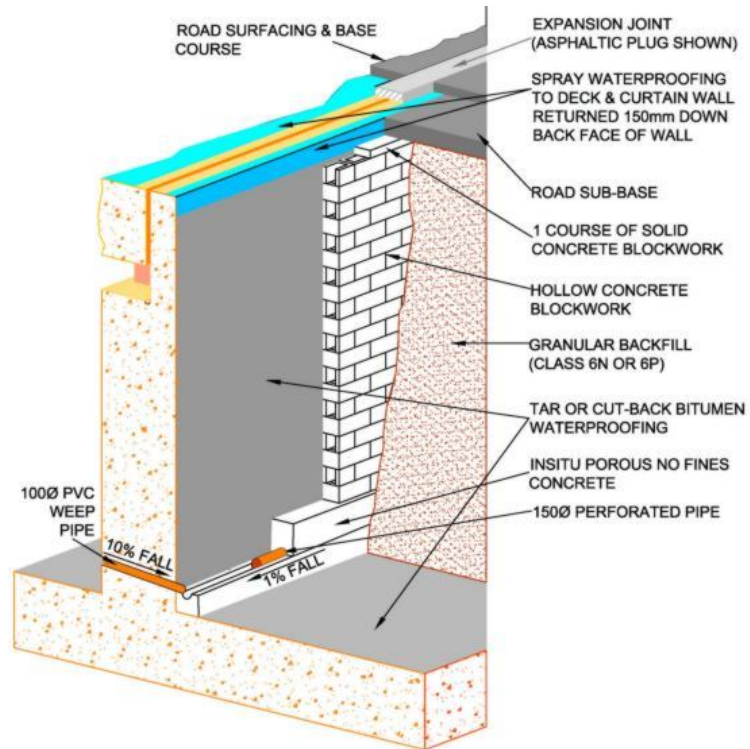


Steel Box Girders

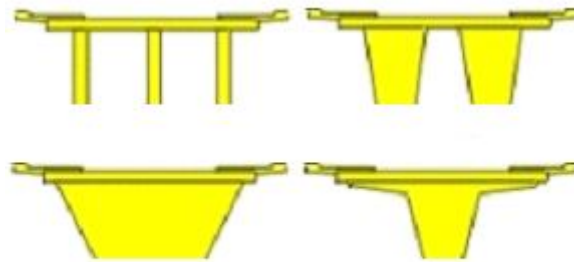
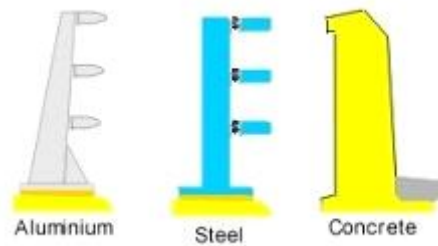


Cable Stayed Decks

Cable stayed bridges are generally used for bridge spans between 150m and 1000m. They are often chosen for their aesthetics, but are generally economical for spans in excess of 250m.

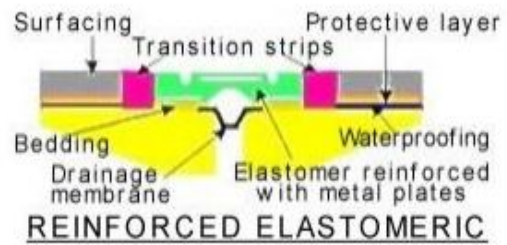
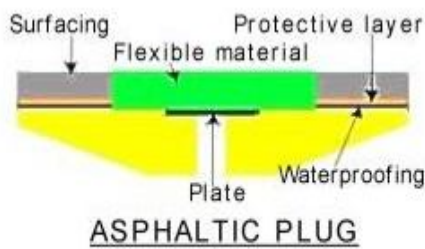
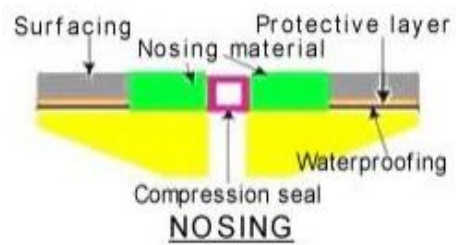
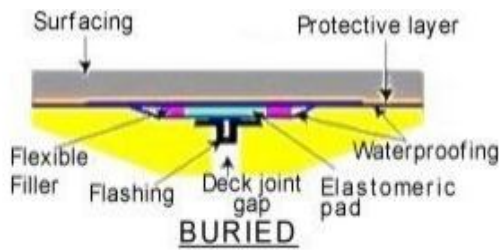


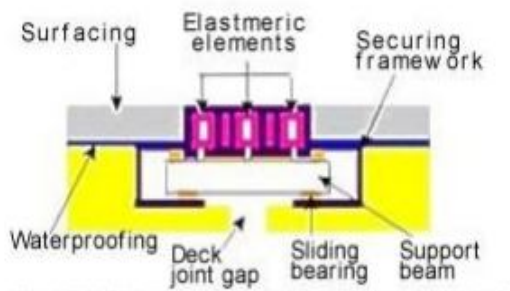
Parapet Containment Level	Test Vehicle	Impact Speed
N1 Normal Containment (Formerly P2{80})	1.5t car	80 km/h
N2 Normal Containment Level (Formerly P1, P2{113} & P5)	1.5t car	110 km/h
H2 Higher Containment Level	13t bus	70 km/h
H4a Very High Containment Level (Formerly P6)	30t Rigid HGV	65 km/h



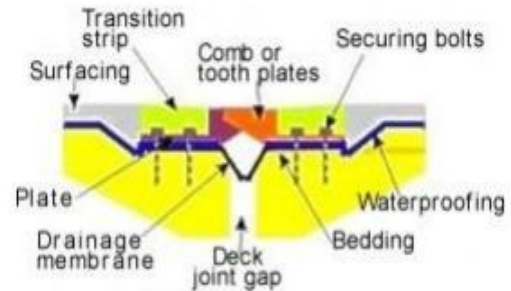
Different Pier Shapes

- i. Vertical loads from self weight of deck
- ii. Vertical loads from live loading conditions
- iii. Horizontal loads from temperature, creep movements etc and wind
- iv. Rotations due to deflection of the bridge deck.

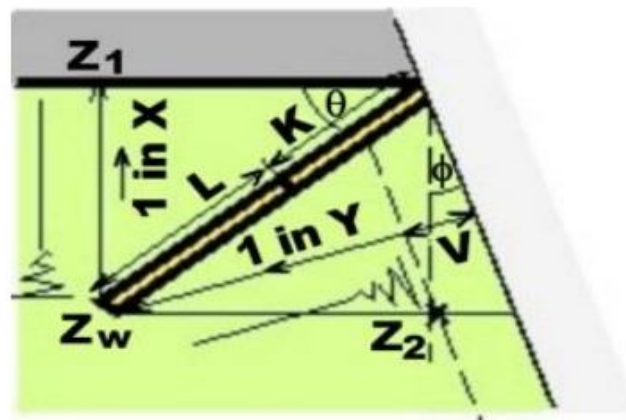
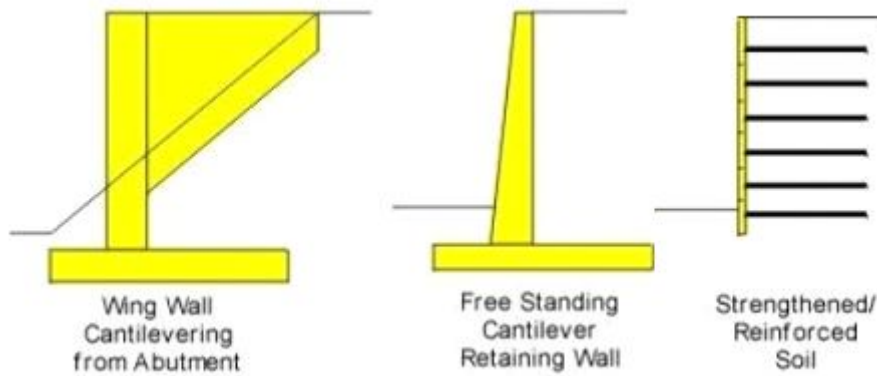




ELASTOMERIC IN METAL RUNNERS

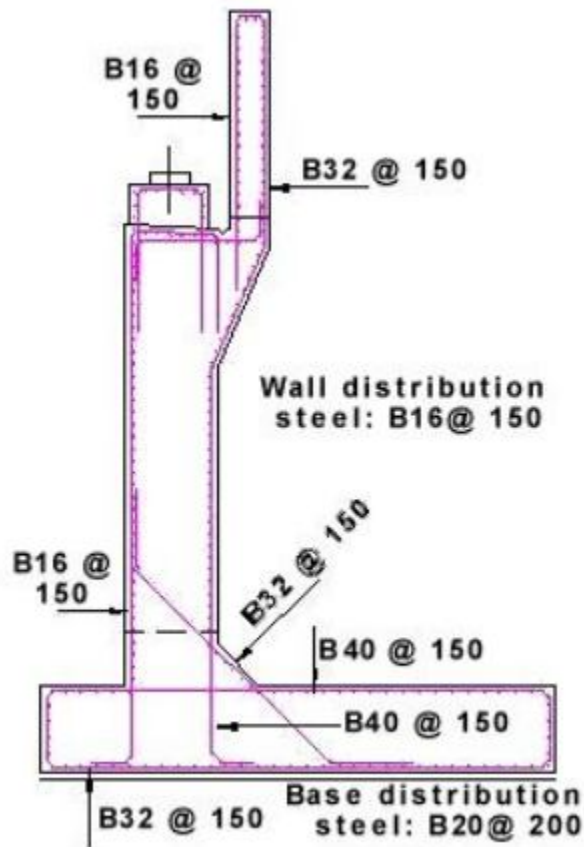
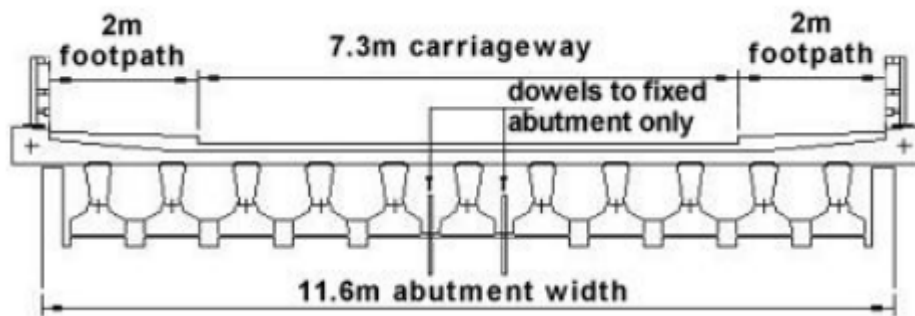
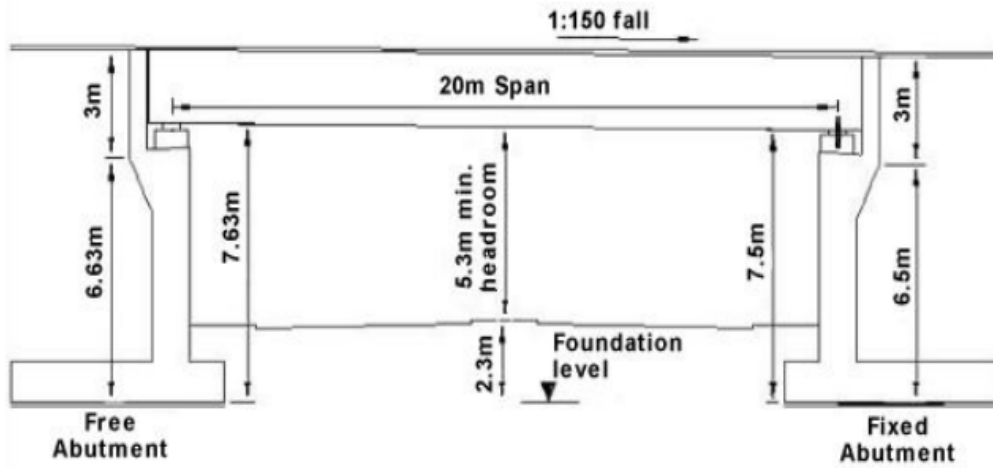


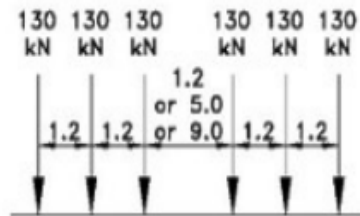
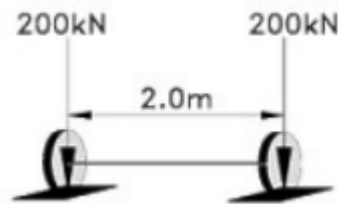
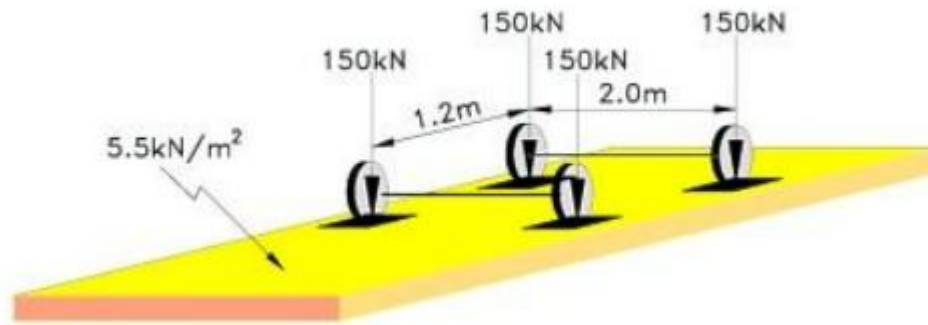
CANTILEVER COMB OR TOOTH JOINT



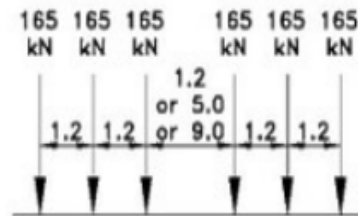
Plan on Wing Wall

- X = slope to road under bridge
- Y = slope from road over bridge
- L = length of sloping wall
- K = length of horizontal wall
- V = verge width to end of wall
- Z₁ = level at bottom of embankment
- Z₂ = level at back of verge on road over bridge
- Z_w = ground level at end of wall
- θ = angle of wall to road under bridge
- φ = skew angle (-ve if < 90°)

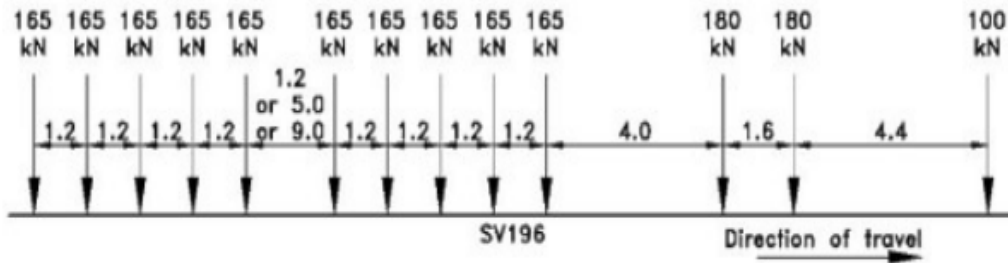




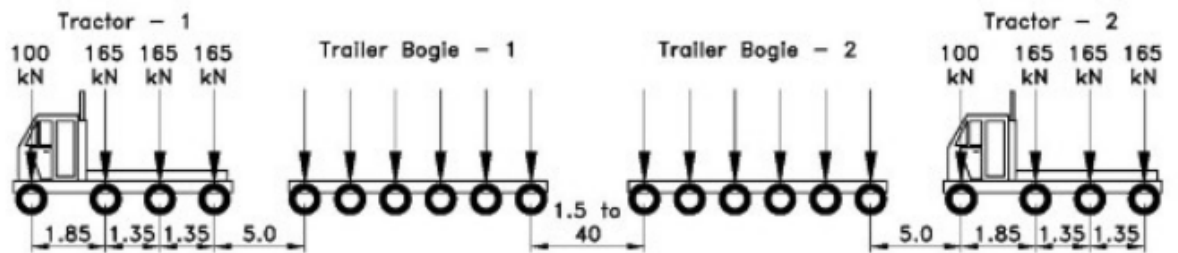
SV80



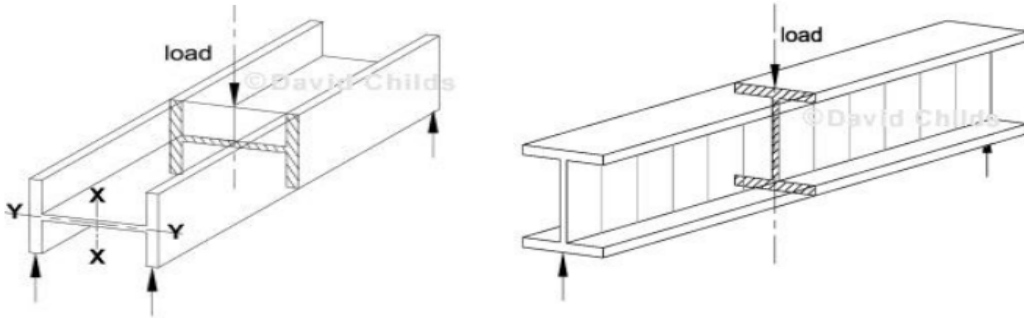
SV100



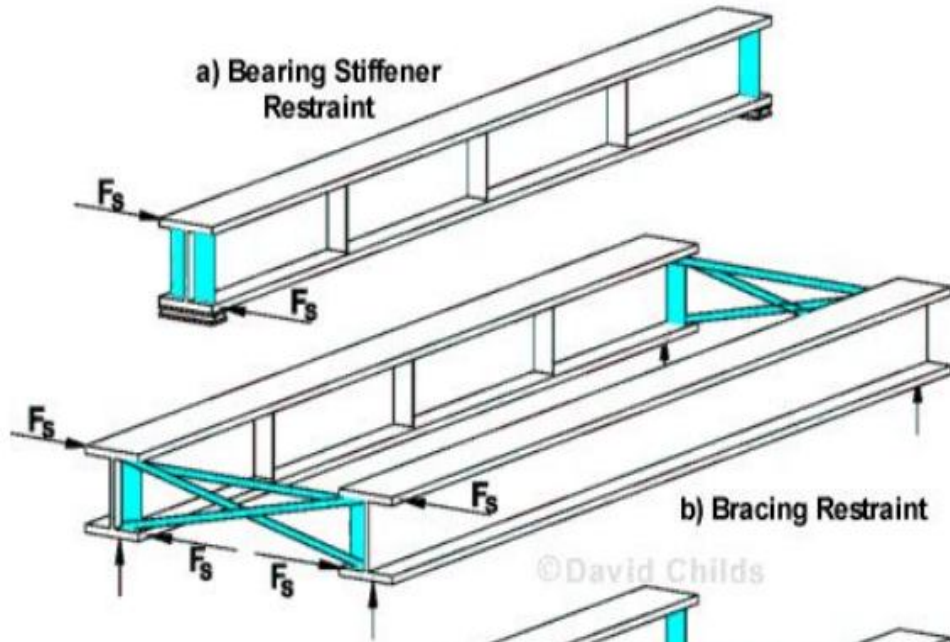
SV196



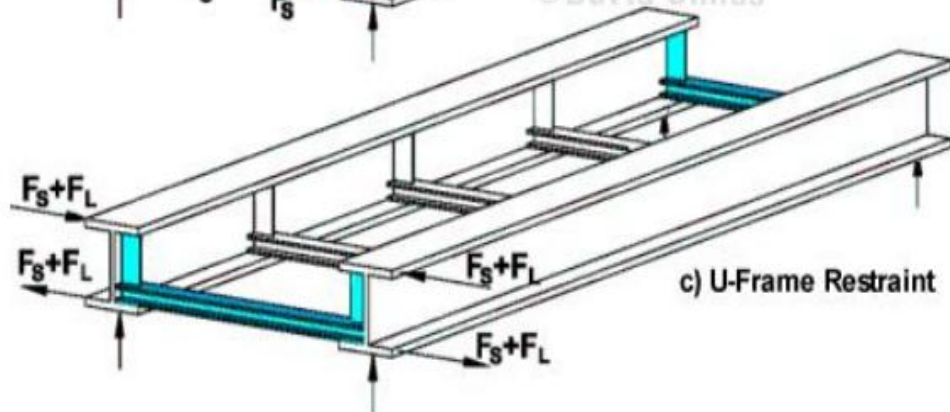
SOV Vehicles



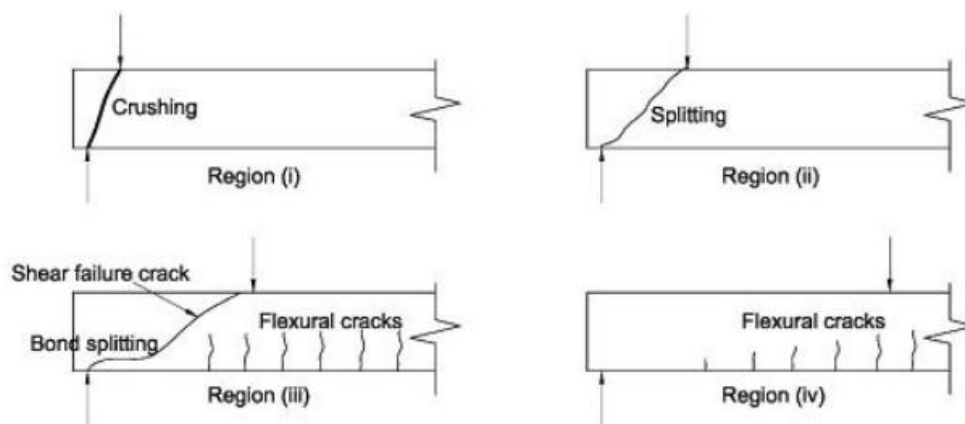
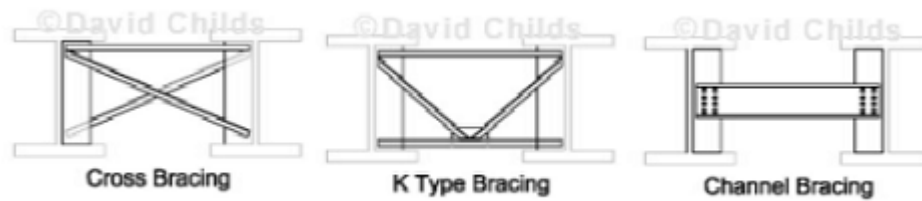
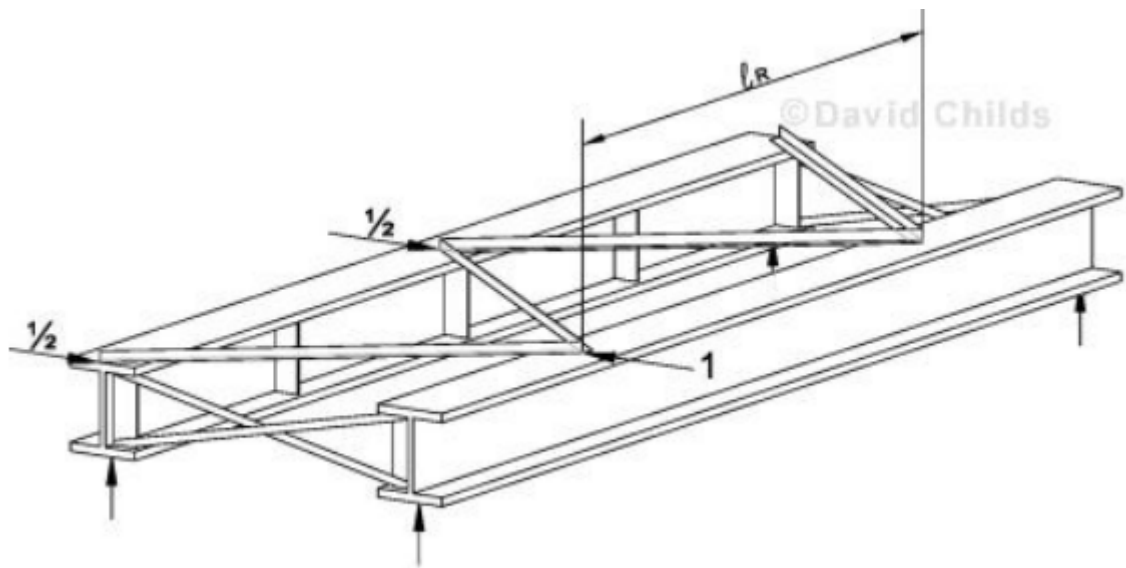
a) Bearing Stiffener Restraint



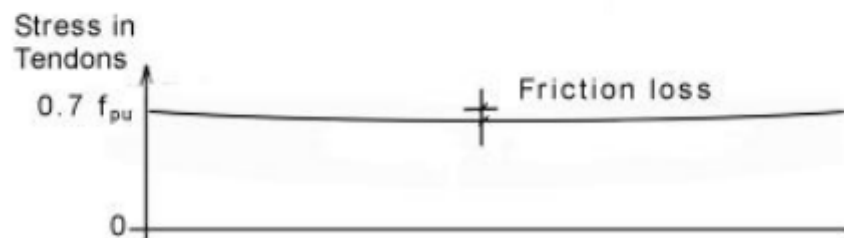
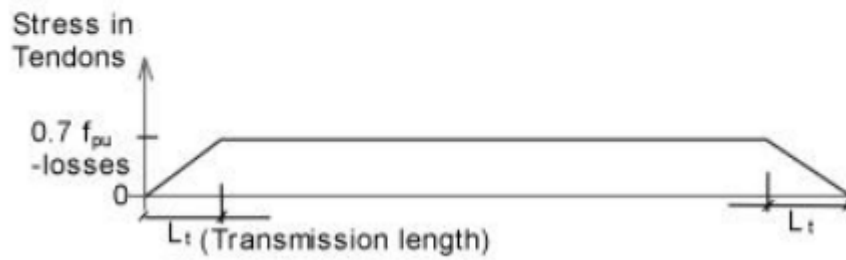
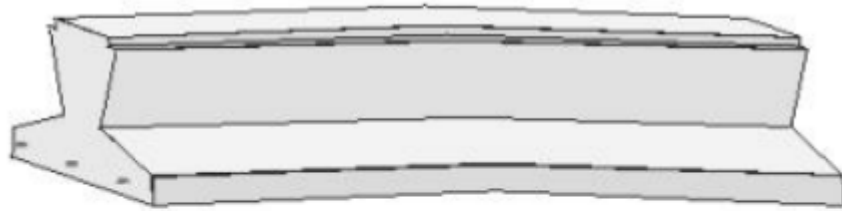
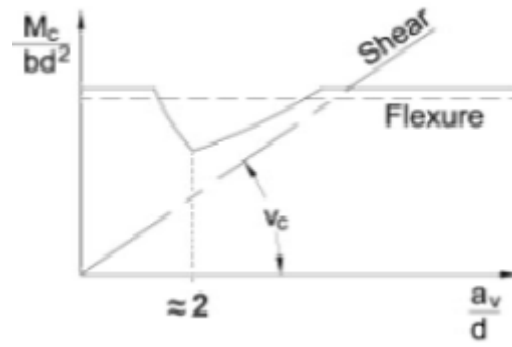
b) Bracing Restraint



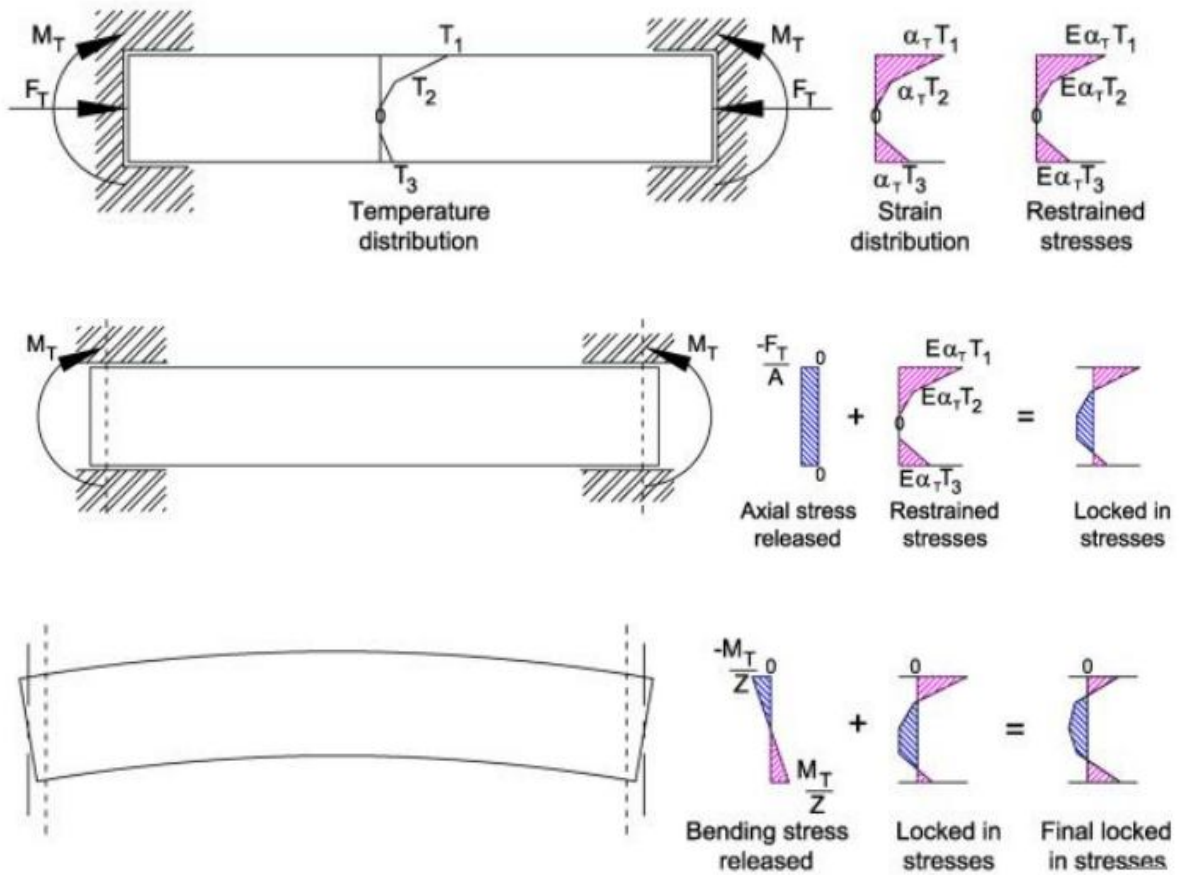
c) U-Frame Restraint



Region (i) fails by crushing of a compression strut running from the load to the support.
 Region (ii) fails by diagonal tension causing splitting along the line from the load to the support.
 Region (iii) fails when a flexural crack develops into a shear crack.
 Region (iv) fails in flexure.



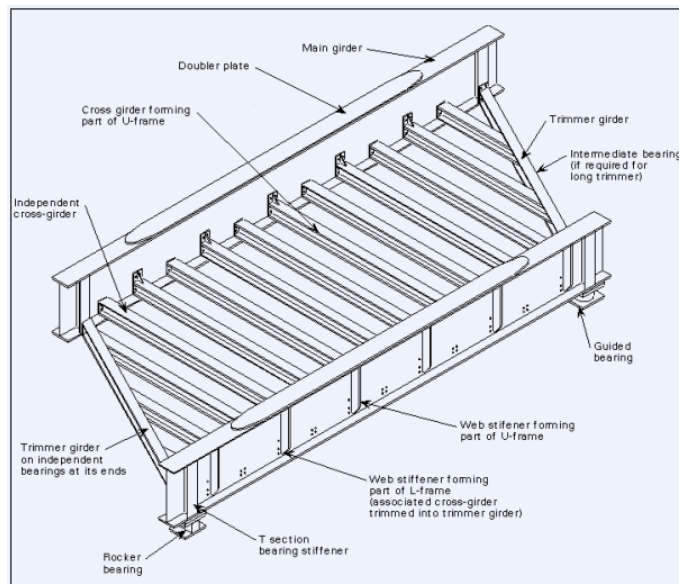
- Steel deck on steel girders
- Steel deck on steel truss or plate girders
- Concrete deck on steel box, truss or plate girders
- Concrete slab or concrete deck on concrete beams or box girders

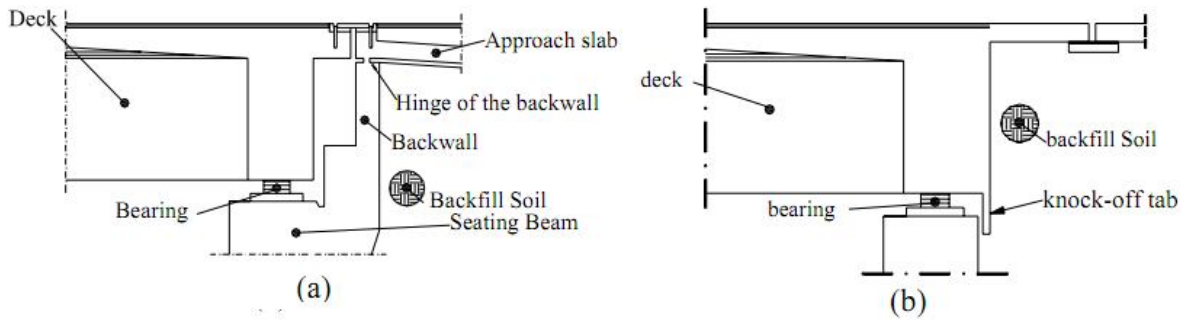


Stability

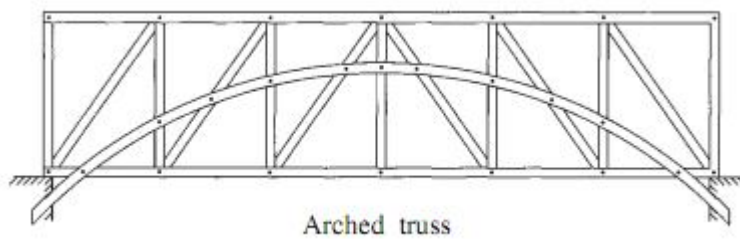
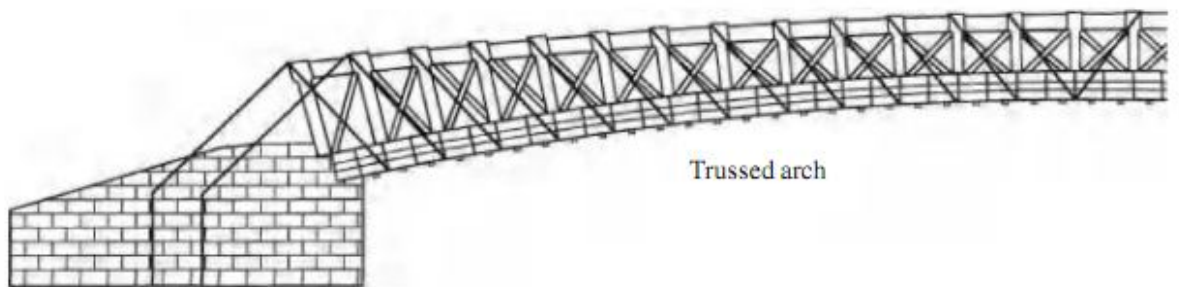
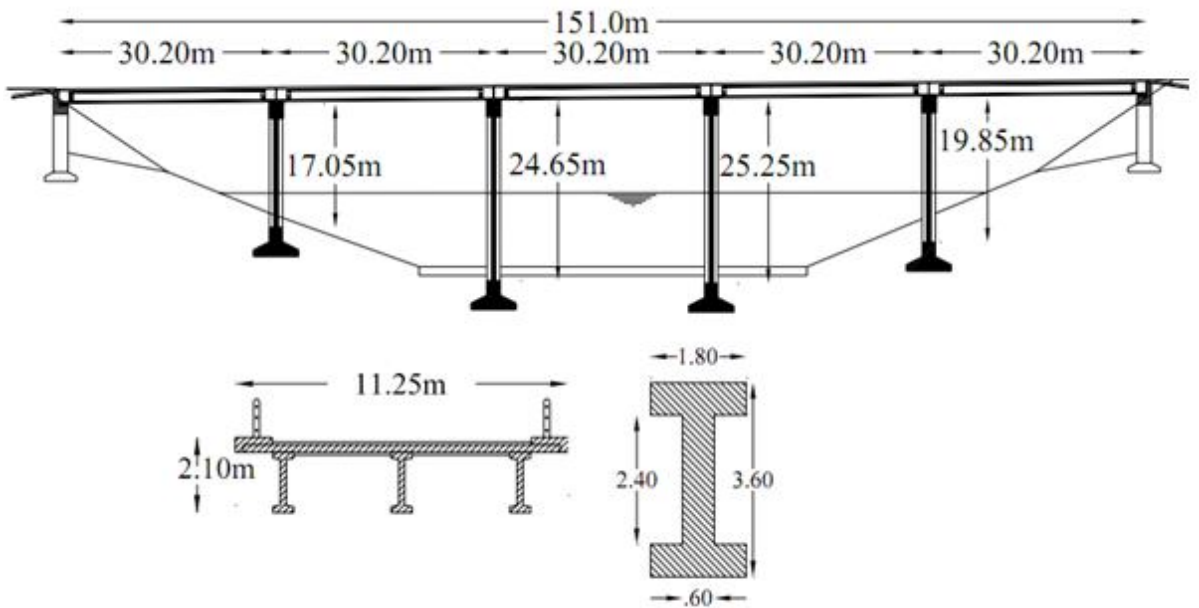
Stability of the abutment is determined by considering:

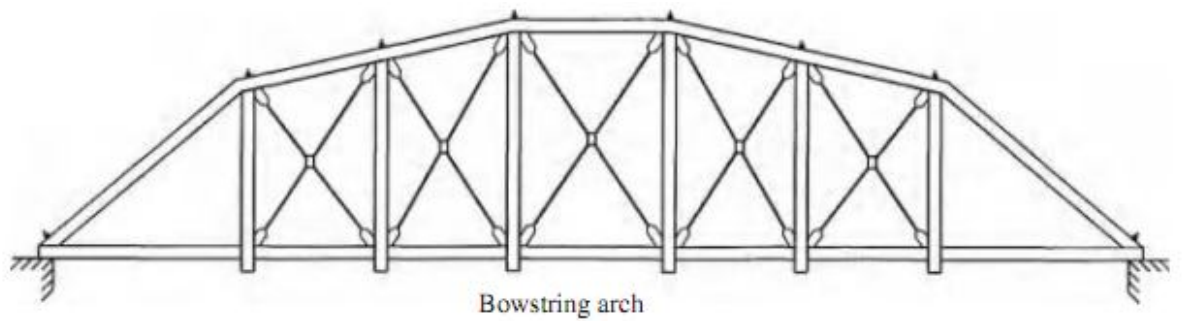
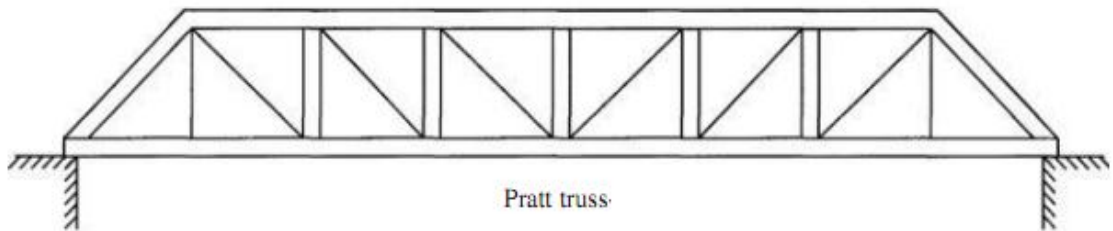
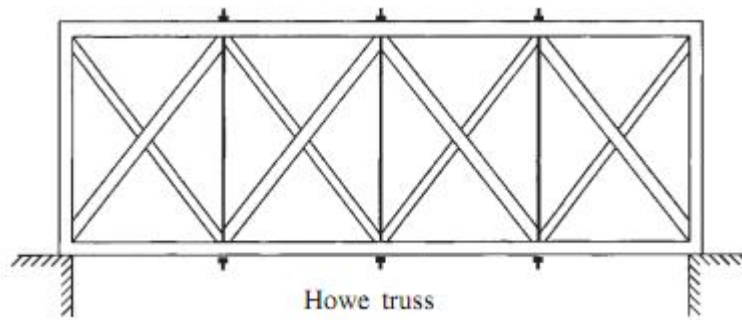
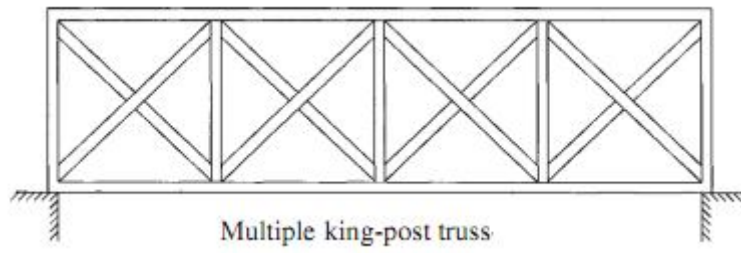
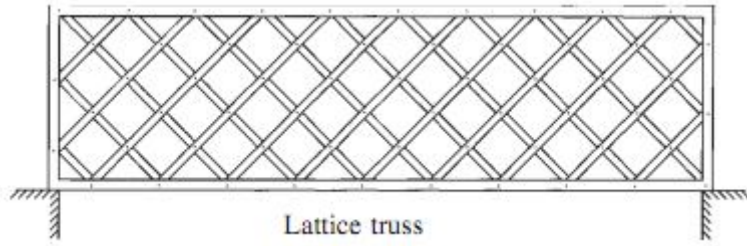
- Sliding
- Overturning
- Failure of the foundation soil
- Slip failure of the surrounding soil

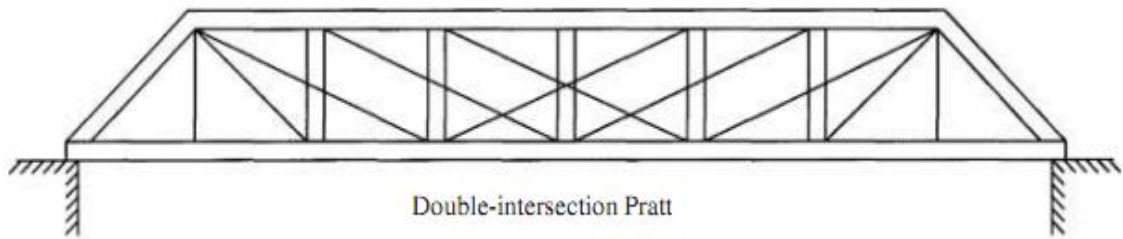




Protection of abutment critical members against excessive seismic displacements
(a) Hinged backwall and (b) knock-off tab.







وزن خریا Kip/ft	بازه ی بار ، p Kip/ft	دهانه ، ft	نوع خریا
$0.180 + \frac{(L - 50)p}{1480}$	3-18	100-200	پرات عمیق با یال های موازی
$0.180 + \frac{(L - 70)(p + 0.3)}{1370}$	3-18	100-200	پرات عمیق با یال های فوقانی چند ضلعی
$0.180 + \frac{(L - 30)p}{1590}$	3-13	200-300	پرات سقف یا کف با یال های موازی
$0.180 + \frac{(L - 80)p}{1130}$	3-13		

فرمول های وزن خریاهای با اتصالات پرچ

۲۰٪ یال های زیرین

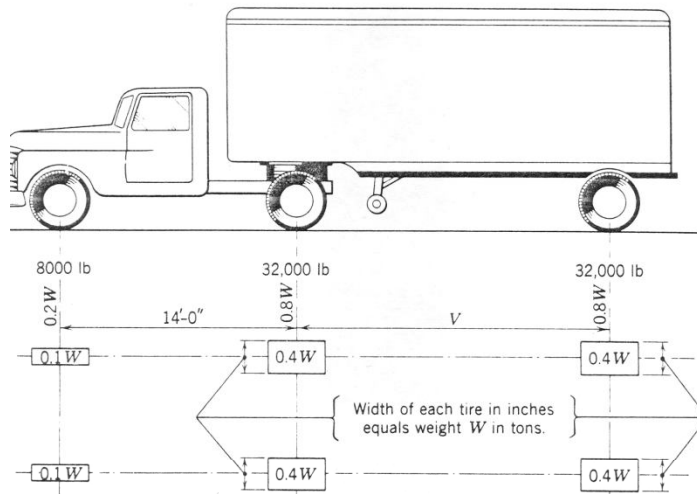
۲۵ یال های فوقانی

۲۵ اعضای جان

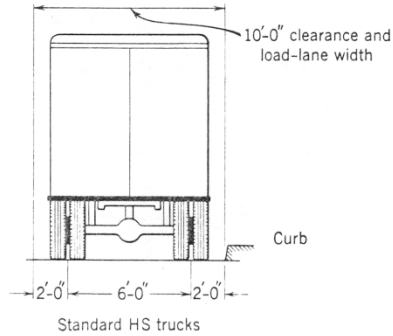
۱۰ مهاربندی

۲۰ اتصالات

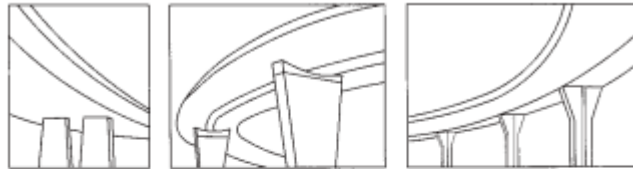
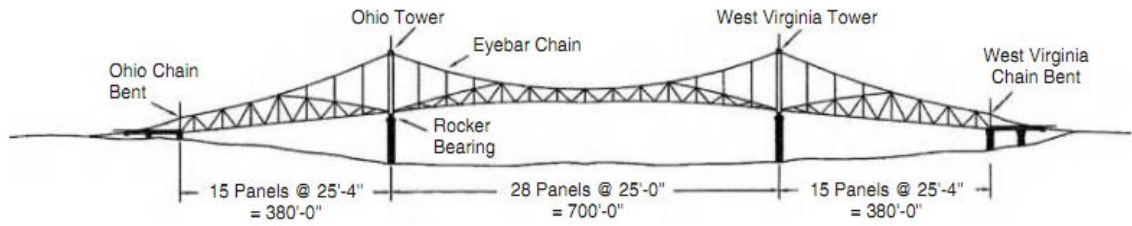
۱۰۰٪



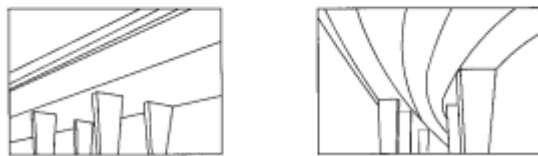
W = combined weight on the first two axles.
 V = variable spacing 14 to 30 ft inclusive.
Spacing to be used is that which produces maximum stresses.



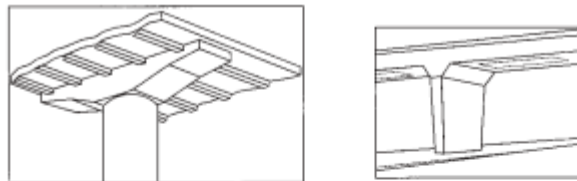
HS20-44 truck loading for highway bridges.



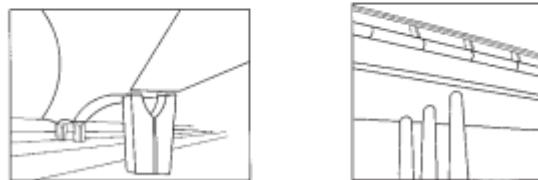
(a) (b) (c)



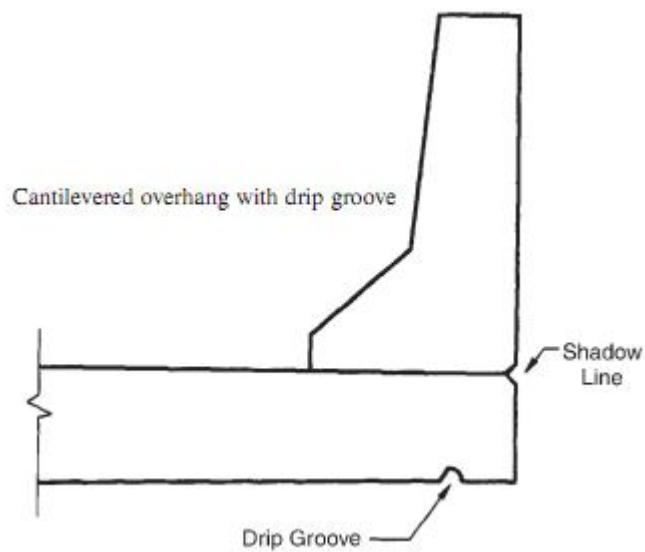
(d) (e)



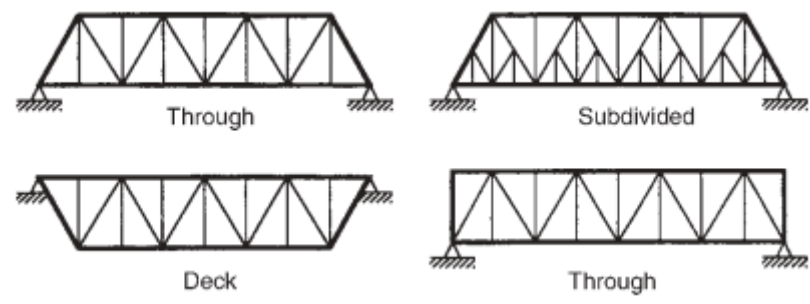
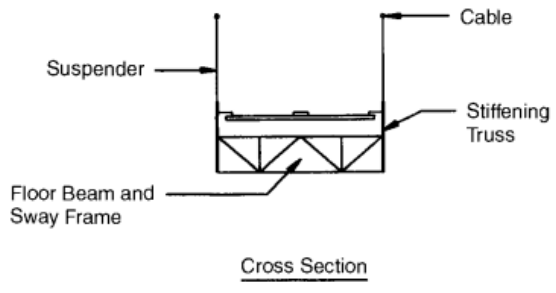
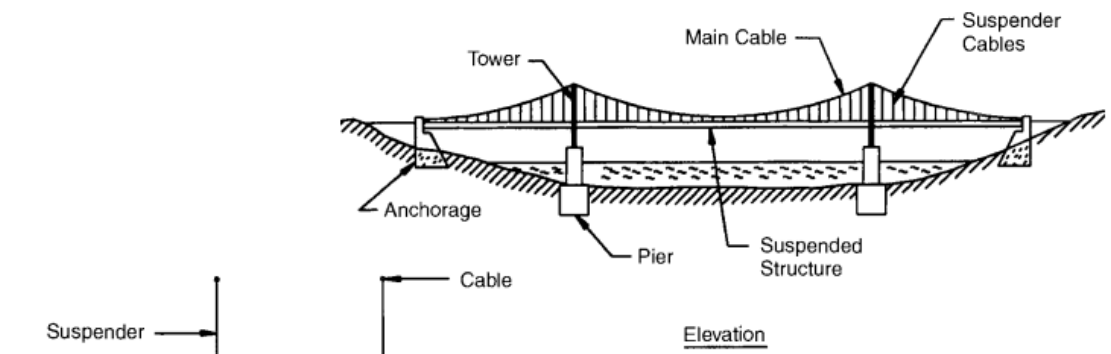
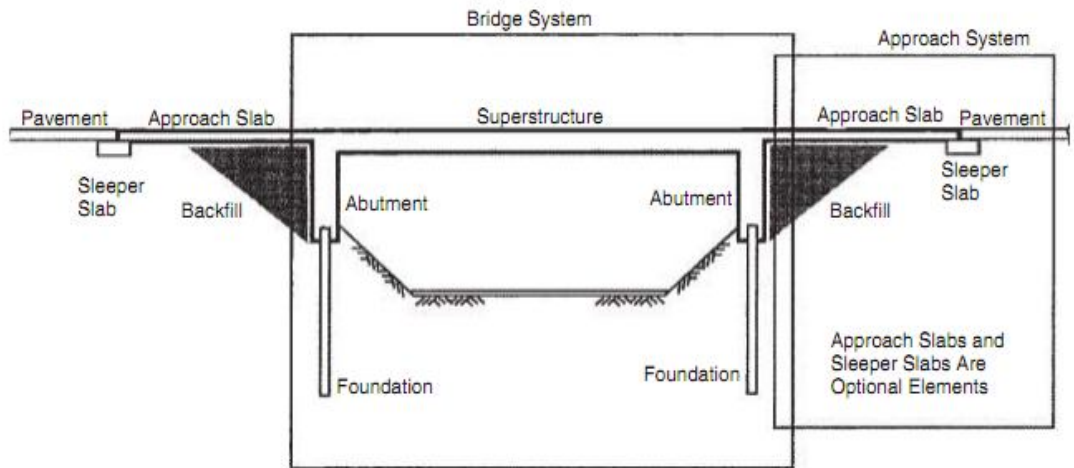
(f) (g)

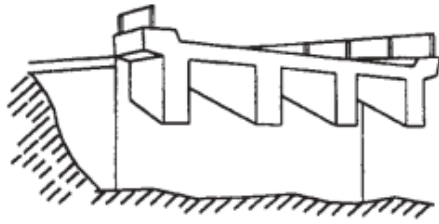


(h) (i)

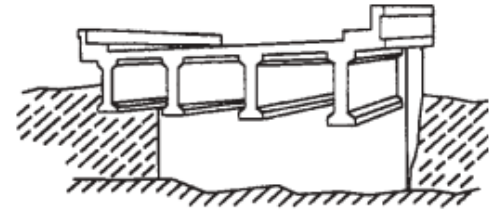


Simplified geometry of an integral abutment bridge

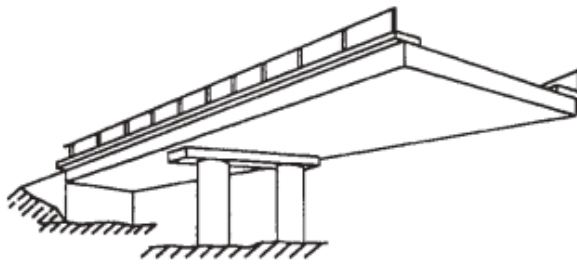




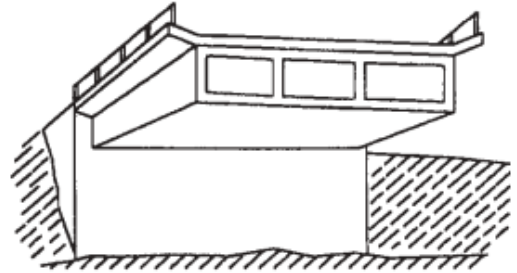
T-Beam



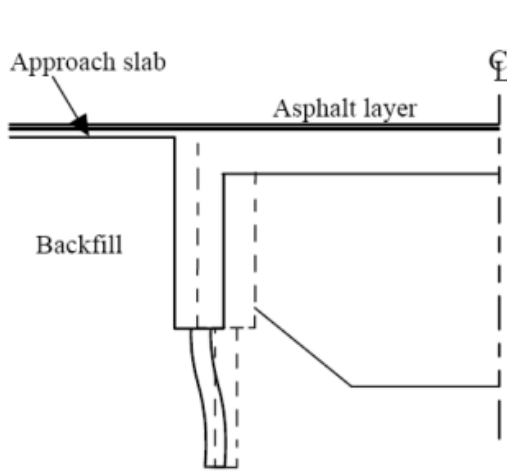
Prestressed Girder



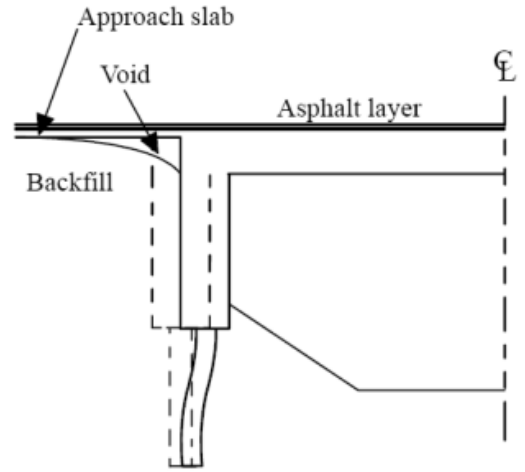
Slab



Box Girder

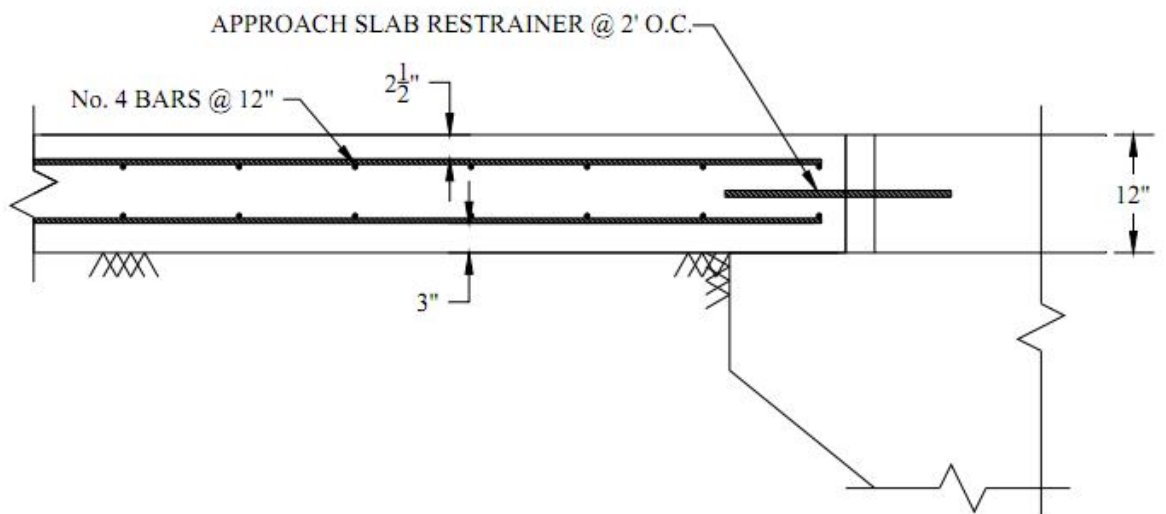
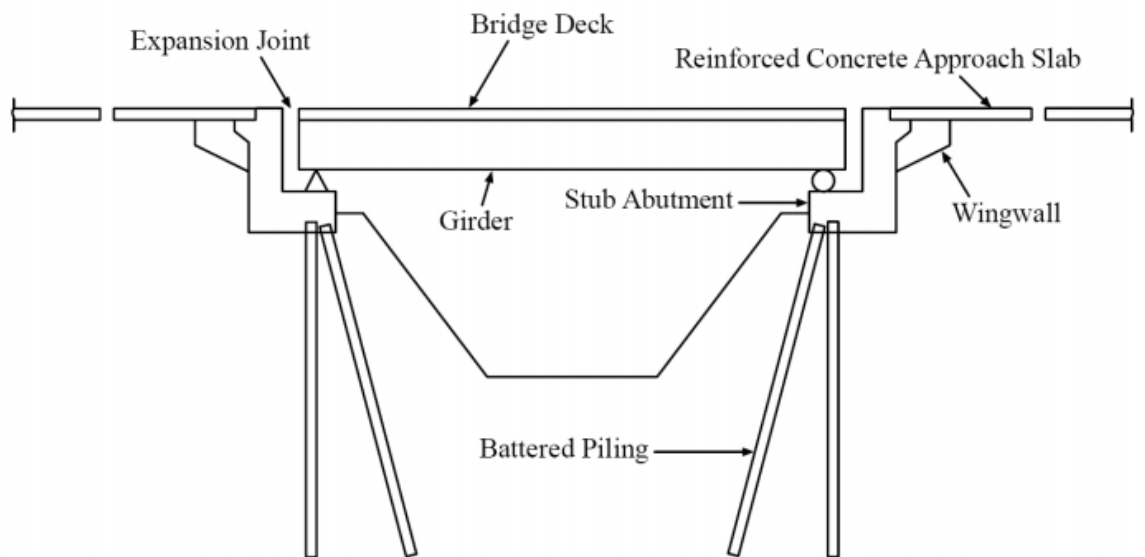
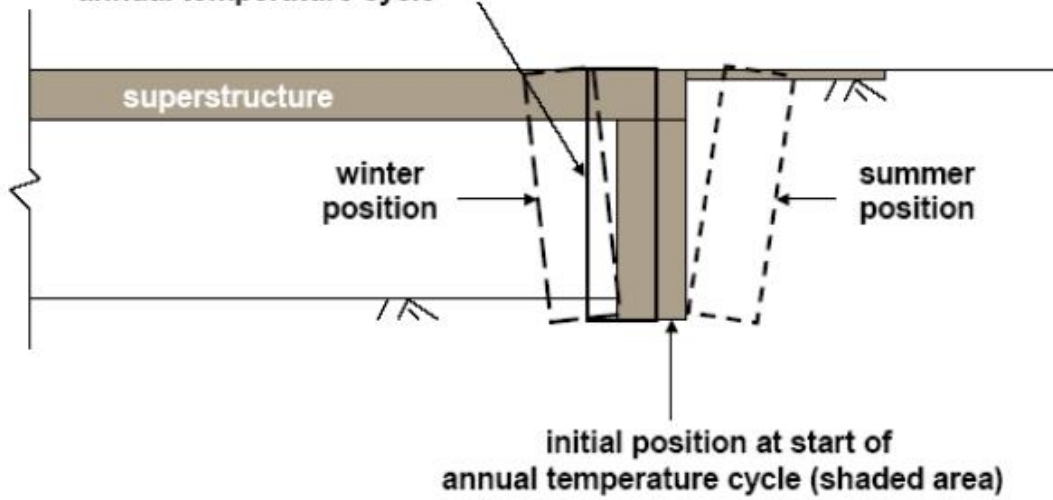


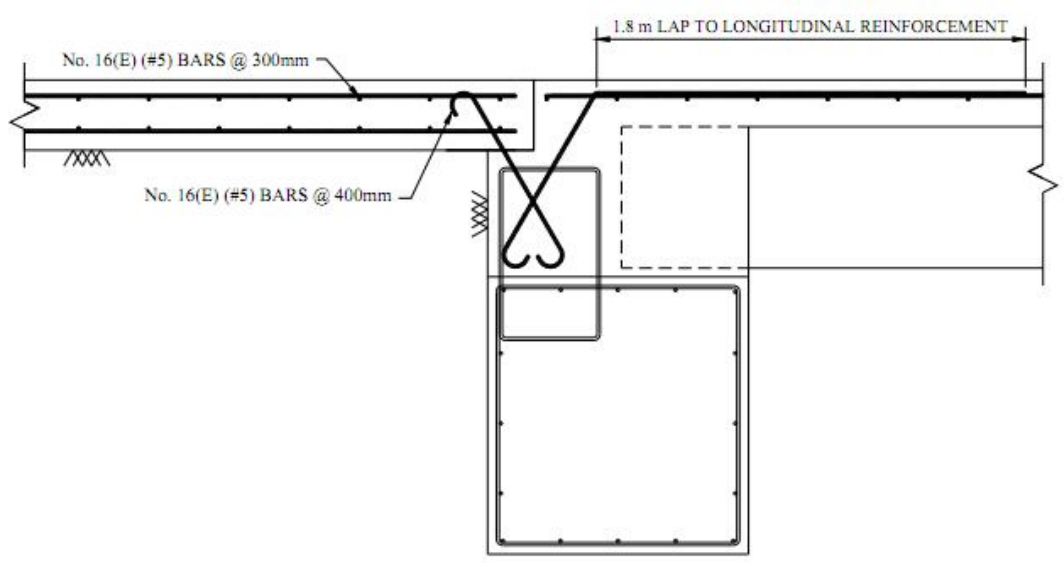
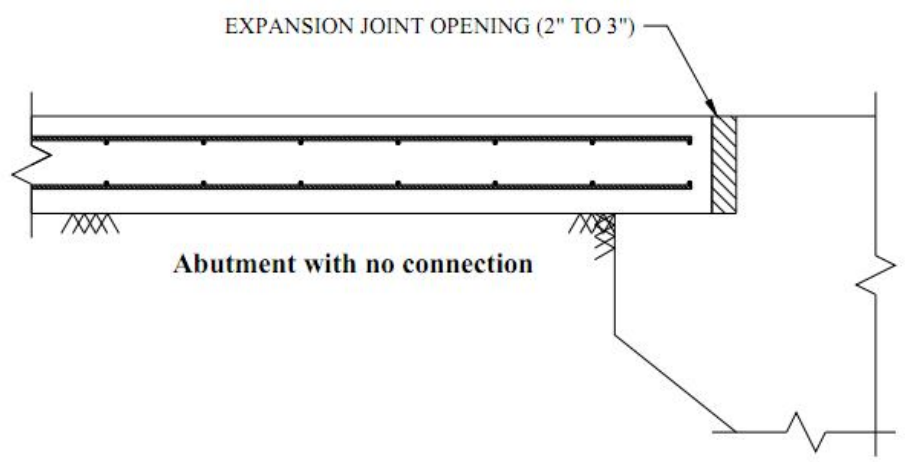
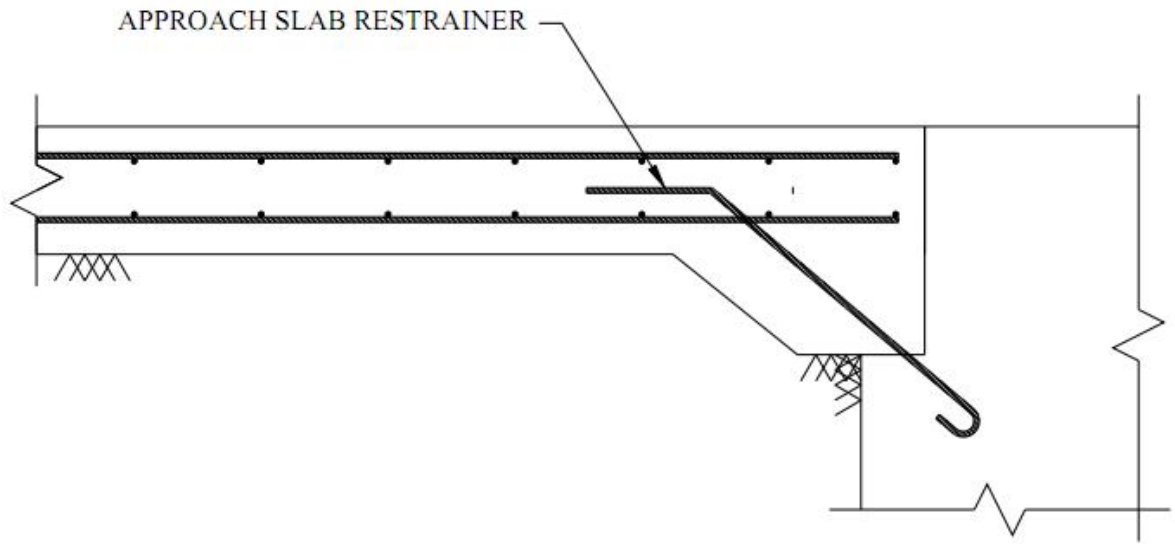
a) Expansion of bridge

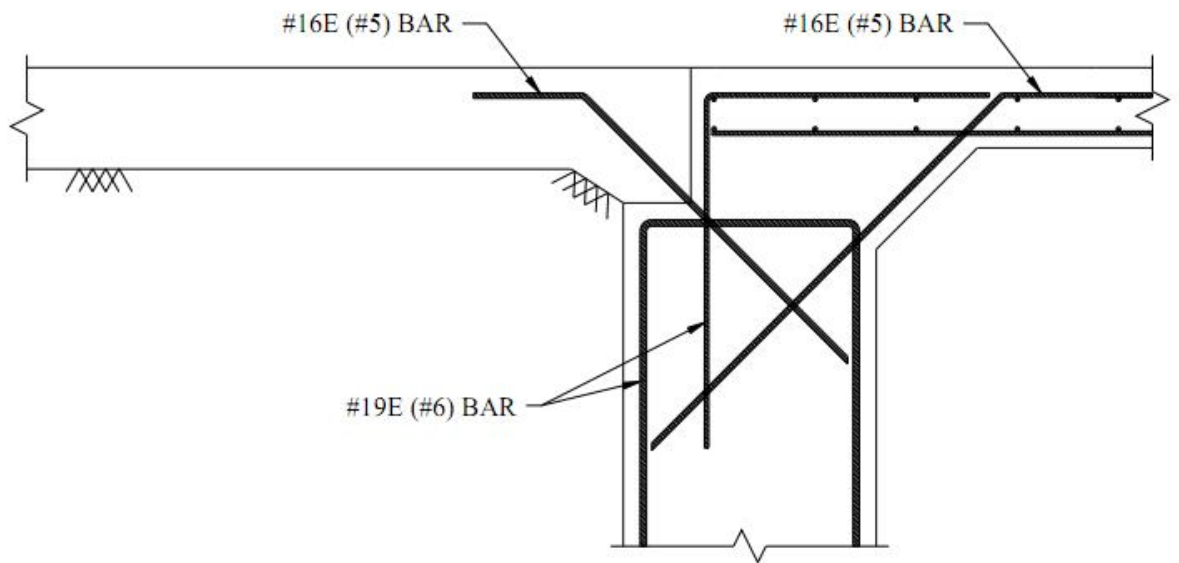
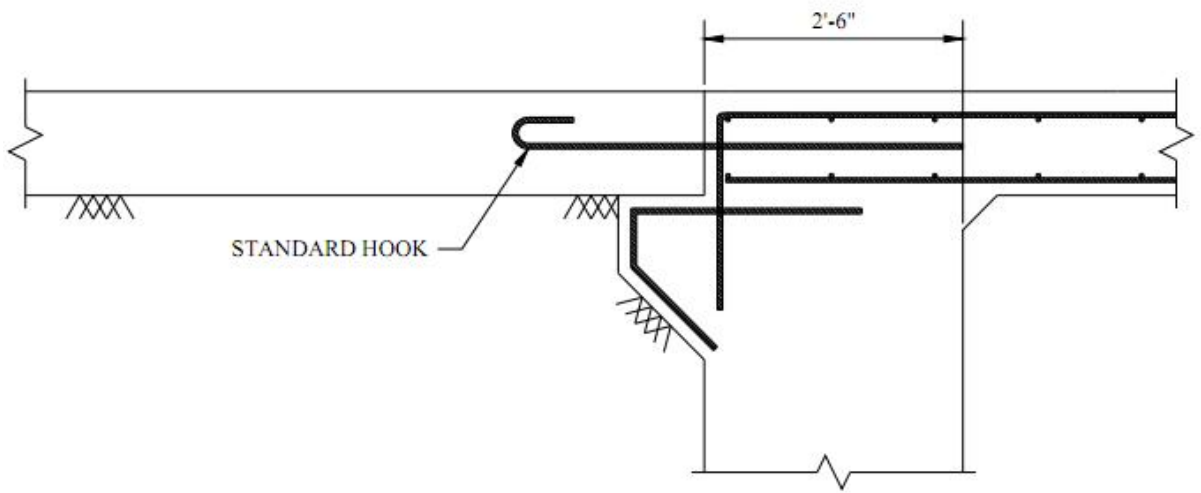
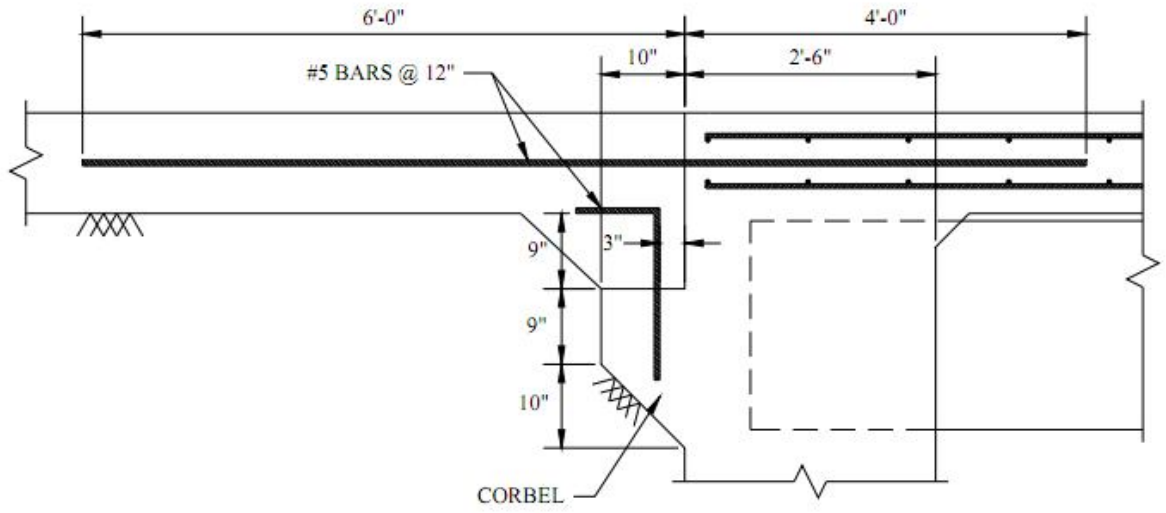


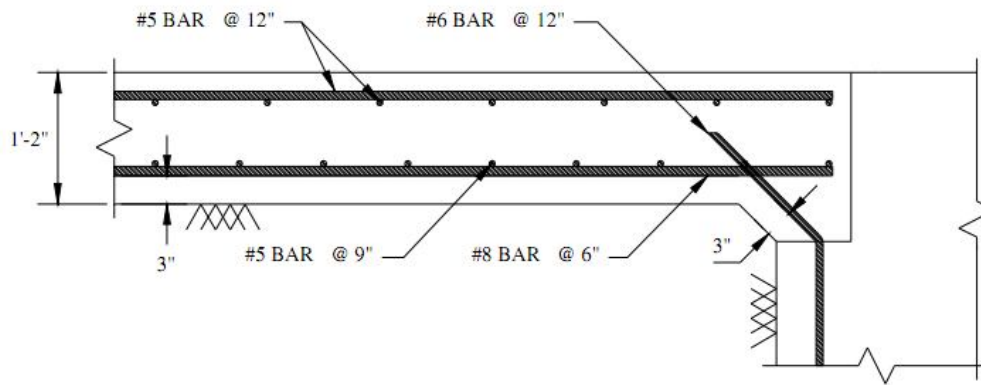
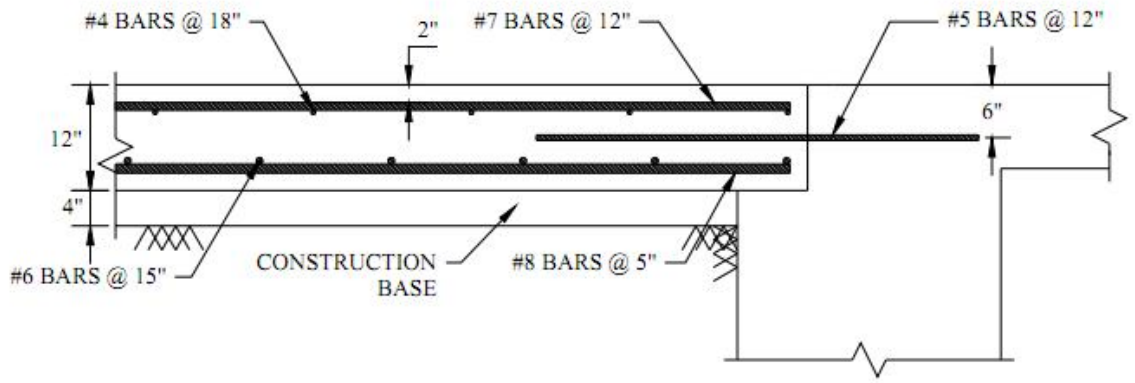
b) Contraction of bridge

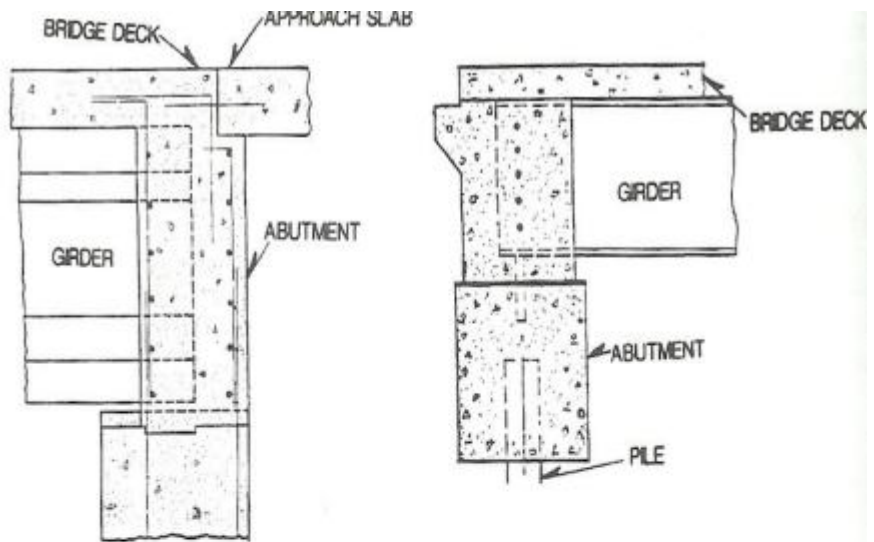
Thermally Induced IAB Abutment Displacement



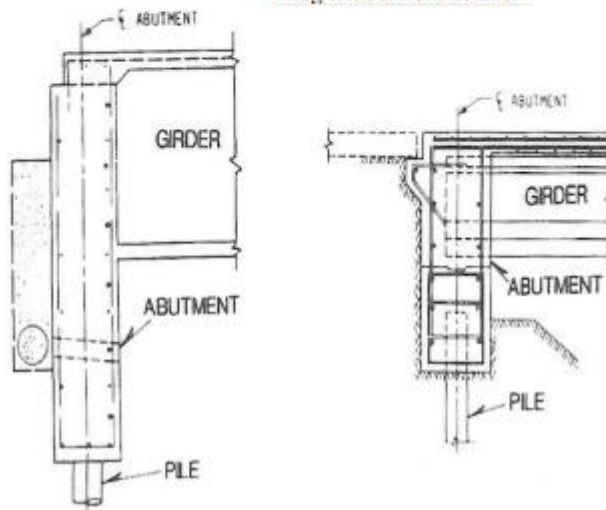


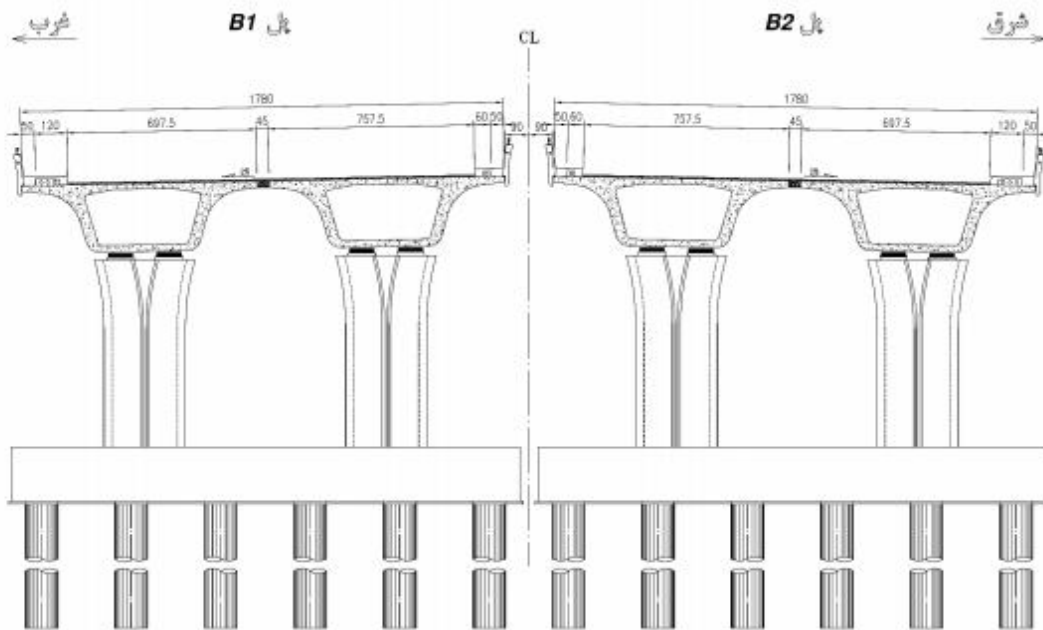




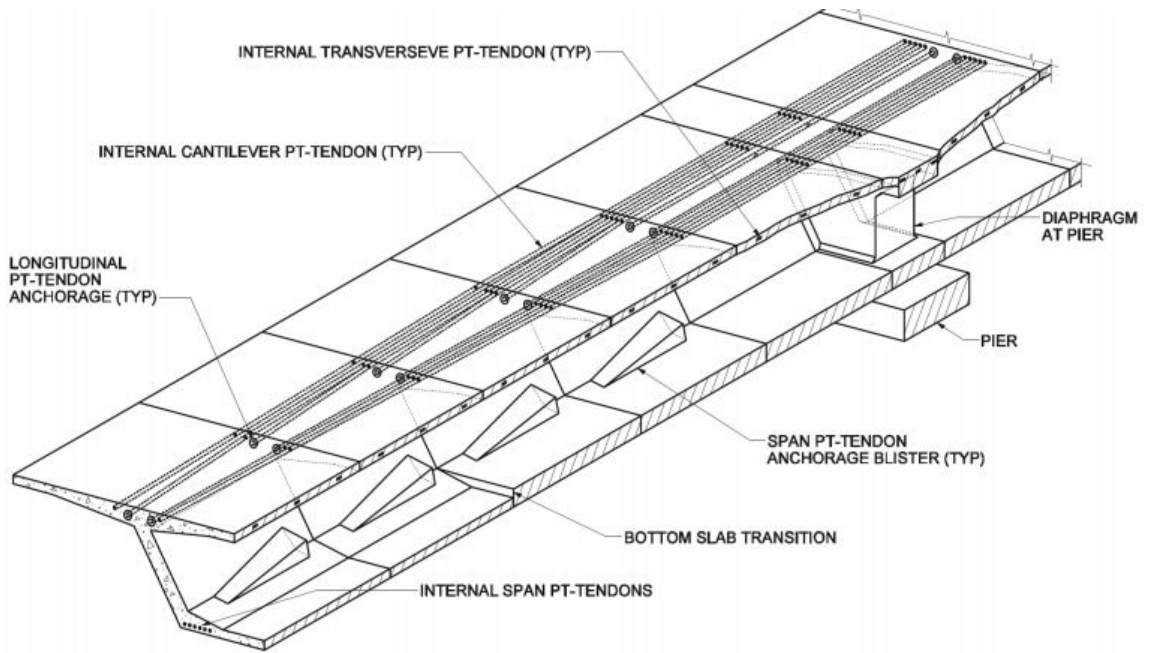


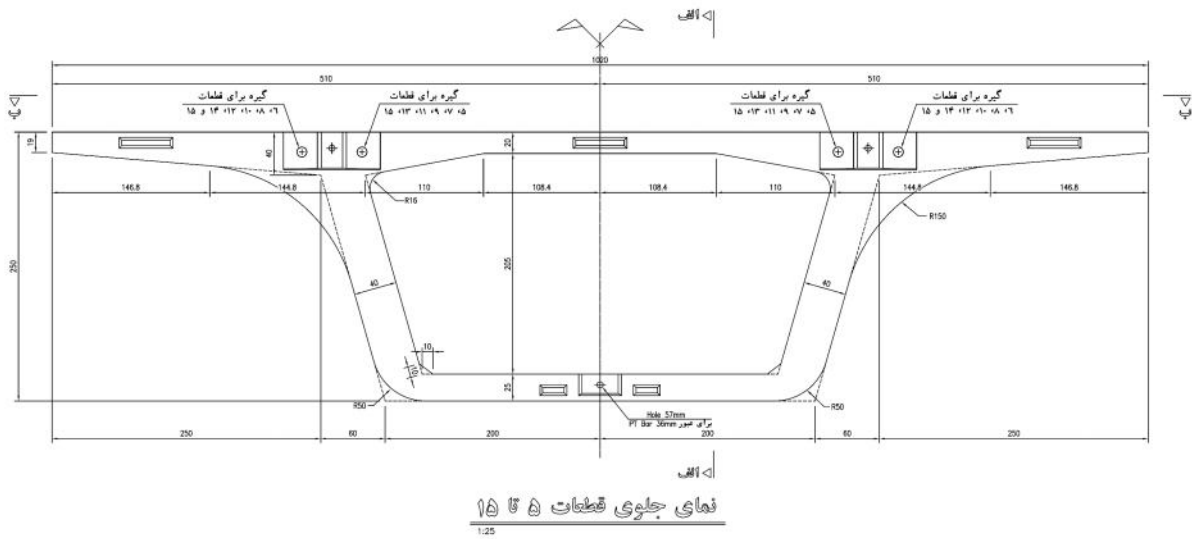
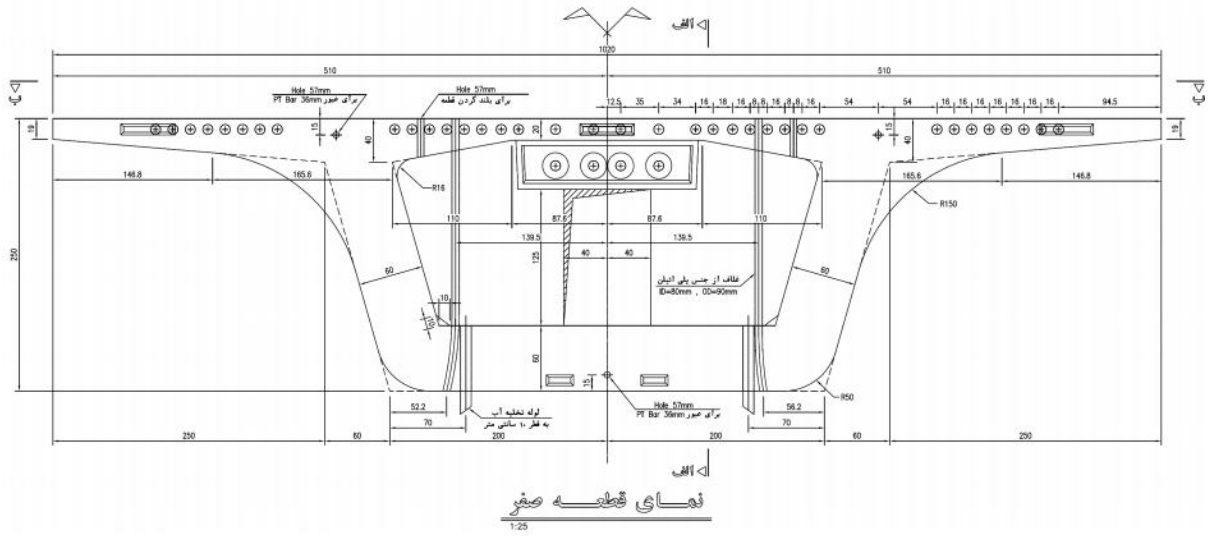
Integral abutment details



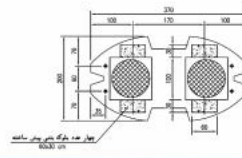
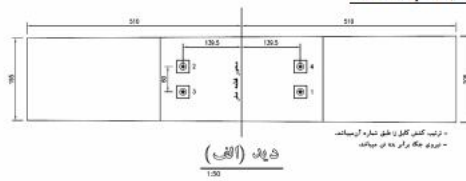
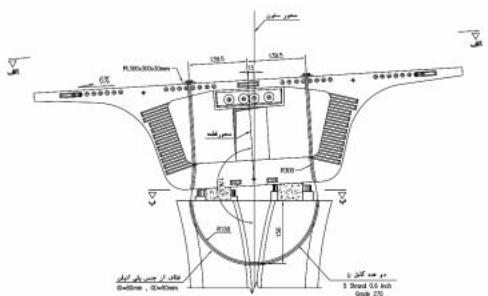


مشخصات هندسی پل B3



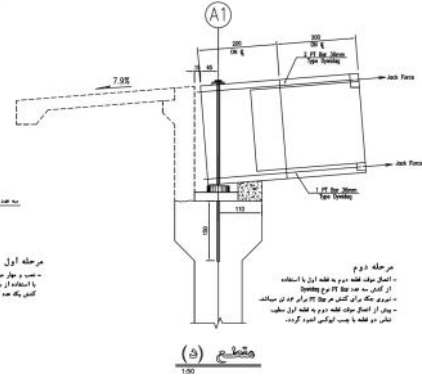
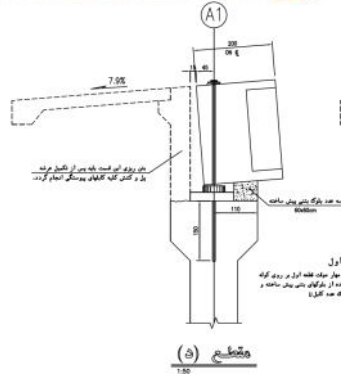
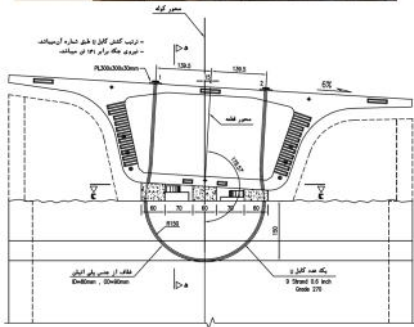


اتصال قطعات صفر به پایه ها :

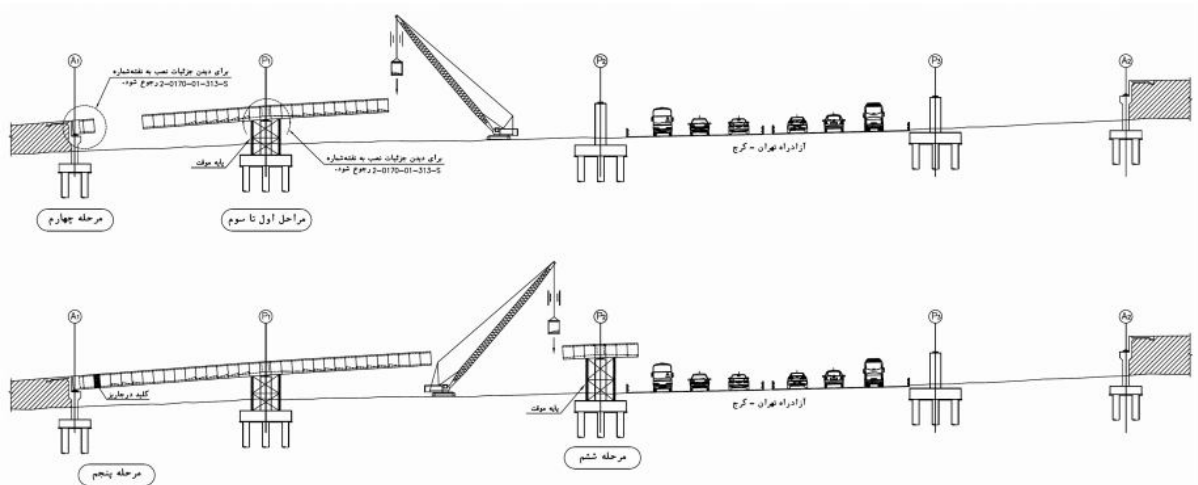




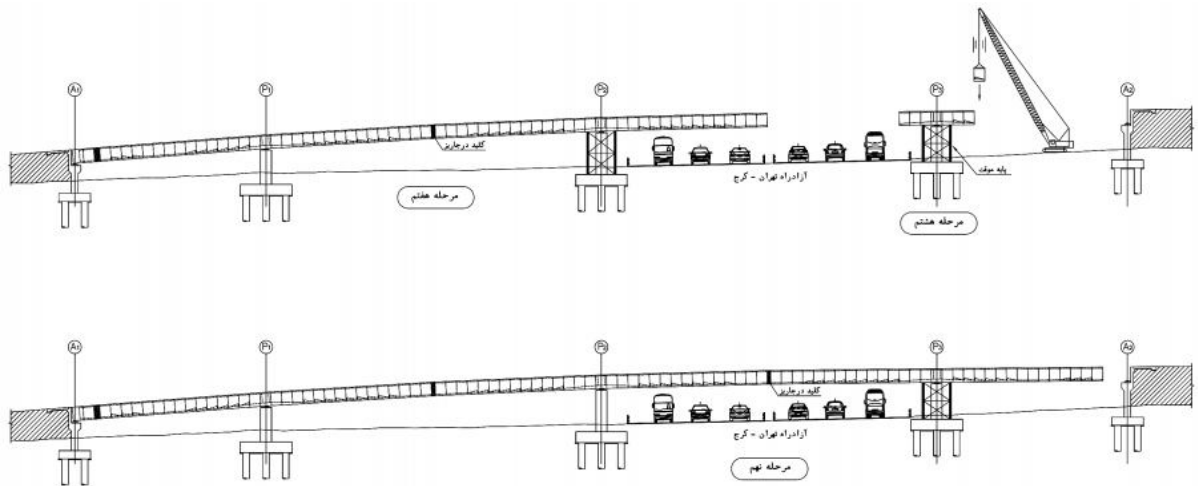
اتصال قطعات ابتدا و انتهای عرشه به کوله :



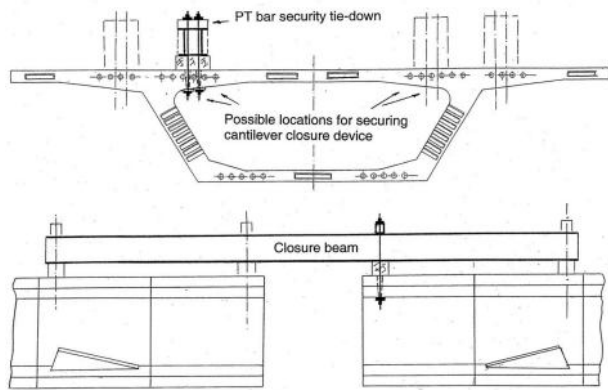
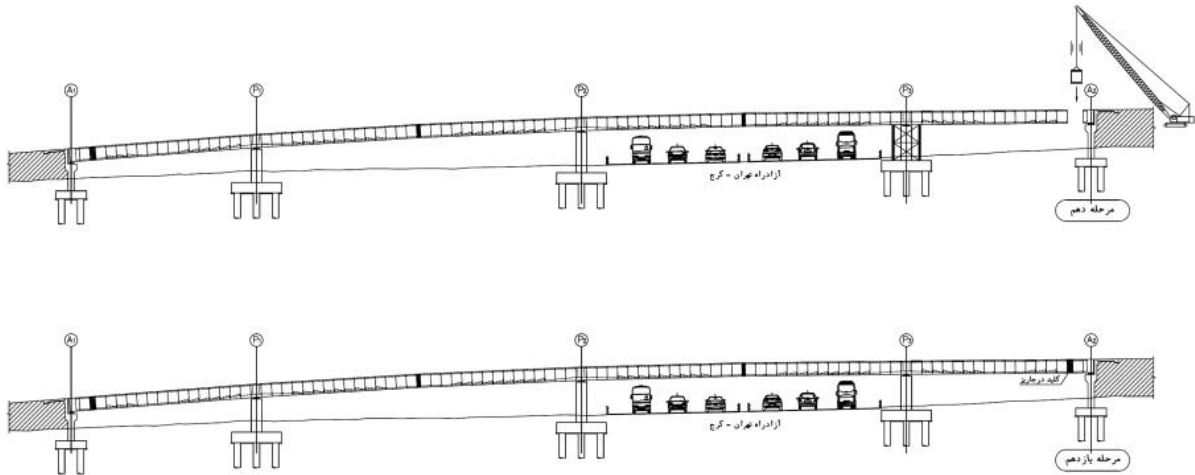
مراحل نصب قطعات صندوقه ای :



مراحل نصب قطعات صندوقه ای :



مراحل نصب قطعات صندوقه ای :



Typical erection equipment for closure joints in cantilever bridges

کلیدهای درجاریز:



تولید و عمل آوری قطعات صندوقه ای در کارخانه :



سیستم قالب بندی به کار رفته در ساخت قطعات



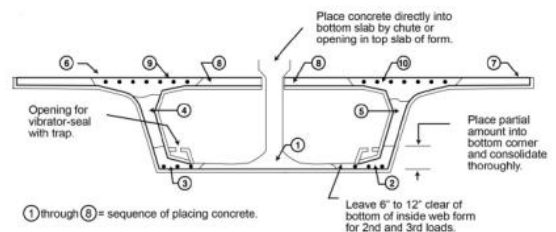
آرماوربندی هر قطعه با به کارگیری شابلون مخصوص



انتقال سبد بافته شده به داخل قالب ها



سیستم توزیع بتن متشکل از یک پمپ زمینی و بوم دکل



مراحل بتن ریزی یک قطعه صندوقه ای



عمل آوری قطعات بتن ریزی شده با بخار



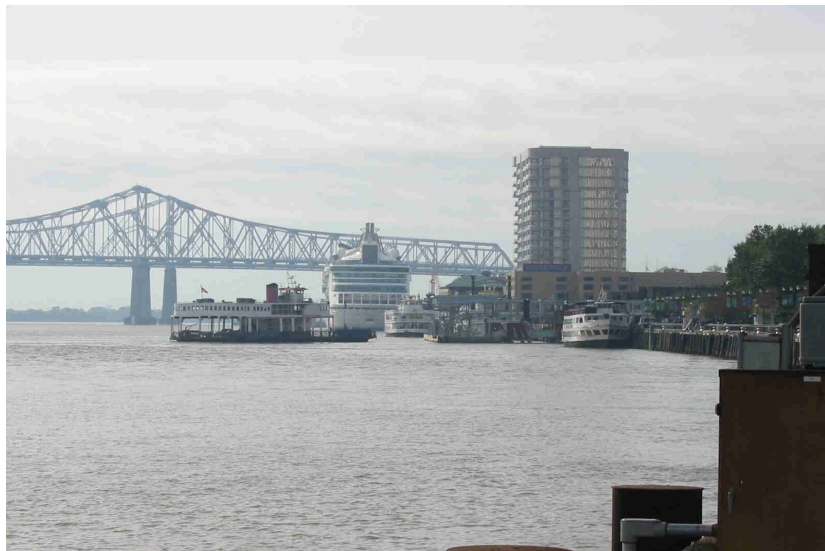
تولید قطعات به روش درز مزدوج (Match Cast)

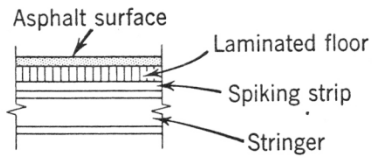
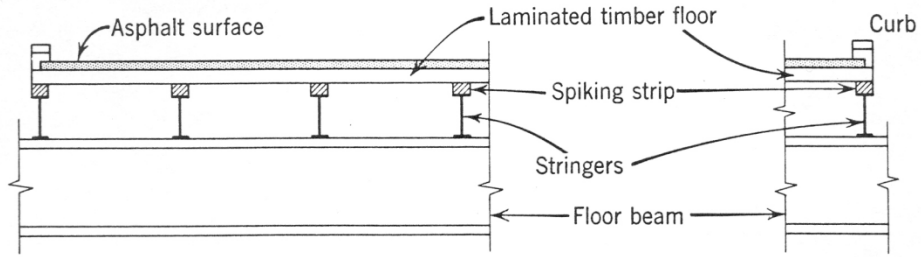




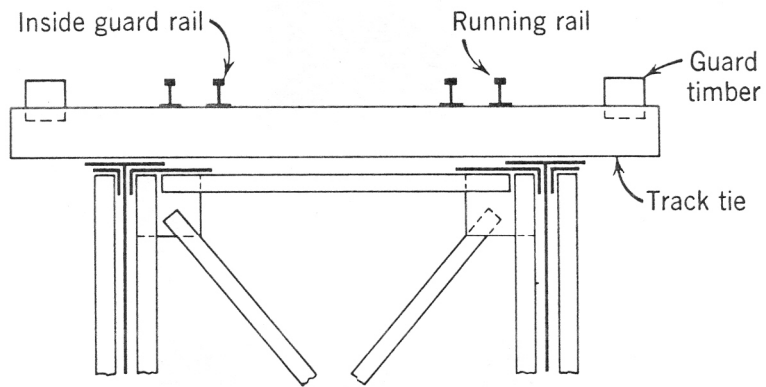




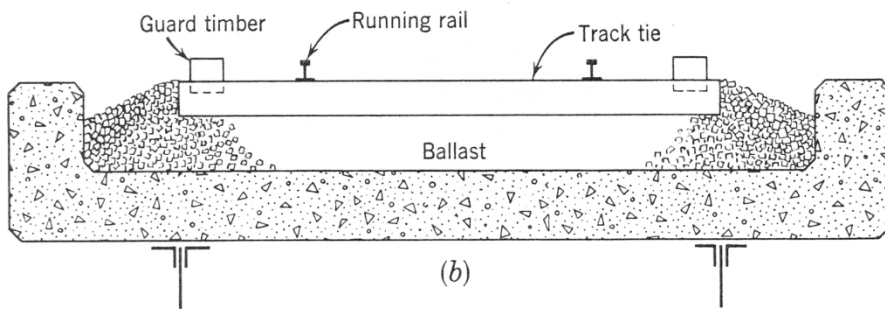




Section
Timber floor for highway bridges.

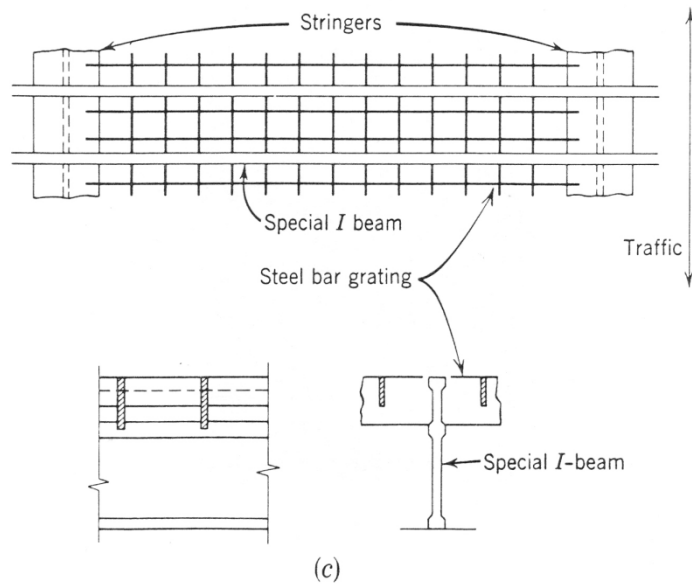
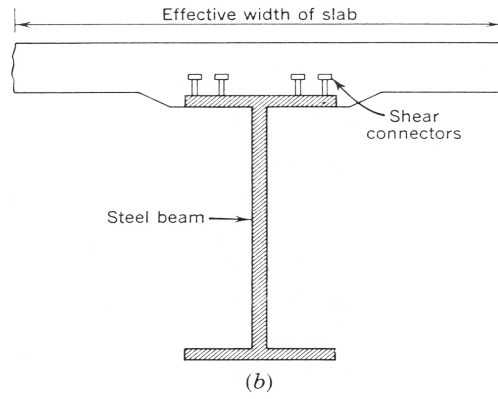
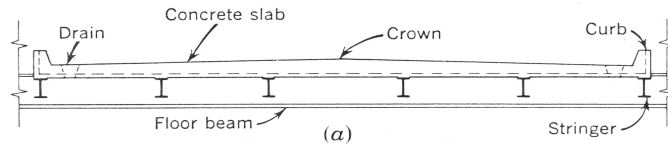


(a)

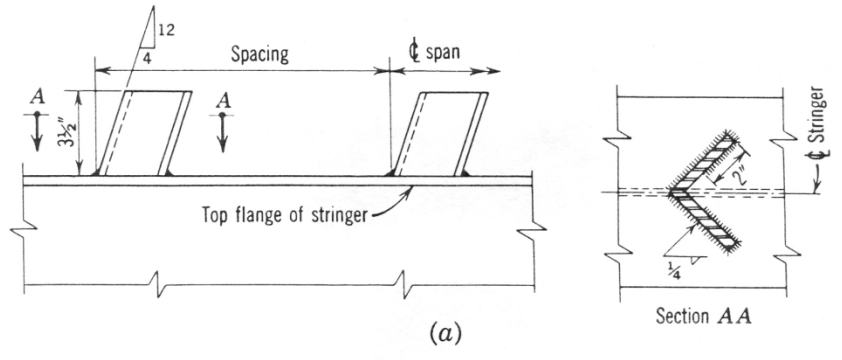


(b)

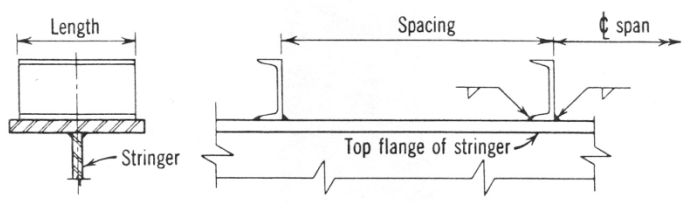
Railway bridge floors: (a) open-timber deck floor, and (b) concrete ballasted floor.



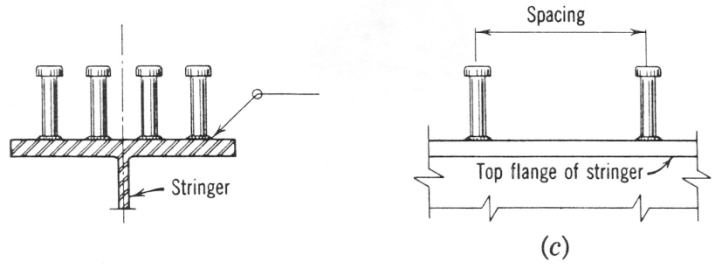
Floors for highway bridges: (a) ordinary concrete floor, (b) composite beam construction, and (c) special steel grating.



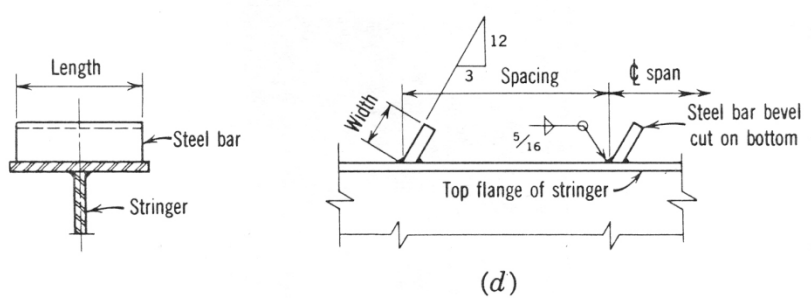
(a)



(b)

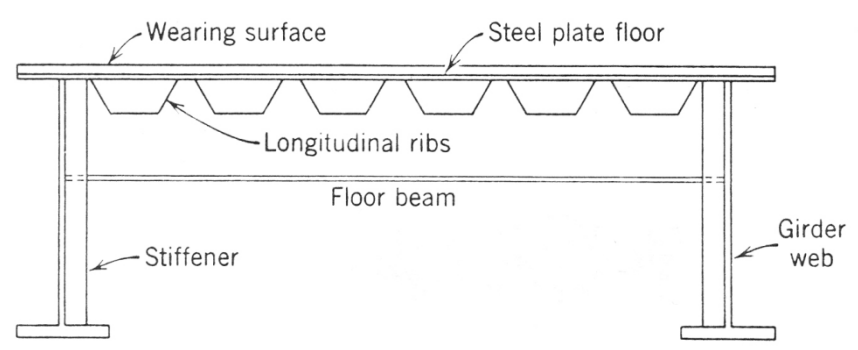


(c)

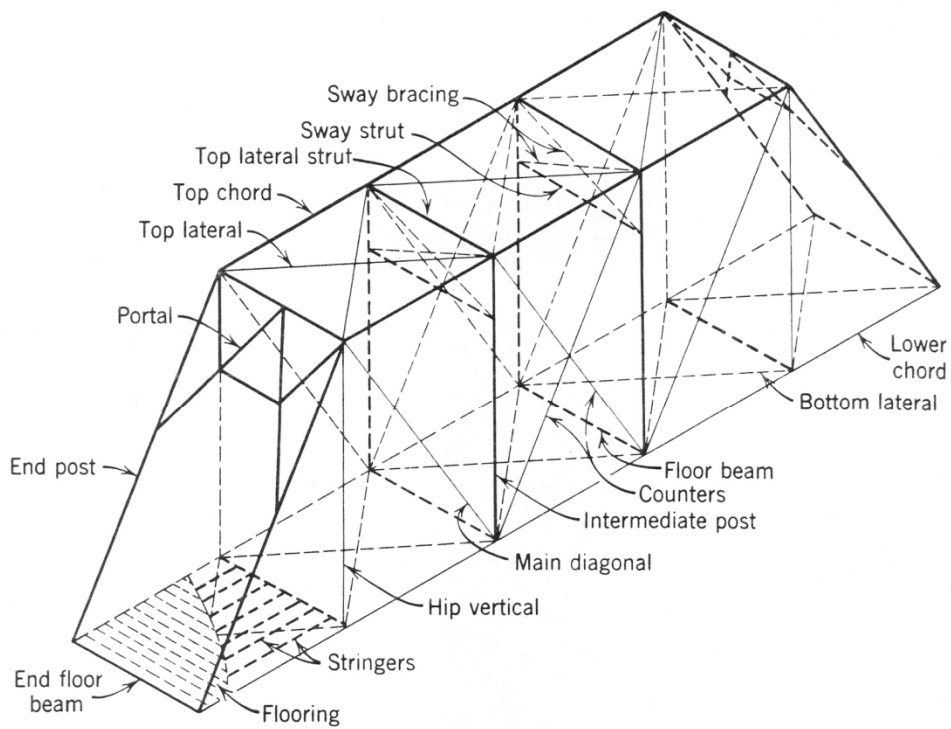


(d)

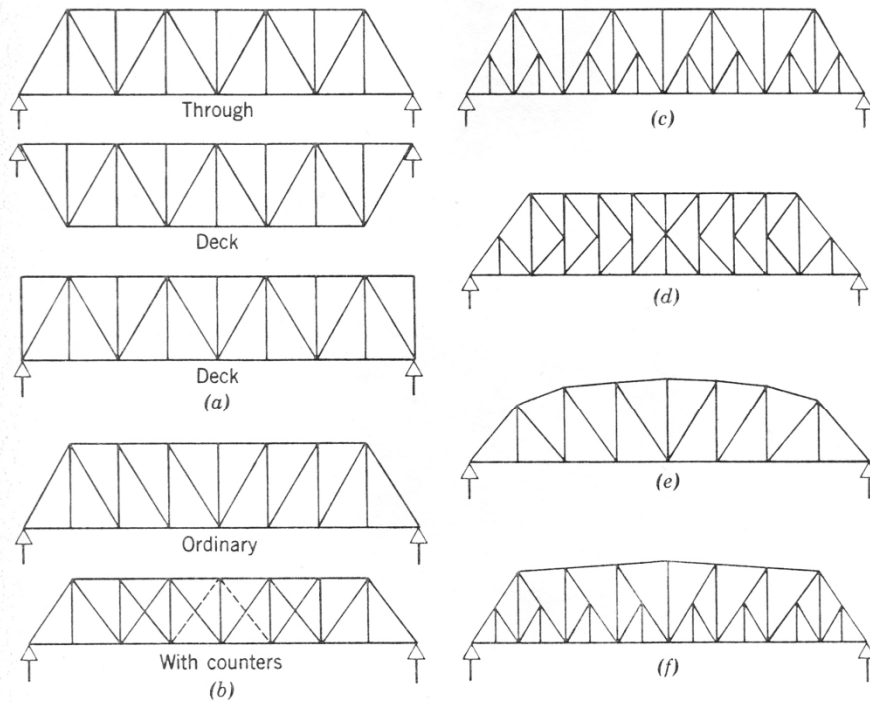
Typical shear connectors: (a) angle shear connector, (b) channel shear connector, (c) stud shear connector, and (d) steel-bar shear connector. (Courtesy AISI.)



Orthotropic plate floor for bridges.



Skeleton of a typical through truss highway bridge.



Typical bridge trusses: (a) Warren trusses, (b) Pratt trusses, (d) subdivided Warren truss, (d) K-truss, (e) curved-chord Pratt truss, and (f) Pettit truss.



Looking South on the temporary deck under the roadway of Bixby Creek Bridge during the seismic retrofitting project.



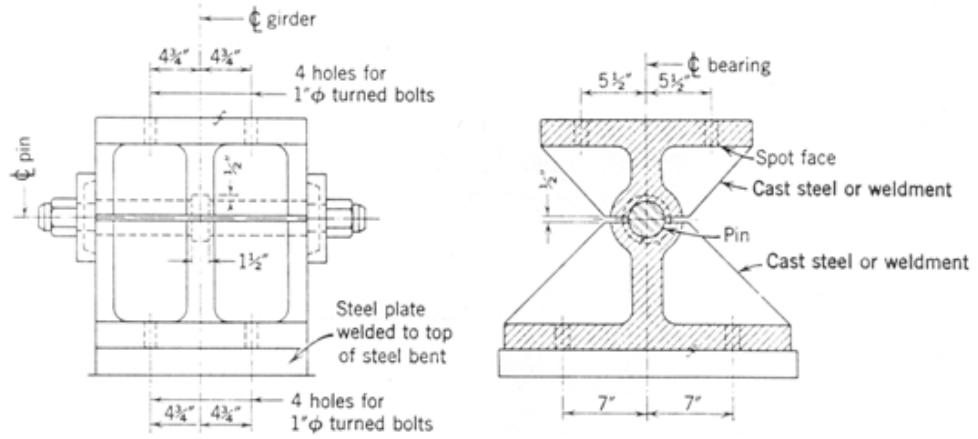
تکیه گاه های انتهایی و مفصل بندی پل ها به چهار دسته تقسیم می شوند

(a) تکیه گاه های ثابت

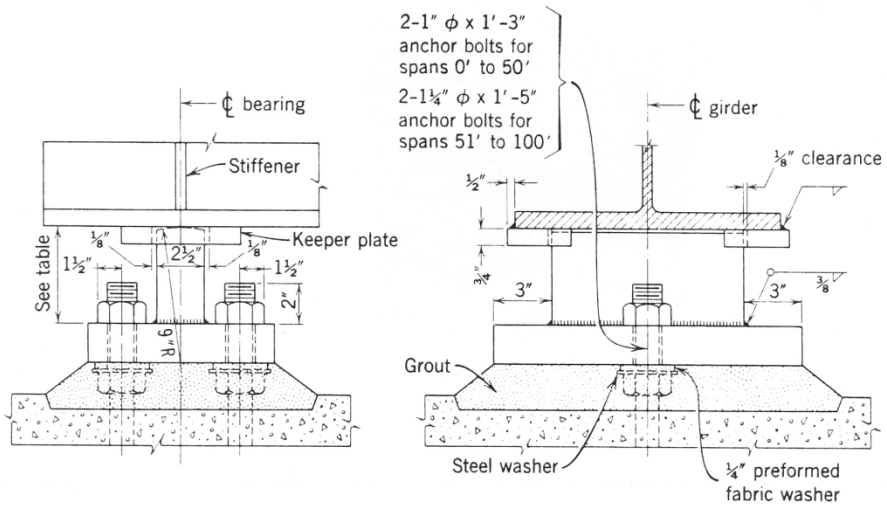
(b) تکیه گاه های لولایی

(c) تکیه گاه های لغزان یا انبساطی

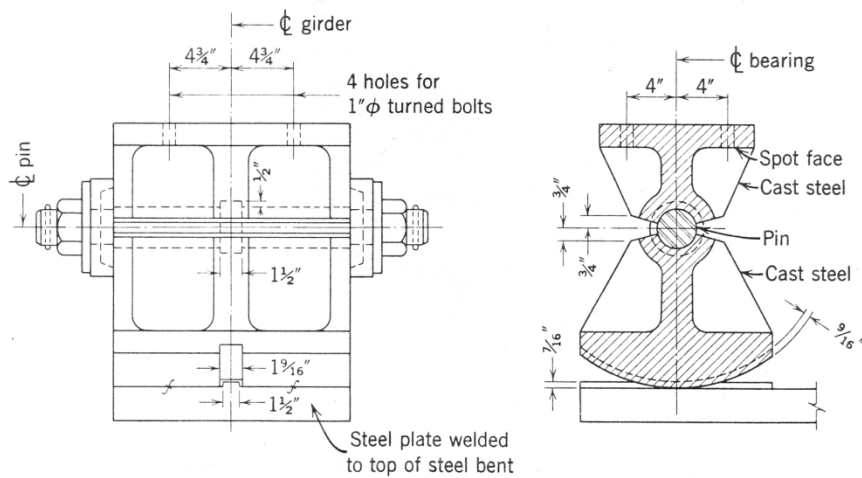
(d) مفصل بندی های لولایی ، رابط و متصل به غلتک



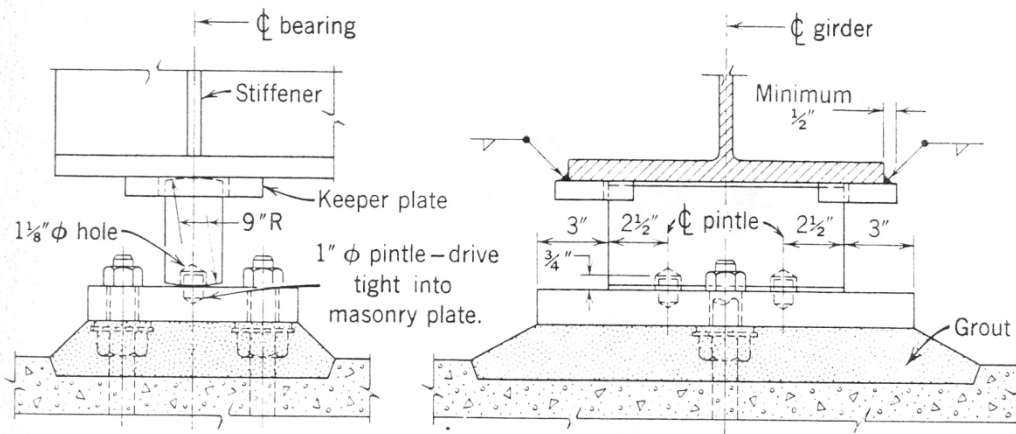
Hinged bearing for medium spans. (Courtesy AISC.)



Hinged bearing for short spans. (Courtesy AISC.)

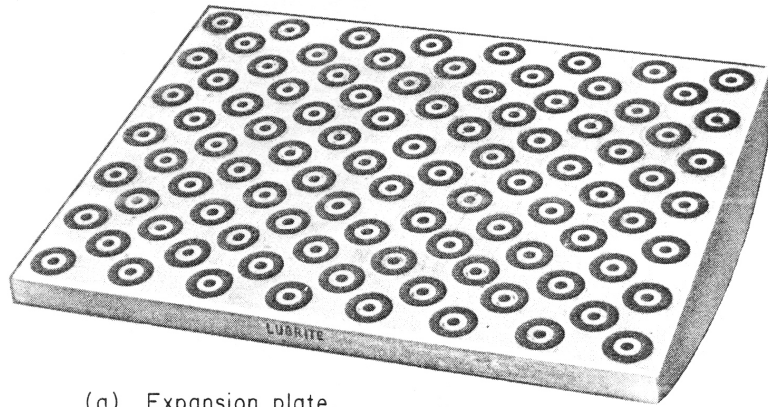


Expansion bearing for medium spans. (Courtesy AISC.)

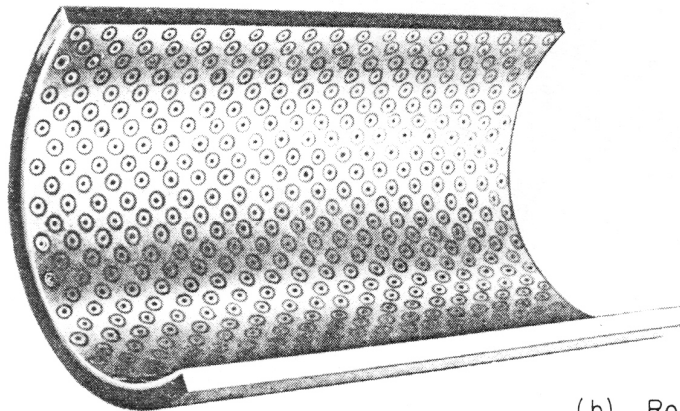


Note: See Fig. 11-22 for additional dimensions

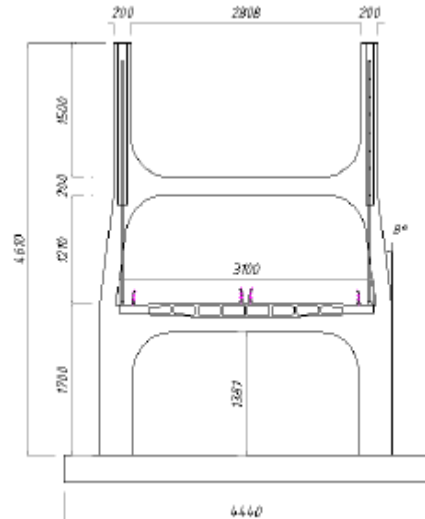
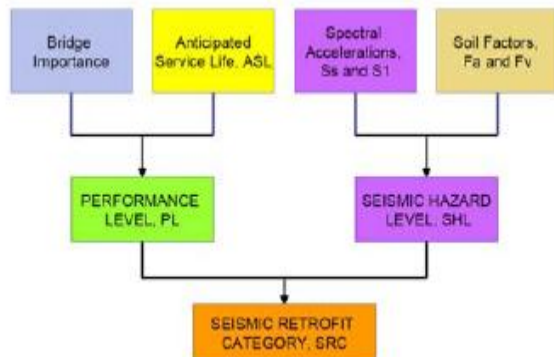
Expansion bearing for short spans. (Courtesy AISC.)



(a) Expansion plate



(b) Rocker bearings



سطوح عملکردی پلها

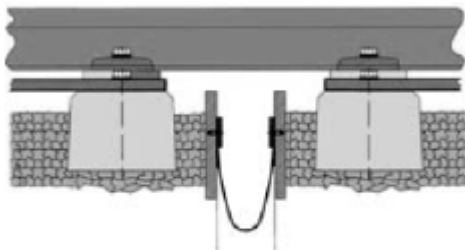
سطح عملکرد Retrofit Level	معیار سطح عملکرد لرزه ای (seismic Performance Criteria)	
Functional	سطوح بهره برداری Service Levels	سطوح خسارت Damage Levels
Safety 2	ضروری (دسترسی کامل به ترافیک عادی) Immediate	حداقل Minimal
Safety 1	محدود شده Limited	قابل تعمیر Repairable
Superstructure	صدمه جدی محدود شده Significant Limited	صدمه جدی (تعمیر آن نیاز به بسته شدن پل) Significant(no collapse)
	امکان از بین رفتن بهره برداری Possible loss of service	صدمه جدی Significant(loss of span prevention)

انتخاب آنالیزهای مورد نیاز بر اساس نوع رفتار سازه

رفتار سازه (STRUCTURAL BEHAVIOUR)	آنالیزهای مورد نیاز (REQUIRED ANALYSES)
سازه شکل پذیر یا سازه با شکل پذیری محدود Full-Ductility or Limited-Ductility Structure	Elastic dynamic analysis Non-linear static analysis or non-linear dynamic analysis*
سازه با سیستم های محافظ Structure with Protective Systems	Elastic dynamic analysis and non-linear dynamic analysis
سازه با امکان چرخش یا دوران Structure with Rocking Response	Elastic dynamic analysis or non-linear dynamic analysis

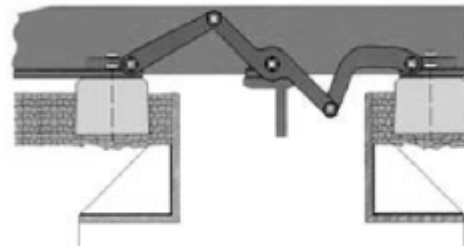


تکیه گاههای غلتکی و مفصلی پایه میانی (Fix, Free)

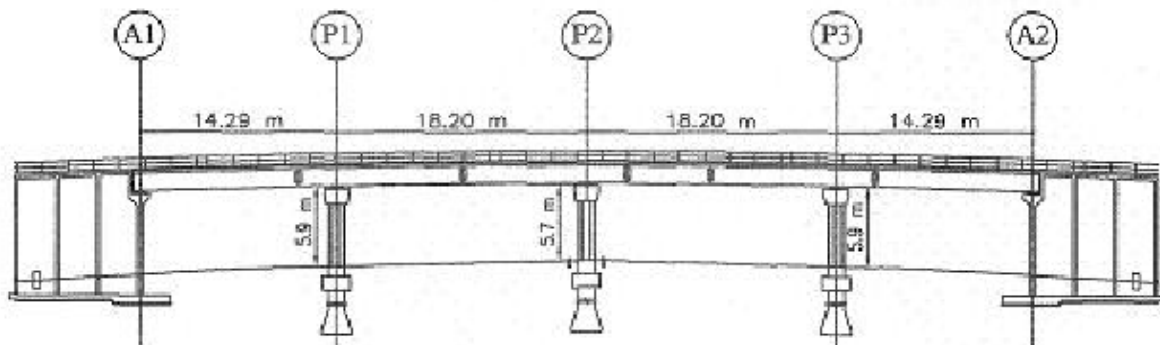


Rail expansion joint SA 60-300
Length of elongation ± 150 mm

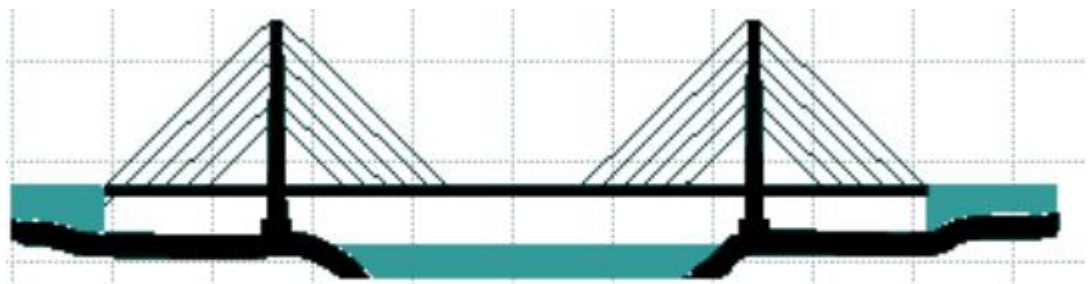
نحوه عملکرد درز انبساط



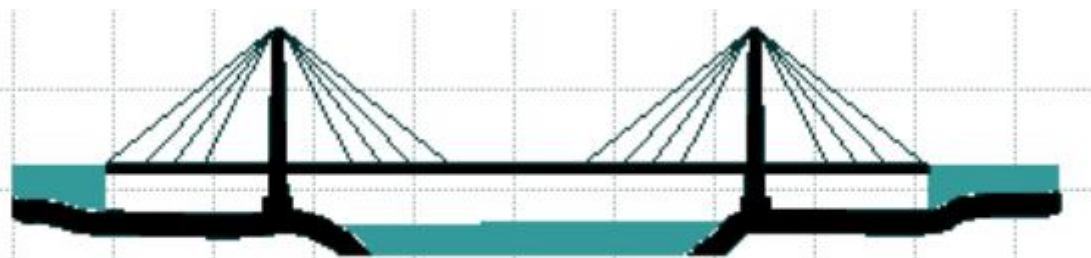
Rail expansion joint SA 60-600
Length of elongation ± 300 mm



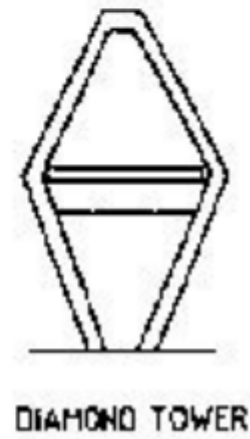
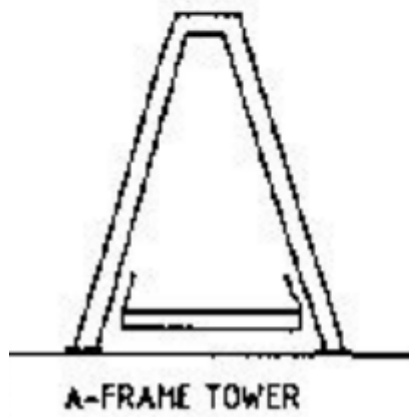
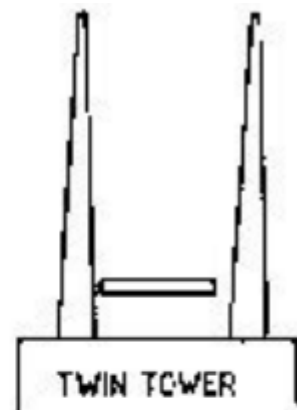
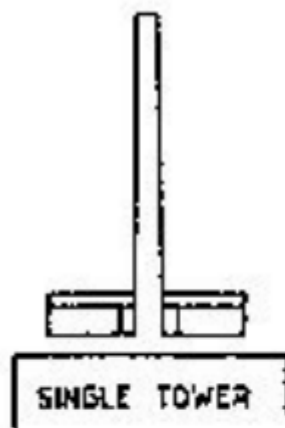
نمای جانبی پل چهار دهانه

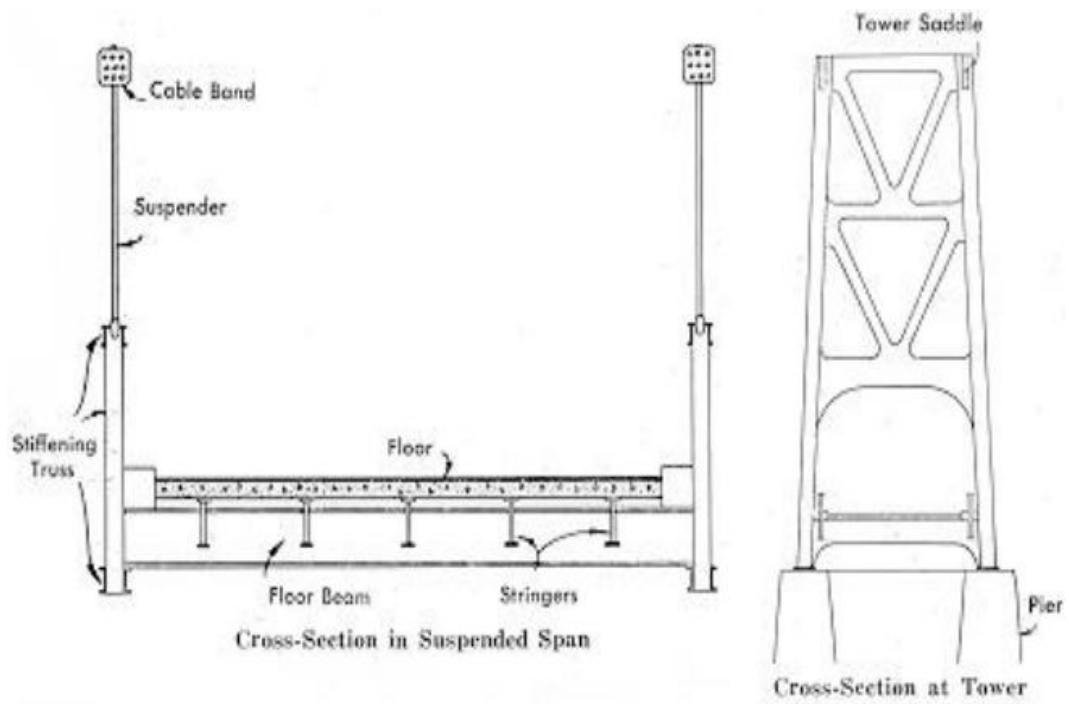


Parallel attachment pattern

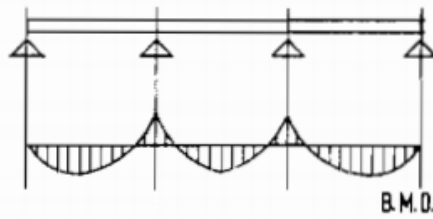


Radial attachment pattern





(الف) دهانه ساده.



(ب) دهانه ممتد.



(ج) قاب صلب.



(د) کنسول مفصل دار.

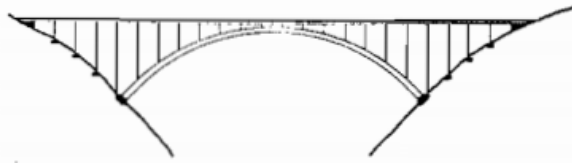


انواع پل‌های تخت

(ه) کنسول دوبله و دهانه ساده.



(الف) جان پر .



(ب) جان باز .



(ج) چند ضلعی



(د) کشدار



(ه) قاب با پایه‌های مورب

انواع قوسها



(الف) تکی .



(ب) شعاعی .



(ج) متوازی .



(د) پنکئی .



(ه) ستارهای .

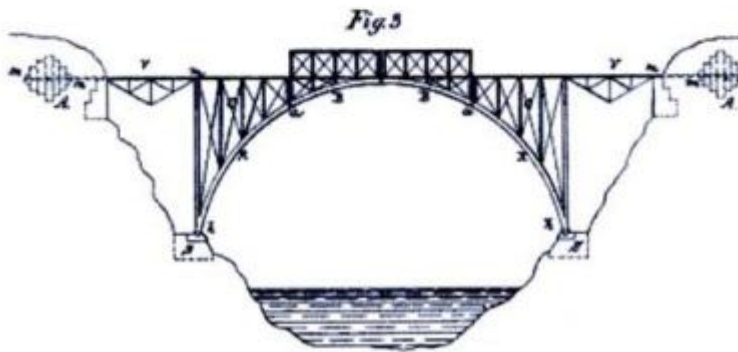
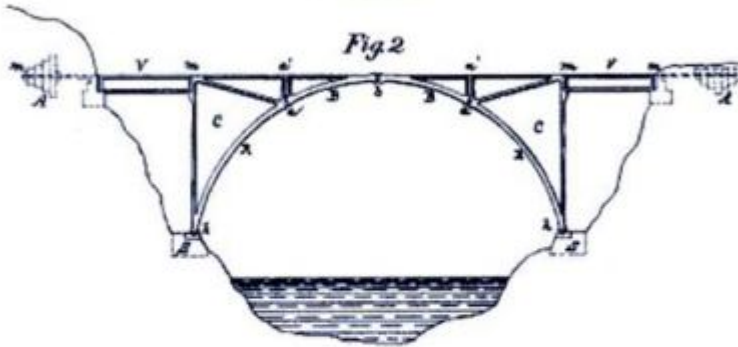
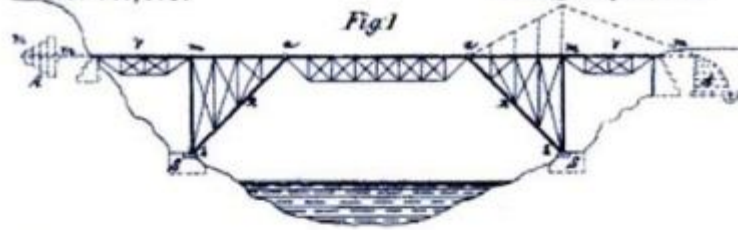


(ی) شعاعی نامتقارن

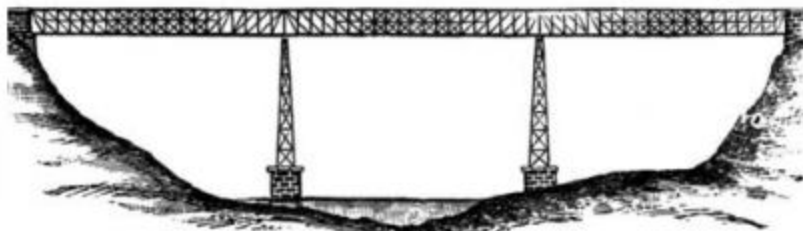
انواع پل‌های ترکمائی

No. 141,310.

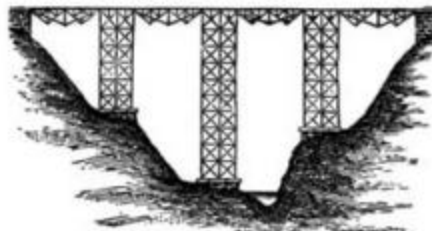
Patented July 29, 1873.



Baltimore Bridge Company.



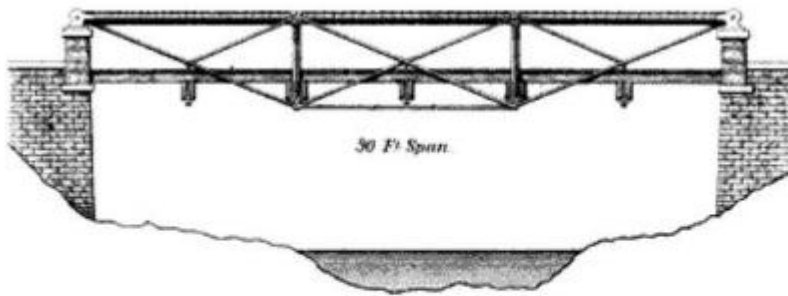
KENTUCKY RIVER BRIDGE.



VARRUGAS VIADUCT.



Quadrangular Truss.



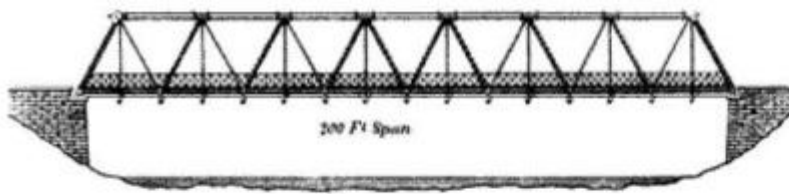
6 inch Column.



8 inch Column.



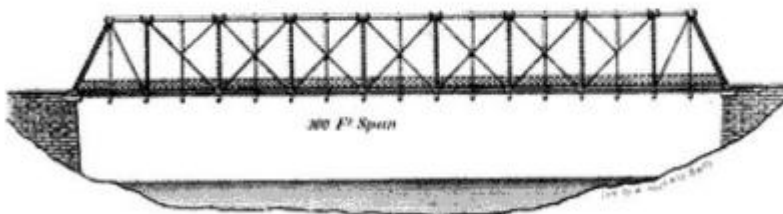
Triangular Truss



10 inch Column.

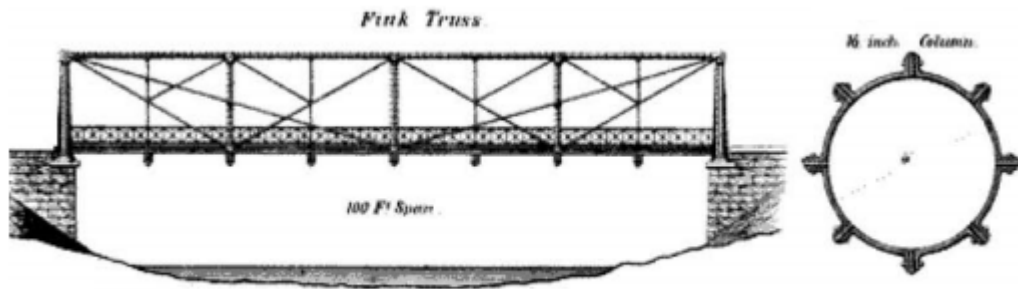


Quadrangular Truss.

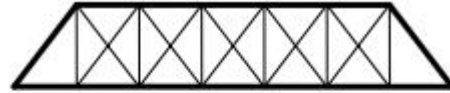


12 inch Column.

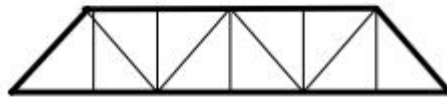




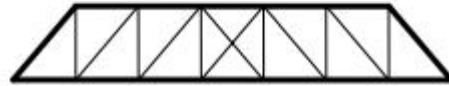
Bollman truss



Howe truss (iron & wood)



Warren truss



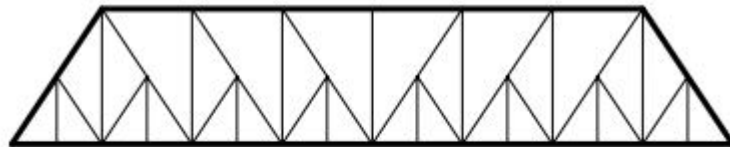
Howe truss (iron)



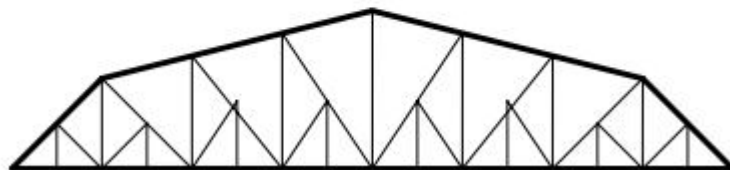
Pratt truss (with center counter)



Whipple truss

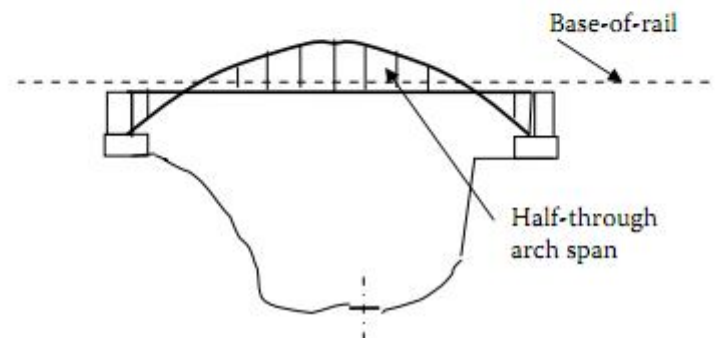
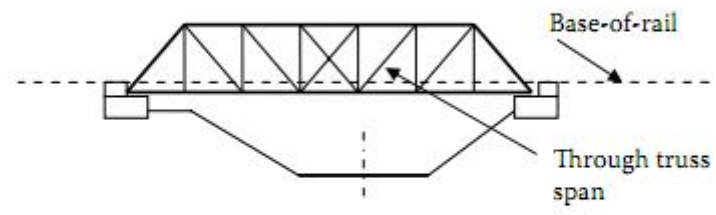
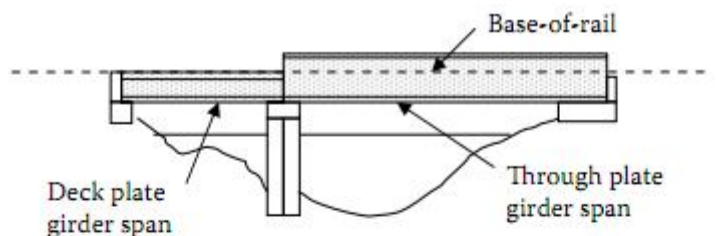
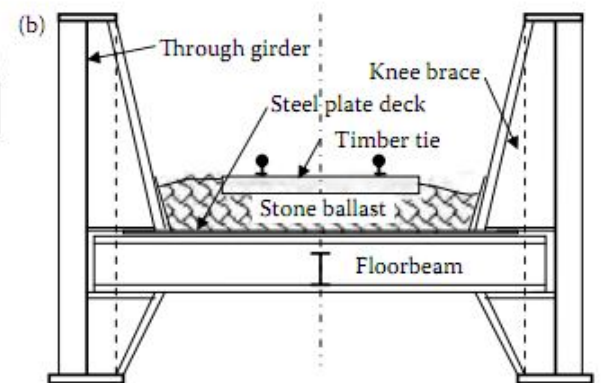
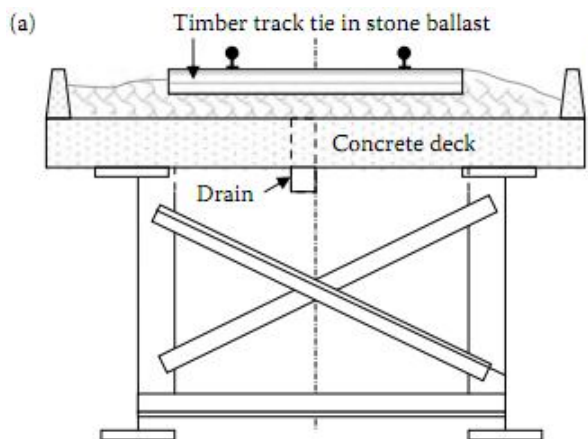
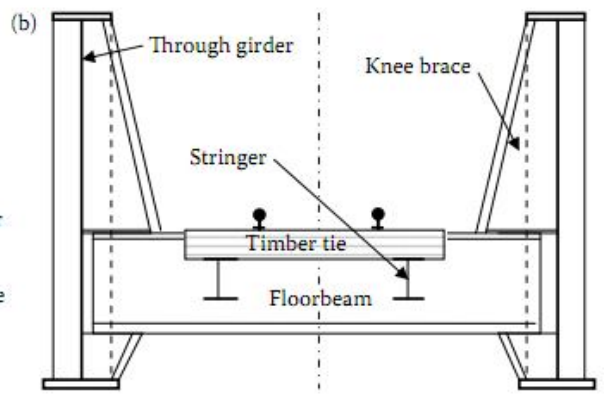
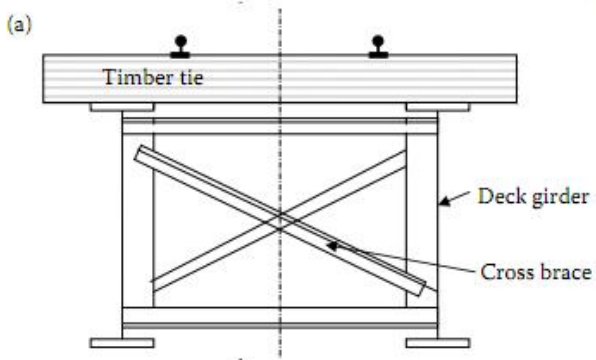


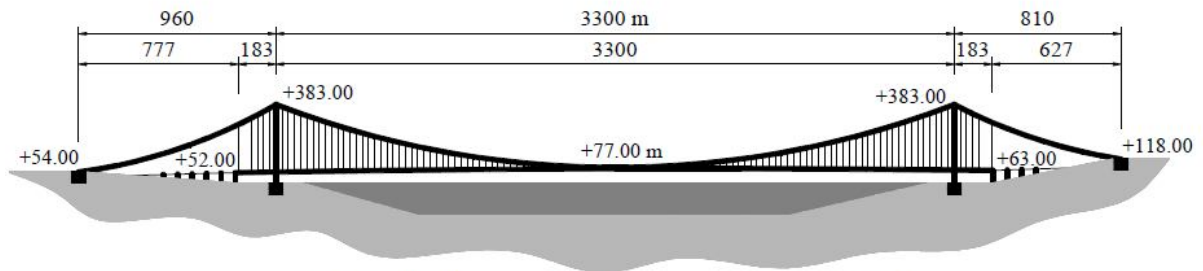
Baltimore truss



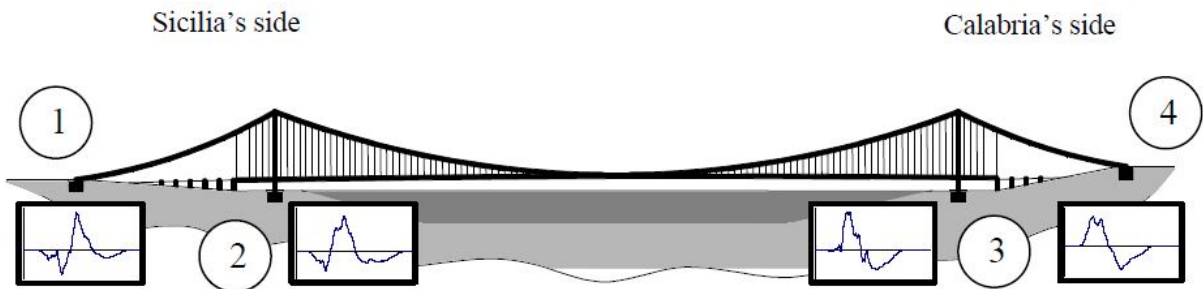
Petit truss

- Strength
- Ductility
- Fracture toughness
- Corrosion resistance
- Weldability

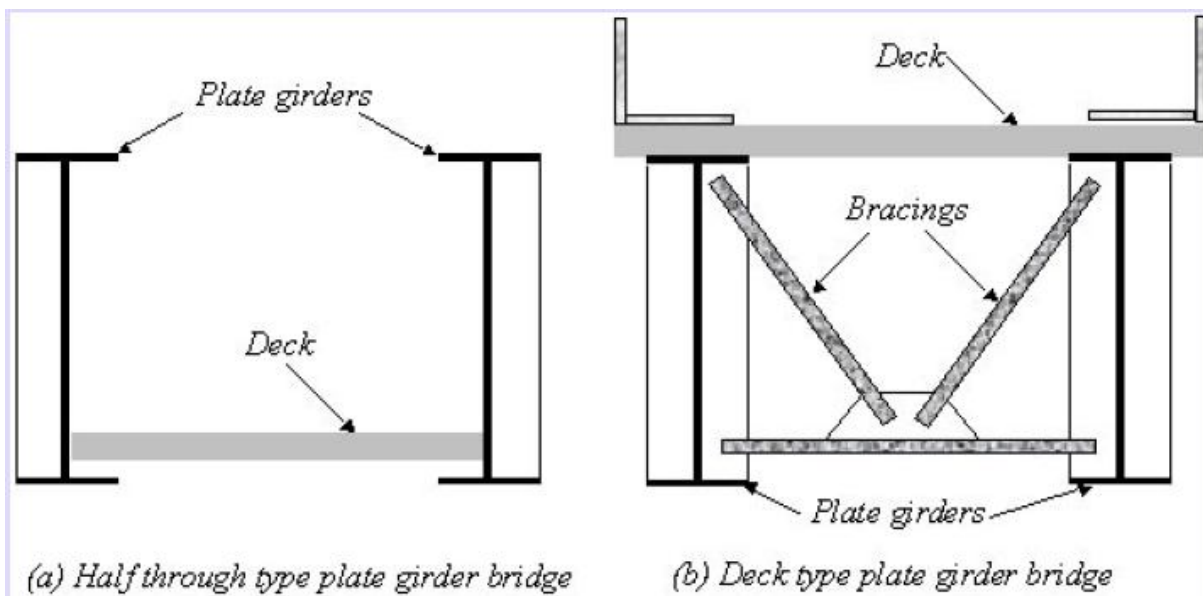


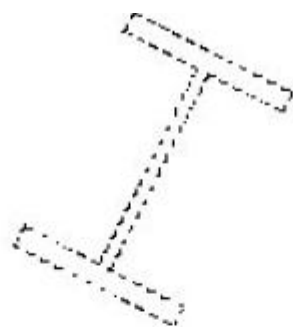
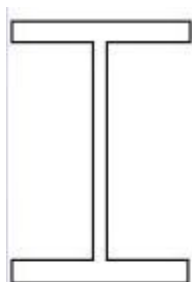


Longitudinal view of the long span suspension bridge.



Horizontal curvature of the deck.

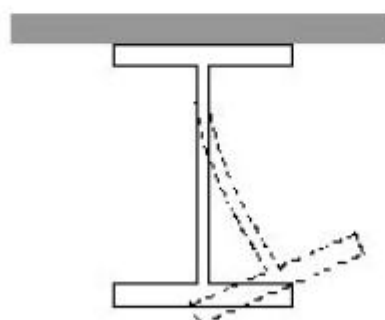




Compression flange

Tension flange

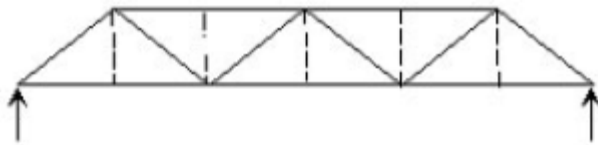
(a) Lateral torsional buckling



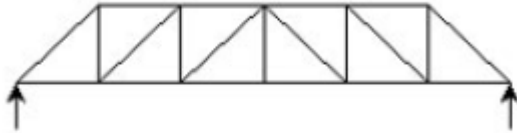
Tension flange

Compression flange

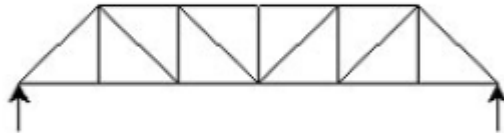
(b) Distorsional buckling



(a) *Warren truss*



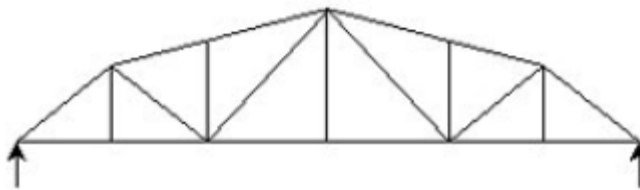
(b) *Howe truss*



(c) *Pratt truss*



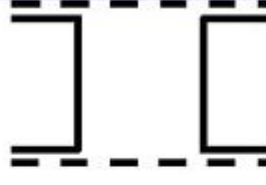
(d) *Double Warren truss*



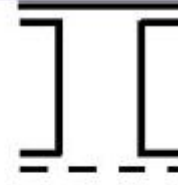
(e) *Varying depth
Warren truss*



(a) *Box Section*



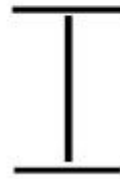
(b) *Box Section*



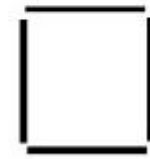
(c) *Box Section*



(d) *Plated I Section*



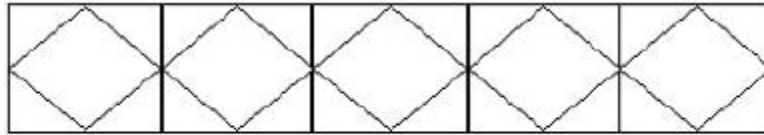
(e) *Built-up I Section*



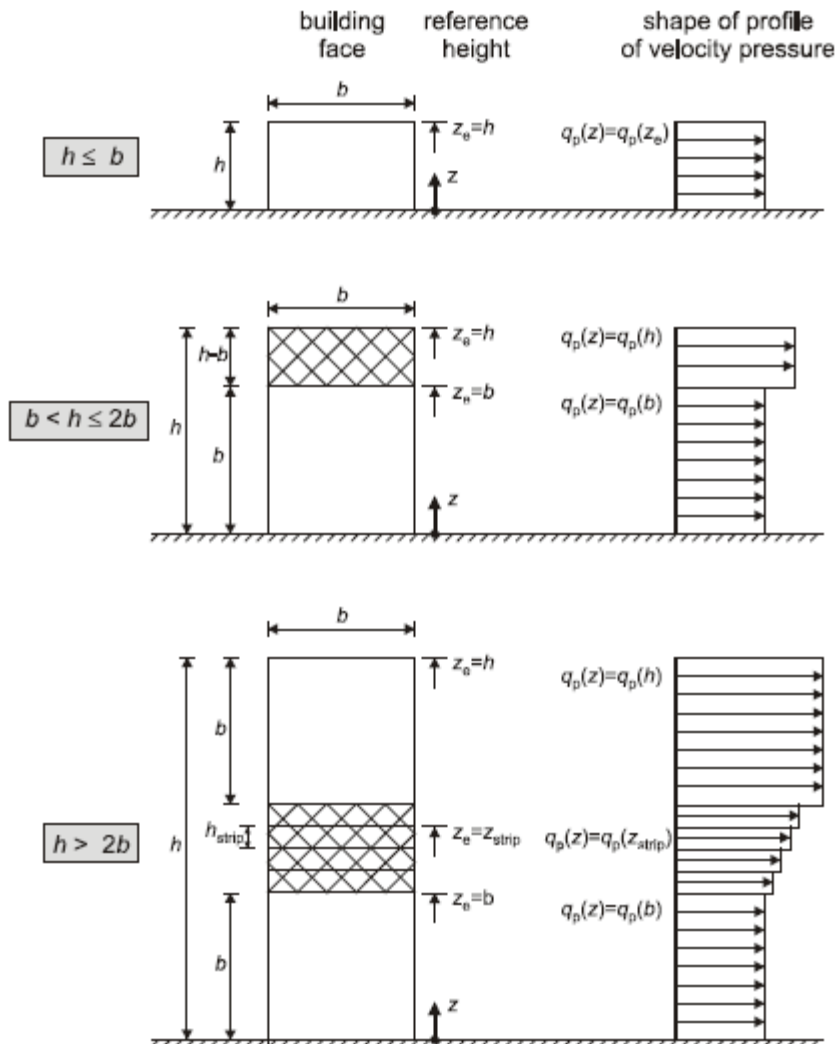
(f) *Box Section*

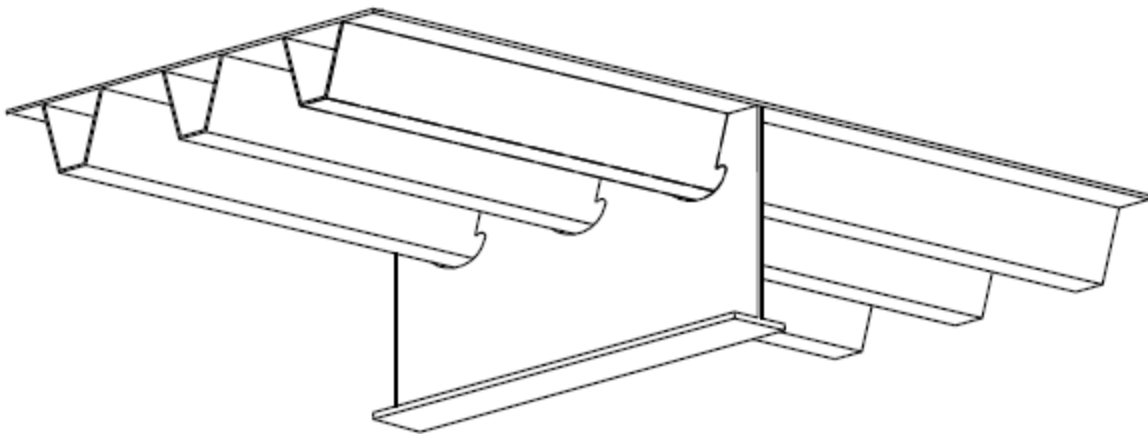


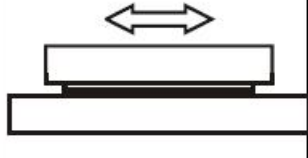
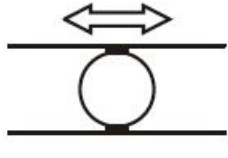
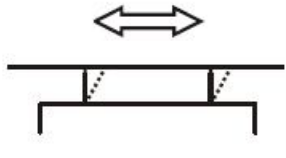

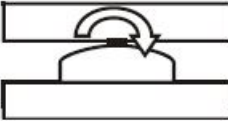

(a) *St. Andrew's cross system*



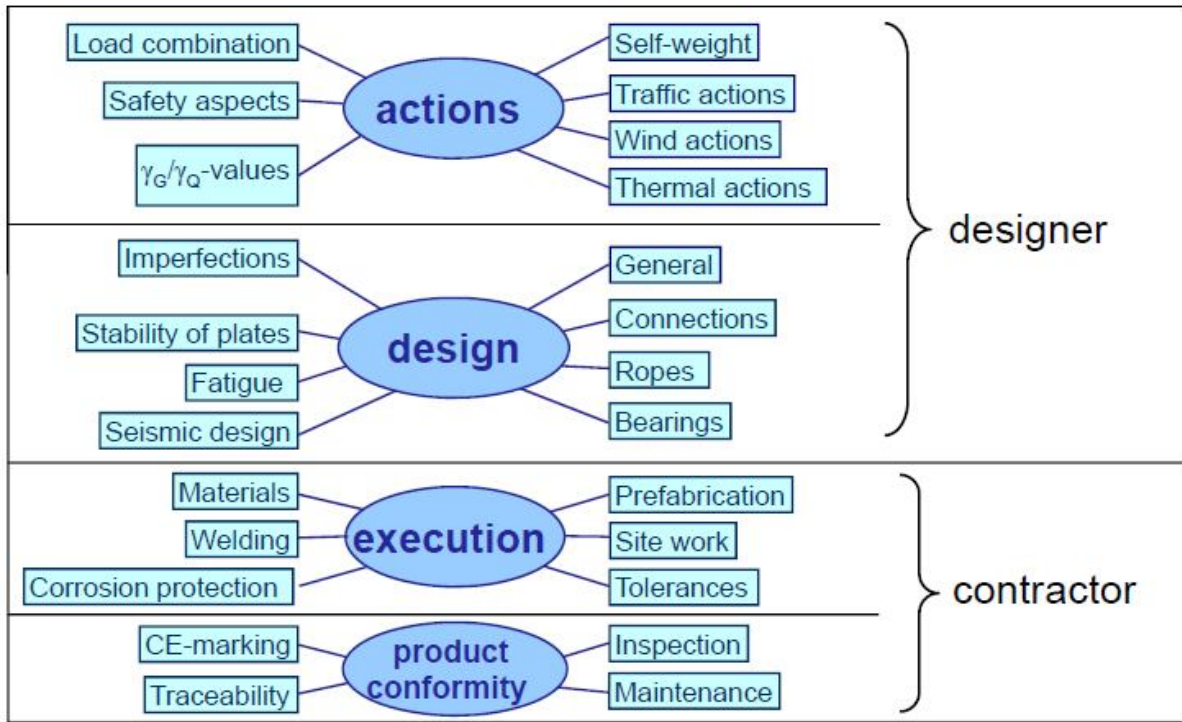
(c) *Diamond System*





	sliding	rolling	deforming
displacement			
rotation			

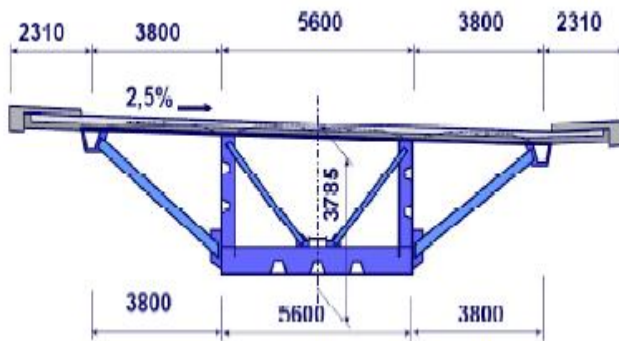
Functional principles of bearings








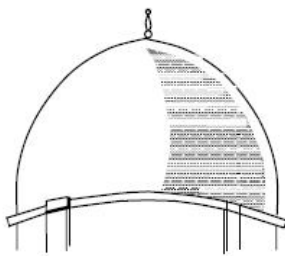
Double composite deck



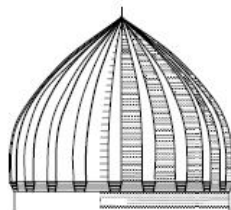
Two girder composite deck



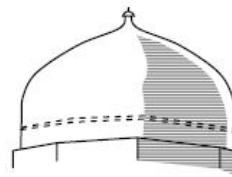
LORRY SILHOUETTE	Interaxles [m]	Frequent axle loads [kN]
	4.5	90 190
	4.20 1.30	80 140 140
	3.20 5.20 1.30 1.30	90 180 120 120 120
	3.40 6.00 1.80	90 190 140 140
	4.80 3.60 4.40 1.30	90 180 120 110 110



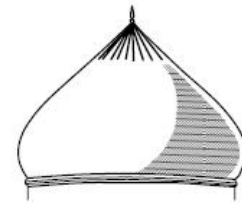
Dome of the Rock
Jerusalem, 7th century



Samarkand, 14th century



Tomb of Runk-i-Alam
at Multan, 1325 A.D.



Safdar Jang's Tomb
Delhi, 1753 A.D.

Types of domes



Confederation Bridge, New Brunswick, Canada

Behaviour Tests

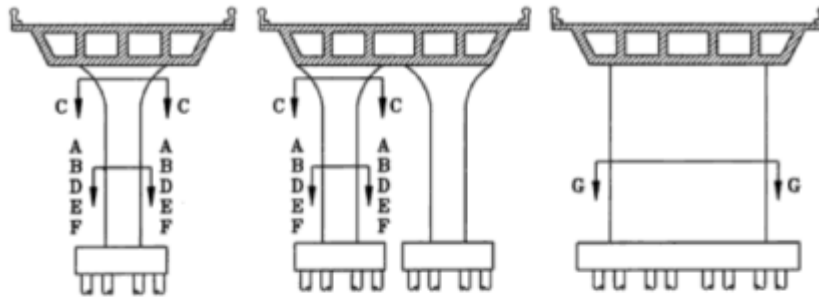
Proof Tests

Ultimate Load Tests

Diagnostic Tests

Dynamic Tests

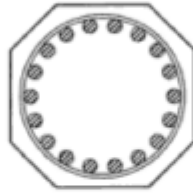
Stress History Tests



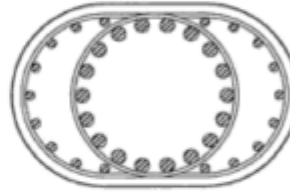
Transverse Elevation



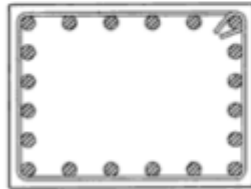
Section A-A



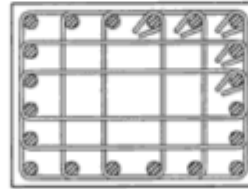
Section B-B



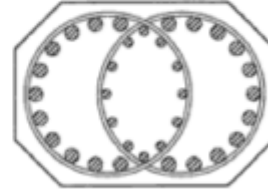
Section C-C



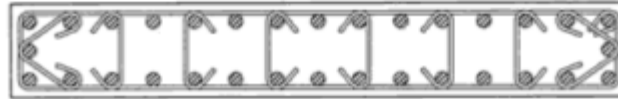
Section D-D
(not recommended)



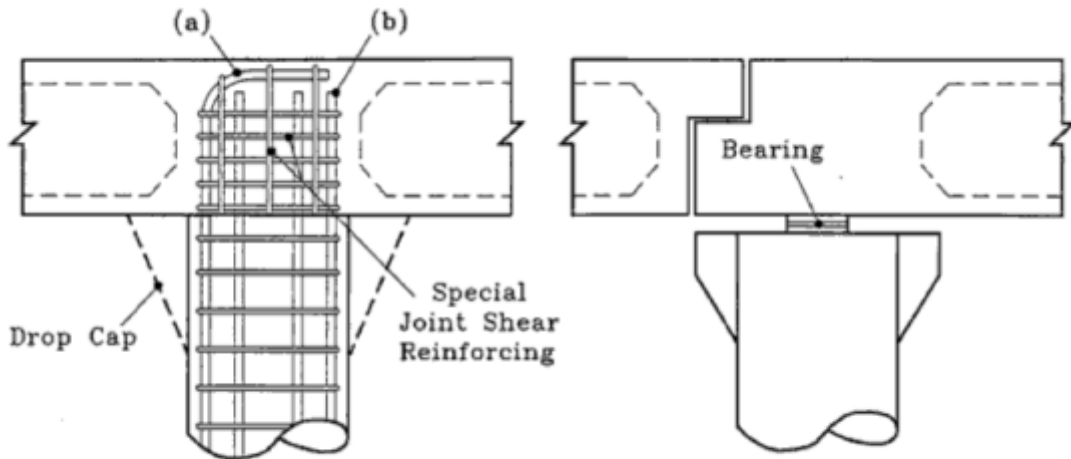
Section E-E



Section F-F

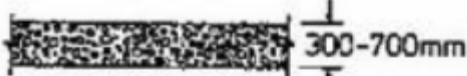
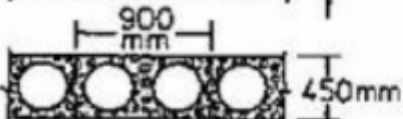
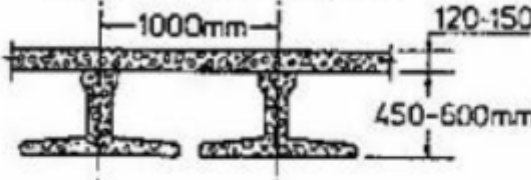
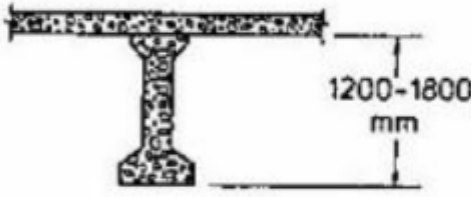

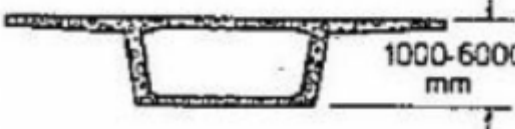
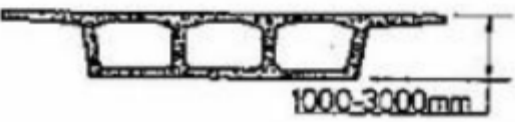


Section G-G



(a) Moment-resisting

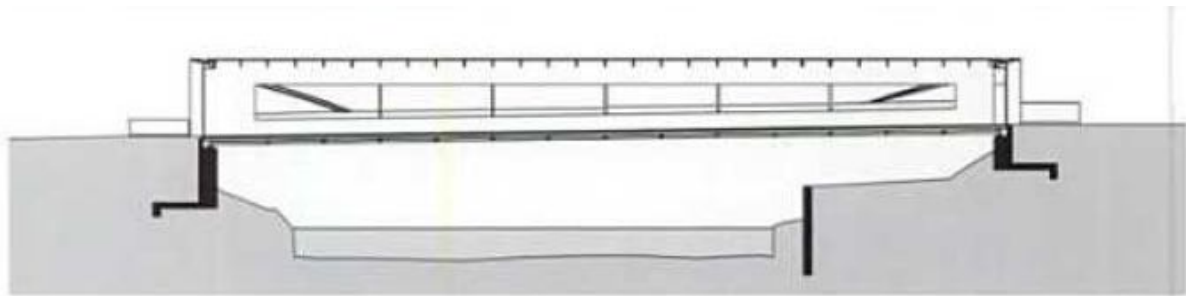
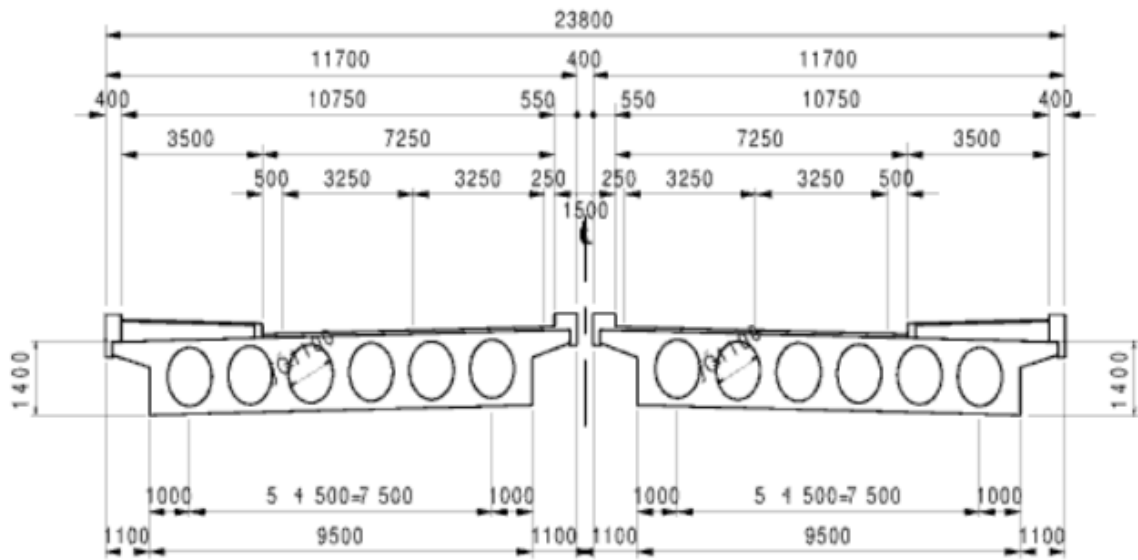
(b) Bearing Supported

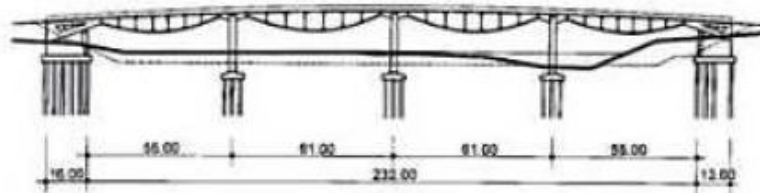
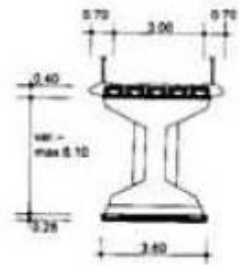
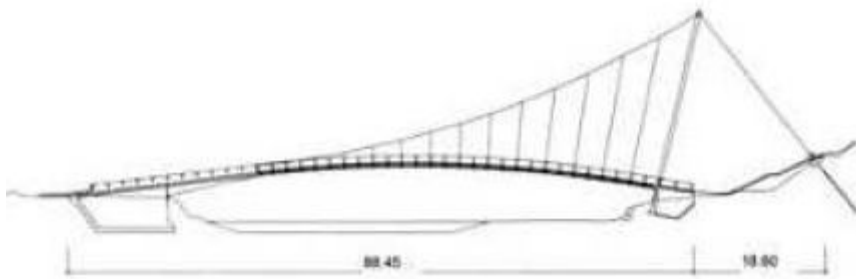
TYPE	EXAMPLE
Solid Slab	
Voided Slab	
Inverted-Tee	
I-Beam	
Double-Tee	
Single-Spine Box Girder	
Multi-Cell Box Girder	

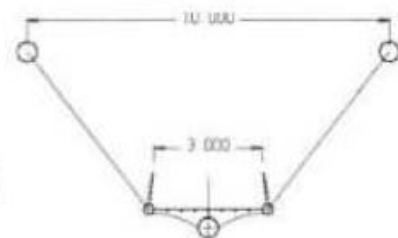
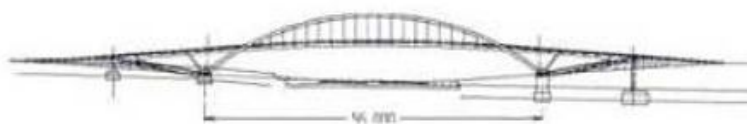


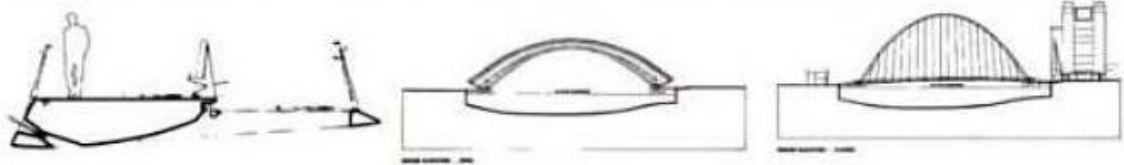


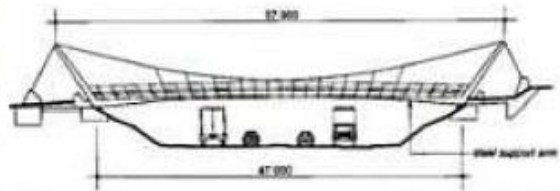
Extended seating frame

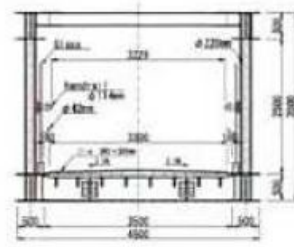
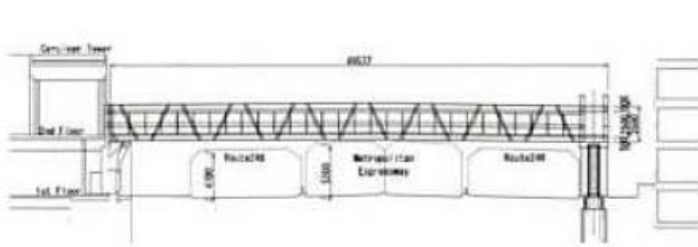
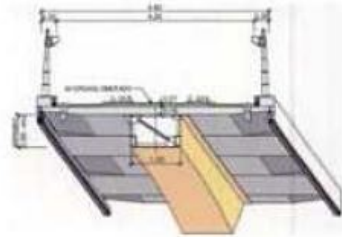


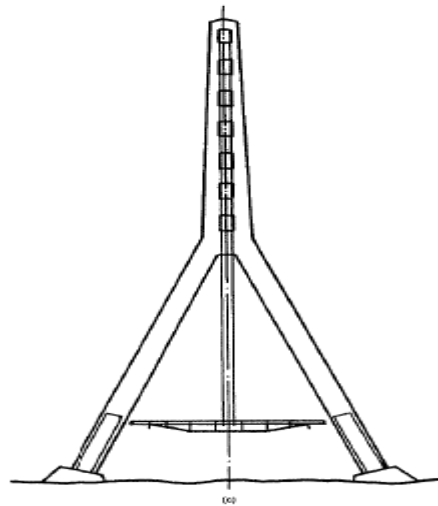
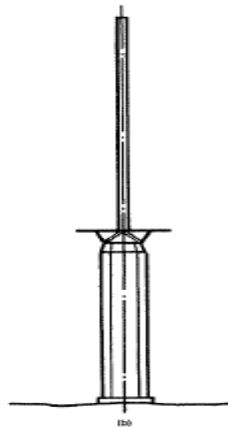
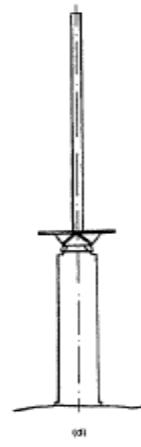
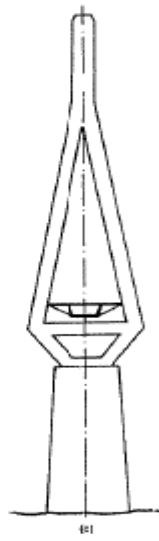
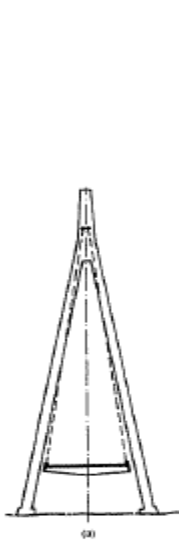
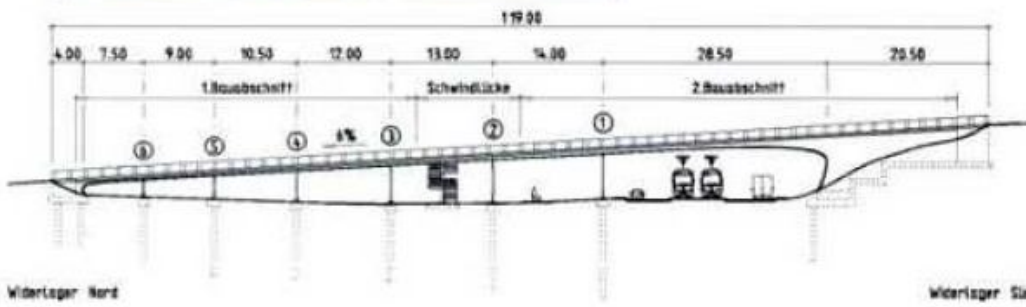


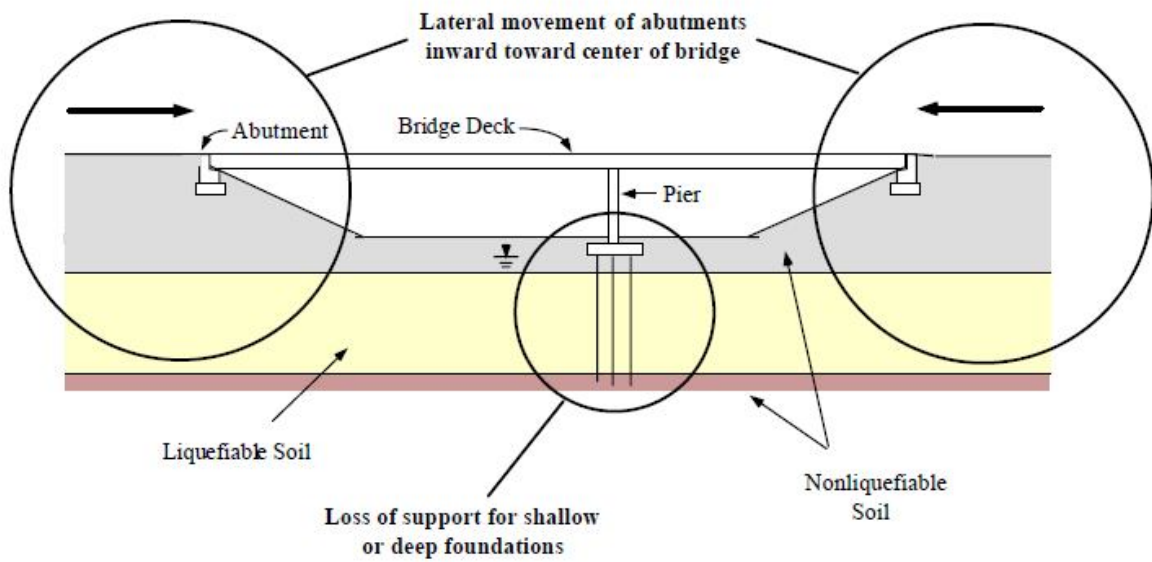
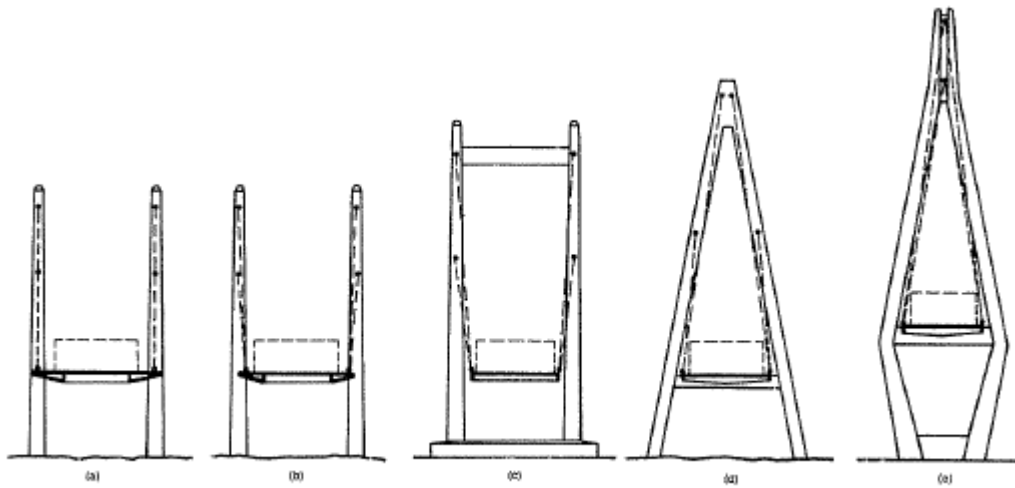




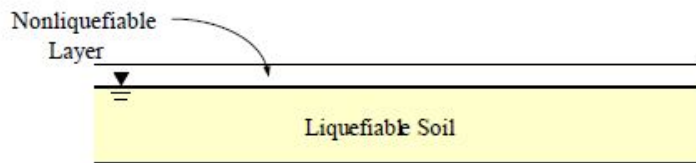




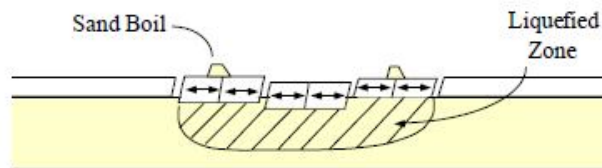




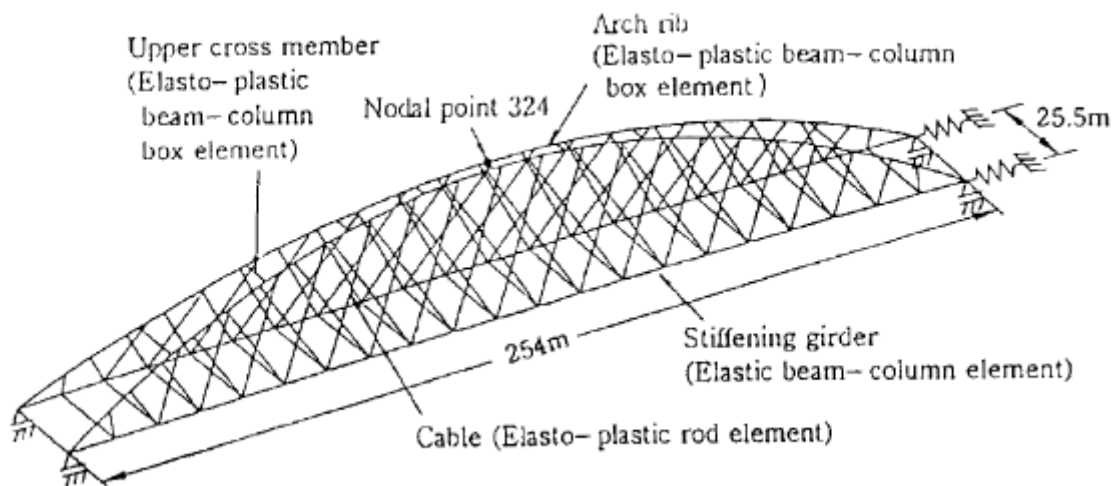
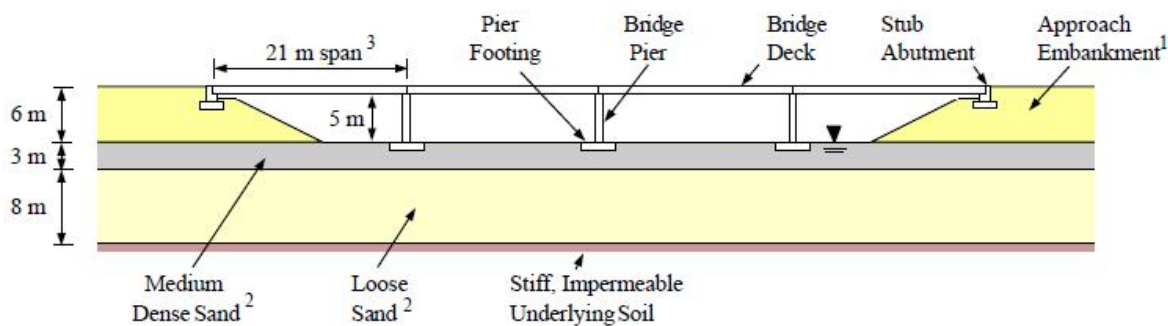
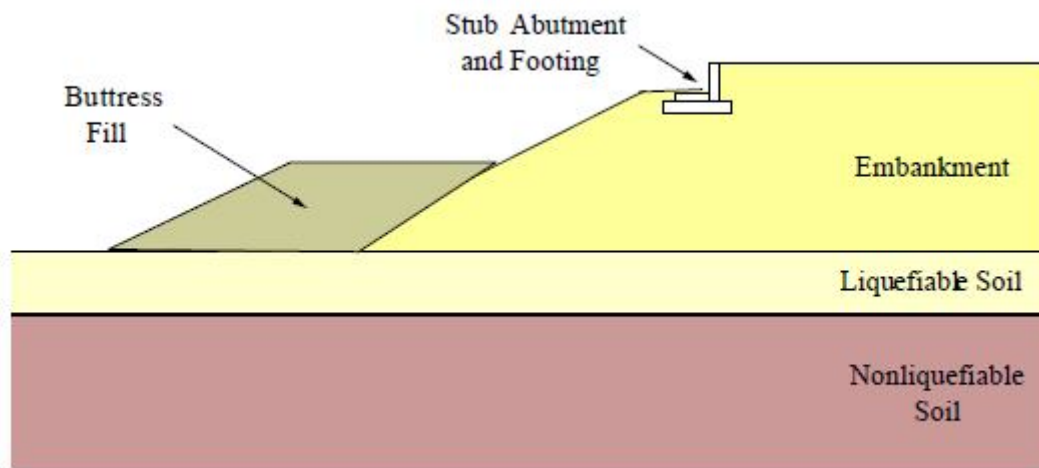
Potential Effects of Liquefaction on Highway Bridge



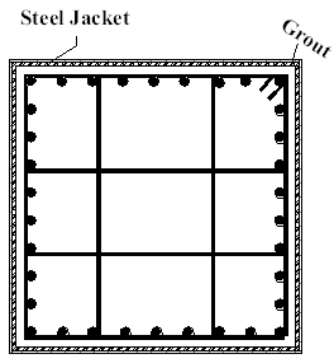
Before Earthquake



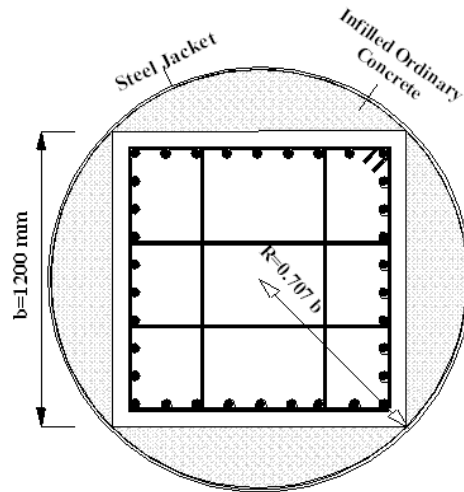
During Earthquake



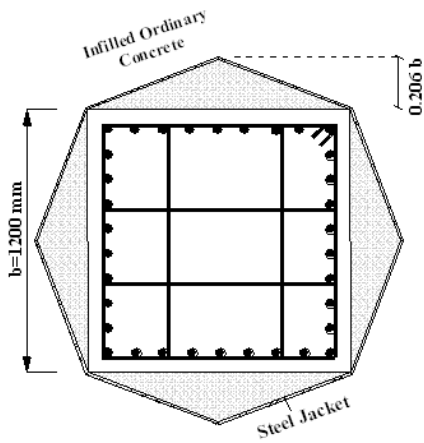
روش تقویت با استفاده از جاکت های فولادی



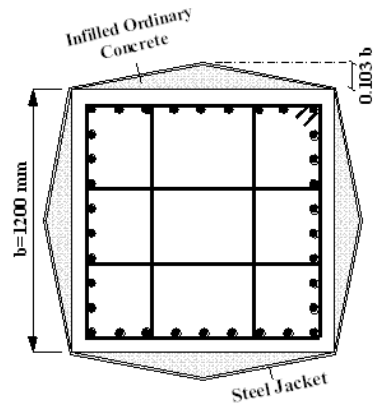
Square Steel Jacket



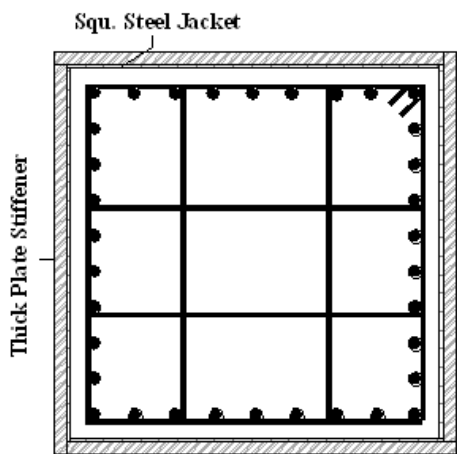
Circular Steel Jacket



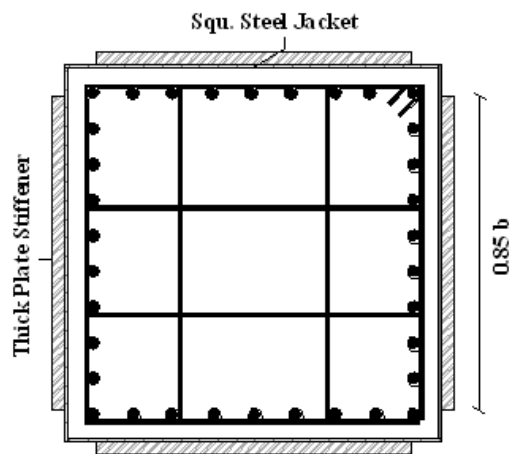
Octagonal Steel Jacket



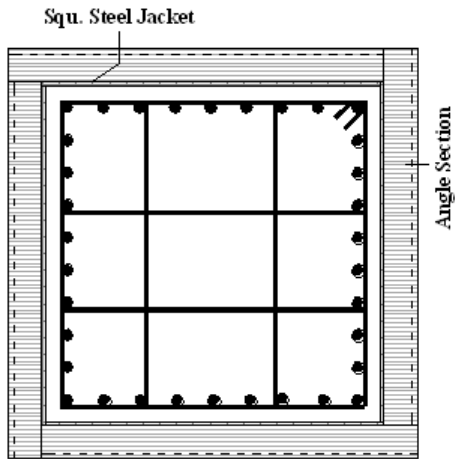
Reduced Octagonal Steel Jacket



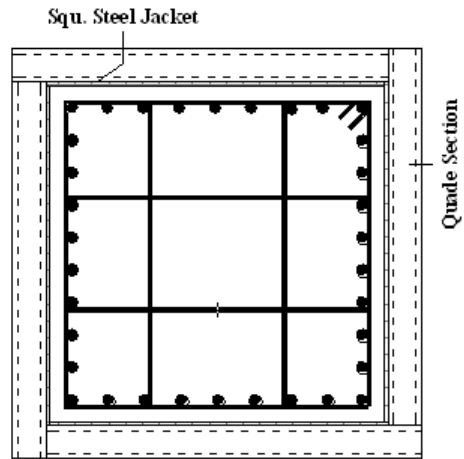
T.P- Confinement Application



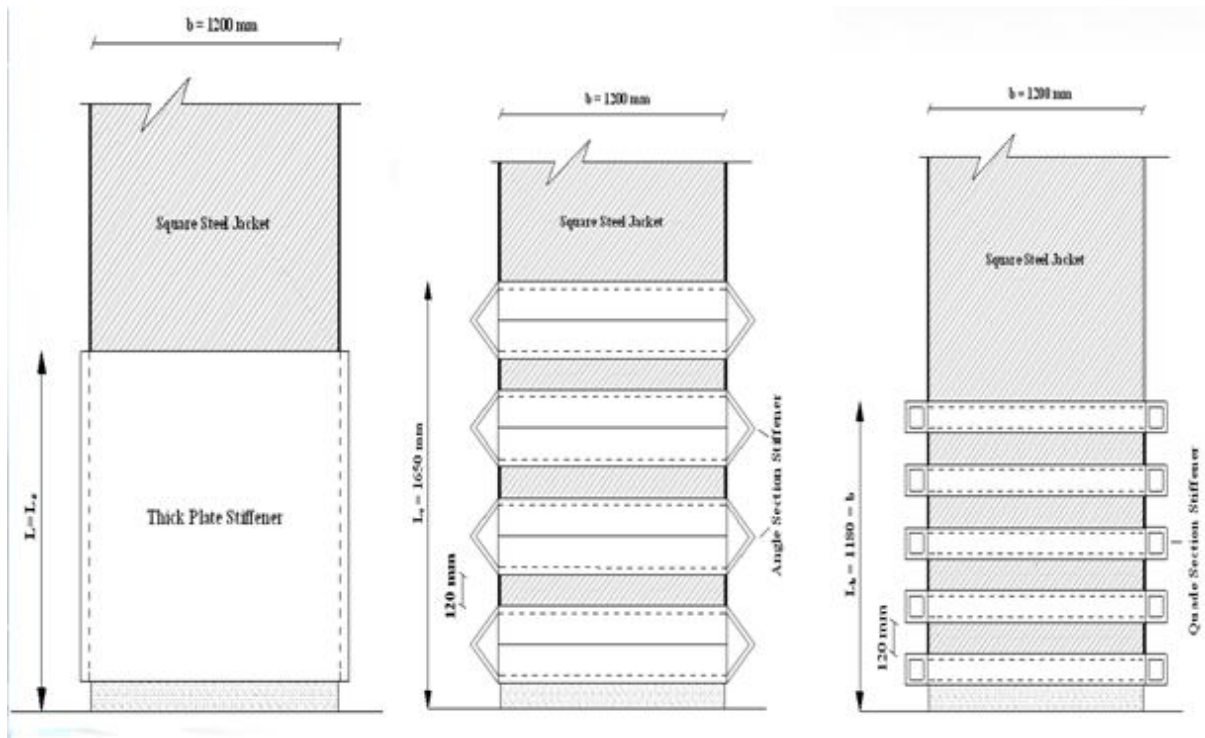
T.P- Stiffener Application

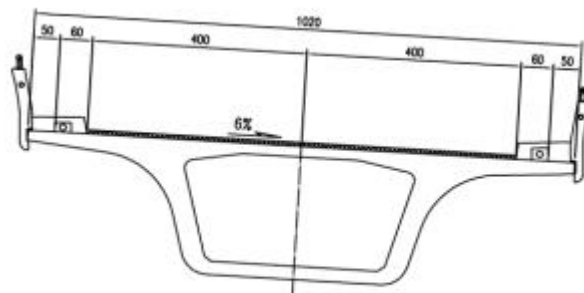
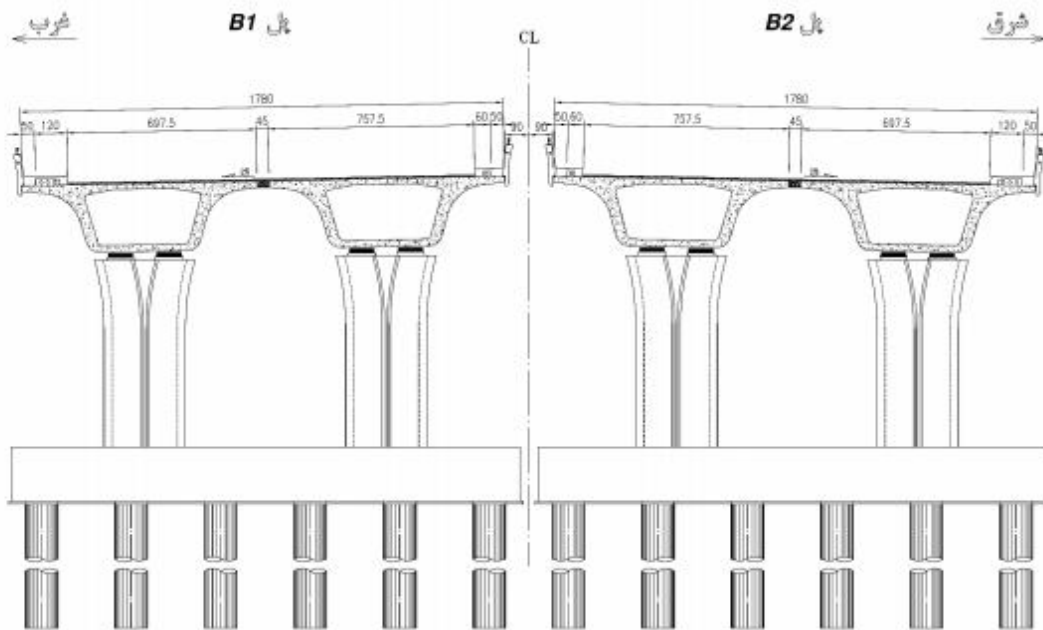


Angle Stiffener

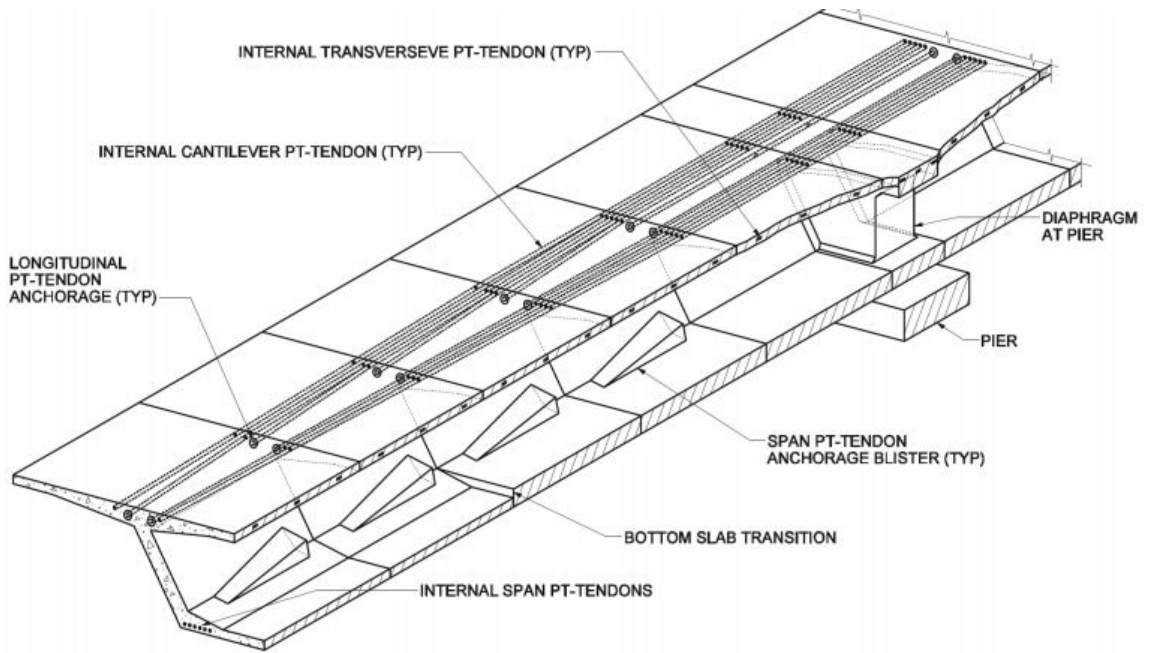


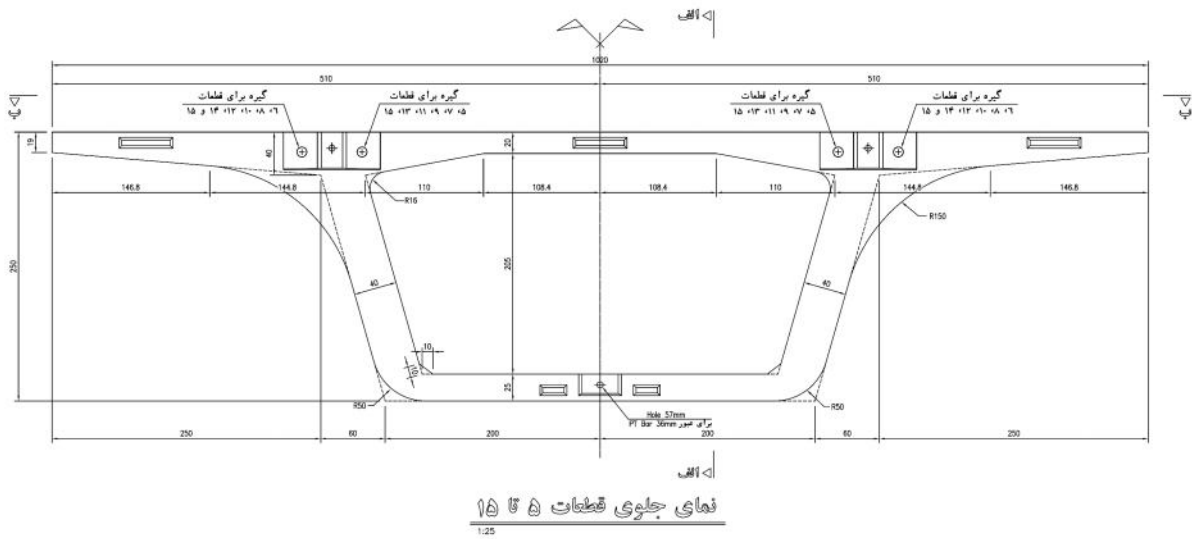
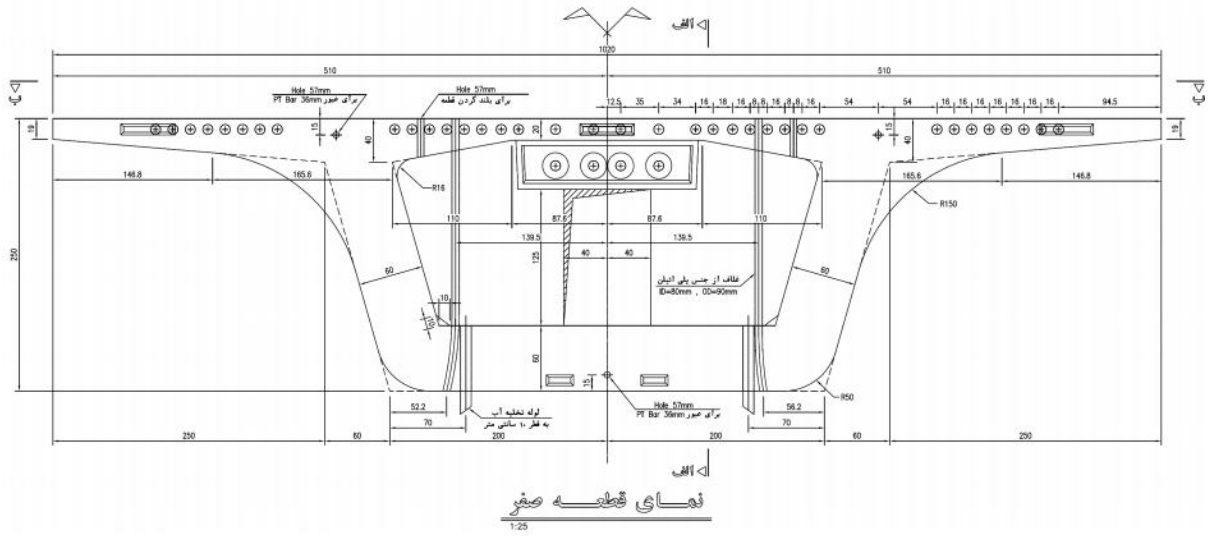
Quade Section Stiffener



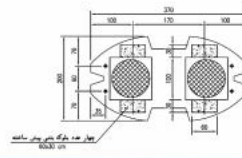
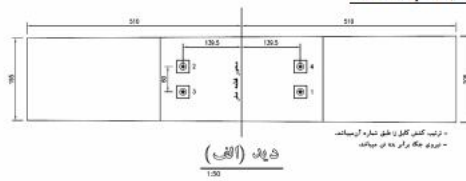
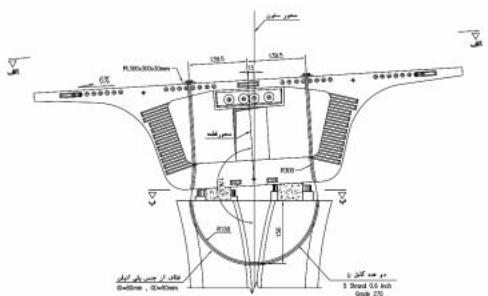


مشخصات هندسی پل B3

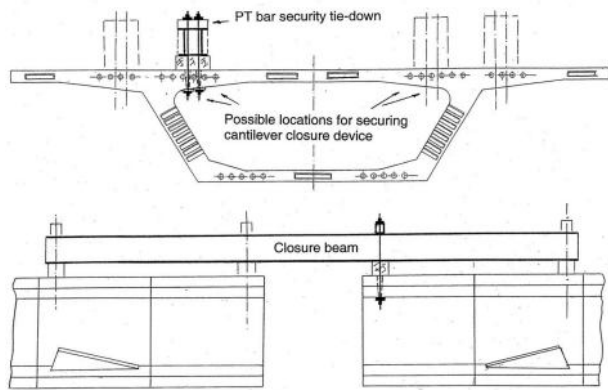
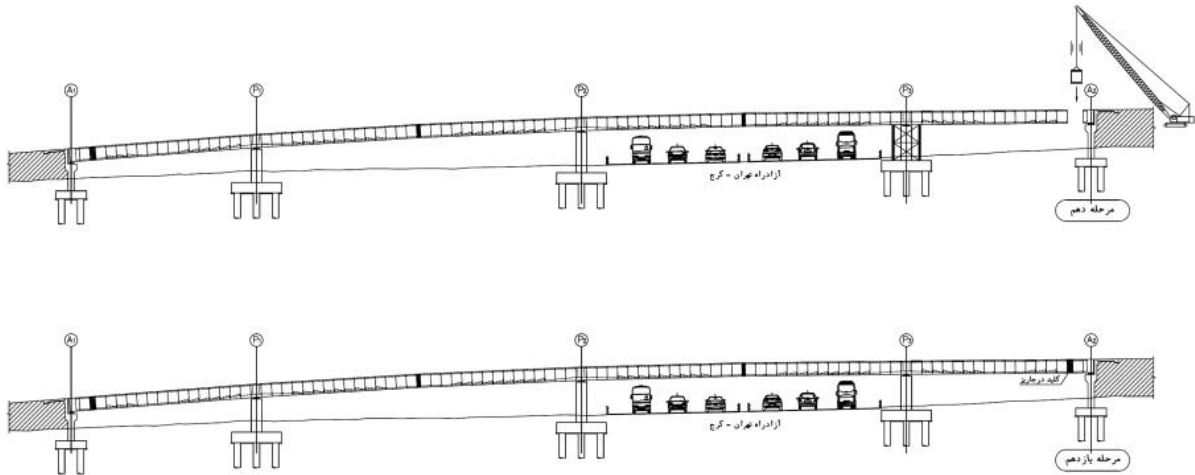




اتصال قطعات صفر به پایه ها :



مراحل نصب قطعات صندوقه ای :



Typical erection equipment for closure joints in cantilever bridges

کلیدهای درجاریز:



تولید و عمل آوری قطعات صندوقه ای در کارخانه :



سیستم قالب بندی به کار رفته در ساخت قطعات



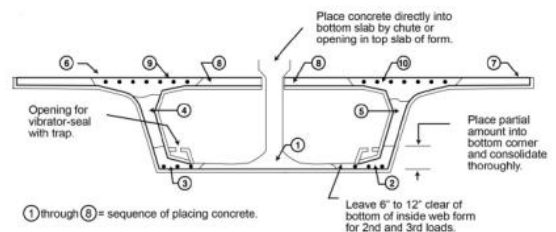
آرماوربندی هر قطعه با به کارگیری شابلون مخصوص



انتقال سبد بافته شده به داخل قالب ها



سیستم توزیع بتن متشکل از یک پمپ زمینی و بوم دکل



مراحل بتن ریزی یک قطعه صندوقه ای



عمل آوری قطعات بتن ریزی شده با بخار



تولید قطعات به روش درز مزدوج (Match Cast)

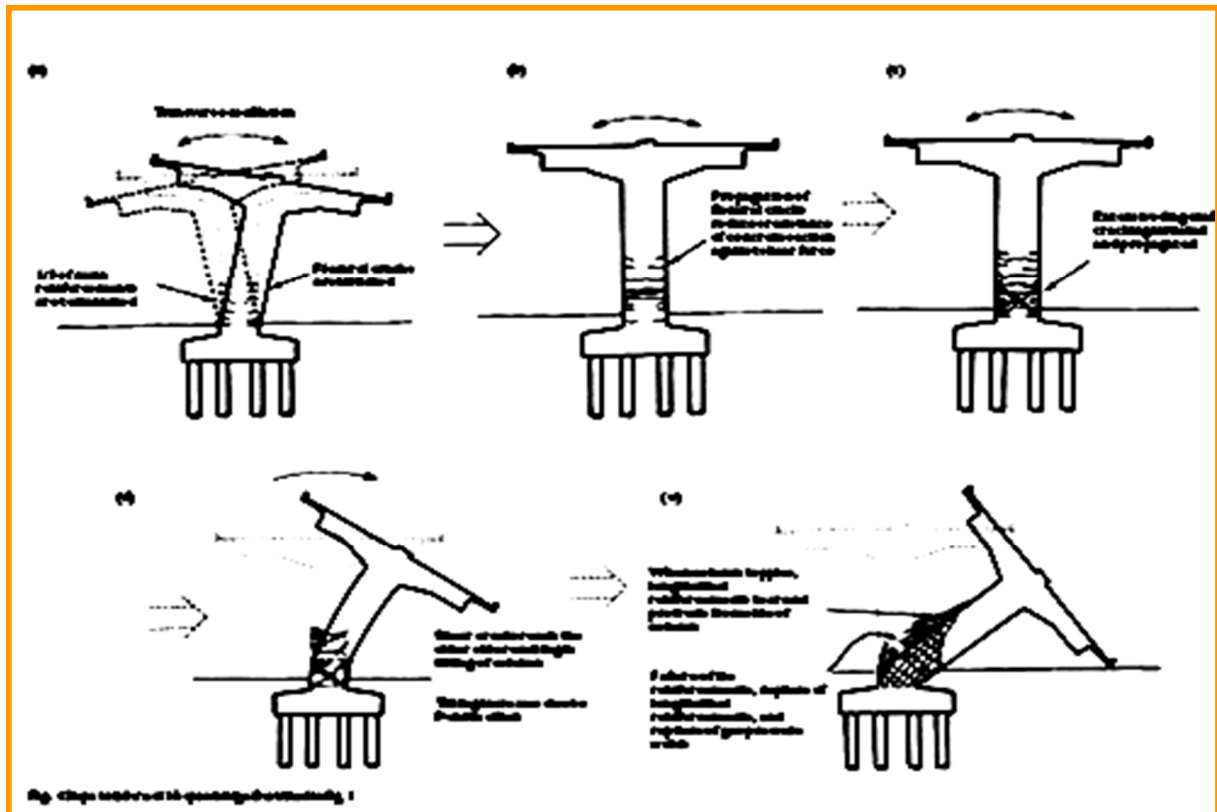
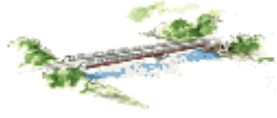
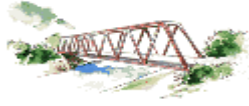


Fig. 10.10. Failure of column-beam joint

- وصله آرماتور طولی در ناحیه تشکیل مفصل خمیری در پای ستون‌های پل
- عدم تامین طول لازم برای نشیمن تیرهای بتن مسلح پیش ساخته عرشه پل
- جانمایی نادرست نوپرن در زیر تیرهای پیش ساخته عرشه پل
- عمل آوری نامناسب بتن عرشه و ایجاد ترک‌های انقباضی
- اجرای نامناسب درزهای انبساط - اجرای نامناسب نرده های پل
- اصلاح موضعی اجزای سازه که دارای عملکرد نامناسبی در اثر زلزله می باشد
- رفع یا کاهش نامنظمی در وضعیت موجود
- ۲-تامین سختی جانبی لازم برای کل سازه
- تامین مقاومت لازم برای کل سازه
- کاهش جرم
- کامل نمودن مسیر بار
- افزایش انسجام پل با کلاف بندی
- تغییر سیستم پل به منظور تغییر در رفتار نهایی پل
- بکارگیری سیستم های جاذب انرژی
- بکارگیری سیستم های جداساز لرزه ای
- راهکارهای مناسب دیگر



Girder Bridge: پل های شاه تیری



Truss Bridge: پل خرپایی



Rigid Frame Bridge: پل اسکلت سخت



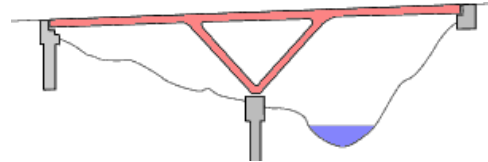
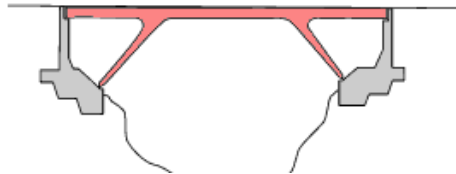
Arch Bridge: پل کمانی

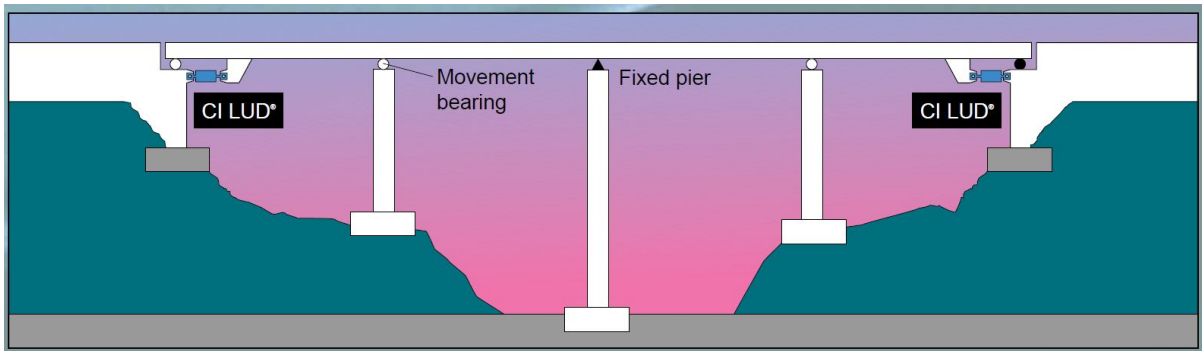
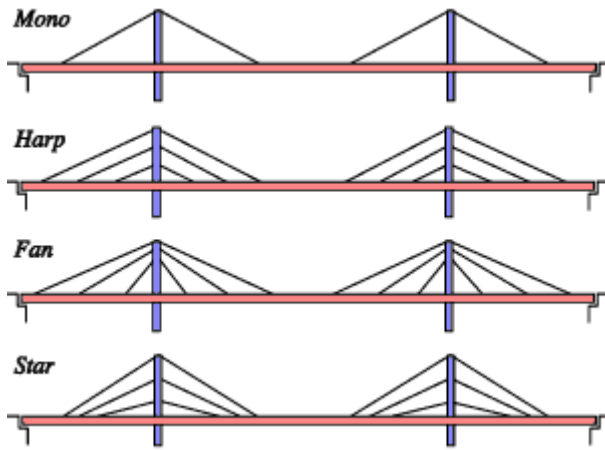
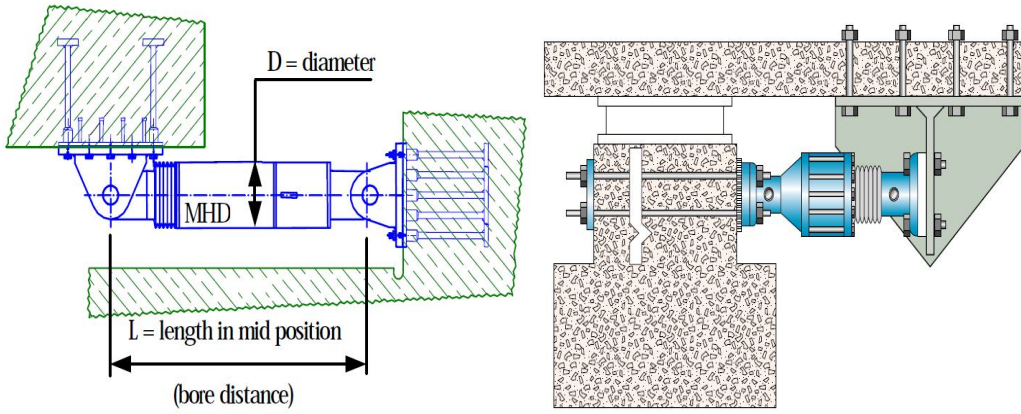


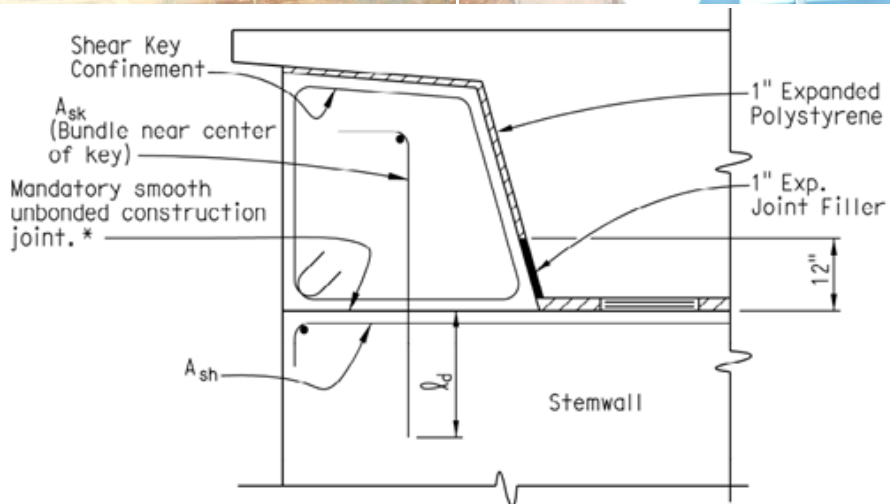
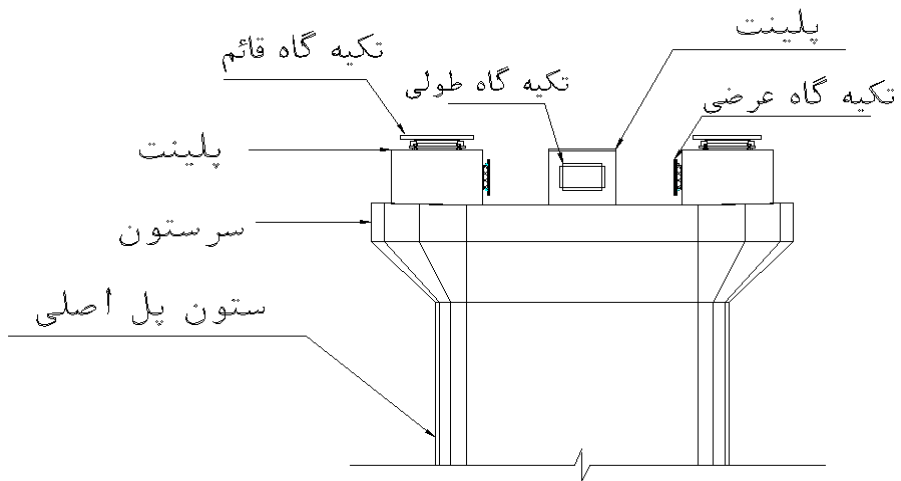
Cable stayed Bridge: پل کابلی

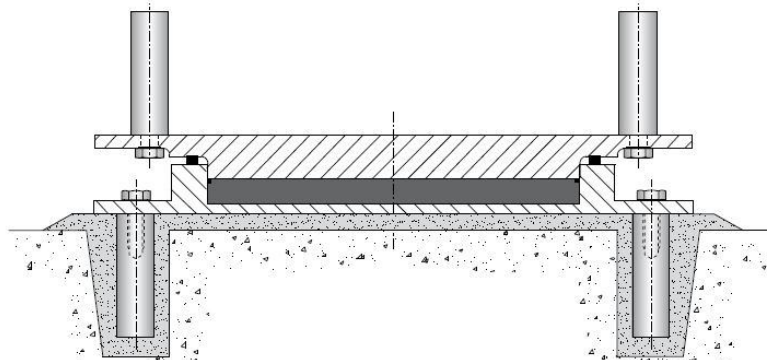
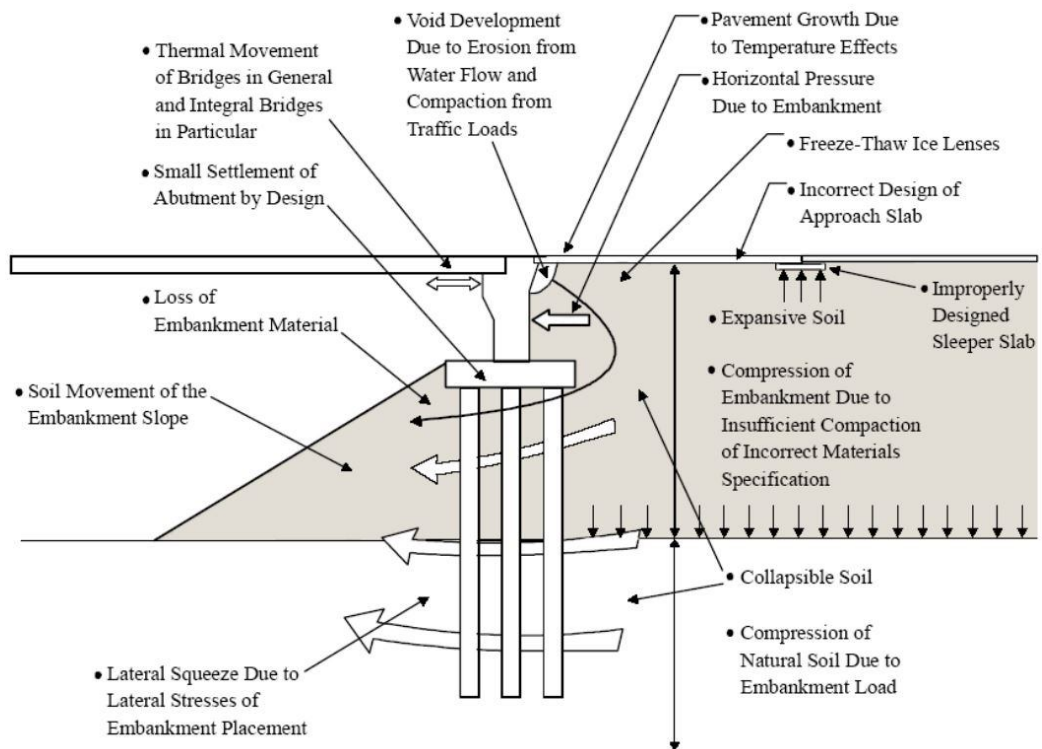
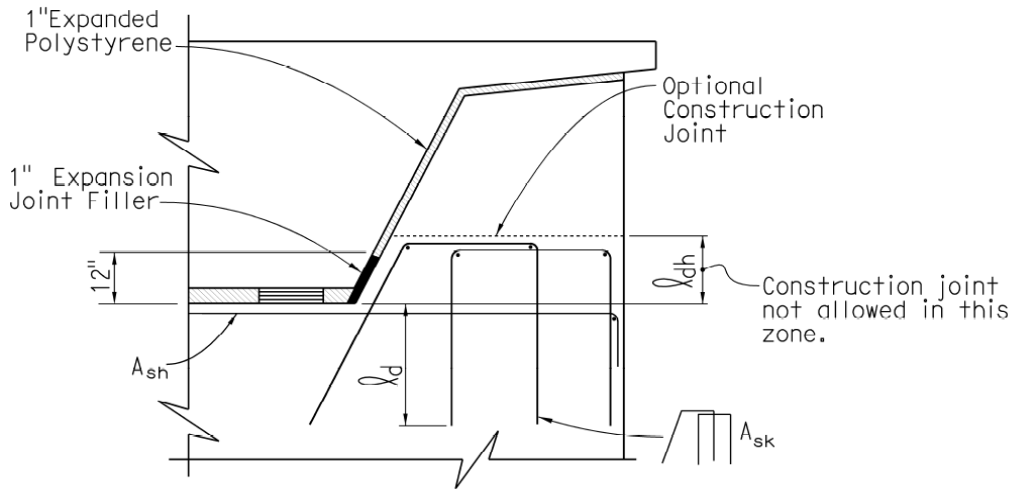


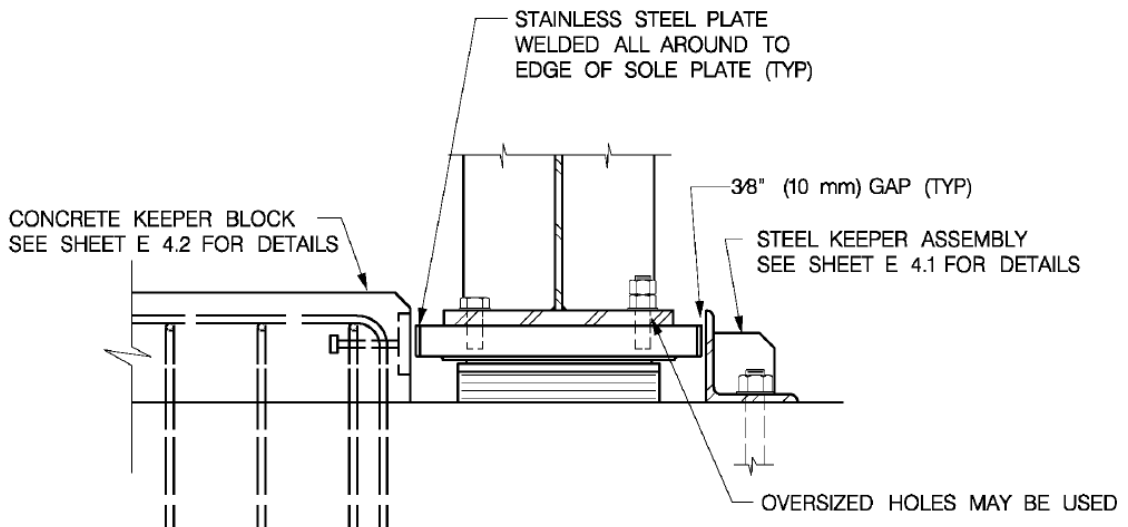
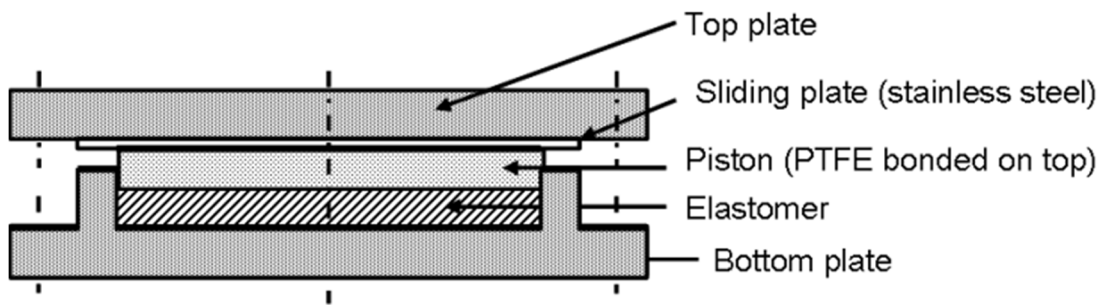
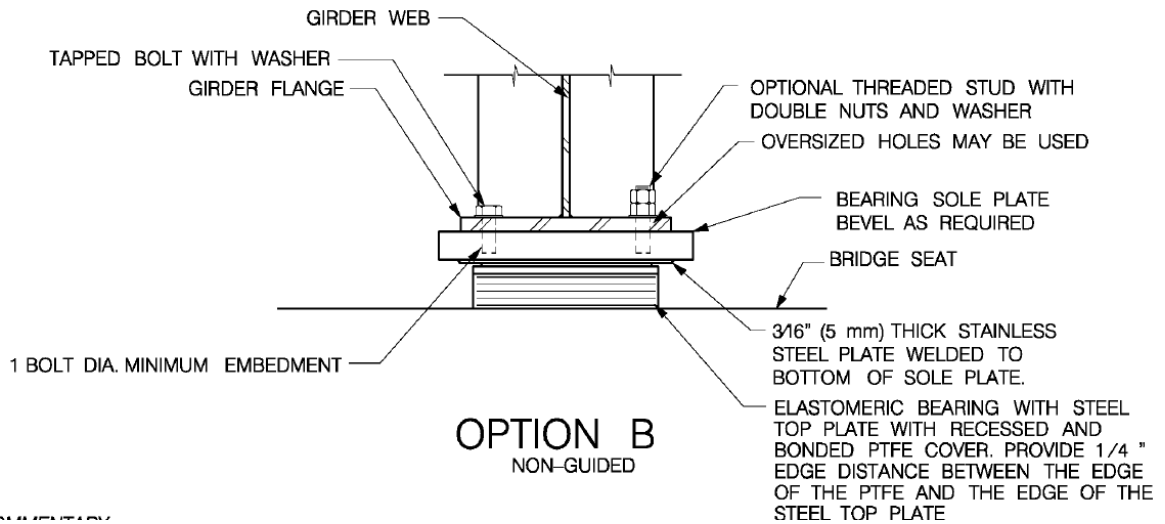
Suspension Bridge: پل معلق





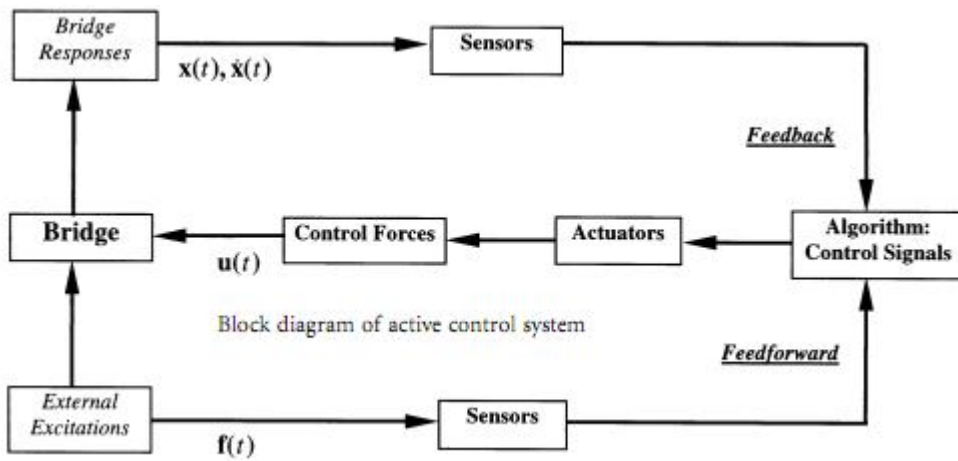




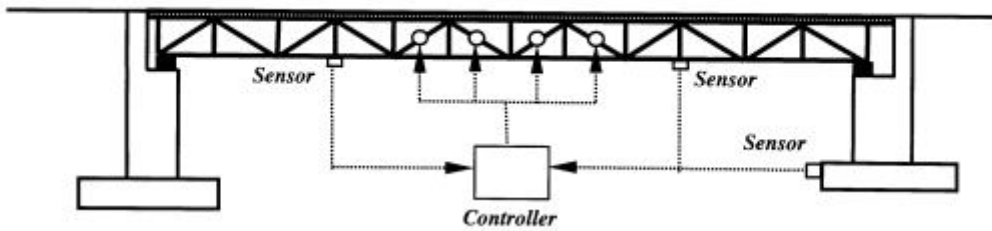


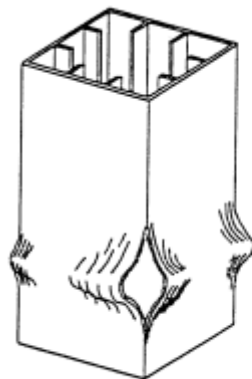
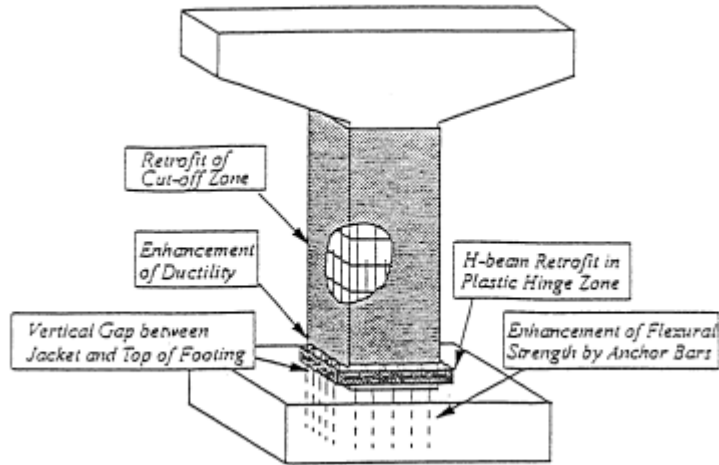
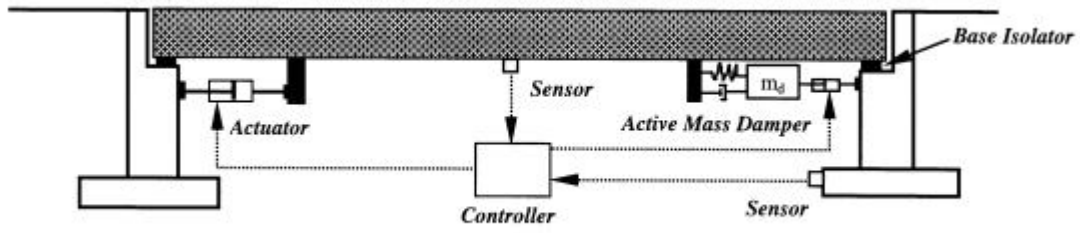
GUIDE DETAILS

USE EITHER KEEPER BLOCKS OR KEEPER ANGLES

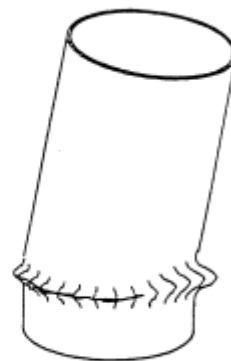


Active bracing control for steel truss bridge.

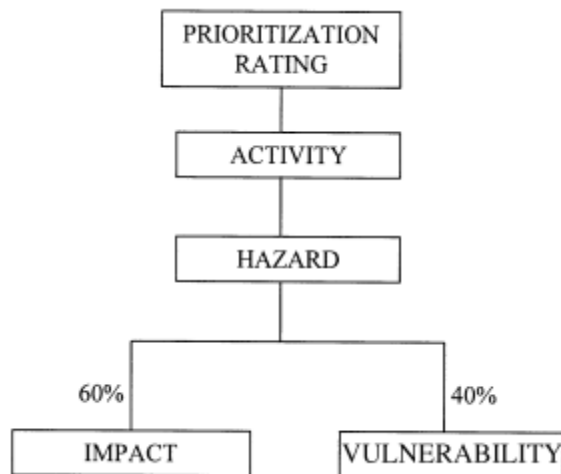


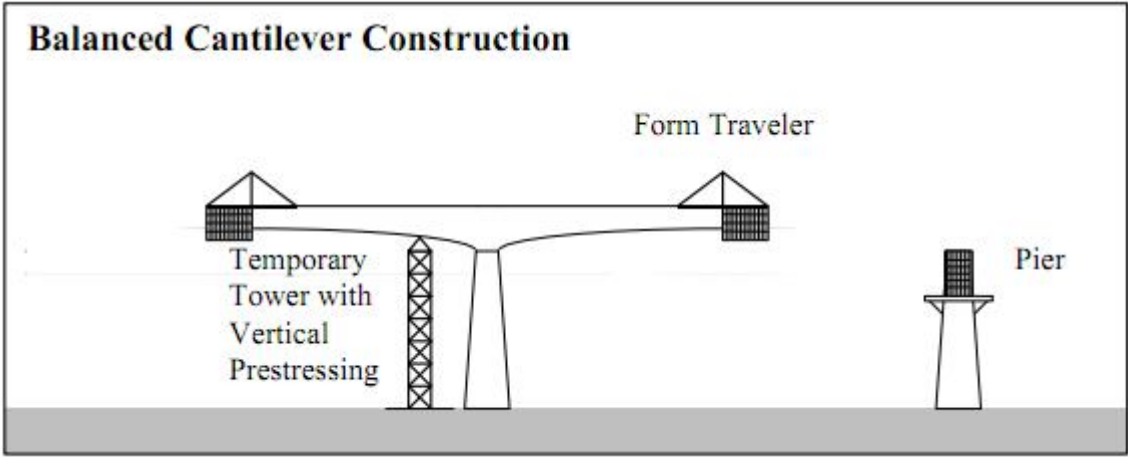
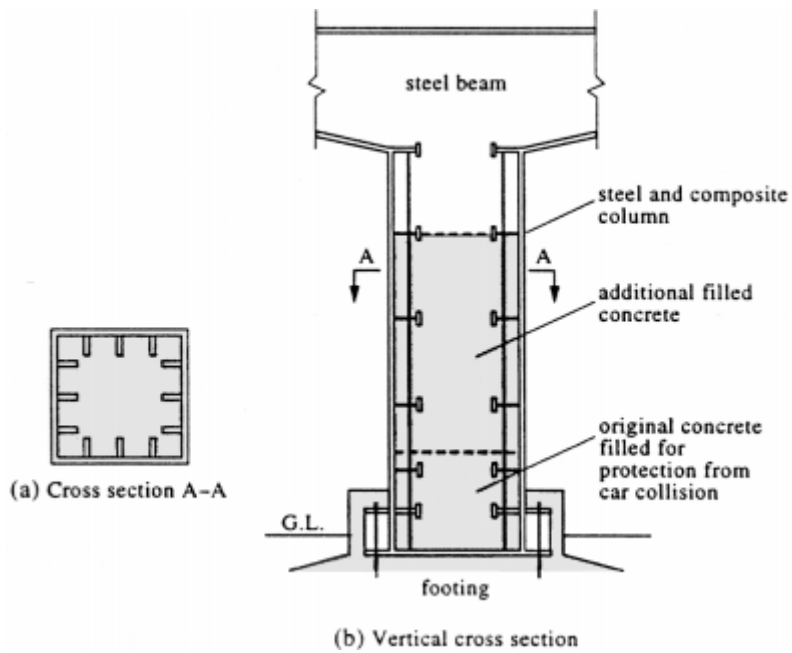
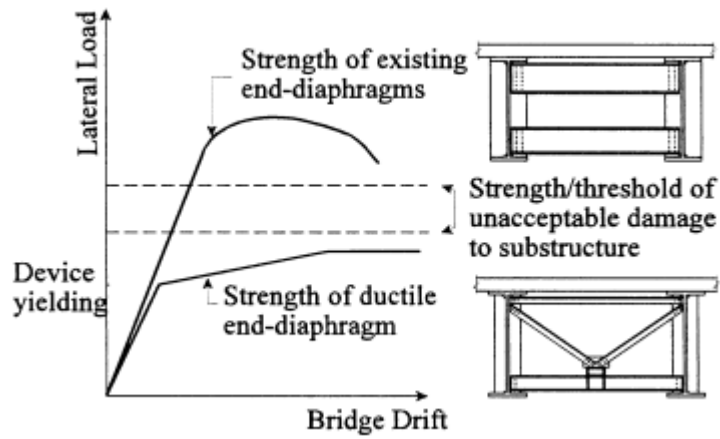


(a) Fracture of Corners

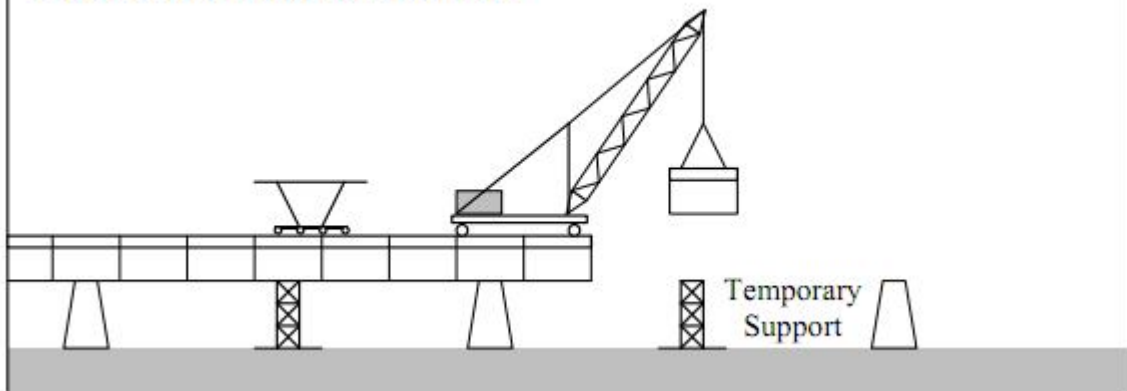


(b) Elephant Knee Buckling

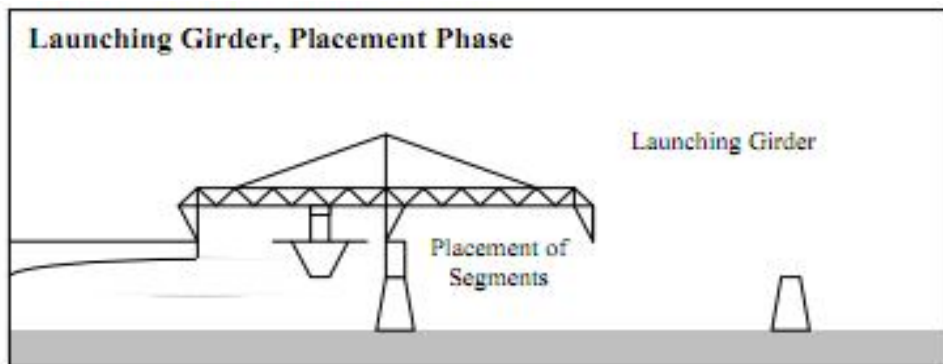




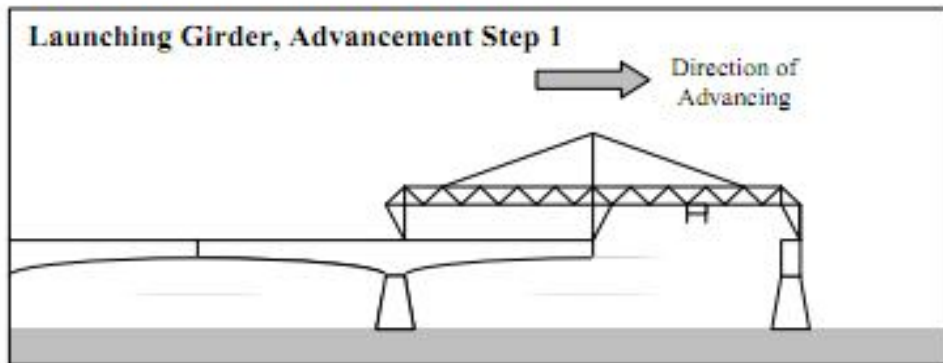
Progressive Placement Method



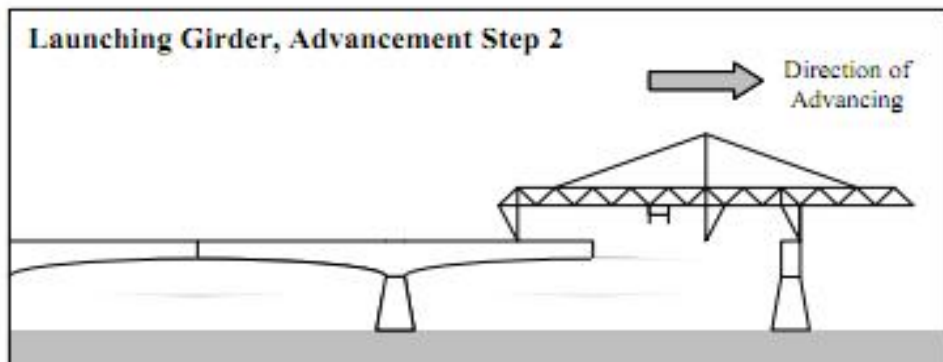
Launching Girder, Placement Phase



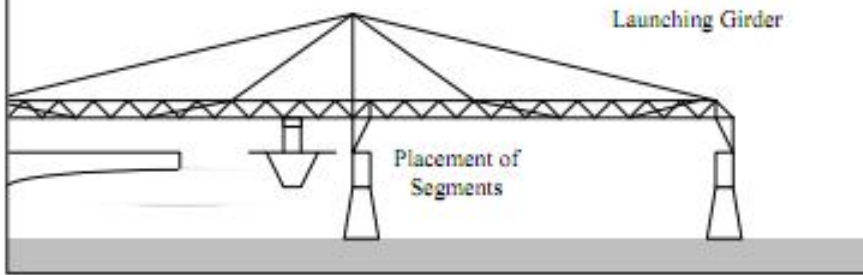
Launching Girder, Advancement Step 1



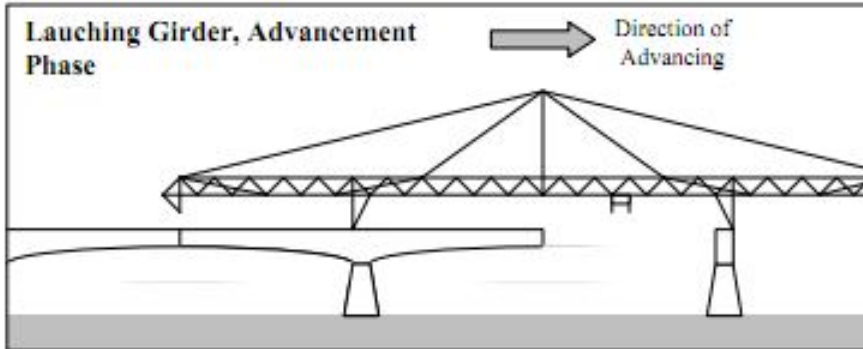
Launching Girder, Advancement Step 2



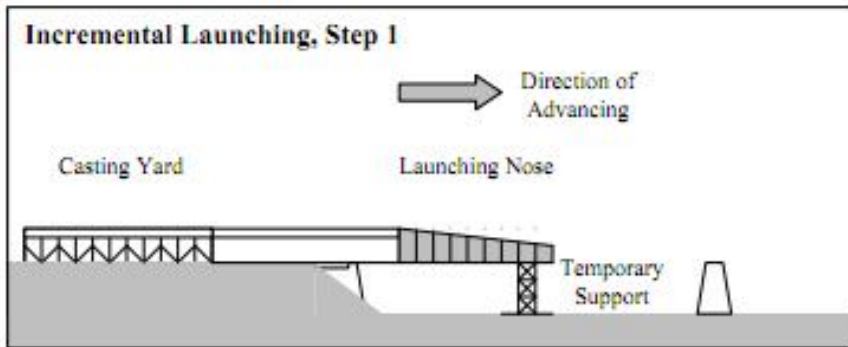
Launching Girder, Placement Phase



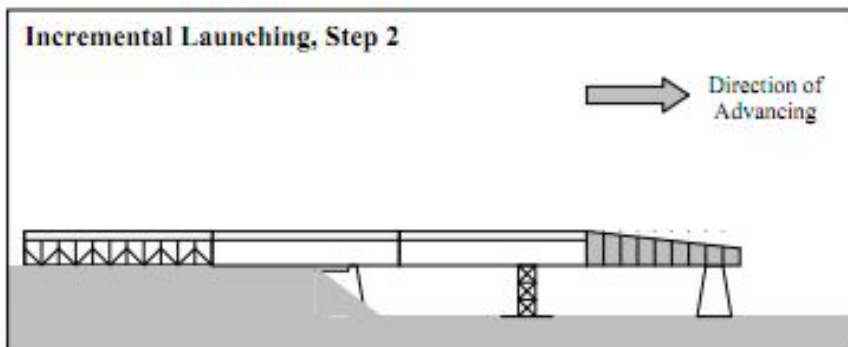
Launching Girder, Advancement Phase

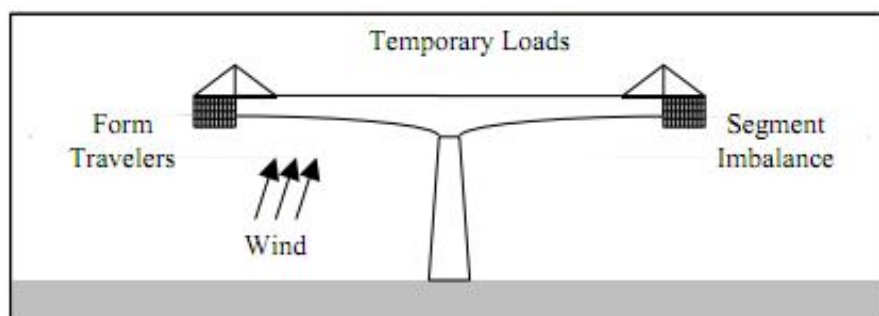
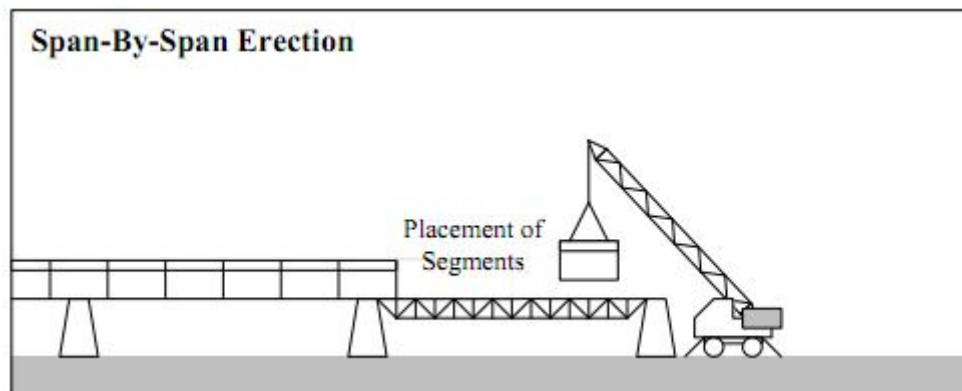
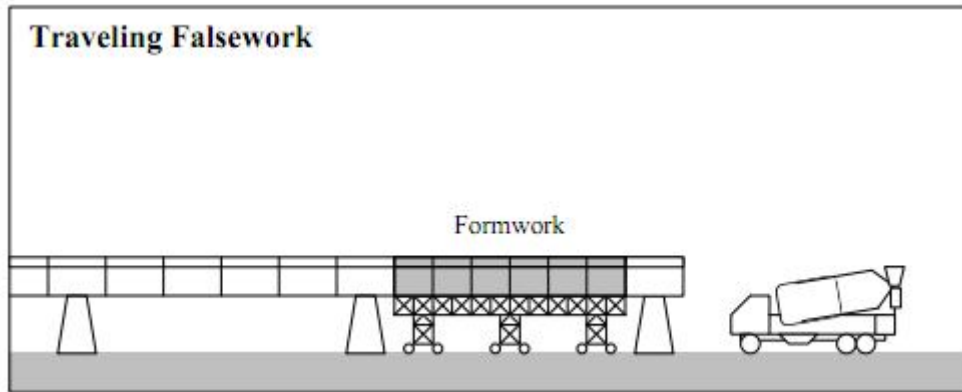


Incremental Launching, Step 1



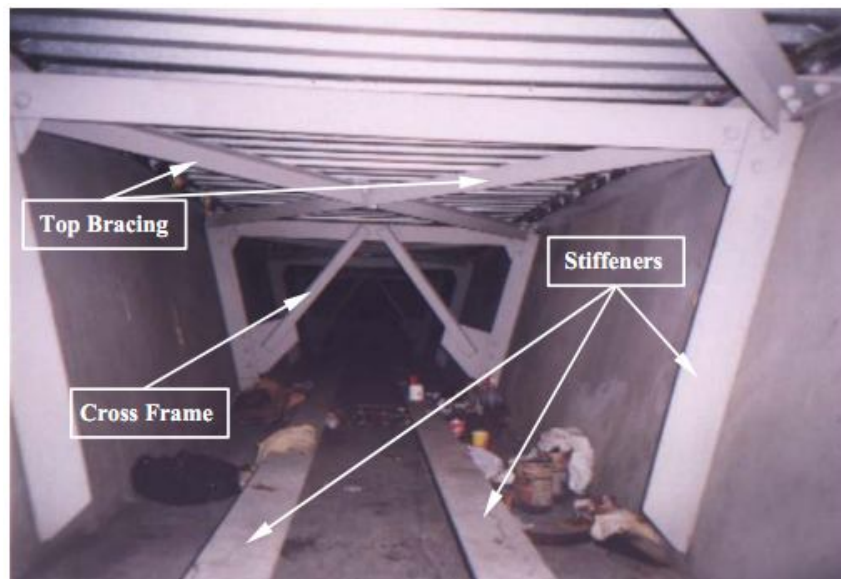
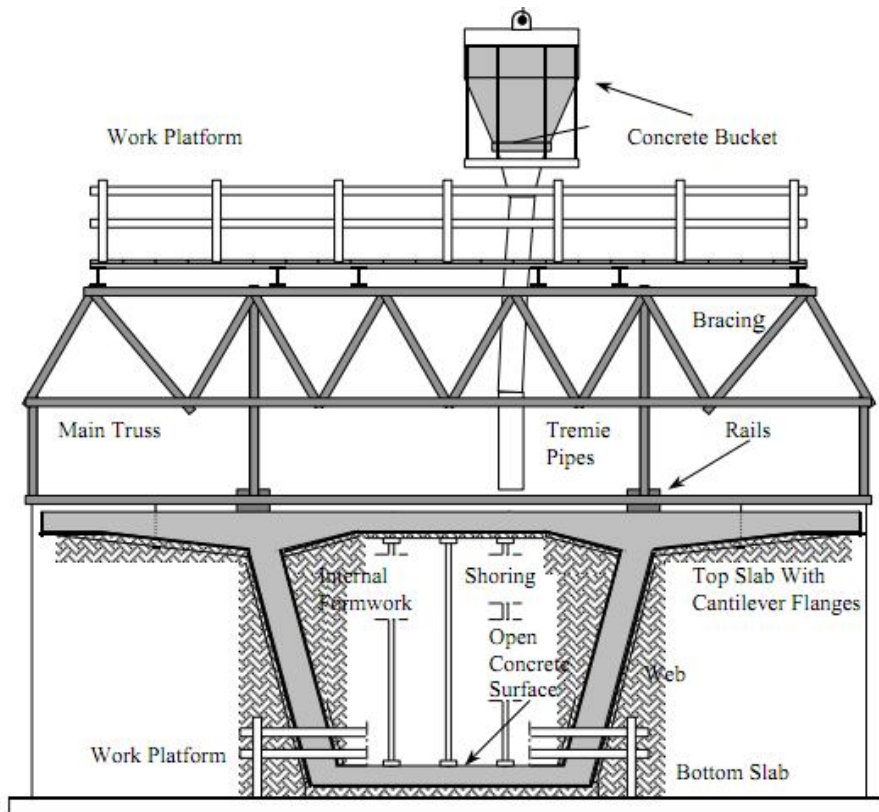
Incremental Launching, Step 2

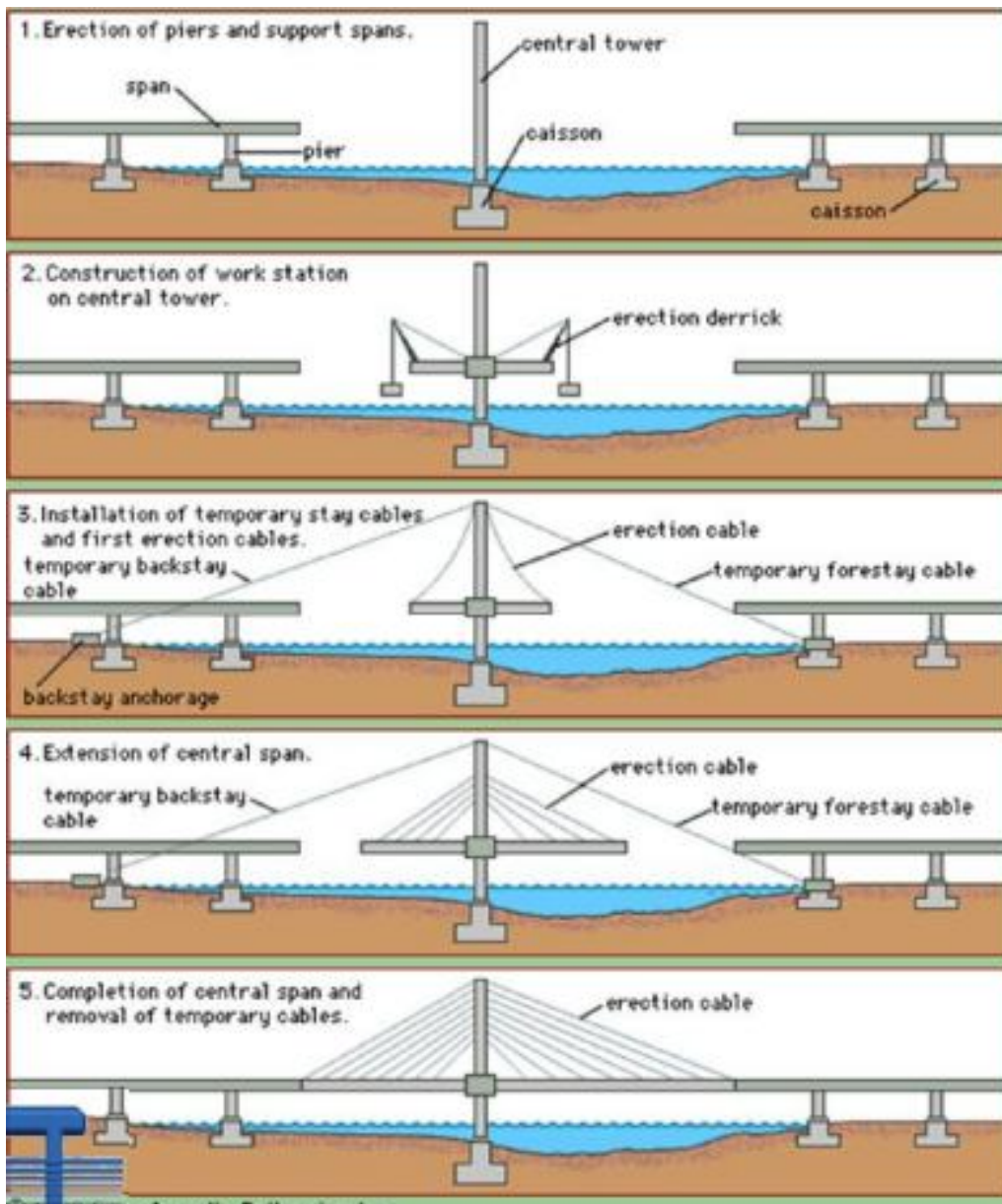


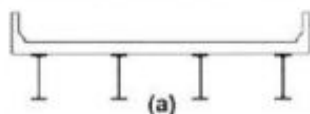
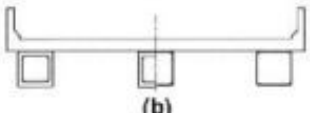
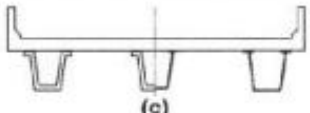
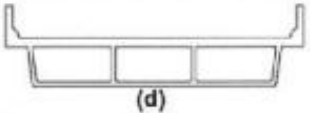
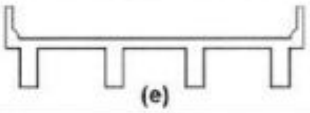
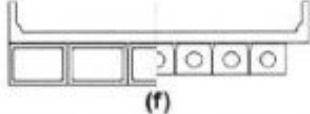
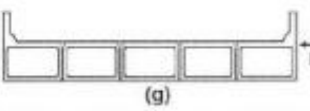


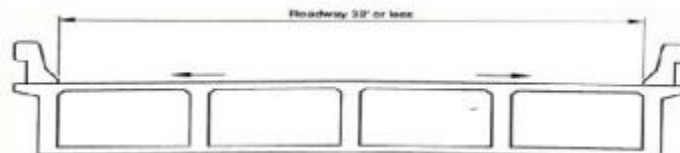
Causes for Cantilever Imbalance

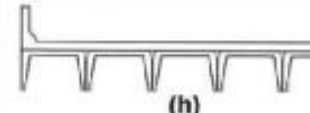
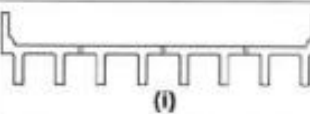
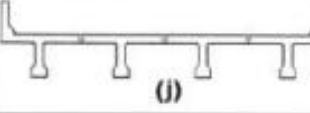
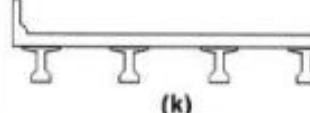
Cause for Imbalance	Example
Non-coincident work progress	Concreting or segment placement faster on one side
Construction inaccuracies	Weight difference between cantilever arms
Site temporary loads	Material stored on cantilever arm
Wind loads	Gales attacking the structure at an angle
Construction accidents	Falling of concreting or placement equipment

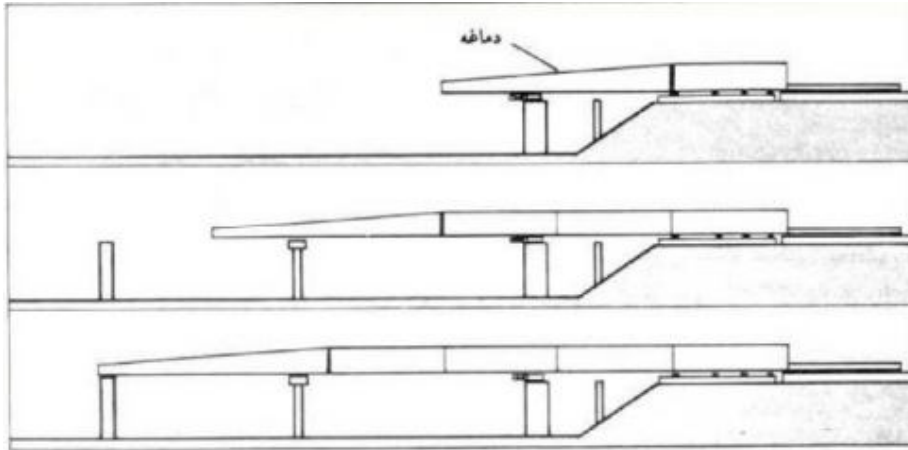




Supporting Components	Type Of Deck	Typical Cross-Section
Steel Beam	Cast-in-place concrete slab, precast concrete slab, steel grid, glued/spiked panels, stressed wood	 (a)
Closed Steel or Precast Concrete Boxes	Cast-in-place concrete slab	 (b)
Open Steel or Precast Concrete Boxes	Cast-in-place concrete slab, precast concrete deck slab	 (c)
Cast-in-Place Concrete Multicell Box	Monolithic concrete	 (d)
Cast-in-Place Concrete Tee Beam	Monolithic concrete	 (e)
Precast Solid, Voided or Cellular Concrete Boxes with Shear Keys	Cast-in-place concrete overlay	 (f)
Precast Solid, Voided, or Cellular Concrete Box with Shear Keys and with or without Transverse Post-Tensioning	Integral concrete	 (g)



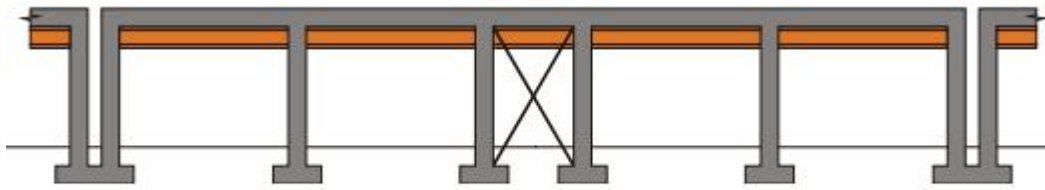
Supporting Components	Type Of Deck	Typical Cross-Section
Precast Concrete Channel Sections with Shear Keys	Cast-in-place concrete overlay	 (h)
Precast Concrete Double Tee Section with Shear Keys and with or without Transverse Post-Tensioning	Integral concrete	 (i)
Precast Concrete Tee Section with Shear Keys and with or without Transverse Post-Tensioning	Integral concrete	 (j)
Precast Concrete I or Bulb-tee Sections	Cast-in-place concrete, precast concrete	 (k)



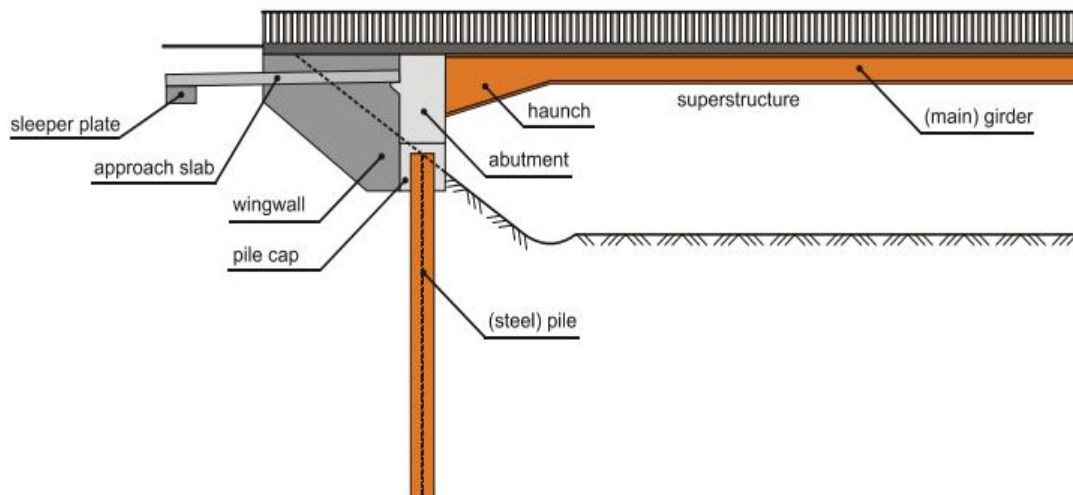
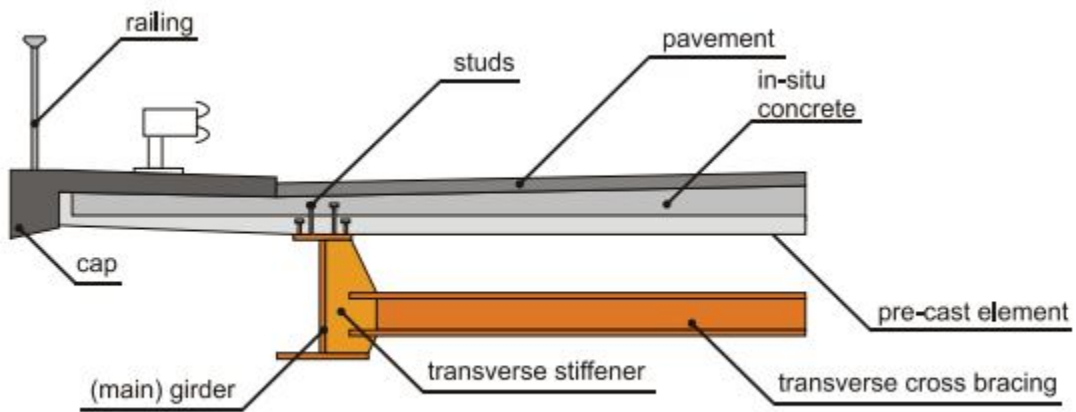
Composite bridge with integral abutments (Munich), Germany

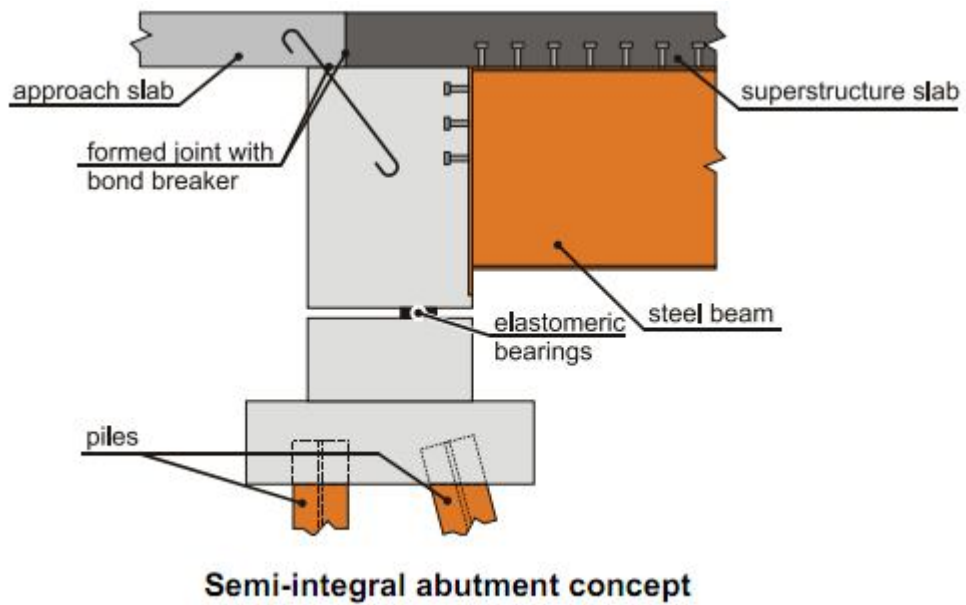
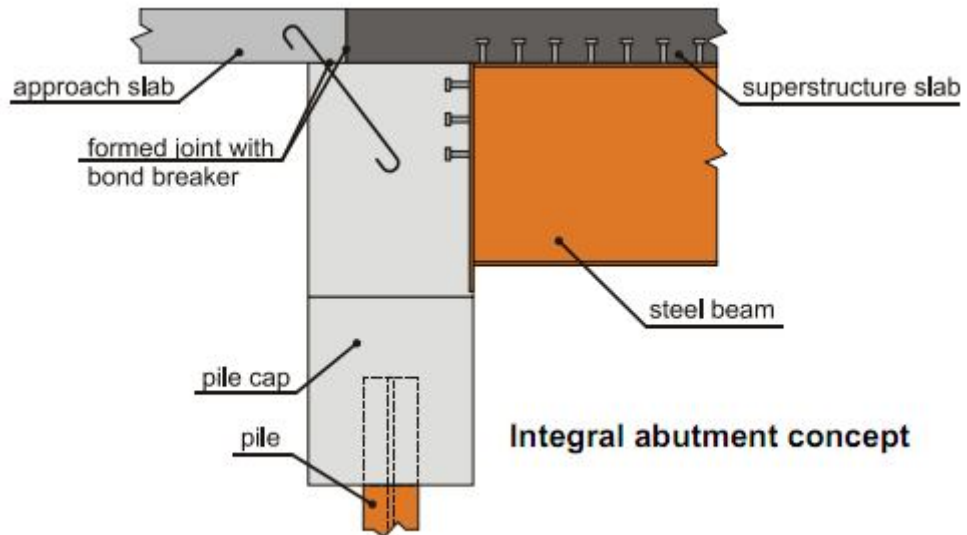


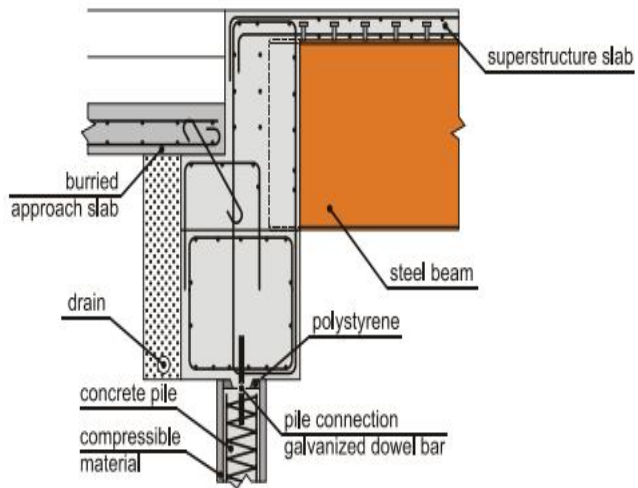
Structure deformed due to railway braking force



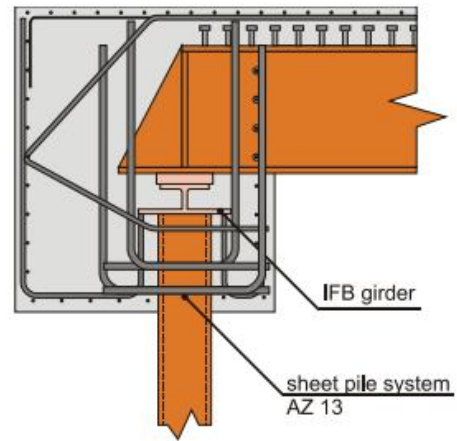
Block unit, long railway viaduct



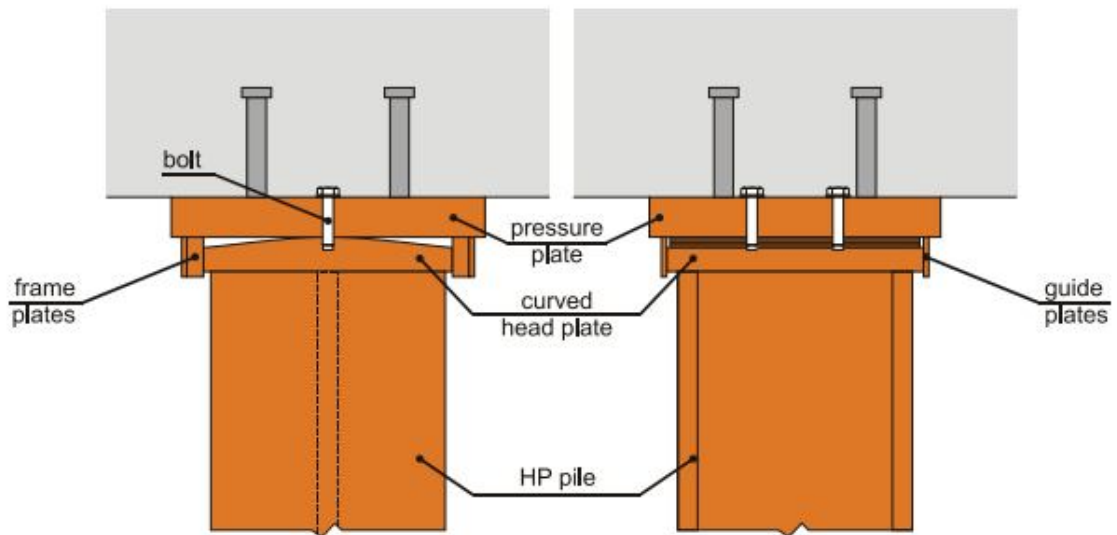




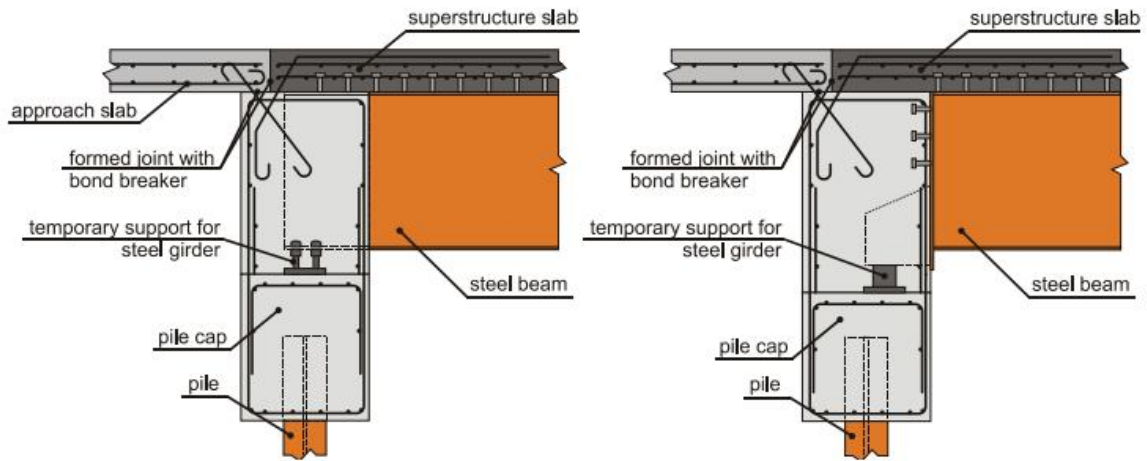
Abutment with hinged-piles



Sheet pile connection

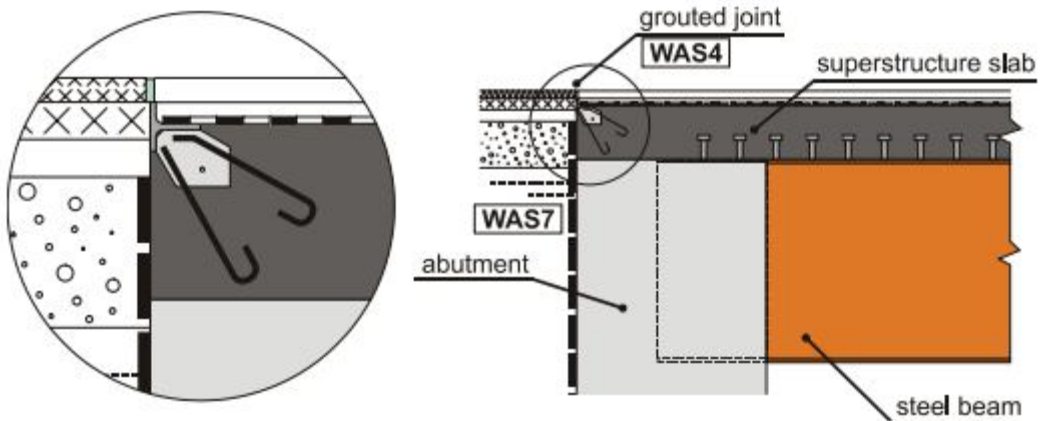
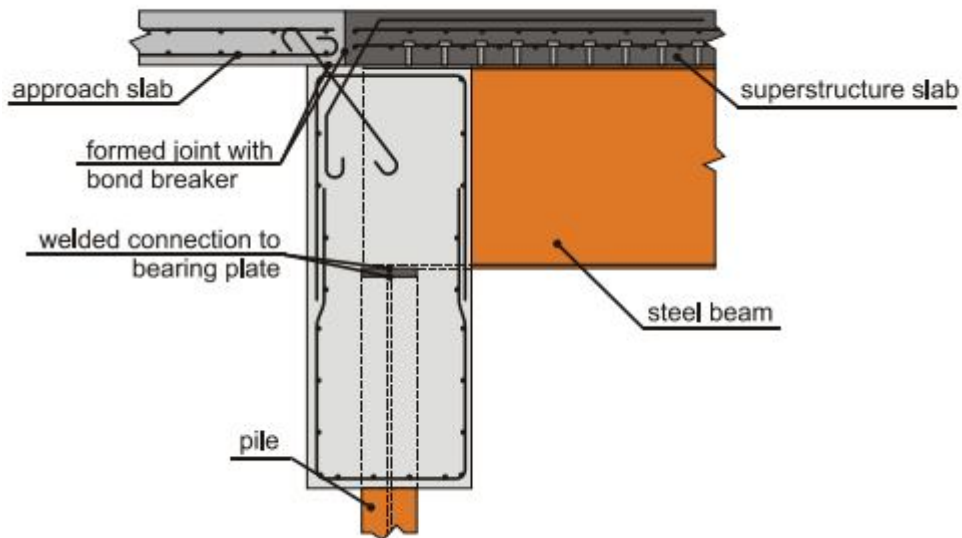


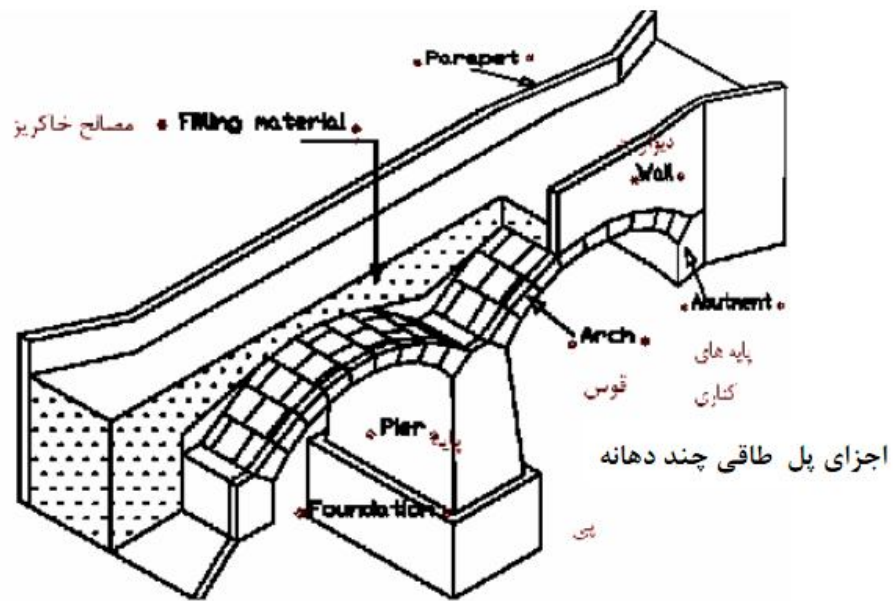
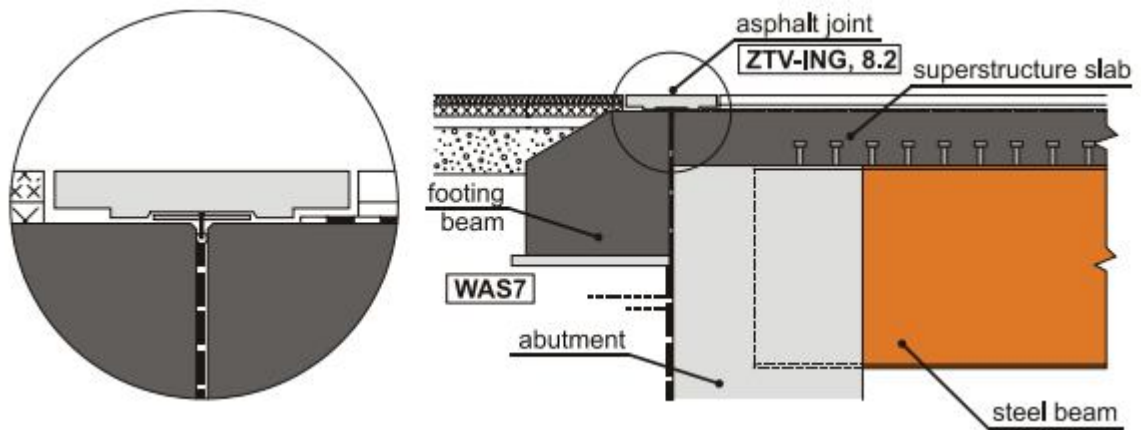
Hinged connection



Girder mounted on levelling bolts / pressure plate on top of a pile cap

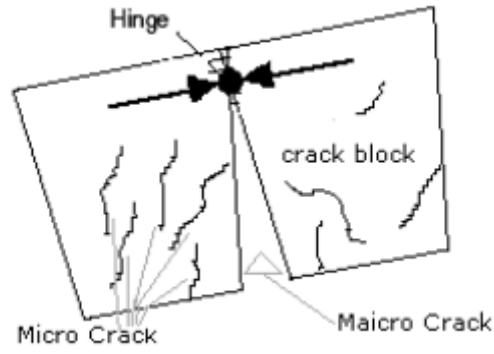
Welded connections between piles and girders





افتادگی قوس ها

افتادگی خیلی کم	$\gamma \leq 0.15$
افتادگی کم	$0.15 \leq \gamma \leq 0.3$
کلاه فرنگی	$0.3 \leq \gamma \leq 0.5$
شاخ بزی	$\gamma \geq 0.5$
دایروی	$\gamma = 0.5$



Wedging



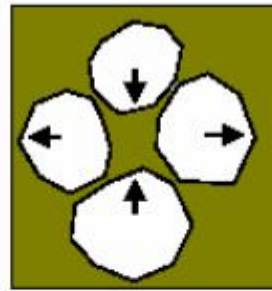
Diagonal shear



"Scissors jack"



Cleaving boulders



Pyramid of spheres



Cracked rock beam

مود خرابی در سنگها



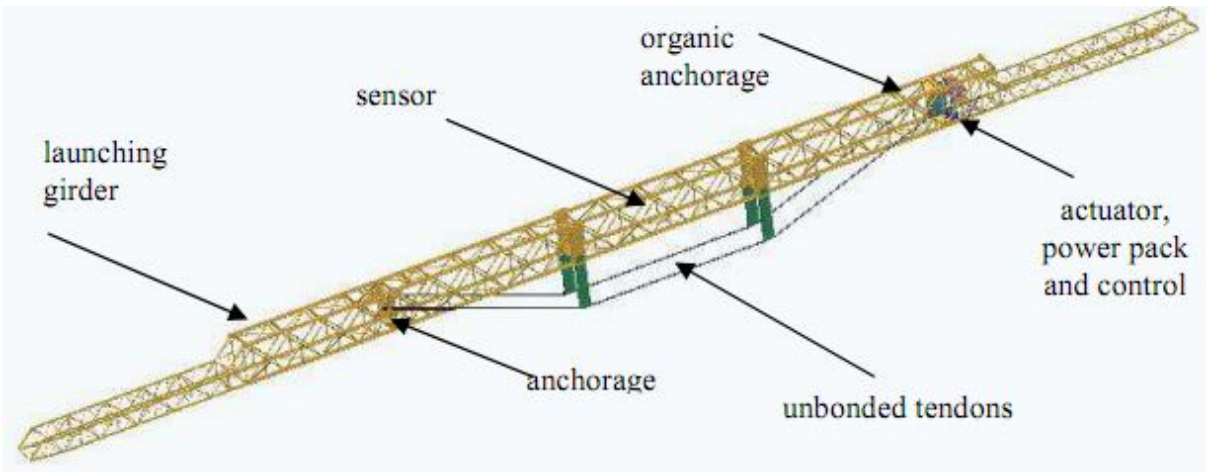
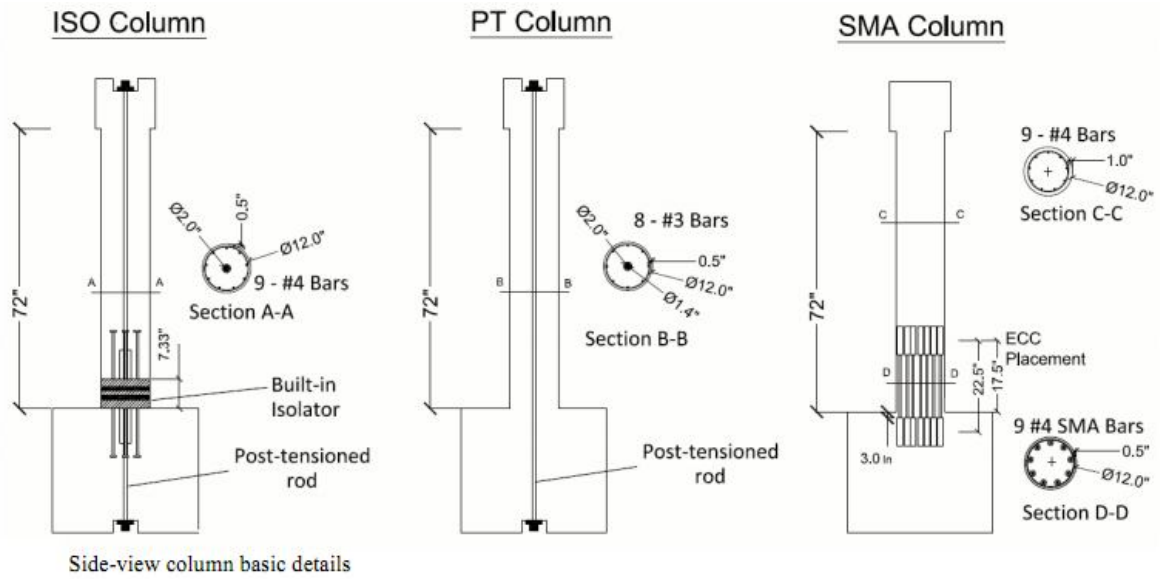
ISO Bent



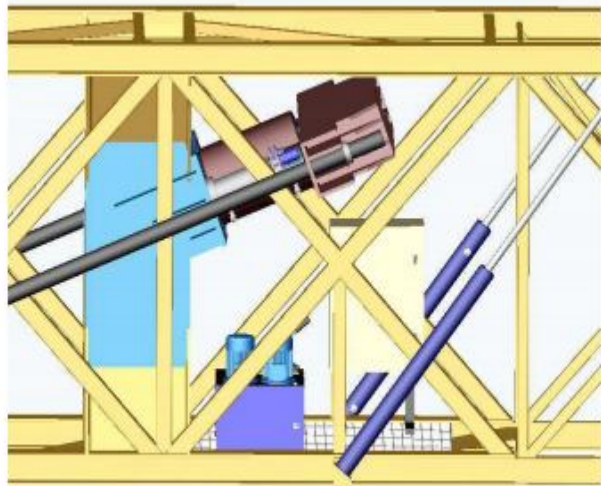
PT Bent



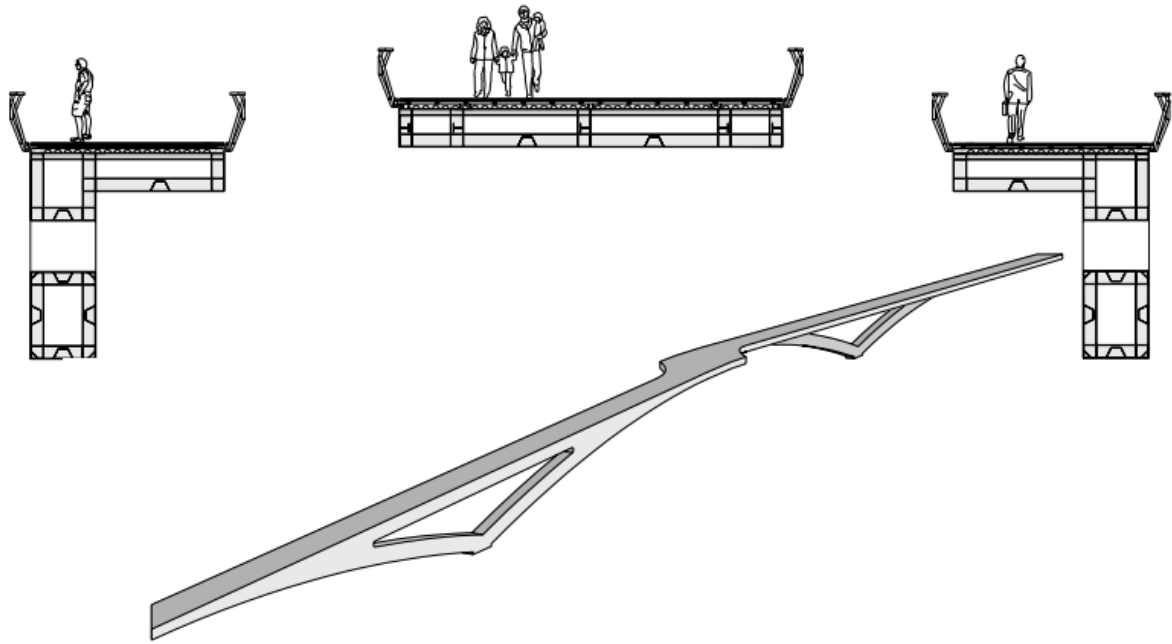
SMA Bent

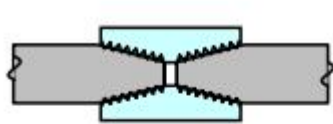


Actuator and organic anchorage

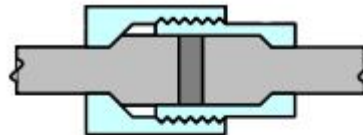


Lateral view of organic anchorage

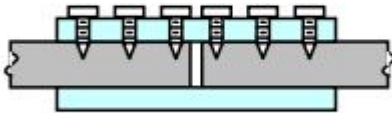




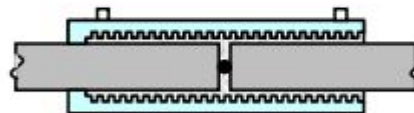
Threaded sleeve



Headed bars with mating sleeves

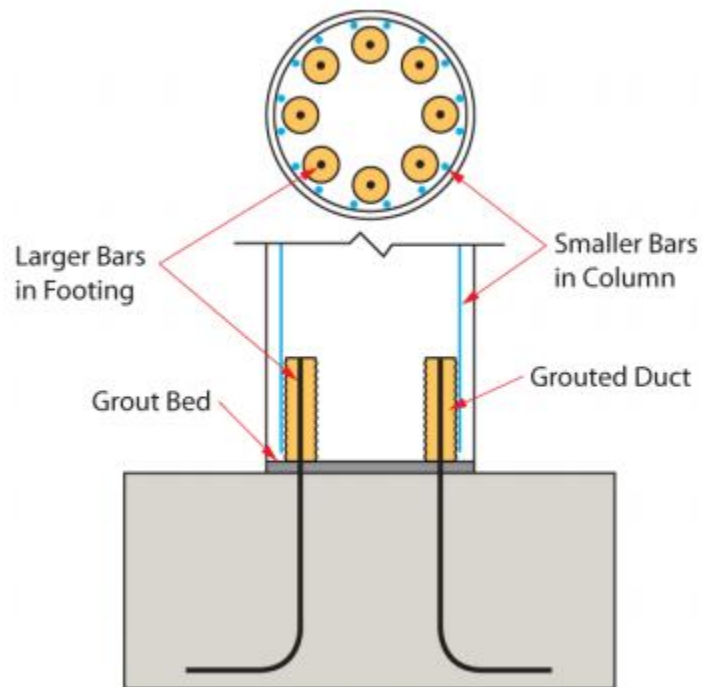


External clamping screws

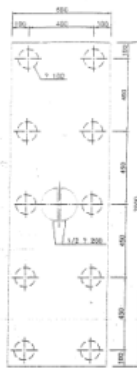
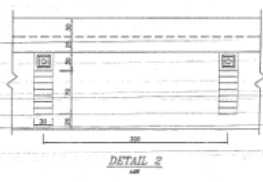
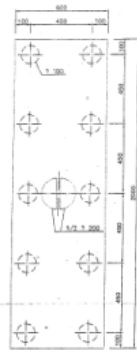
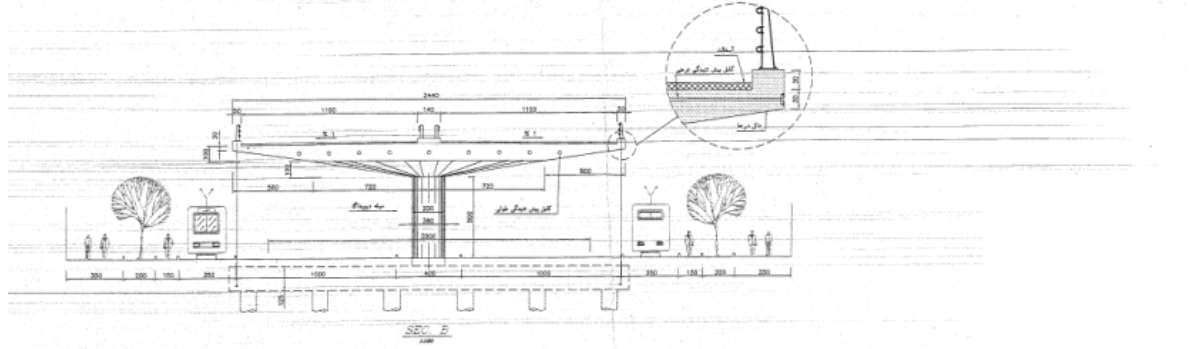
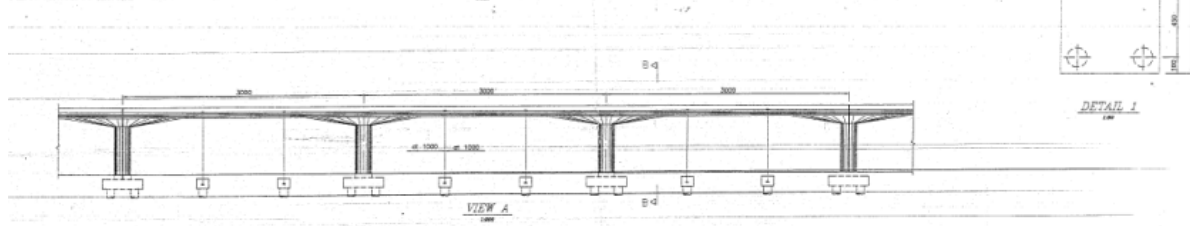
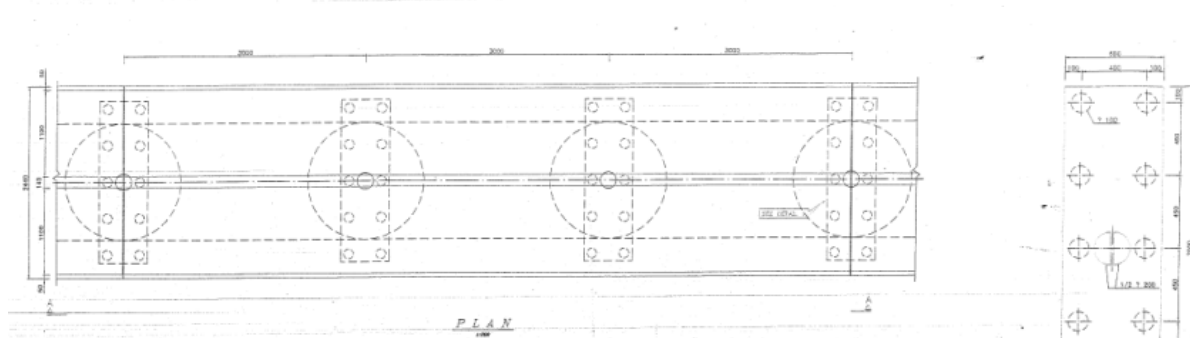
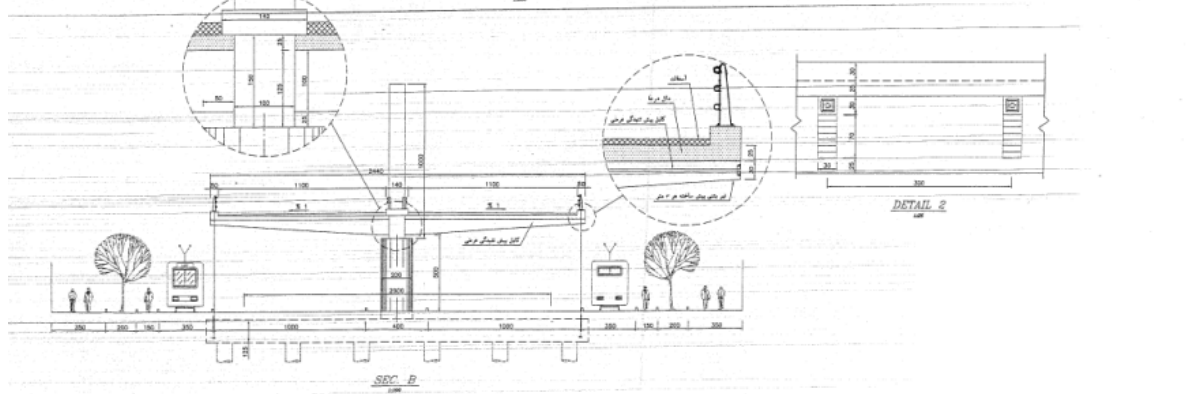
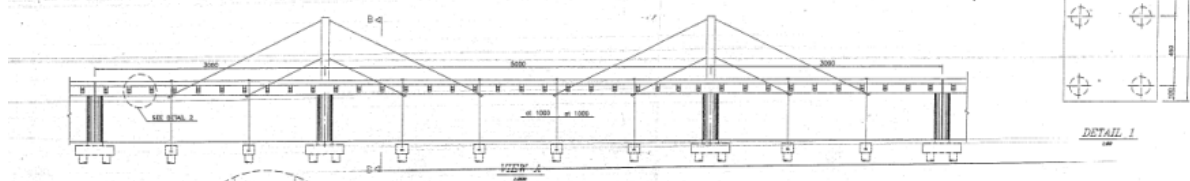
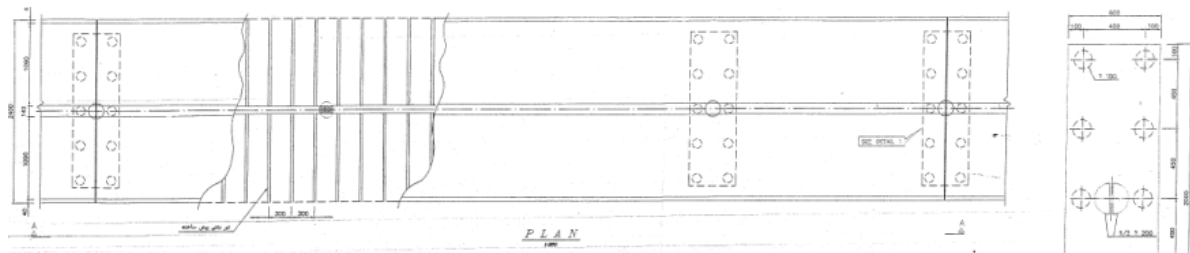


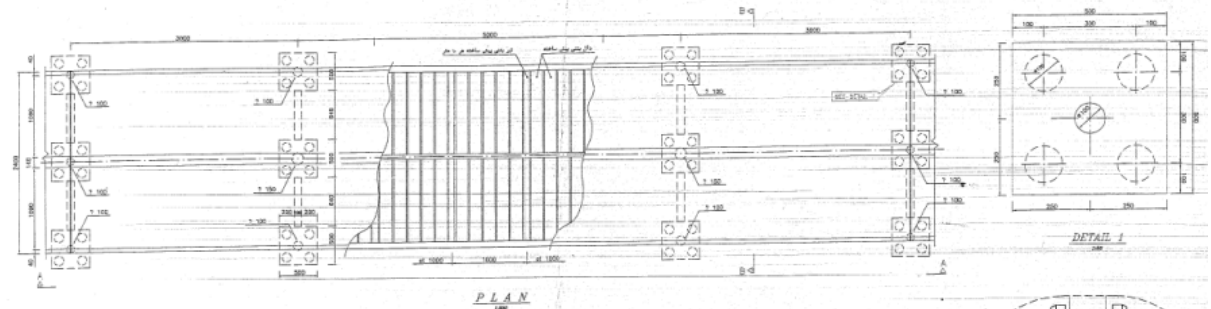
Grouted splice sleeve

Bar coupler types

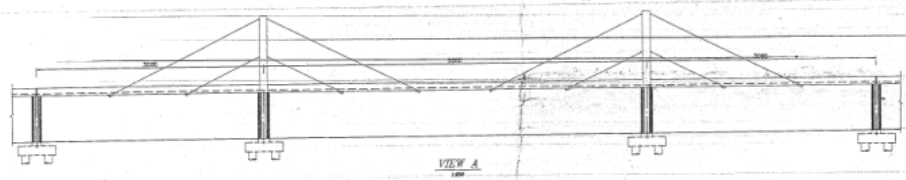


Typical grouted duct

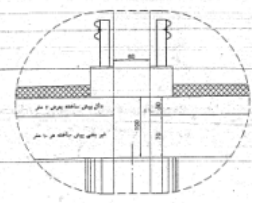




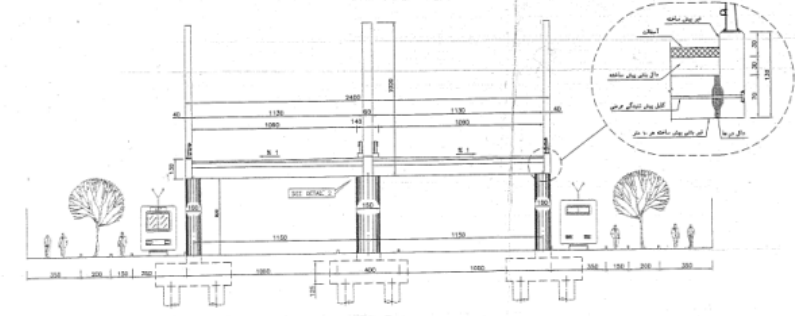
PLAN



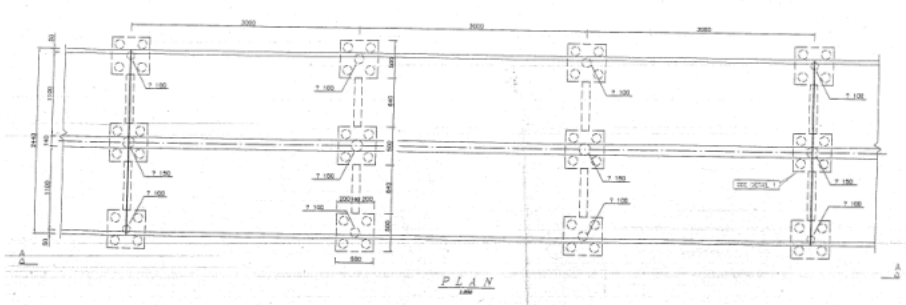
VIEW A



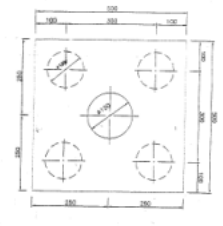
DETAIL 2



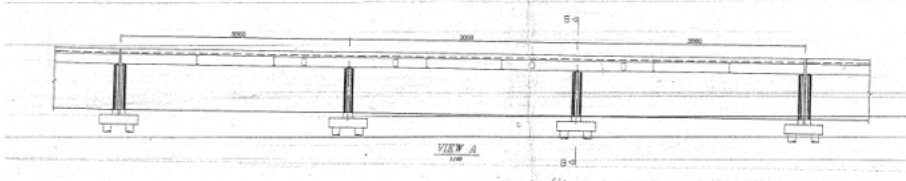
SEC B



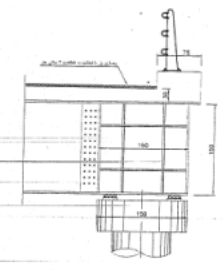
PLAN



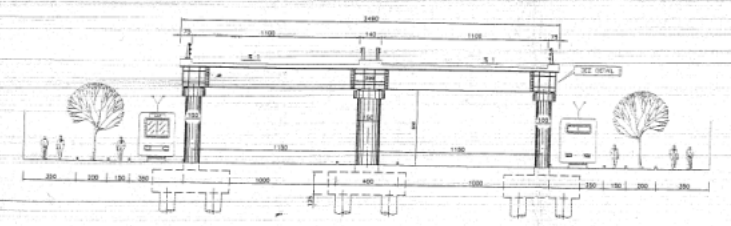
DETAIL 1



VIEW A



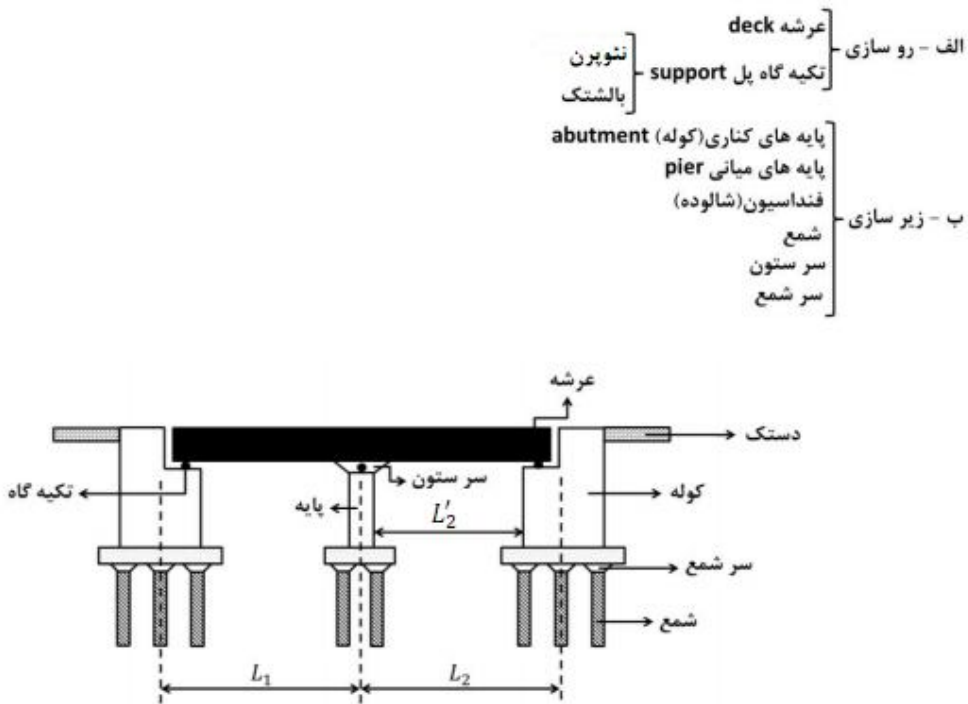
DETAIL 2



SEC B

نقشه های پل خیابان امام خمینی اصفهان- مهندسين مشاور هگزا

به طور کلی یک سازه پل به دو بخش زیر تقسیم می گردد :



طول کل دهانه یک پل L
 طول دهانه محاسباتی L_i
 فاصله آکس تا آکس L_1, L_2
 طول دهانه خالی (آزاد) L'_2

طبقه بندی پل ها از جنبه های مختلف :

به طور عمده پلها از جنبه های مختلف به صورت های زیر تقسیم می گردد :

- الف - طبقه بندی پل ها از نظر جنبه طول دهانه
- ۱- پل های دهانه کوتاه $L_i \leq 8m$
 - ۲- پل های دهانه متوسط $8m < L_i \leq 50m$
 - ۳- پل های دهانه بلند $L_i > 50m$

- ب - طبقه بندی پل ها از نظر سیستم سازه ای (سیستم سازه ای عرشه)
- ۱- پل های صفحه ای (بتنی)
 - ۲- پل های تیر و شاهتیر (بتنی و فلزی)
 - ۳- پل های خریای
 - ۴- پل های معلق (کابلی)
 - ۵- پل های ترکه ای (کابلی)
 - ۶- پل های قوسی

- پ - طبقه بندی پل ها از نظر مصالح مورد استفاده
- ۱- بتن آرمه
 - ۲- فولادی
 - ۳- بتن پیش تنیده
 - ۴- بتن پیش ساخته (کارخانه ای)
 - ۵- مرکب (ترکیبی از بتن و فولاد)
 - ۶- مصالح بنایی (سنگی ، آجری ، چوبی)
 - ۷- آلومینیومی

- ت - طبقه بندی پل ها از نظر کاربرد و استفاده
- ۱- پل های جاده ای
 - ۲- پل های راه آهن
 - ۳- پل های پیاده رو
 - ۴- پل های رودخانه ای
 - ۵- پل های روگذر و زیرگذر
 - ۶- پل های خطوط انتقالی (آب ، گاز ، نفت و...)

- ث - طبقه بندی پل ها از نظر نحوه اجرا
- ۱- پل های درجا
 - ۲- پل های پیش ساخته
 - ۳- پل های طره ای

- ج - طبقه بندی پل ها از نظر آیین نامه ای
- ۱- منظم
 - ۲- نامنظم

- چ - طبقه بندی پل ها از نظر شکل یا هندسه
- ۱- مستقیم (مورب)
 - ۲- قوسی

بارگذاری پلها (پلهای جاده ای) :

- انواع بارهای اعمال شده به پلها (پلهای جاده ای)
- بارهای اصلی
 - ۱- بار مرده DL
 - ۲- بار زنده LL
 - ۳- بار ناشی از اثرات ذره دینامیکی اعمال از وسیله نقلیه II
 - ۴- بار زلزله EQ یا بار باد W
 - بارهای فرعی
 - ۱- بار ناشی از جریان آب
 - ۲- بار ناشی از یخ زدگی
 - ۳- بار ناشی از ترمز وسیله نقلیه
 - ۴- بار ناشی از تغییرات دما (انبساط و انقباض)
 - ۵- بار ناشی از نیروی گریز از مرکز (در پلهای قوسی)
 - ۶- بار ناشی از فشار جانبی خاک

جرم مخصوص (kg/m^3)	مصالح
7850	فولاد
2400	بتن معمولی
2500	بتن آرمه (پلسازی)
2200	آسفالت

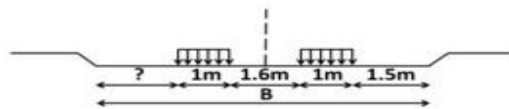
$$I = 1 + \frac{15}{38 + L} \leq 1.3$$

I : ضریب ضربه دینامیکی L : طول دهانه محاسباتی پل (برای پلهای تک دهانه)

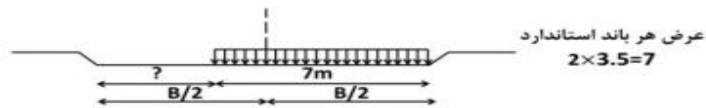
تعیین اثر ضربه یا ضریب ضربه دینامیکی با استفاده از آیین نامه ایران :

$$I = 1 + \frac{6}{10 + L} \leq 1.3$$

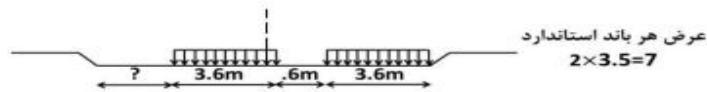
۳- بار تانک :



۴- بار خطی معادل ایران :

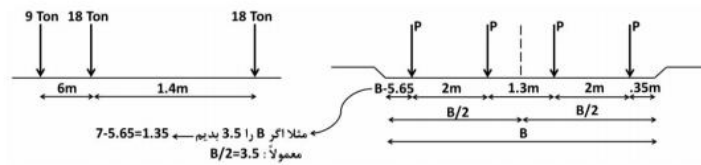


۵- بار خطی آشتو :

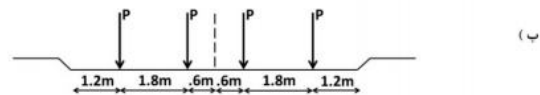
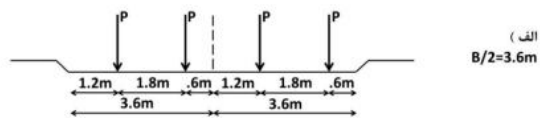


نحوه قرار گیری بحرانی بارهای زنده در راستای عرضی پلها :

۱- کامیون 45Ton یا 40Ton ایران :

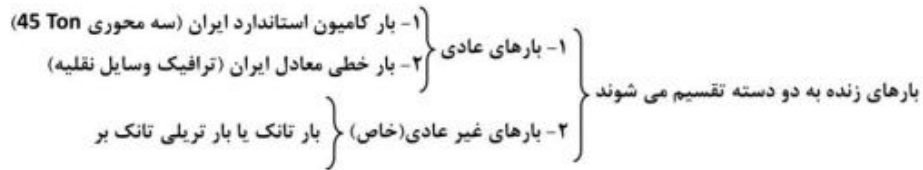


۲- کامیون استاندارد آشتو (HS و H) :



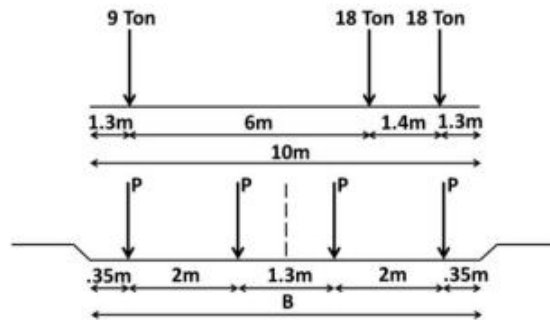


محاسبه بار زنده بر اساس آیین نامه ایران :



مشخصات مربوط به بار کامیون استاندارد ایران :

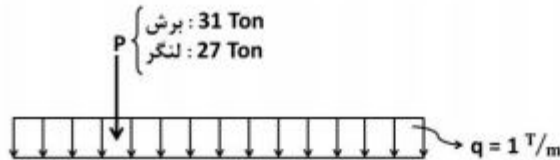
نحوه قرارگیری بار کامیون استاندارد ایران بر روی یک پل در راستای عرضی



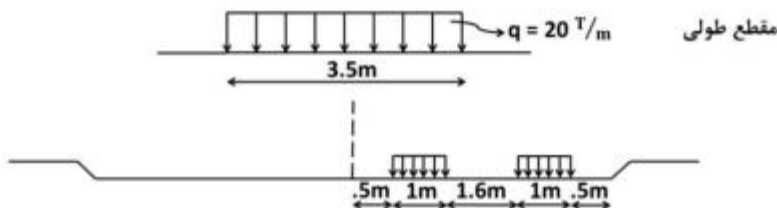
B : عرض سواره رو روی پل

P : بار مربوط به چرخ های جلو ، عقب یا میانه

مشخصات بار خطی معادل ایران :



مشخصات بار خطی تانک (70 Ton) :



1-Sukhen Chatterjee, The Design of Modern Steel Bridges, Blackwell science
 2-LRFD Design Example For Steel Girder Superstructure Bridge, December 2003, FHWA NHI-04-041
 3-Steel Bridge Bearing Design and Detailing Guidelines, AASHTO/NSBA Steel Bridge Collaboration – 2004
 4-Recent Advances in Bridge Engineering, JMBT Structures Research Inc. Canada, June 2008
 5-Philippe Vion - Emmanuel Bouchon ,Prestressed concrete bridges built by the cantilever method Design and stability during erection,SETRA
 6-Repair and Strengthening of Railway Bridges, Sustainable Bridges, Literature and Research ReportExtended Summary,2007
 7-W. Jay Rohleder Segmental Bridge Technology –Established and Evolving,MCEER
 8-M.J.N.Priestley,F.Seible,G.M.Calvi Seismic Design and retrofit of bridges , WILEY 1996
 9-Nigel R.Hewson Pre stressed Concrete bridges Design and Construction,Thomas Telford,2003

10-Robert Benaim the design of Pre stressed Concrete bridges Concepts and Principles, Taylor and Francis, 2008
 11-C.Menn Pre stressed Concrete Bridges , Springer 1996
 12-Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges, AASHTO 1999
 13-Guidelines for the design of foot bridges , CEB FIP
 14-Hand book Design of bridges based on Euro code , 2005
 15-Petros, Theory and Design of Bridges , John Wiley,1994
 16-Seismic bridge design and retrofit-structural solutions ,CEB FIP State of art report may 2007
 17-Bjorn Akesson understanding bridge collapse Taylor and francis 2008
 18-Y.B.Yang,J.D.Yau,Y.S.Wu "Vehicle- bridge interaction dynamics"world scientific 2004
 19-Brian Pritcahard Bride design for economy and durability ,1992
 20-Wai-Fah Chen, Lian Duan Bride engineering CRC press 2003
 21-Amr S Elnashai,Luigi Di Sarno Fundamentals of Earthquake engineering ,wiley publication

۲۲- سهیل آل رسول ، پلسازی به روش پیشرانی، درآمدی بر طرح و اجرا، مهندسین مشاور رهاب، ۱۳۸۹
 ۲۳- عبدالرضا جغتایی، ابولفضل علیخانی، نگهداری پلها براساس آشتو، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۹
 ۲۴- عبدالرضا جغتایی، راهنمای اصول مدیریت فنی پلها، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۰
 ۲۵- شروین ملکی، پلهای یکپارچه، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۷
 ۲۶- سهیل آل رسول، محمدرضا صافدل، ملحقات پل سیستمهای تکیه گاه و درز انبساط، مهندسین مشاور رهاب ۱۳۹۲
 ۲۷- رضا اکبری ، دستورالعمل بهسازی لرزه ای پلهای بزرگراهی FWHA-1995 وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۷
 ۲۸- بازرسی و ارزیابی روسازی پلهای فولادی، وزارت راه و ترابری ، انتشارات ارکان، ۱۳۸۶
 ۲۹- رضا اکبری، بازرسی و ارزیابی روسازه پلهای بتنی ، انتشارات ارکان ، ۱۳۸۸
 ۳۰- مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس بین المللی پل، دانشگاه امیرکبیر ۴ تا ۶ بهمن ۱۳۹۳
 ۳۱- ایمان الیاسیان، راهکارهای مقاوم سازی پل، کتاب شماره ۴۹، CIVIL808.com
 ۳۲- ایمان الیاسیان، روشهای نوین ساخت و اجرا و مقاوم سازی پلها، سایت ایران سازه
 ۳۳- مجموعه مقالات سومین کنفرانس بین المللی پل، دانشگاه امیرکبیر خرداد ۱۳۸۷
 ۳۴- احسان جوانفکر، جزوه اصول مهندسی پل، دانشگاه آزاد اسلامی یاسوج

پایش سلامت سازه در پلها

ایمان الیاسیان، دانشجوی دکتری عمران سازه، دانشگاه یزد I.elyasian@gmail.com

مهدی خداداد سریزدی، استاد دانشگاه یزد mkhodadad@yazd.ac.ir

چکیده

استفاده از تجهیزات جمع آوری خودکار داده ها در برنامه ریزی بازرسی فنی پل به دلیل افزایش سرعت و دقت روز به روز در حال افزایش است و نگهداری، تعمیر، مقاوم سازی، بازرسی و استراتژی مدیریت عملکرد پل، ارزیابی یکپارچه پلها مهندسی عمران و زلزله را به کاربرد ابزار دقیق و نقش حسگرها در بررسی پارامترهایی چون تنش، کرنش، تغییرات حرارت، رطوبت، فشار، شتاب و سرعت و جابجایی نسبی، زمان، پتانسیل الکتریکی واداشته و امروزه فناوری جدید که در سازه های حساس و با اهمیت چون پلها، سدها، نیروگاهها و ... بکار رفته همان پایش مستمر سلامت سازه از راه دور یا Remote Structural Health Monitoring می باشد.

برای افزایش ظرفیت باربری بایستی ترکیب اقدامات زیر انجام شود

۱- اصلاح محاسبات با استانداردهای روز

۲- مقاوم سازی اجزای سازه ها

۳- تعویض و یا تغییر در بخشهای مختلف سازه

مزایای استفاده از سیستم پایش سلامت سازه ها را می توان به صورت زیر برشمرد:

- بهبود درک رفتار سازه در محل،

- کشف زود هنگام آسیبها،

- اطمینان از مقاومت و کارایی سازه،

- کاهش زمان خروج از سرویس دهی،

- تشویق به استفاده از مصالح جدید و

- بهبود استراتژیهای مدیریت و مراقبت برای بهبود تخصیص منابع.

روشهای نگهداری

۱- نگهداری براساس خرابی یا از کارافتادگی

انهدام و خرابی بصورت ناگهانی رخ می دهد- هزینه تعمیرات بیشتر از اقدامات پیشگیرانه قبل از خرابی است

۲- نگهداری برنامه ریزی شده یا پیشگیرانه

تعویض اجزای بحرانی سیستم زمانبر و پرهزینه می باشد- تعیین زمان و فاصله های زمانی بین تعمیرات

کارمشکلی است

۳- نگهداری پیشگویانه

توقف کارسیستم بایستی در برنامه ریزی دیده شود- برنامه کاری برای پرسنل نگهداری، ابزار و تجهیزات مورد نیاز است، از خطرات شدید ناشی از خرابی های پرفشار و ناگهانی جلوگیری کرد، زمان تعمیرات را کاهش داده و زمان توقف بهره برداری را به حداقل رسانده، آزمون و خطای پرهزینه برای حل مشکلات، شرایط بهره برداری مناسب و بدون بروز مشکلات شدید

۴- نگهداری پیش از نیاز

سیستمهای حسگرها، جمع آوری اطلاعات، پردازش اطلاعات، ارتباطی و مخابراتی، خطایابها و مدل درپایش مستمر سازه های عمرانی متفاوت هستند و مزایای پایش مستمر سلامت سازه ای ۱- پایش در لحظه و گزارش دهی همزمان ۲- کاهش مانعهای تلف شده ۳- افزایش ایمنی، قابلیت اعتماد و کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری

1-failure based maintenance 2-preventive maintenance 3-predictive maintenance
4-proactive maintenance 5-condition based maintenance 6- Reliability-Centered Maintenance
7- Total Productive Maintenance 8- Emergency Maintenance 9- Breakdown Maintenance

یک سیستم پایش مستمر سازه ای دارای زیرمجموعه های زیر می باشد

- ۱- جمع آوری اطلاعات مثل کرنش سنجهای مقاومت الکتریکی، کرنش سنجهای سیم مرتعش، کرنش سنجهای ورقه ای، مبدلهای تغییر شکل، گیجهای فیبرنوری، حسگرهای دی الکتریک، پتانسیومتر، گیجهای الکترونیکی
- ۲- مخابره اطلاعات و ارتباط داده ۳- پردازش هوشمند اطلاعات : تصفیه و تفسیر اطلاعات هماهنگی و جمع آوری اطلاعات خاص سازه ها - دستکاری و تحلیل اطلاعات خاص سازه ای - ارزیابی و محاسبه خرابی سازه- انتقال میزان کمی خرابی به تأسیسات مرکزی
- ۴- ذخیره اطلاعات پردازش شده: برای تشخیص و در دسترس بودن داده ها
- ۵- تشخیص ها ۶- بازیابی اطلاعات: کمیتهایی که مستقیماً با پاسخ سازه ای مرتبط اند

پارامترهای موثر در انتخاب حسگرها

- نرخ نمونه برداری
- دقت مورد نیاز برای اطلاعات برداشتی و سیگنالهای خروجی
- امکان تکرار برای عملیات پایش مستمر
- اثرات دمایی
- افت و انحراف در کارایی و عملکرد حسگرها

فلسفه های نگهداری

۱- نگهداری بر اساس شرایط ۲- نگهداری قابلیت اعتماد متوسط ۳- نگهداری فنی با بهره‌وری کامل

خطایابی

- تعیین حضور و وجود خرابی در سازه
- تعیین موقعیت خرابی یافت شده در سازه

-تعیین شدت خرابی موجود در سازه

-تعیین میزان عمر مفید باقیمانده از سازه

گسیختگی Fault - خرابی Damage عیب Defect

خطایابی هوشمند

تعیین Detection روشی که امکان وجود خرابی در سازه را نشان می دهد

مکانیابی localization روشی که محل احتمال خرابی را به ما نشان می دهد

ارزیابی Assessment روشی که تخمینی از وسعت خرابی برای ما فراهم می سازد

پیش بینی Prediction روشی که اطلاعاتی درباره سازه چون عمر باقیمانده سازه در اختیار ما می گذارد

تستهای غیر مخرب Non Destructive Tests

۱- تست فراصوتی یا التراسونیک Ultra Sonic Test

۲- تست پرتونگاری یا رادیوگرافی Radiography Test

۳- تست جریان گردابی Eddy Current

۴- تست مایعات نافذ Penetration Test

۵- تست ذرات مغناطیسی Magnetic Test

۶- روشهای الکتریکی ۷- روشهای هسته ای

۸- دمانگاری یا ترموگرافی Thermography

۹- رادار ۱۰- دوربینی ۱۱- شیروگرافی Shearography

روشهای مغناطیسی در کل برای تعیین موقعیت آرماتورها در بتن بکار می رود ولی در تشخیص زوال و خوردگی

کاربرد ندارد. روشهای الکتریکی به ۲ دسته مقاومت و پتانسیل الکتریکی تقسیم می شود. در روش هسته به

تعیین رطوبت در بتن بوسیله جذب نوترون و تکنیکهای پراکنده سازی و تخمین پتانسیل خوردگی در بتن

پرداخته می شود. در روش دمانگاری مادون قرمز برای تعیین تورق در بتن عرشه پلها استفاده می شود.

۱- سیستم ابزاربندی یا نصب سنسور (the sensory system)

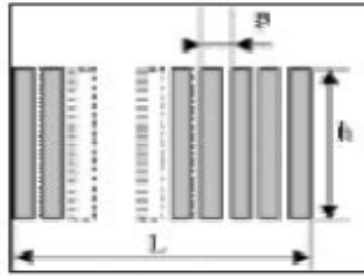
۲- سیستم جمع آوری و انتقال داده ها (the data acquisition & transmission system)

۳- سیستم پردازش و کنترل داده ها (the data processing & control system)

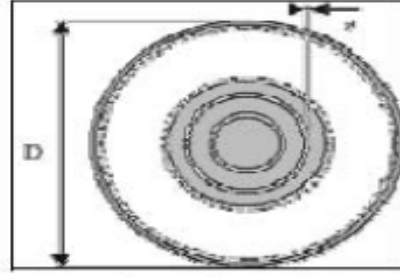
۴- سیستم ارزیابی سلامت سازه (the structural health evaluation system)

۵- سیستم بازرسی و نگهداری (the inspection & maintenance system)

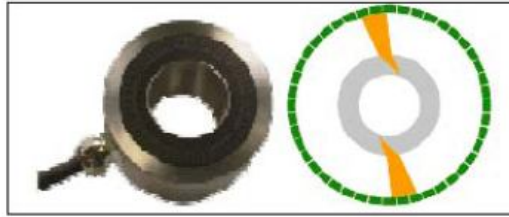
۶- سیستم مدیریت داده های سلامت سازه (the structural health data management system)



پراب خطی



پراب های حلقوی

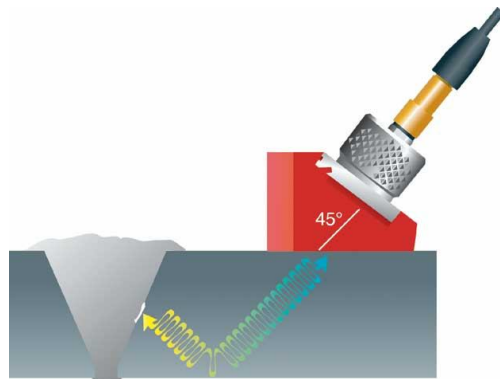


پراب های دایروی



پراب های ماتریسی

انواع پرابهای بکاررفته در آزمایش التراسونیک



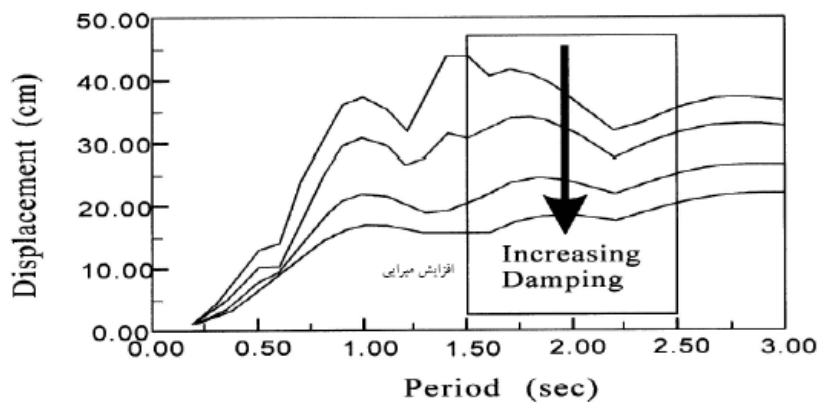
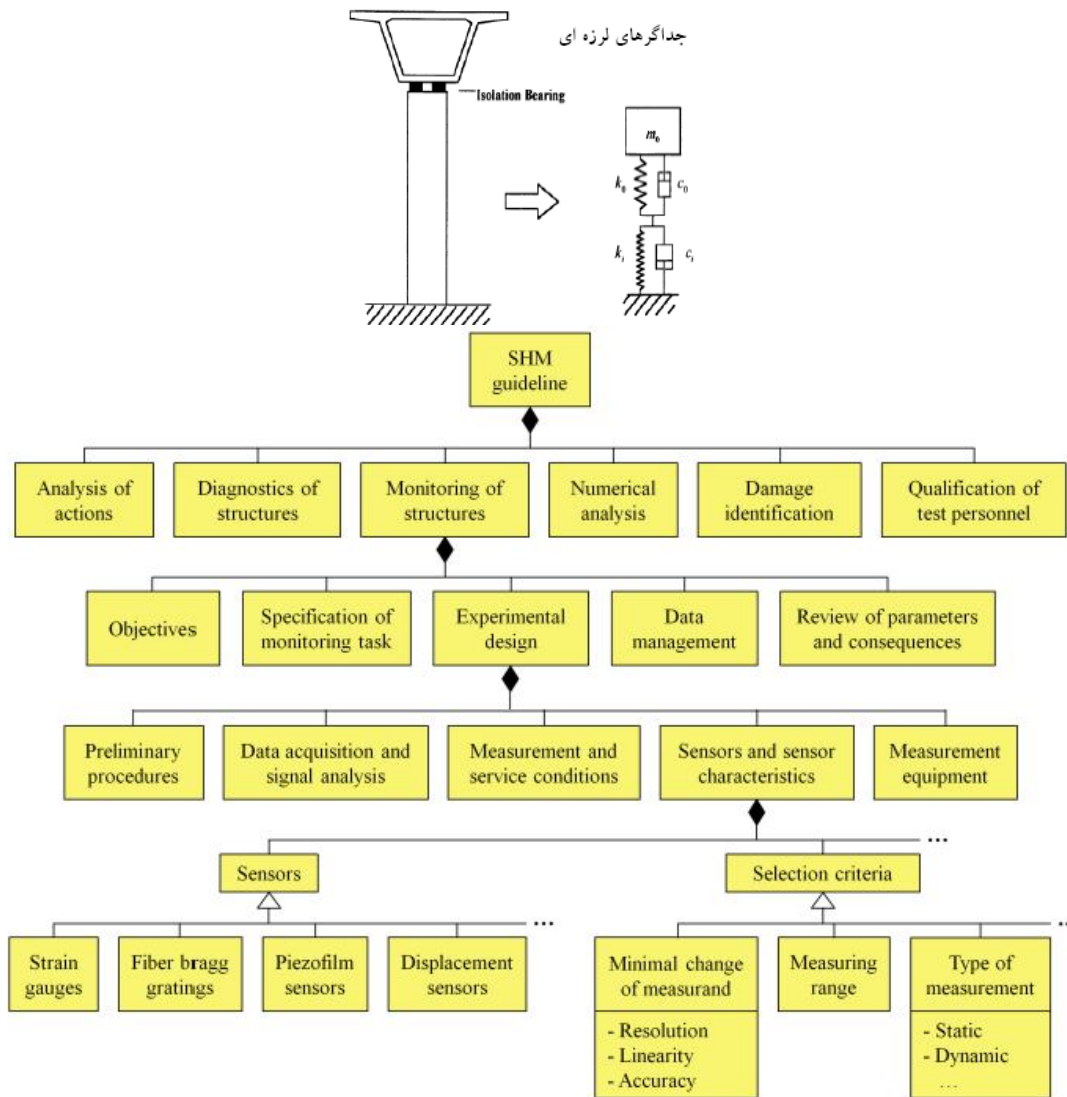
- ✓ عیوب عمود بر امتداد انتشار صوت
- ✓ عیوب غیر افقی
- ✓ عیوب سطوح انتقال
- ✓ عیوب شعاعی در لوله ها استوانه ای و محورها
- ✓ تورق در صفحات نازک

کاربردهای قابلیت اعتماد

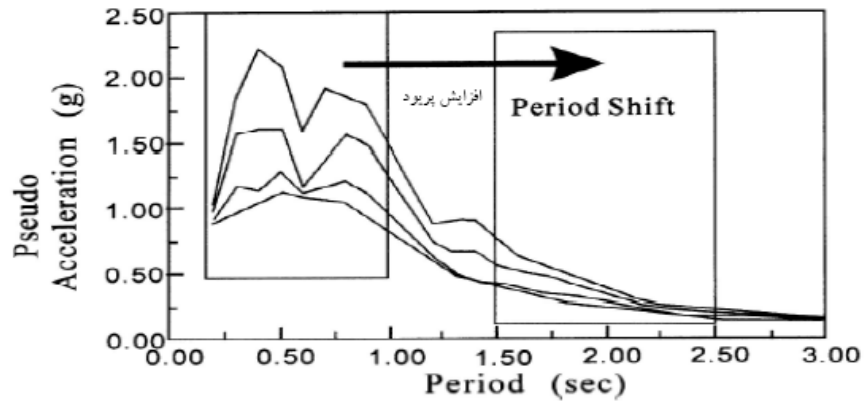
- ارزیابی تاثیر تنش در عمر
- ارزیابی و تشریح قابلیت اطمینان قطعات و سیستمها (درخت خرابی، کاهش شبکه)
- تشخیص مدهای خرابی
- مقایسه بین دو یا چند محصول
- تهیه ضمانت نامه اطمینان

□ ارزیابی اجزاء و تجهیزات الف. تستهای شتابدار ب. تداخل بار - مقاومت ج. روش فراوانی خرابی

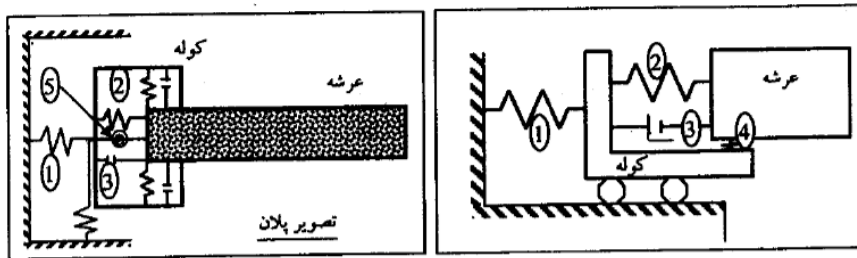
ابزار با روشهای صوتی بکار رفته در عرشه پل شامل وسیله ضربه زننده، دریافت کننده صوت، تفسیر کننده سیگنال می باشد



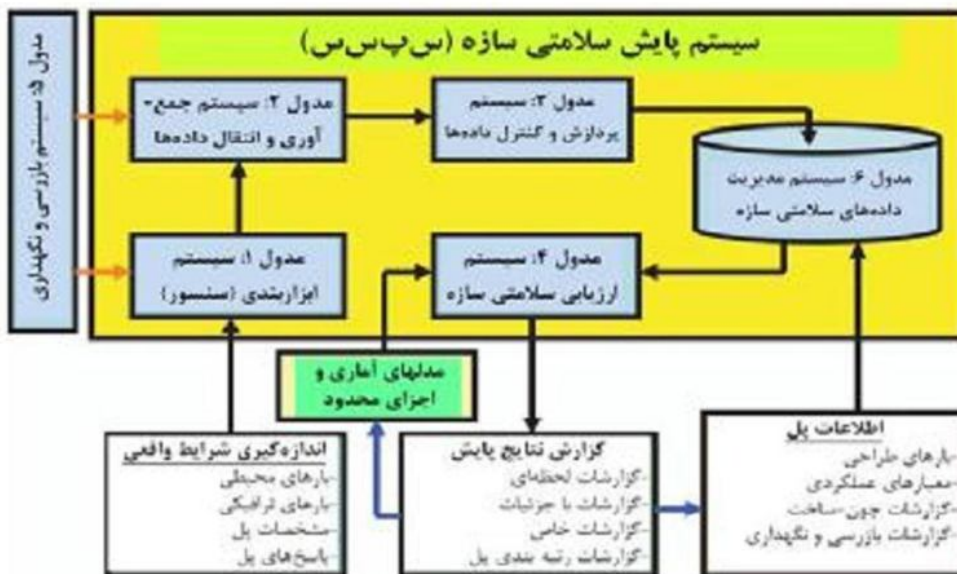
کاهش شتاب ورودی به سیستم با افزایش پریود



کاهش تغییر مکان سازه با افزایش میرایی



نحوه مدل سازی عرشه در روی کوله. ۱: خاک پشت کوله، ۲: مقاومت برشی بالشتک، ۳: لقی بین عرشه و کوله، ۴: مقاومت فشاری-کششی بالشتک (فایم)، ۵: مقاومت پیچشی ناشی از کوپل بالشتکها



تصویر شماتیک شش بخش اصلی یک سپاس س

سیستمهای حسگر-سیستمهای جمع آوری اطلاعات-سیستمهای پردازش اطلاعات

سیستمهای ارتباطی و مخابراتی-خطایاب و سیستم مدل سازی

۱- آزمایشات برجای استاتیکی ۲- آزمایشات برجای دینامیکی ۳- پایش مستمر بازه ای (دوره ای) ۴- پایش مستمر

پیوسته

سیستم مانیتورینگ و پایش سازه

پایش مستمر پیوسته	پایش مستمر دوره ای	آزمایشات برجای دینامیکی	آزمایشات برجای استاتیکی
مانیتورینگ فعال	برجا	تاریخچه تنش	رفتاری
		DLA بار دینامیکی مجاز	خطایابی
مانیتورینگ منفعل	تغییرات در سازه	رشد ترک	دوامی
		قلاب فنر	

مزایای پایش مستمر سلامت سازه

- ۱- پایش در لحظه و گزارش دهی هم زمان ۲- کاهش زمان تلف شده
- ۳- افزایش ایمنی، قابلیت اطمینان و کاهش هزینه های نگهداری و تعمیرات

مراحل پایش مستمر

- ۱- جمع آوری اطلاعات ۲- مخابره اطلاعات ۳- پردازش هوشمند اطلاعات ۴- ذخیره اطلاعات پردازش شده ۵-
- تشخیص ها ۶- بازیابی داده

سیستم جمع آوری اطلاعات

- ۱- کرنش ها ۲- تغییر شکلها ۳- تغییر طول ها ۴- شتاب ها ۵- دما ۶- رطوبت ۷- زمان ۸- پتانسیل الکتریکی ۹- تنش ها ۱۰- نیروها ۱۱- چرخش ها و دوران ها ۱۲- ارتعاشات ۱۳- خوردگی ۱۴- بارها ۱۵- خصوصیات دینامیکی (میرایی، سختی، جرم و ...)

فعالیت پردازشگر اصلی CPU

- ۱- هماهنگی و جمع آوری اطلاعات انتقالی از حسگرها ۲- دستکاری و تحلیل اطلاعات خاص سازه ای
- ۳- ارزیابی و محاسبه خرابی سازه ۴- انتقال میزان کمی خرابی به تاسیسات مرکزی

پایش مستمر سازه های عمرانی از لحاظ زمانی

- ۱- بلند مدت ۲- کوتاه مدت (تغییر در بار ترافیکی، در سیستم سازه ای، مقاوم سازی یک سازه) ۳- دوره ای ۴- پیوسته و مستمر (موضعی و جامع) ۵- محرک
- ۱- پایش مستمر سلامت سازه ۲- پایش مستمر شرایط CM ۳- ارزیابی های غیر مخرب NDE ۴- کنترل فرآیندهای آماری SPC

خرابی damage - گسیختگی fault - عیب و نقص defect

خطایابی هوشمند

- ۱- تعیین detection ۲- مکان یابی localization ۳- ارزیابی assessment ۴- پیش بینی prediction ۵- طبقه بندی classification

پایش مستمر استاتیکی که در آن ۱- تغییر شکل ۲- شیب ۳- نشست ۴- عرض ترک ۵- خوردگی ۶- تاثیرات محیطی مثل دما، رطوبت و باد در آن کنترل می شود

کرنش سنج strain gauge ۱- ورقه ای foil ۲- فیبر نوری fiber optic ۳- سیم مرتعش vibration wire

حسگرها ۱- الکتریکی ۲- نوری ۳- مکانیکی ۴- پنوماتیک ۵- ظرفیتی ۶- مقاومتی ۷- القایی ۸- مغناطیسی ۹- پیزو الکتریک ۱۰- حرارتی و دمایی ۱۱- صوتی می باشند

مبدل تفاضل-متغیر خطی linear variable-differential transformer

آزمایشات استاتیکی شامل ۱- رفتاری ۲- تشخیصی ۳- اثباتی می باشند
Monitoring items and their techniques

	Monitoring item	Technique	Principle
Direct method	Concrete Stress	Slot stress	Mechanical deformation
	Steel tendon stress	Load cell	Electrical resistance
		EM sensor	Elasto-magnetic
	Wire breakage	AE sensor	Acoustic emission
	Deflection	LVDT	Mechanical
	Crack	Visual inspection	Visual
		Photometry	
Vibration	Accelerometer	Forced vibration	
Indirect method	Grout rigidity	Impact echo test	Elastic wave
		Drilled diagnostic CCD	Visual
		X-ray	Electro magnetic wave
	Corrosion	Electric potential Polar resistance	Electric current

آزمایشات چوب	آزمایشات فولاد	آزمایشات بتن	ردیف	
روش های نافذ	رادیو گرافی	روش های مقاومتی	۱	
		روش های صوتی	۲	
		اولتراسونیک (فراصوتی)	۳	
	روش های الکتریکی	ذرات مغناطیسی	روش های مغناطیسی	۴
			روش های الکتریکی	۵
		جریان گردابی	روش های هسته ای Nuclear methods	۶
تکنیکهای اولتراسونیک	رنگ های نافذ	ترموگرافی thermography	۷	
		رادار(امواج)	۸	
	اولتراسونیک	رادیو گرافی	۹	
		اندوسکوپی (درون بینی) endoscopy	۱۰	

اولتراسونیک (فراصوتی) براساس اندازه گیری سرعت پالس صوتی براساس خاصیت پیزوالکتریکی استفاده می شوند- روش های مغناطیسی در تعیین موقعیت آرماتورها در بتن کاربرد دارد
روش های الکتریکی به دو دسته اندازه گیری مقاومت و پتانسل الکتریکی می باشند
روش های هسته ای برای تعیین رطوبت بوسیله جذب نوترون و تکنیک های پراکنده سازی و تخمین پتانسیل خوردگی در بتن استفاده می شود- دمانگاری مادون قرمز در تعیین تورق عرشه پلها کاربرد دارد
رادار برای تعیین خرابی عرشه ها بکار می رود و پرتونگاری براساس تابش اشعه نفوذی گاما
در روش اندوسکوپی (درون بینی) از لوله های صلب glass fibers براساس خاصیت منشوری و یا لوله های فیبر نوری fiber optics استفاده می شود

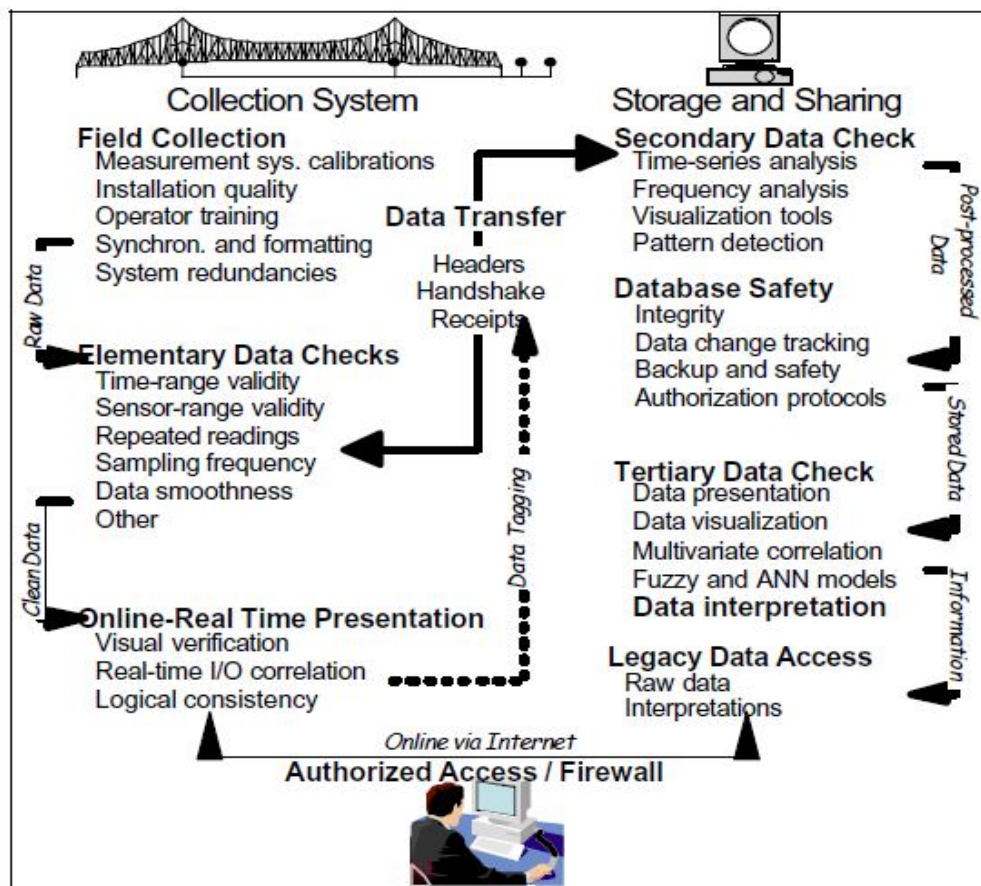
در کنار آزمایشات ذکر شده پیش مستمر استاتیکی چکش اشمیت Schmitt - میله سنجش ویندسور Windsor probe - زنجیره ضربه chain drag - میله های صداساز sounding rods-زوج چکش ها even hammers می توان نام برد

ابزار پایش عرشه پل

۱- وسیله ضربه زننده ۲- دریافت کننده صوت ۳- تفسیر کننده سیگنال

پدیده های قابل اندازه گیری

- ۱- تغییر شکل خمشی ۲- تغییر طول ۳- کرنش ۴- دوران ۵- دمای بتن ۶- دمای محیط ۷- رطوبت مرتبط ۸- نیروی پیش تنیدگی ۹- نیروی مفصلی ۱۰- بازرسی شکست سیم ۱۱- خوردگی آرماتورها ۱۲- خوردگی غلاف فولادی



آزمایشات برجای بتن

آزمایشات برجای بتن						
کرموشدگی	حمله شیمیایی	سایش	خوردگی	قلوه کن شدن	ترک	روش
نامناسب	ضعیف	نامناسب	ضعیف	نامناسب	نامناسب	مقاومتی
نامناسب	نامناسب	نامناسب	خوب یافتن لایه لایه شدگی	نامناسب	نسبتا خوب	صوتی

اولتراسونیک	خوب	نامناسب	نسبتا خوب	نامناسب	ضعیف	نامناسب
مغناطیسی	نامناسب	نامناسب	نسبتا خوب	نامناسب	نامناسب	نامناسب
الکتریکی	نامناسب	نامناسب	خوب	نامناسب	نامناسب	نامناسب
هسته ای	نامناسب	نامناسب	نسبتا خوب	نامناسب	نامناسب	نامناسب
ترموگرافی	نامناسب	خوب	خوب	خوب	نامناسب	نامناسب
		لایه های زیر آسفالت	یافتن لایه لایه شدگی			
امواج (رادار)	نامناسب	خوب	خوب	خوب	نامناسب	نامناسب
		لایه های زیر آسفالت	یافتن لایه لایه شدگی			
راديوگرافی	نسبتا خوب	نامناسب	نسبتا خوب	نامناسب	نامناسب	نسبتا خوب

آزمایشات برجای فولادی

روش	ترکهای سطحی کم عمق	ترکهای سطحی عمیق	ترکهای داخلی	ترکهای خستگی	حفره های داخلی	تخلخل جوش	ضخامت	تنش خوردگی	تورم سطحی	حفرات خوردگی
پرتونگاری	نامناسب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	ضعیف	خوب	خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	ضعیف	خوب
ذرات مغناطیسی تر	خوب	خوب	نامناسب	خوب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	خوب	نامناسب	نامناسب
ذرات مغناطیسی خشک	نسبتا خوب	خوب	نامناسب	خوب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نسبتا خوب	نامناسب	ضعیف
جریان گردابی	نسبتا خوب	خوب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	خوب	ضعیف	نامناسب	نامناسب	نامناسب
رنگ نافذ	نسبتا خوب	خوب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	خوب	نامناسب	نسبتا خوب
فراصوتی	ضعیف	خوب	خوب	خوب	خوب	نسبتا خوب	خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	ضعیف

پرتکل پایش مستمر

پارامترهای محیطی و شرایط بارگذاری

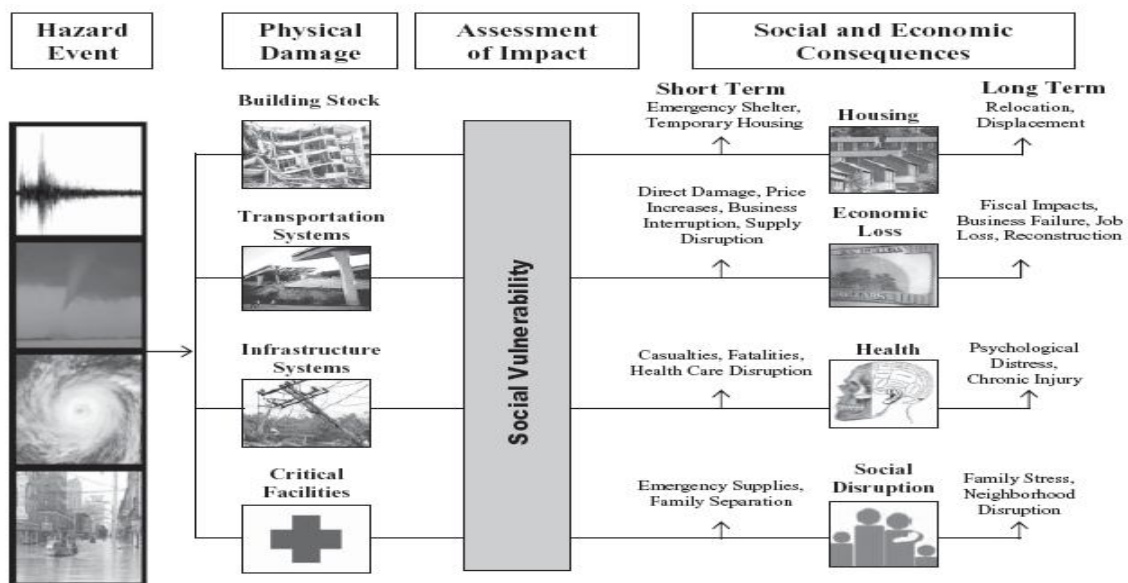
۱- باد ۲- حوادث لرزه ای ۳- دما ۴- بار ترافیک

پارامترهای رفتار سازه ای

- تغییر شکلهای ۲- کرنشها ۳- تنشها ۴- خصوصیات دینامیکی
مزایای آزمایش رنگ افزودنی ۱- ارزان بودن تجهیزات ۲- کاربرد آسان روش ۳- تفسیر راحت نتایج بدست آمده
رنگ قرمز نافذ بیانگر خرابی یا ترک در محل می باشد
۴- ویسکوزیته های متفاوت برای تعیین ترکها به ابعاد گوناگون
۵- استفاده از توسعه دهنده تر به جای توسعه دهنده خشک
۶- استفاده از رنگهای فلورسنت و نمایان کردن آنها با نور ماورا فرابنفش
۷- راحتی اجرا ۸- عدم نیاز به تخصص خاص ۹- هزینه پایین اجرا ۱۰- زمانبر نبودن آزمایش
۱۱- امکان استفاده متناوب در کارگاه عملیات اجرایی ۱۲- قابل حمل نبودن تجهیزات

مزایای آزمایش التراسونیک

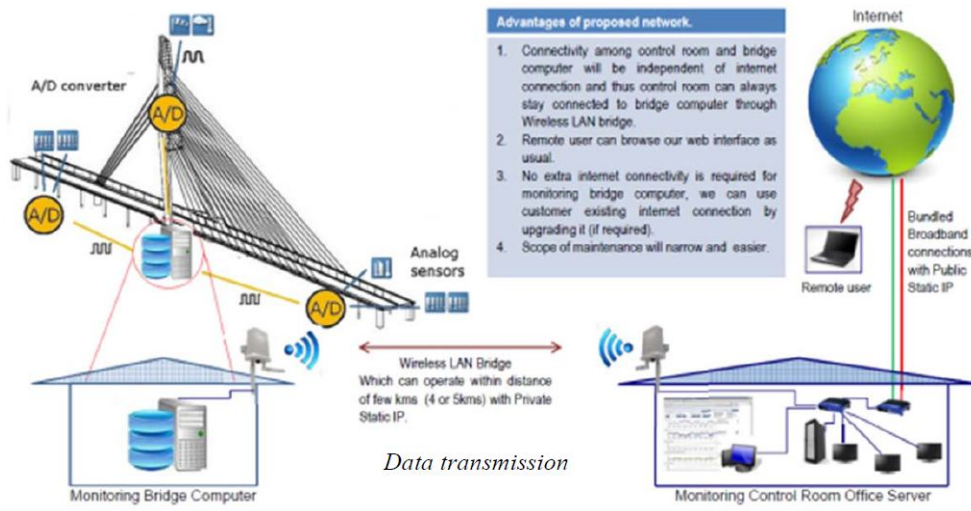
- ۱- مولد موج صوتی ۲- ابزار برداشت موج بازگشتی ۳- نمایشگر موج اولیه بازتابی ۴- سیار و قابلیت حمل آن
۵- حساسیت و توانایی تعیین محل ترکها یا خرابی ها در عمق
- فرکانس صوت- طراحی واحد بررسی - ابزارآلات - پردازش الکتریکی سیگنال بازتابیده - مهارت اپراتور دستگاه
پارامترهای محیطی و شرایط بارگذاری
۱- باد ۲- حوادث لرزه ای ۳- دما ۴- بار ترافیک
پارامترهای رفتار سازه ای
۱- تغییرشکلهای ۲- کرنشها ۳- تنشها ۴- خصوصیات دینامیکی
پایش مستمر بازخورد در پلها
۱- تغییر شکلهای ۲- نیروهای کابل ۳- کرنشها و تنش های عرشه ۴- شتاب
حسگرهای پل
۱- باد ۲- دما ۳- ترافیک ۴- تغییر مکان ۵- سطح ارتفاع ۶- شتاب ۷- کرنش
پدیده های اندازه گیری
۱- تغییر شکل خمشی ۲- تغییر طول ۳- کرنش ۴- دوران ۵- دمای بتن ۶- دمای پیرامون ۷- رطوبت مرتبط ۸- نیروی
پیش تنیدگی ۹- نیروی مفصلی ۱۰- بازرسی شکست سیم ۱۱- خوردگی آرماتورها با پوشش اپوکسی ۱۲- خوردگی
غلاف شمع فولادی ۱۳- نقشه برداری بناهای تاریخی



Sensor	Logo	Sensors according to Specifications	Channels according to Sensors
		Sensors	Channels
Structural temperature	T	20	24
Strain gauge boltable	S	10	10
Strain gauge weldable/ glueable	S	10	10
Wind sensor 3D	W	1	4
Wind multi-sensor (Wind 2D direction and speed, ambient temperature, precipitation levels, barometric pressure, relative humidity)	WT	1	6
3D accelerometers, cables	A3w	18	54
3D accelerometer, deck & pylon	A	8	24
Seismic accelerometers	As	4	12
Displacement sensor	DI	4	4
Inclination, tilt	I	4	8
Corrosion	C	3	6
DV Camera	V	4	
Traffic analyzer	TA	8	
Electromagnetic sensors	E	9	9
Sum		104	171

جدول انواع متداول سنسورها و پارامترهای اساسی پایش (Wong, 2007)

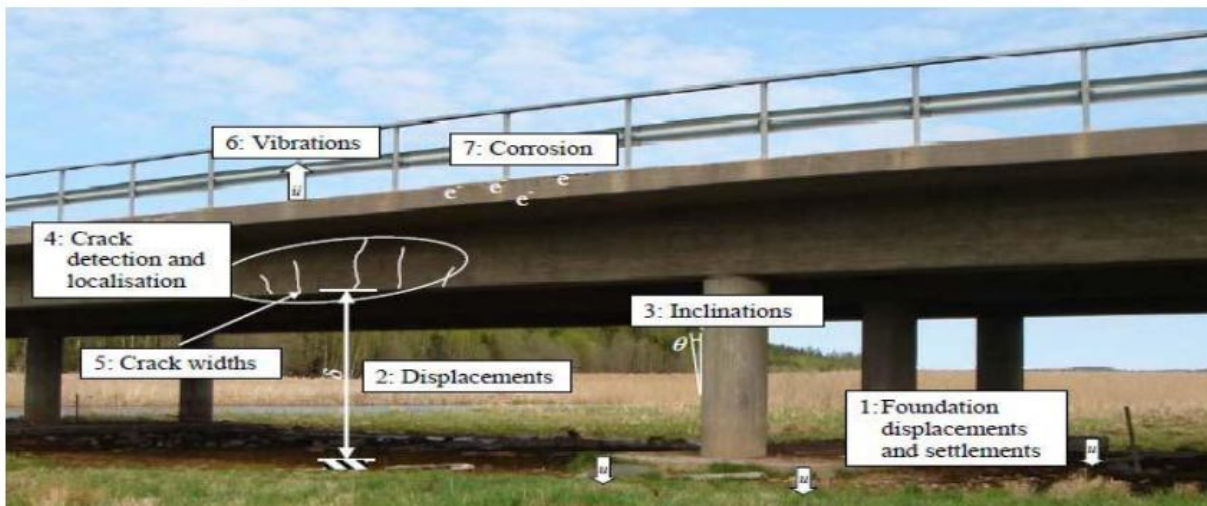
دسته بندی پایش	بخش پایش	نوع سنسور	پارامترهای اساسی پایش	
بارها و شرایط محیطی	بارگذاری باد	بادسنج الکترونیکی (معمولاً در تراز عرشه) بادسنج پروانه‌ای (در بالای دکل) فشارسنج بارش سنج	دینامیک Kness برای باد شدید و متوسط پروفیل سرعت بادهای شدید و متوسط برآورده باد با عرشه مقیاس طول و زمان بادهای آشفته طبقه باد آشفته واکنشگی افقی و قائم	
	بارگذاری عرشه‌ای	دماسنج پلاتین برای اندازه‌گیری دما در سازه‌های بتنی- فولادی، روتش آسفالت و هوا ترموکوپل برای کابل‌ها	دمای مؤثر در دکل، عرشه و کابل‌ها دماهای منفر در عرشه و دکل دمای هوا دمای روتش آسفالت	
	بارگذاری ترافیکی بزرگراهی	وزن کشتی در حال حرکت حسگر انواع حساس - سطحی/عمیق کرنش سنج ویبامیک دوربین فیلمبرداری دیجیتال	وزن محاسبات کامپیوتر توزیع نیروی محورها و وسیله نقلیه حسب سطح IIA الکترونیکی ترافیک تغییر شکل پل در ترافیک سنگین طبقه بارگذاری بزرگراه توزیع تنش و کرنش در خرپا یا شاه‌تیر	
	بارگذاری ترافیکی راه‌آهن	کرنش سنج ویبامیک دوربین فیلمبرداری دیجیتال	بار واگن قطار در هر خط طبقه بارگذاری قطار توزیع تنش و کرنش در خرپا یا شاه‌تیر	
	بارگذاری ترمایی	شداب سنج فرمان‌بار	طبقه شداب نزدیک دکل و مهار طبقه پایش عرشه و دکل	
	شرایط محیطی عمومی	حسگر خوردگی رطوبت‌سنج	ترخ ورودی مواد زین آور مثل فلزها و برج‌های دی اکسید کربن - بتن به داخل بتن	
	خصوصیات پل	شرایط تأثیر استاتیکی	ایستگاه تراز باد سیستم موقعیت‌یاب جهانی کرنش سنج ویبامیک	خط تأثیر برای بارگذاری راه‌آهن خط تأثیر برای بارگذاری سازه‌ای سطوح تأثیر برای مشخصات پل
		خصوصیات دینامیکی کلی	شداب سنج‌های فرمان‌بار ثابت و متحرک	فرکانس‌های مودی اشکال مودی شرایط مودی مودی شرایط مشارکت جرمی
		نیروی کششی کابل	شداب سنج‌های فرمان‌بار متحرک	نیروی کششی در کابل‌های سازه (اشکال کابل‌های اصلی، سطح کشنده‌ها و کابل‌های ایستاد)
		خصوصیات هندسی	سیستم موقعیت‌یاب جهانی ایستگاه تراز باد مشکل جابه‌جایی (جابه‌جایی سنج) شداب سنج‌های فرمان‌بار تیب سنج حسگر دما کرنش سنج استاتیکی	جابه‌جایی ناشی از حرارت در کابل‌ها و عرشه حرکات باد در کابل‌ها و دکل و عرشه جابه‌جایی لرزهای در عرشه حرکات ناشی از ترافیک در عرشه و کابل حرکات ناشی از خط آهن در عرشه و کابل‌ها الزغمت و عرشه در دکل‌های بتنی
پایش پل	توزیع تنش کرنش	کرنش سنج ورقه‌ای کرنش سنج استاتیکی حسگر تکیه‌گاهی حسگر کششی سنج مضامینی حسگر مینی	توزیع تنش نیرو در تکیه‌گاه‌ها توزیع تنش نیرو در بادبندهای افقی برای مانیورینگ باد تنش نیرو در سطوح تماس بتن فولاد توزیع تنش نیرو در اعضای خرپا، شاه‌تیر نسبت تقاضای تنش نیرو در اجزای کلیدی شمارش تعداد پرخاش‌ها در سطوح متفاوت تنش	
	تحقیق تنش حسگر	کرنش سنج ویبامیک		

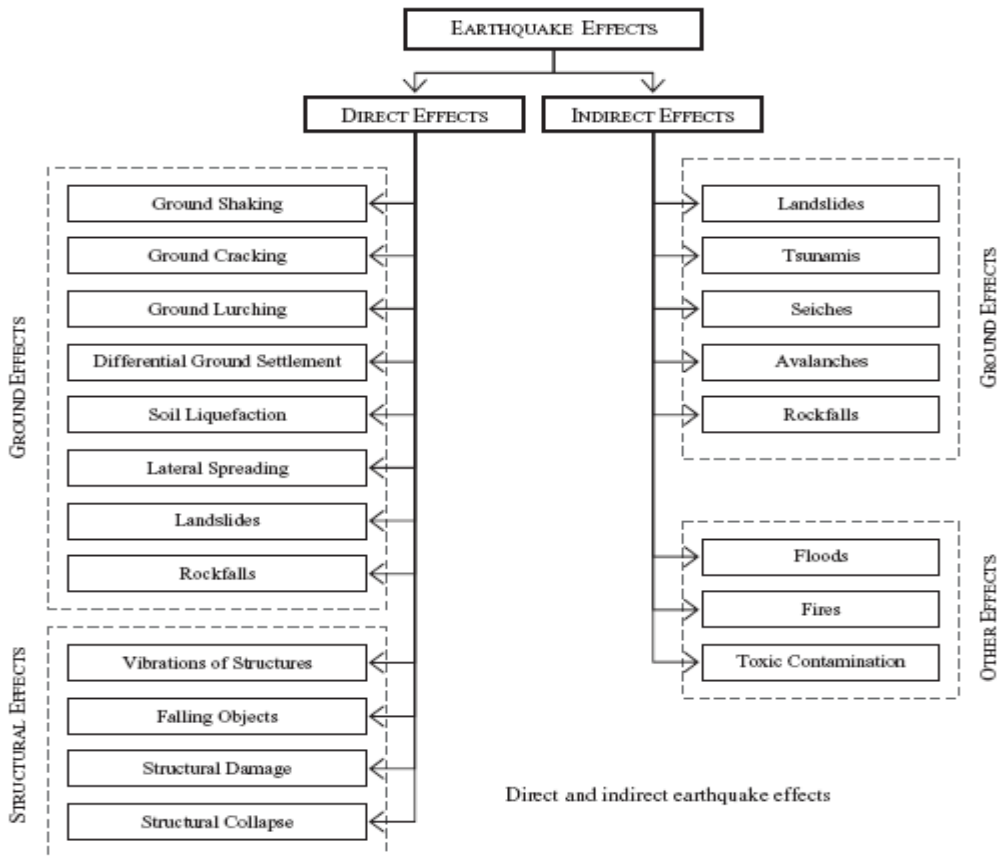
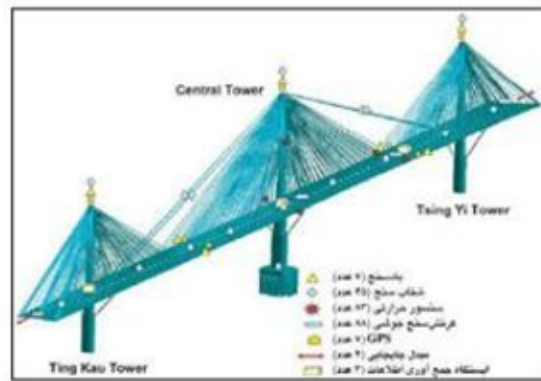
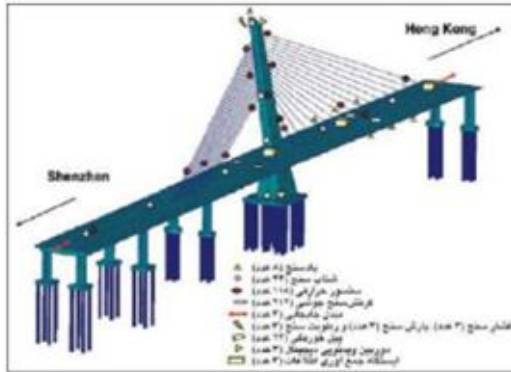
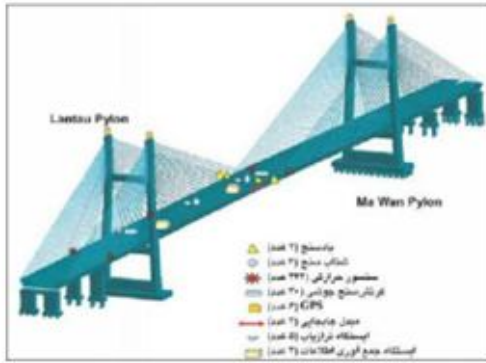


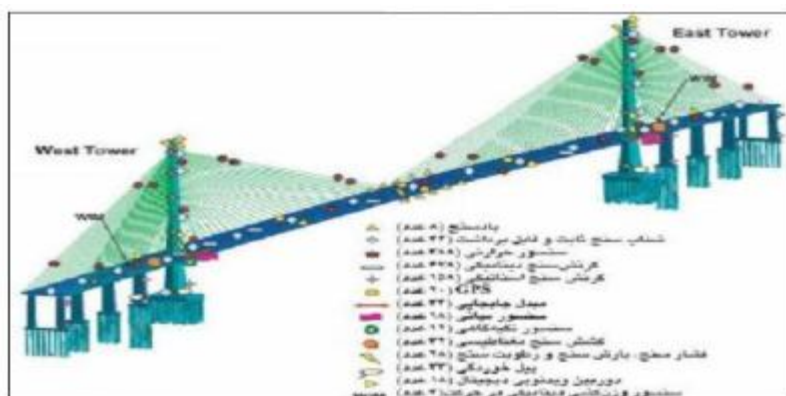


تقسیم‌بندی روش‌های تحریک پل‌ها

- ۱- سیستم سنسورگذاری باید قادر باشد پاسخ‌های لازم را به صورت محلی و کلی ثبت نماید.
- ۲- استفاده از سیستم سنسورگذاری برای یکپارچه نمودن فرآیندهای استخراج داده‌ها و مدل‌سازی با فرآیند طراحی سیستم پایش لازم است.
- ۳- سیستم سنسورگذاری باید قادر باشد داده‌ها را به صورت سازگار و قابل‌بازیابی برای پردازش و تحلیل آماری بلندمدت داده‌ها جمع‌آوری نماید.
- ۴- همه سنسورها باید در بازار فروش موجود بوده و بهترین مطابقت با نیازهای عملکردی پایش را دارا باشند.
- ۵- سیستم سنسورگذاری باید اندازه‌گیری‌های کمکی و اضافی توسط سنسورهای پرتابل و قابل‌برداشت را انجام دهد تا تغییرات شرایط بهره‌برداری و محیطی را در نظر بگیرد.
- ۶- در نقاط کلیدی و حساس، انواع متفاوت سنسورها باید نصب شوند بطوریکه کالیبراسیون متقابل سنسورها را بتوان انجام داد.







مراجع

- ۱- محمدصادق معرفت، شروان عطایی، ساماعیل قهرمانی آزمایش استاتیک و دینامیک پل قوسی بتنی اکبرآباد، نشریه دانشکده فنی ۱۳۸۲
- ۲- فرهاد دانشجو، شاهرخ مالک، رضا آقانوری، تحلیل پارامتری رفتار دینامیکی پلهای خرابایی طره ای بلند دهانه تحت تأثیر زلزله، نشریه دانشکده فنی ۱۳۸۳
- ۳- سید مهدی زهرایی، کامیار کرباسی آرانی، مقایسه پاسخ لرزه ای غیر همبسته یک جهته وهمبسته دو جهته در جداگرهای لاستیکی-سربی پلهای جداسازی شده، پژوهشنامه حمل و نقل ۱۳۸۸
- ۴- علیرضا رهایی، سید رسول میرقادری، امیرحجت، ارزیابی عملکرد لرزه ای پل سفید اهواز و روش بهسازی آن، پژوهشنامه حمل و نقل ۱۳۸۶
- ۵- نصرت ا. . . فلاح، سعید پورزینلی، حسین کریمی، بررسی تأثیر ارتفاع پایه پلهای بردقت روش تک مودی آیین نامه آشتودر تحلیل لرزه ای پلهای و ارائه پیشنهاد برای اصلاح و توسعه روش، پژوهشنامه حمل و نقل ۱۳۸۷
- ۶- علیرضا قاری قرآن، سعید ضیایی راد، فرهاد دانشجو، طراحی و ساخت چکش تحریک به منظور ارزیابی دینامیکی تیرها و پلهای به کمک چکش طراحی شده مناسب، پژوهشنامه حمل و نقل ۱۳۸۷
- ۷- کاظم شاکری، محسنعلی شایانفر، تحلیل پوش آورمودال با الگویار بهنگام شونده جهت ارزیابی لرزه ای پلهای، پژوهشنامه حمل و نقل ۱۳۸۷
- ۸- محمدرضا عبادله زاده، شاهرخ مالک، محمدحسین امین فر، اثر مولفه قائم زمین لرزه بر روی عرشه پلهای ی پیش تنیده با ساخت طره ای در اندرکنش با رفتارهای تابع زمان مصالح، نشریه دانشکده فنی ۱۳۸۷
- ۹- فریبرز ناطقی الهی، اکبرواتقی، وحیدلعل شهبواری، توسعه منحنی های تقاضای لرزه ای احتمال اندیشانه برای بررسی رفتار لرزه ای پل پیش تنیده تله زنگ، نشریه دانشکده فنی ۱۳۸۴
- ۱۰- علیرضا خالو، حسین میرزابزرگ، توزیع بار در پلهای مورب با استفاده از روش نیمه پیوسته، نشریه دانشکده فنی ۱۳۸۲

۱۱- غلامرضا فاطمی نایینی، ناصر نعمت بخش، روش جدیدی برای بررسی و تست اعضای پس کشیده پلهای پیش تنیده بتنی، نشریه دانشکده فنی ۱۳۸۱

۱۲- سید مسعود نصر آزادانی، پگاه اسماعیلی، فائز بشیری، آشنایی با اصول و مبانی ابزاربندی سازه های عمرانی، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف ۱۳۸۸

۱۳- عبدالحسین نیکجو، حسن میسمی، تستهای غیر مخرب (NDT) آزمونهای فرا صوتی (Ultrasonic Testing) تست اولتراسونیک سازه بتنی

۱۴- بازرسی و تست جوش به روش التراسونیک سه بعدی، مهندسین مشاور مهتاب قدس

15-Amr S. Elnashai, Luigi Di Sarno "Fundamental Earthquake Engineering" John Willey 2008

16-I. Elyasian "Destructive & Non Destructive Tests in Concrete applications for Evaluation Debonding Failures of FRP Strengthened System" 14 European conference on earthquake engineering, 2010 Ohrid in Republic of Macedonia

۱۷- ایمان الیاسیان، آزمونهای مخرب و غیرمخرب در بتن و جوش و کاربرد آنها برای درک و ارزیابی

گسیختگی عدم چسبندگی در سازه های تقویت شده با ورقه های FRP

۱۸- ایمان الیاسیان "مقاوم سازی پل از طریق استهلاک انرژی" سایت Iransaze

۱۹- ایمان الیاسیان "راهکارهای مقاوم سازی پل" سایت Iransaze

۲۰- ایمان الیاسیان، "بازرسی و بررسی آسیب پذیری پلهای بتنی و فلزی" سایت Iransaze

۲۱- ایمان الیاسیان "روش اجرای پلها با تکیه بر مقاوم سازی" سایت Iransaze

۲۲- ایمان الیاسیان، روشهای تقویت لرزه ای و تقویت پلها، سایت Iransaze

۲۳- ایمان الیاسیان، روشهای نوین در تعمیر و نگهداری پل، سایت Iransaze

۲۴- سید مسعود نصر آزادانی، آشنایی با اصول و مبانی ابزار بندی سازه های عمرانی، انتشارات دانشگاه

صنعتی شریف

راههای مقابله با زمین لغزش

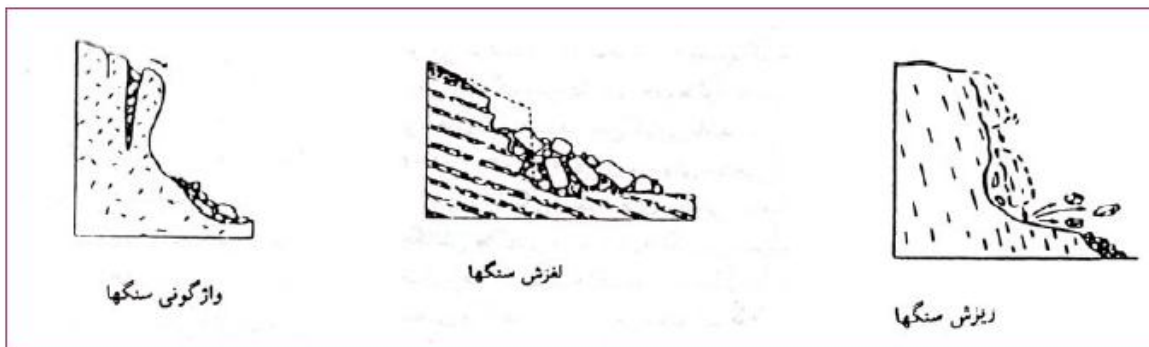
ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه

Iman.elyasian@gmail.com

چکیده

عبارت زمین لغزه، جنبش توده ای را توصیف می کند که روی یک سطح شیبدار رخ می دهد زمین لغزه می تواند در نتیجه عوامل مختلفی از قبیل پستی و بلندی، زمین شناسی، خصوصیات و تحولات خاک که از طریق گسترش زمین شناسی یا عوامل پیچیده طبیعی چون نزولات آسمانی، زلزله، فرسایش و مصنوعی بواسطه عملیات خاکی و یا مخازن می باشد، خطر زمین لغزه در بزرگراهها و هنگام حمل خطوط انتقال مثل نفت، گاز و آبرسانی جدی می باشد به دلیل تغییرات در تعادل نیروی بوسیله برش زمین و یا خاکریزی، فروریزی، حاصل از هوازگی، ریزش سنگها و جریان واریزه ای می باشد

زمین لغزه ۵ نوع دارد ۱- ریزشها: با جدا شدن بخشی از خاک یا سنگ از سطح شیبدار تند در امتداد سطحی که جایجایی برشی کمی در آن اتفاق می افتد آواز می شود ۲- واژگون شدن: عبارت است از چرخش توده ای از خاک یا سنگ حول یک نقطه یا محور در زیر مرکز ثقل توده جابجا شده ۳- لغزشها: حرکت شیبدار خاک یا سنگ که بیشتر در سطح گسیختگی و یا مناطق به نسبت نازک با کرنش برشی شدید رخ می دهد ۴- پخش شدن: عبارت است از گسترش توده منسجم خاک یا سنگ و نشست کلی توده مصالح همراه با مواد نرم زیرین، سطح گسیختگی، سطح برشی شدید نیست. پخش شدن ممکن است نتیجه ذوب و جریان (بیرون ریختگی) مواد نرم باشد. ۵- جاری شدن حرکت پیوسته می باشد که سطوح برشی آن کوتاه مدن بوده و معمولاً محفوظ شده نمی باشد، توزیع سرعت در توده جایجایی به سیال لزج شباهت دارد.

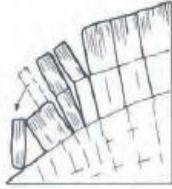




(a) سقوط آزاد



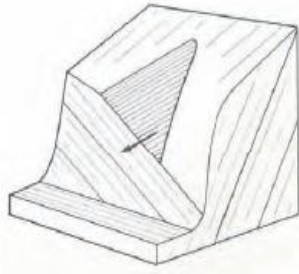
(a) لغزش دورانی



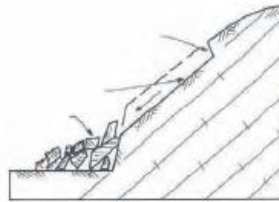
(b) واژگونی



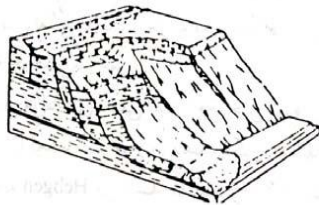
(b) لغزش انتقالی



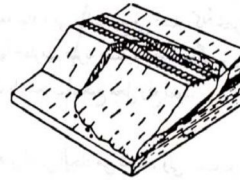
(a) لغزش گوه ای



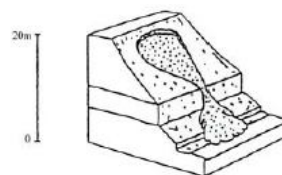
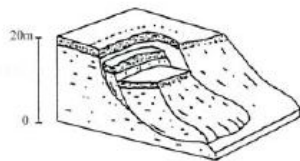
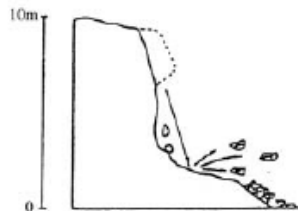
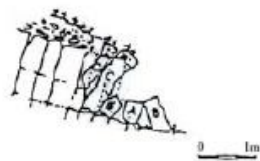
(c) لغزش مسطح

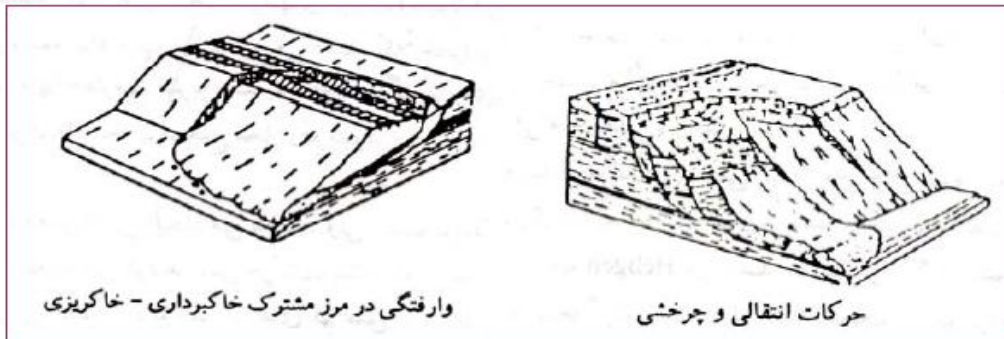
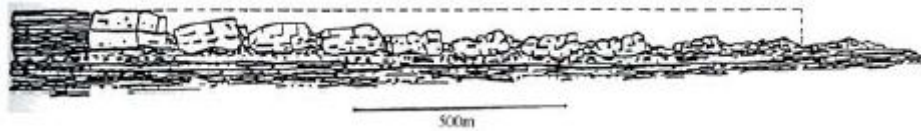


حرکات انتقالی و چرخشی



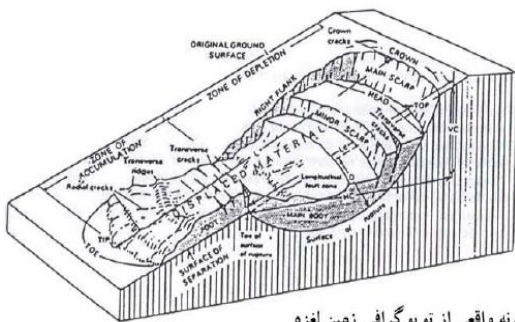
وارفتگی در مرز مشترک خاکبرداری - خاکریزی



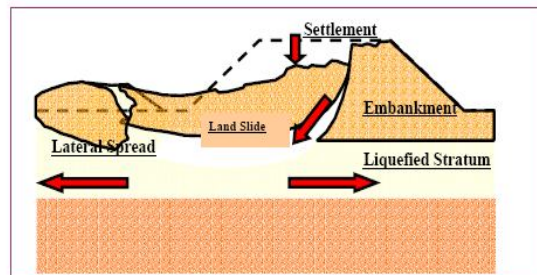


انواع جابه جایی های زمین لغزش

برای ارزیابی خطر زمین لغزه به تهیه نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی و خاک شناسی، عکسهای هوایی، اسناد موجود در زمینه زمین لغزه، سوابق نزولات آسمانی، بازدید مقدماتی صحرائی و پوشش گیاهان می پردازیم



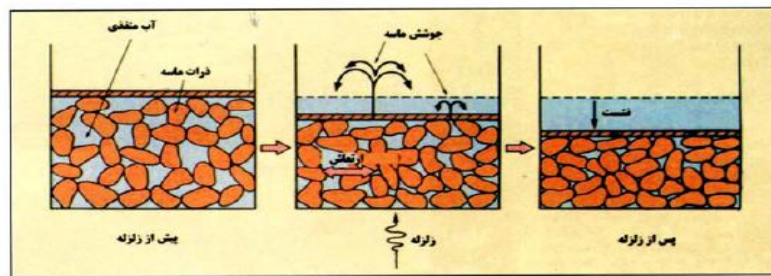
نمونه واقعی از توپوگرافی زمین لغزه



مکانیزم گسیختگی زمین در زمین لغزه

- الف- ضخامت خاک سطحی، واریزه ولایه های هوازدگی
- ب- شدت ترک خوردگی و طبیعت سنگ بستر
- ج- محل مقیاس و طبیعت گسلها و شکستگی





مکانیزم روانگرایی

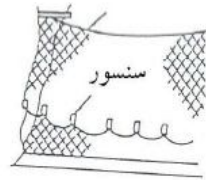
طبقه بندی گسیختگی های شیبی

نوع	شکل	مشخصات
سقوط	سقوط آزاد	از جا در آمدن ناگهانی یک یا چند بلوک خاکی و یا سنگی همراه با سقوط به سمت پایین
	واژگونی	واژگونی یک یا چند بلوک حول محوری پایین تر از مرکز جرم آن
لغزش	دورانی	حرکت تقریباً آهسته بلوک (یا بلوک های) منسجم خاک یا سنگ و یا ترکیب خاک و سنگ در راستای سطح گسیختگی قوسی شکل کاملاً مشخص
	سطح یا انتقالی	حرکت آهسته یا سریع بلوک (یا بلوک های) منسجم خاک یا سنگ در راستای یک سطح گسیختگی مسطح کاملاً مشخص
	لغزش بلوکی	حرکت یک بلوک مفرد در راستای یک سطح مسطح
	لغزش گوه ای	حرکت یک بلوک یا چندین بلوک در راستای سطوح مسطح متقاطع
لغزش واریزه	گسترش جفتی	حرکت تعدادی از بلوک های یکپارچه به صورت مجزا با تغییر مکان های متفاوت
	لغزش واریزه	حرکت مخلوط خاک و سنگ در امتداد سنگ بستر زیرین
بهمن	سنگی یا واریزه ای	حرکت سریع یا بسیار سریع توده غیر منسجم سنگ یا خاک - سنگ که در آن ساختار اولیه توده قابل تشخیص نمی باشد
روانه ها	واریزه ای ماسه ای لایه گلی خاکی	حرکت خاک یا واریزه خاکی - سنگی به صورت سیال که معمولاً تا فاصله ای دور از محل اولیه گسیختگی ادامه می یابد و علت اصلی آن فشار مغزی زیاد می باشد
خزش		حرکت آهسته و غیر محسوس خاک و یا مخلوط خاک و سنگ به سمت پایین شیب
خاکسره		حرکت ملایم تا کند پوسته خاکی در آب و هوای قطبی یا شبه قطبی در زمان ذوب یخ ها
مرکب		شامل ترکیباتی از حالات فوق که به طور معمول در زمان گسیختگی از یک شکل به شکل دیگر تغییر پیدا می کند

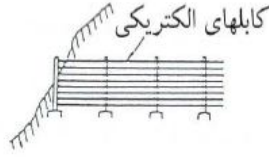
عوامل موثر در پدیده واگرایی:

- ۱- نوع و غلظت نمکهای محلول در آب منفذی ۲- ترک خوردگی ۳- کانی های تشکیل دهنده خاک رس
- ۴- میزان تراکم و درصد رطوبت ۵- حدود اتربرگ

تور سیمی پوشانده شده



روش شتاب



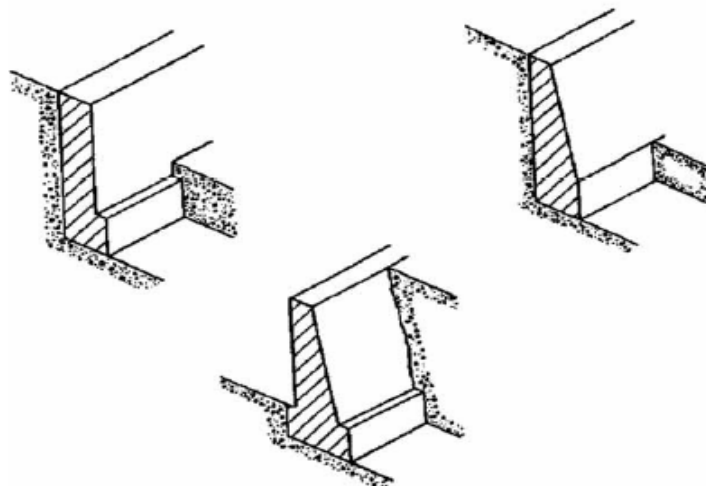
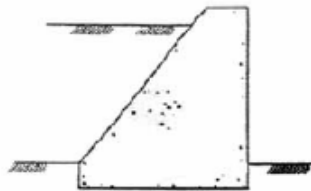
روش کابل الکتریکی



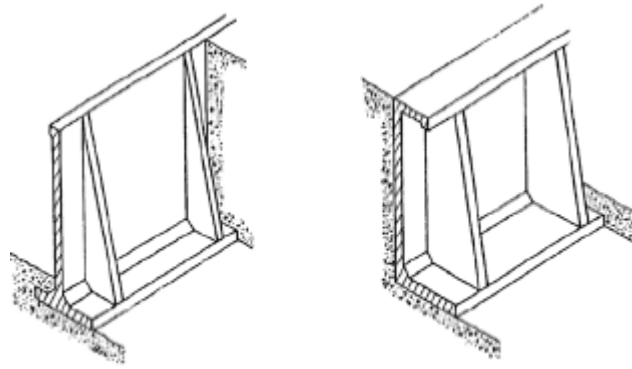
روش صفحه فشار

روشهای بازرسی ریزش سنگها

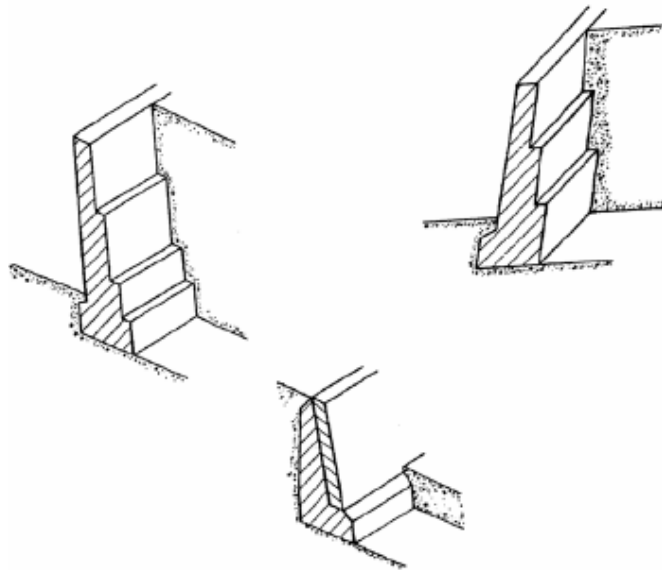
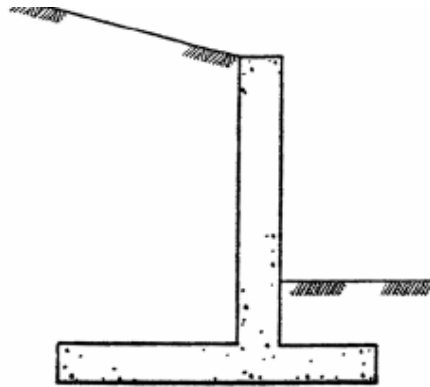
- ۱- وزنی: بنایی یا بتنی ۲- غیر وزنی: طره ای و پشت بنددار ۳- عمیق: سپرهای بتنی) و انعطافپذیر (۱- خاک مسلح با تسمه های فولادی ۲- خاک مسلح با شبکه های پلیمری ۳- تورسنگی (گابیون) ۴- قفسه ای ۵- سپرهای فولادی) تقسیم می شوند



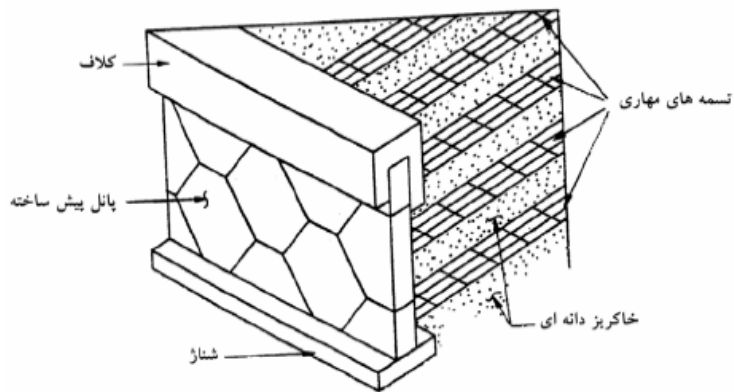
الف - دیوار های حائل صلب وزنی



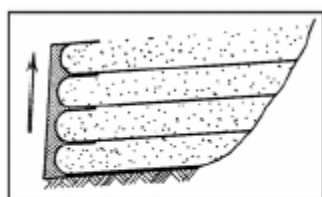
پ - دیوارهای حایل پشت بنددار



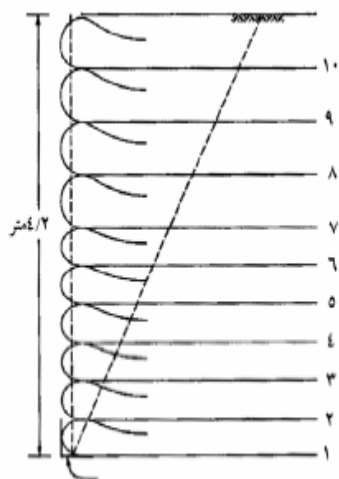
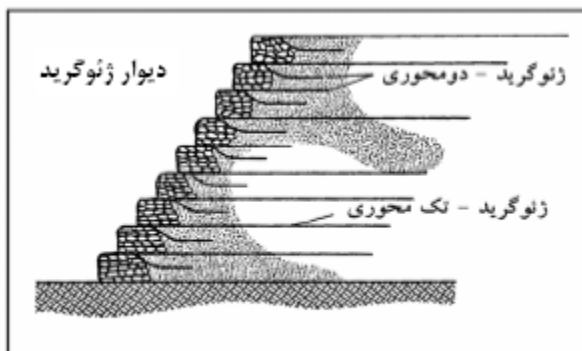
ب - دیوارهای حایل صلب طره ای



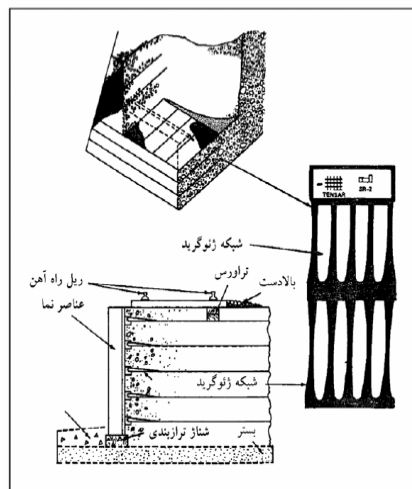
ث - دیوار حایل انعطاف پذیر از نوع خاک مسلح با تسمه های مهاری فولادی



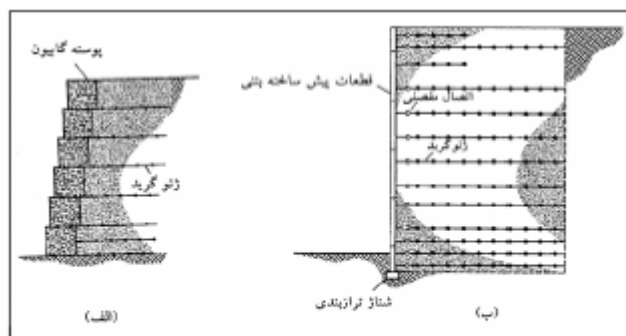
دیوار ژئوتکستایل



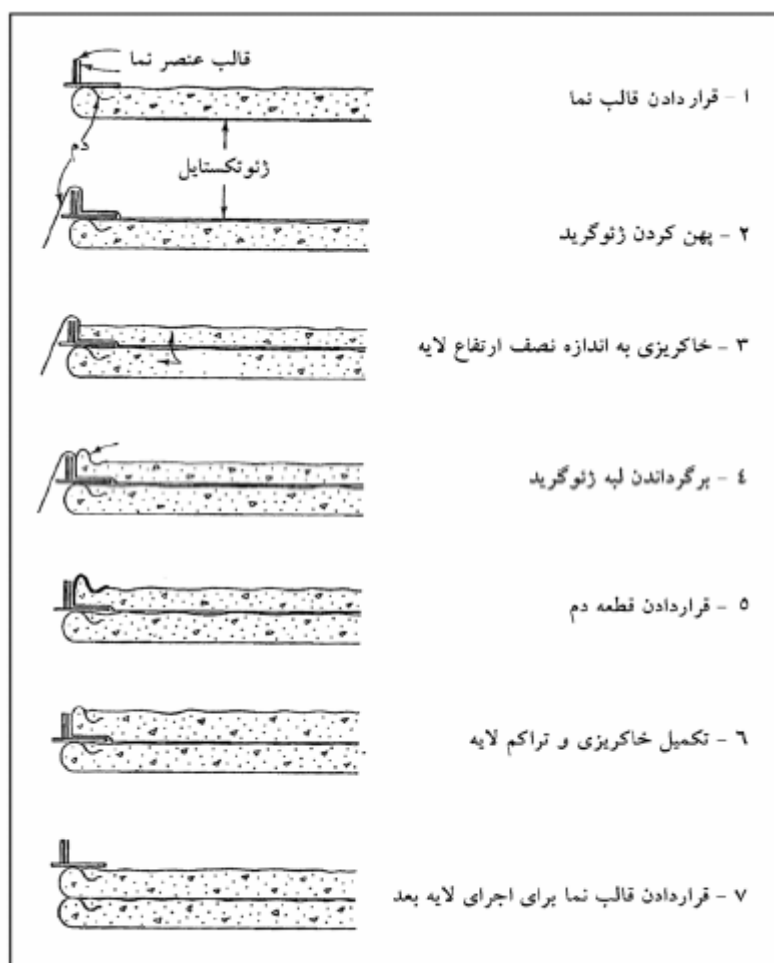
ج - دیوار حایل انعطاف پذیر از نوع خاک مسلح با ژئوتکستایل (پارچه گونه)



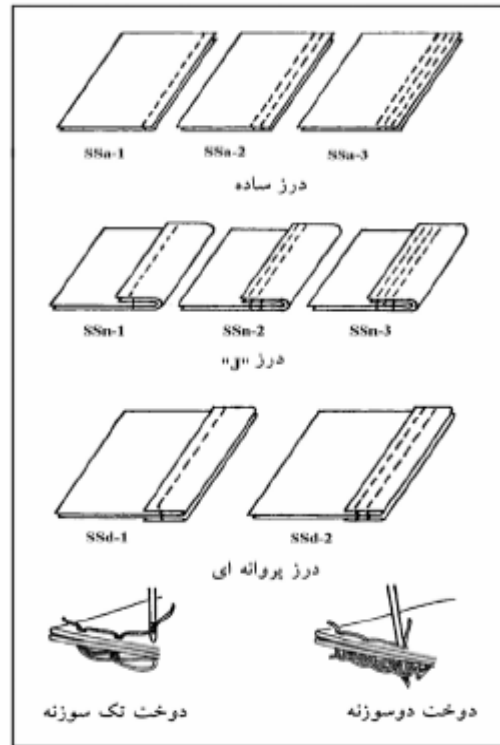
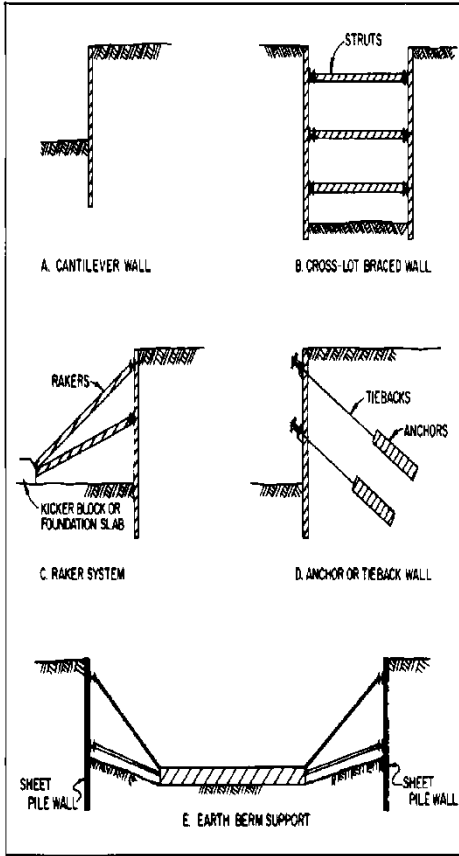
نمونه ای از سیستم ژئوگرید (تسلیح خاک با شبکه های پلیمری)



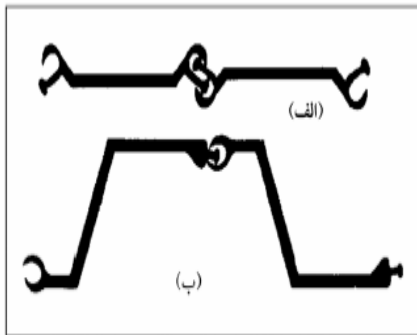
دیوارهای مسلح شده با ژئوگرید. (الف) پوسته گابیون،
(ب) پوسته با قطعات پیش ساخته بتنی



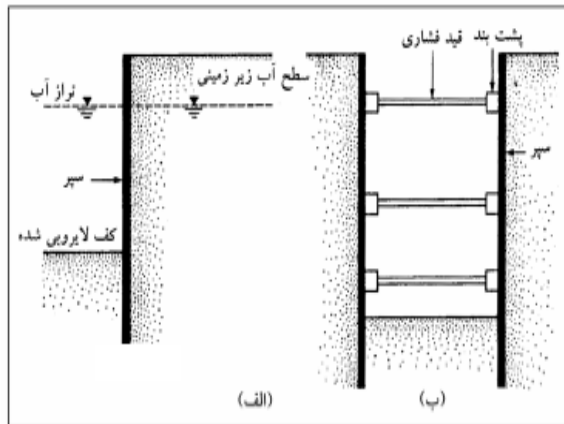
مراحل اجرای دیوار ژئوتکستایل

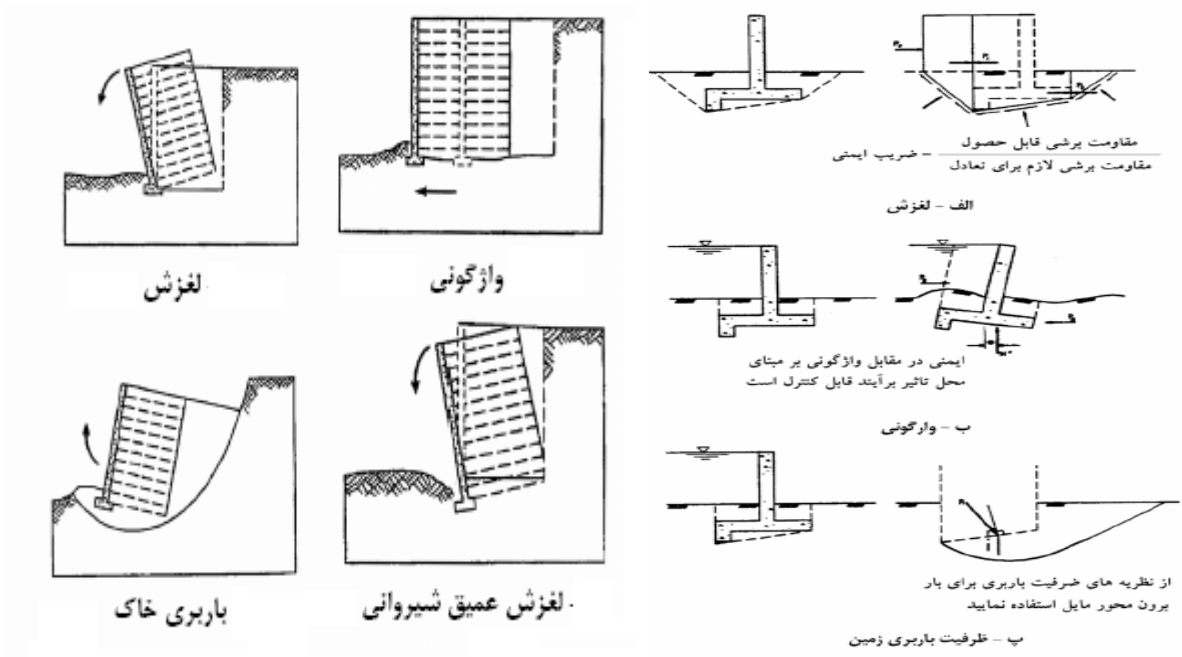


روش های مختلف برای دوختن درزهای ژئوتکستایل



اتصال سپرهای فولادی در لبه ها، (الف) کام و زبانه انگشتی، (ب) کام و زبانه تویی



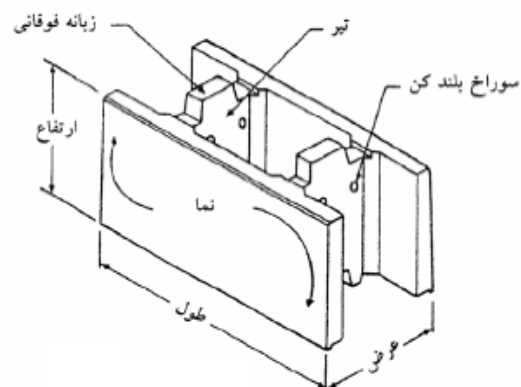


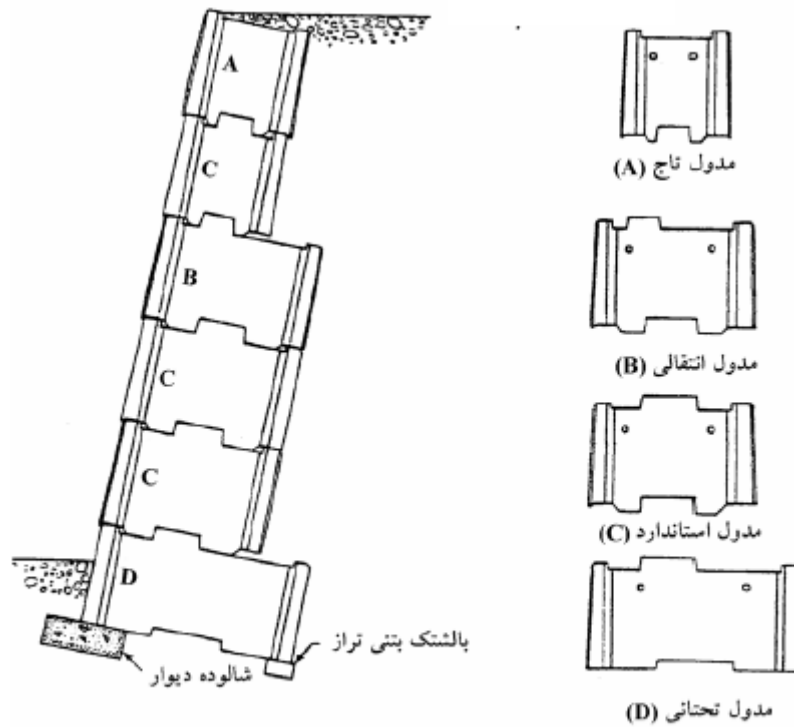
انواع خاکهای مشکل دار

۱- خاکهای وگرا ۲- خاکهای رمنده ۳- خاکهای روانگرا ۴- خاکهای متورم شونده ۵- خاکهای روی نخاله ها و زباله ها

روشهای بهسازی خاکهای مشکلدار

- الف - بهبود و اصلاح خاک با افزودن مواد شیمیایی
- ۱- آهک
 - ۲- سولفات آلومینیوم
 - ۳- افزودن ژپس (سنگ گچ آبدار) آب مخزن
- ب - استفاده از فیلترهای مناسب





نمونه‌ای از بلوک‌های پیش ساخته بتنی

مراجع

- ۱- روشهایی برای ارزیابی خطر وقوع زمین لغزه وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، دفتر مطالعات فناوری و ایمنی، ۱۳۸۳
- ۲- راهنمای طراحی دیوارهای حائل، نشریه شماره ۳۰۸، معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطر پذیری ناشی از زلزله، ۱۳۸۴
- ۳- ایمن‌الیاسیان، راهکارهای مقاوم سازی و بهسازی خاک و فونداسیون، انتشارات سازمان عمران، انجمن مقاوم سازی ایران، ۱۳۸۹
- ۴- محمود قضاوی، جزوه ارتقای نظام مهندسی راجع اصول و مبانی گودبرداری، ۱۳۸۶

دیوار حائل

ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه i.elyasian@gmail.com

شکست برشی در خاک منجر به تغییر مکان و چرخش زیاد سازه می شود

نشست قابل ملاحظه خاک بویژه نشست های نامساوی منجر به اعمال تنش های زیاد در سازه می گردد

الف - دیوارهای حایل صلب

دیوارهایی را گویند که خود را با نشست های محیط میزبان هماهنگ نمی نمایند. انواع متداول آنها عبارتند از :

- دیوارهای حایل وزنی (بنایی و بتنی)
- دیوارهای حایل غیروزنی (طره ای و پشت بنددار و ...)
- دیوارهای حایل عمیق^۴ (سپرهای بتنی)

ب - دیوارهای حایل انعطاف پذیر

دیوارهایی را گویند که خود را با نشست های محیط میزبان هماهنگ می نمایند. انواع متداول آنها عبارتند از:

- دیوارهای خاک مسلح با تسمه های فولادی
- دیوارهای خاک مسلح با شبکه های پلیمری
- دیوارهای حایل توری سنگی
- دیوارهای قفسه ای
- سپرهای فولادی

■ Rigid Walls

Translational Failure

Rotation and Bearing Capacity Failure

Deep-seated Failure

Structural Failure

■ Flexible Walls

Deep seated Failure

Rotation at Base

Rotation about Anchor or Prop

Failure of Anchor

Bending of Wall

انواع دیوار حائل : ۱- وزنی و گابیونی ۲- دیوار گهواره ای ۳- مخزنی ۴- نیمه وزنی ۵- بتن مسلح ۶- پشت بند و جلوبند دار ۷- طره ای ۸- طره ای پلکانی (طبقه ای) ۹- طره ای مهارشده ۱۰- ریشه دار ۱۱- سپری ۱۲- جداکننده و دیافراگمی از شمع ۱۳- تایرهای فرسوده شده ۱۴- انکرپلت و میخ کوبی شده ۱۵- سنگی

پارامترهای فیزیکی، رفتاری و مقاومتی خاک

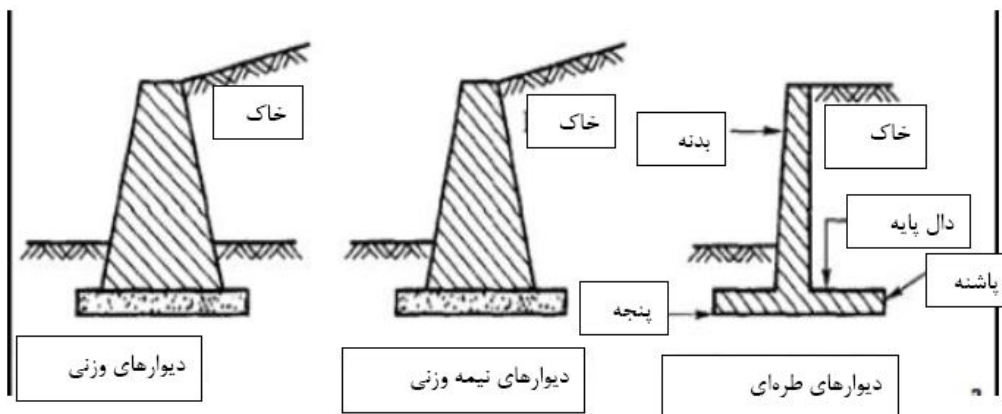
ابزارگذاری، ضرورت زهکشی، کنترل تراوش و فیلتراسیون، کنترل خوردگی آرماتور و درزهای اجرایی و حرکتی (انقباضی و انبساطی)

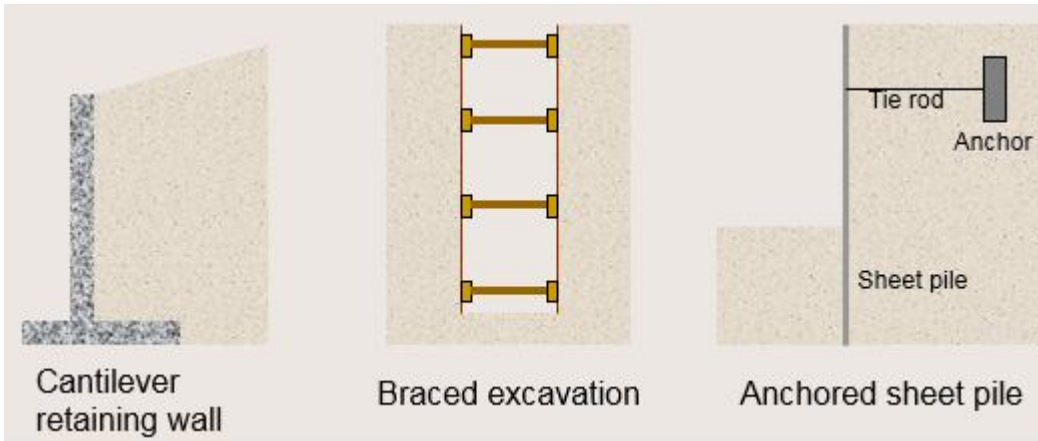
عوامل موثر در انتخاب نوع دیوار حائل

۱- ارتفاع متوسط دیوار ۲- مساحت دیوار ۳- تغییرات امتداد دیوار در جهات افقی و قائم ۴- موقعیت شیب یا برش مورد نظر ۵- موقعیت و جانمایی محل احداث دیوار ۶- نوع و بزرگی بارهای وارده ۷- موقعیت آب زیرزمینی ۸- میزان تغییر مکان قابل قبول ۹- جنس خاکریز پشت دیوار ۱۰- موقتی یا دائم بودن دیوار ۱۱- وضعیت لرزه خیزی منطقه ۱۲- تجارب و امکانات اجرایی ۱۳- آیین نامه و دستورالعمل اجرا و طراحی ۱۴- مقدار سرمایه گذاری و تامین هزینه ها ۱۵- اهمیت پروژه ۱۶- فضای موجود برای ساخت و ساز ۱۷- مسائل زیست محیطی و اجتماعی پروژه ۱۸- کنترل ترافیک حین ساخت ۱۹- ظاهر و نمای دیوار ۲۰- عمر مفید مورد انتظار دیوار

آزمایشات درجا خاک

۱- نفوذ استاندارد SPT ۲- نفوذ مخروط CPT ۳- پرسیومتر PMT ۴- بارگذاری صفحه ای PLT





Cantilever retaining wall

Braced excavation

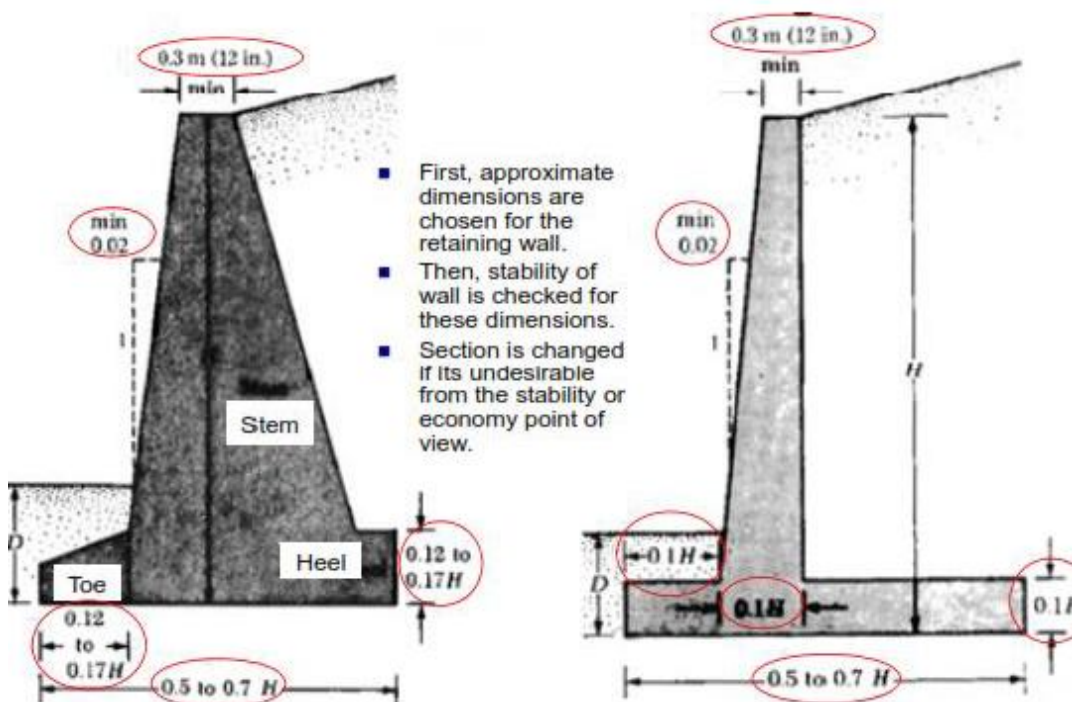
Anchored sheet pile

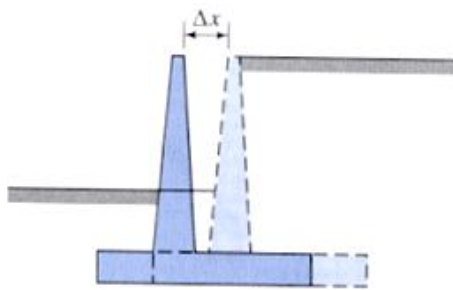
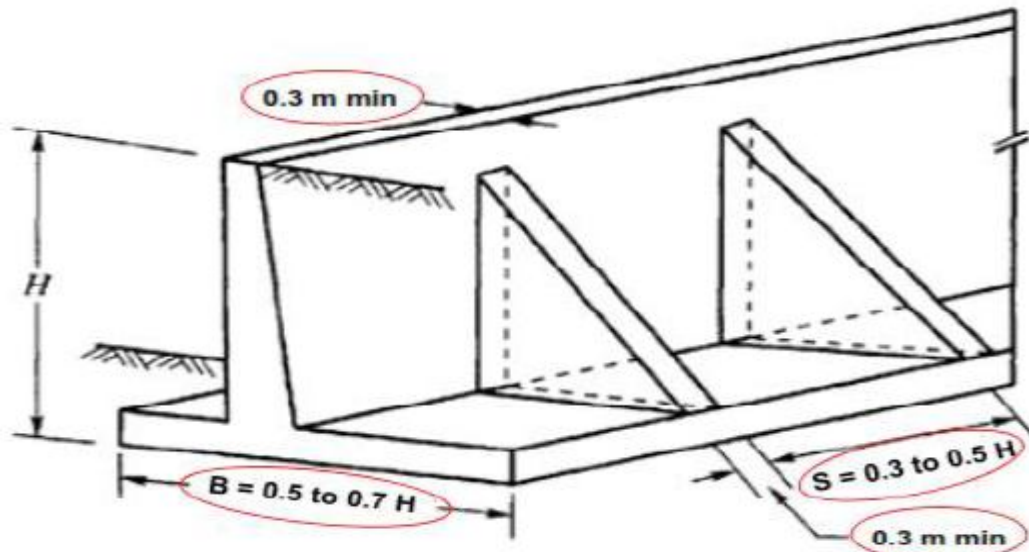


Gravity Retaining wall

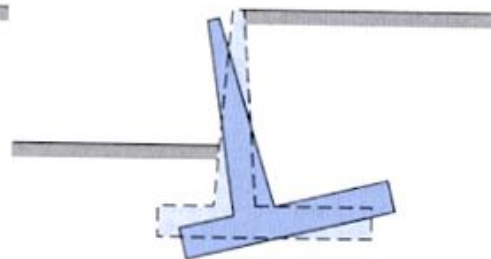
Soil nailing

Reinforced earth wall

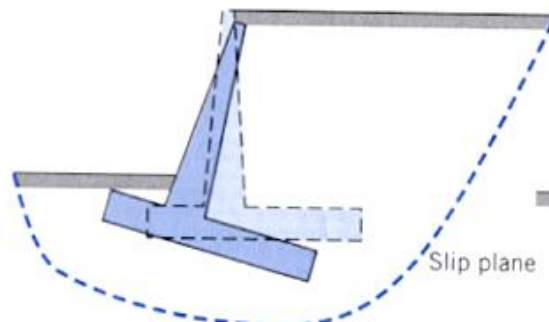




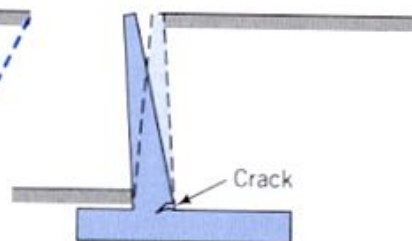
(a) Sliding or translational failure



(b) Rotation and bearing capacity failure



(c) Deep-seated failure

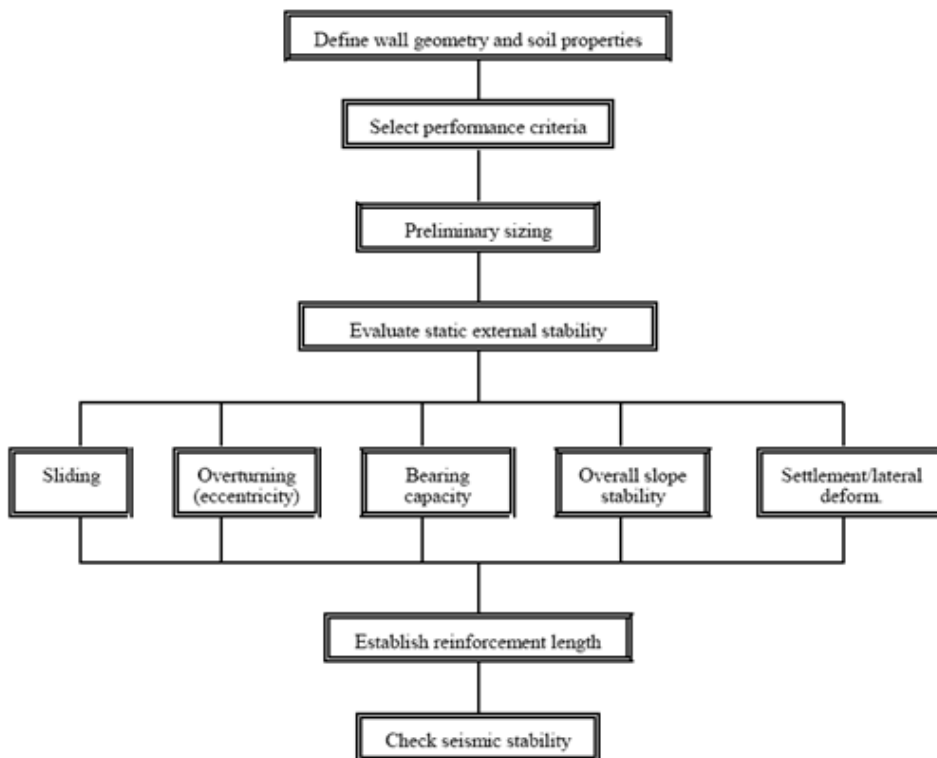
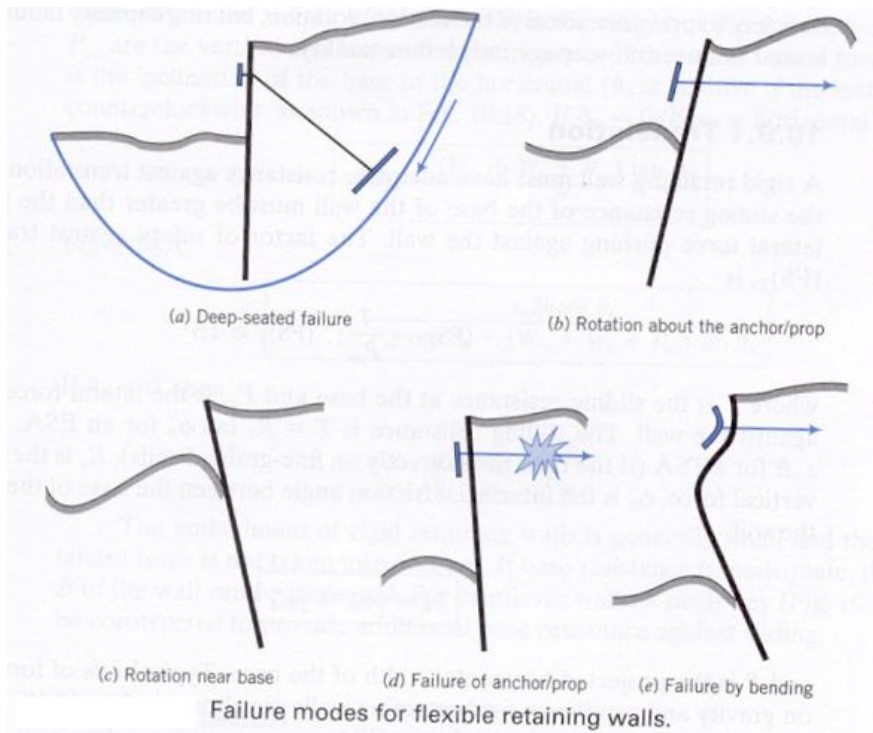


(d) Structural failure

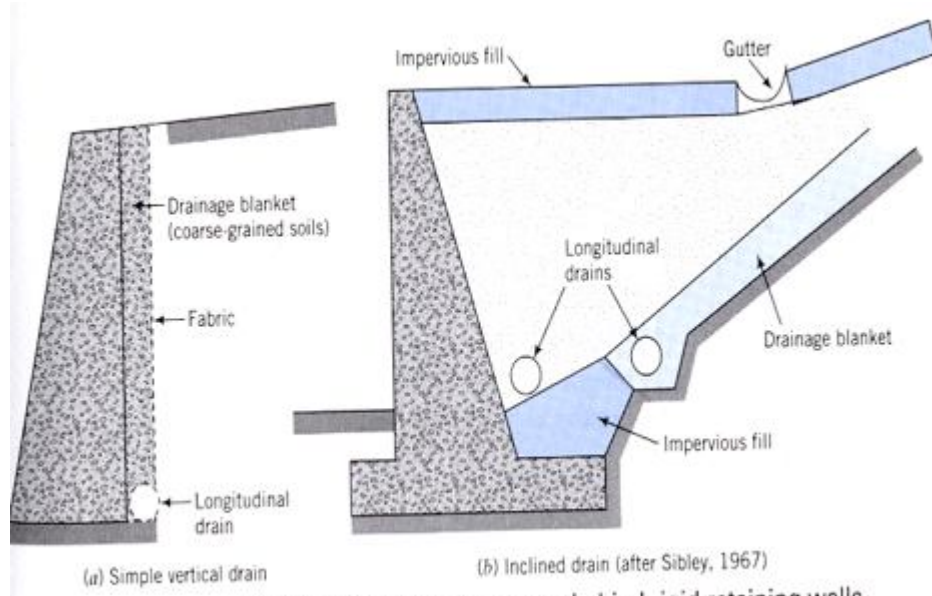
Failure modes for rigid retaining walls

Modes of failure

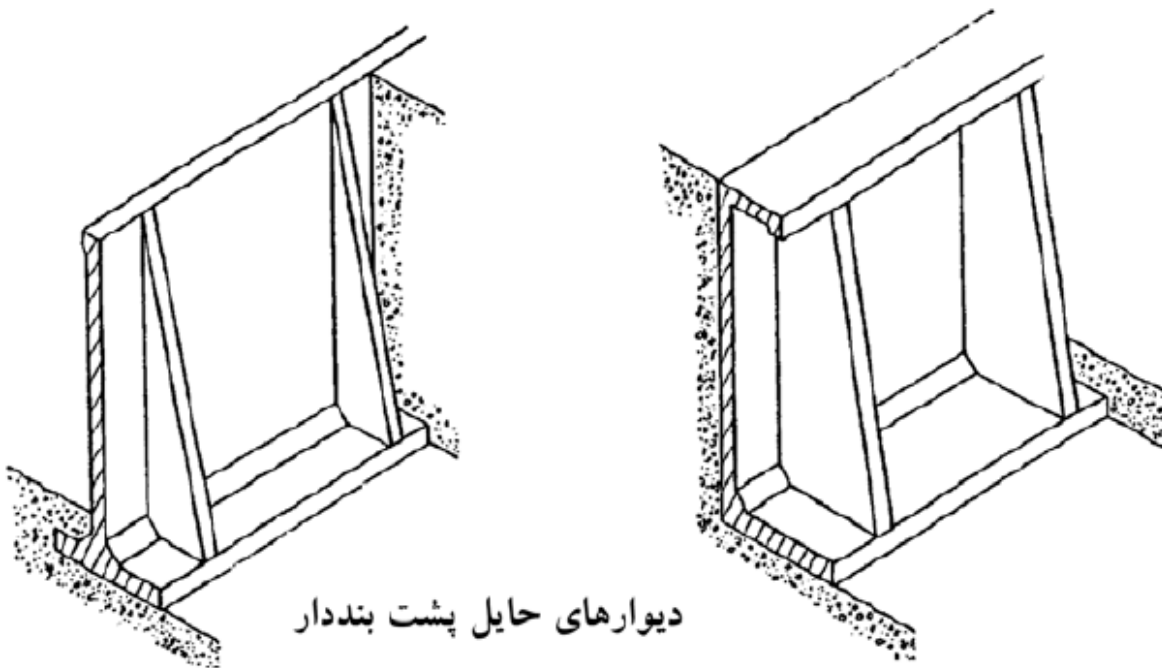
- Sliding
- Rotation
- Bearing failure
- Global failure
- Excessive settlements
- Excessive deformation



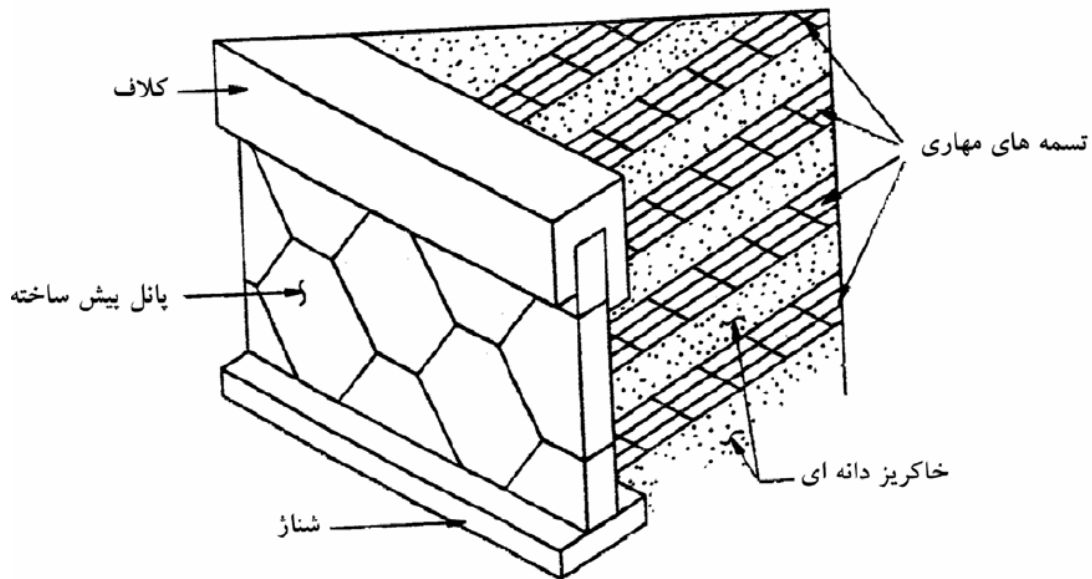
- (۱) کنترل در مقابل واژگونی در حول پنجه
- (۲) کنترل در مقابل لغزش در امتداد پایه
- (۳) کنترل برای ظرفیت یابری پایه
- (۴) کنترل برای نشست
- (۵) کنترل برای پایداری کلی



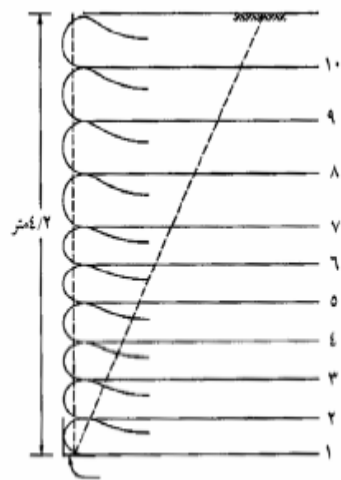
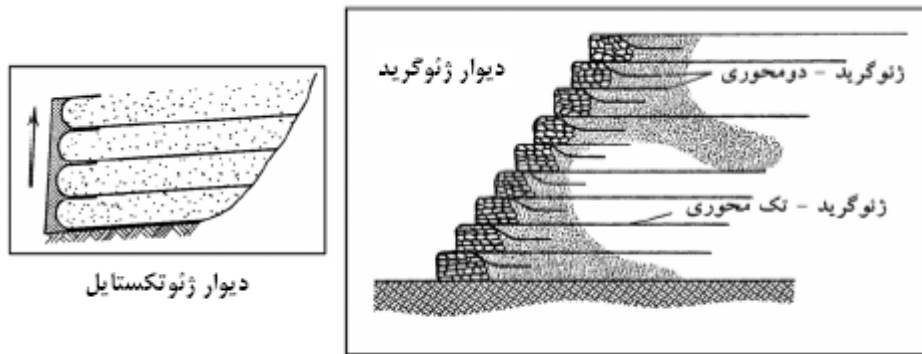
Two types of drainage system behind rigid retaining walls.



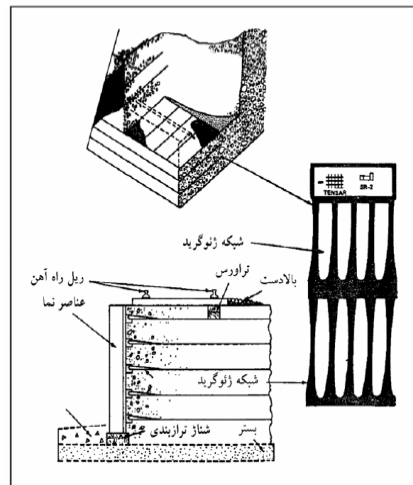
دیوارهای حایل پشت بنددار



دیوار حایل انعطاف پذیر از نوع خاک مسلح با تسمه های مهاری فولادی



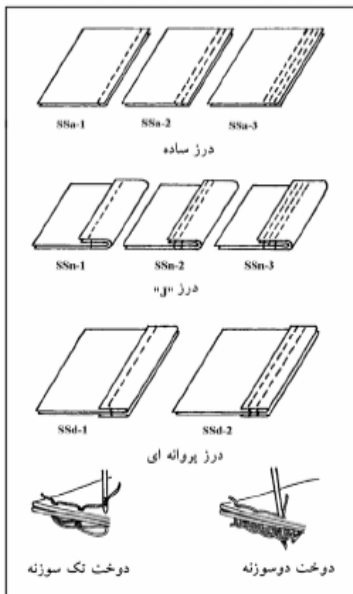
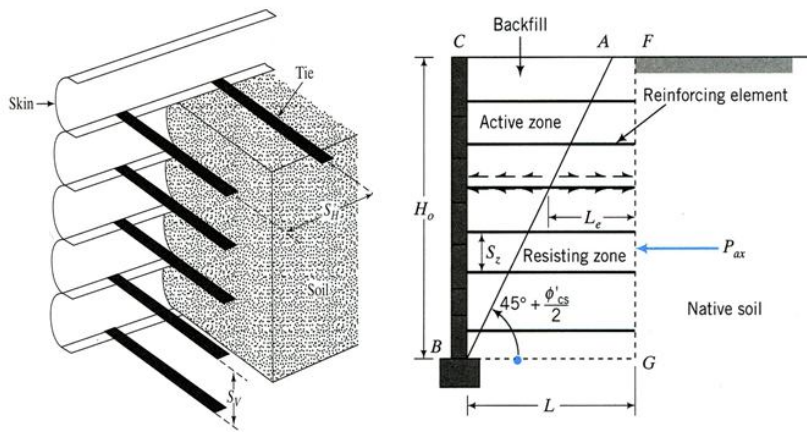
ج - دیوار حایل انعطاف پذیر از نوع خاک مسلح با ژئوتکستایل (پارچه گونه)



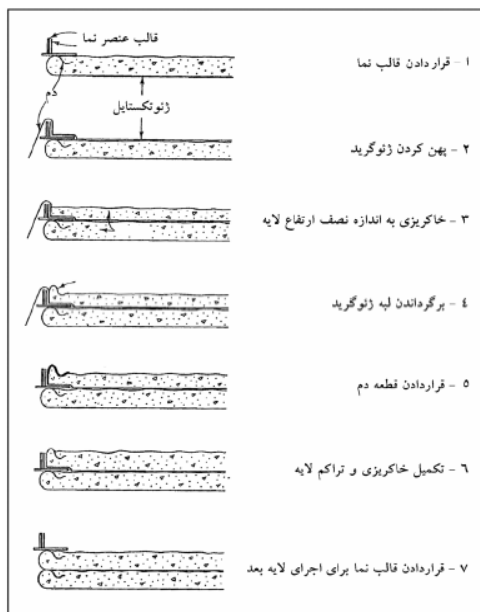
نمونه ای از سیستم ژئوگرید (تسلخ خاک با شبکه های پلیمری)

1. Drainage
2. Filtration
3. Separation

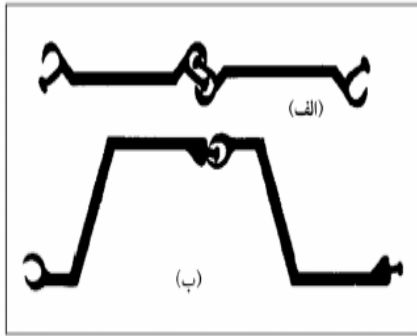
4. Reinforcemen
5. Internal Stability
 1. Tension Resistance
 2. Pullout Resistance
6. External Stability
 1. Overturning
 2. Sliding
 3. Bearing Capacity



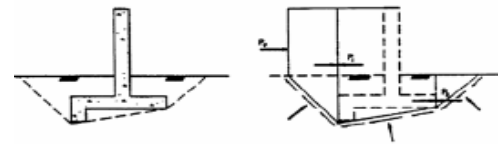
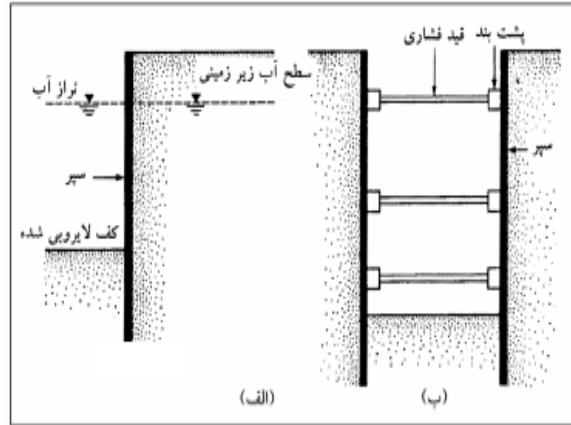
روش های مختلف برای دوختن درزهای ژئوتکستایل



مراحل اجرای دیوار ژئوتکستایل

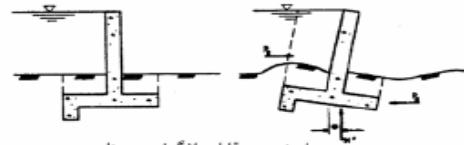


اتصال سپرهای فولادی در لبه‌ها، (الف) کام و زبانه انگشتی، (ب) کام و زبانه تویی



مقاومت برشی قابل حصول - ضریب ایمنی
مقاومت برشی لازم برای تعادل

الف - لغزش



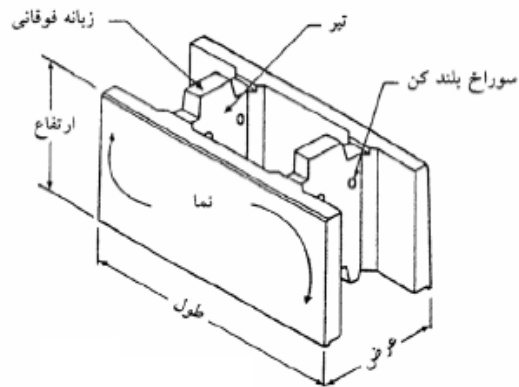
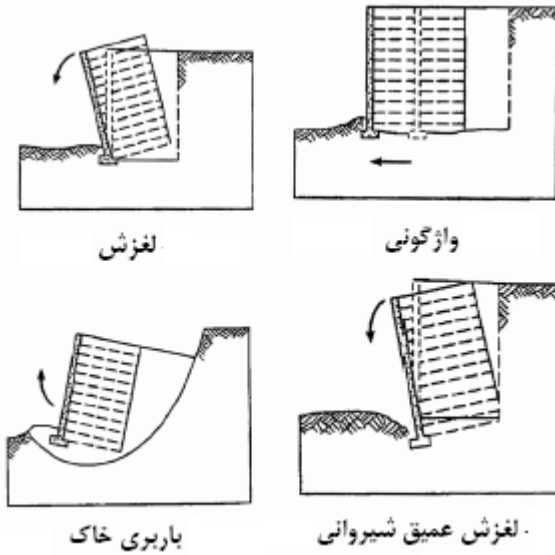
ایمنی در مقابل واژگونی بر مبنای
محل تاثیر برآیند قابل کنترل است

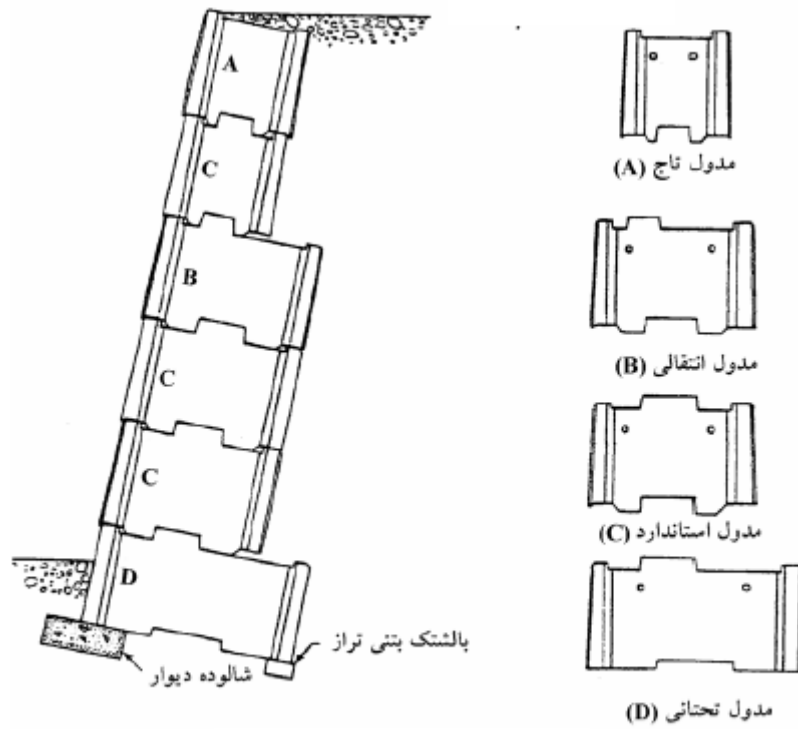
ب - واژگونی



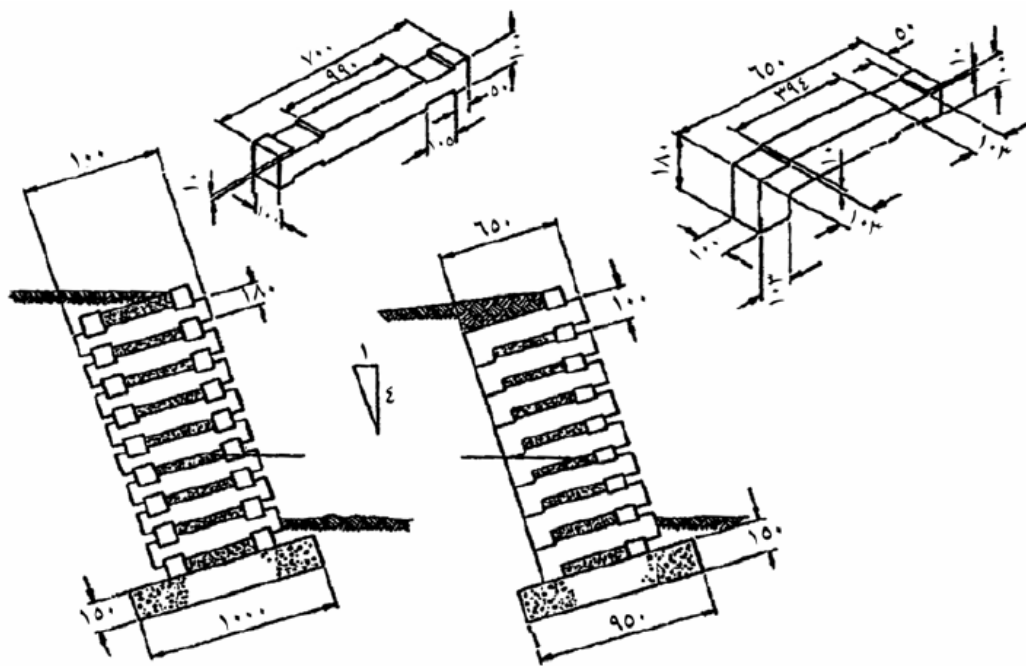
از نظریه های شرفیت باربری برای بار
بیرون محور مایل استفاده نمایند

ب - ظرفیت باربری زمین





نمونه‌ای از بلوک‌های پیش ساخته بتنی



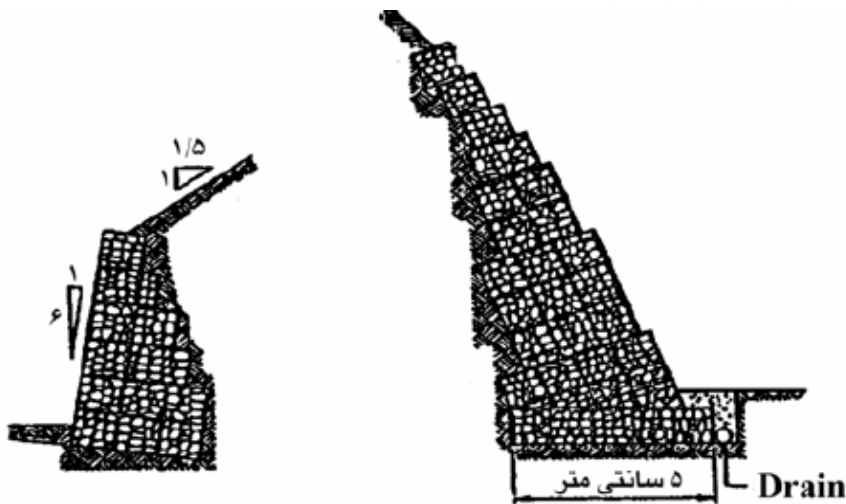
دیوار حایل انعطاف پذیر از نوع قفسه ای

الف - دیوارهای سیل بند صلب

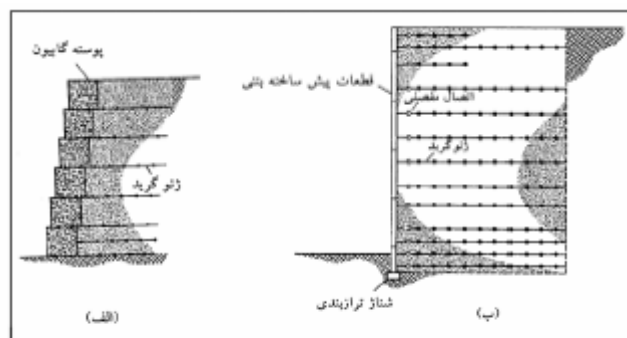
- دیوارهای وزنی (بنایی، بتنی و خاکی)
- دیوارهای غیروزنی (طراهی T، I، L، پشت بنددار و ...)
- دیوارهای عمیق (سپرهای بتنی)
- دیوارهای صندوقه‌ای

ب - دیوارهای انعطاف پذیر

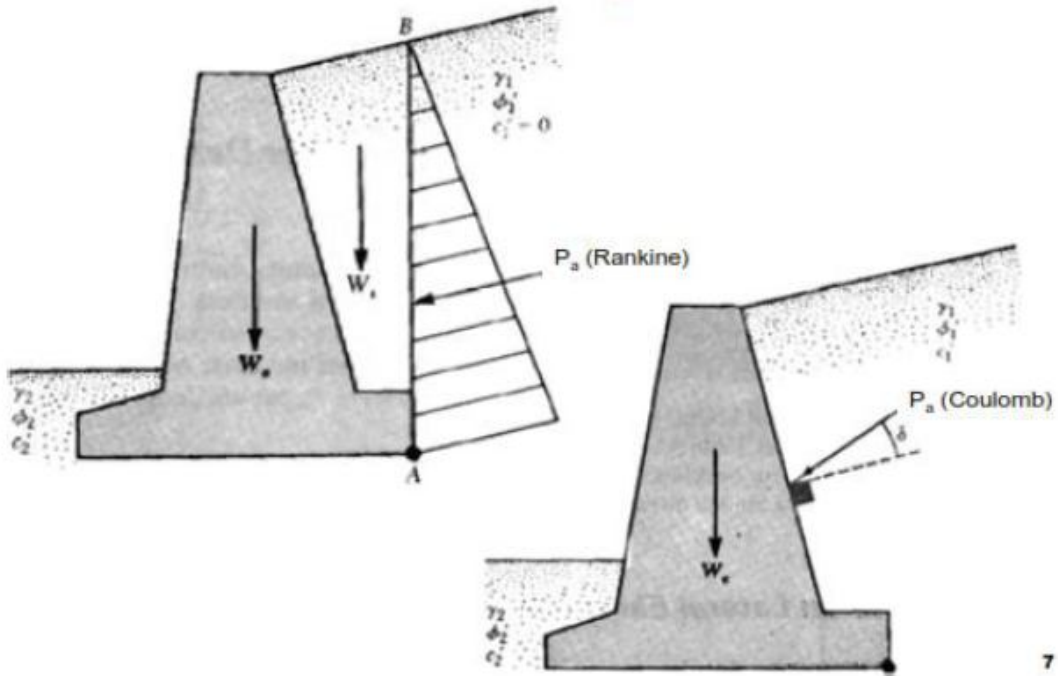
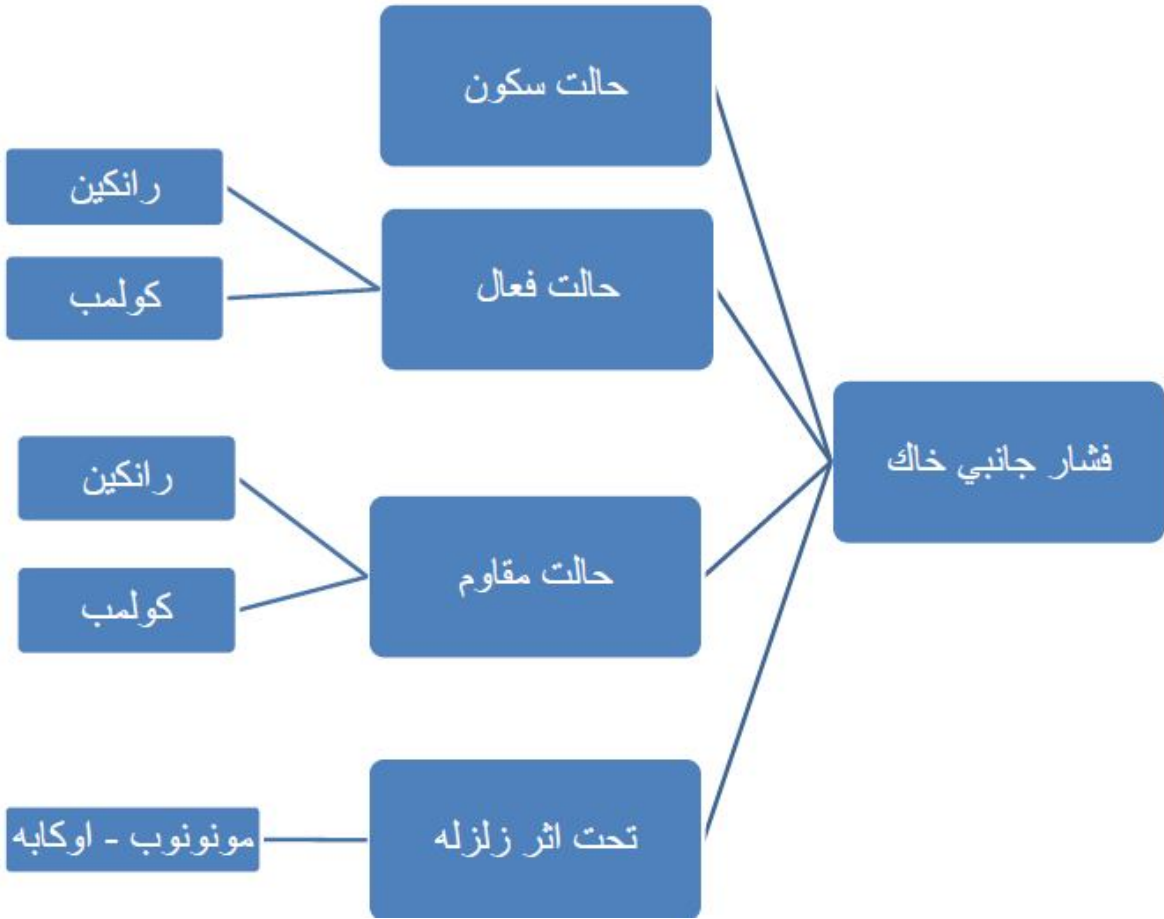
- سپرهای فولادی
- خاک مسلح (با شبکه‌های فولادی و یا پلیمری)
- دیوارهای گابیونی (توری سنگی)
- شمع‌های پهلو به پهلو



دیوار گابیونی به عنوان دیوار سیل بند



- دیوارهای مسلح شده با ژئوگرید. (الف) پوسته گابیون،
(ب) پوسته با قطعات پیش ساخته بتنی



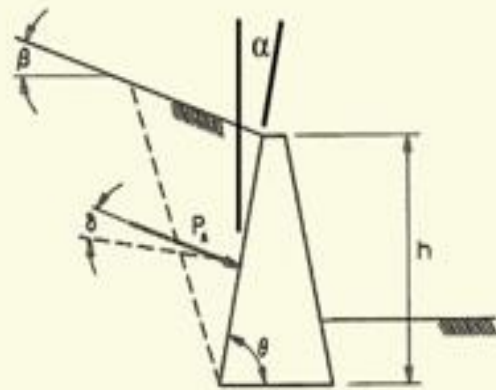
ضرایب رانکین برای خاکریزهای شیبدار

$$K_A = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$$

$$K_P = \cos \beta \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$$

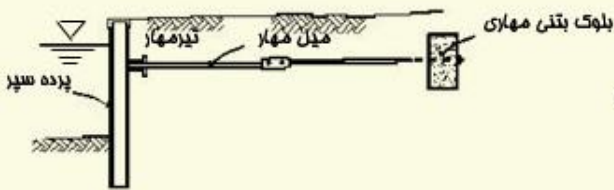
$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\delta + \alpha) \left(1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\cos(\delta + \alpha) \cos(\alpha - \beta)}\right)^2}$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\phi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\delta - \alpha) \left(1 - \frac{\sin(\phi + \alpha) \sin(\phi + \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cos(\beta - \alpha)}\right)^2}$$

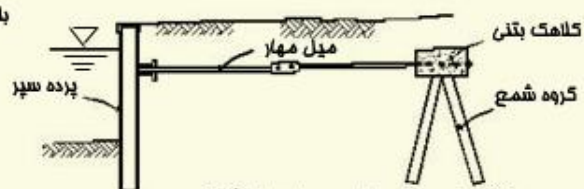


تئوری کولمب

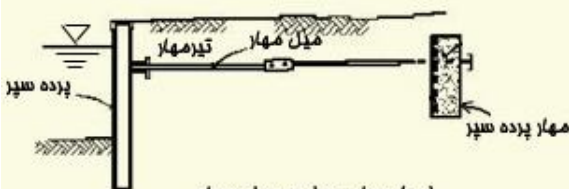
پرده سپرهای مهارشده



(الف) میل مه‌هار و بلوک بتنی مه‌هار



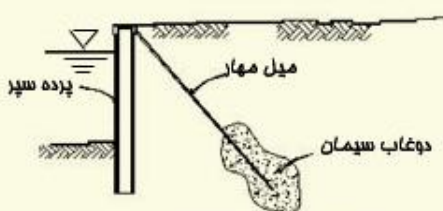
(د) میل مه‌هار و قاب مه‌هار A شکل



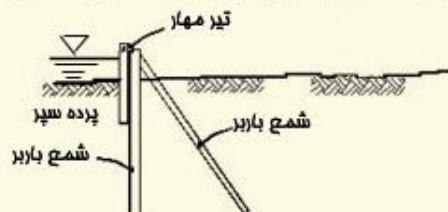
(ب) مه‌هار دیوار و میل مه‌هار



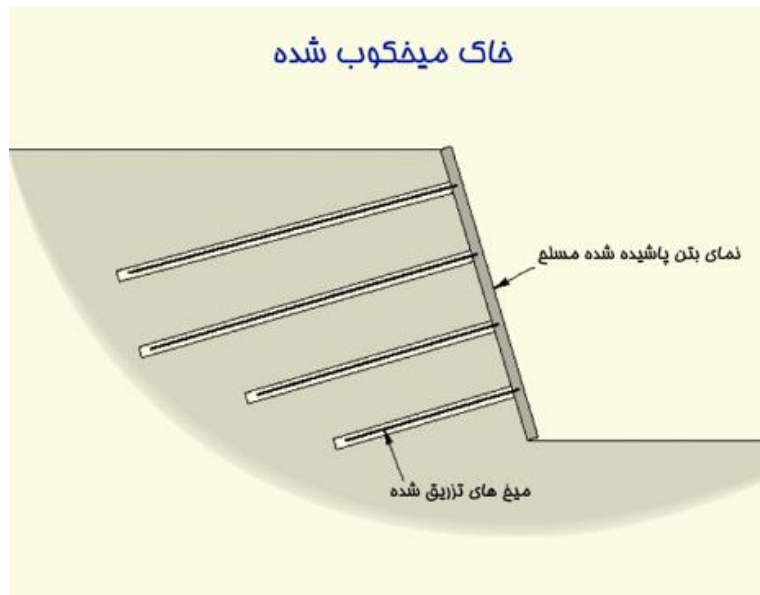
(ه) مه‌هارهای کششی از شمع‌های فلزی با مقطع H شکل



(ج) پشتبند با مه‌هار تزییقی



(و) شمع‌های مه‌هار فلزی با مقطع H شکل



مراجع

- ۲- روشهایی برای ارزیابی خطر وقوع زمین لغزه وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، دفتر مطالعات فناوری و ایمنی، ۱۳۸۳
- ۲- راهنمای طراحی دیوارهای حائل، نشریه شماره ۳۰۸، معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطر پذیری ناشی از زلزله، ۱۳۸۴
- ۳- ایمن الیاسیان، راهکارهای مقاوم سازی و بهسازی خاک و فونداسیون، انتشارات سازمان عمران، انجمن مقاوم سازی ایران، ۱۳۸۹
- ۴- محمود قضاوی، جزوه ارتقای نظام مهندسی راجع اصول و مبانی گودبرداری، ۱۳۸۶
- ۵- راهنمای طراحی دیوارهای حائل طره ای، پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۷
- ۶- ایمن الیاسیان، مهار گودبرداری، شیروانی و حفر تونل، سایت ایران سازه