روشهای نوین ساخت و اجرا ومقاوم سازی پلها

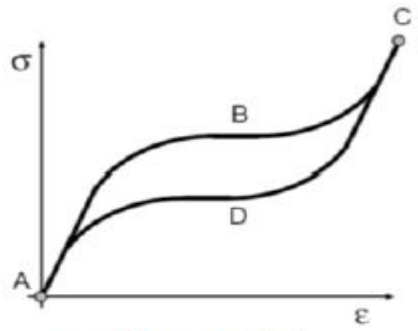
ایمان الیاسیان،کارشناس ارشد سازه، I.ELYASIAN@GMAIL.COM

ابتدا نماهنگ سرود جمهوری اسلامی پخش گردید و دکتر شاکری یکی از اعضای شورای شهر تهران درباره تعداد دانشجویان و دانشکده ها و تنوع رشته ها سخنرانی کرده و بیان داشت دانشگاه امیر کبیر ۱۴۰۰۰ دانشجو دارد که ۶۰ درصد آنها تحصیلات تکمیلی می باشند پس از آن دکتر رهایی رئیس برگزاری کنفرانس و رئیس قبلی دانشگاه امیرکبیر و از چهره های ماندگار راجع به محورهای اصلی کنفرانس سخنرانی کردند که عبارتند از ۱- بازرسی، تعمیر و نگهداری پلها ۲- پایش سلامت ۳- مفاهیم جدید۴-مواد و روشها و فناوریهای نوین ساخت ۵- طراحی و ساخت ۶- استانداردها وآیین نامه های ملی و بین المللی
سپس در مورد تاسیس دانشکده پلی تکنیک سابق و امیرکبیرامروزی صحبت کرد. در سال ۱۳۳۷ با۵ دانشکده اصلی که دانشکده عمران یکی از دانشکده های اصلی می باشد، تشکیل شد و دانشگاه امیرکبیر یک دانشگاه پیشرو در مقوله تخصص پل به عنوان یکی از شریانهای حیاتی تا بحال ۴ کنفرانس ۱- درسال ۶۹ - ۷تا ۹ خرداد ۲- در سال ۷۵ ۱۹تا ۲۱ شهریور ۳- درخرداد۸۷ ۴- در ۴ تا ۶ بهمن ۹۳ (کنفرانس بین المللی اخیر) و در برنامه ۴ سال آینده کنفرانس مشابه پنجم در مقوله ÷لسازی برگزار می شود
در کل ۲۱۰ چکیده مقاله و ۱۴۰ مقاله کامل به دبیرخانه کنفرانس ارائه شده بود که ۸۰ مقاله شفاهی و ۵۵ مقاله پوستری ارائه شدوبرگزار کنندگان اصلی قطب مقاوم سازی،توسعه و زیر ساخت، معاونت عمرانی شهرداری با همکاری دانشگاههای خارجی و داخلی بودند. سخنران مدعو ویژه کشوری دکتر آحوندی وزیر محترم راه و شهرسازی بودند که شبکه خبر بیانات ایشان را به برای شبکه خبر صداو سیما و سایر رسانه ها ضبط می کردند مباحثی چون توجه به زیباسازی ، معماری جاده ها و ابنیه فنی راهها و چشم انداز راهها سرمایه گذاری، مدیریت راهها و شریانهای حیاتی، فنی و مهندسی ، توسعه ملی و زیرساخت چون پل،تونل، راه آهن ، آزادراهها وسازه های دریایی ، موقعیت جغرافیایی ویژه و استراتژیک کشورو دستیابی به دانش ساخت را اظهار داشتند و گفتند ایران با گذشت ۱۰۰ سال وارد دوران مدرن شده و ارزیابی ایران مدرن از طریق توجه مسائل اقتصادی، فنی و نظامهای مدیریتی، خط آهن،احداث جاده ها ، ساخت و ورود وسائل موتوری امکانپذیر است با تخمین بیان کرد ۶۰ هزار پل کوچک و بزرگ (آبروها)به طول ۱۵۰۰ کیلومتر به ارزش ۳۰ هزار میلیارد تومان -۲۶۵۰۰ پل راه آهن و ۲۱۰ هزار کیلومتر جاده روستایی تا آزادراهها با ارزش ۲۰۰ هزار میلیارد تومان وجوددارد و پراکندگی ۴۸ نفر به ازای هر کیلومتر مربع در خشکی ودر ساحل ودریا بخصوص در مناطق جنوبی ۴.۸ نفر به ازای هر کیلومتر مربع می باشد که بایستی به سمت توازن و تعادل پیش رویم و از تمرکز ثروت در پایتخت و کلان شهرها بکاهیم و به سمت یکپارچگی و پیوستگی صنعت حمل و نقل و خلق ارزش افزوده ، رفاه پایدار، طرح جامع ملی و سرزمِینی ، کاربری اراضی برای حمل نقل جاده ای ،ریلی و دریایی و افزایش کارایی ملی ، دانش مخابرات ، اطلاعات و کاهش مرزهای محصور توسط ارگانهای دولتی پیش رویم دولت با هدفگذاری رشد اقتصادی ۸ درصد نیازمند حجم بزرگ سرمایه گذاری و نظام بهره وری می باشد به عنوان مثال برای تکمیل کریدور توسعه بندر امام-گواتر ۲۵۰۰ میلیارد تومان

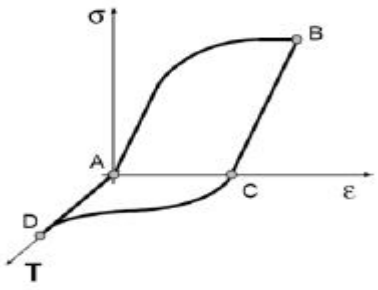
و۴۰ هزار میلیارد تومان برای تکمیل خدمات ریلی نیازمند است که در دوران پرپولی بیشترین کسری بودجه را به دلیل تخصیص نادرست منابع داشتیم بودجه اختصاصی دولت در کلیه حوزه های حمل و نقل سالانه معادل ۵۰۰۰ میلیارد تومان می باشد که جوابگو نمی باشد و بایستی به سمت بخش خصوصی و اندیشه های جدید تامین مالی با بهره وری و دانش جدید پیش رویم .کاهش قیمت تمام شده و افزایش عمر مفید بهره برداری ، نحوه نگهداری و حفاظت و بهره وری از آنها، مهندسی ارزش و کاهش هزینه ها حائز اهمیت است تحقیق انجام شده در آمریکا نشان میدهد ۳۲.۸٪ پلها در اثر سیل ۱۵.۵٪ براثر آبشستگی بستر ۱۲.۳٪ بخاطر خطاهای ساخت و دوره نظارت ۱۱.۷ ٪ به دلیل تصادف و برخورد خودروهای سنگین ۸.۸ ٪ به دلیل اضافه بار وعدم کنترل جاده ها ۳٪براثرآتش سوزی و۲ ٪در اثر زلزله فرو میریزند.

اساتید برجسته ایرانی مقیم خارج که در کنفرانس دکتر سعیدی متخصص پل از دانشگاه نوادا رنو دکتر آستانه اصل از دانشگاه برکلی (سخنران کلیدی از طریقSKYPE) و سخنران کلیدی سوم دکتر احسانی استاد بازنشسته دانشگاه آریزونا و مدیر شرکت Quake Wrap دکتر خالقی از وزارت راه و حمل و نقل در ایالت واشنگتن و دانشگاه سن مارتینزSaint Martinsدکتر صنایعی از دانشگاه Tufts دکتر قوامی از دانشگاه از دانشگاه ریودو ژانیرو برزیل دکتر فونسکا از دانشگاه پرتو پرتغال، دکتر پتروآنجلینی از دانشگاه رم ایتالیا و دکتر افحمی از دانشگاه آلبرتا و انجمن مهندسین کانادا دکتر آیدین از دانشگاه استانبول و ... حضور داشتند

سخنرانی پرفسور سعیدی با رساله های دانشجویان دکترای خود خانم فاطمه کاویان و مصطفی تزرو پیرامون نقش مواد نوین در عملکرددر حین زلزله و پس از آن و بررسی سطح خدمت پذیری میباشد تفکرقدیمی در گذشته در مورد پلهای بحرانی قابل تعمیر بدون وقفه و در مورد پلهای استاندارد مسدود کردن، تخریب و مرمت می باشد . درتفکر جدید کلیه پلها به عنوان شریانهای حیاتی استقاده بدون وقفه داشته باشند و در جابجایی دائم صدمه دیدن در مفاصل پلاستیک اتفاق افتد در تحقیق دکتر سعیدی و همکاران ۴۰ نوع ستون نوین به طورآزمایشگاهی مورد بررسی قرارمی گیرند که ۸ ستون در تحقیق اول بررسی شد که خاموتهای بسته و مارپیچها از نوع آلیاژهای حافظه دار شکلی Shape memory alloy نیکل۹۰٪ – تیتانیوم۱۰٪ که در پزشکی به عنوان مثال برای قاب عینک استفاده می شود (گران قیمت بوده حدود ۱۰۰ برابر قیمت فولاد) بجای آن ازآلیاژ حافظه داری شکلی ترکیب مس۷۲٪،آلومینیم ۱۷٪ و منیزیم۱۱٪ استفاده می شود حسن این آلیاژها رفتارسوپر الاستیک میباشد (بارگذاری و باربرداری شبیه پرچم) در رفتار سوپرالاستیک پس از ورود به ناحیه پلاستیک و تغییر شکل دائم با بار برداری تغییر شکل به ناحیه الاستیک برگشته و به صفر میرسد بنابراین تغییرشکل نهایی و ماندگار نداریم و تغییرشکل کلی مواد شامل بتن و آرماتورفولادی و آلیاژ جزئی و کمتر می باشد.



رفتار آلیاژ در حالت آستنیت

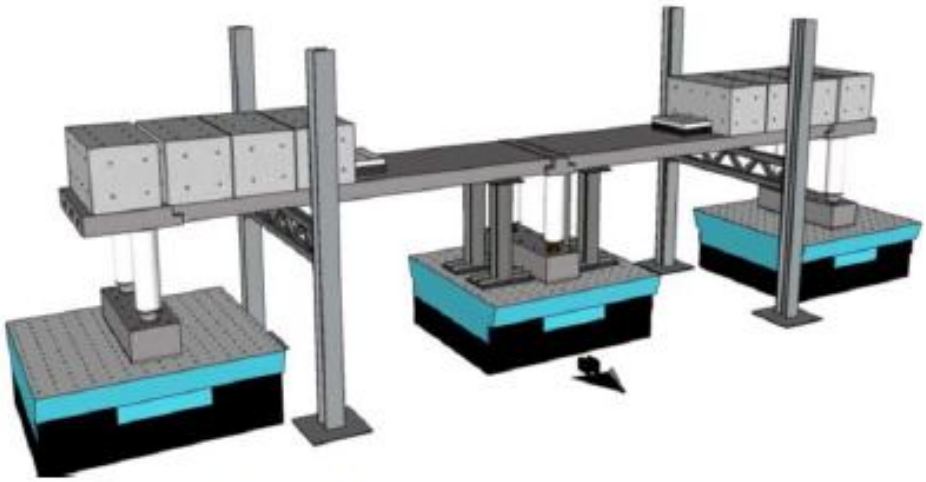


رفتار آلیاژ در حالت مارتنزیت

استفاده از کامپوزیت سیمانی مهندسی ECC نوعی بتن که سنگدانه درشت ندارد فیبرو پوشش مخصوص PVA پلی و ینیل الکل دارد

بیشترین خرابی روی میز لرزان مربوط به بتن و فولاد با ۸٪ خرابی ، آلیازحافظه دار شکلی وبتن متوسط خرابی۱۰٪ وترکیب SMA/ECC ۱۲ تا ۱۴ ٪ کمترین خرابی دارد

پل آزمایشگاهی ساخته شده در ۴ دهانه و ۳۵ متر طول و کوله ها با جکهای خارجی معادلسازی شدند وتحت بارگذاری ۳.۵ برابر زلزله طرح قرارداشت



Shake table model of deconstructible bridge

در تحقیقات دیگر از الیاف کربن و شیشه ۲- پیش ساختگی بابتن پرمقاومت (کاهش مقطع- مونتازودمونتاژآسانتروظرفیت جابجایی ۳- ساختن اتصالات فولادی لوله ای در جا ۴- استفاده از نشیمنگاههای شبیه به جداگرهای لرزه ای با این تفاوت که مقاوم در خمش باشند در برش

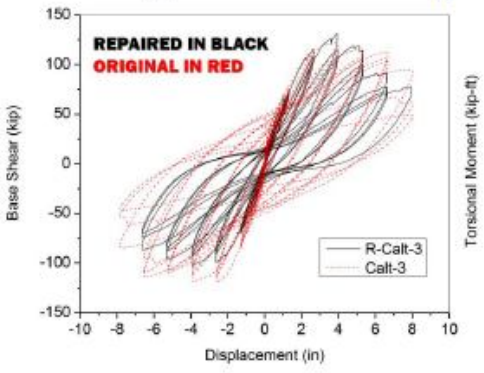
در سخنرانی دکتر آستانه اصل که بصورت مجازی از راه دور در سالن همایش پحش میشود ذرمورد اثرزلزله های دور دست برروی پلهای دهانه متوسط و بلند بود که از تحقیقلت پزوهشگاه زلزله و زلزله شناسی درمورد زلزله ۲۷ نوامبر ۲۰۰۵ قشم استفاده شده بود وبرای طراحی پروژه پل دردبی استفاده شده بود و در تحقیقات ایشان اززلزله نورث ریج در سال ۱۹۹۴(دوردست) و chi-chi-)Taiwan نزدیک) بصورت near field میدان نزدیک و far-filed دورساخت استفاده شده بود و به این نتایج رسیده بودند که در پلهای صلب زلزله های دور دست تاثیرگذار نیستتدو زلزله های دور دست در ساختمانهای ۶۰ طبقه و در پلهای با

دهانه بلندتر از ۲۰۰ متر بر اثر تشدید و یکسان شدن مود ارتعاشی سازه و زلزله خطرناک میباشد وپلی دوقوسی با دهانه ۴۰۰ متربا پریود ۳.۶ و۲ ثانیه توسط ایشان و دانشجویانش و پل۳ قوسی خلیج Gritch با پذیود غالب ۳.۵ ثانیه مورد بررسی قرار گرفته بود .در سخنرانی سوم دکتر احسانی به روشهای تعمیر و نگهداری سازه های بتنی با FRPدر پروژه های سکو نفتی در نیجریه و سازه های فراساحل در تایلند ، نتایج تحقیقات ۳ دانشگاه هوستون،میسوری نوادا، نتایج تحقیق وزارت حمل و نقل تکزاس و کالیفرنیا ، پل چوبی و تاریخی هوستون و نیروگاه برقی Tucson و تقویت جای پای(پولپیت) برج تلفن همراه ستونها و شمعهای ناحیه kangaro point در بریسبین استرالیا و ... توسطشرکت ایشان اشاره کرد در ضمن ایشان ثبت اختراعی در مورد روشی برای تقویت لوله های مدفون داشتند، ستونهای فایبر گلاس ارائه شده توسط دکتراحسانی برای تقویت پایه پلها

Samples of fiberglass jackets that have been used for repair of piles in the last two decades.

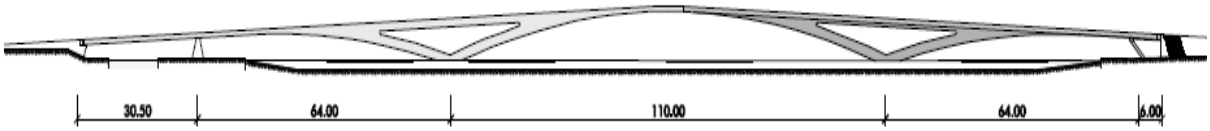
(a) (b) (c) (d)

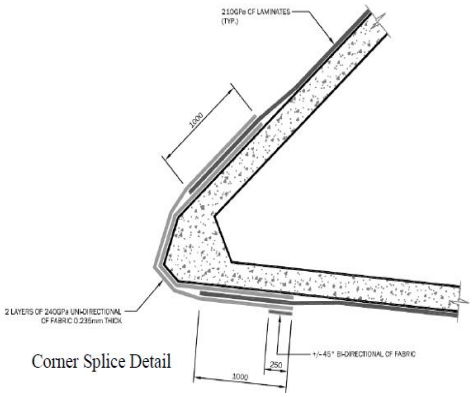
(e) (f) (g)

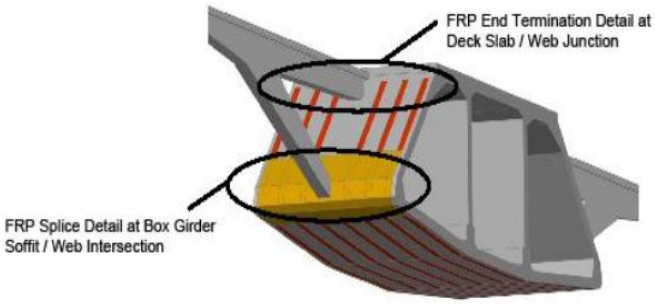


(h)

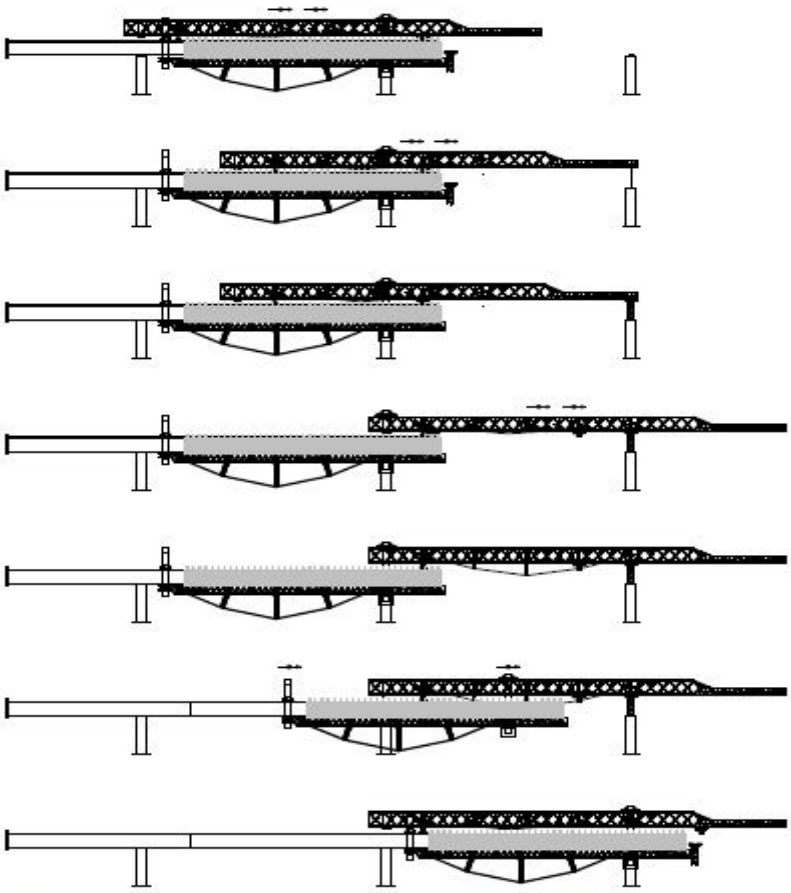
سخنران بعدی پرفسور فونسکا از پرتو پرتغال بودند که پیرامون ساخت پلهای عابرپیاده ارزان با چشم انداز زیبا و مفاهیم جدید بود







Schematic of Box Girder with CF Detailing



Launching of large span construction movable scaffolding system

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

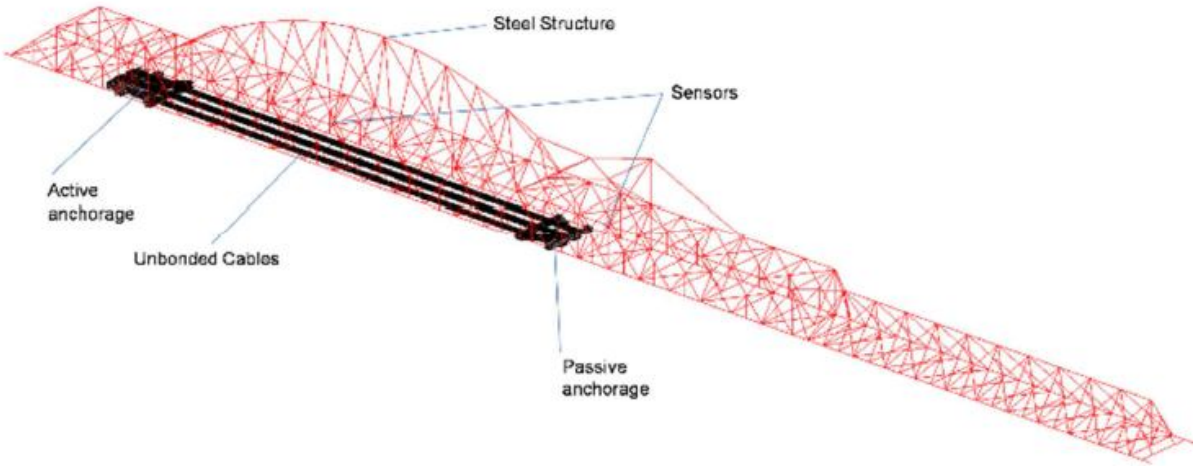
دکتر فونسکا راجع به روشهای مختلف ساخت از جمله هل دادن به سمت جلو، داربست بندی و . . . و مزایا و معایب آن توضیحاتی دادند و مزایای داربست بندیاز دید وی عبارت بودند از ۱- پلها با ظرفیت بالا ۲-

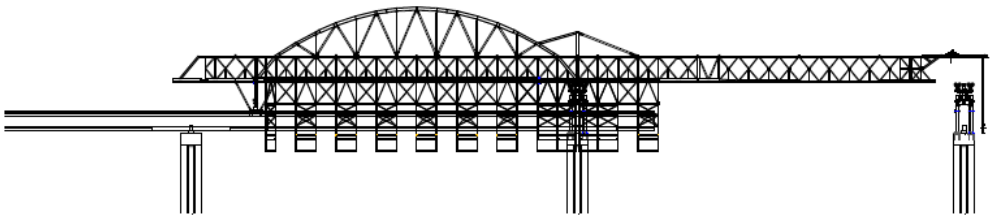
کاهش وزن تجهیزات ۳- کاهش قیمت مالکیت ۴- کاهش هزینه های بهره برداری ۵- کنترل تغییر شکل و سط دهانه و توانایی تغییر شکل ۶- پایش و نظارت مداوم داربست بندی و رسیدن به سطوح ایمنی بالاتر ۷- سادگی اتصالات فولادی با ظرفیت حداکثری کششی ۸- توانایی ساخت عرشه پل بتنی درجا برای دهانه های بین ۷۰ تا ۹۰ متری

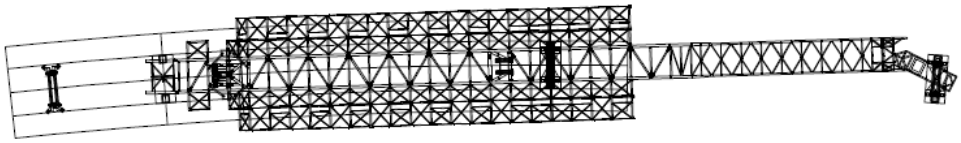
a) actuator b) passive anchorage

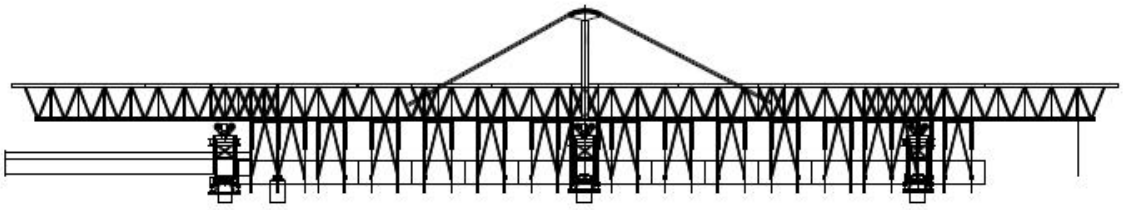
Organic anchorages

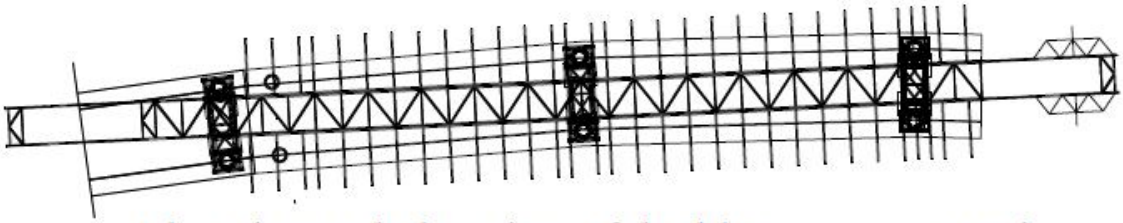
Deviation shores and deviation saddles



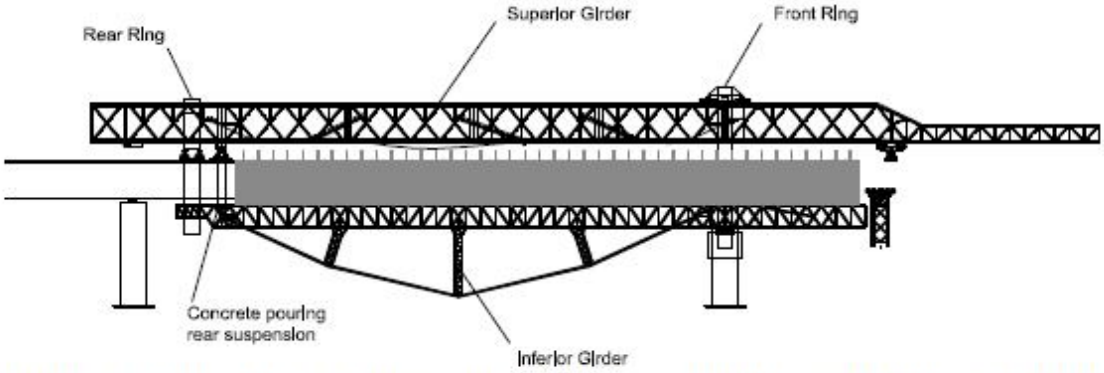




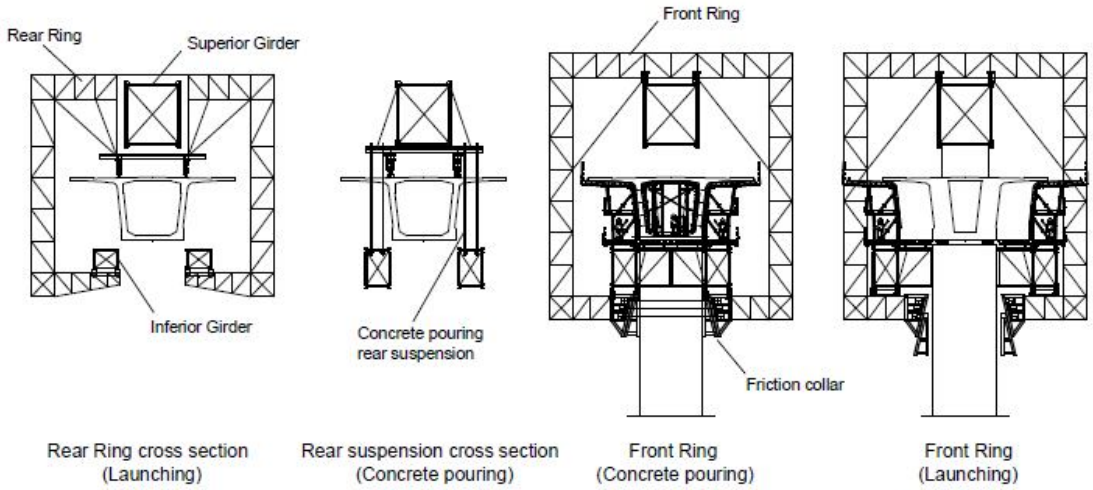




Elevation and plan view of double span construction movable scaffolding system



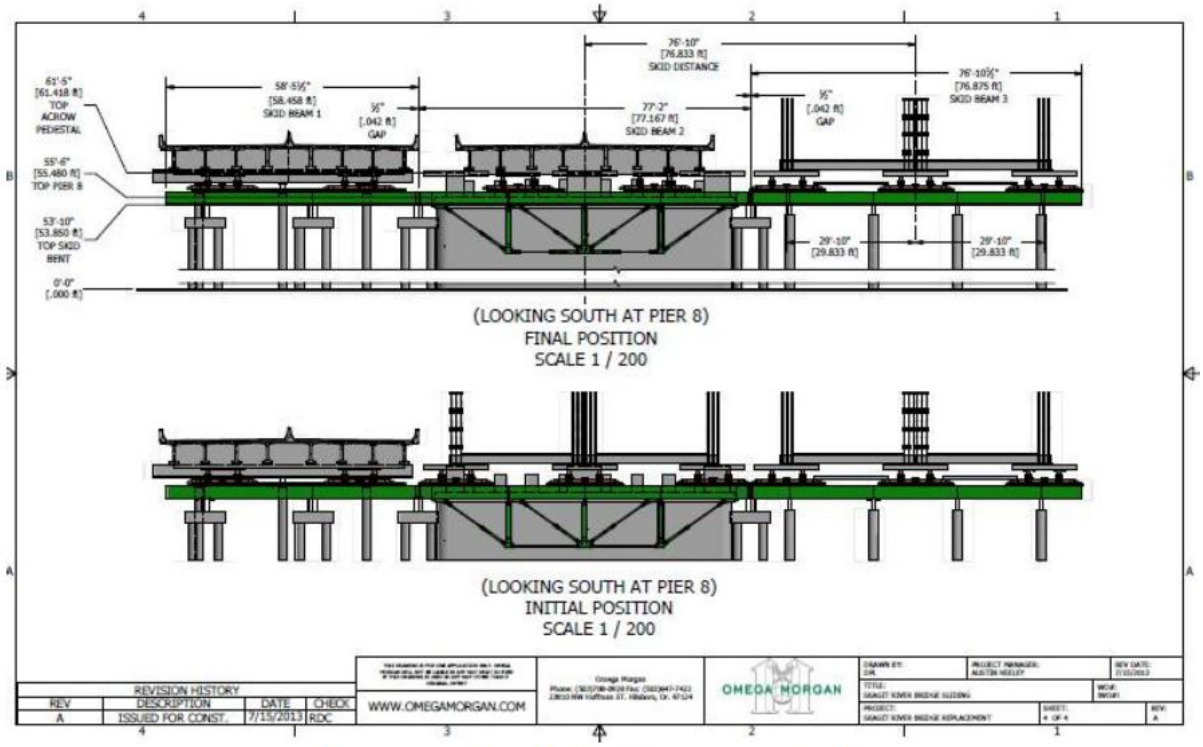
Elevation view of large span construction movable scaffolding system[1]



Cross sections of large span construction movable scaffolding system

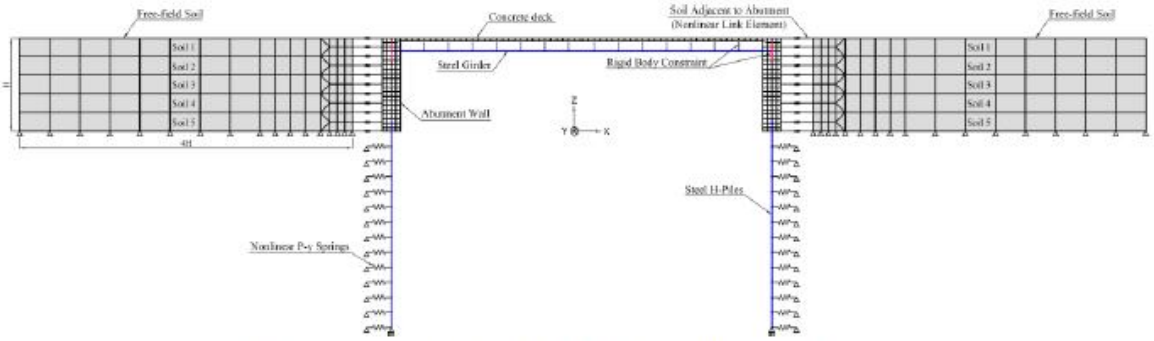
از مقالات ارائه شده از پایان نامه دانشجویان دکتر معرفت مقاله ای پیرامون پیدا کردن ظرفیت حداکثری پلهای طاقی بتنی غیر مسلح که در زمان پهلوی اول برای راه آهن ایران ساخته شده بود و همچنین پل طاق سنگی با ظرفیت کنونی۲۰ تا ۲۵ تن توسط نرم افزار RING (تهیه شده توسط دانشگاه شفیلد) مخصوص پلهای طاقی مورد بررسی قرار گرفت در این تحقیق از روش سینماتیک و مکانیزم برای بدست آوردن ضریب کفایت با استفاده از نتایج تحقیقات مرکز تحقیقات راه آهن و 4نوع لکومتیو موجود LM71 و G16 و Cooper72 واگن لبه بلند به کمک نشریه ۱۳۹ سازمان مدیریت و برنامه ریزی استفاده شد برای اعتبار سنجی و کالیبراسیون پل کیلومتر ۲۳ قم و ضریب کفایت ۱.۹تا۴ و ضریب ضربه ۱.۴۶ تا۱.۹۳ استفاده شد ظرفیت این پل ۷۰۰ تن و ظرفیت نهایی با نرم افزار به کمک تحلیل غیر خطی ۸۸۰ تن گردید.

دکتر صنایعی طی ۲ سخنرانی در مورد روشهای FRF (تحلیل فرکانسی در پایش سلامت پلها) و مدل کردن پلهای متحرک با جرم وفنر صحبت کردند . دکتر خالقی در مورد روشهای ابداعی جانشینی در یک پل مهم درسیاتل ایالت واشتگتن در ۳ فاز۱- دومونتاز و بازکردن پل در اولین فرصت ۲- دهانه دائمی ۳- روش تقویت سخنرانی کردند در این سخنرانی پیرامون کاربرد بتن سبک و روش لانچی تدریجی ، نحوه برپایی شاه تیرهای پیش ساخته و پلهای پیش تنیده به طول ۲۴ ، ۴۸ و ۷۲ متری و هزینه های ۱۸ میلیون دلاری کل پروژه اشاره کرد

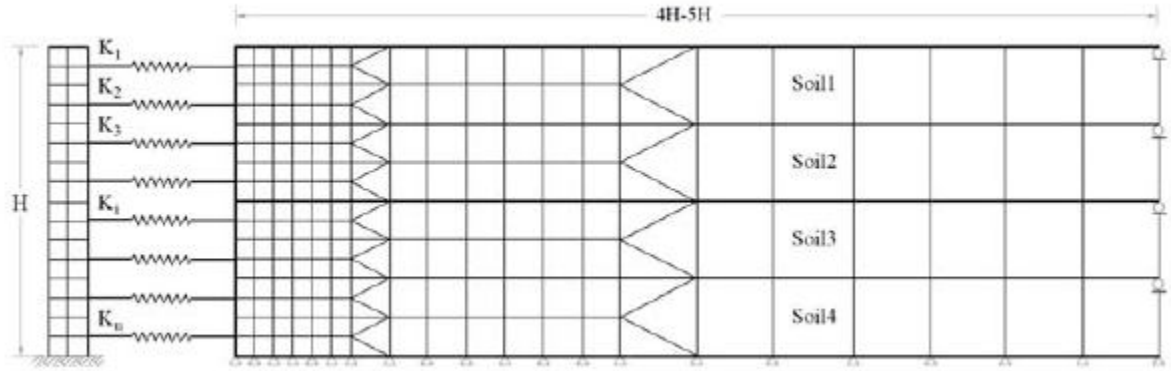


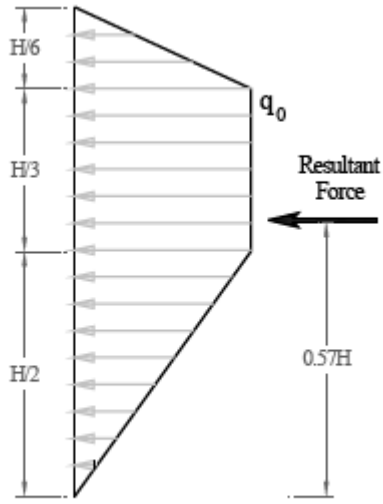
Schematic of Accelerated Bridge Construction

سخنرانی استاد شروین ملکی و دانشجوی ایشان دکتر سعید محجوبی پیرامون 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) قابل کنترل است تحقیقات در مورد این پلها از ۱۹۳۰ برای پلهای دهانه بلند تر از ۳۰۰ متر در تنسی کلرودا آغاز شد برای مدلسازی از API استاندارد نفت آمریکا و ASHTO2012به کمک فنرهای وینکلر (غیرخطی مستقل) استفاده شده در روش محققان گذشته اثر لرزه ای خاک دیده نمی شود ولی در این تحقیق با تئوری رانکین به آن پرداخته شد و اثر کشیدن کوله دیده شده و خاک را به عنوان یک میط نیمه بی نهایت تا دوردست با اجزای محدود با المانهای Shell مدل می کنیم و مدول برشی،الاستیک و ضریب پواسون و جرم برای طول ۴ برابر ارتفاع پل انجام میدهیم و تحلیل تاریخچه زمانی پیرامون آن انجام میدهیم. میرایی ذاتی خاک را ۸ ٪ واز رکوردهای زلزله Kobe ، San Fernando، Northridge و Loma Prita برای پلهای دهانه ۲۰-۴۰-۶۰-۸۰ متری استفاده شد. در جمع بندی این تحقیق از فنرهای غیر خطی، شمع غیر خطی با Plastic Hinge کارگذاشته شد و اثر لرزه ای خاک در مدل لحاظ گردید.

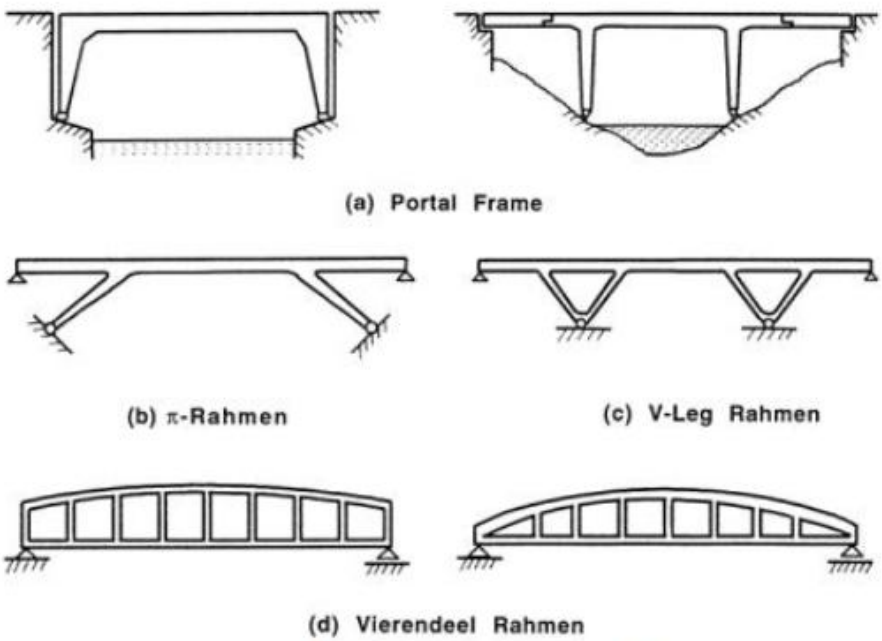


Finite element model of integral abutment bridge–soil system.



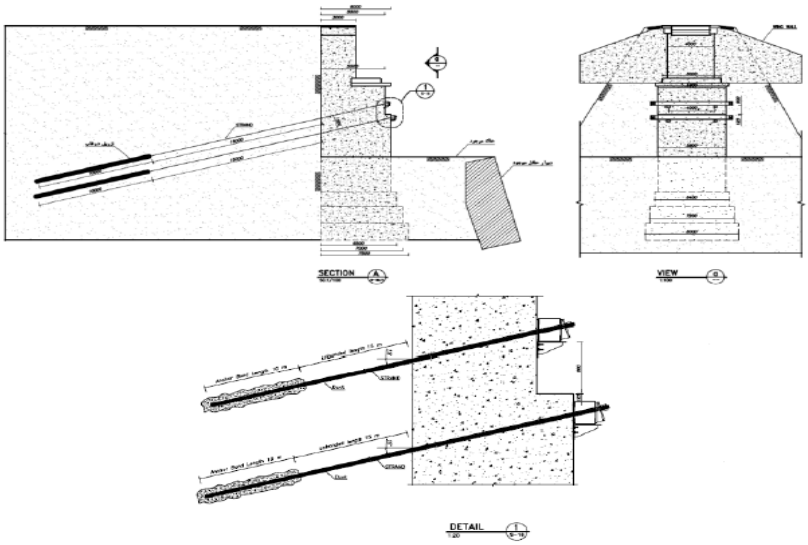


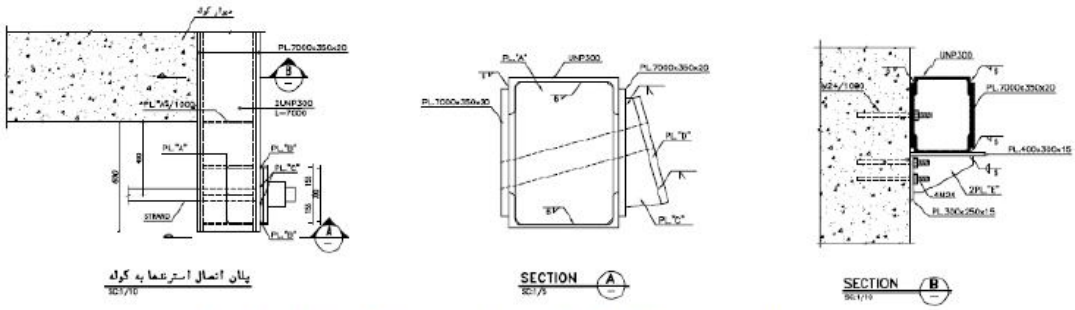
توزیع اضافه فشار لرزه‌ای خاک پیشنهاد شده



انواع سیستم سازه‌ای پل‌های پیوسته

سخنرانی مهندس شاپور طاحونی پیرامون جداسازهای لرزه ای با مطالعه موردی ، ضوابط طراحی ِ مکانیزم رفتاری، معرفی تکیه گاههای لاستیکی بود میراگر الاستومری تا ۲ درصد برای لاستیک طبیعی تا ۱۰ درصد برای لاستیک میرایی زیاد، هسته سربی LRB افزایش میرایی تا ۳۰ درصدو ایزولاتور لاستیکی لغزشی نیاز به برشگیر ندارد و بایستی به پایین و بالای پل بلت شود از مزایای جداگر لرزه ای افزایش پریود ارتعاشی ، کم کردن عرض طیف و کاهش ضریب اصطکاک تا ۰.۲ با استفاده از آشتو ضریب R نصف می کنیم و با استقاده از یورو کد طیف باید ۱.۵ برابر شود . برای مدل سازی با فنر سختی معادل به صورت ترکیب سختی فنرهای سری و زیرسازه محاسبه میگردد در مطالعه مهندس طاحونی مقاوم سازی پل مبدل قم به کمک روکش بتنی و FRP روکش فولادی و جداساز و نیلینگ یا میخکوبی کوله انجام شده است پل صحت سنجی ، مدلسازی شده و نتایج حاصل از تحلیل بررسی شد



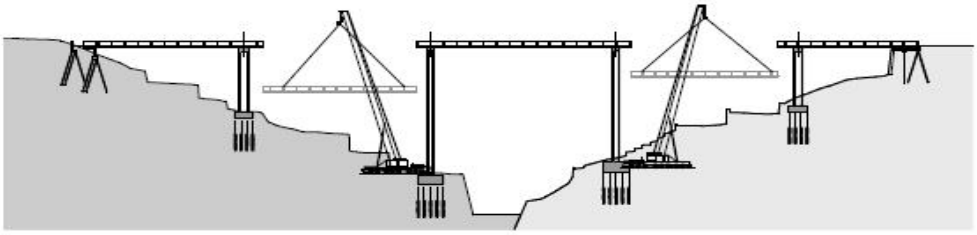


طرح مقاوم سازی کوله به روش مهار با انکر با تکیه گاه یکپارچه

الف ب ج

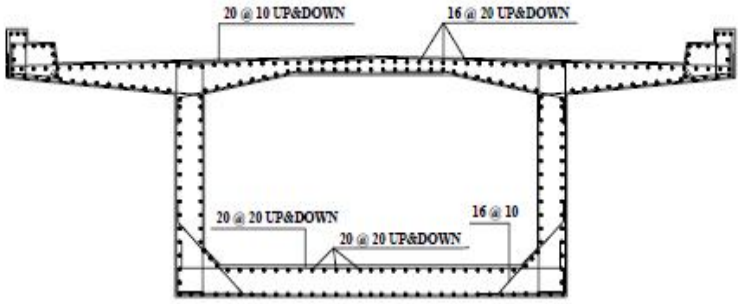
: طرح مقاوم سازی نهایی کوله پل رودشور، الف) نمایی از تکیه گاه مهار ها، ب) عملیات کشش مهارها، ج) نمایی از کوله پس از مقاوم‌سازی

پل دره شوربا ۶ دهانه سراسری ۲ دهانه ۲۸ مترطول و ۴ دهانه ۳۶ متری در کل ۲۰۰ متر توسط مشاور مهندس طاحونی به دلیل ترک خوردگی و از بین رفتن پوشش بتن دال، ترک خوردگی تیرچه ها ی عرضی عرشه ، وضعیت نامناسب نشیمنها،ترک خوردگی بتن پایه ها ، ترک خوردگی بتن پایه ها،وضعیت نامناسب کوله ها و خاک پیرامون مقاوم سازی شد



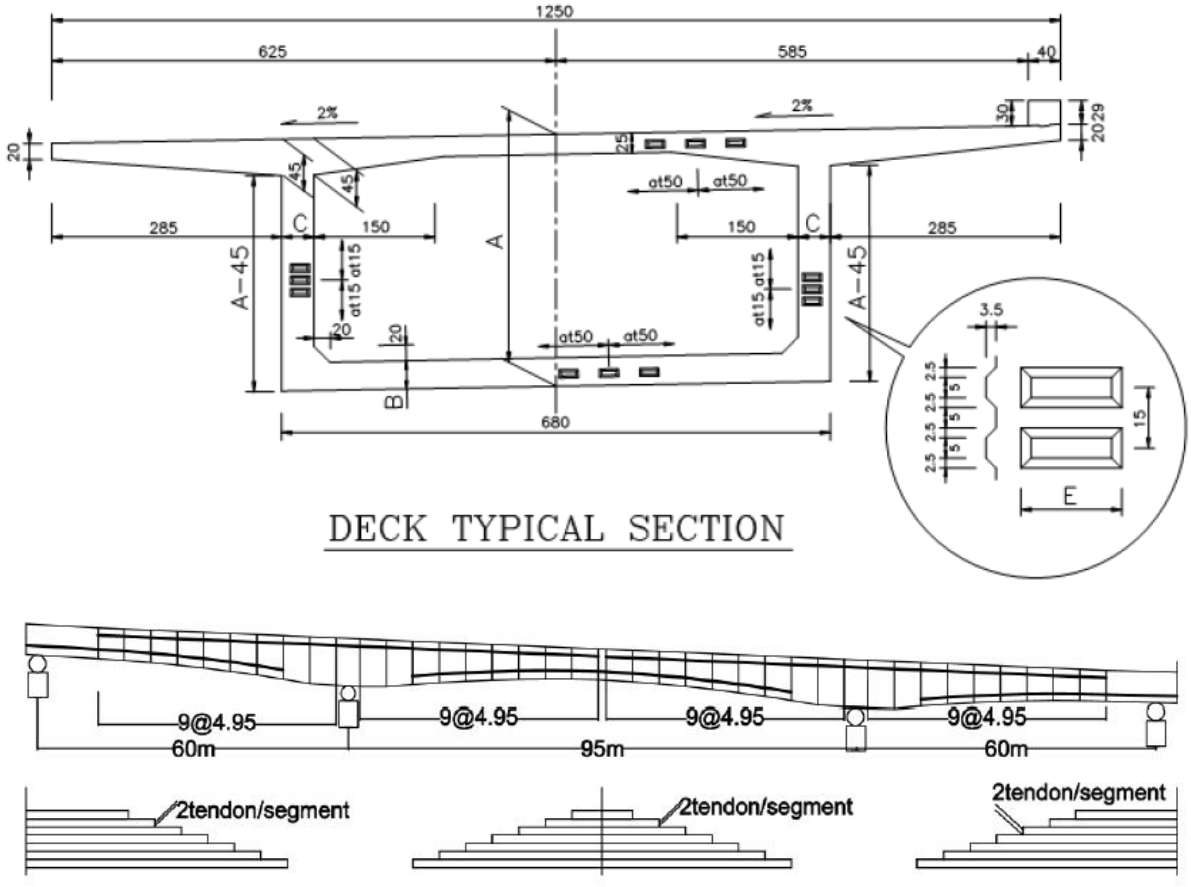
Construction sequence

روشهای دیگر پلسازی که به آن می توان شاره 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)



آرماتوربندی عرشه در محل پایه‌ها

پل صندوقه ای البته با آرماتور نه کابل پیش تنیده



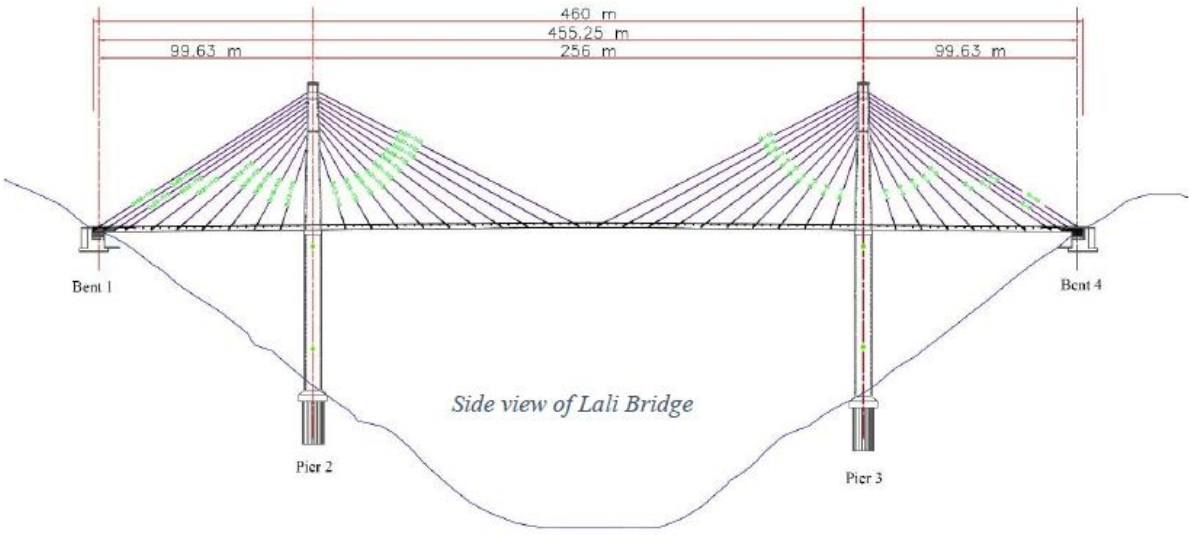
شمای کلی قطعات بتنی و کابل‌های یکسرگی

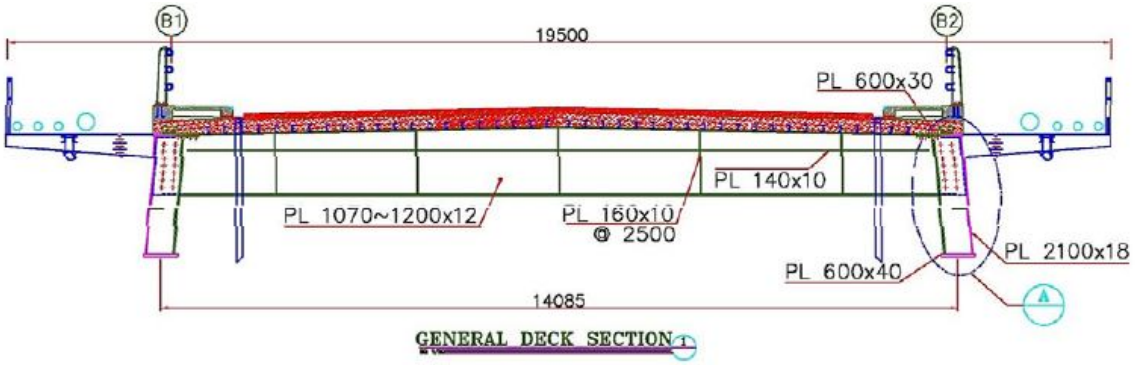
در پلهای پیش تنیده مشکلاتی چون ۱- احتمال بازشدگی درزها در نواحی بحرانی و سطدهانه و نزدیک تکیه گاهها ۲- تسلیم کابل در وسط دهانه ۳- خردشدگی بتن در نزدیکی تکیه گاه ۴- کاهش سختی و زوال بیشتر ۵- پس از کشیدن کابلها کلیه درزها بسته می شوند

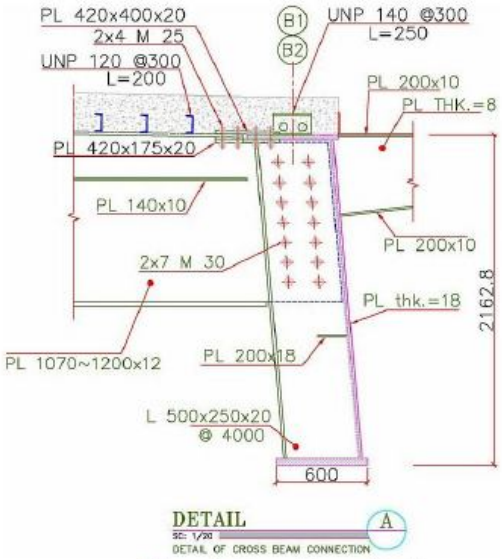
خساراتی که در پلهای بتنی وجود دارد و به آن اشاره شد عبارتند از ۱- ترک خوردگی ۲- بازشدگی ترک ۳- خرد شدگی بتن ۴- پوسته شدن ۵- پکیدن ۶-تغییرشکل بیش از حد ۷- کربناسیون ۸- واکنش قلیایی ۹- حمله سولفات و کلر ۱۰- خلل و فرج و کرمو شدن ۱۱- افت و خزش بتن ۱۲- وارفتگی

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

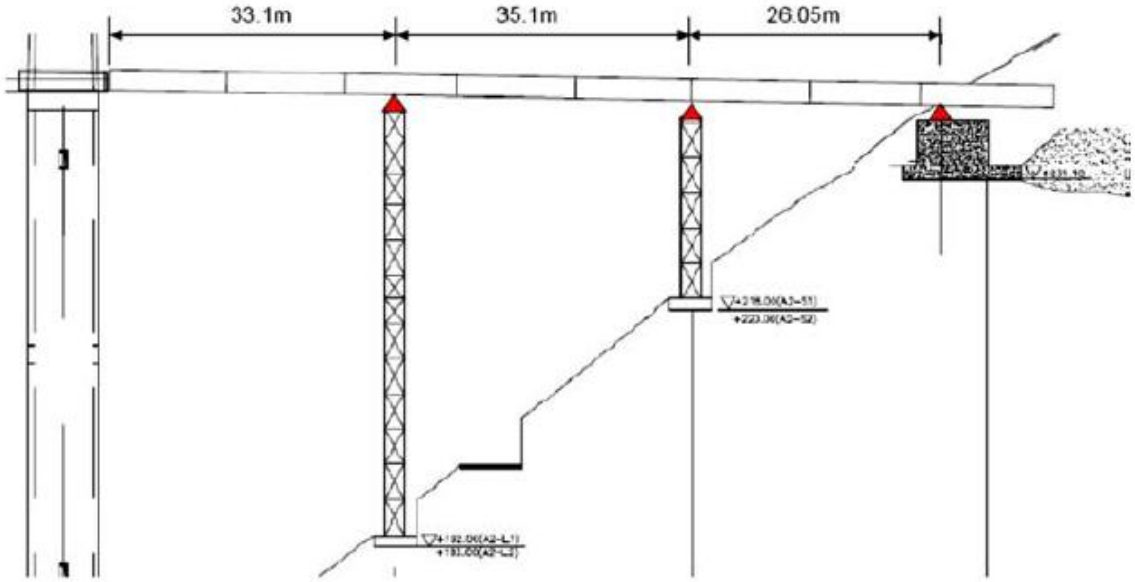
دکتر فرزاد حاتمی راجع به روشهای مختلف امکان اجرای پل لالی بروی سد گوتوند صحبت کردند







مقطع کلی و جزئیات عرشه فلزی پل لالی



محل پایه‌های موقت و رولیک‌های مورد استفاده در پیشرانی عرشه کناری پل لالی

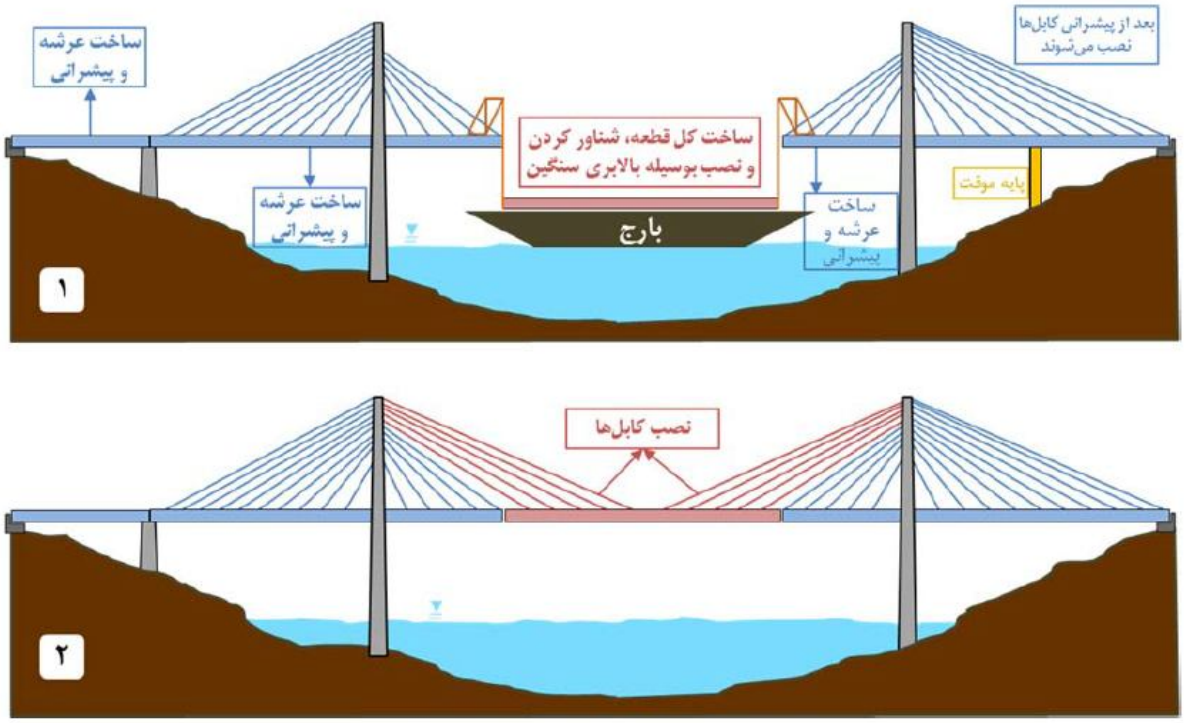
موارد کنترل طراحی که در مرحله پیشرانی می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، عبارتند از:

- 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

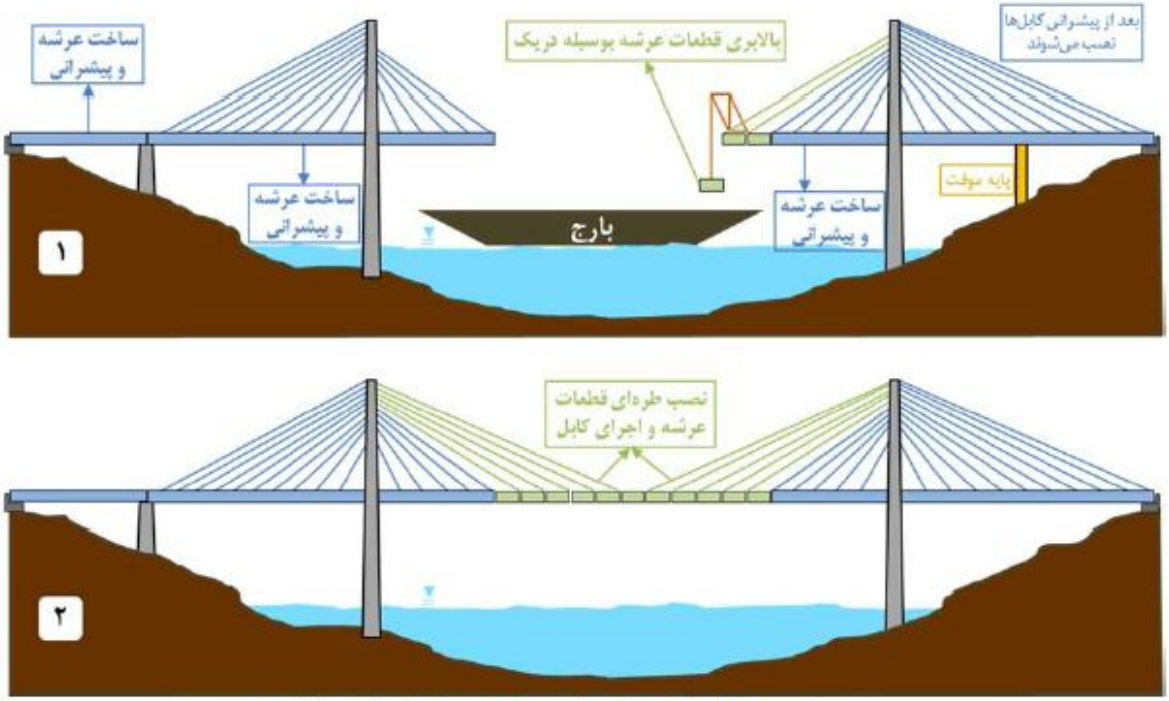
- کنترل مهاربندی افقی در تیرهای اصلی به منظور مقاومت در برابر بار باد هنگام ساخت

موارد کنترل طراحی که بعد از اتصال عرشه کناری به پایلون می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، عبارتند از:

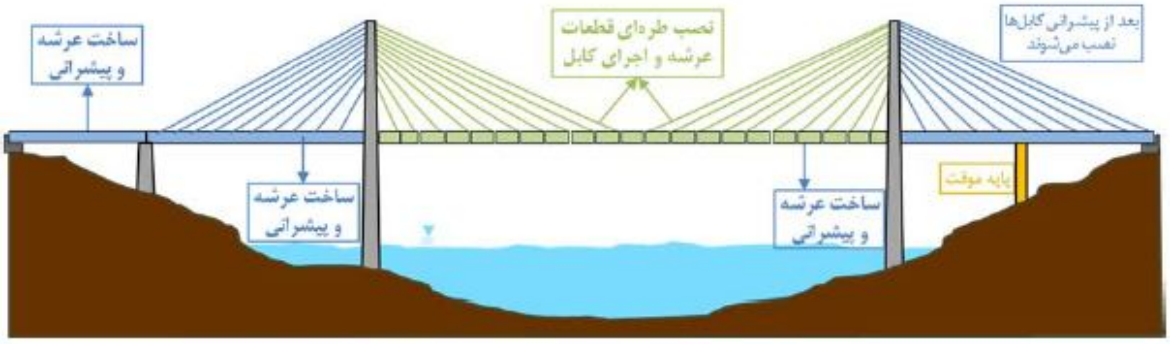
- کنترل تنش‌ها در تیر اصلی هنگام نصب قطعات پیش‌ساخته بتنی عرشه (به علت بار ناشی از جرثقیل موبایل)
- کنترل تنش‌ها در تیرهای عرضی ناشی از بار مرده و وزن جرثقیل
- کنترل پانل‌های بتنی پیش‌ساخته در بارگذاری ناشی از بار مرده و وزن جرثقیل
- کنترل بالاست مورد نیاز هنگام پیشرانی و در حالت طره حداکثر قبل از رسیدن 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



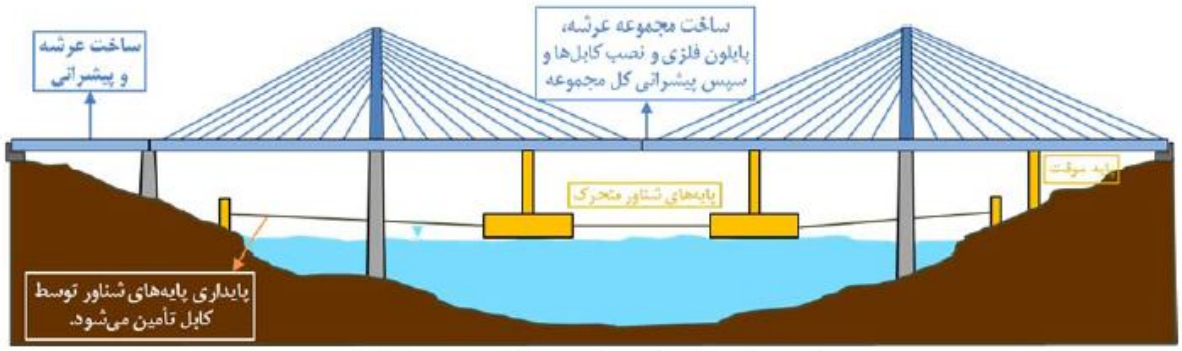
روش پیشرانی عرشه و بالابری سنگین



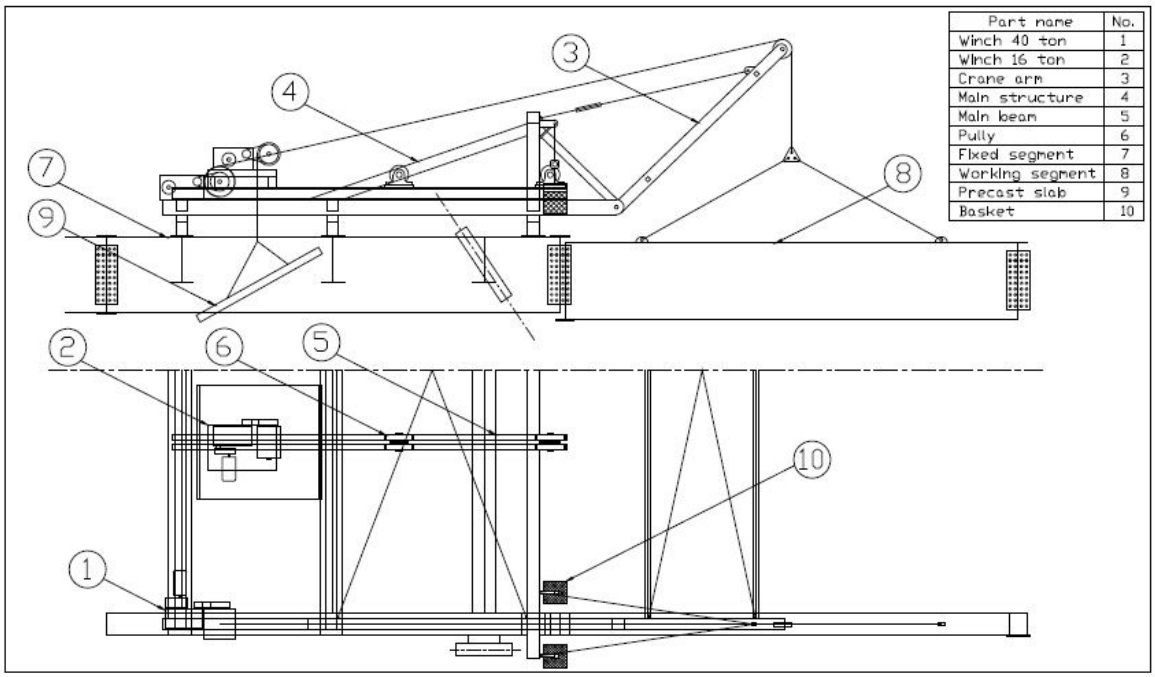
پیشرانی عرشه‌های کناری تا بعد از پایه‌ها و نصب طره‌ای مابقی قطعات عرشه



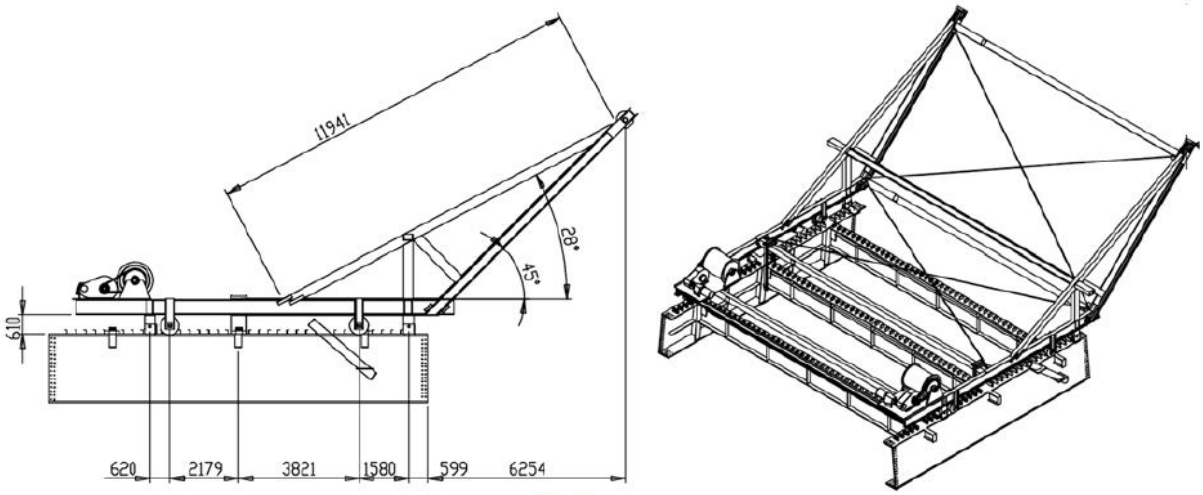
پیشرانی عرشه‌های کناری تا پایه‌ها و نصب طره‌ای مابقی قطعات عرشه



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

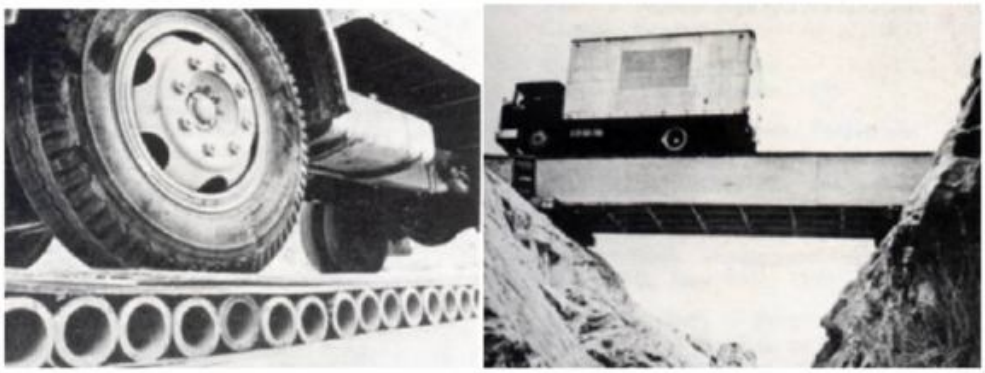


نقشه وینچ‌های مورد نیاز بالابری

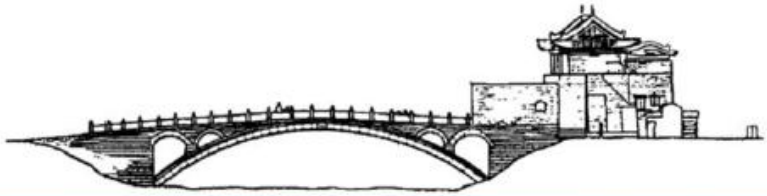


دریک بالابری

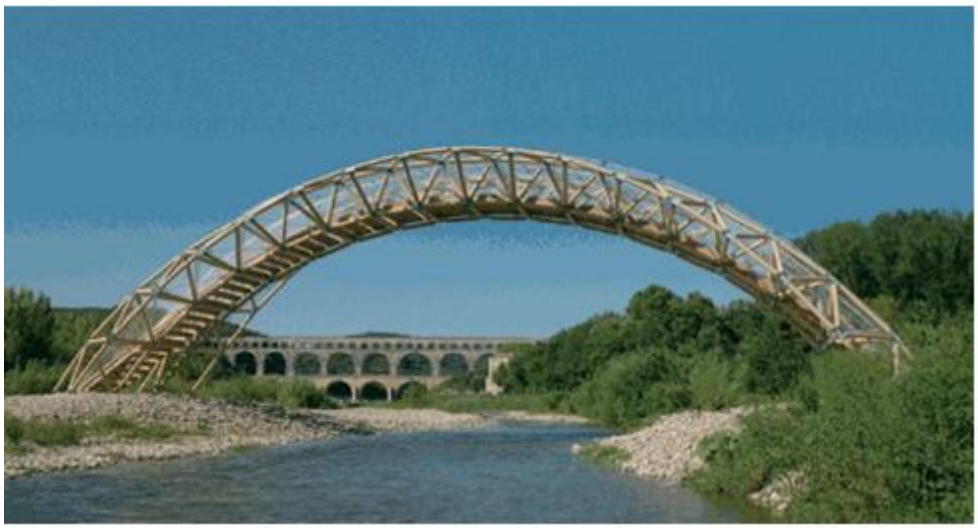
پرفسور قوامی از برزیل راجع پلهای سنتی و چوبی دنیا صحبت کردند



Paper Tube Bridge in Flaming Gorge National Recreation Area Utah, United States

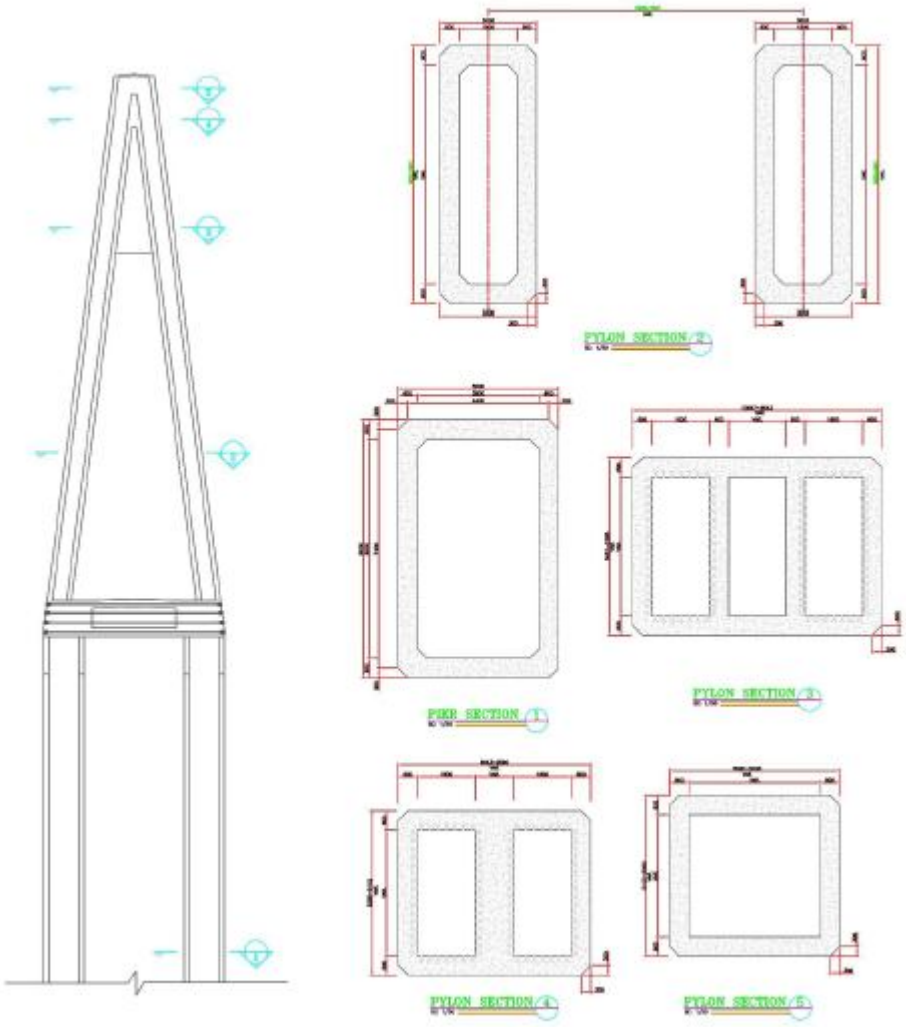


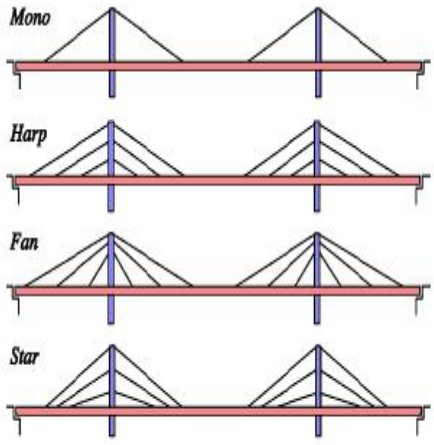
Zhao-Zhou Stone Bridge--A.D. 590-600. Span 37.02 m, rise 7.05m, radius 27.82m, and ring thickness 1.0m,



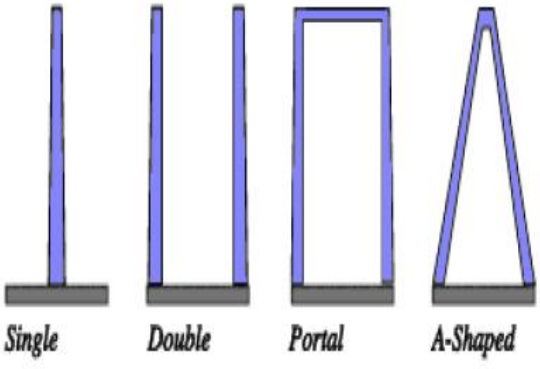
Paper Tube Bridge over the Gardon River in southern France

. Bamboo bridge at Crosswaters Ecolodge in Huizhou, China





All of Classification Cable Bridge



All of Type Cable Bridge

در یکی از مقالات ارائه شده توسط دکتر شیراوند و دانشجوی وی اثر انفجار بروی عرشه پل بررسی شد ، پلها به عنوان شریانهای حیاتی در حملات تروریستی همواره کانون توجه خرابکاران قراردارد و از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۶ دست کم ۵۳ حمله تروریستی برای انفجار و انهدام پلها انجام شده است انفجار ضربه ایجادمی کند و محصول انفجار نور، صوت، تشعشعات حرارتی و امواج ضربه ای می باشد و پارامترهای موثر درآن هندسه و

شکل سازه، موقعیت محل انفجار نسبت به سازه، مقدار تشدید موج در اثر تداخل با زمین یا سازه، خواص مواد منفجره و جنس آنها، برای مدلسازی از نرم افزار ANSYS و Auto dyn تحلیل کوپله (اندرکنش با و سازه توام) و غیر کوپله برای پل طره آزاد ۶۸ و ۳۷ متر استفاده شد و تشدید موج انفجار نیز لحاظ شد و۷۳۰ کیلوگرم TNT استفاده شد

دکتر رهایی پیرامون پایش سلامت سازه ، تعیین پارامترمود اندازه گیری، تعیین نوع و تعدادسنسور مورد نیاز، تعیین نوع محل نصب سنسورها،سیستم اکتساب داده،پردازش داده ها،تشخیص آسیب دیدگی و پیش بینی عمر مفید ، تحلیل قابلیت اعتماد صحبت کرد

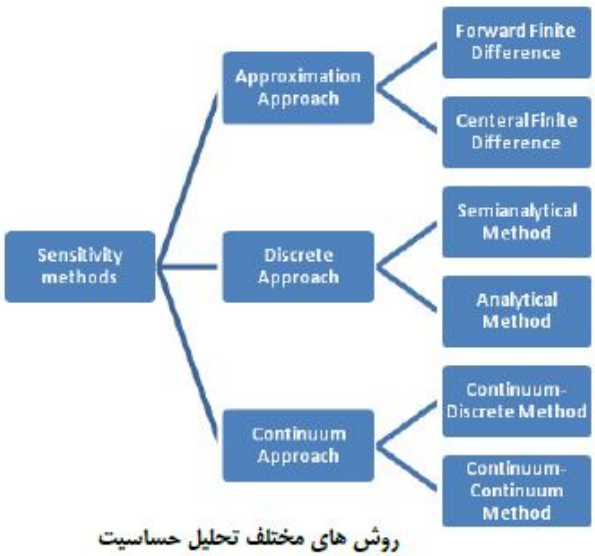
مزیت های پایش سلامت سازه

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 محل۴ –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 وجوددارد و پایش واقعی برای سازه های در حال سرویس و با شبکه ای از سنسورها انجام می شود

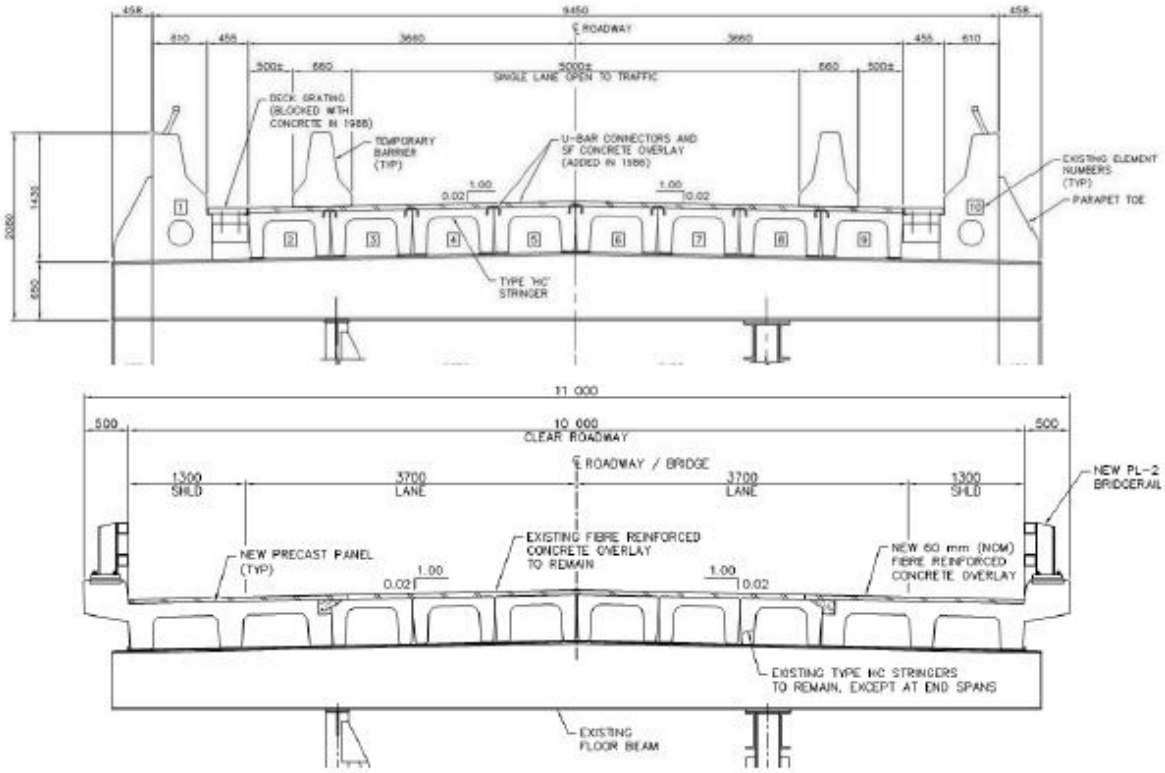


روش های مختلف تحلیل حساسیت

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

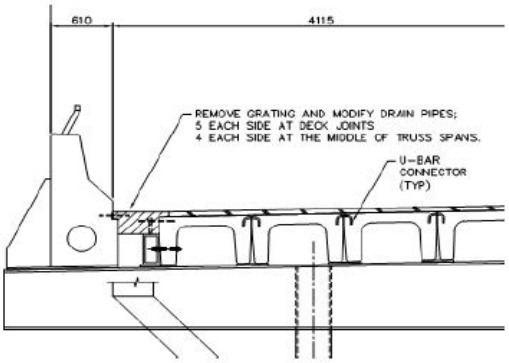
برگشتی،افزایش تکراری مقادیر تنش موضعی و ایجاد رشد ترک، تکنولوژی دریافت ، خستگی –تنش بر تعداد سیکل،مقاومت نهایی،شرایط محیطی،نرخ بارگذاری،پدیده های دینامیکی با سرعت بالا،پدیده های شبه استاتیکی،مسائل مکانیک شکست در پایش خستگی موثر هستند.

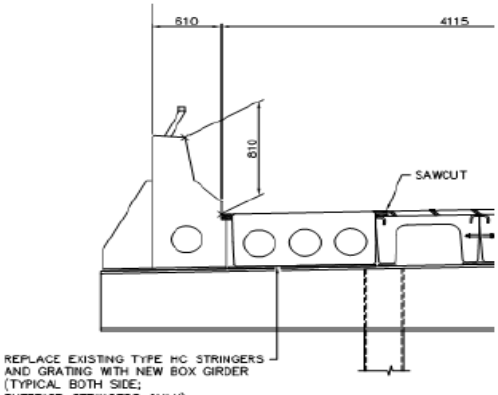
دکتر افحمی فارغ التحصیل دکترا از دانشگاه آلبرتا کاناداو طراح پل در شرکت AMEC و COWI و عضو انجمن مهندسین عمران کاناداراجع به مقاوم سازی پل ۴ دهانه در استان آلبرتا با دو دهانه ۶۷ متری و ۸۵ متری که ۷ میلیون دلار هزینه داشت و پل دیگر با ۵ دهانه ۸.۵ متری و ۴ دهانه ۳۸ متری به طول کلی ۲۰۳ مترکه ۳۰ تیر پیش ساخته و ۲۹ تیر فولادی داشت



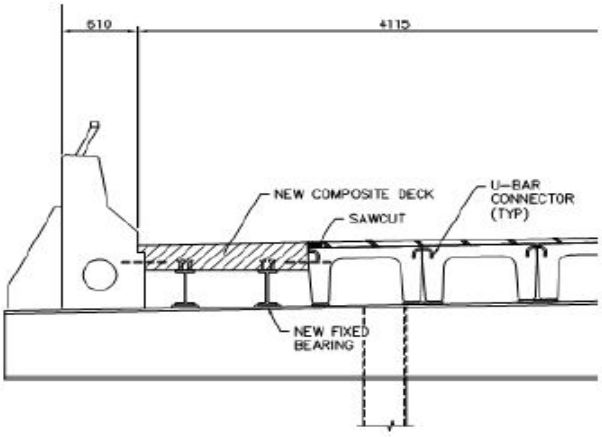
Cross section of the bridge prior to widening (top) and following the widening (bottom)

HC Stringers at Truss Expansion Joints





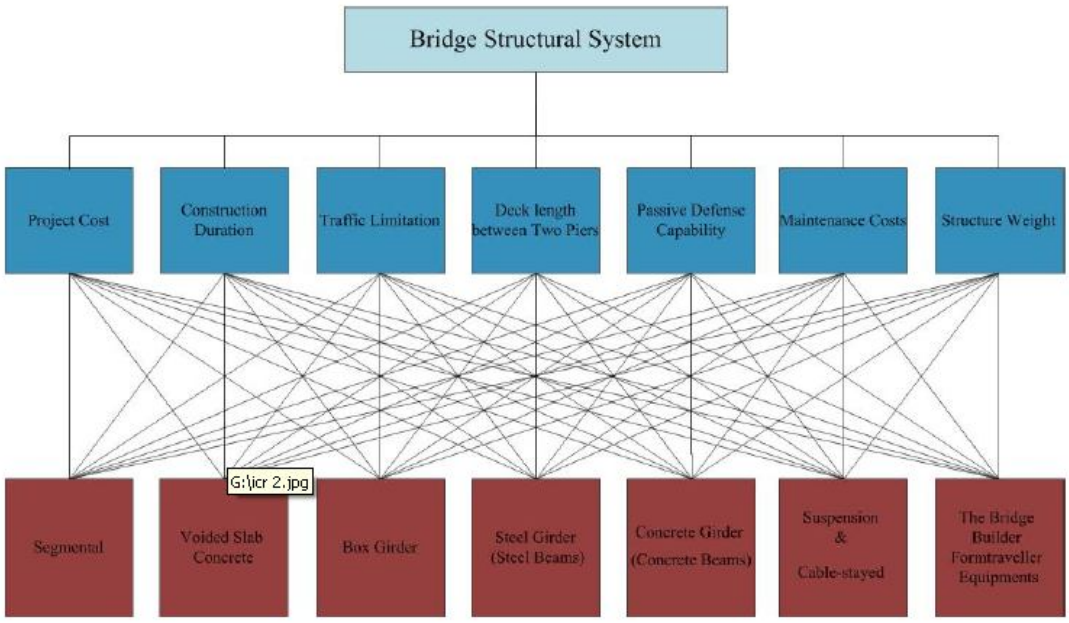
Rehabilitation Alternative 1



Rehabilitation Alternative 2 – New concrete stringers (top) and new composite steel girders (bottom)

Temporary Widening of Abutment Seat

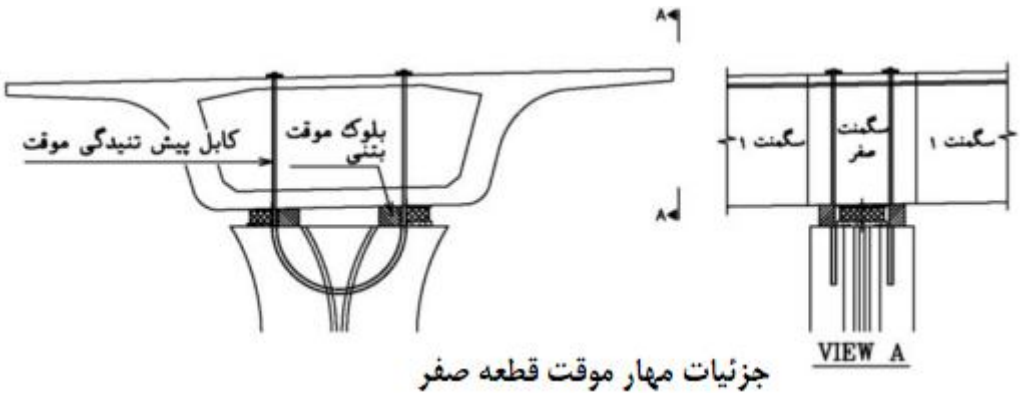
Installation of Abutment Piles



The Hierarchy for the Consultant Selection Problem

در مراسم اختتامیه رئیس محترم شورای شهر تهران جناب آقای دکتر چمران، دکتر شاکری و معاونت محترم عمرانی شهرداری تهران دکتر مازیار حسینی به ایراد سخن پرداختند و گزارش مختصری از نحوه برگزاری کنفرانس و از حمایت ویژه شرکت توسعه و زیر ساخت زیر بناهای حمل و نقل ، دانشگاه امیر کبیر و شهرداری تهران تشکر و تقدیر شد واز ۲۰ پل برتر ساخته شده در ۱۰ سال اخیر ۳ پل برون شهری و ۳ پل درون شهر تهران به عنوان طرحهای برتر انتخاب گردید از پروژه های برون شهری پل ورزقان، حسینیه، سداد در اتوبان قزوین،رشت ، انزلی ،لالی ، جناح و کاروانسراسنگی توسط هگزا و از پلهای شهر تهران جوادیه ، طبیعت، طبقاتی صدر،آزادگان،محلاتی،باکری ارائه شده بودند که با بررسی داوران پل لالی پیمانکار شرکت بلند پایه و مشاور هگزا و کارفرما وزارت نیرو و پل بزرگ قوسی سدادو ورزقان : میانه – بستان آباد-تبریز و از پلهای تهران شهید اکبری، محلاتی و طبیعت به عنوان طرحهای برتر انتخاب شدند

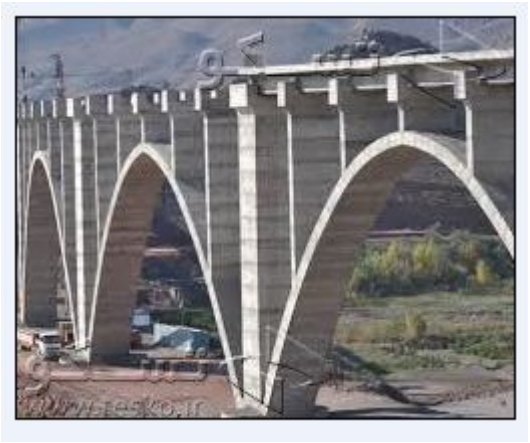
پل پارک وی تهران نمونه ای از پلهای کابلی ترکیبی



جزئیات مهار موقت قطعه صفر

پل طبیعت

پل جوادیه

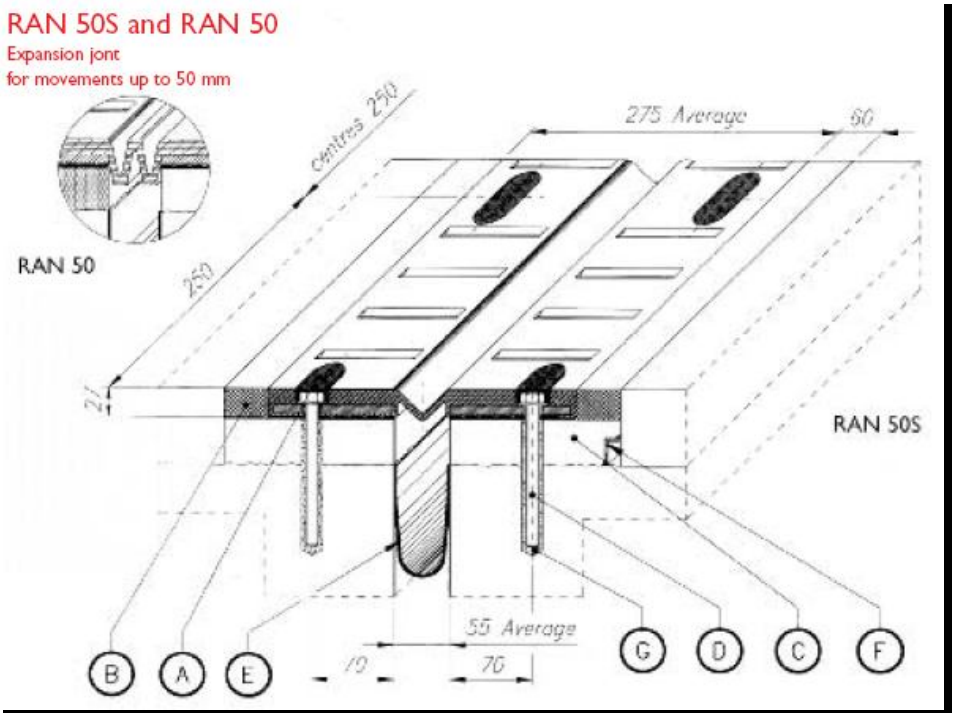


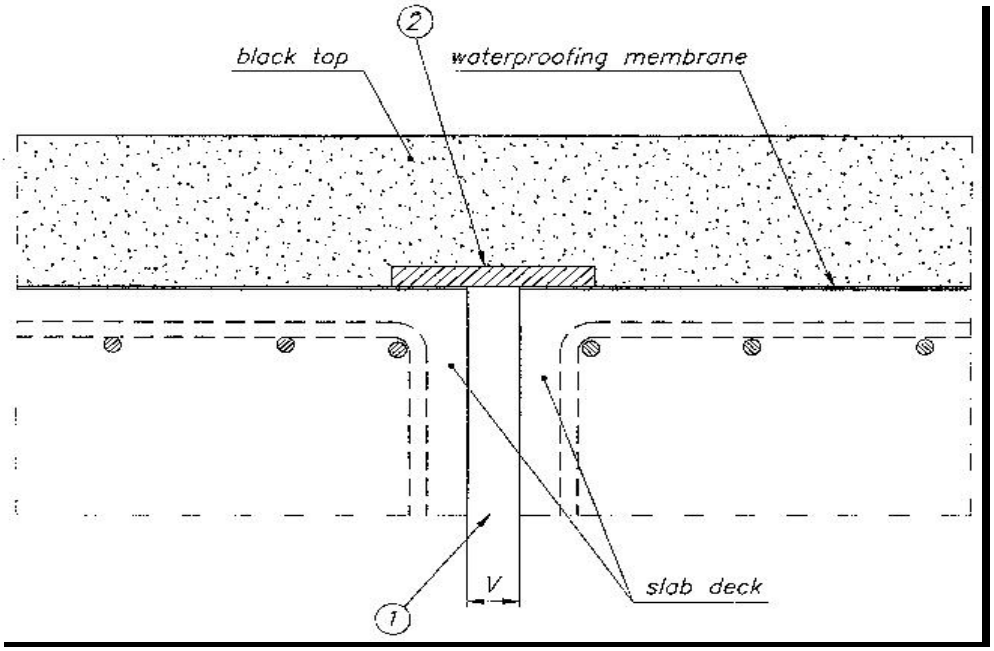
پل تسکو سداد قزوین-رشت-انزلی

پل محلاتی

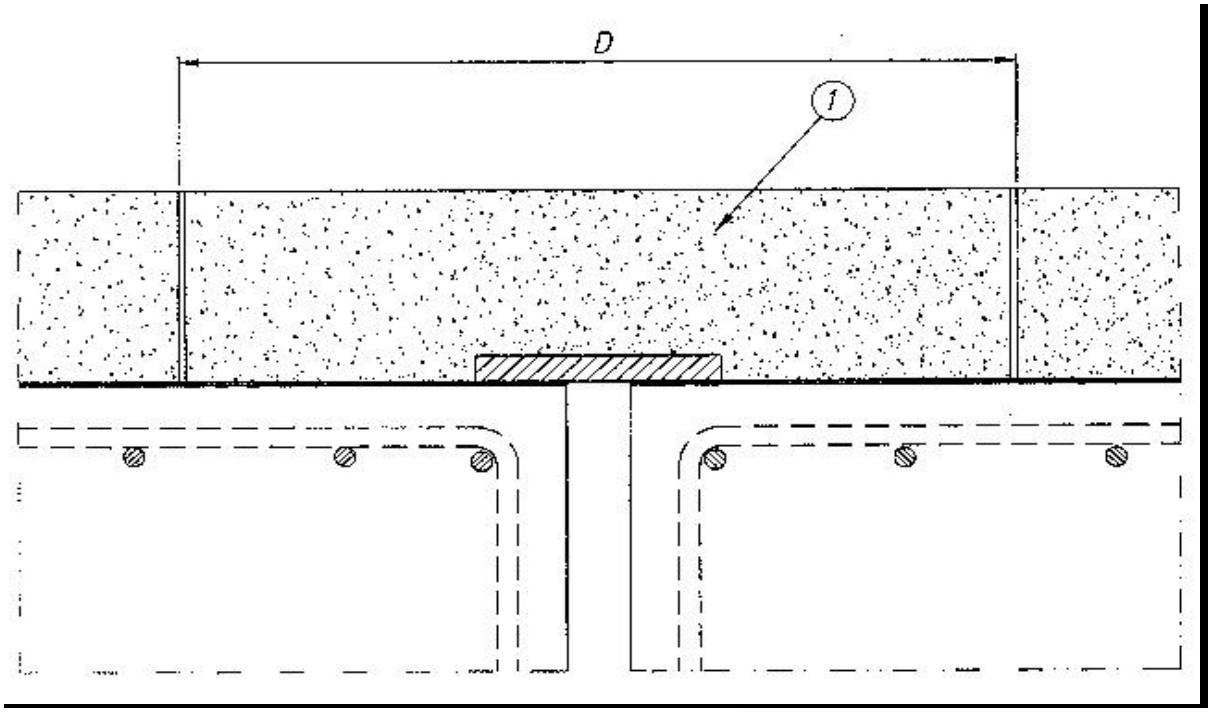
- **نقش اصلی درزهای انبساط در سلامت پلها را می توان ایجاد شرایط لازم جهت حرکت قطعات در کنار یکدیگر عنوان نمود، که بر اثر افزایش و کاهش ابعاد قطعات به دلیل انبساط و انقباض در برابر دما و در بعضی موارد نیز حرکت قطعات بر اثر نیروهای مختلف اعمال شده از اطراف می باشد.**

- **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**
- **ترک‌خوردگی عرضی در سطح جاده در اثر عدم عملکرد درز انبساط**
- **از بین رفتن تمهیدات آب‌بندی**
- **اشکالات کانال‌های زهکشی و جمع‌آوری آبهای سطحی**
- **یخ‌زدگی در محل درز**
- **اختلاف نشست بین دو لبه**
- **اعمال خسارت ترمیم نشده به لبه‌ها و ورق‌ها و تکیه‌گاه‌ها**

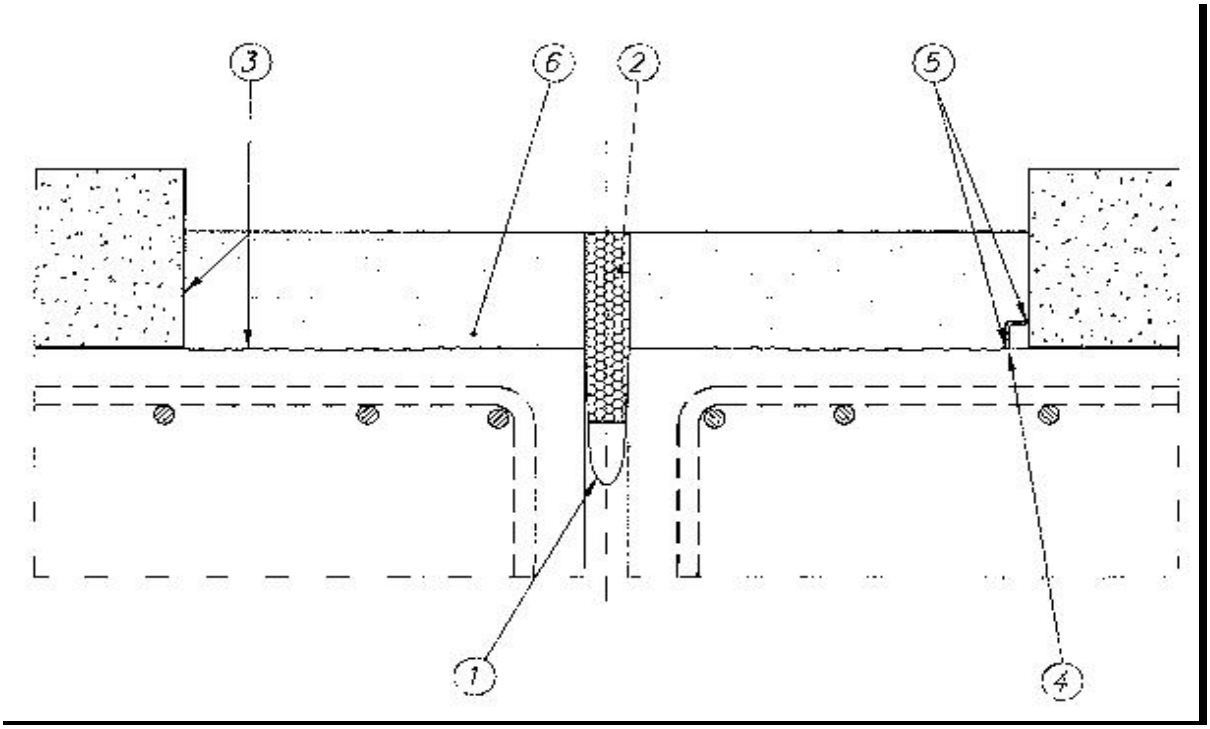




برش آسفالت به میزان لازم



- ✓ **شناخت رفتار و مکانیزمهای خرابی**
- ✓ **نوع مصالح**
- ✓ **کیفیت و فرآیند تولید**
- ✓ **ارزیابی عملکرد**

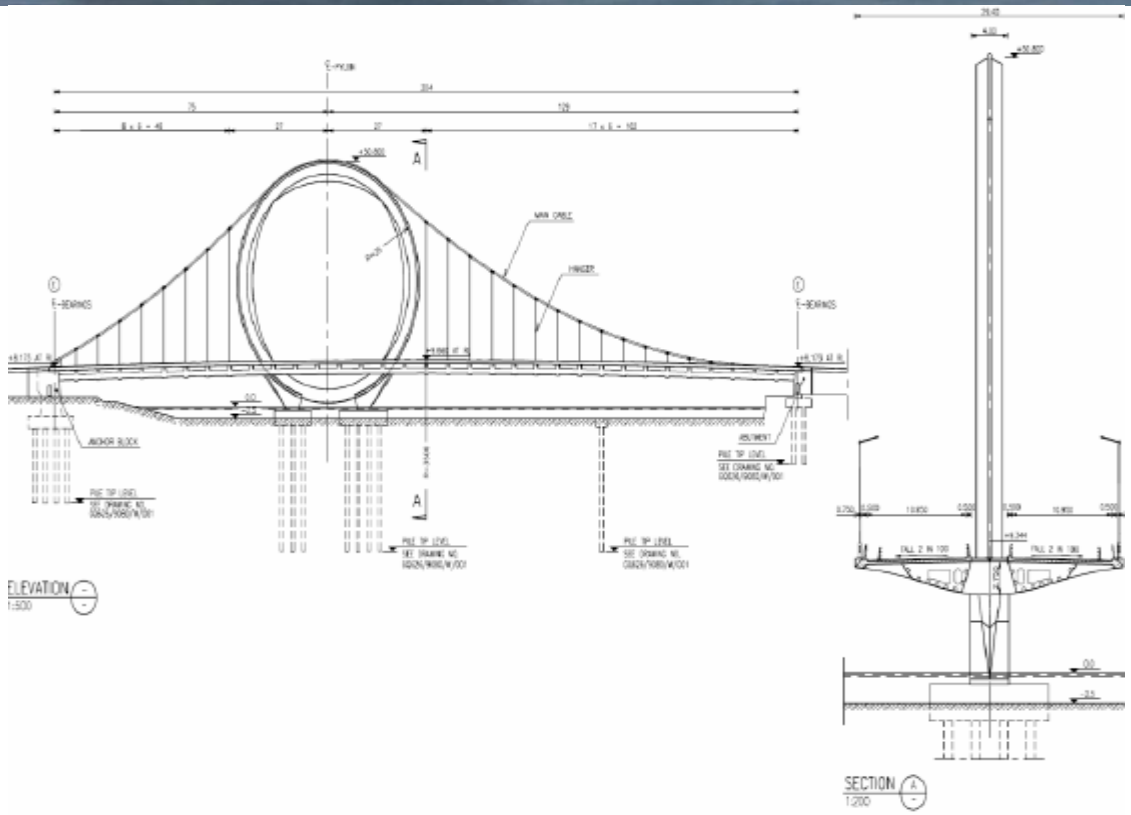


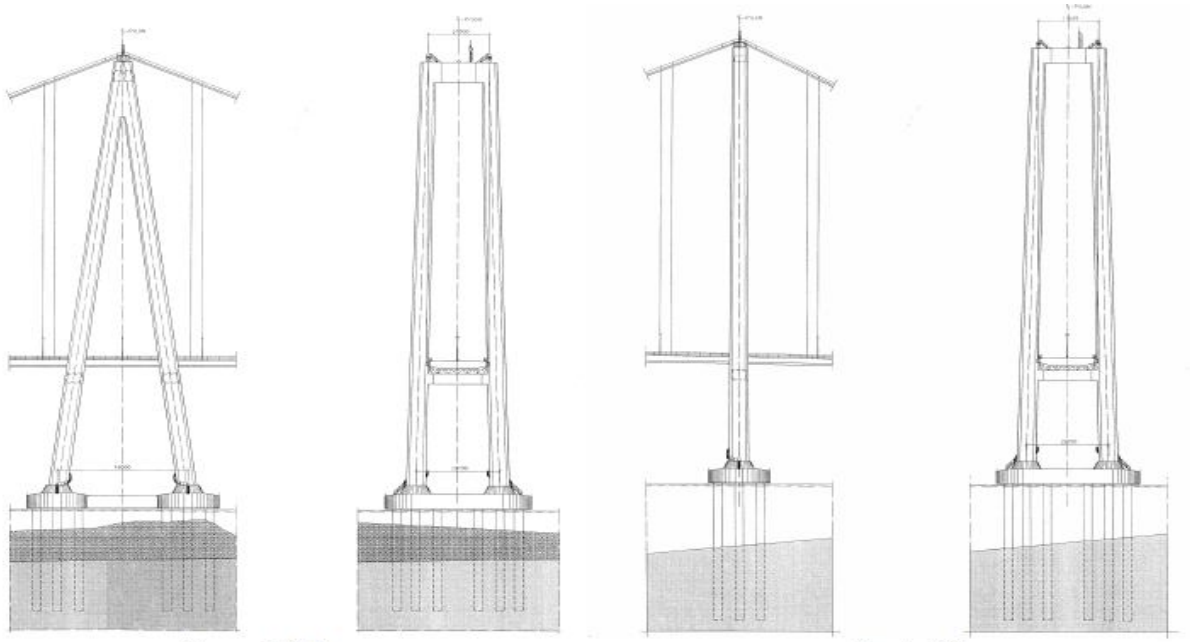
جا گذاری آبرو و بتن زیر سازی

- 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

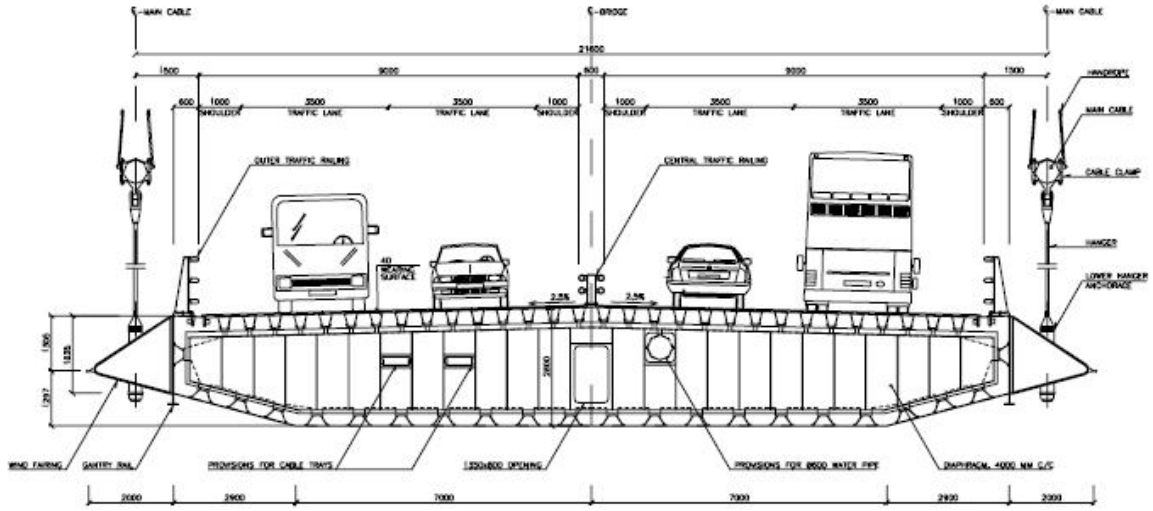
- طول کل پل: شامل طول روسازی روی پل و طول پیش دالها
- عرض کل پل: عرض سواره رو + عرض پیاده روها+عرض قرنیزها+عرض جزیره میانی
- عرض پیاده روها : مجموع عرض پیاده روها بدون در نظر گرفتن عرض قرنیز
- تعداد سواره رو: مجموع جهات حرکت
- تعداد خطوط ترافیکی: مجموع تعداد لاینهای ترافیکی هر دو جهت
- نشانه فاصله آزاد 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 محوسب 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 مستحدثات 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.**


MAIN CABLE
HANGER
E-BEARINGS
E-BEARINGS
ANCHOR BLOCK
ABUTMENT
ELEVATION
1:500
SECTION
1:200

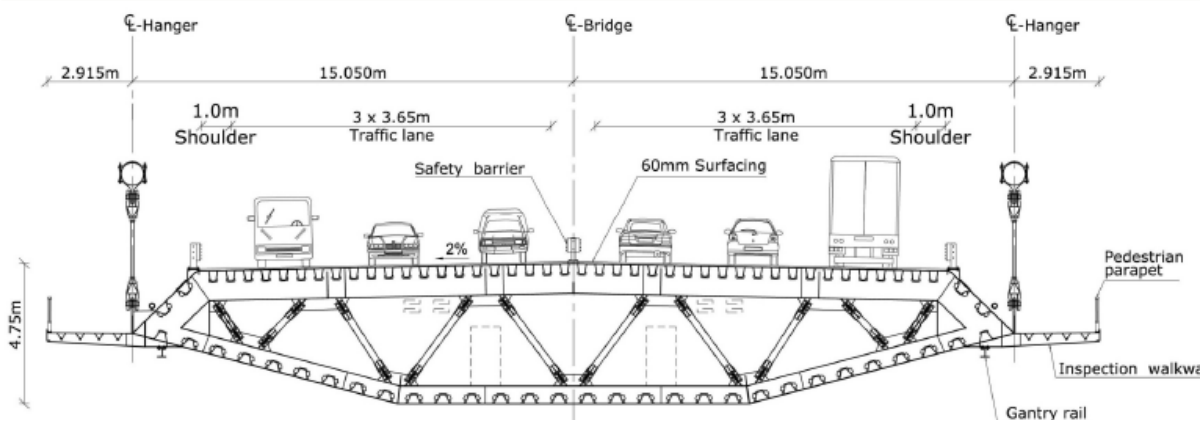


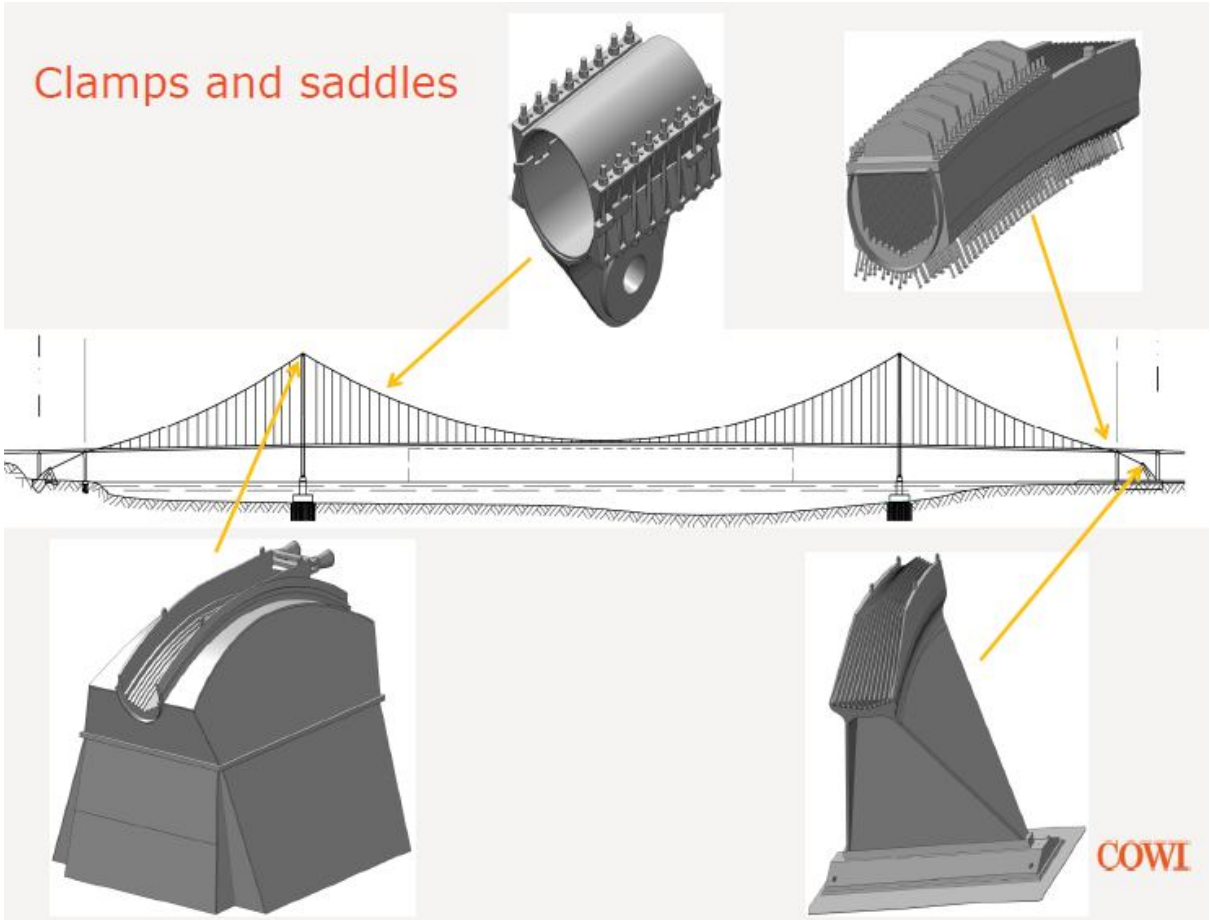
Central Pylon *North Pylon*

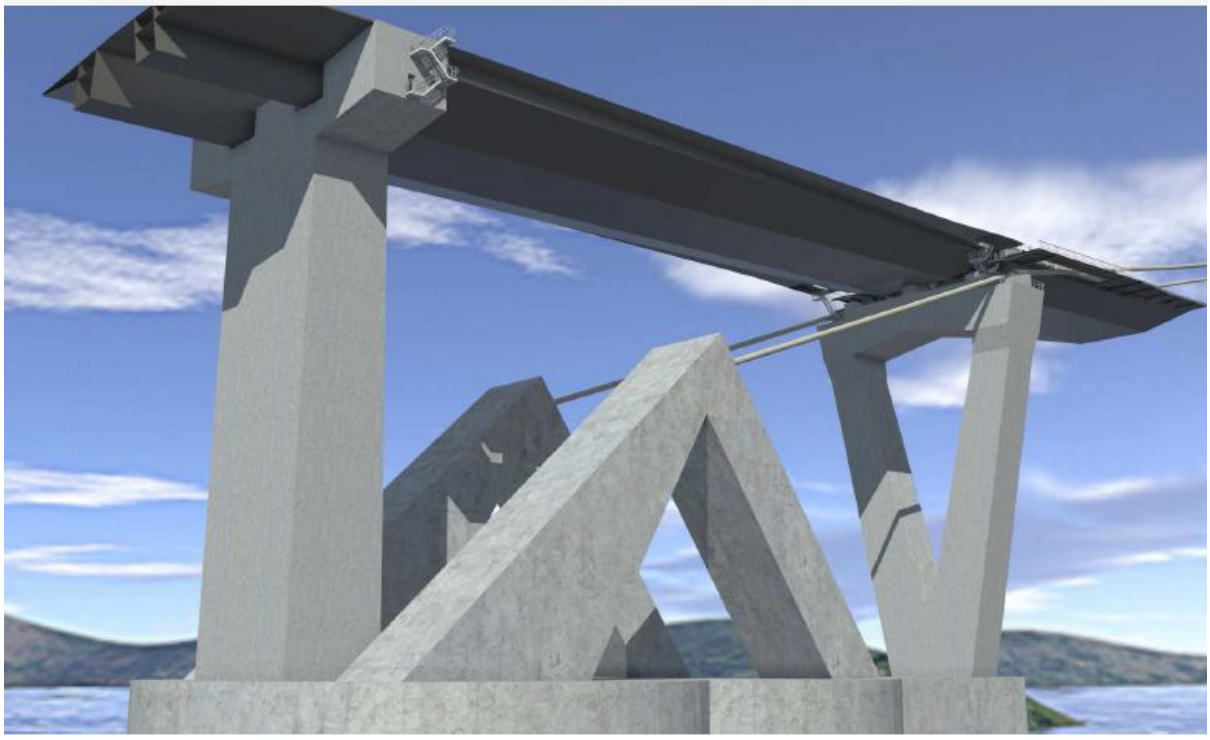


CROSS SECTION, 1:50

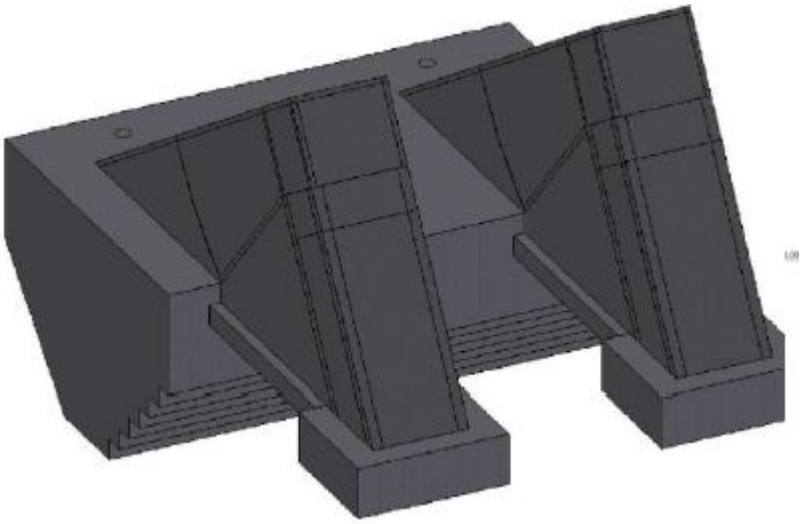
Bridge deck cross section







South Anchor Block



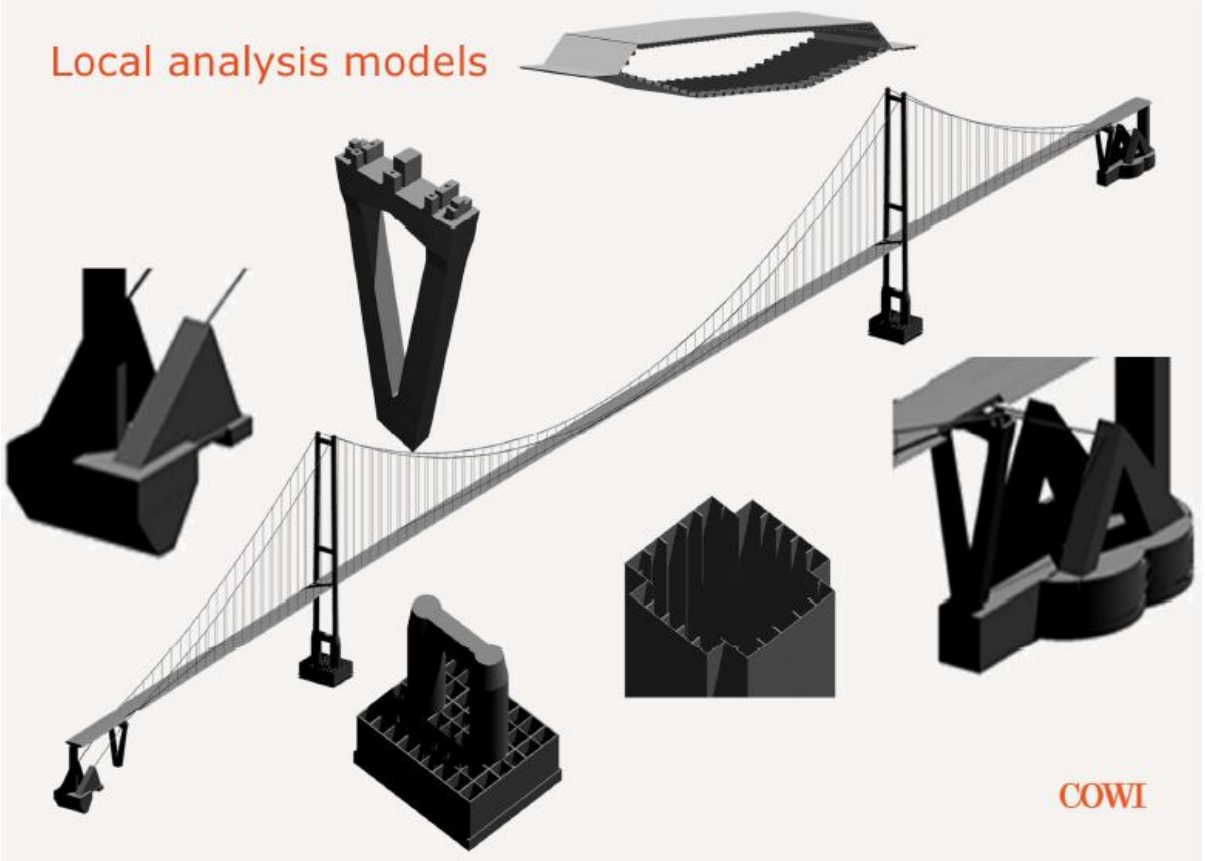
North Anchor Block

Seismic performance criteria

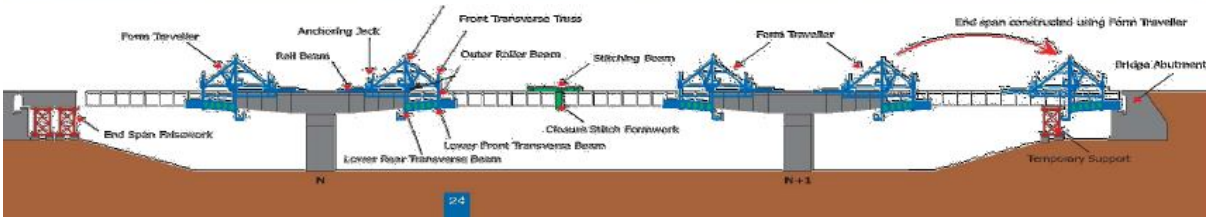
Seismic Event	Ground Motion Return Period	Service Performance Level	Damage Performance Level
Functional Evaluation Earthquake (FEE)	150 years (50% in 100 years)	Immediate Access	No Damage
Safety Evaluation Earthquake (SEE)	1000 years (10% in 100 years)	Limited Access	Repairable Damage
No Collapse Earthquake (NCE)	2500 years (4% in 1000 years)	-	No collapse, life safety Damage

COWI

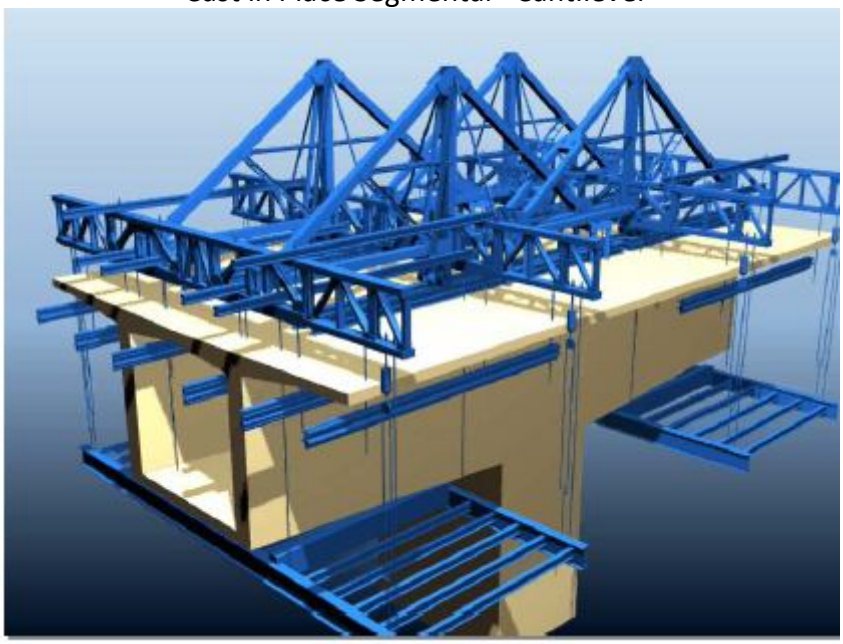
Local analysis models



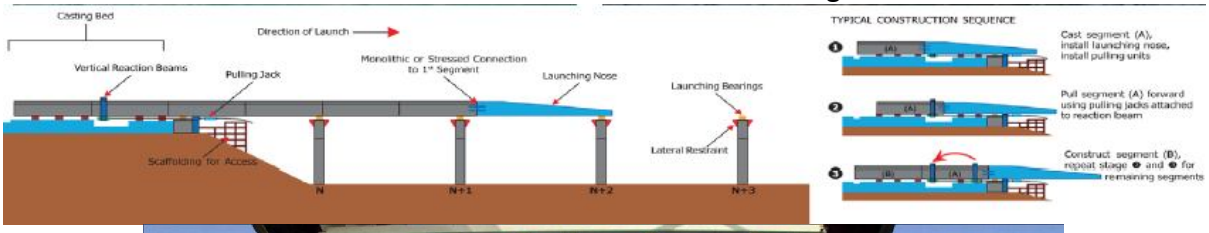
COWI

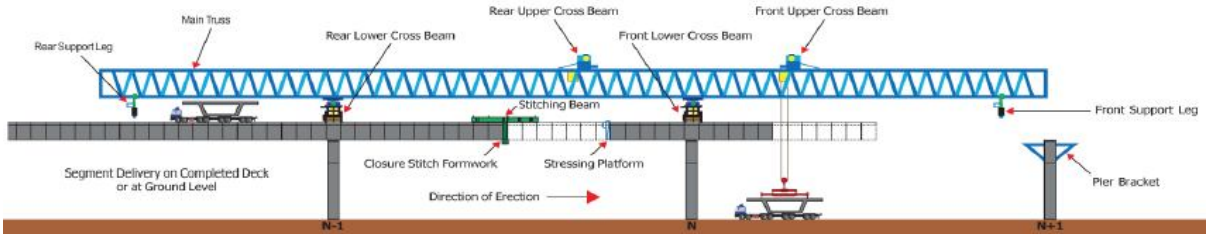


Cast in Place Segmental - Cantilever

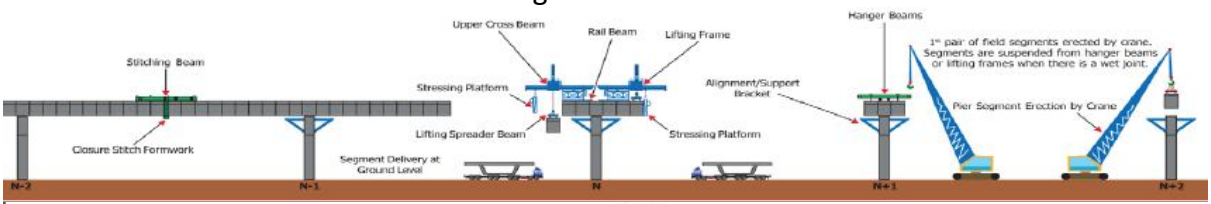


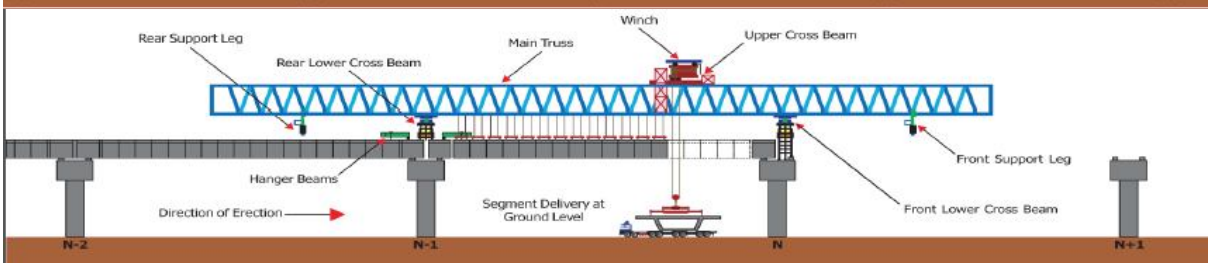
Cast-in-Place- Incremental Launching



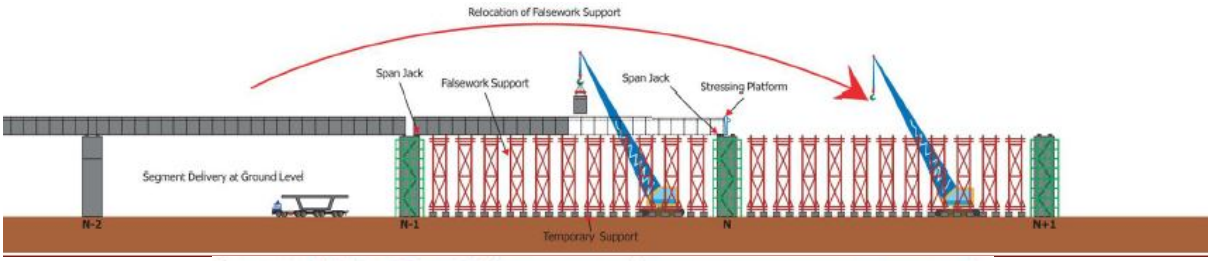


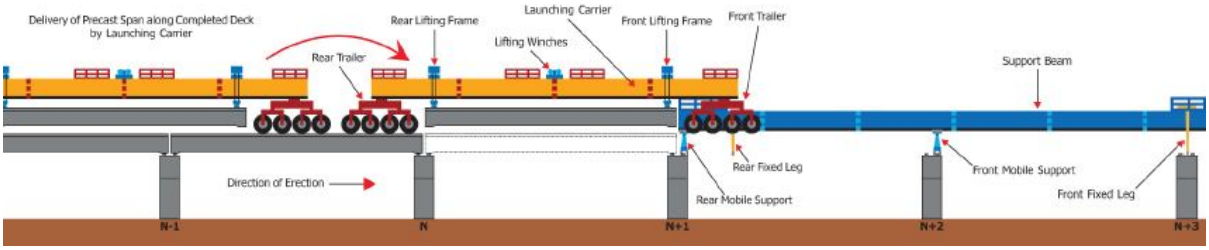
Precast Segmental – Cantilever





Precast Segmental – Span-by-Span





Precast Segmental – Full Span

SEGMENTAL BRIDGE APPLICATIONS

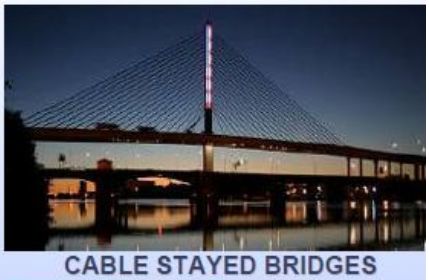
URBAN BRIDGES

LONG SPAN BRIDGES

ENVIRONMENTALLY SENSITIVE

LONG BRIDGES OVER WATER

ARCHES



CABLE STAYED BRIDGES

RAIL BRIDGES

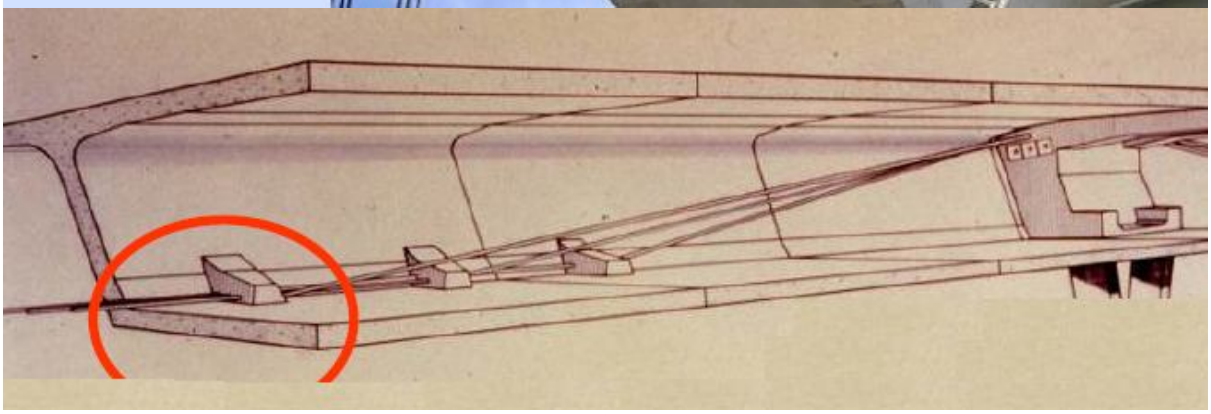
Segmental Construction Methods

SPAN-by-SPAN (Precast)
• CANTILEVER (Precast or Cast-in-Place)
> Balanced
> Uni-Directional
• INCREMENTAL LAUNCH
(Typically an Inefficient use of materials,
so Not commonly used –
need tangent or constant curvature)

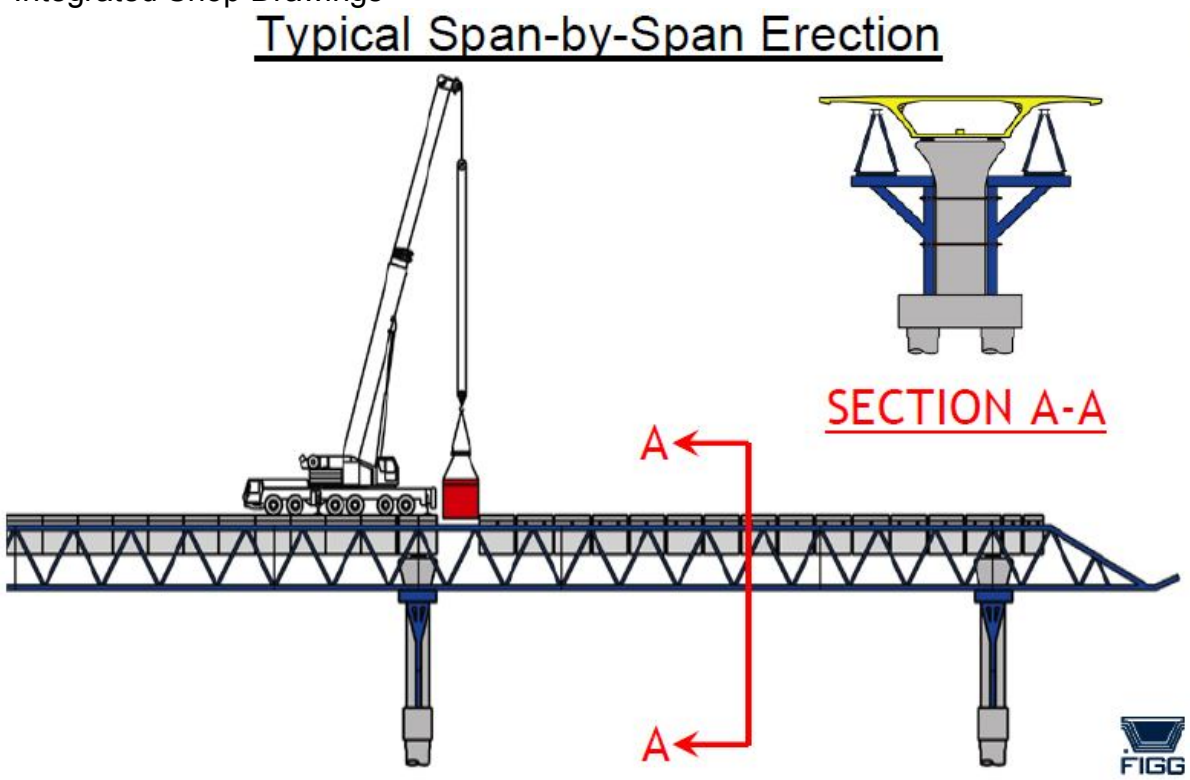
- Span by Span

- Mixed Methods
- Uni-Directional Cantilever

Precast Joints

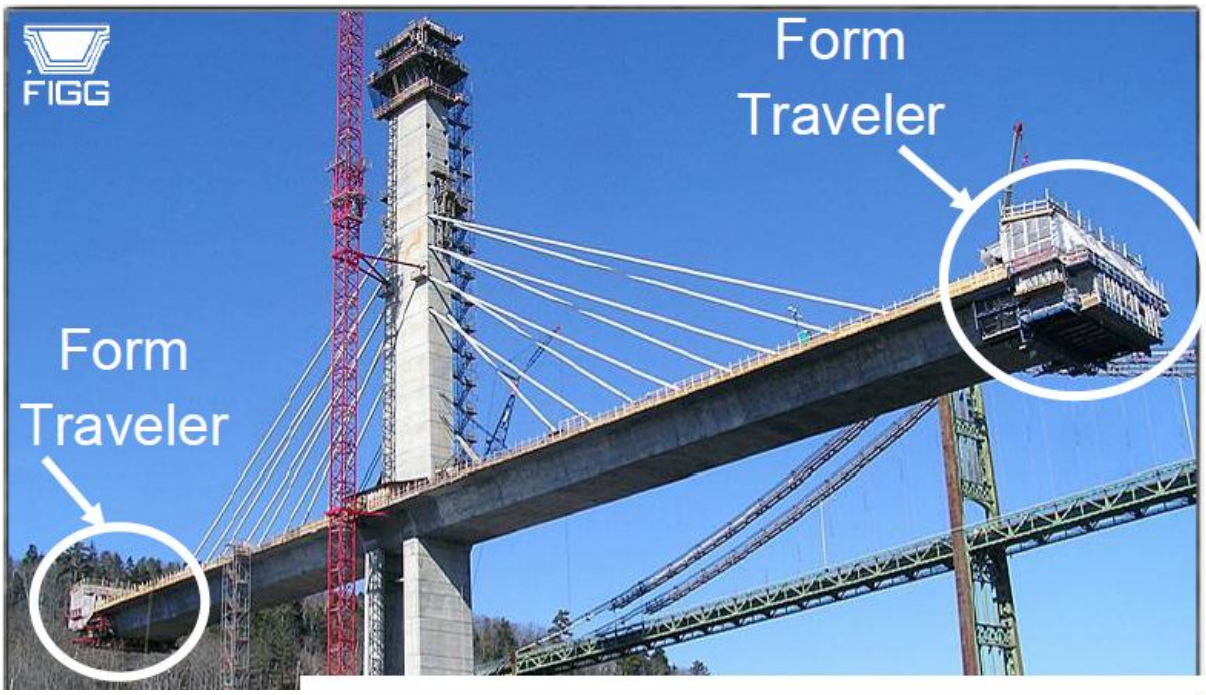


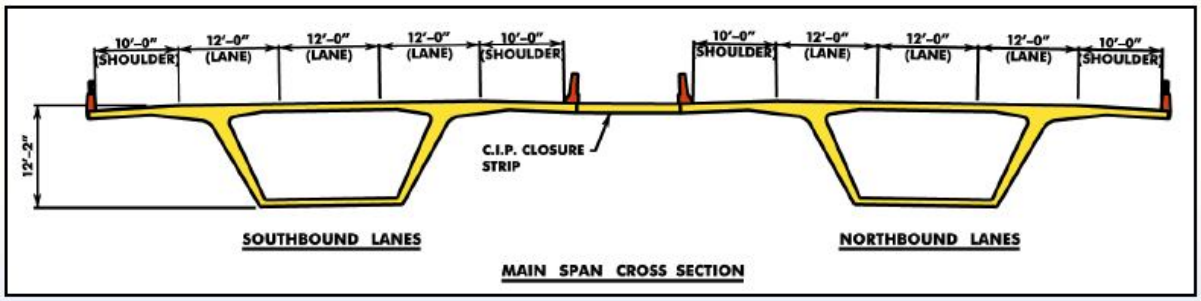
• Camber
• Geometry Control
• Prestressing Parameters
• Erection Loads
• Erection Equipment
• Casting and Erection Manuals
• Integrated Shop Drawings

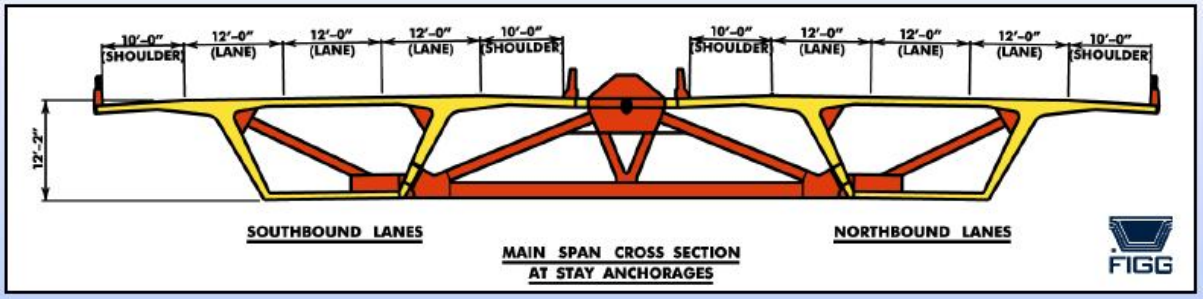


Precast Balanced Cantilever

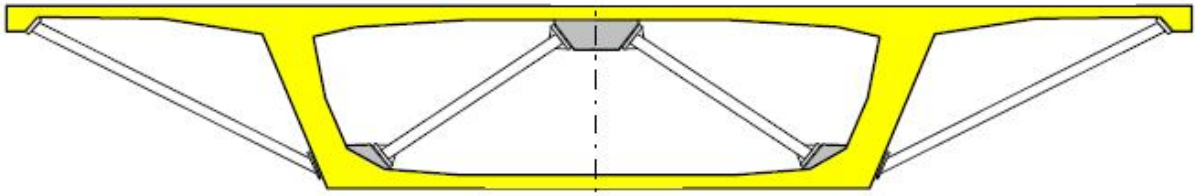
- Barge-mounted cranes
- Ground based cranes
- Beam and Winch
- Overhead Gantry

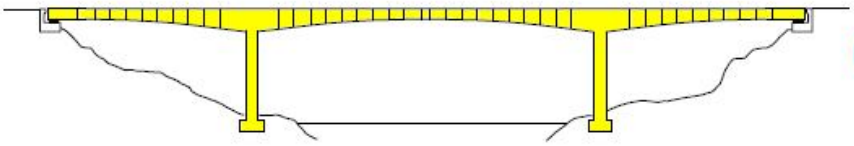




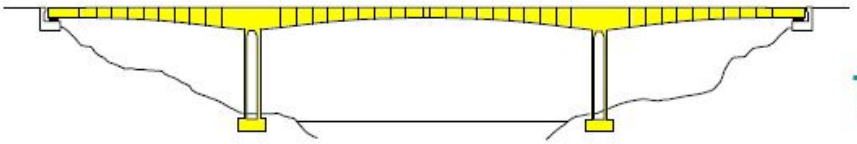


Box-girder with braces

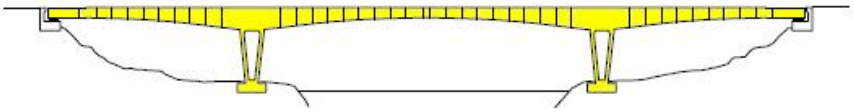




Connected to the pier

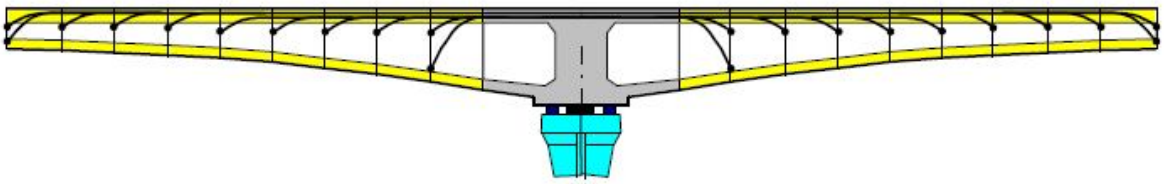


Twin walls



Post-tensioning

Cantilever tendons



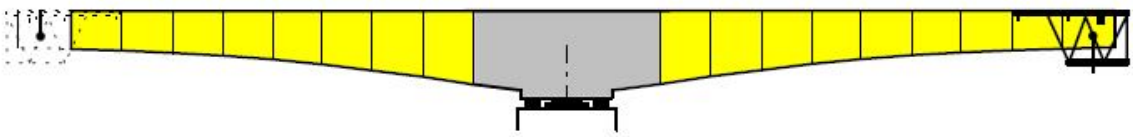
Internal continuity tendons

Anchor on pier

Deflection cross-beam

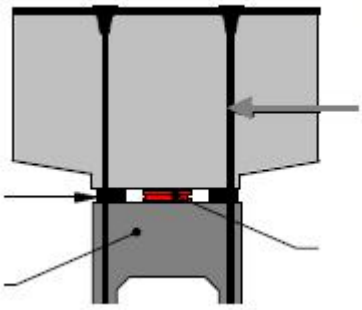
External continuity tendons

Cantilevers stability

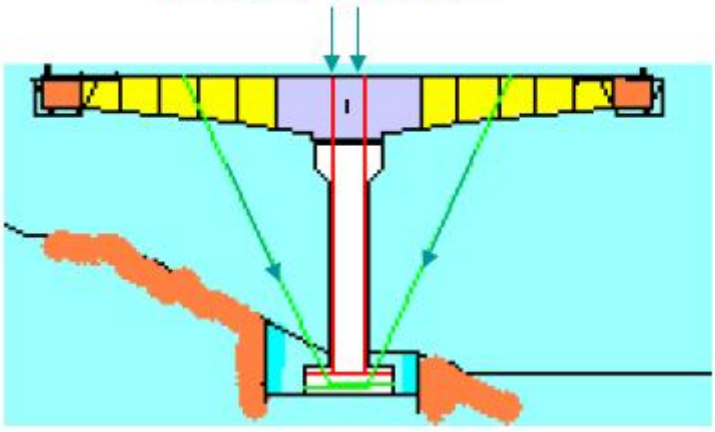


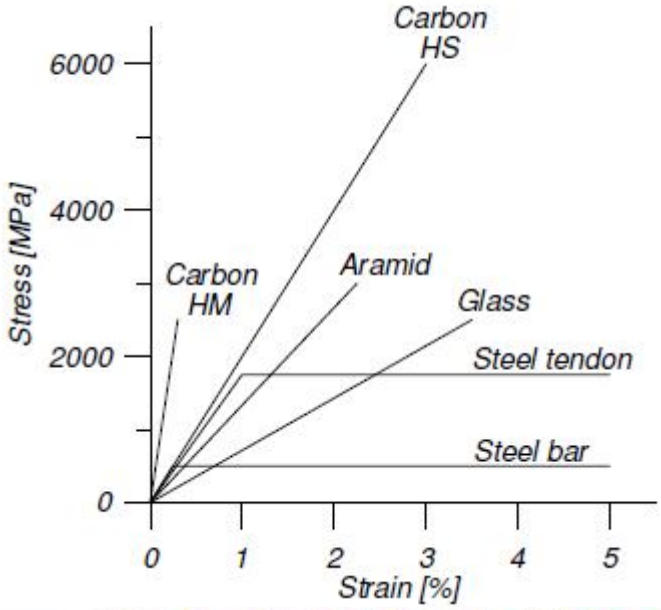
Stability devices

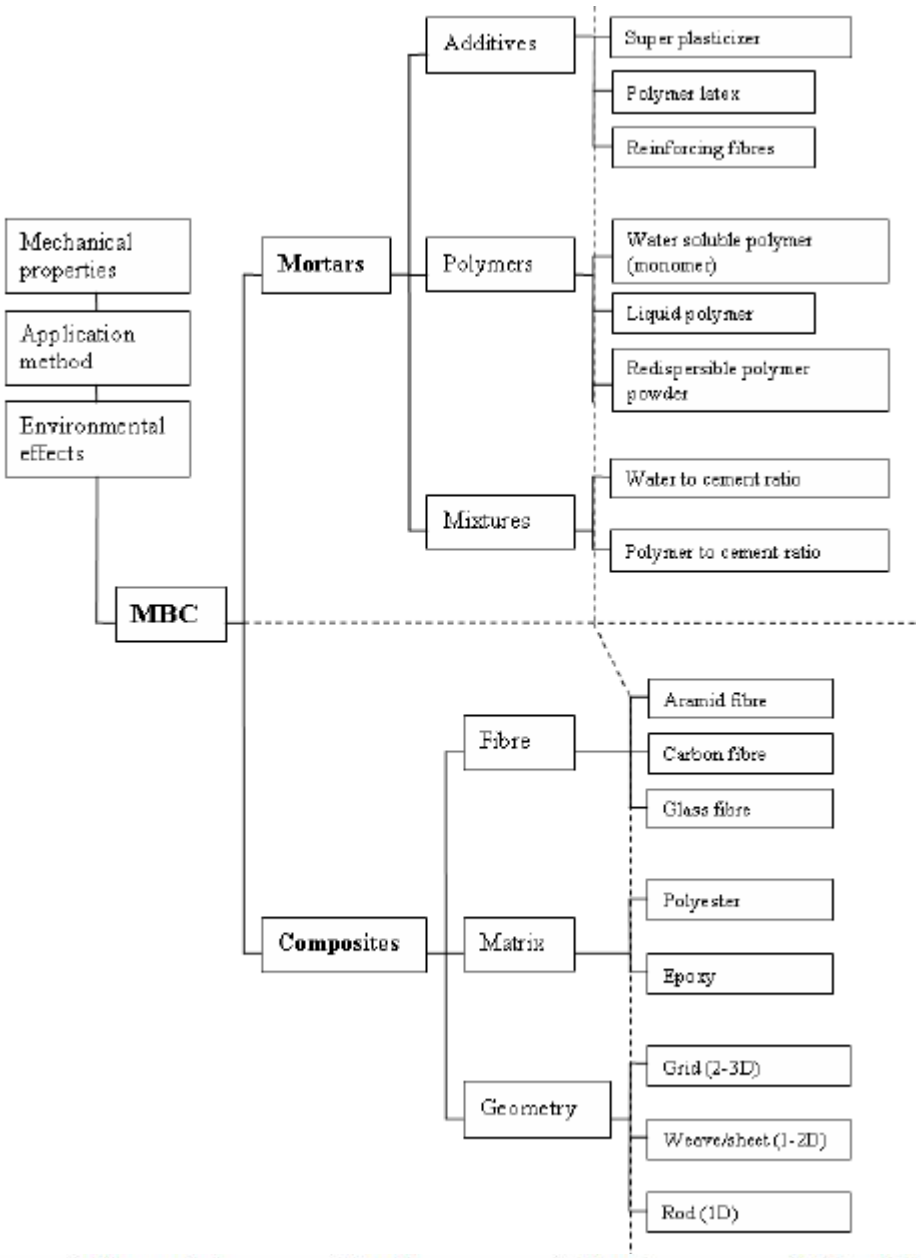
Temporary ties

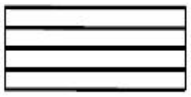
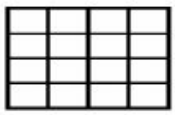
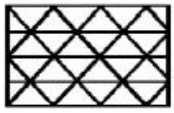
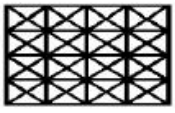


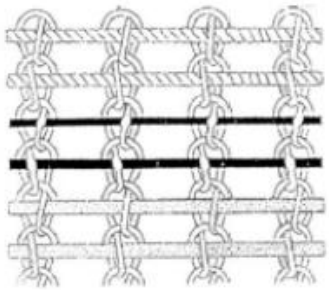
Vertical tendons



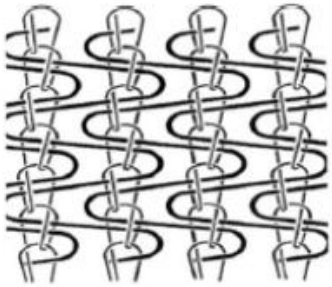




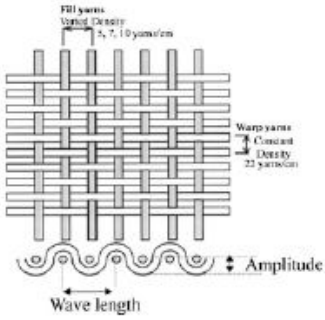
	Mono-axial	Biaxial	Triaxial	Multi-axial
1 Dimensions	Pultruded rod	-	-	-
2 Dimensions	 Sheet	 Plane Weave/grid	 Triaxial Weave/grid	 Multi-axial Weave/grid



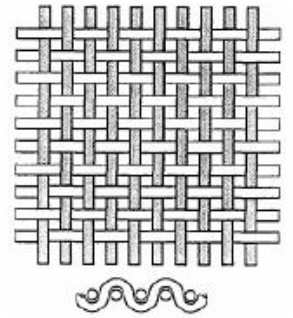
A. Warp Knitted Weft Insertion



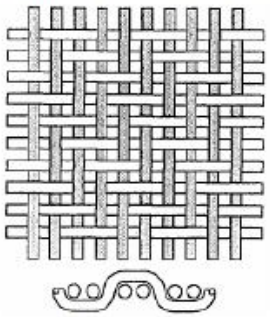
B. Short weft Warp knitted



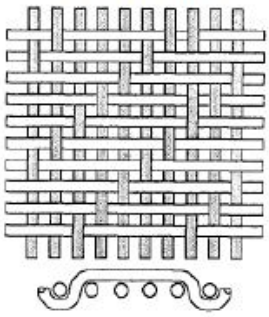
C. Woven plain weave



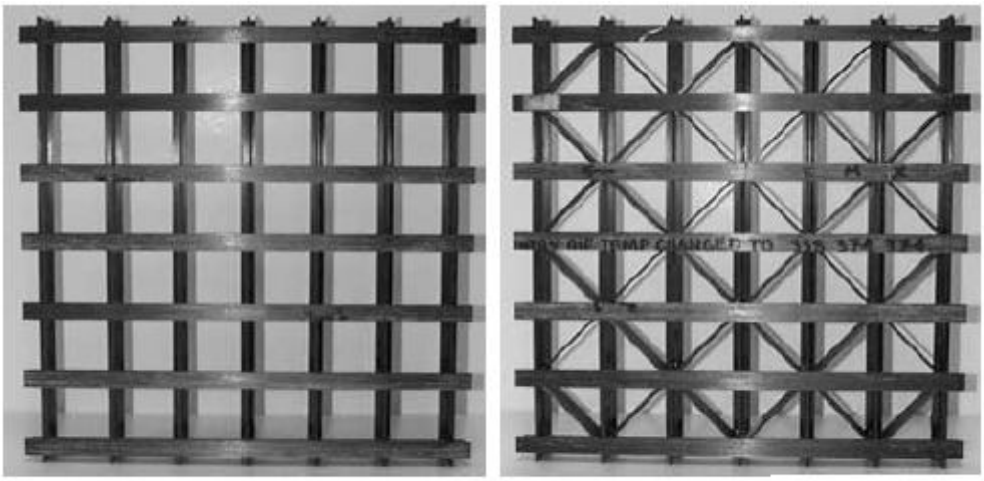
D. Plain weave



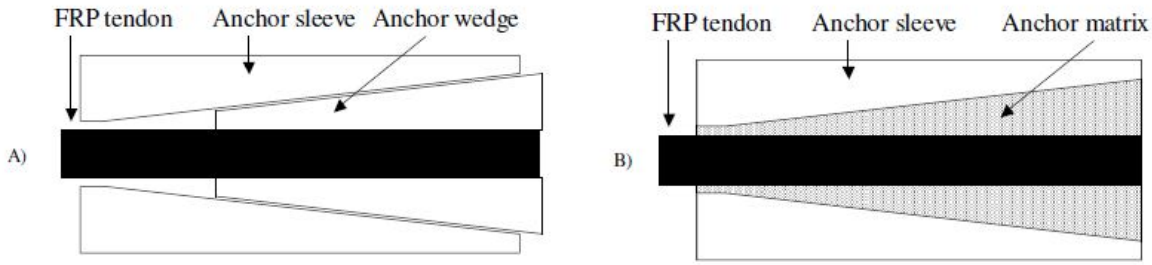
E. Twill weave



F. Satin weave with warp passing over four fill yarns



Biaxial grid (to the left) and a triaxial grid (to the right)



Bad workmanship

- Debonding between concrete surface and resin
- Debonding between two layers of laminates
- Debonding beween resin and lamellae
- Failure in design

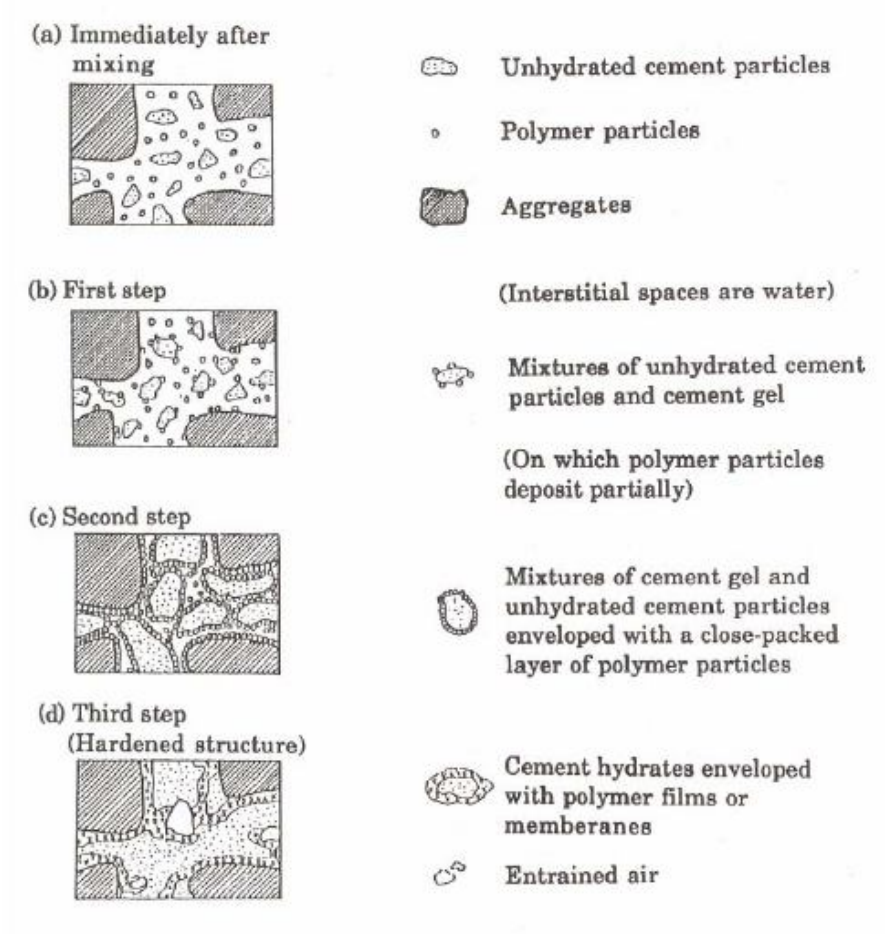
In-service damage

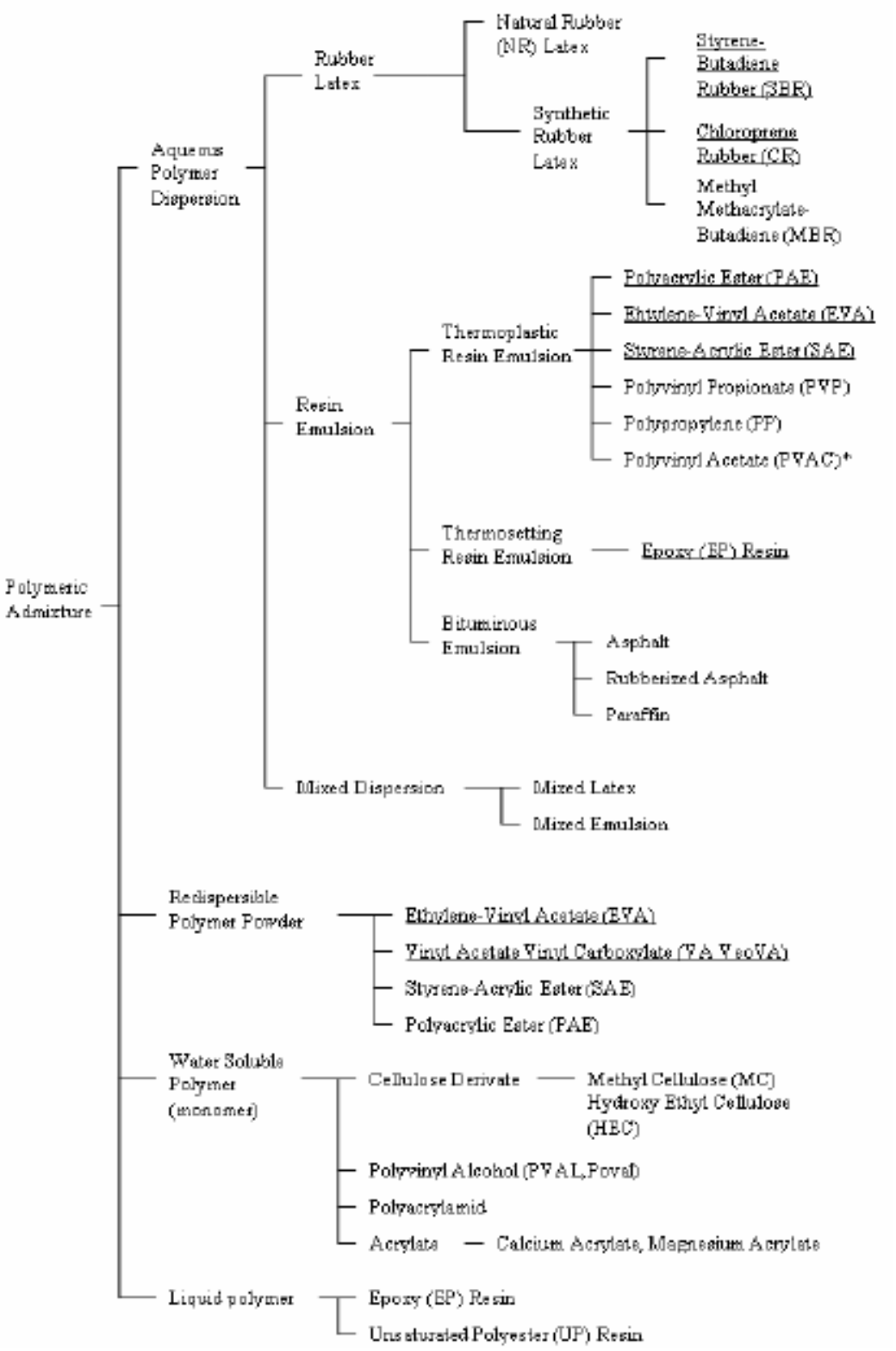
- Shear failure
- Bending failure
- Cracking due to fatigue
- Unforeseen load effects

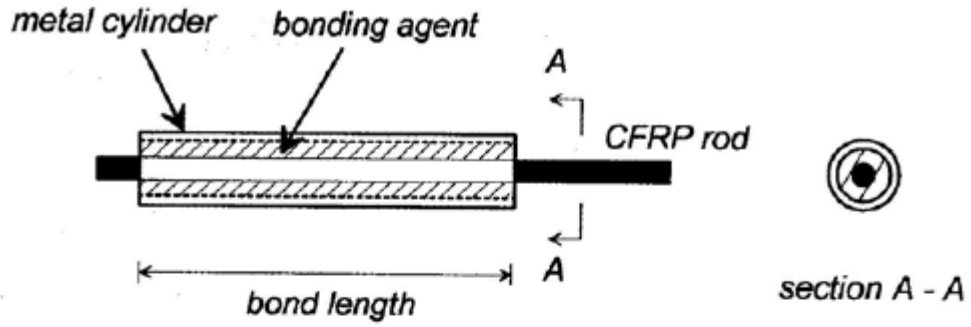
Environmental caused deterioration

- Spalling due to insufficient concrete cover of the reinforcement
- Cracking due to corrosion of the reinforcement
- Chloride ingress

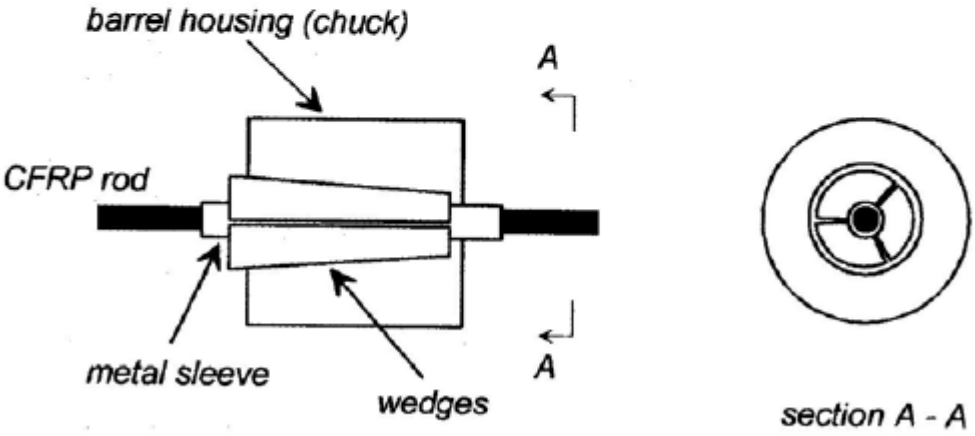
- Construction faults (exposed reinforcing steel, honeycombing)
- Cracking (surface, depth, width)
- Disintegration (peeling, scaling, weathering)
- Distortion or movement (buckling, settling, tilting)
- Erosion (abrasion, cavitations)
- Spalling (popouts, spall)



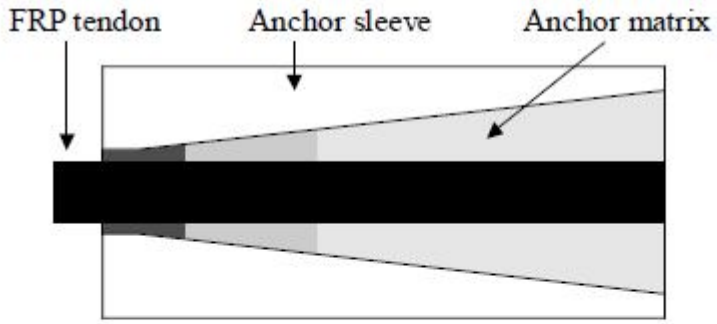

Polymeric Admixture
Aqueous Polymer Dispersion
Rubber Latex
Natural Rubber (NR) Latex
Synthetic Rubber Latex
Styrene-Butadiene Rubber (SBR)
Chloroprene Rubber (CR)
Methyl Methacrylate-Butadiene (MBR)
Resin Emulsion
Thermoplastic Resin Emulsion
Polyacrylic Ester (PAE)
Ethylene-Vinyl Acetate (EVA)
Styrene-Acrylic Ester (SAE)
Polyvinyl Propionate (PVP)
Polypropylene (PP)
Polyvinyl Acetate (PVAC)*
Thermosetting Resin Emulsion
Epoxy (EP) Resin
Bituminous Emulsion
Asphalt
Rubberized Asphalt
Paraffin
Mixed Dispersion
Mixed Latex
Mixed Emulsion
Redispersible Polymer Powder
Ethylene-Vinyl Acetate (EVA)
Vinyl Acetate Vinyl Carboxylate (VA VeoVA)
Styrene-Acrylic Ester (SAE)
Polyacrylic Ester (PAE)
Water Soluble Polymer (monomer)
Cellulose Derivate
Methyl Cellulose (MC)
Hydroxy Ethyl Cellulose (HEC)
Polyvinyl Alcohol (PVAL,Poval)
Polyacrylamid
Acrylate
Calcium Acrylate, Magnesium Acrylate
Liquid polymer
Epoxy (EP) Resin
Unsaturated Polyester (UP) Resin

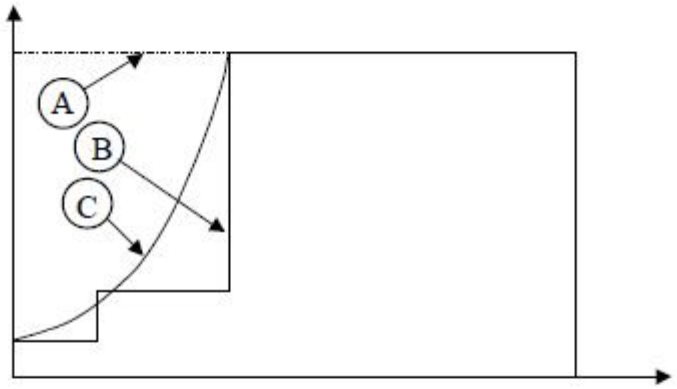


(a) resin-filled sleeve



(b) thin tube sleeve.

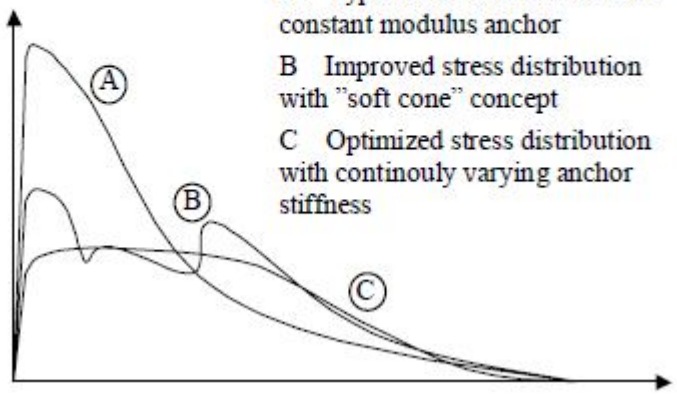


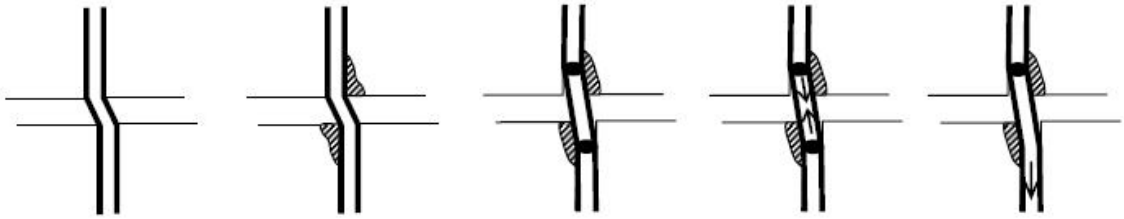


A Typical stress distribution for constant modulus anchor

B Improved stress distribution with "soft cone" concept

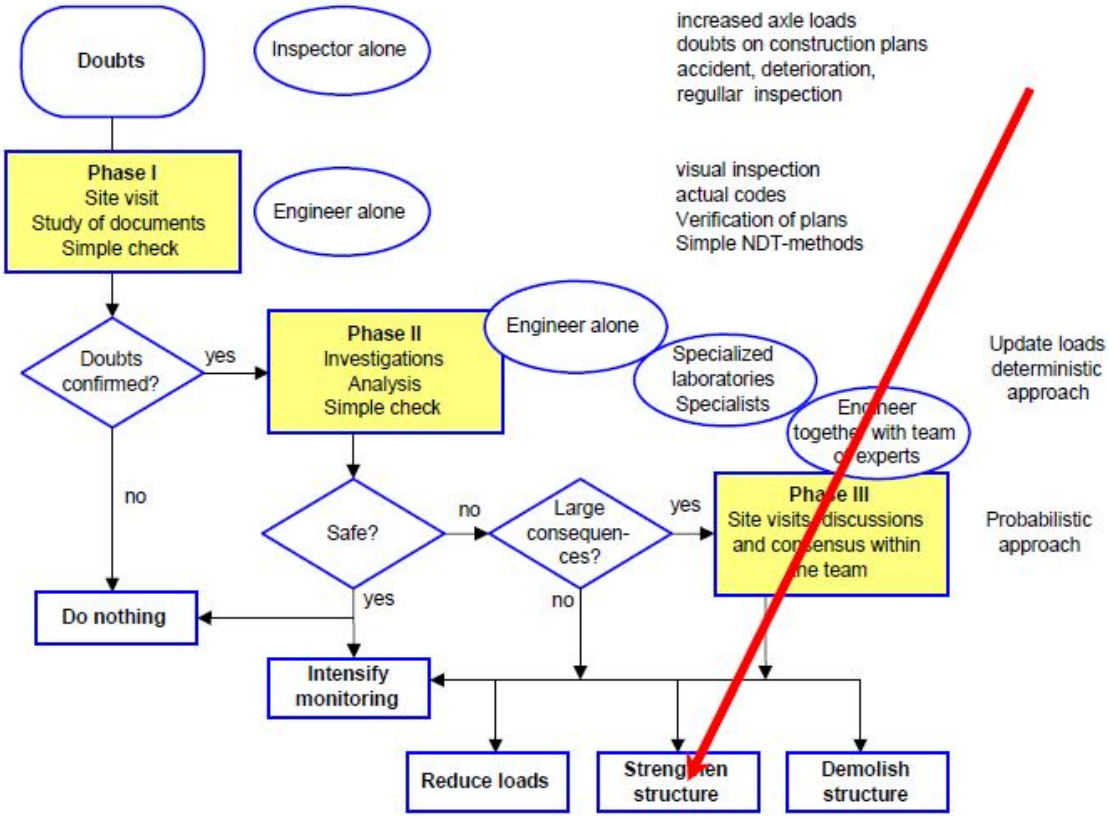
C Optimized stress distribution with continouly varying anchor stiffness



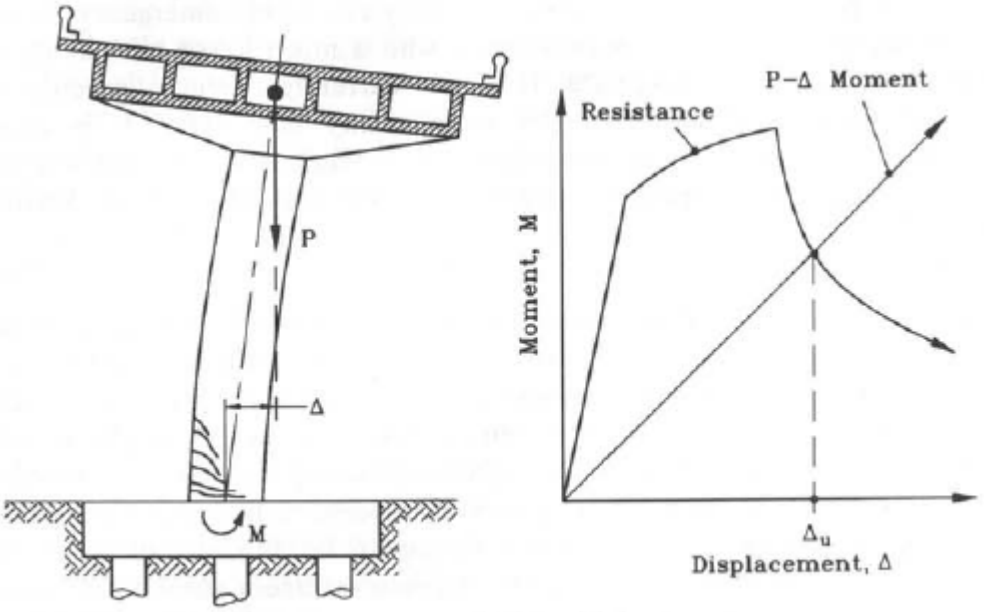


a) Shear in pin b) Bearing/crushing c) Plastic hinge d) Tension in pin e) Pull out

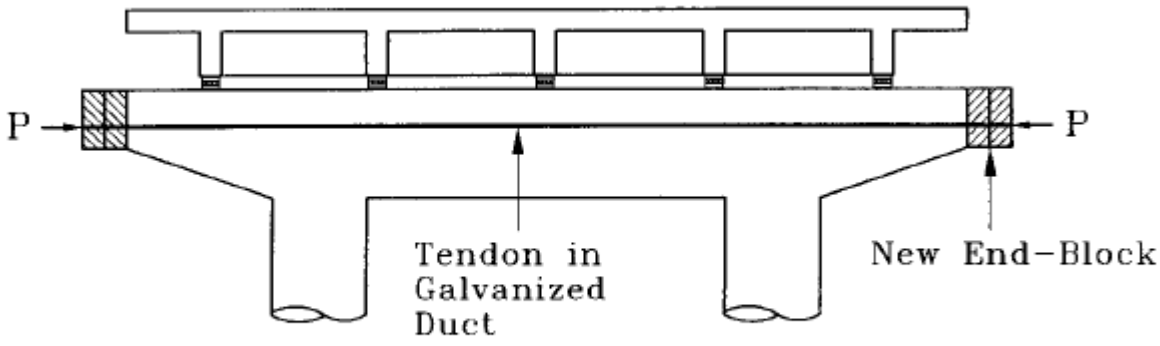
Failure mechanisms in pin



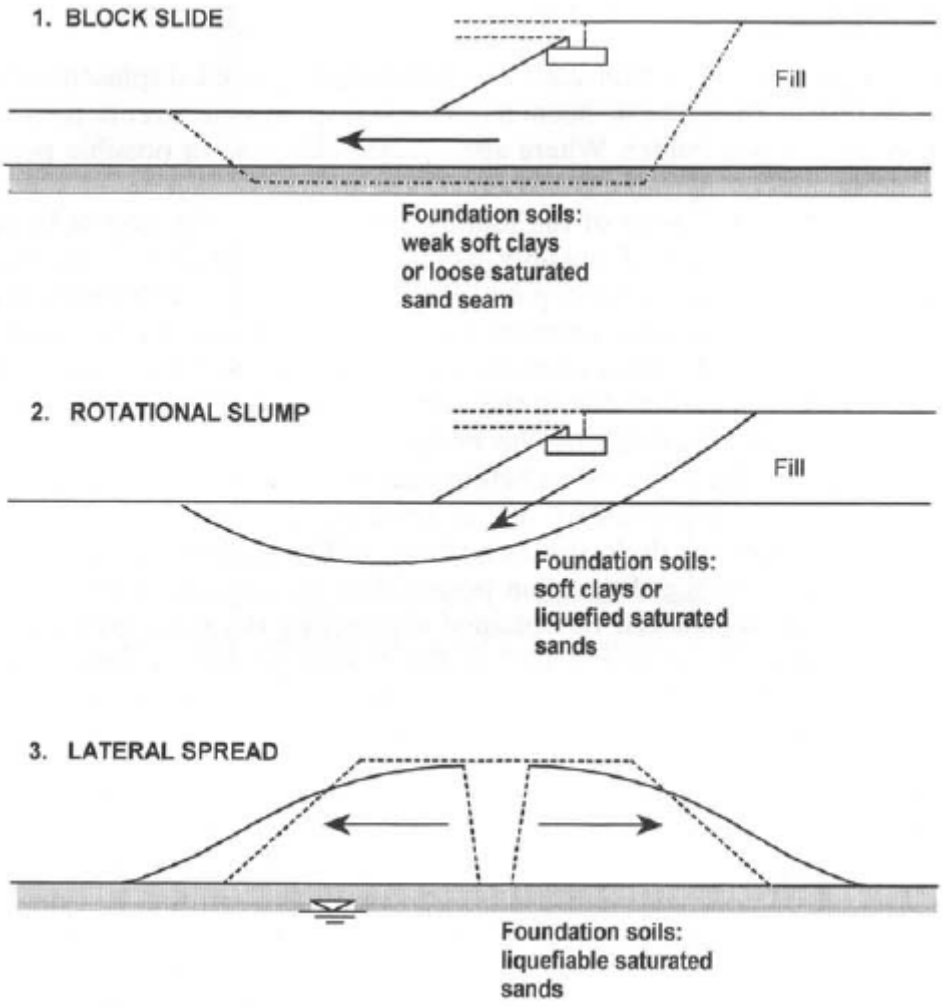
Repair and Strengthening in the assessment diagram, developed in



P–Δ collapse of a bridge column.



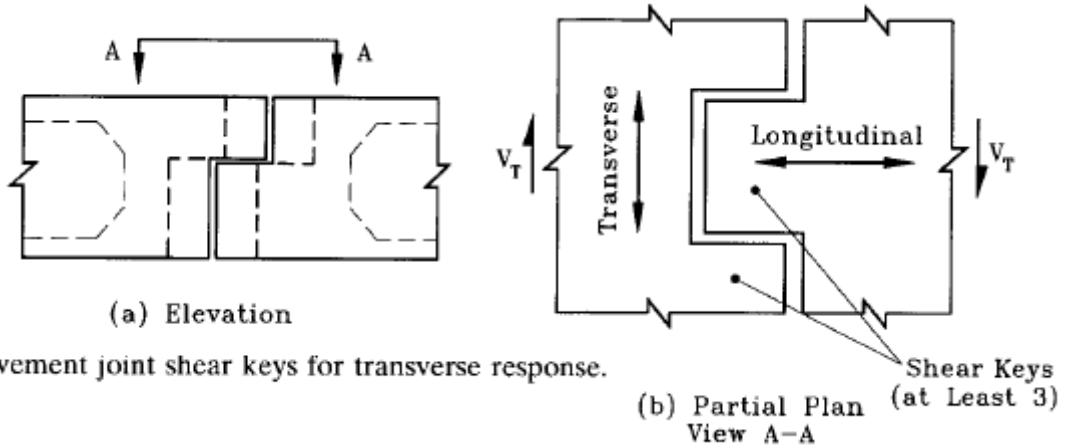
Cap beam retrofit using external prestressing.



Possible failure mechanisms of portions of soil at bridge abutments

Section Shapes for Concrete Superstructures

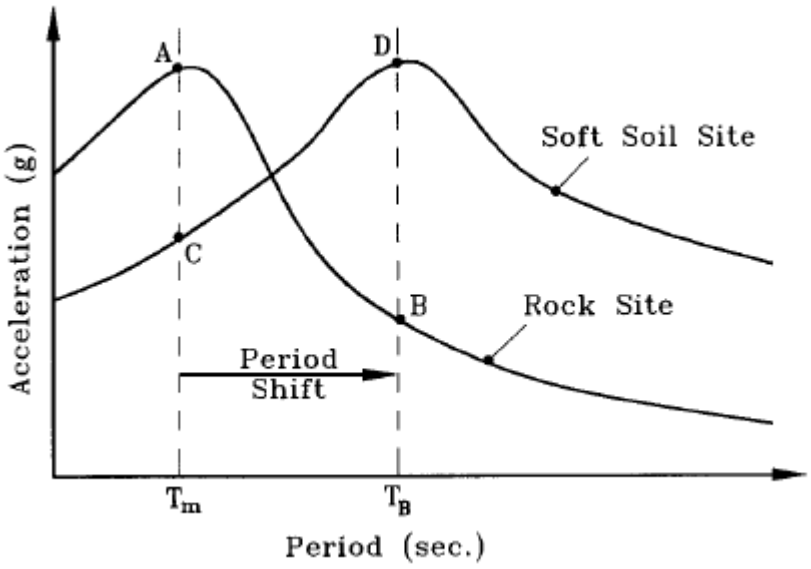
TYPE	EXAMPLE	CONSTRUCTION	SPAN RANGE
Solid Slab	300-700mm	In Situ	5-15m (15-50 ft)
Voided Slab	900 mm, 450mm	Precast	6-15m (20-50ft)
Inverted-Tee	1000mm, 120-150, 450-600mm	Precast T In Situ Slab	12-24m (40-80ft)
I-Beam	1200-1800 mm	Precast I In Situ Slab	12-35m (40-120ft)
Double-Tee	≈1500 mm	In Situ	25-40m (80-130ft)
Single-Spine Box Girder	1000-6000 mm	Precast or In Situ	30-200m (100-650ft)
Multi-Cell Box Girder	1000-3000mm	Precast or In Situ	30-100m (100-330ft)
Twin-Spine Box Girder	1000-6000mm	Precast or In Situ	30-200m (100-650ft)
Rectangular Box	2000-6000 mm	Precast or In Situ	30-150m (100-300ft)



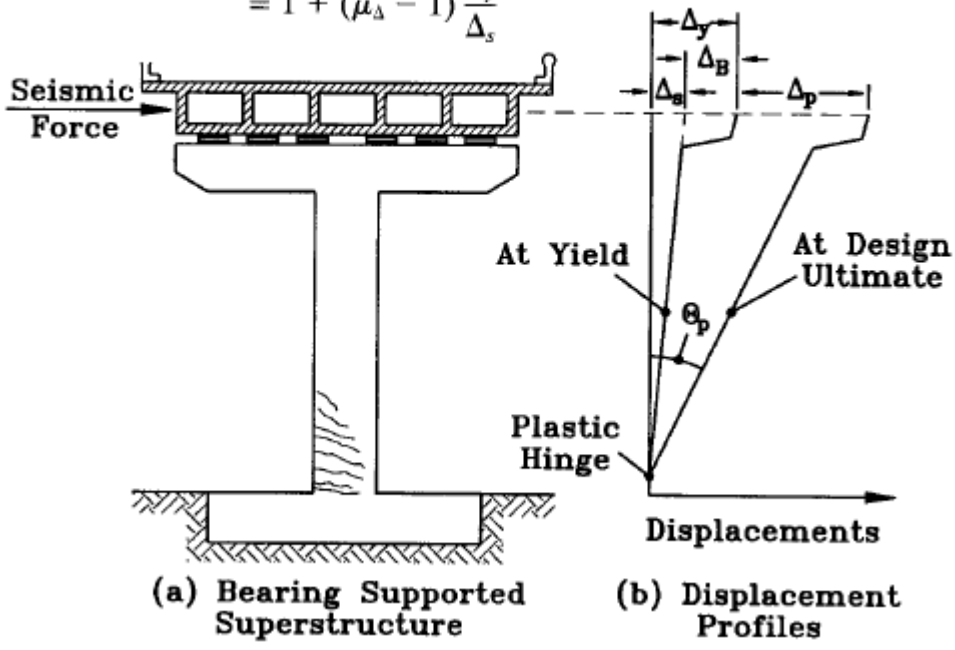
(a) Elevation

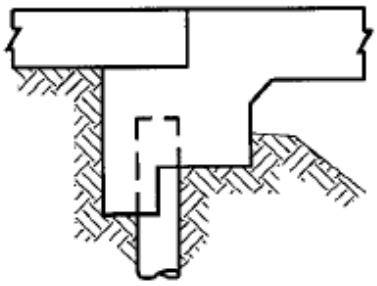
(b) Partial Plan View A–A

Movement joint shear keys for transverse response.

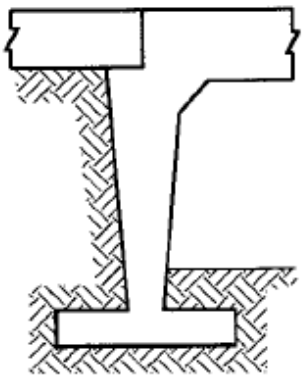


$$\mu_{\Delta c} = 1 + \frac{\Delta_p}{\Delta_s}$$
$$= 1 + (\mu_\Delta - 1)\frac{\Delta_y}{\Delta_s}$$

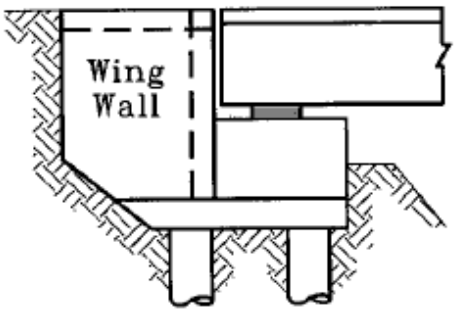




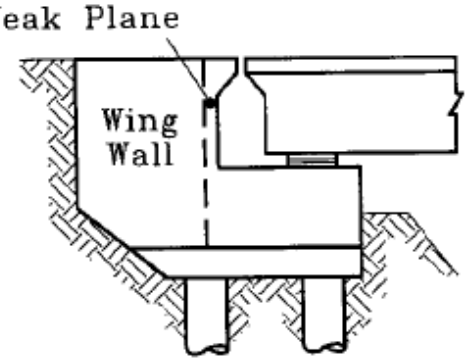
(a) Pile Cap Abutment



(b) Rigid Frame Abutment

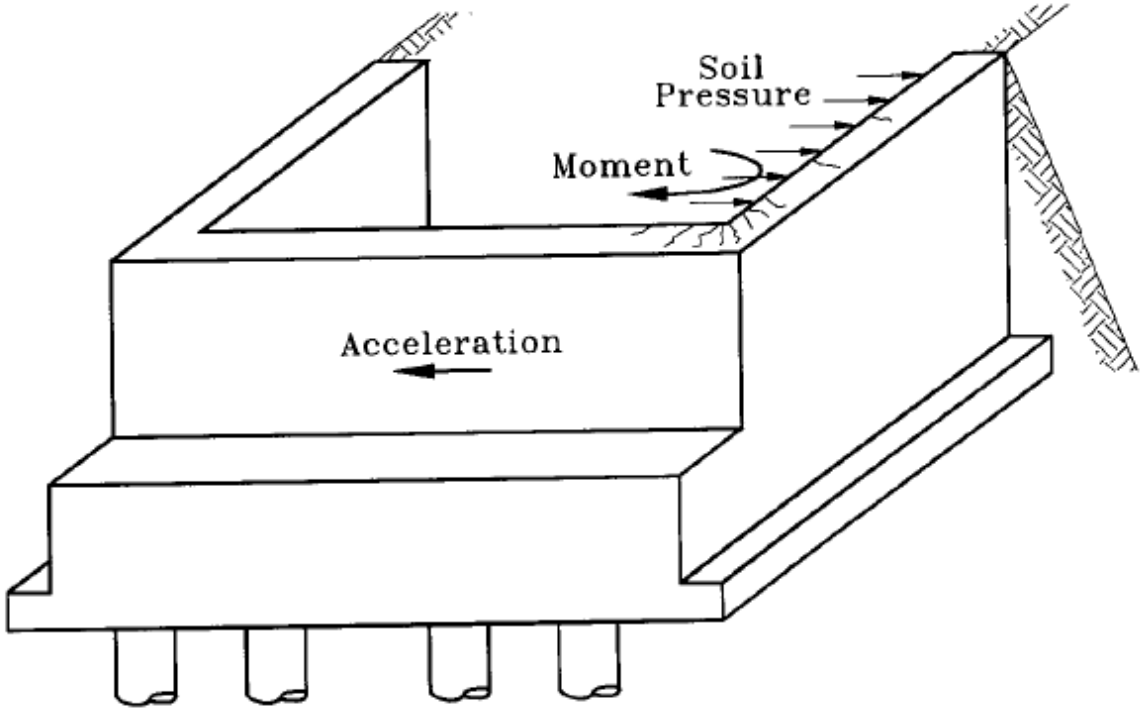


(c) Seat-Type Abutment

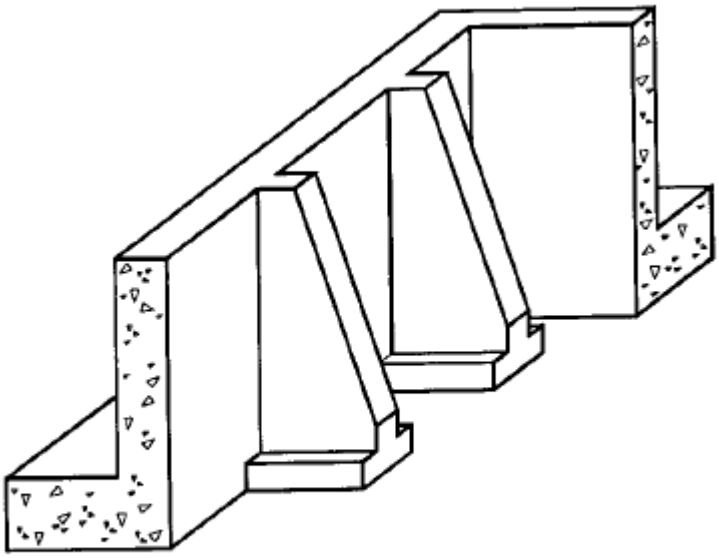


(d) Knock-off Back Wall Detail

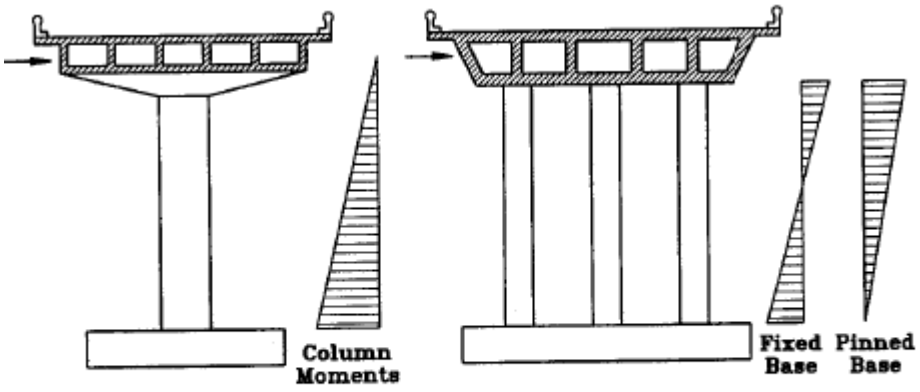
Abutment types for longitudinal response.



(a) Resistance by Wing Wall

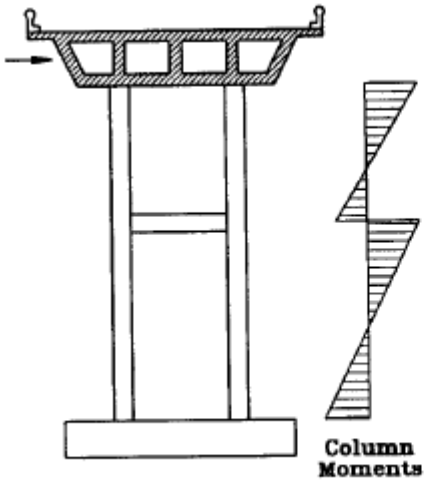


(b) Back Wall with Counterforts

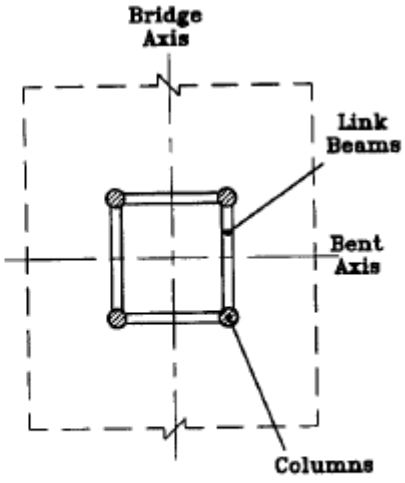


(a) Single Column

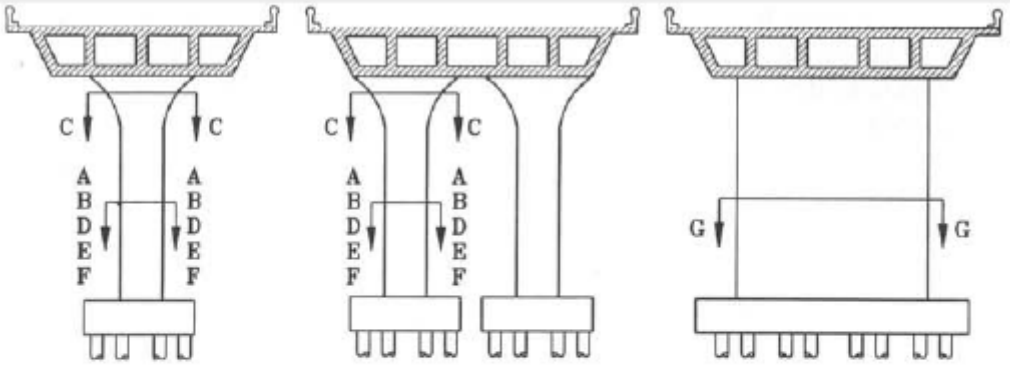
(b) Multiple Columns



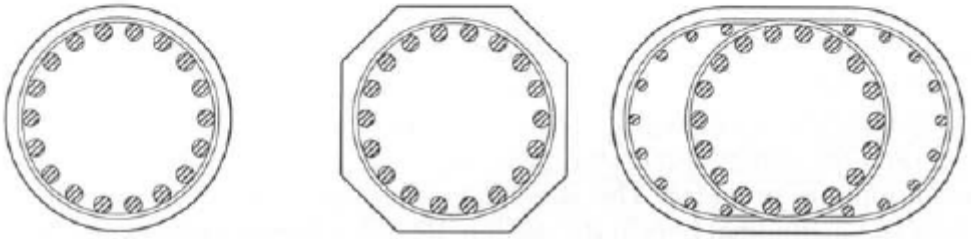
(c) Linked Columns



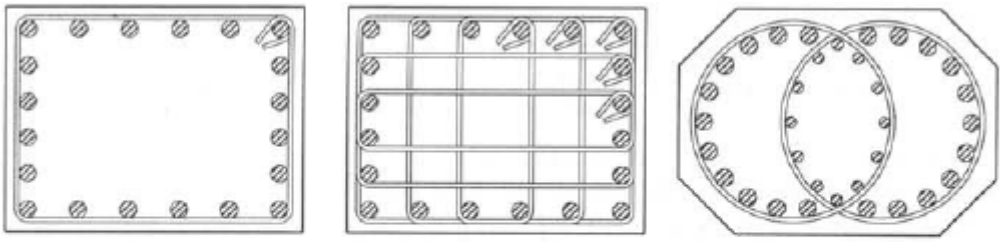
(d) Linked Columns in Plan



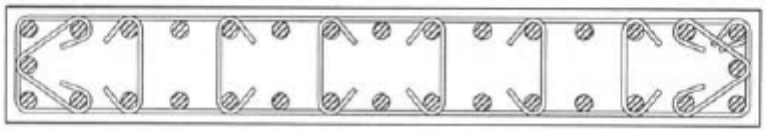
Transverse Elevation



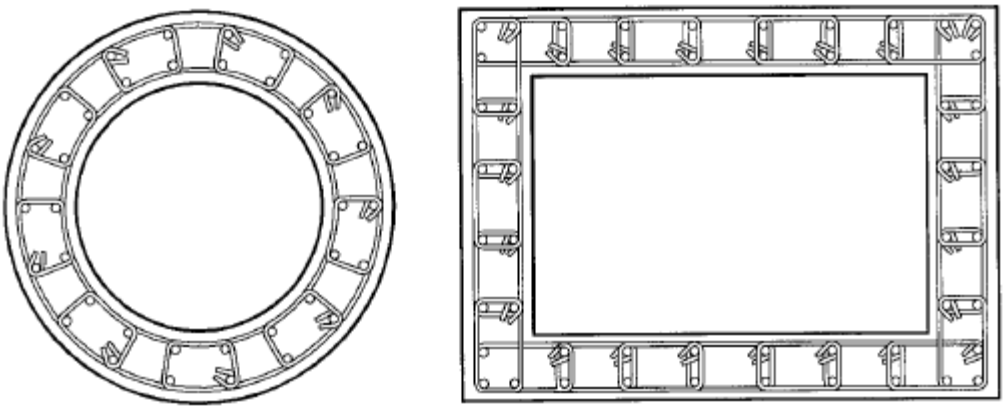
Section A–A | Section B–B | Section C–C



Section D–D (not recommended) | Section E–E | Section F–F

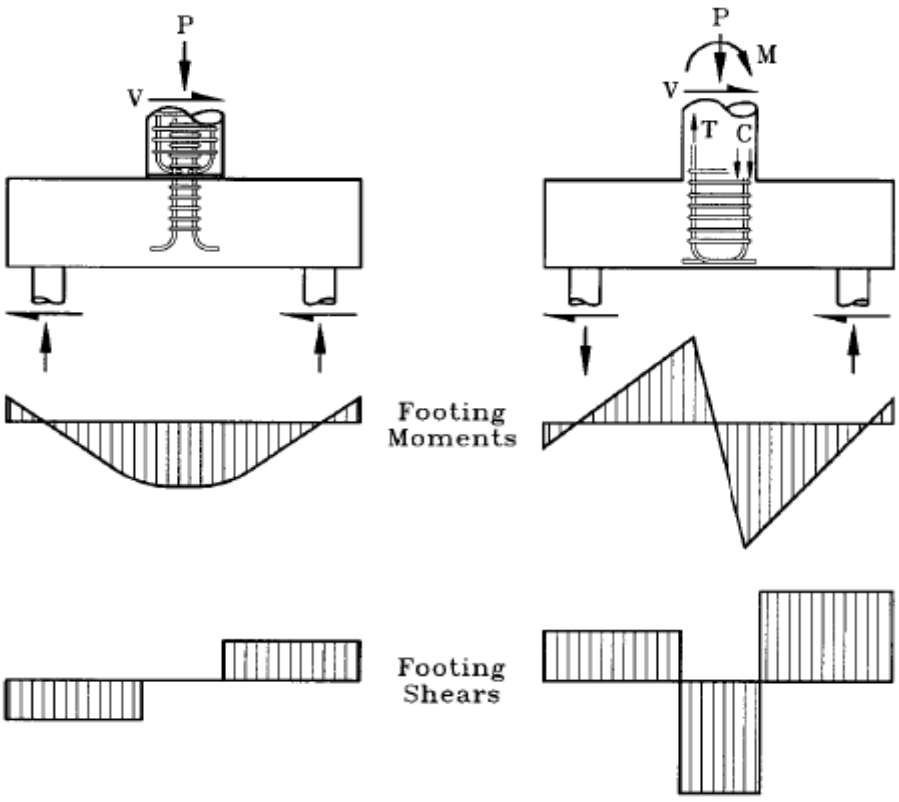


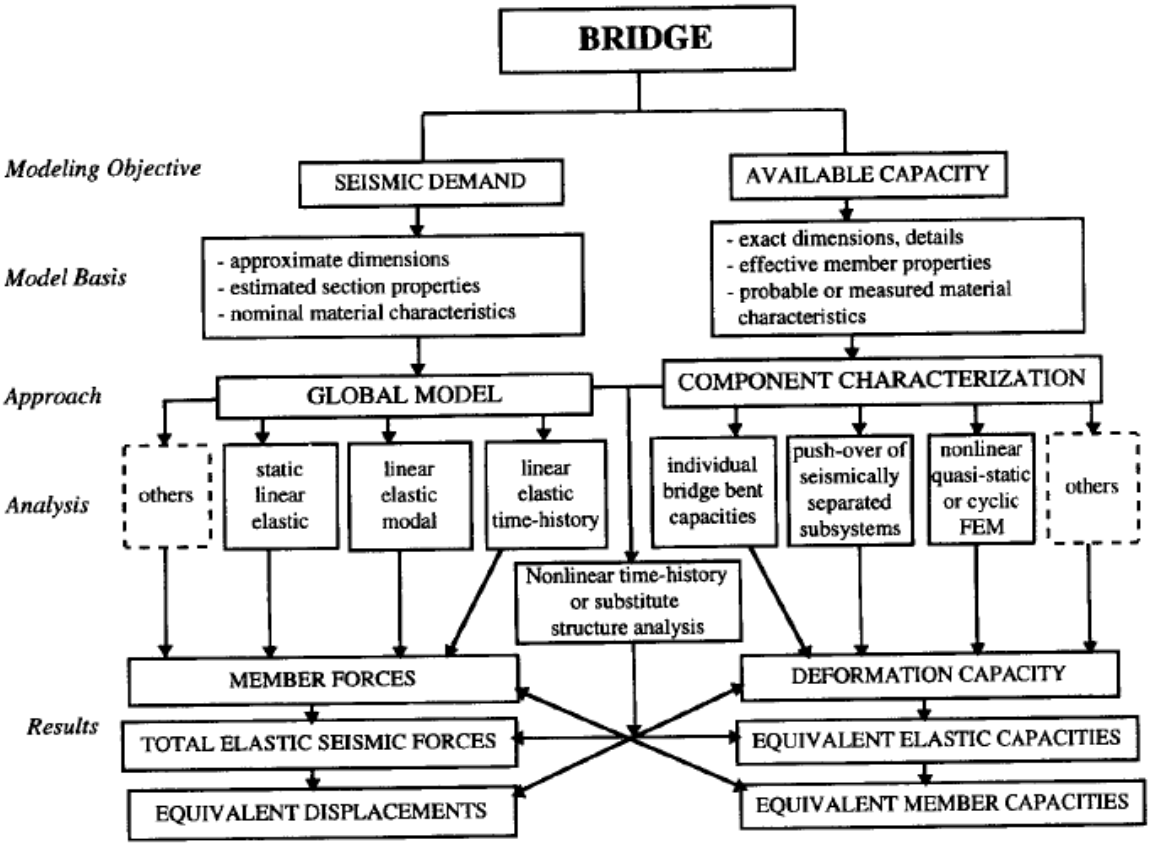
Section G–G



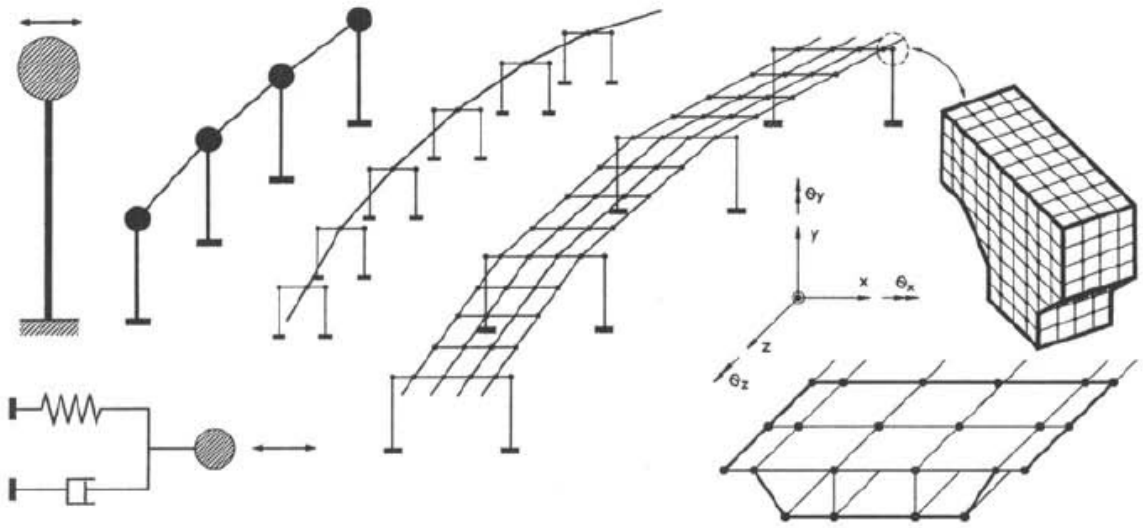
(a) Circular (b) Rectangular

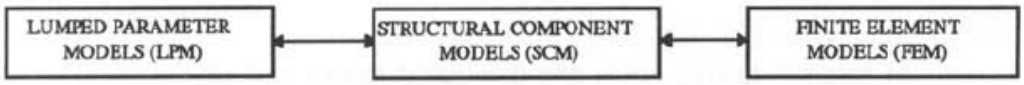
Hollow-section options for tall columns.

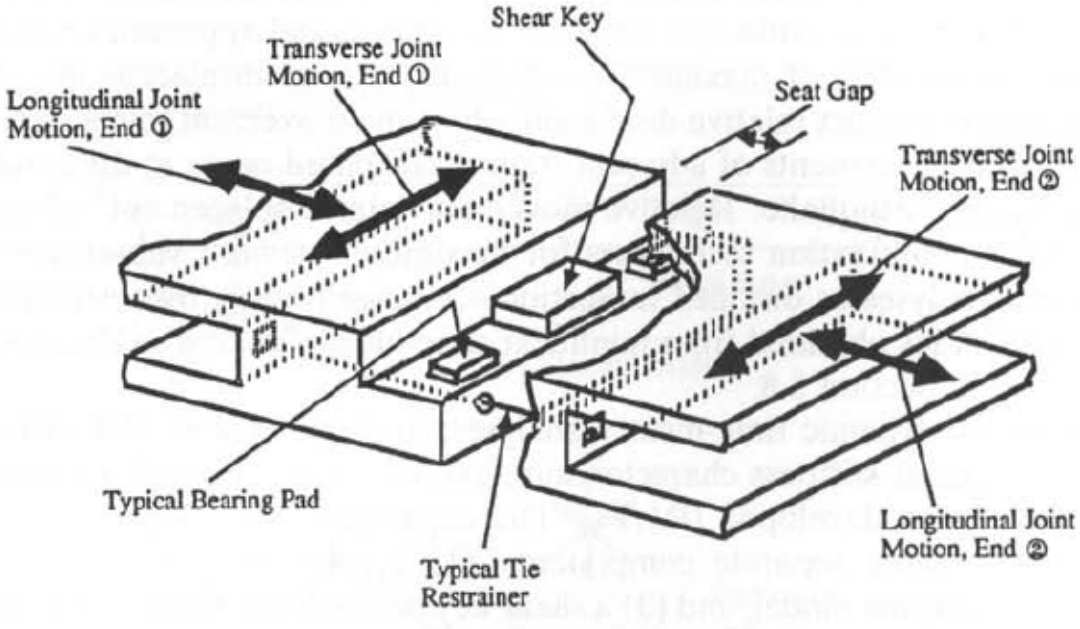


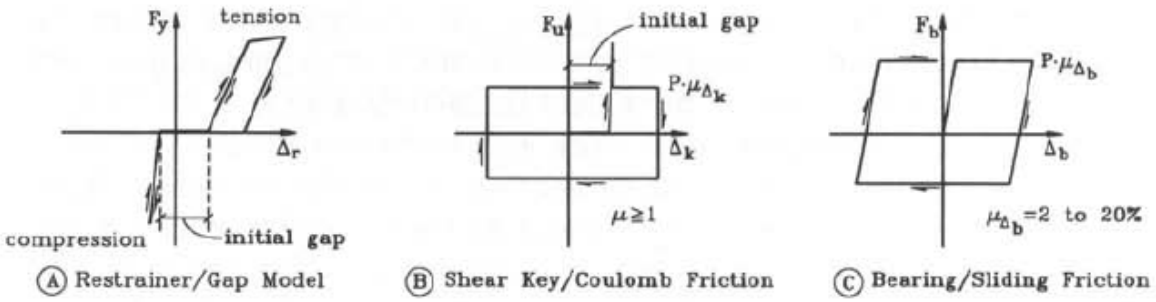


Seismic bridge analysis process.

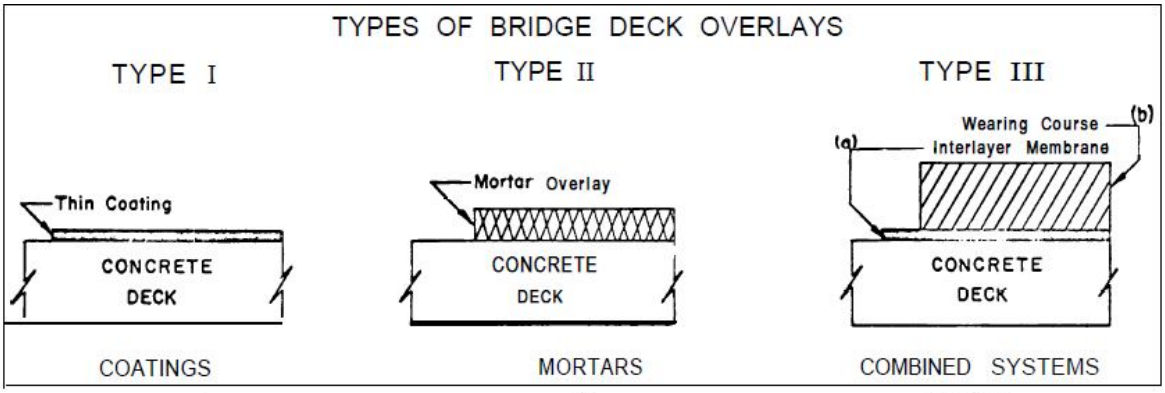


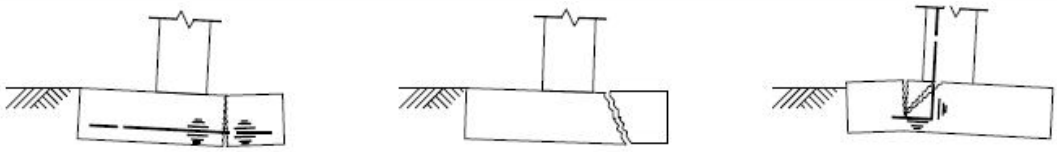




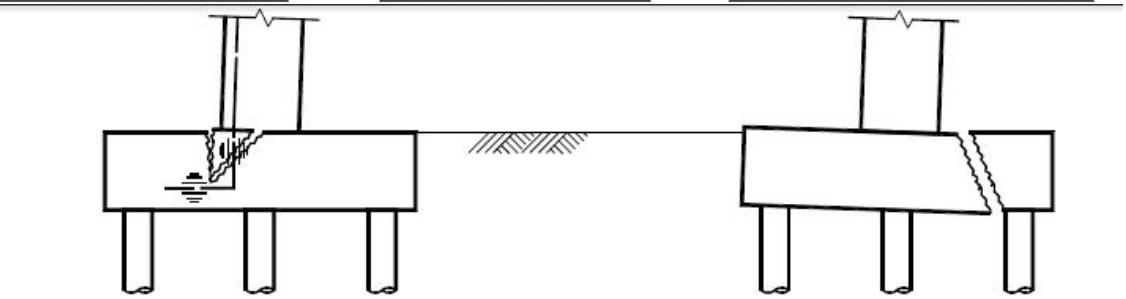


Random-Transverse-Pattern-Diagonal cracking

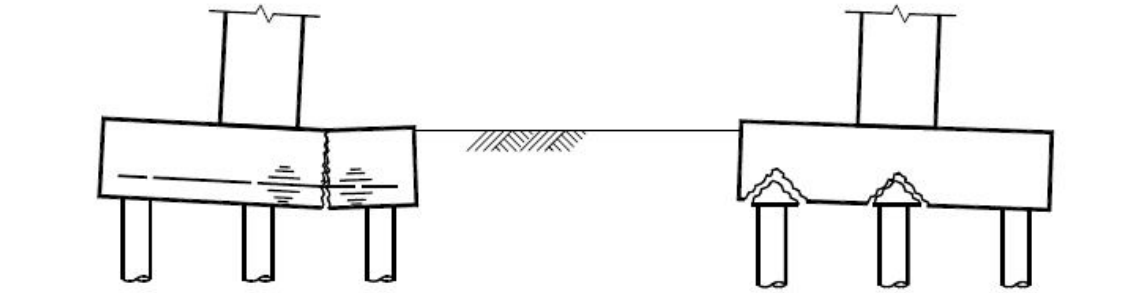




FLEXURAL YIELDING SHEAR FAILURE ANCHORAGE FAILURE

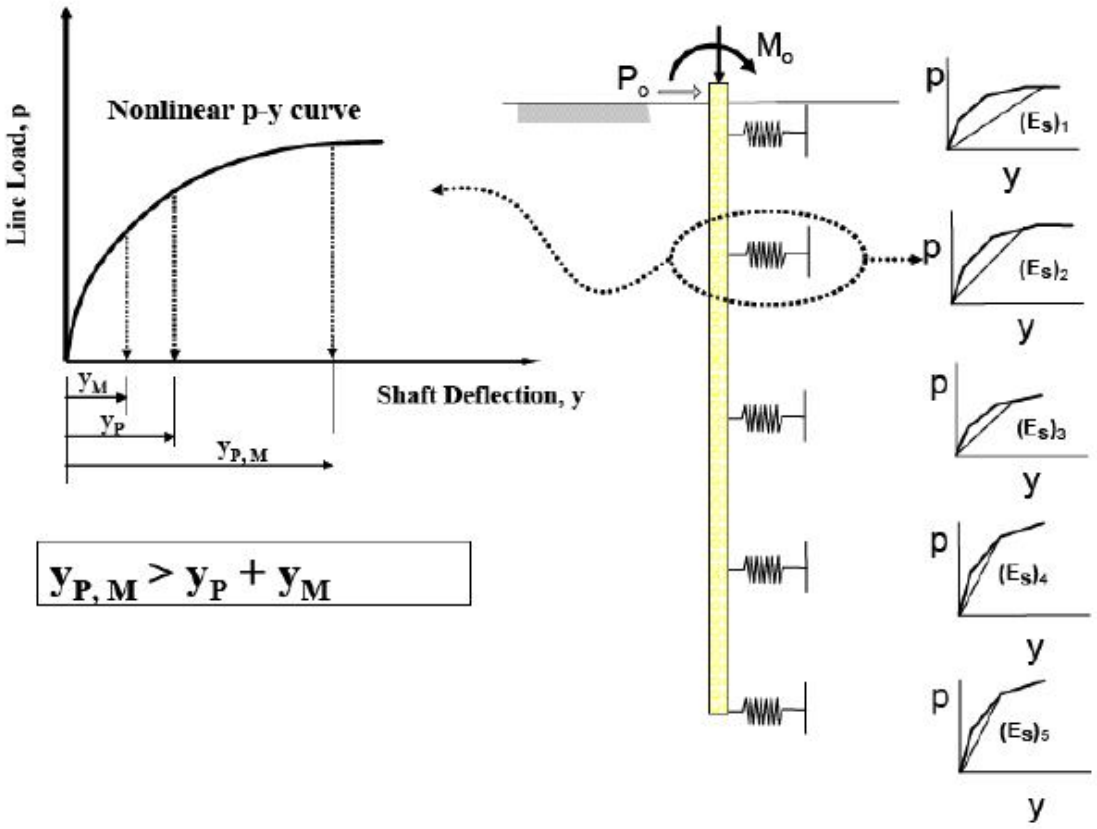


ANCHORAGE FAILURE CONCRETE SHEAR FAILURE

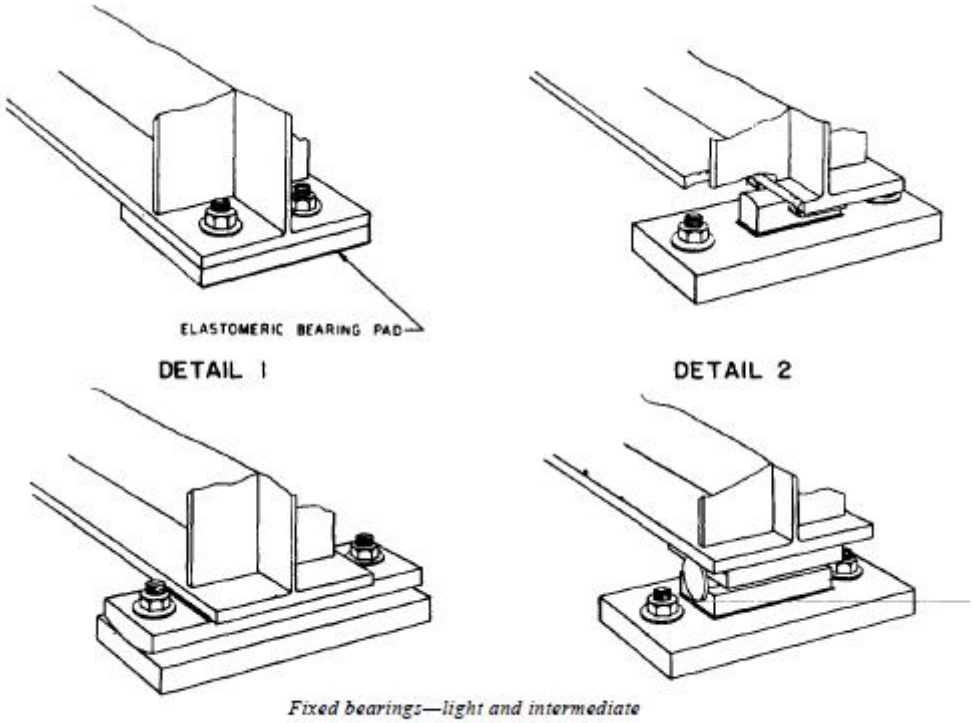


FLEXURAL YIELDING PILE PULLOUT

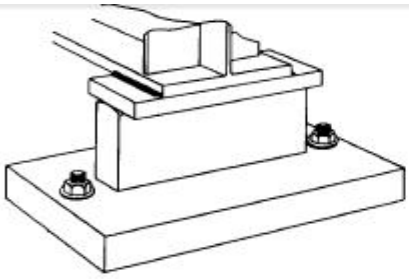
Pile Footing Modes of Failure



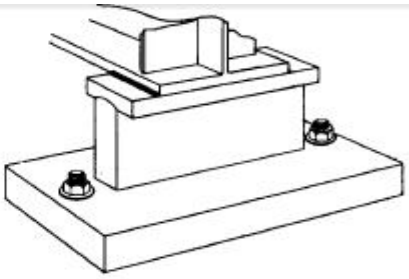
$$y_{P,M} > y_P + y_M$$



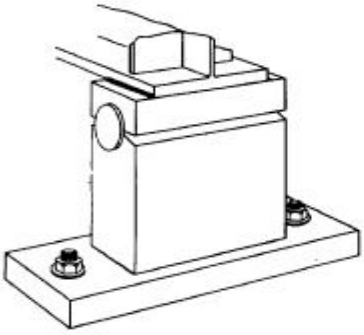
Fixed bearings—light and intermediate



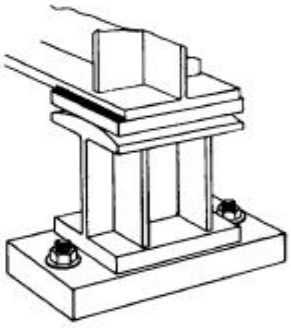
DETAIL 1



DETAIL 2

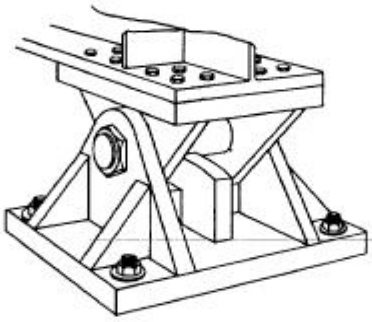


DETAIL 3

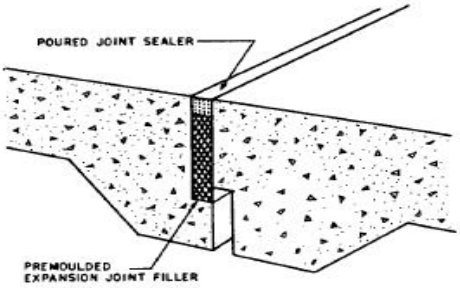


DETAIL 4

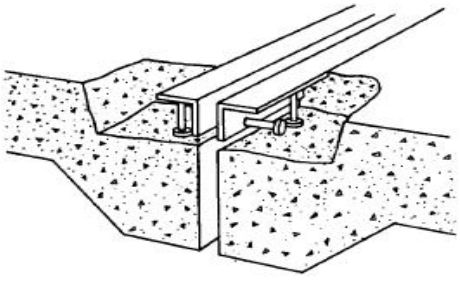
Fixed bearings—heavy



DETAIL 5

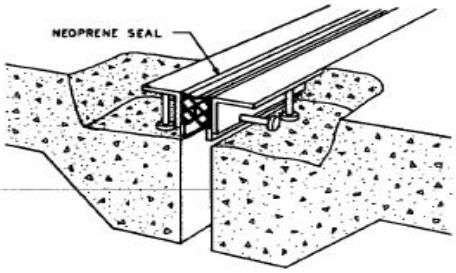


DETAIL 1



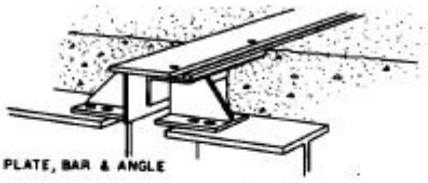
DETAIL 2

Simple roadway expansion joints

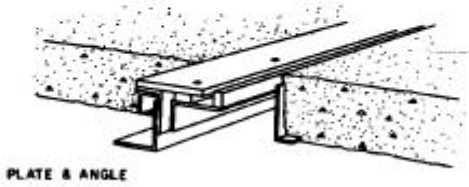


DETAIL 3

DETAIL 1

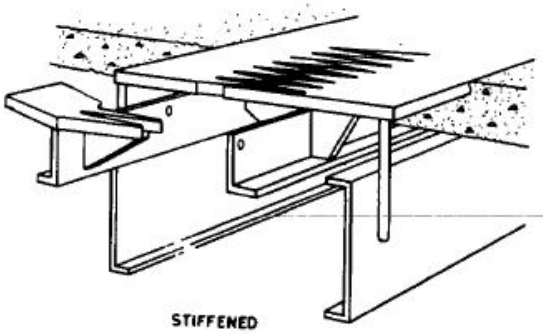


DETAIL 2

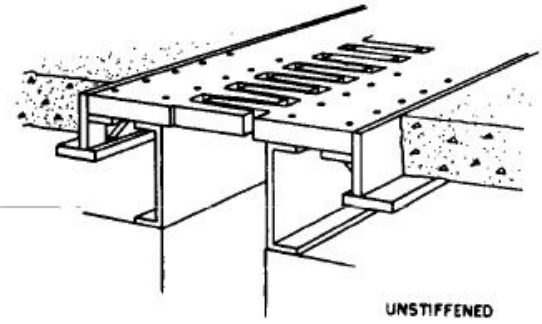


DETAIL 3

Sliding roadway expansion joints

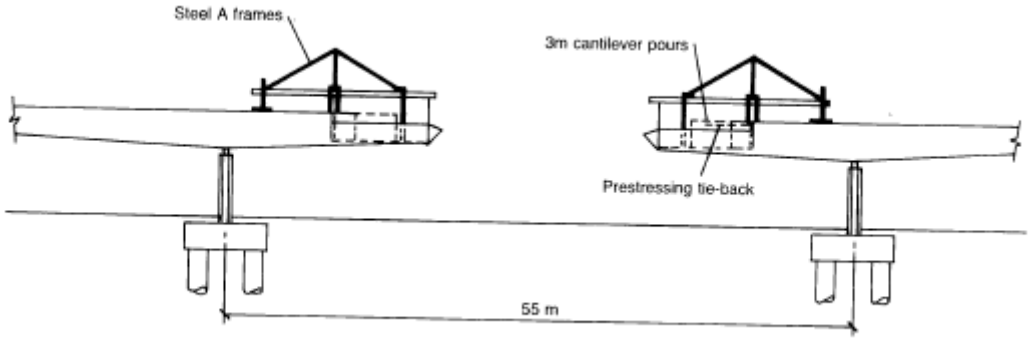


DETAIL 1

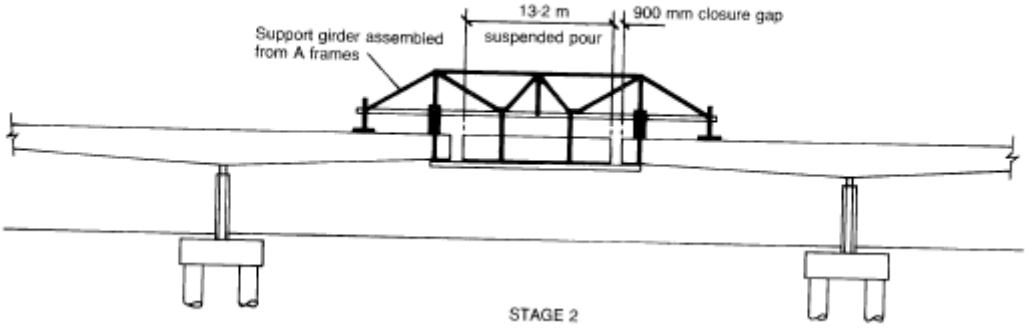


DETAIL 2

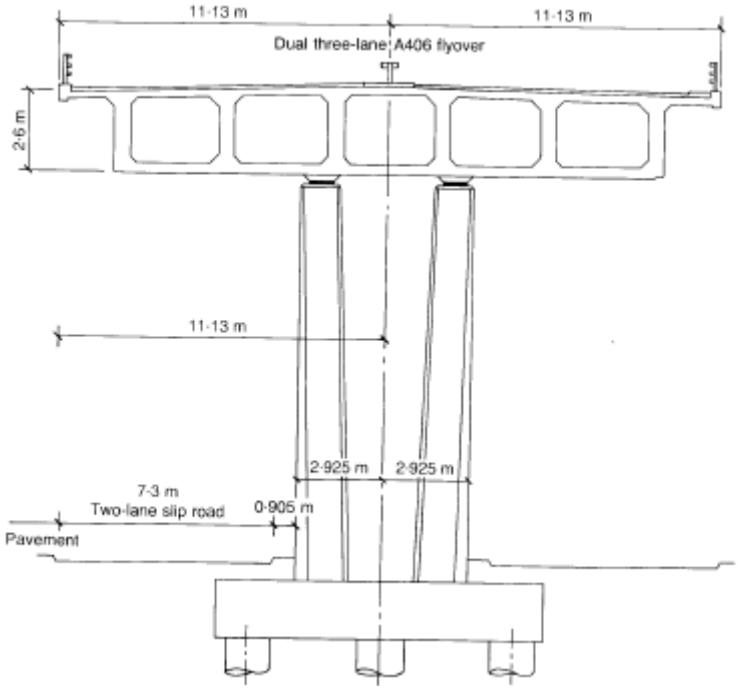
Finger plate expansion joints

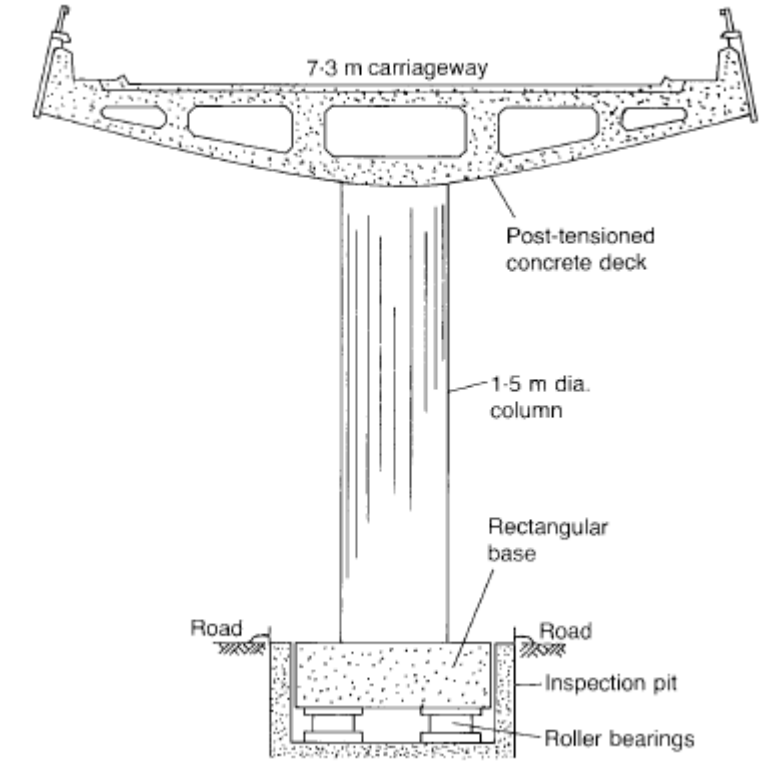


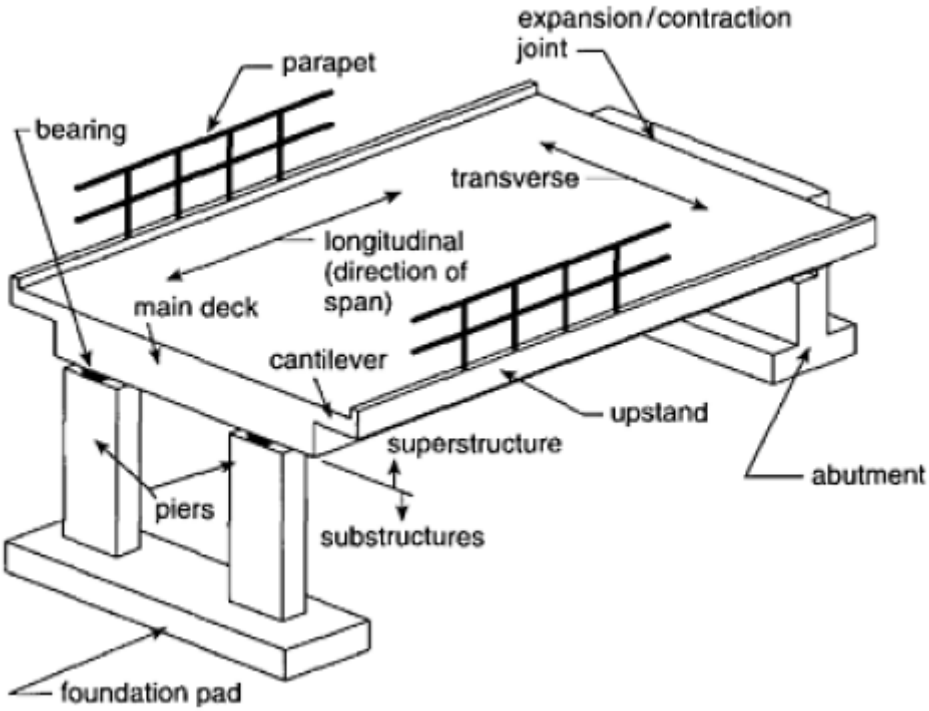
STAGE 1

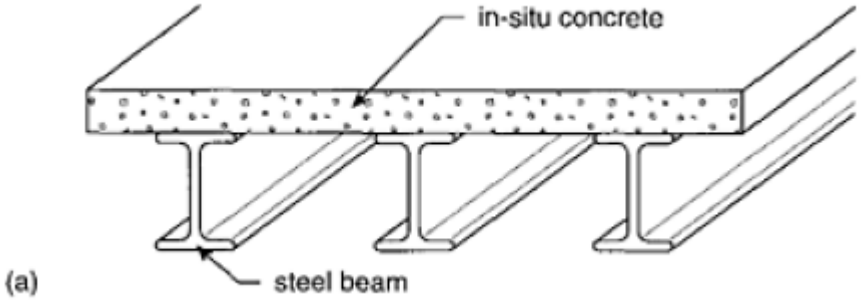


STAGE 2

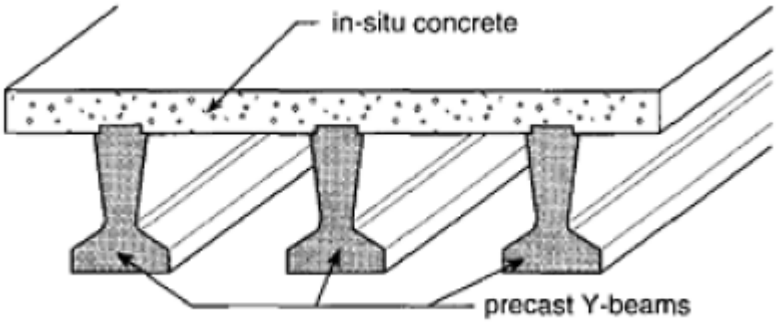

11·13 m
11·13 m
Dual three-lane A406 flyover
2·6 m
11·13 m
2·925 m
2·925 m
7·3 m
Two-lane slip road
0·905 m
Pavement


7·3 m carriageway
Post-tensioned
concrete deck
1·5 m dia.
column
Rectangular
base
Road
Road
Inspection pit
Roller bearings

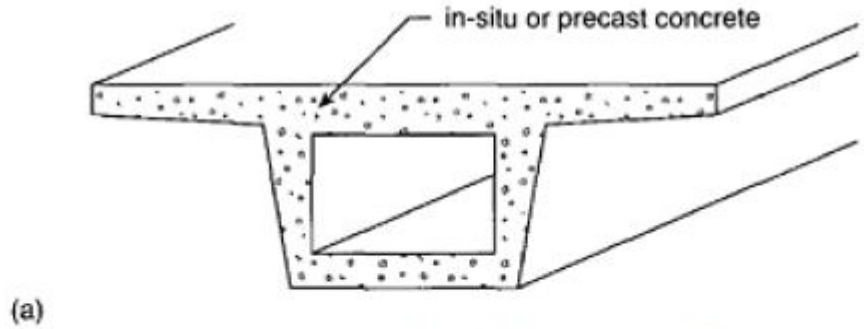

expansion/contraction joint
parapet
bearing
transverse
longitudinal (direction of span)
main deck
cantilever
upstand
superstructure
abutment
piers
substructures
foundation pad


in-situ concrete
steel beam

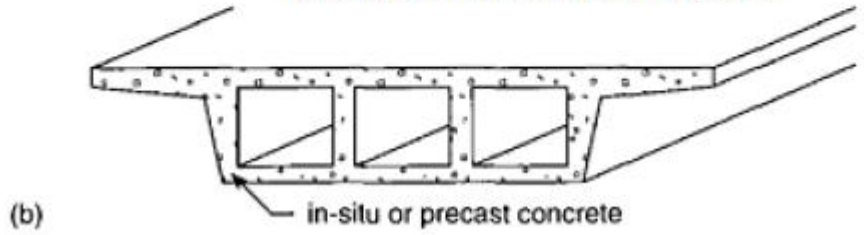
(a)


in-situ concrete
precast Y-beams

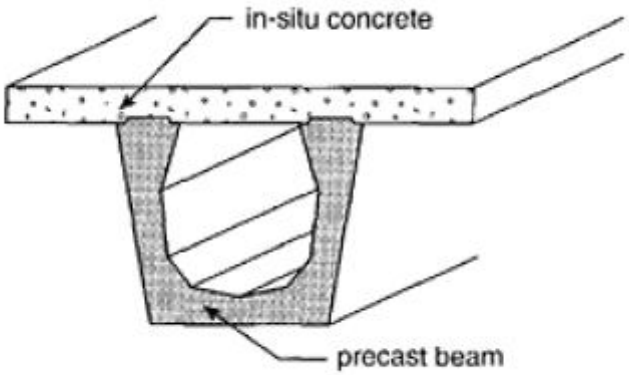
(b)



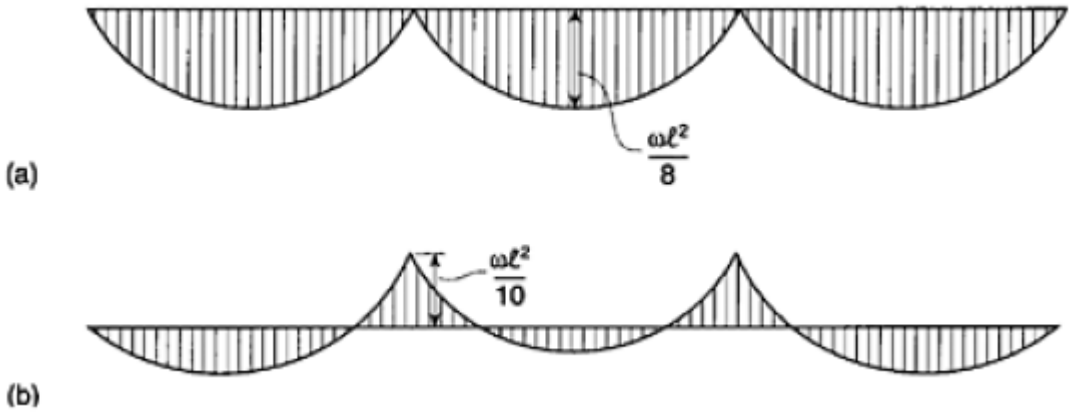
(a) single cell; (b) multi-cellular

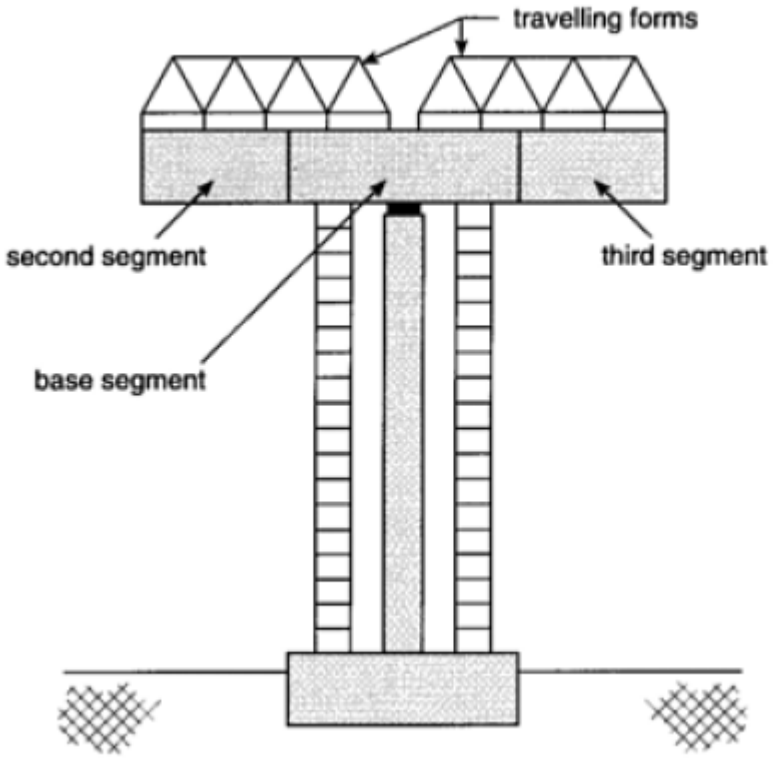


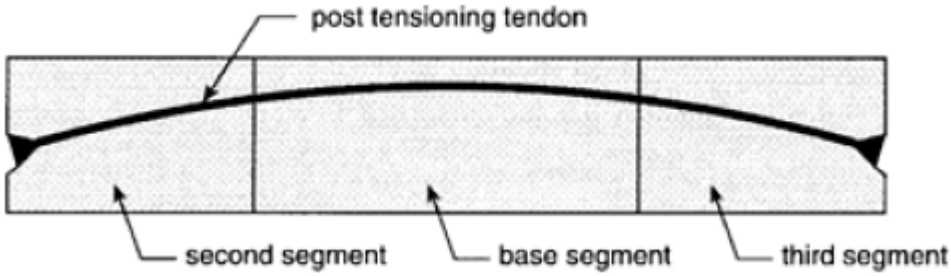
Box sections

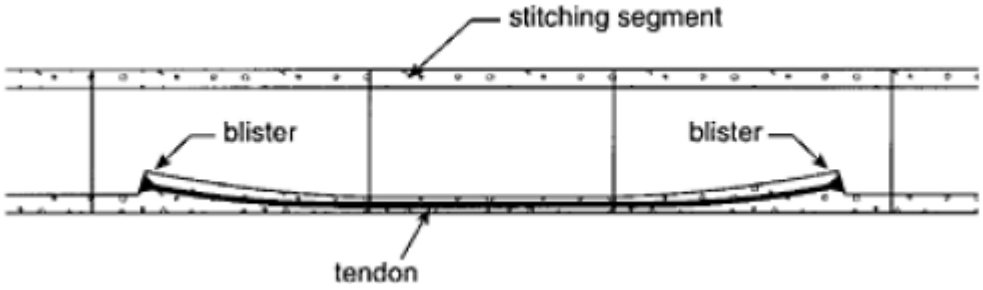


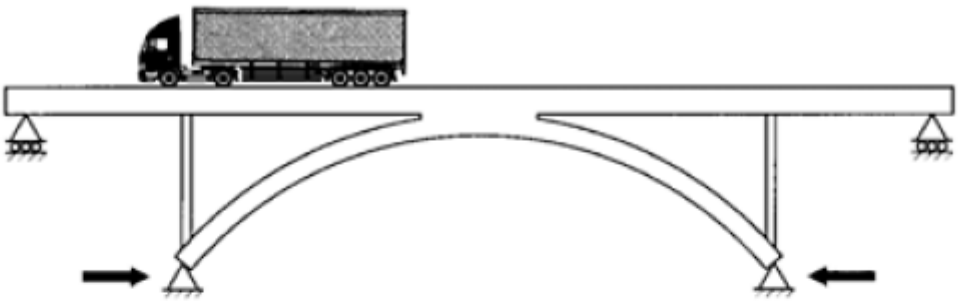
Composite precast and in-situ box section



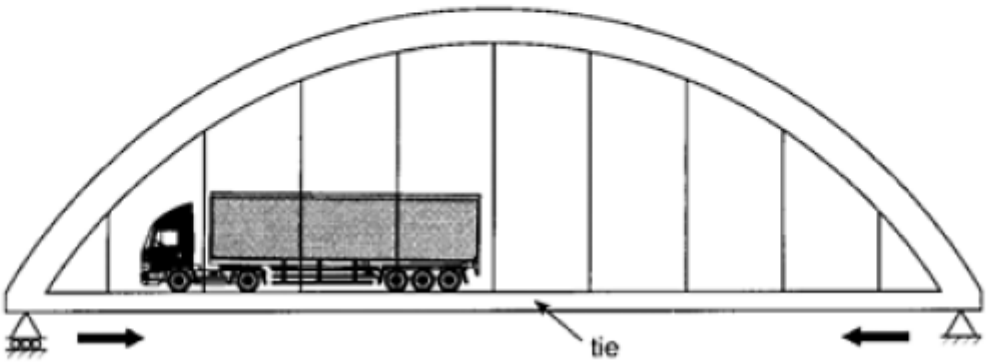

travelling forms
second segment
third segment
base segment


post tensioning tendon
second segment
base segment
third segment

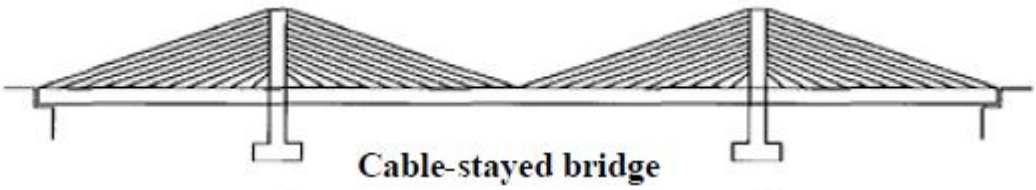

stitching segment
blister
blister
tendon



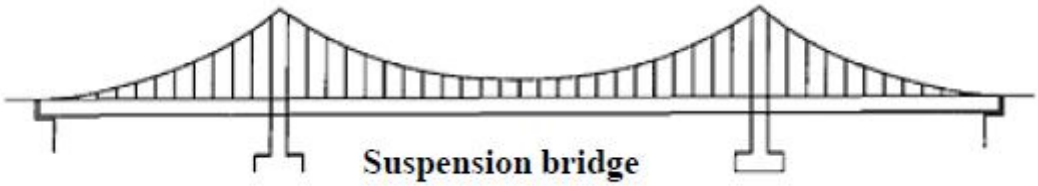
(a)



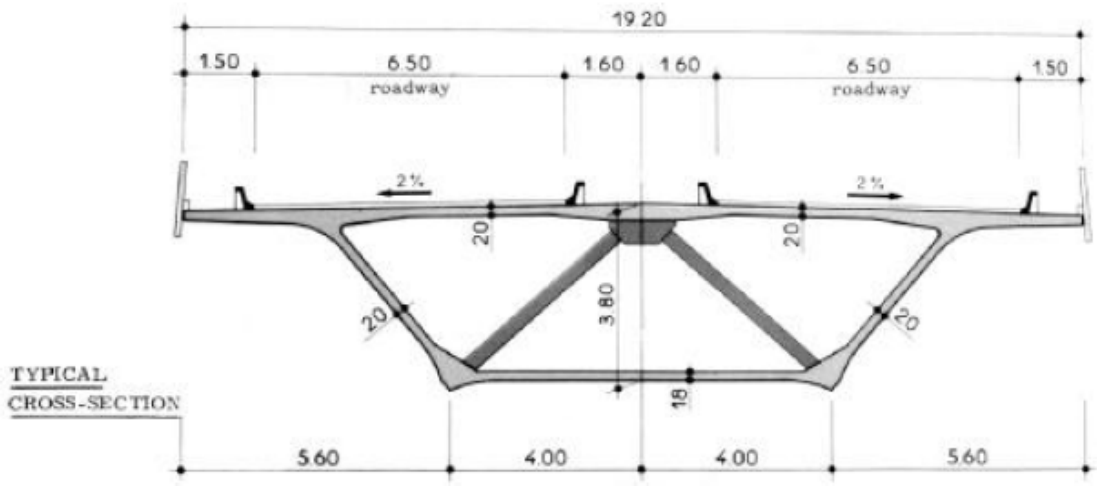
(b)



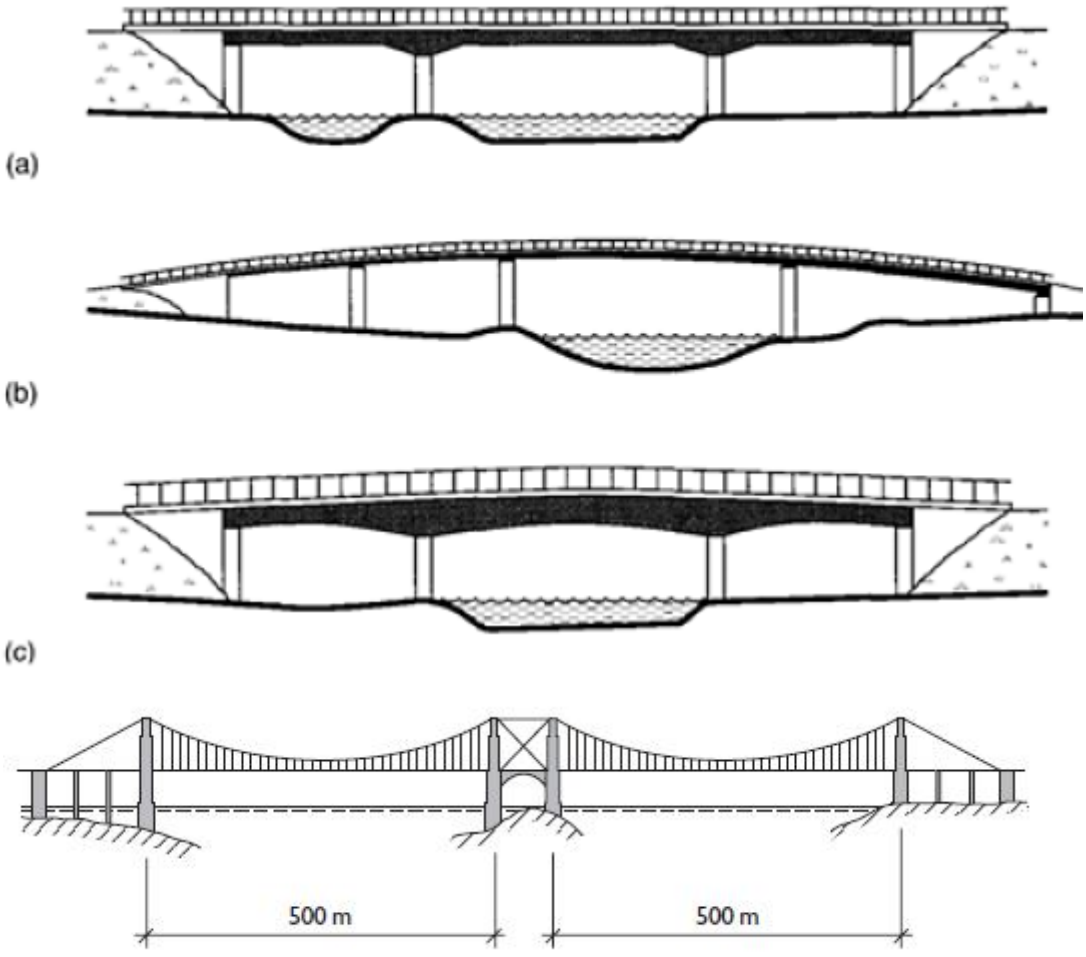
Cable-stayed bridge

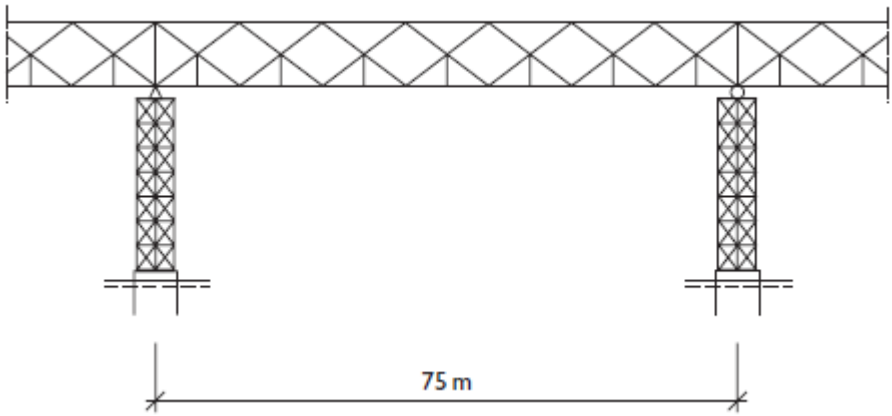


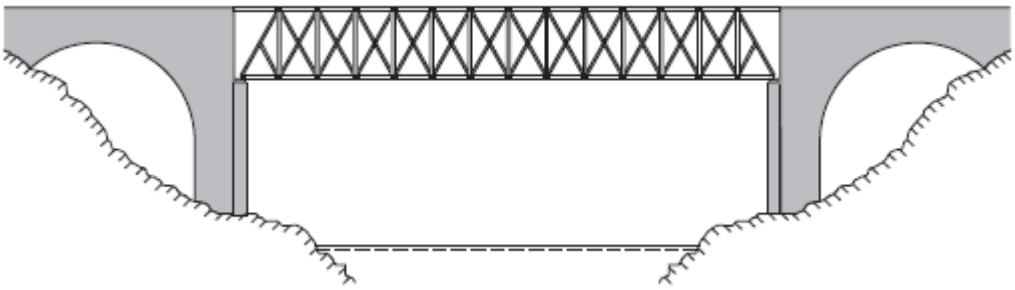
Suspension bridge

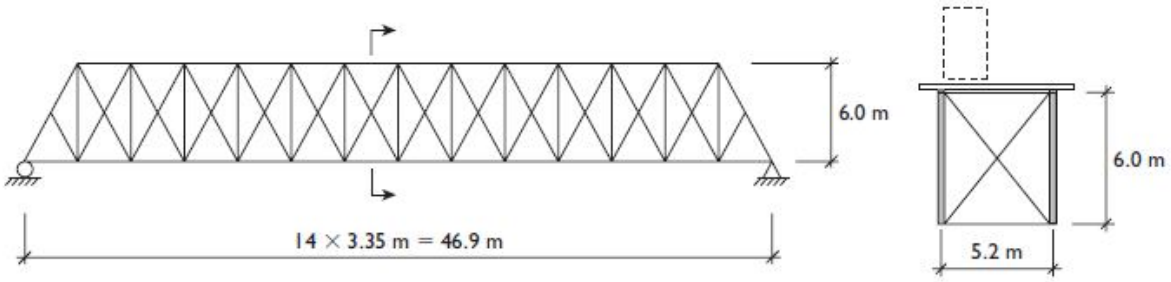


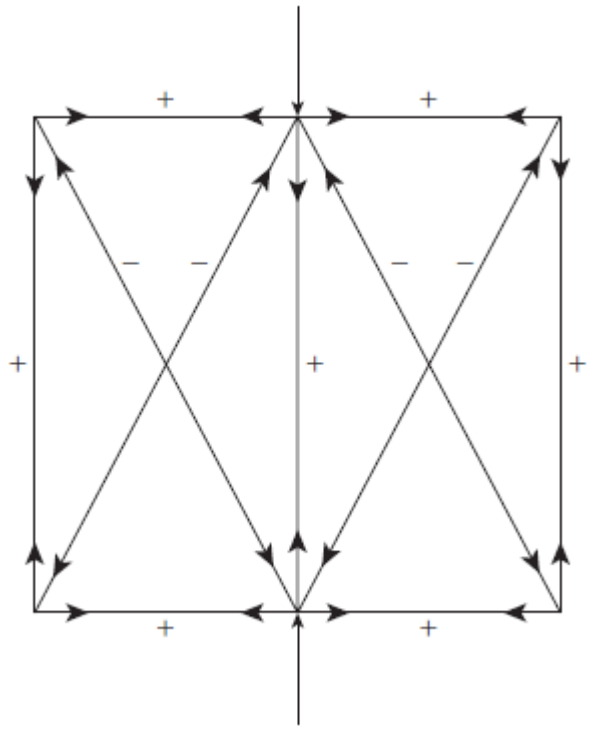
TYPICAL
CROSS-SECTION

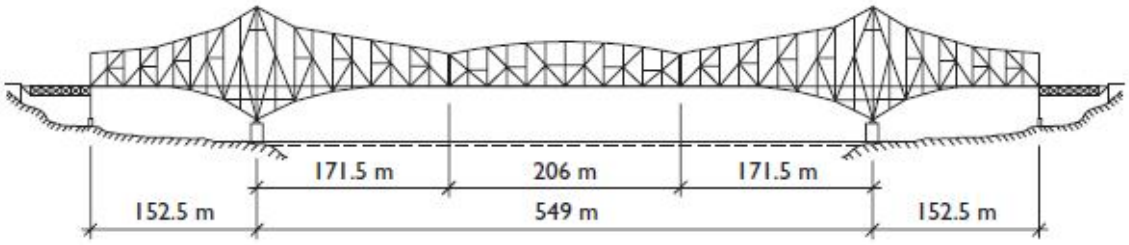

(a)
(b)
(c)
500 m
500 m

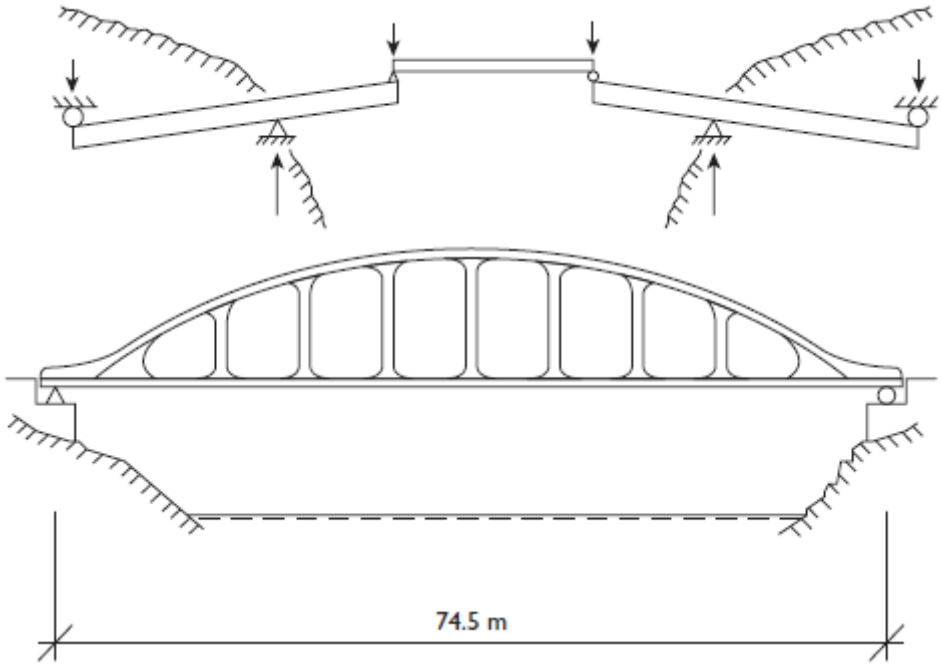

75 m

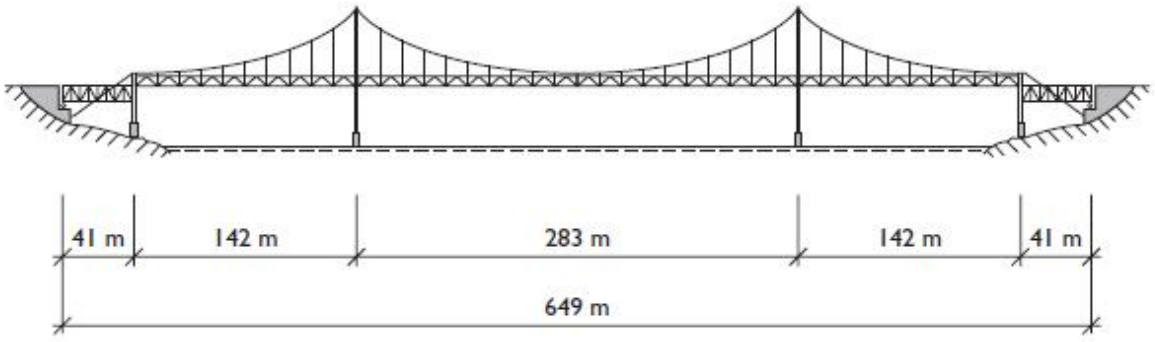


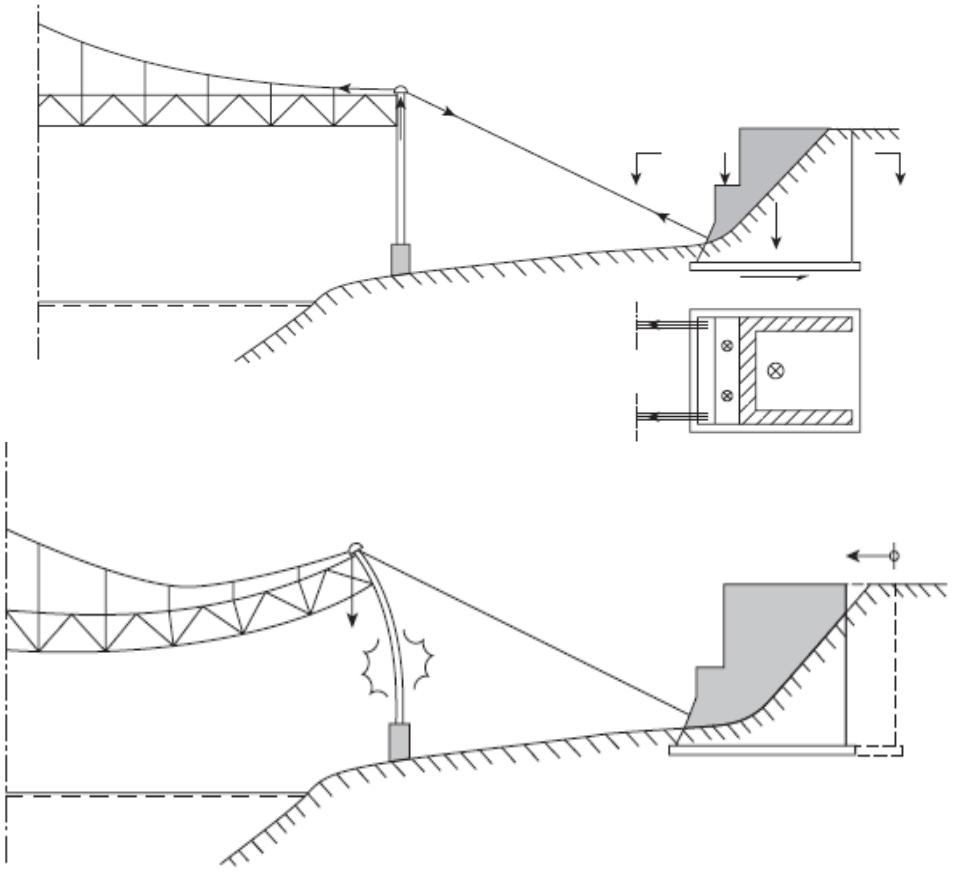

6.0 m
14 × 3.35 m = 46.9 m
6.0 m
5.2 m


+
+
−
−
−
−
+
+
+
+
+

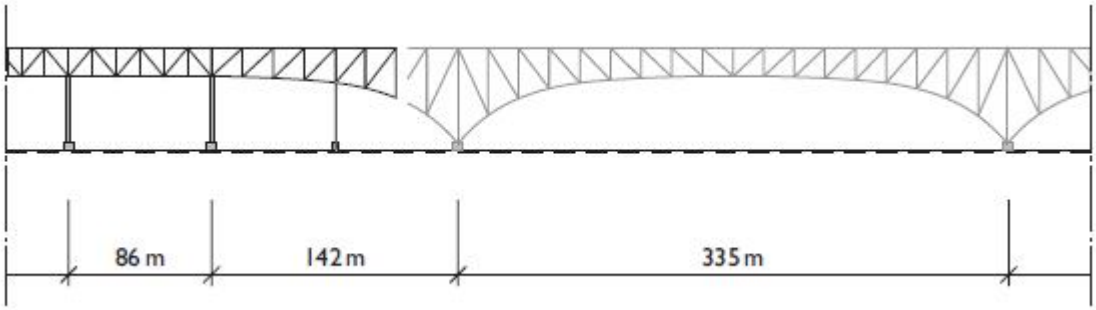

171.5 m
206 m
171.5 m
152.5 m
549 m
152.5 m

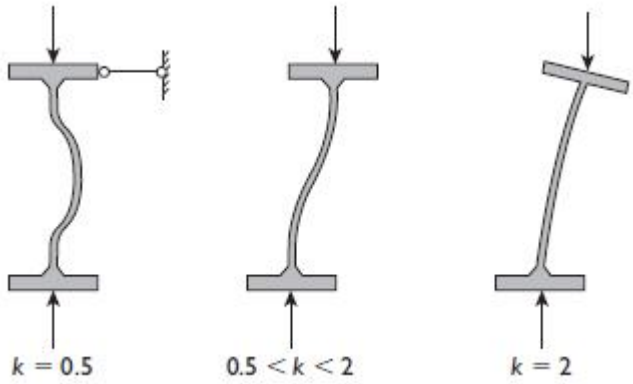

74.5 m

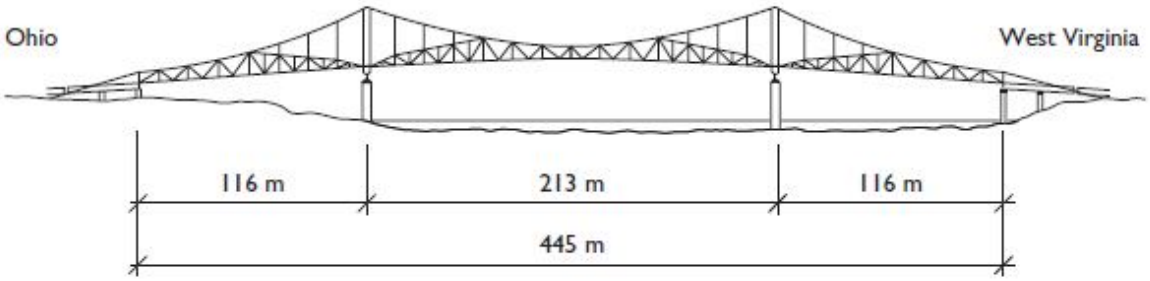


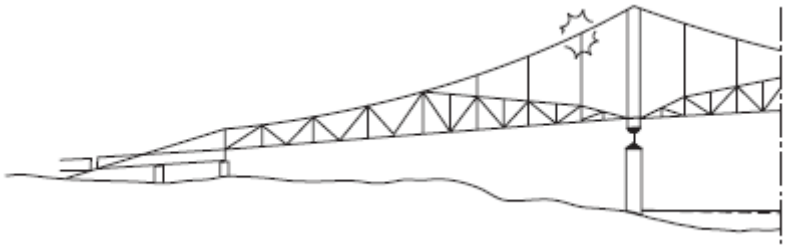


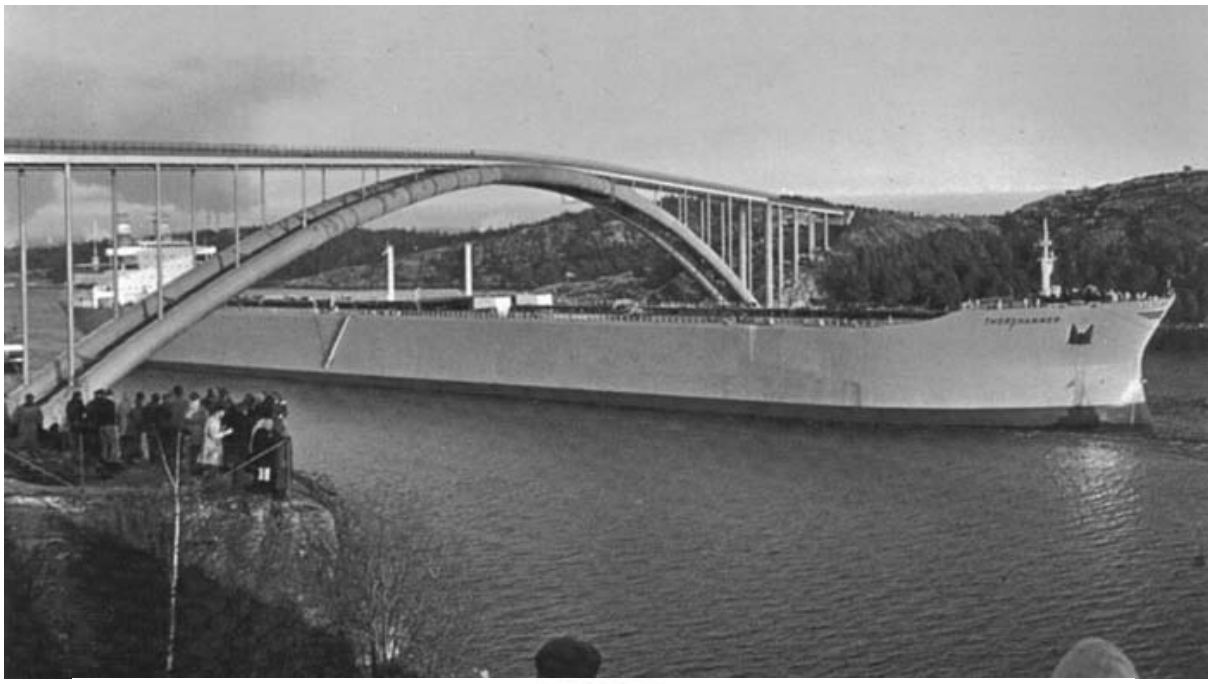
The deformation of the cable bent as the abutment slid.

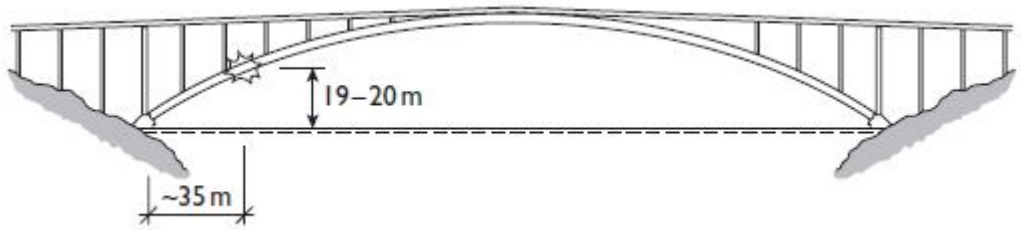

86 m
142 m
335 m

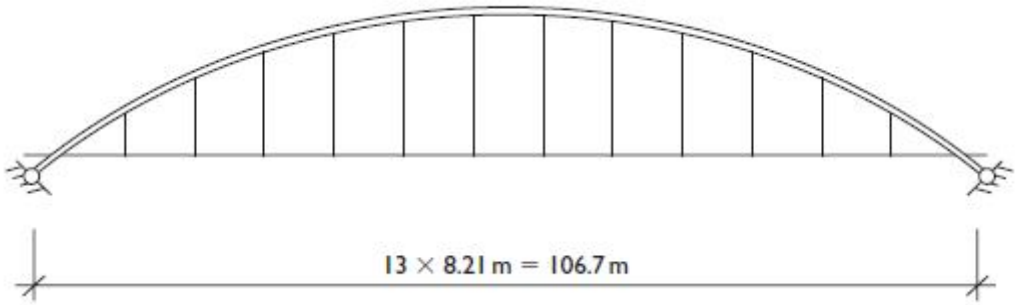

k = 0.5
0.5 < k < 2
k = 2

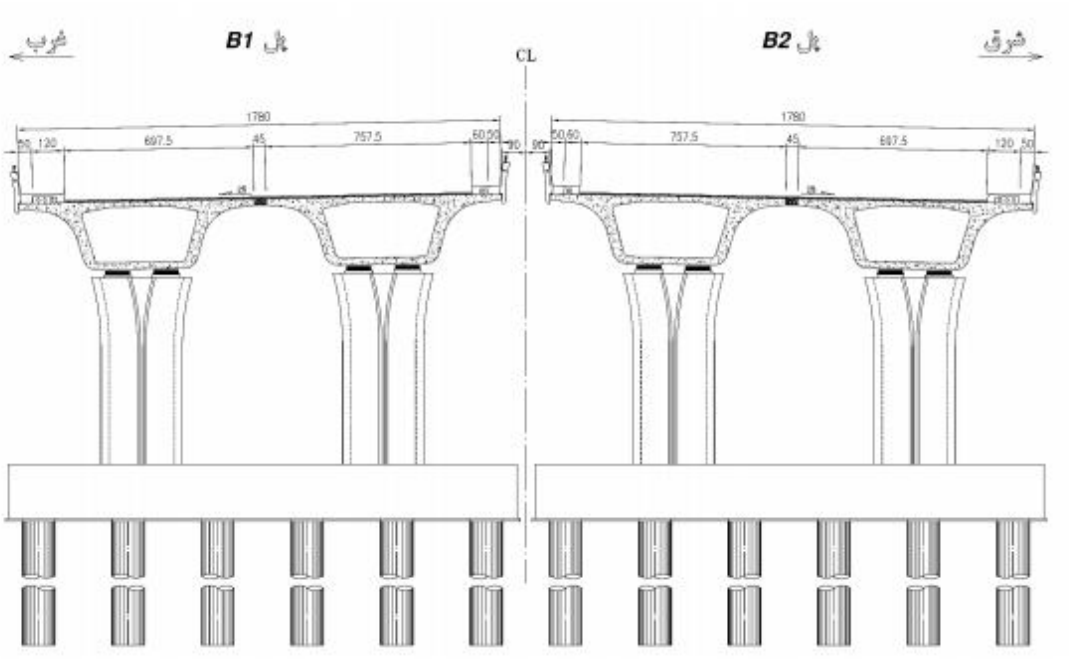

Ohio
West Virginia
116 m
213 m
116 m
445 m

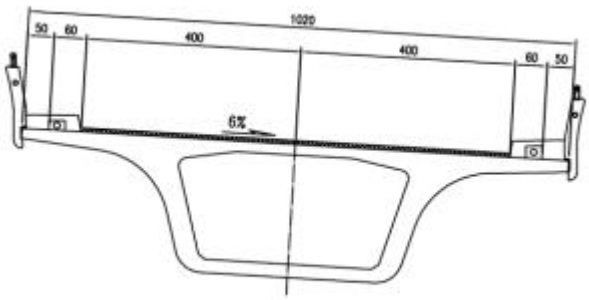




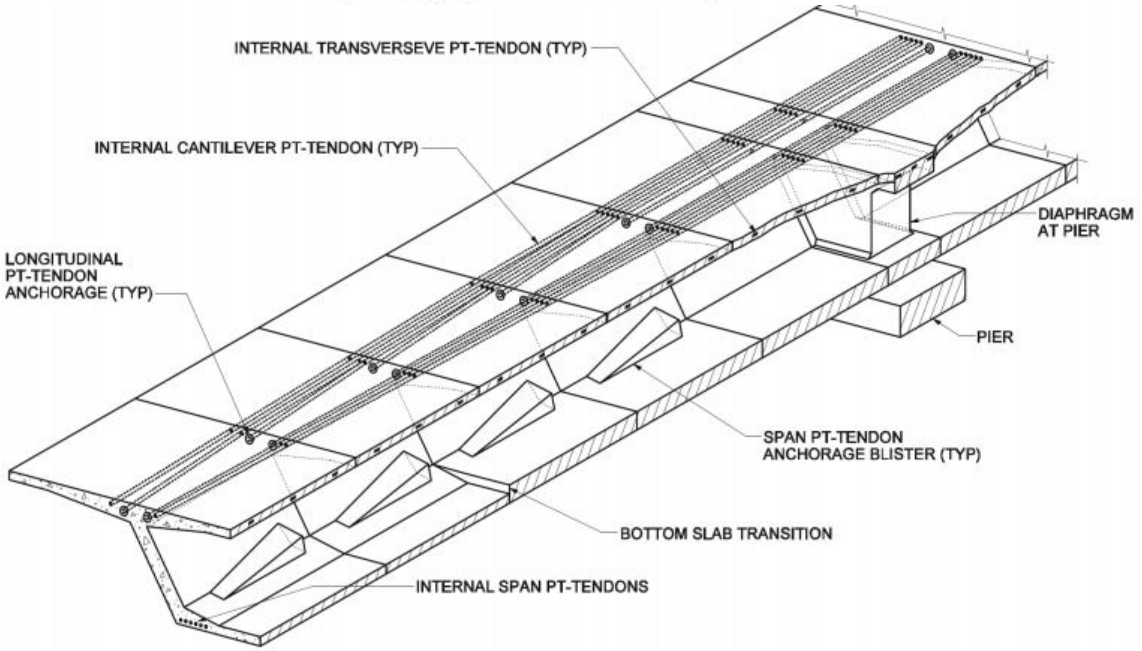

19–20 m
~35 m

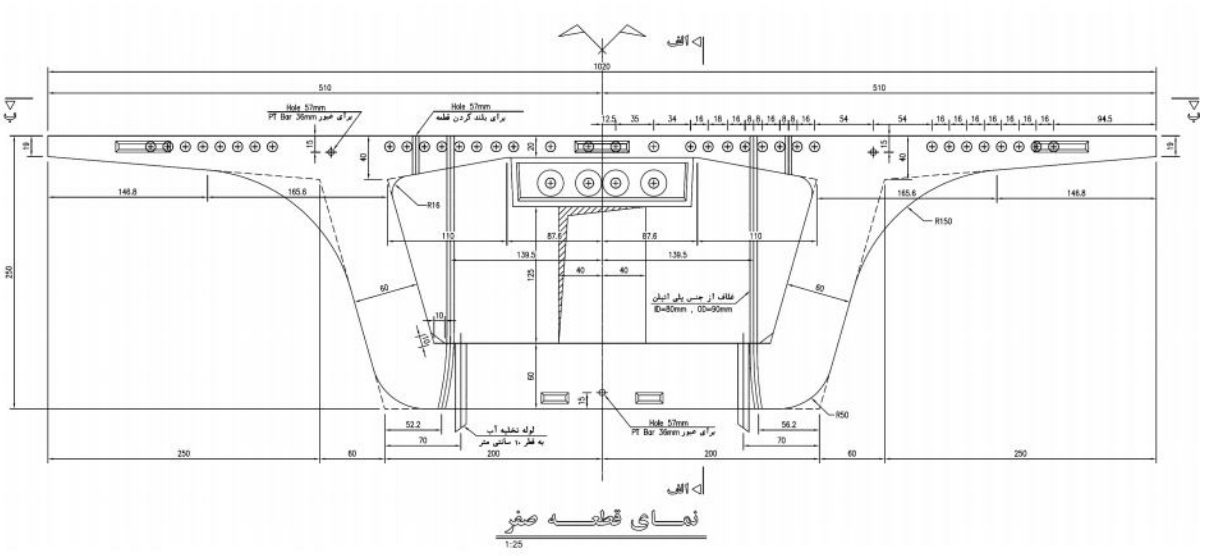

13 × 8.21 m = 106.7 m

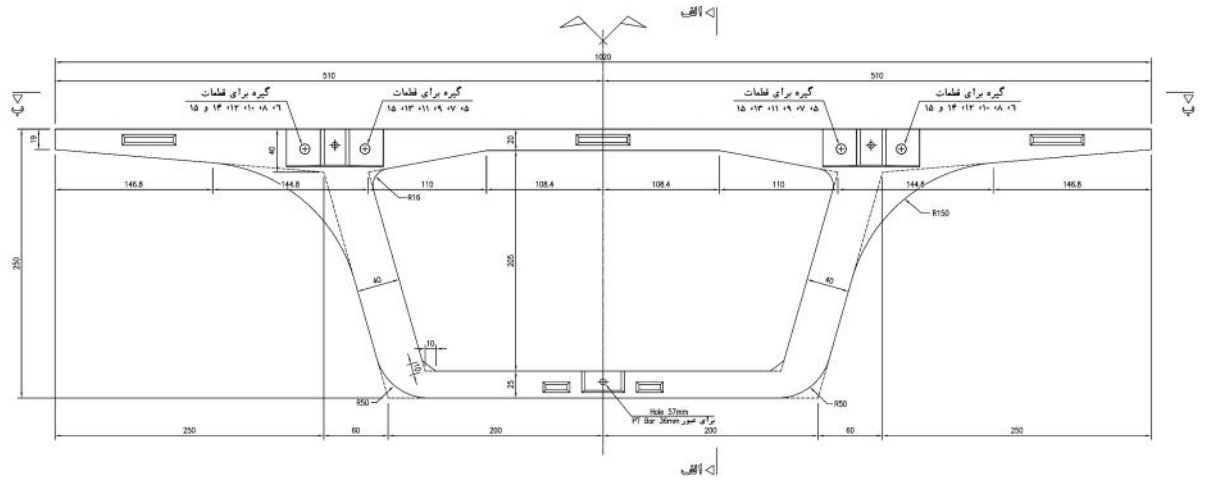




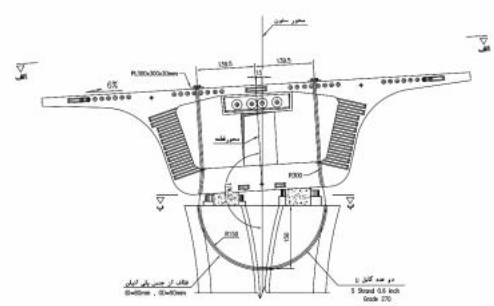
مشخصات هندسی پل *B3*

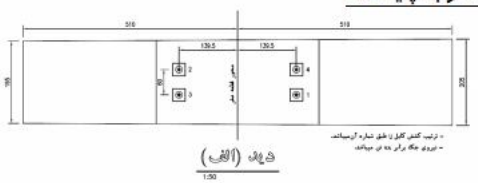



الف
1020
510
510
Hole 57mm
PT Bar 36mm برای عبور
Hole 57mm
برای بلند کردن قطعه
12.5 35 34 16 16 16 8 8 16 54 54 16 16 16 16 16 16 94.5
19
15
40
20
146.8
165.6
R16
110
87.6
87.6
110
139.5
139.5
125
40
40
60
10
150
60
57
R50
250
غلاف از جنس پلی اتیلن
ID=80mm , OD=90mm
52.2
70
لوله تخلیه آب
به قطر ۱۰ سانتی متر
200
200
56.2
70
60
250
الف
نمـــای قطعـــه صفر
1:25

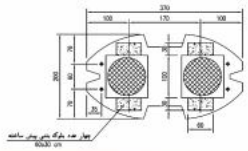

الف
1020
510
510
گیره برای قطعات
۰۶ ،۰۸ ،۱۰ ،۱۲ ،۱۴ و ۱۵
گیره برای قطعات
۰۵ ،۰۷ ،۰۹ ،۱۱ ،۱۳ ،۱۵
گیره برای قطعات
۰۵ ،۰۷ ،۰۹ ،۱۱ ،۱۳ ،۱۵
گیره برای قطعات
۰۶ ،۰۸ ،۱۰ ،۱۲ ،۱۴ و ۱۵
19
40
20
146.8
144.8
110
108.4
108.4
110
144.8
146.8
R16
R150
250
205
40
40
10
150
25
R50
850
Hole 57mm
PT Bar 36mm برای عبور
250
60
200
200
60
250
الف
نمای جلوی قطعات ۵ تا ۱۵
1:25

اتصال قطعات صفر به پایه ها :

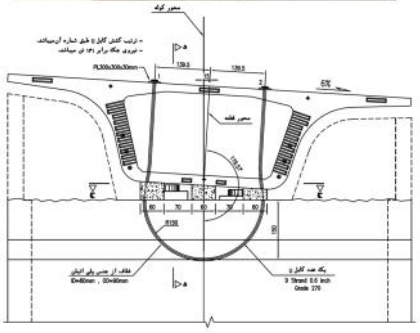




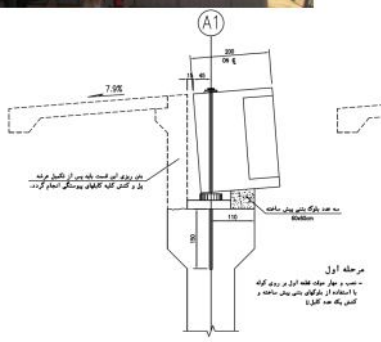
دید (الف)



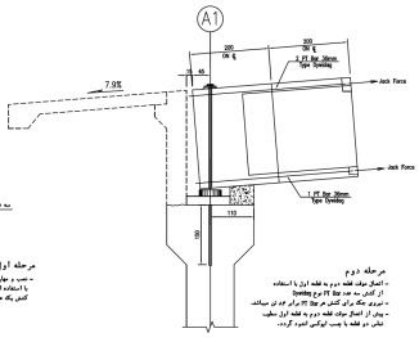
اتصال قطعات ابتدا و انتهای عرشه به کوله :



جزئیات نصب و مهار موقت دو قطعه ابتدای پل بر روی کوله A1

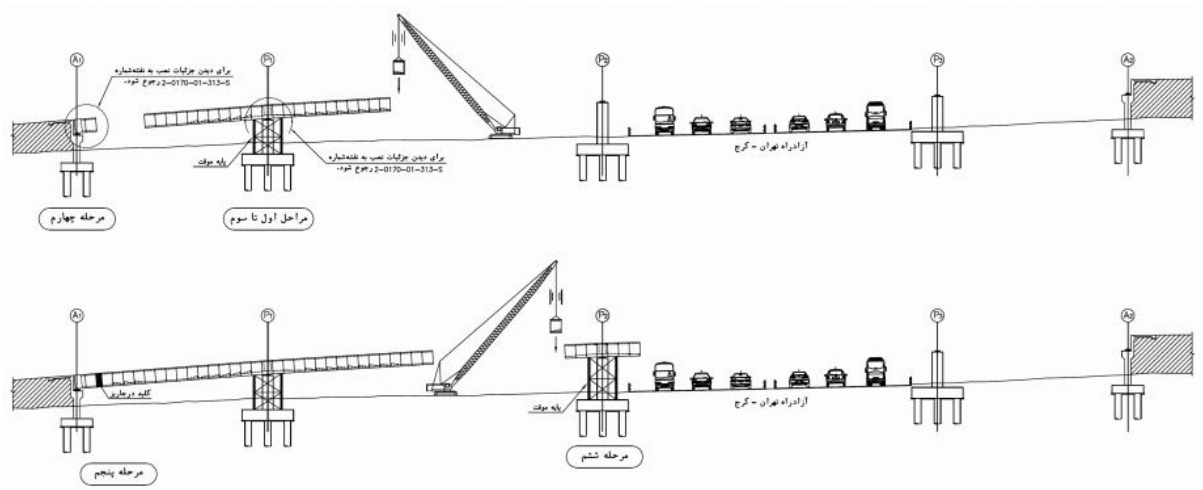


مقطع (ه)

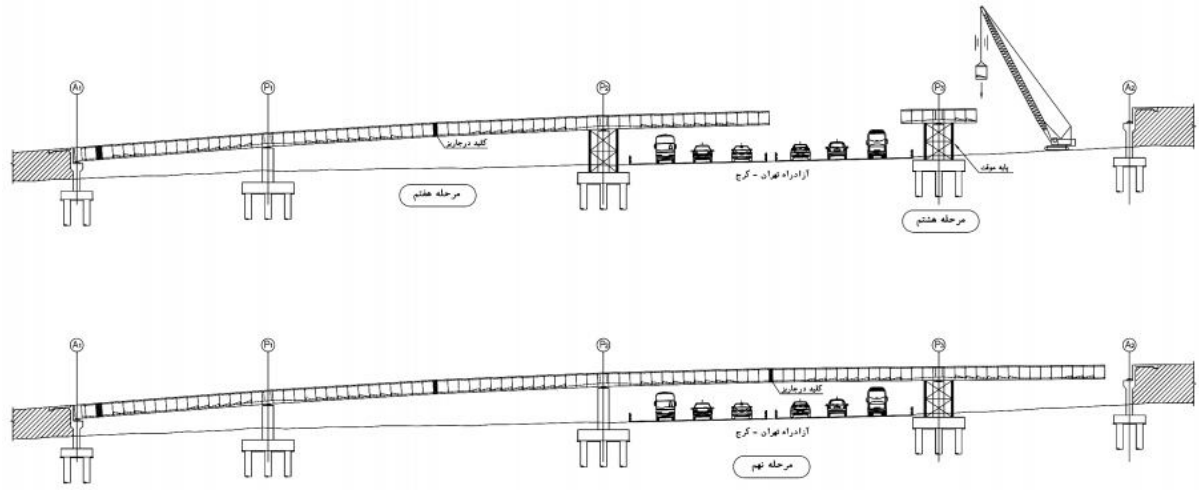


مقطع (ه)

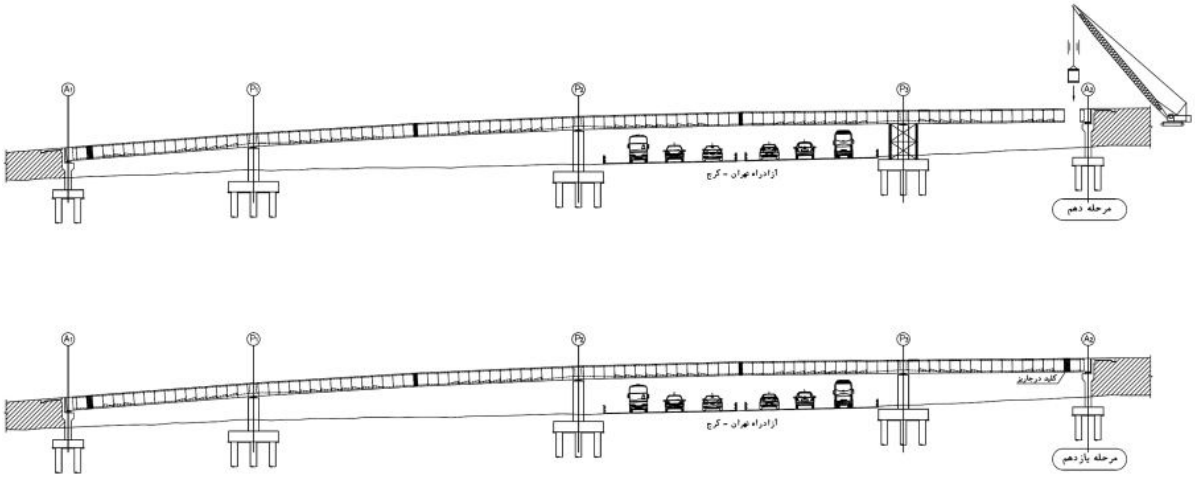
مراحل نصب قطعات صندوقه ای :



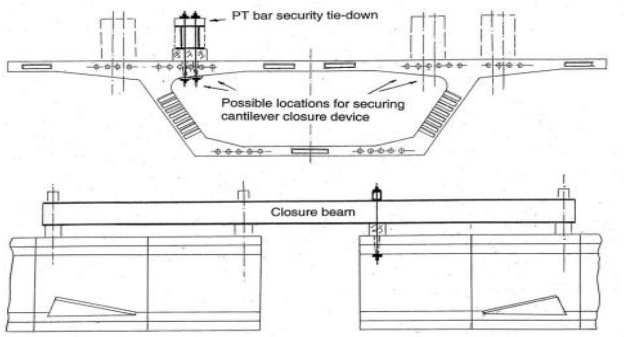
مراحل نصب قطعات صندوقه ای :



مراحل نصب قطعات صندوقه ای :



کلیدهای درجاریز:



Typical erection equipment for closure joints in cantilever bridges

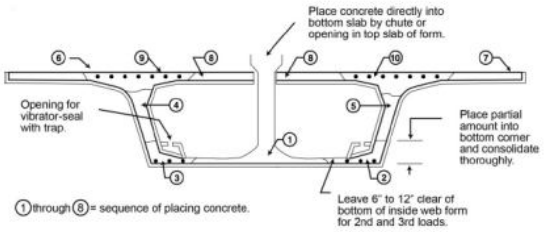
تولید و عمل آوری قطعات صندوقه ای در کارخانه :

سیستم قالب بندی به کار رفته در ساخت قطعات

انتقال سبد بافته شده به داخل قالب ها

آرماتوربندی هر قطعه با به کارگیری شابلون مخصوص

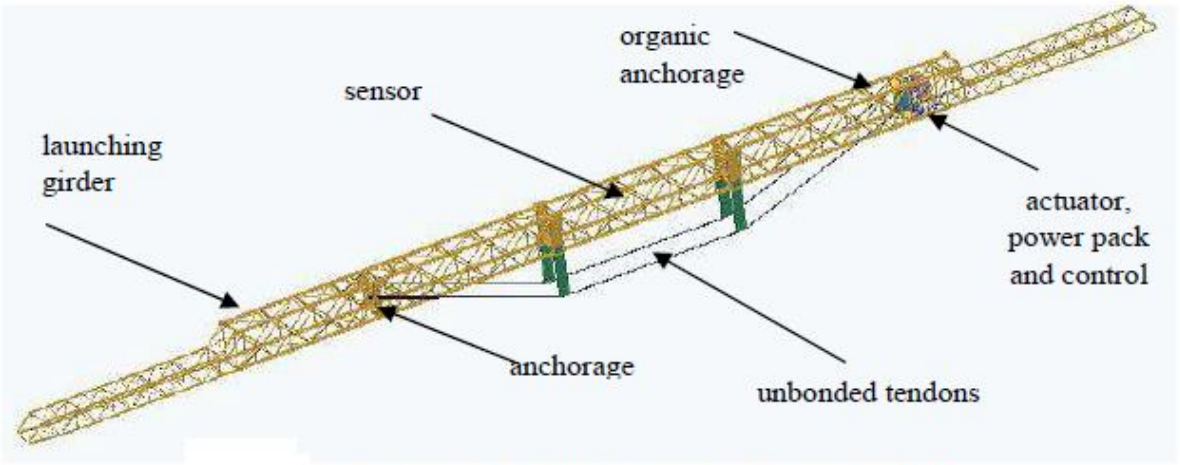
سیستم توزیع بتن متشکل از یک پمپ زمینی و بوم دکل



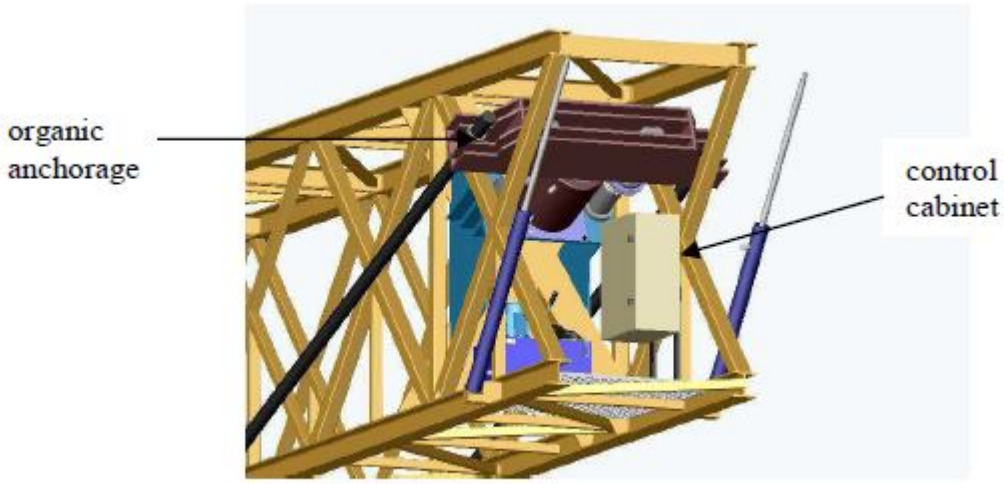
مراحل بتن ریزی یک قطعه صندوقه ای

عمل آوری قطعات بتن ریزی شده با بخار

تولید قطعات به روش درز مزدوج *(Match Cast)*

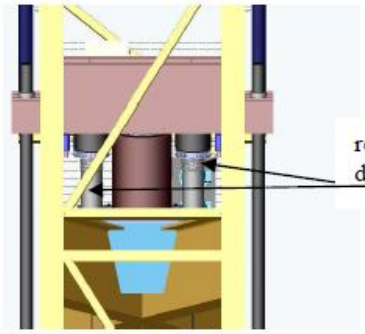


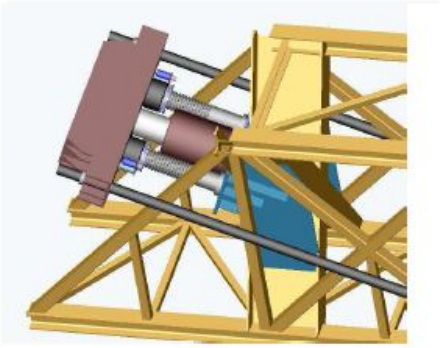
3D scheme of a launching gantry reinforced with OPS



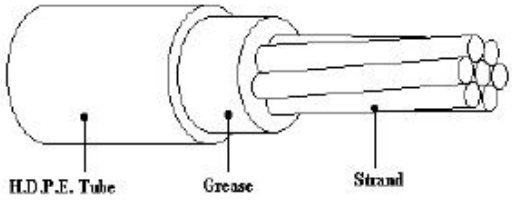
3D scheme of the organic anchorage and of the control cabinet

Hydraulic actuator

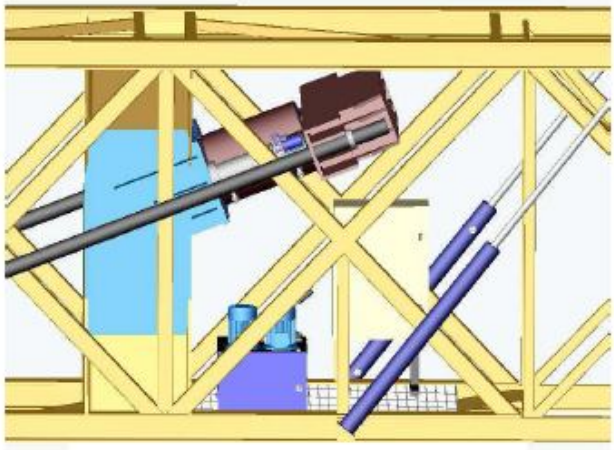




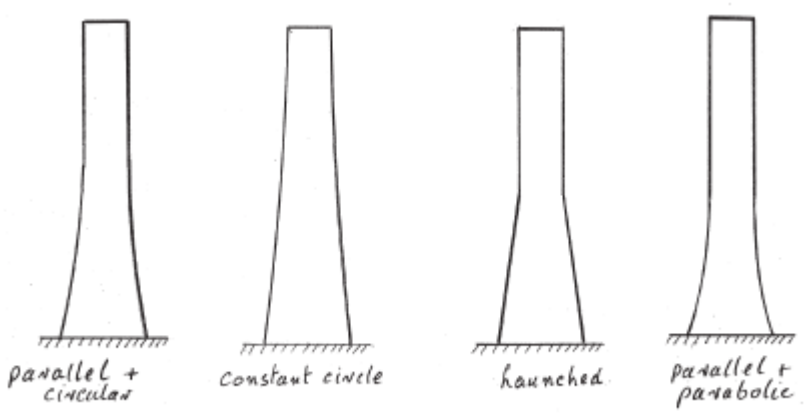
Mechanical retention safety system

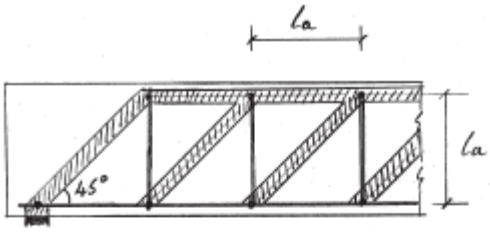


Unbonded tendon

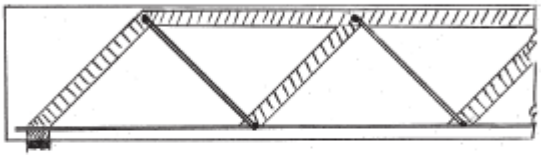


Lateral view of organic anchorage

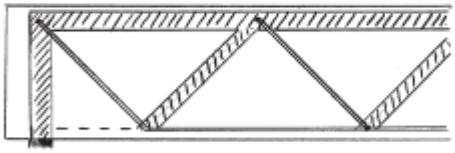

parallel + circular
constant circle
haunched
parallel + parabolic



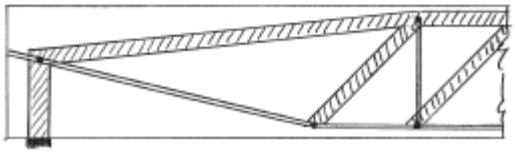
a) 'N' truss; vertical stirrups



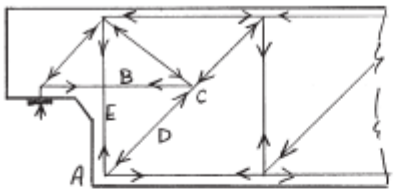
b) Warren truss; bent up bars



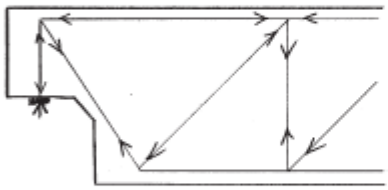
c) Warren truss; alternative arrangement



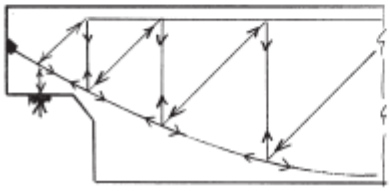
d) Prestressed concrete with swept up tendons



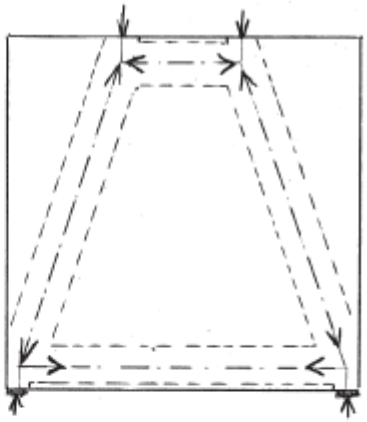
a) Reinforced with vertical stirrups



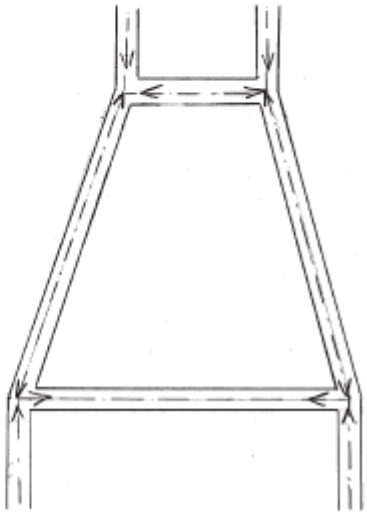
b) Reinforced with bent up bars



c) Prestressed

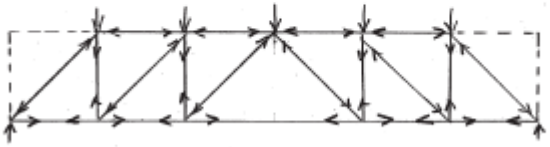


a) Strut and tie analogy

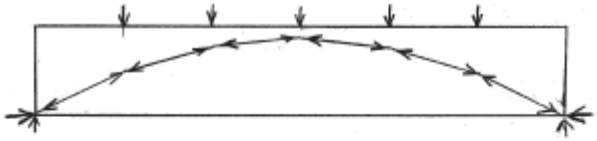


b) Equivalent frame

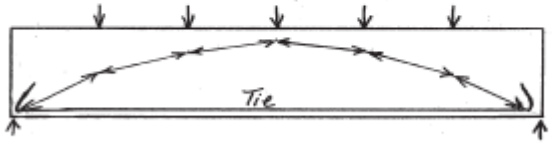
a) Deflected beam



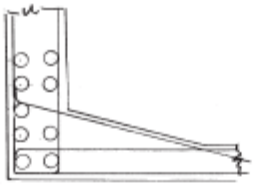
b) Bending action, constant lever arm, variable bottom fibre tension



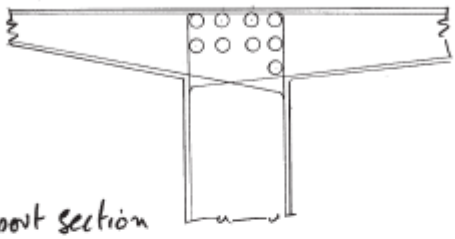
c) Arching action, variable lever arm, constant horizontal force.



d) Tied arch

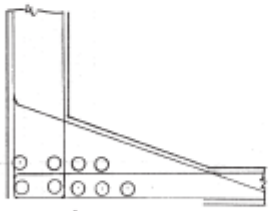


Span section

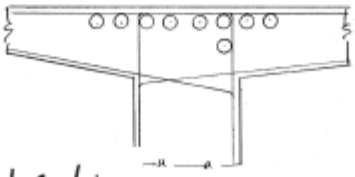


Support section

a) Tendons within stirrups

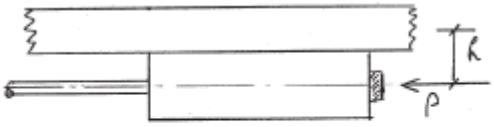


Span section



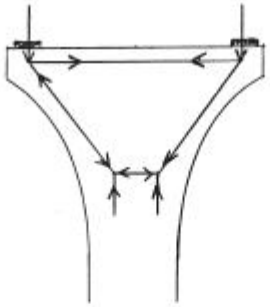
Support section

b) Tendons outside stirrups to maximise eccentricity

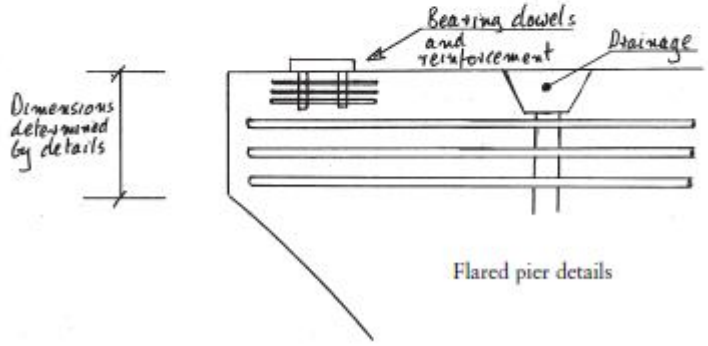


a) Blister for external tendon

b) Blister for internal tendon



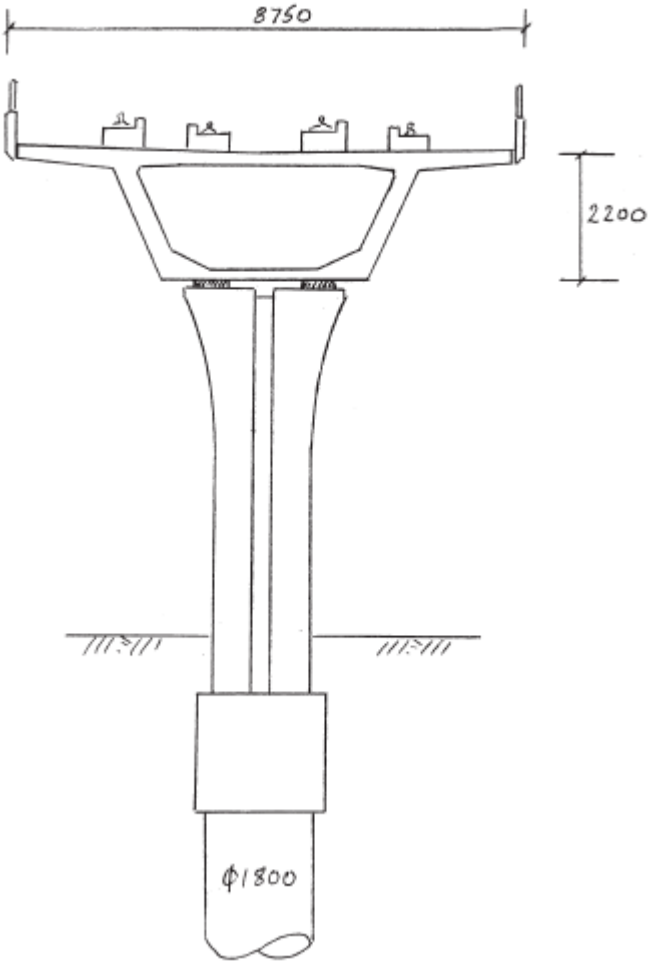
a) Truss analogy



Flared pier details

b) Definition of pier edge detail

economy of materials;safety;method of construction;maintenance and use



Solid slab 45–60 kg/m3

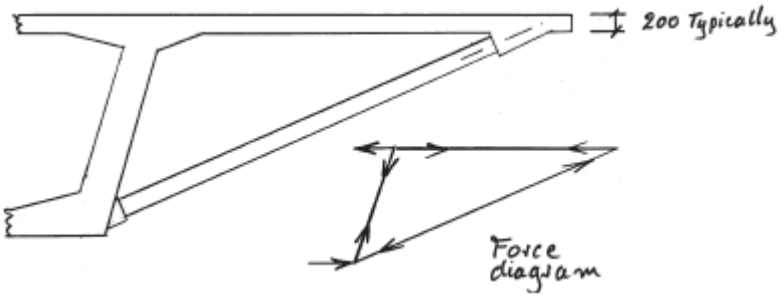
Voided slab 110 kg/m3

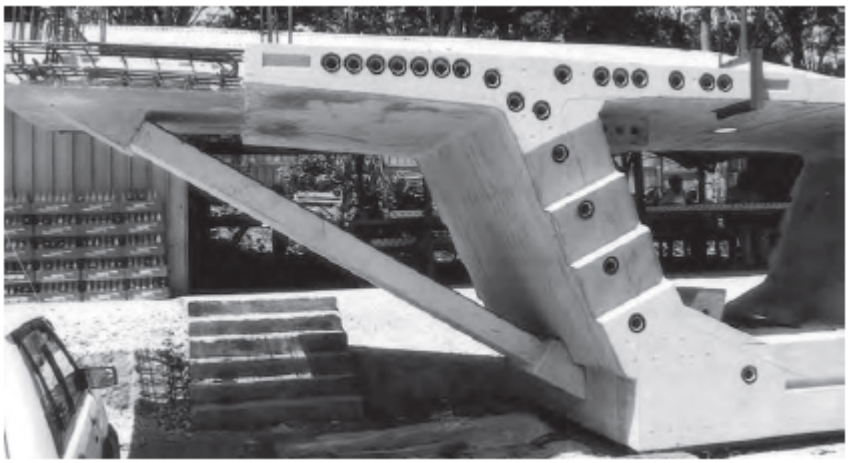
Ribbed slab 120 kg/m3

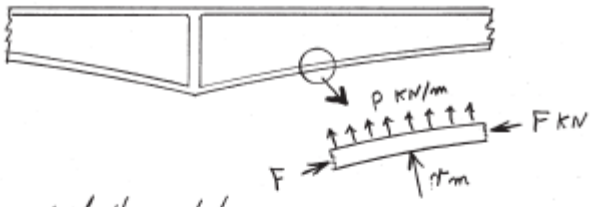
Precast Tee beams 110–130 kg/m3

Concrete box girders; span < 80 m 150–180 kg/m3

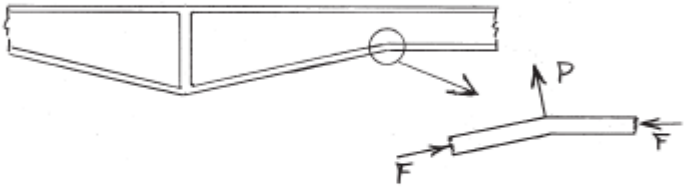
Concrete box girders; span > 80 m 120–160 kg/m3



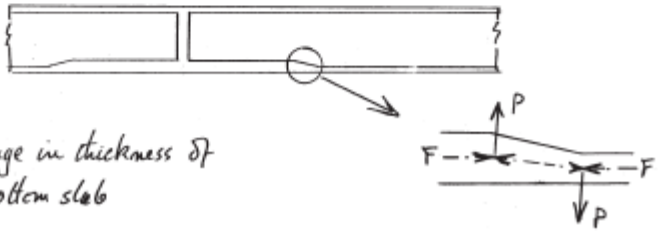




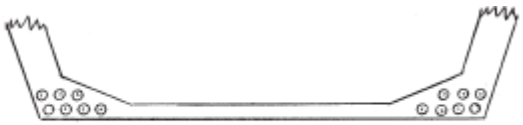
a) Curved bottom slab



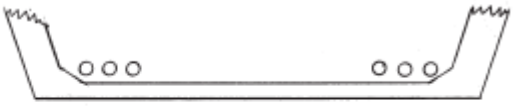
b) Haunched bottom slab



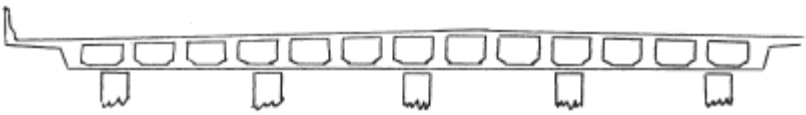
c) Change in thickness of bottom slab



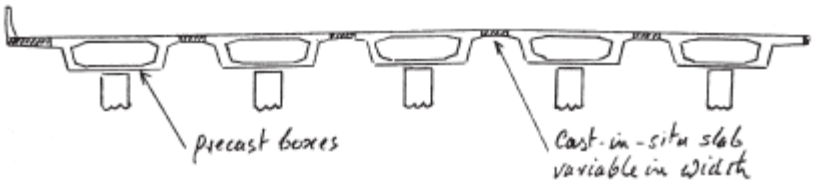
a) Internal prestress



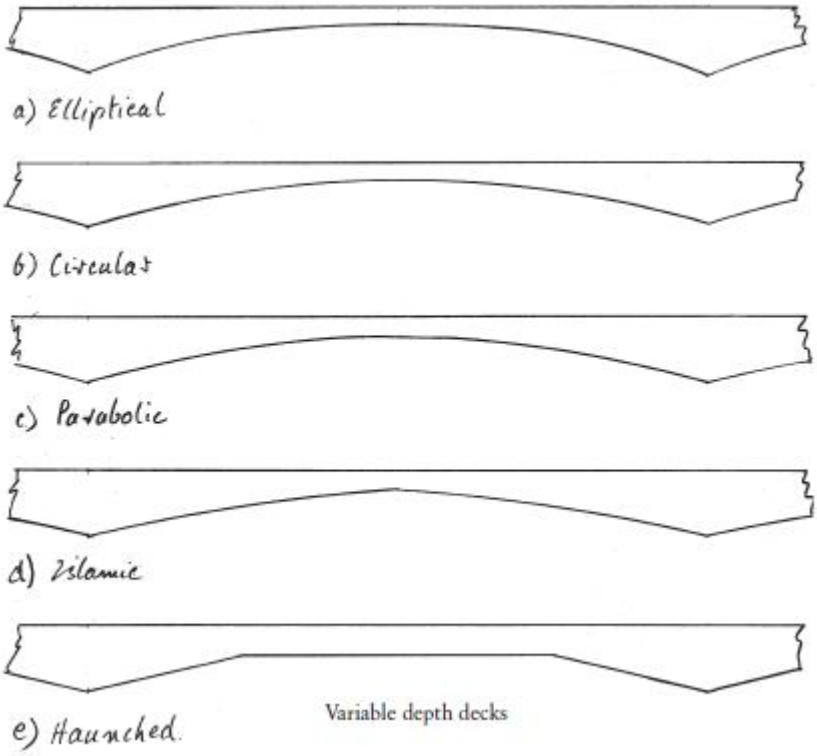
b) External prestress



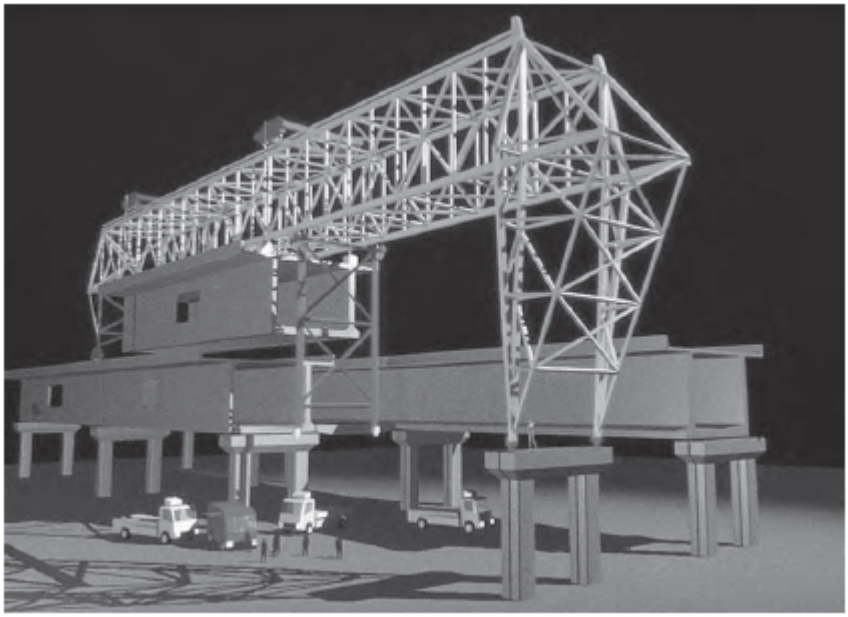
a) Multi cell box varying in width, depth and crossfall

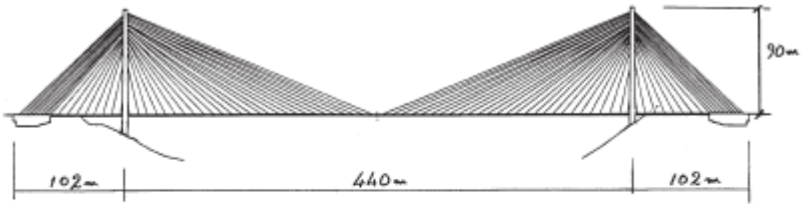


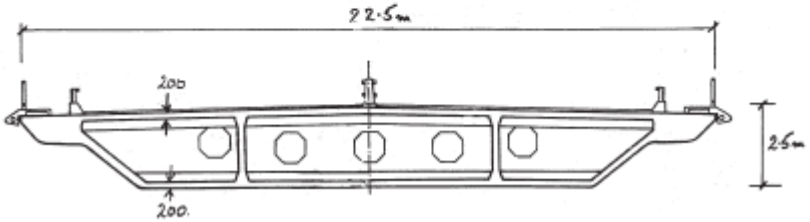
b) Alternative with standard precast glued segmental boxes

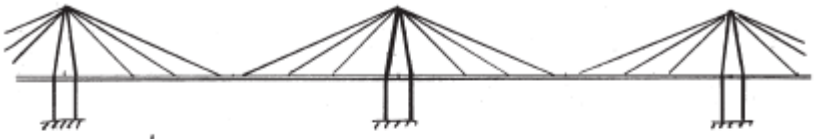


Variable depth decks



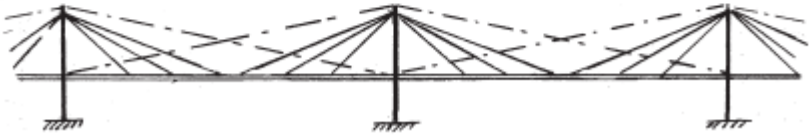




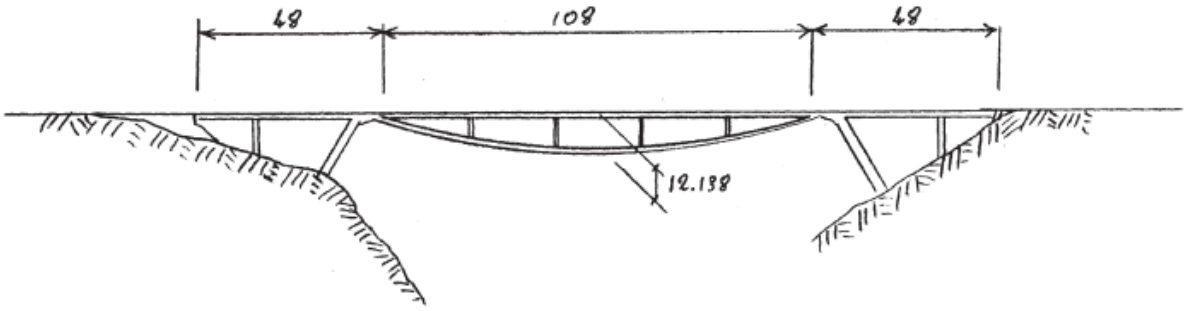


a) Stiff Solution

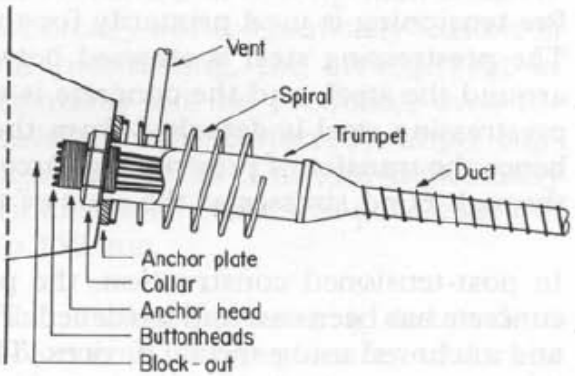
b) Flexible solution

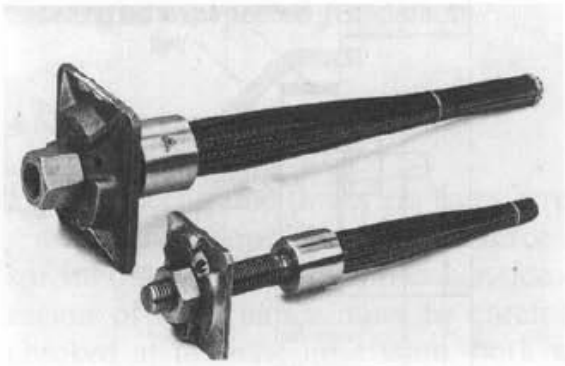


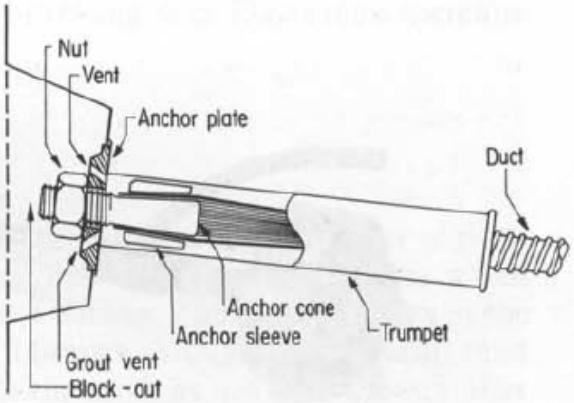
c) Tied solution



BBRV stressing anchor

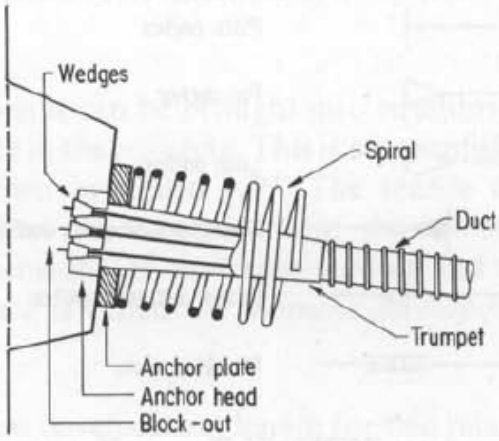


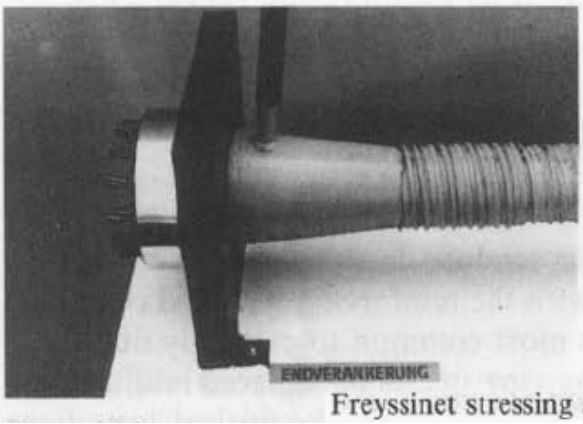


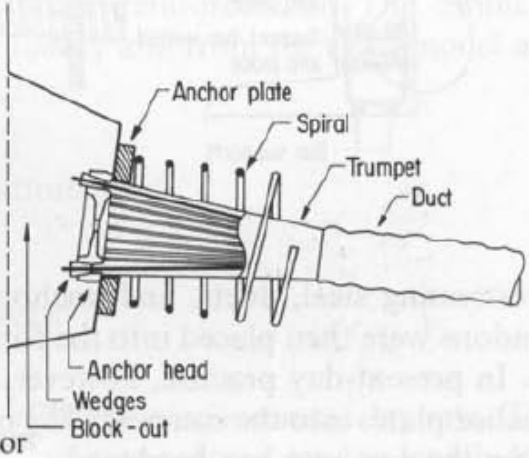


Polensky and Zoellner stressing anchors

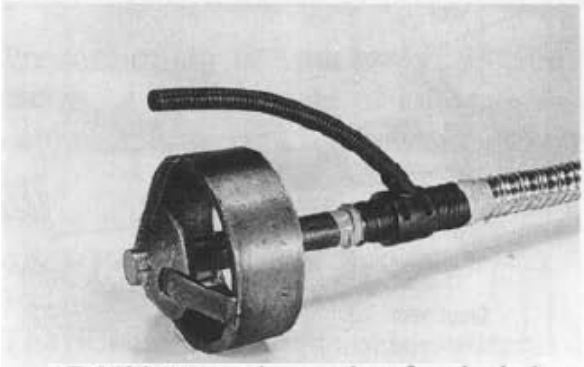
VSL stressing anchor



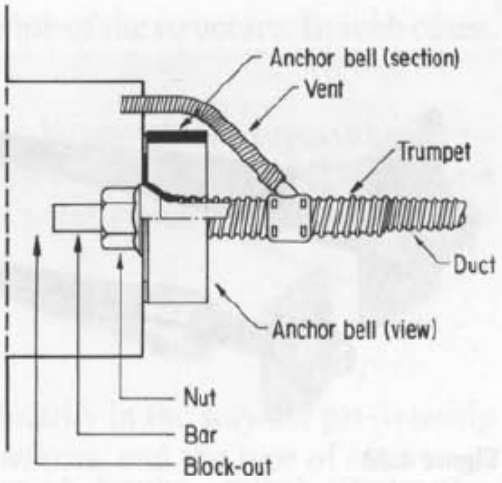


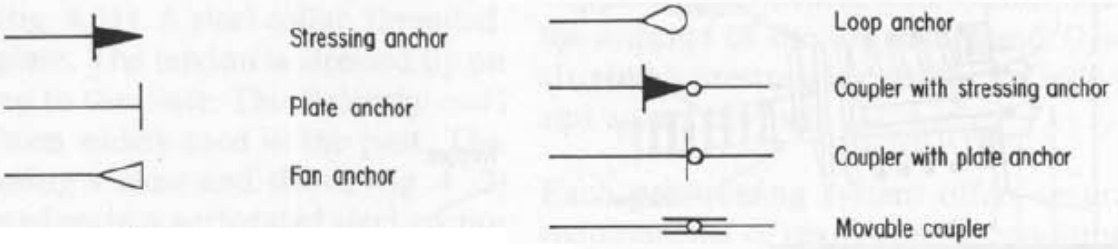


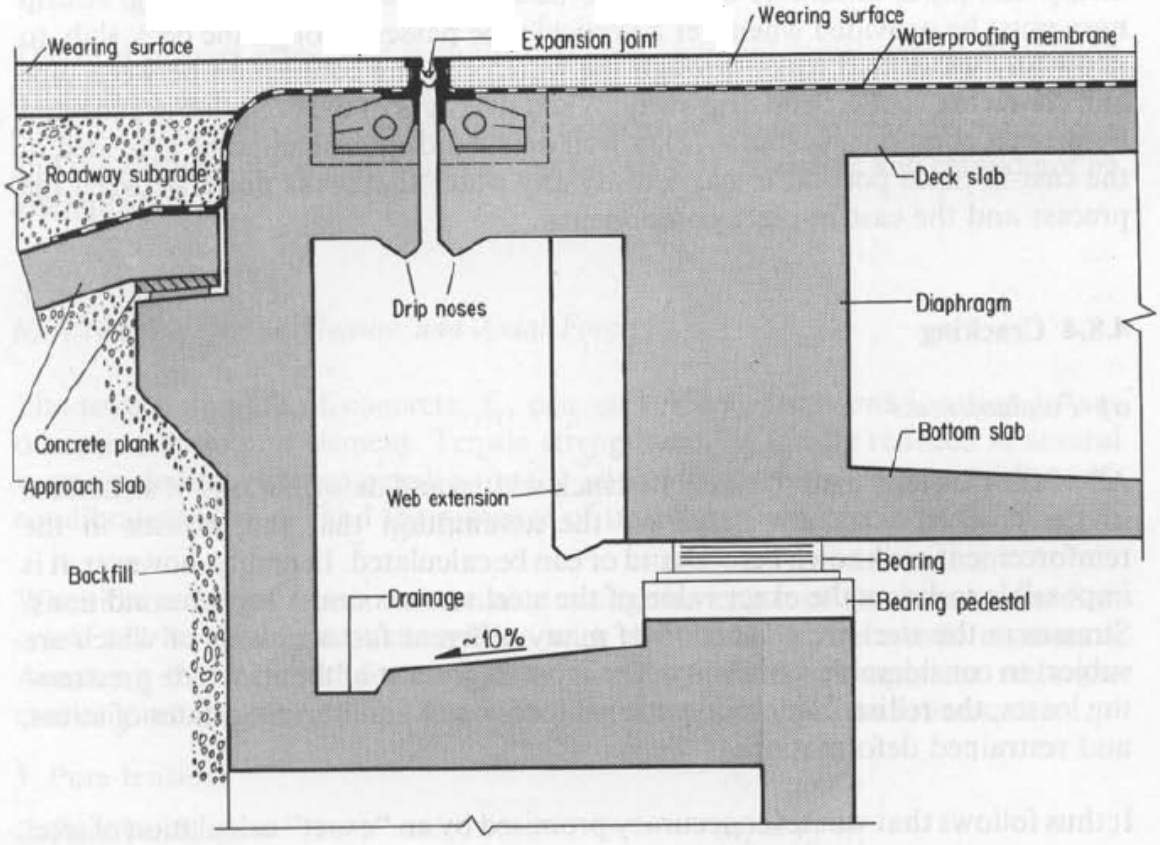
Freyssinet stressing anchor

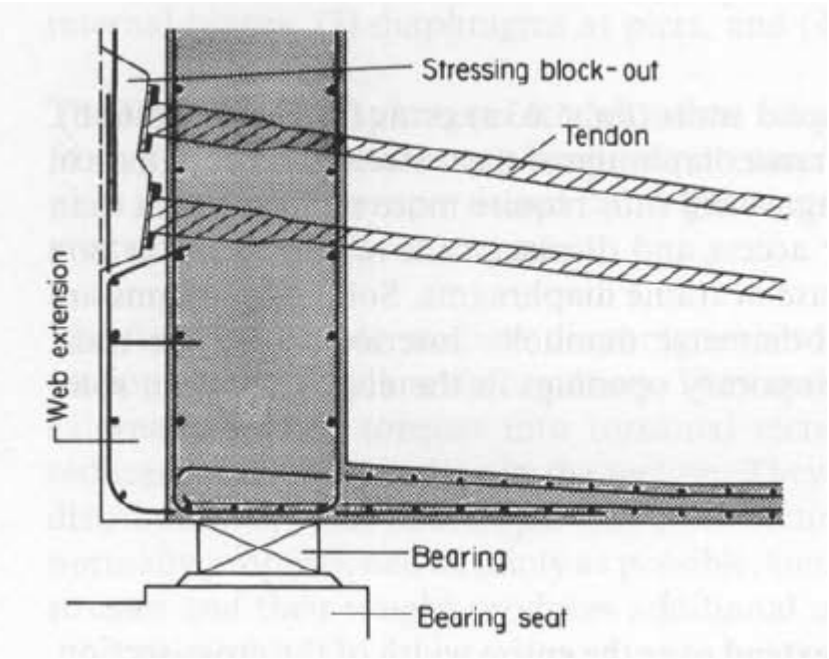


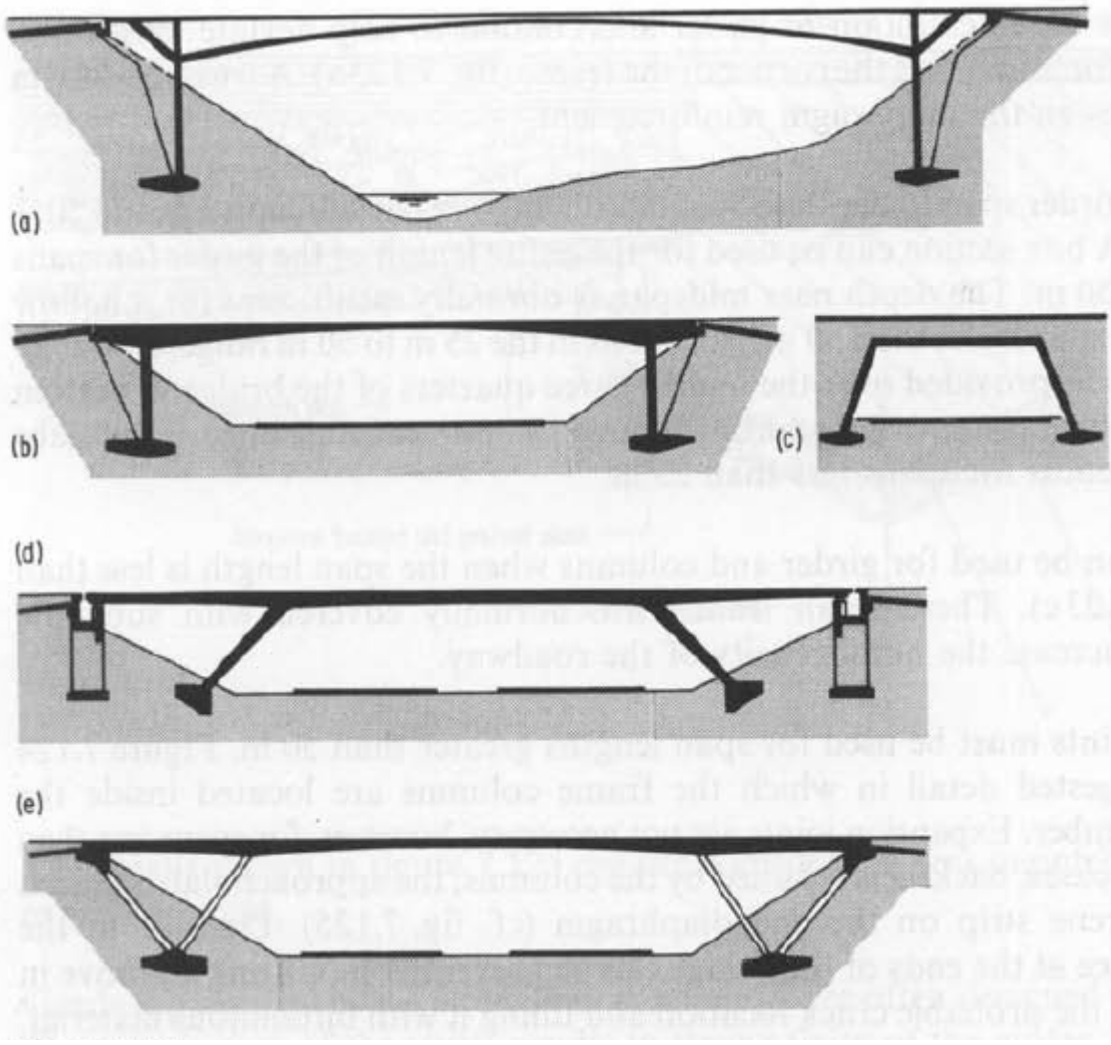
Dywidag stressing anchor for single bars

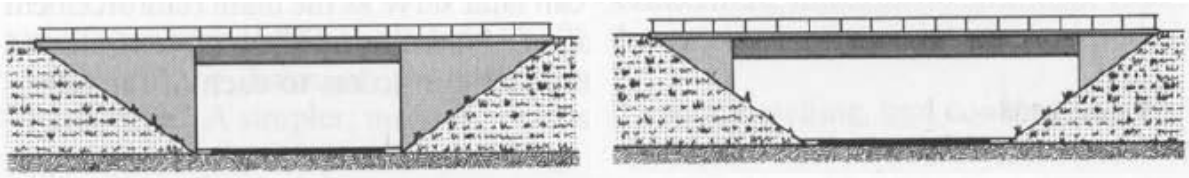




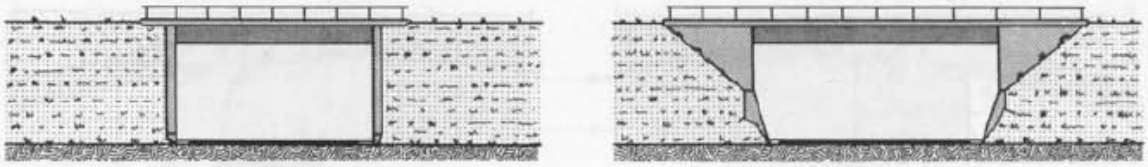



Stressing block-out
Tendon
Web extension
Bearing
Bearing seat

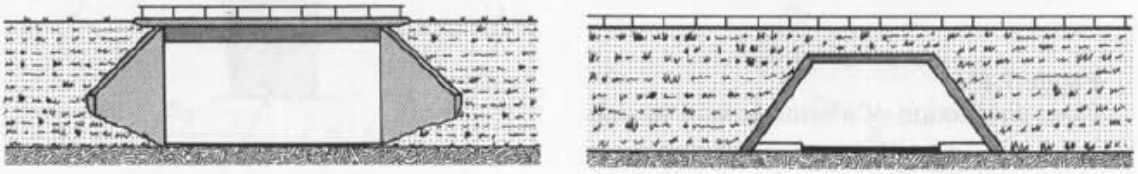

(a)
(b)
(c)
(d)
(e)



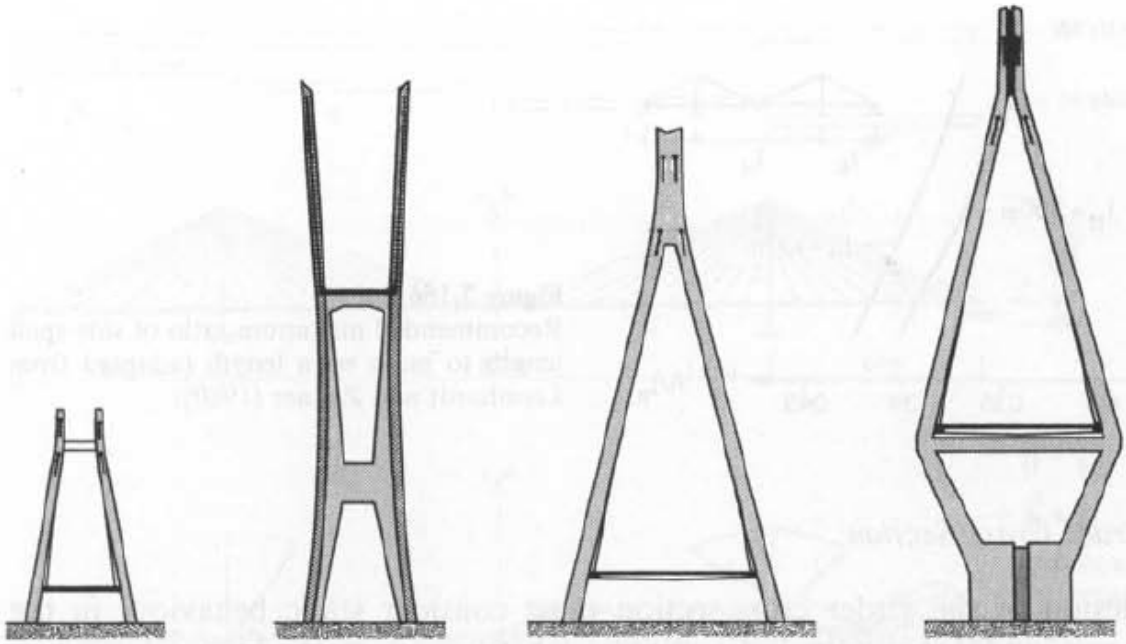
Visual effect of wing walls



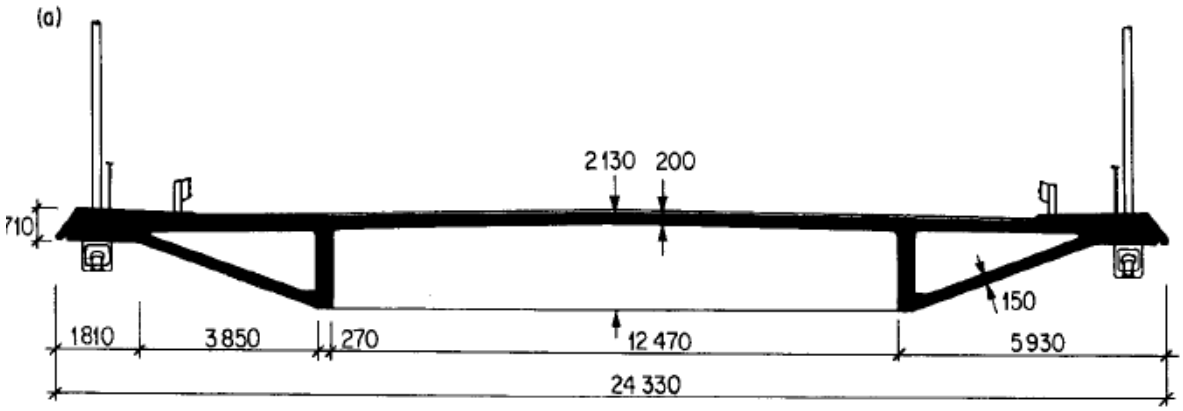
Possible wing wall arrangements



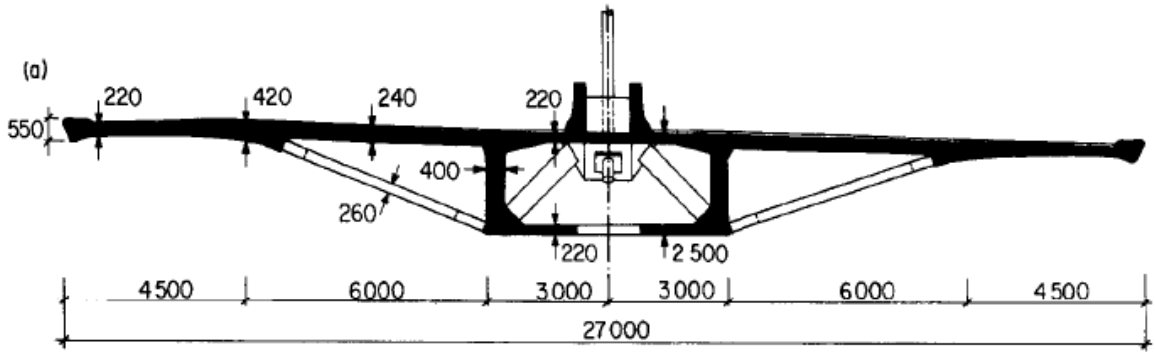
Trapezoidal underpass

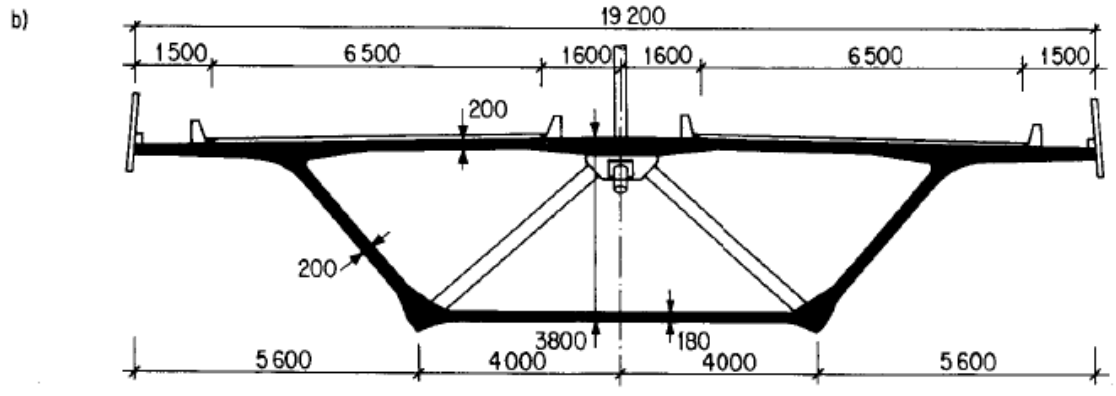


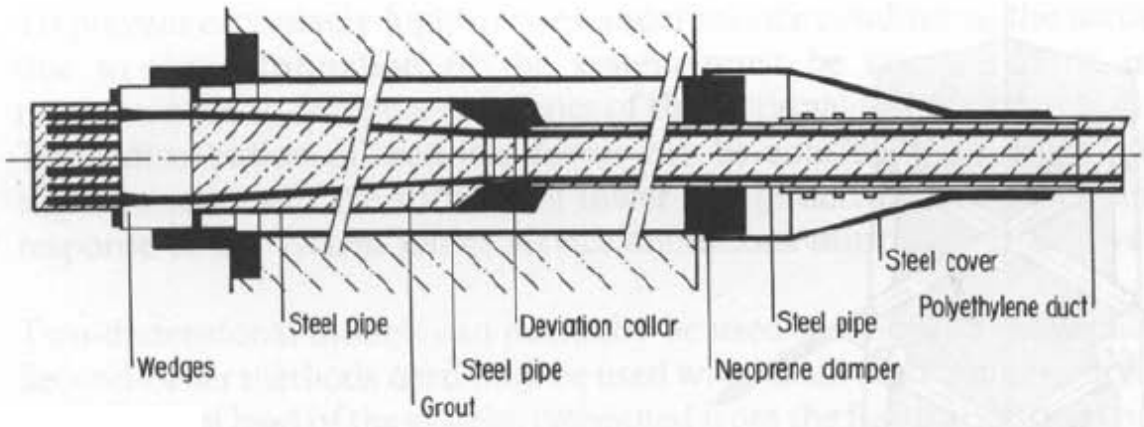
Typical shapes for towers


(a)
2130
200
710
150
1810
3850
270
12470
5930
24330

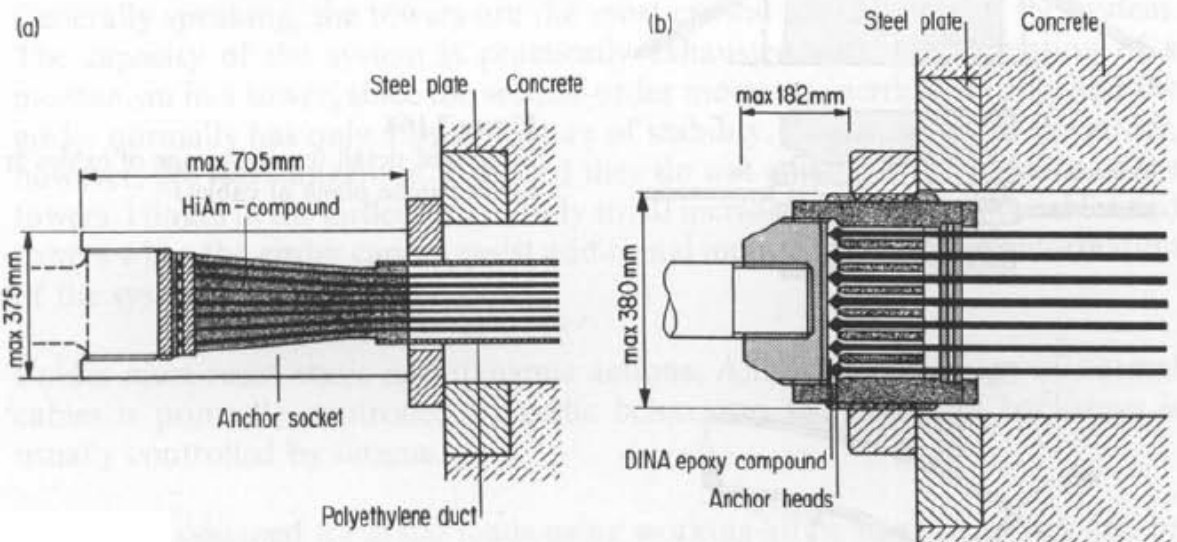
(b)
550
350
14500


(a)
220
420
240
220
550
400
260
220
2500
4500
6000
3000
3000
6000
4500
27000

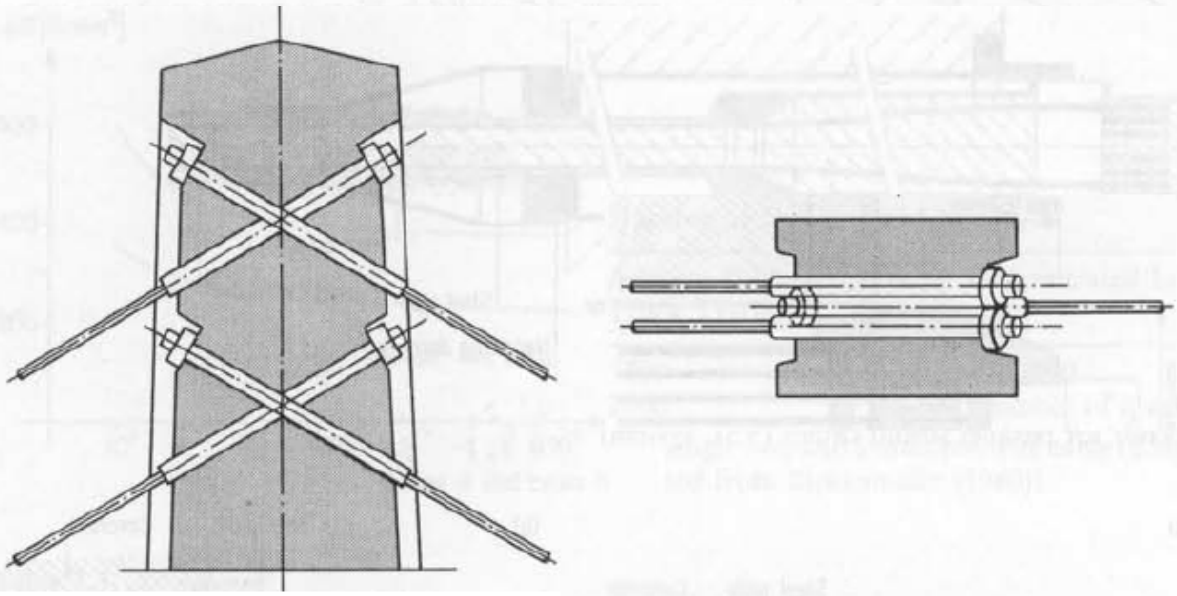

b)
19200
1500
6500
1600
1600
6500
1500
200
200
3800
180
5600
4000
4000
5600

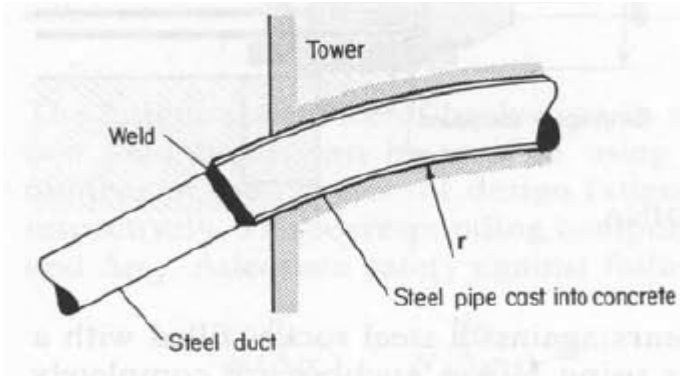


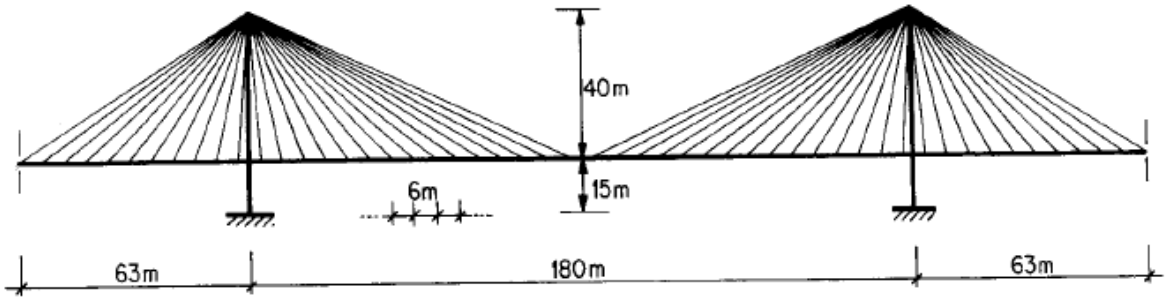
Anchor for parallel strand cables (VSL system)

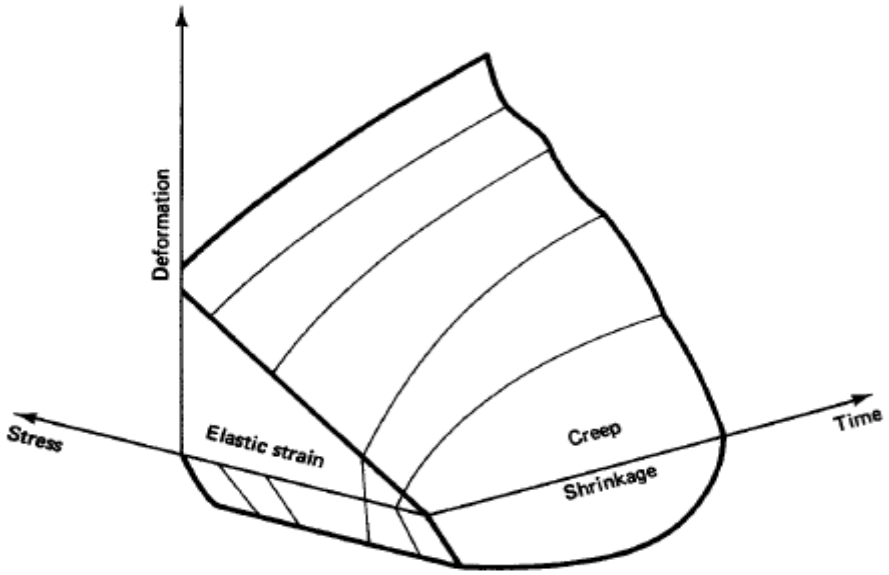


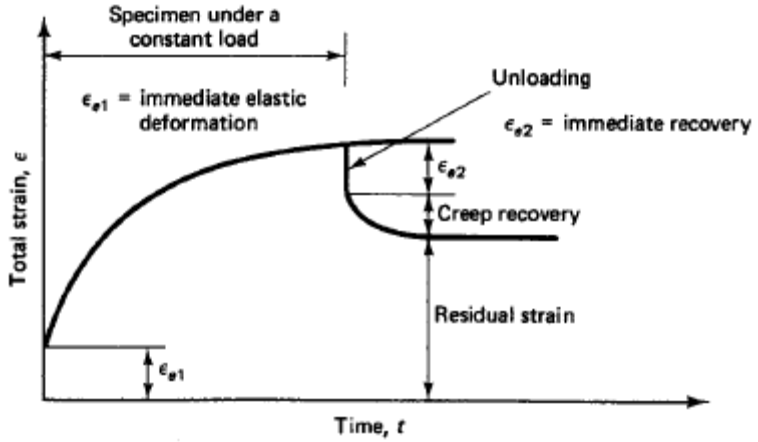
Anchors for parallel wire cables: a, Hi-Am; b, DINA



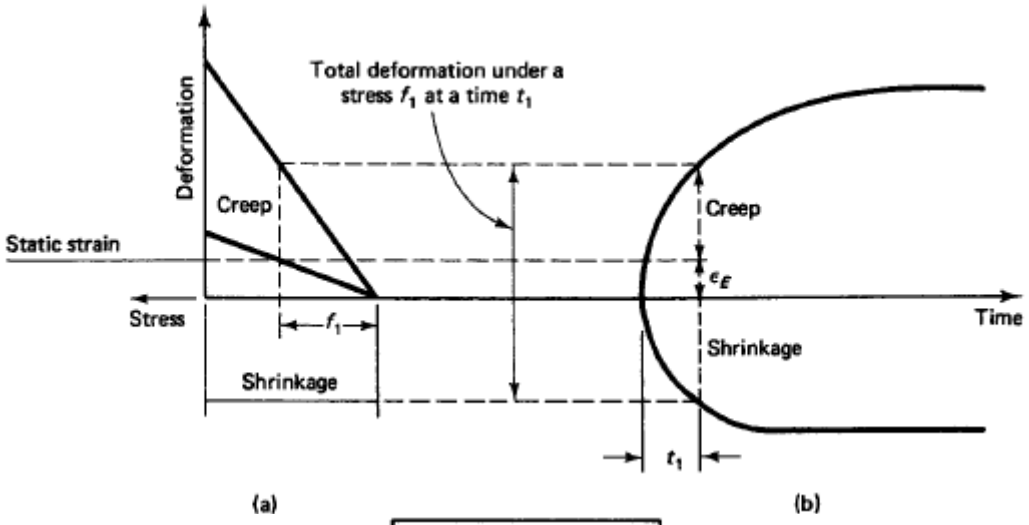


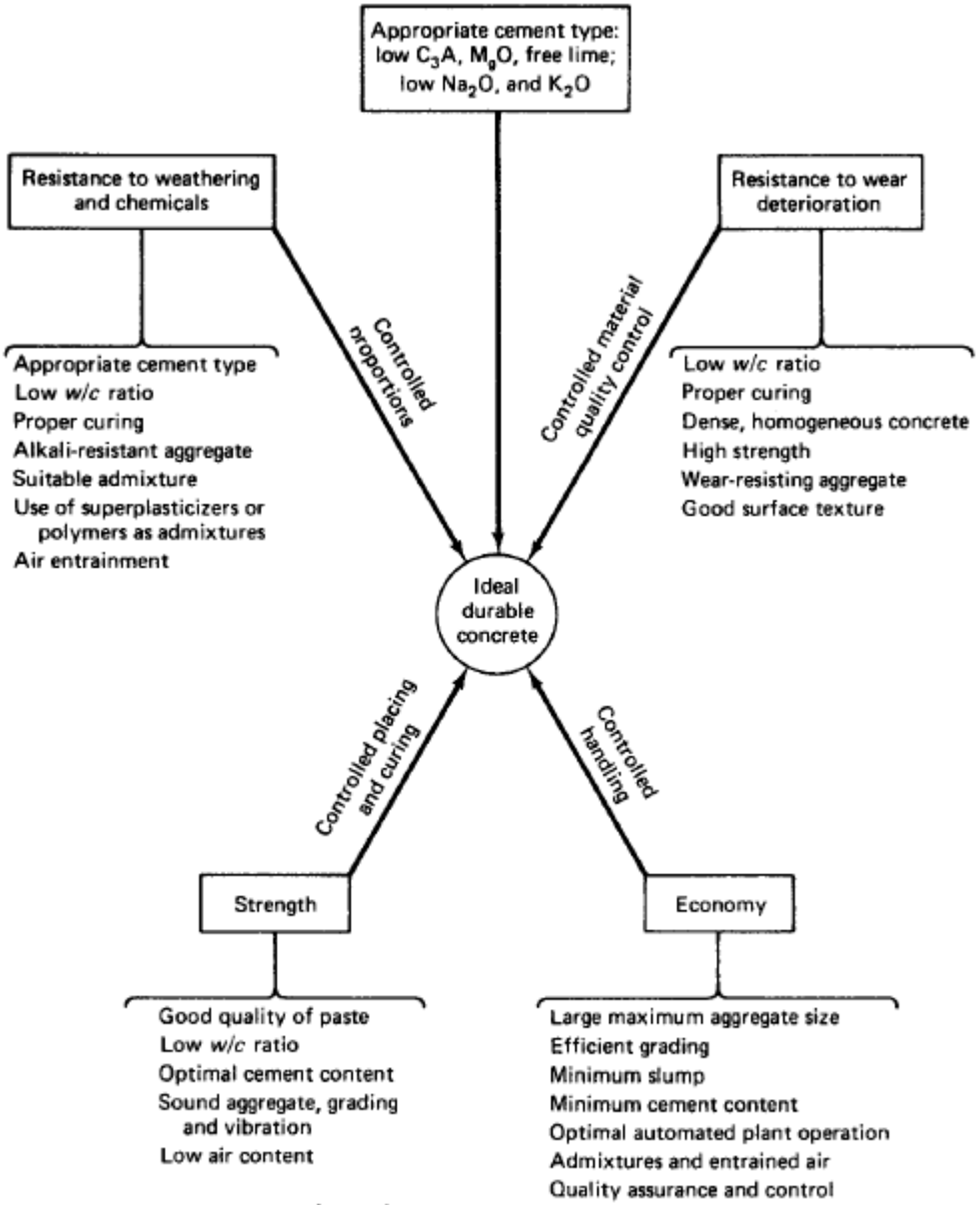




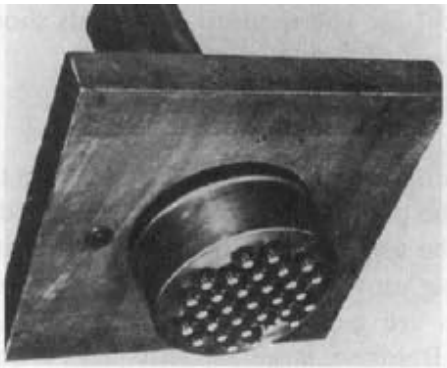


Creep recovery versus time.

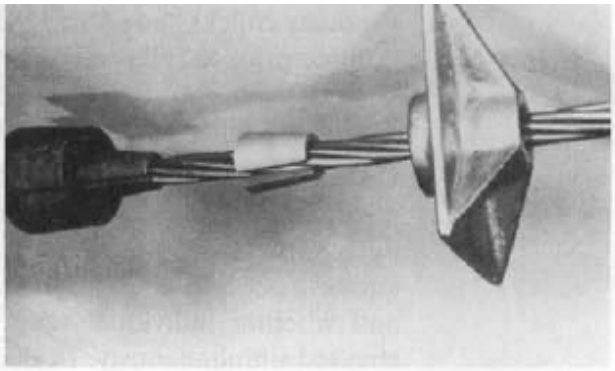




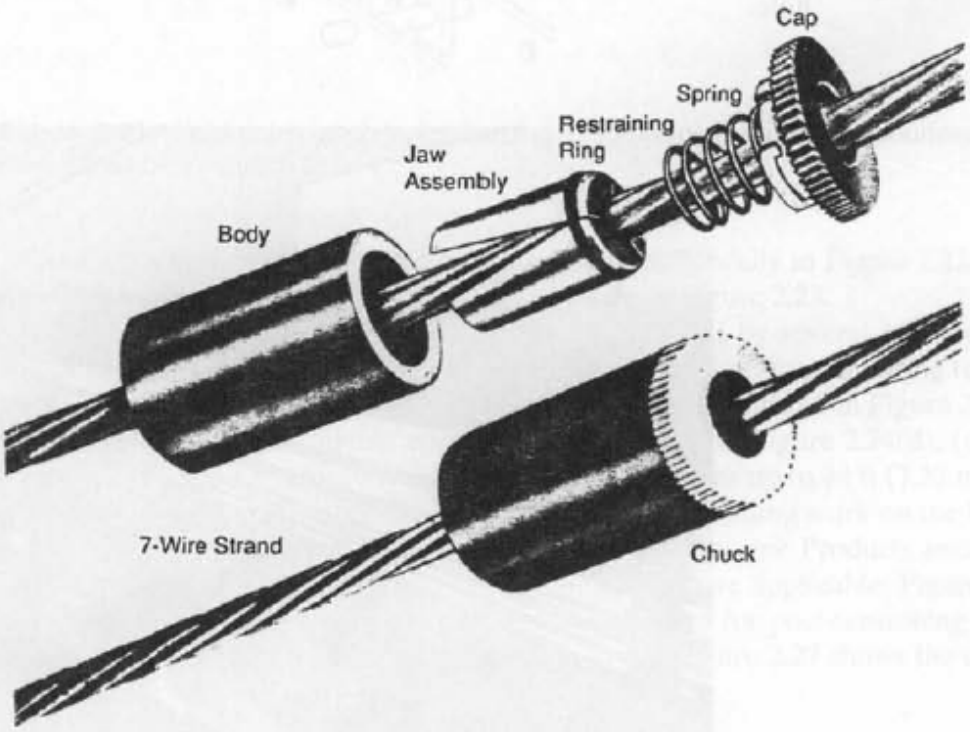
Principal properties of good concrete.



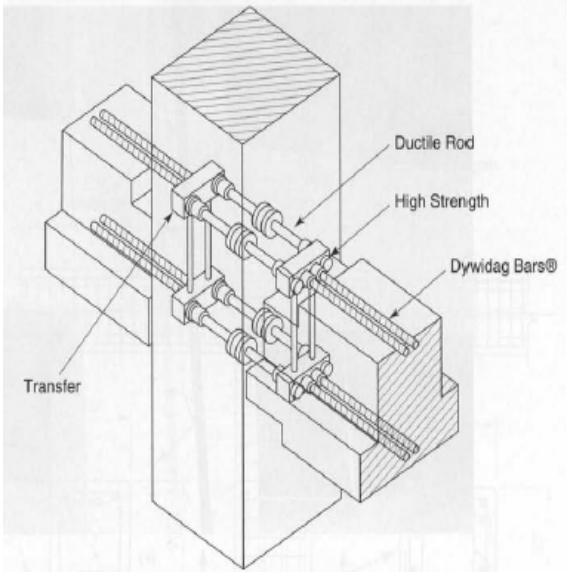
(a) Strand anchor.



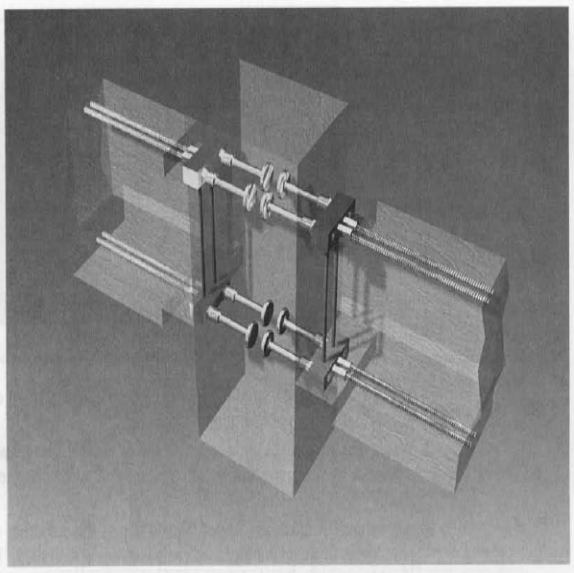
(b) Monostrand anchor.

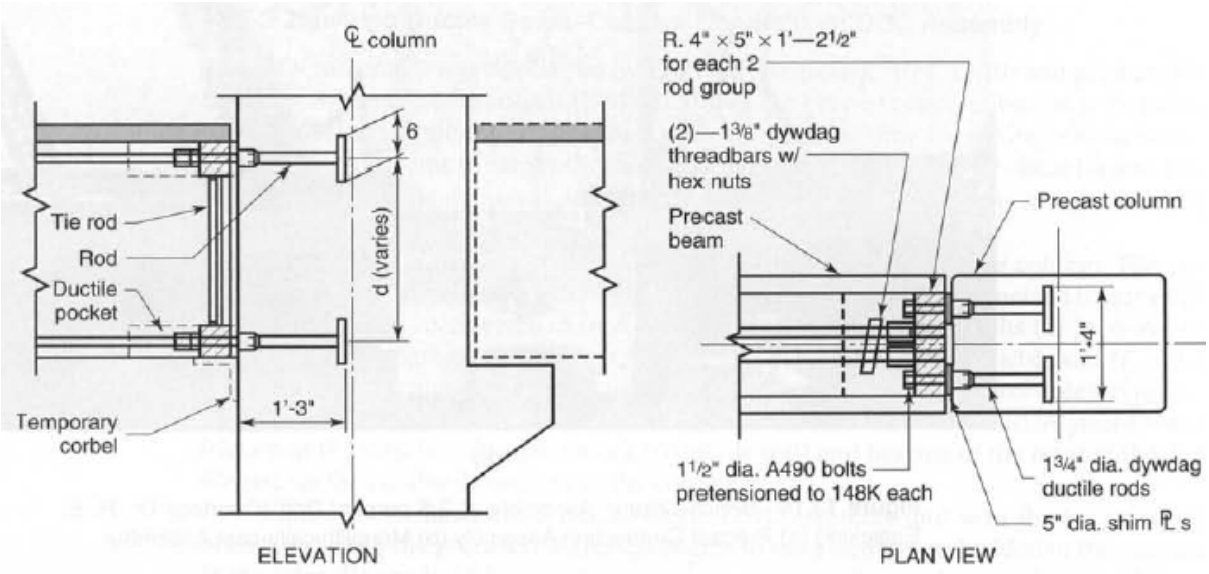


(c)

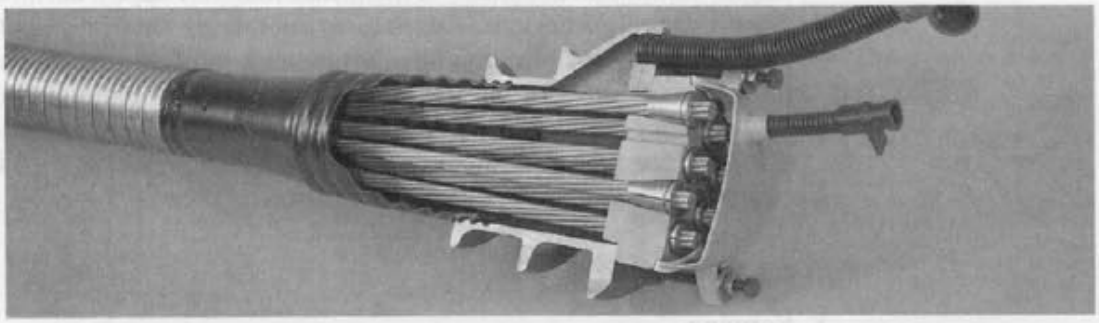


(d)

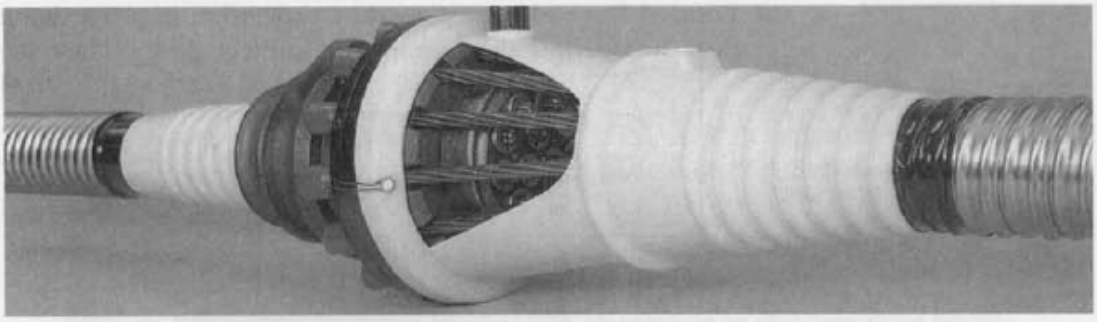


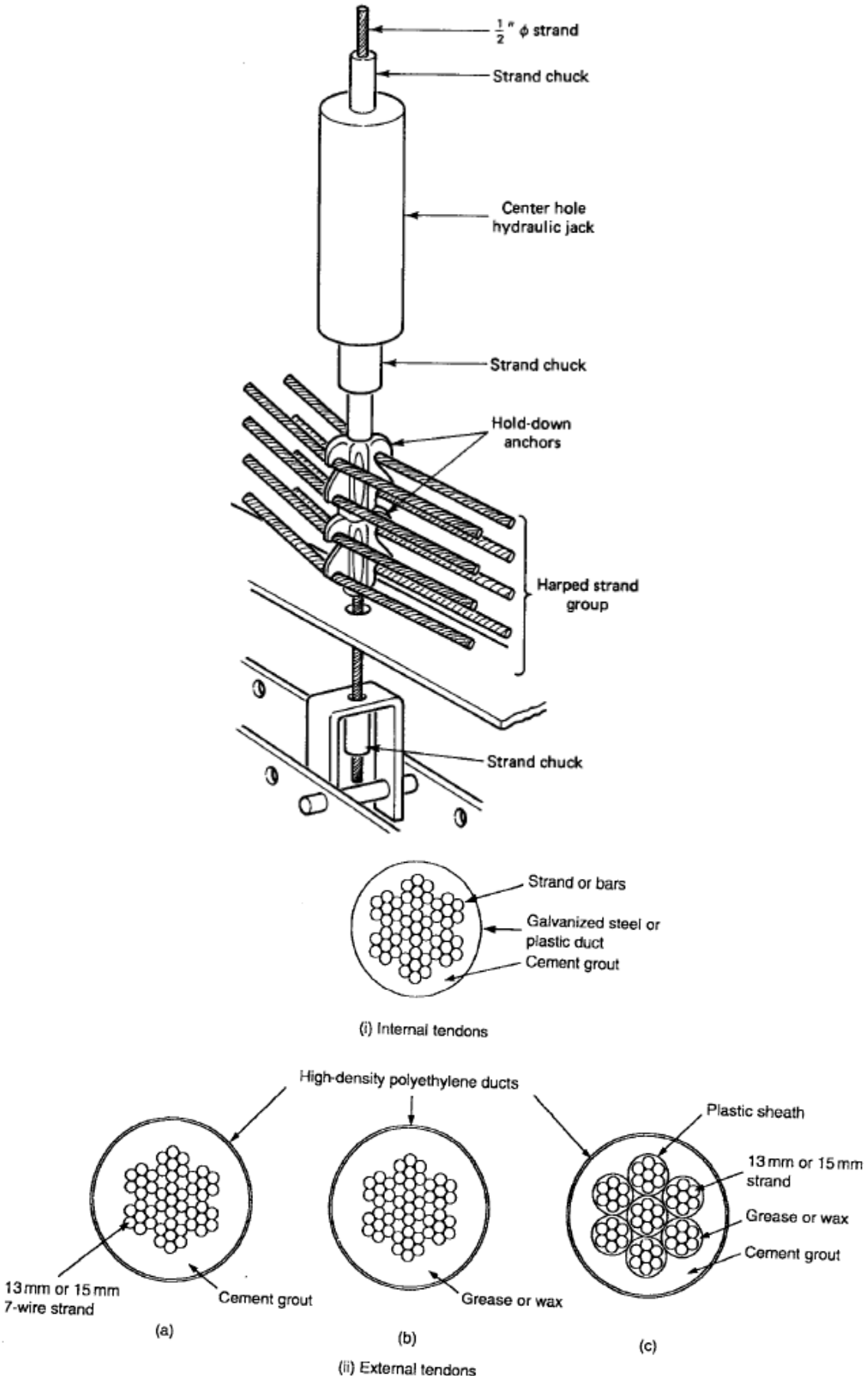

℄ column
6
Tie rod
Rod
Ductile pocket
d (varies)
Temporary corbel
1'-3"
ELEVATION
R. 4" × 5" × 1'—2½" for each 2 rod group
(2)—1⅜" dywdag threadbars w/ hex nuts
Precast beam
Precast column
1'-4"
1½" dia. A490 bolts pretensioned to 148K each
1¾" dia. dywdag ductile rods
5" dia. shim ℄ s
PLAN VIEW

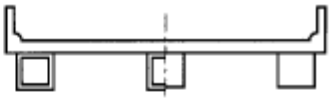
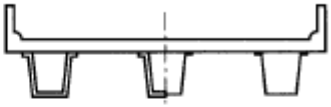
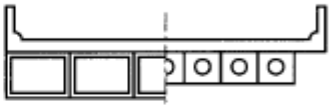
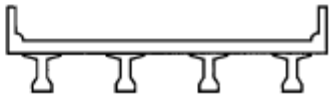
(e)

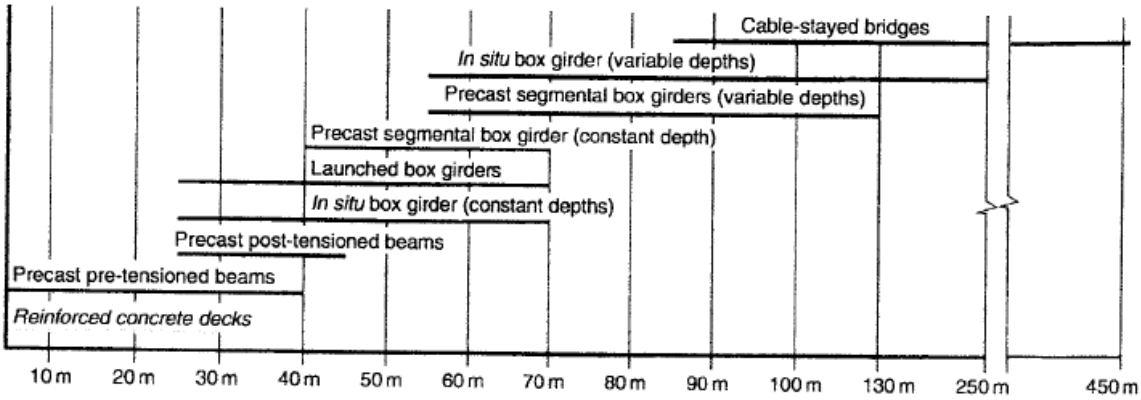


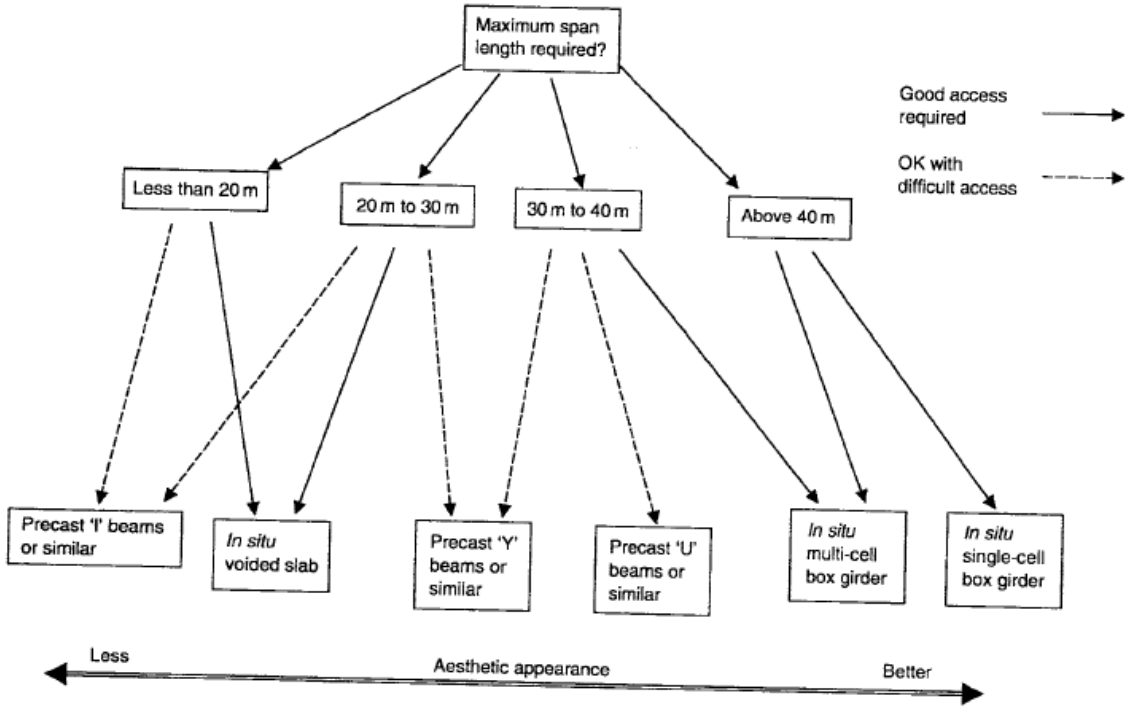
(f)

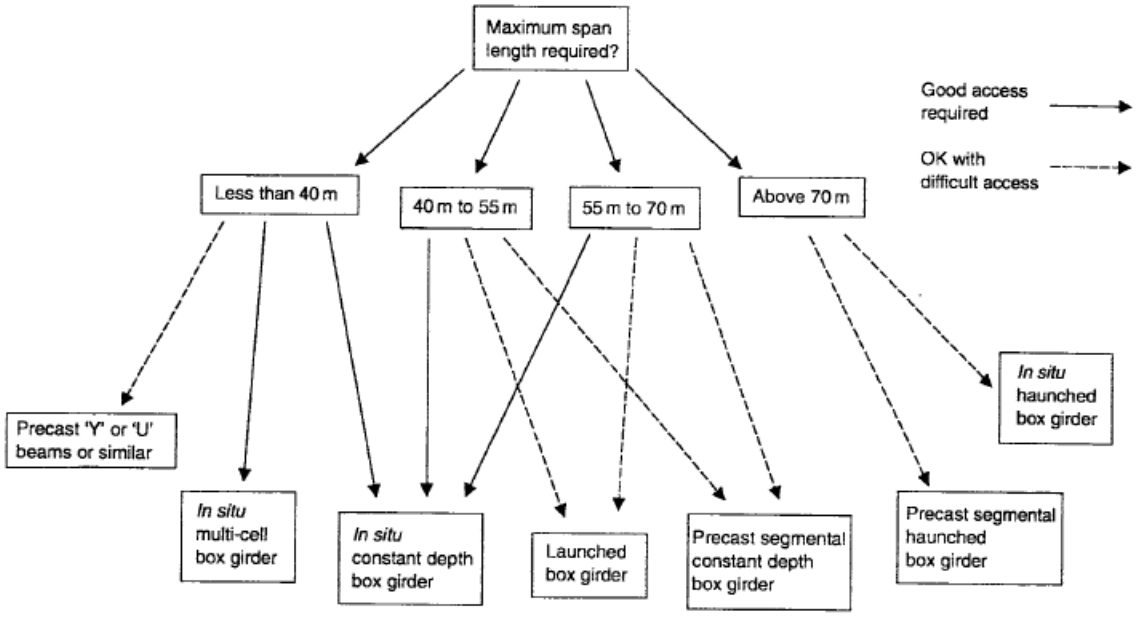


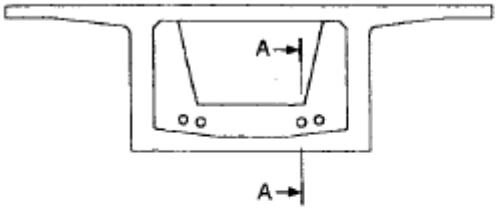

$\frac{1}{2}$" ϕ strand
Strand chuck
Center hole hydraulic jack
Strand chuck
Hold-down anchors
Harped strand group
Strand chuck
Strand or bars
Galvanized steel or plastic duct
Cement grout
(i) Internal tendons
High-density polyethylene ducts
Plastic sheath
13 mm or 15 mm strand
Grease or wax
Cement grout
13 mm or 15 mm 7-wire strand
Cement grout
Grease or wax
(a)
(b)
(c)
(ii) External tendons

SUPPORTING COMPONENTS	TYPE OF DECK	TYPICAL CROSS-SECTION
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)
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	post tension (g)
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	post tension (i)
Precast Concrete Tee Section with Shear Keys and with or without Transverse Post-Tensioning	Integral concrete	post tension (j)
Precast Concrete I or Bulb-Tee Sections	Cast-in-place concrete, precast concrete	 (k)

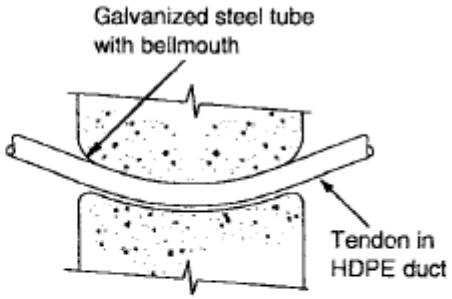



Maximum span length required?
Good access required
OK with difficult access
Less than 20 m
20 m to 30 m
30 m to 40 m
Above 40 m
Precast 'I' beams or similar
In situ voided slab
Precast 'Y' beams or similar
Precast 'U' beams or similar
In situ multi-cell box girder
In situ single-cell box girder
Less
Aesthetic appearance
Better

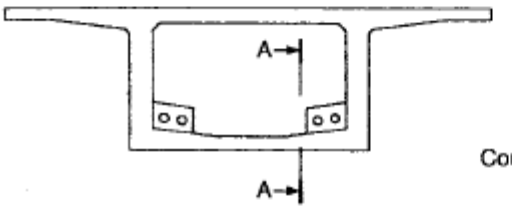

Maximum span length required?
Good access required
OK with difficult access
Less than 40 m
40 m to 55 m
55 m to 70 m
Above 70 m
Precast 'Y' or 'U' beams or similar
In situ multi-cell box girder
In situ constant depth box girder
Launched box girder
Precast segmental constant depth box girder
Precast segmental haunched box girder
In situ haunched box girder



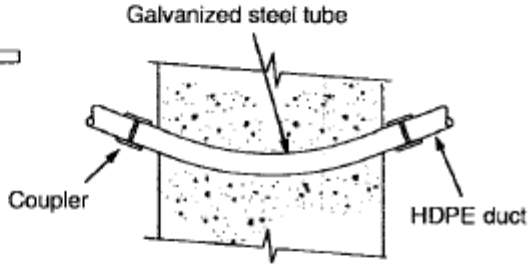
(i) Concrete beam deviator



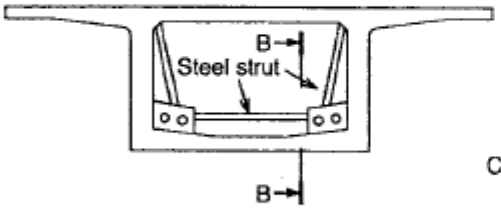
A–A



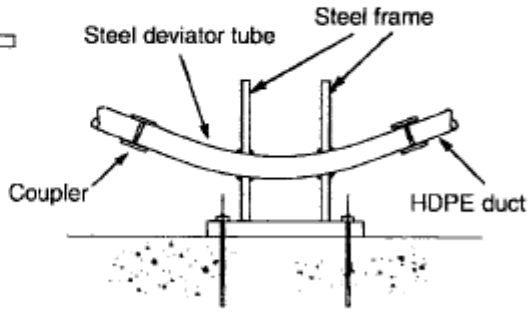
(ii) Concrete block



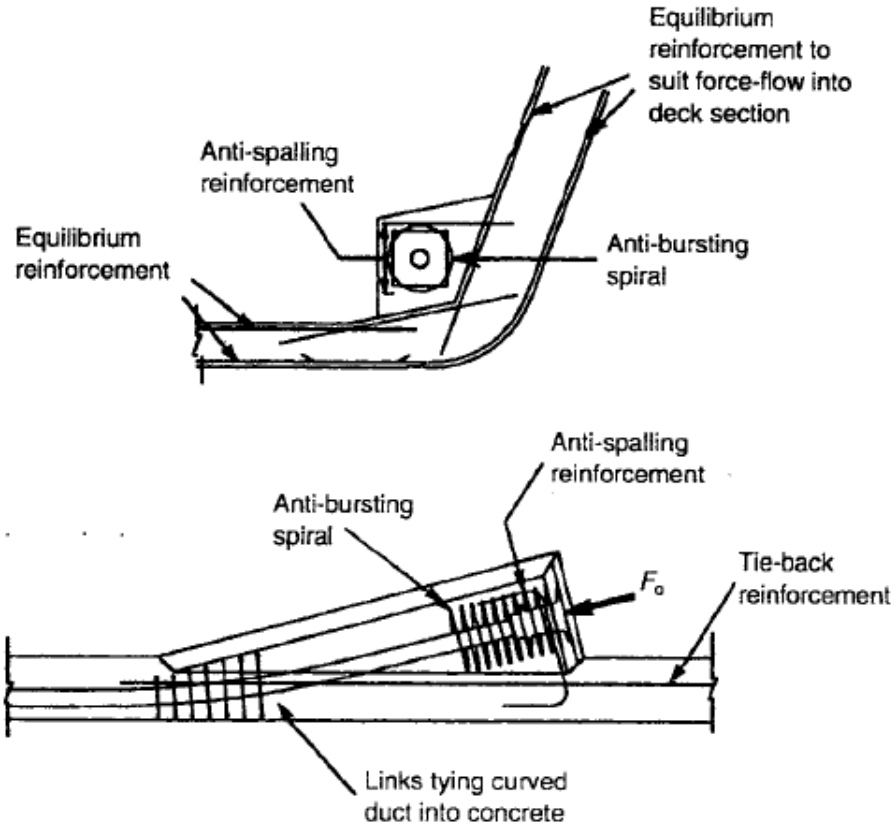
A–A alternative



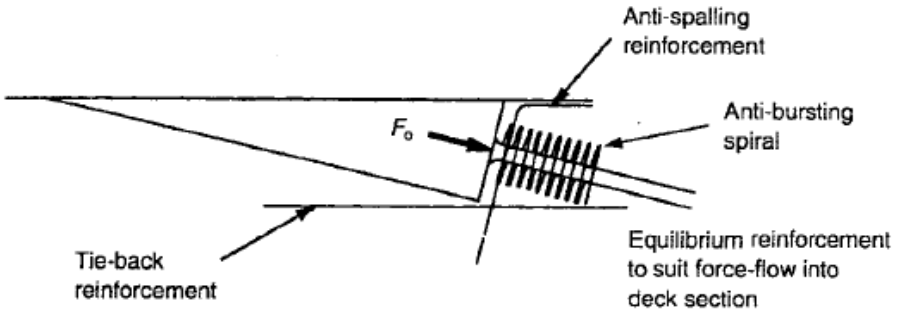
(iii) Steel frame



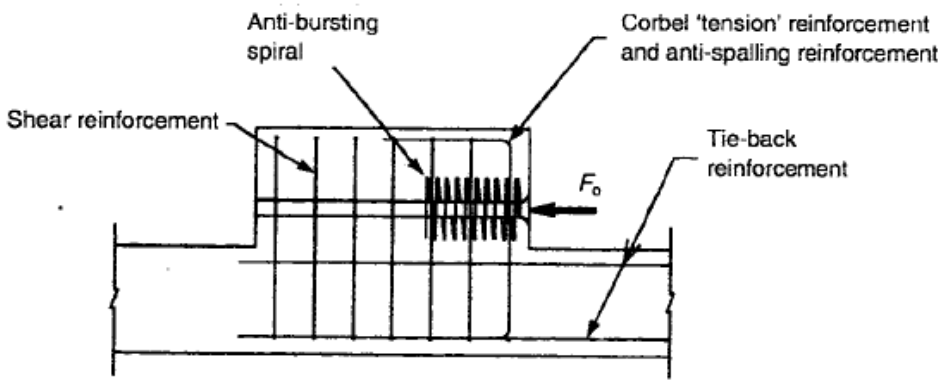
B–B



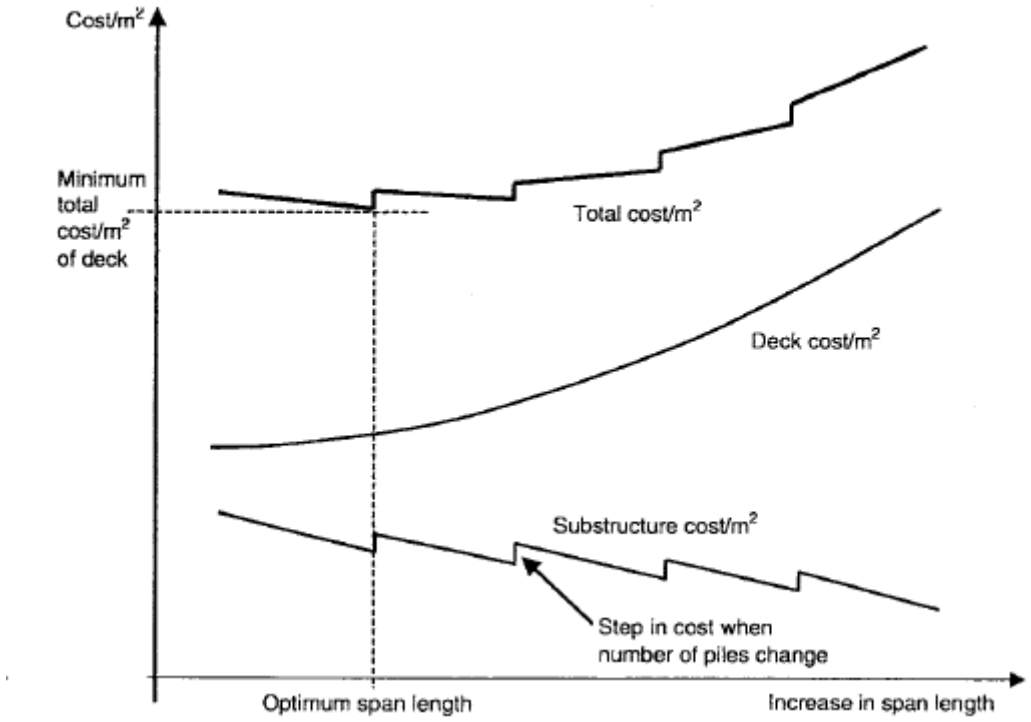
(i) Blister reinforcement



(ii) Anchor pocket reinforcement



(iii) External tendon on anchor block



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 برسطح 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 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 وآزمونها 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 باعکس و ویدئو ۱۰- نقشه های چون ساخت و دفترچه محاسبات و دستورالعملها وضوابط طرح ۱۱- بارگذاری خاص ،سیل و ترافیک ۱۲- تاریخچه تعمیرونگهداری 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 درطول زمان خدمت دهی پل ۳-واکنشهای شیمیایی (کربناسیون، کلراید، سولفات ۴- خوردگی۵- امکان زوال ناشی ازخستگی۶-خرای بار بحرانی۷- یخ و ذوب شدن و ترو خشک شدن متوالی ۸-واکنشای قلیایی ۹- ضربه

انواع ضربه به پایه پلها

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

اطلاعات سازه ای وبرگه 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 وشاهتیرها ۳- سیستمهای ۲ خرپایی ۴- دهانه های معلق با دو شاهتیر ۵- قوسهای به هم جوش شده ۶- اتصالات مفصل و وآویز بروی سیستم دویا سه شاهتیری

ابزارهای عملیات میدانی وبازرسی

۱- چکش ۲- متر ۳- اندازه گیر ترک ۴- دوربین نقشه برداری ۵- زنیجر 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 یادشت اطلاعات یا مارکر

موارد‌نیاز 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 وآئین 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 انازه 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 وقلوه 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 فتالئین) ۷- ترموگرافی ۸- رادار۹- 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 درزهاو مقاومت اتصال

حسگرهایی که در پایش سلامت سازه پل بکار میروند نوری یا سیم مسی میباشند

مواد تعمیر وصله ۱- رزین پلی استر۲- اپوکسی ۳-سیمان پرتلند۴- استرین بوتادین ۵- استات وینیل ۶- اکریلیک ۷- فسفات منیزیم ۸- سیلیکون ۹- لاتکس ۱۰- پلیمر میباشد

انواع ترک

۱- ترک ناشی ازخوردگی ۲- ترک ناشی ازواکنش 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 براثر فسادبتن ۸- تغییر شکل درازمدت (انقباض و خزش)۹-خوردگی ۱۰- خیز غیر مجاز ۱۱- تورق ۱۲- کرموشدن

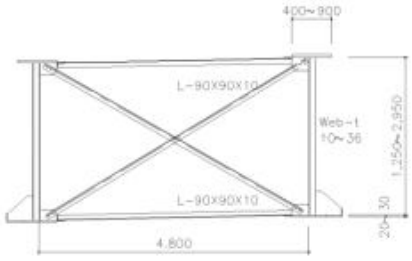
تکنیک پیشرانی تدریجی

در دره های عمیق-گذرگاههای آبی عمیق- شیبهای تند باوضعیت بدخاک – میراث فرهنگی ساختگاه پل

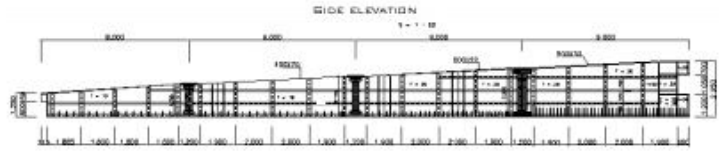
۱- حداقل تخریب در مناطق حساس محیط زیستی ۲- تمرکزبیشتر جهت مونتاژ با ساخت وسازکمتر

۳-افزایش ایمنی

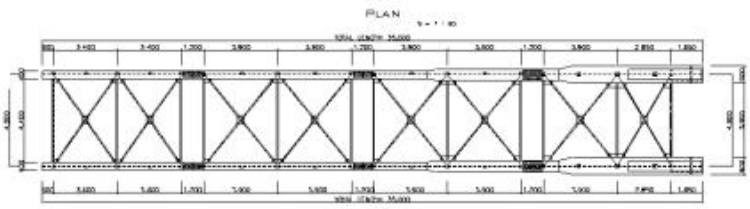
۱- تجهیزکارگاه ۲- پیاده کردن محوراصلی ۳- پیاده کردن محل شمعها ۴- اجرای شمعها ۵- اجرای سرشمع ۶- اجرای کوله پیشرانی ۷- اجرای پایه ها ۸-قالب لغزنده ۹- جک و پشت بند افقی ۱۰- یوک ۱۱-رویه قالب۱۲-داربست بندی و آویز۱۳-مهاربندی ۱۴-آب بندی قالب ۱۵- نصب دماغه پیشرونده ۱۶-ساخت صندوقه بتنی ۱۷- عملیات هل دادن عرشه ۱۸-اجرای درزهای انبساطی خاک برداری – قالب بندی و بتن ریزی فونداسیونها پایه ها و کوله ها – مونتاژدماغه به سیستم پیشرانی - بتن ریزی عرشه – کشیدن کابلهای پیش تنیده – جاگذاری و اصلاح نشیمن گاه دائمی – مونتاژوجاگذاری دمپرها و میراگرها



Nose Section



Nose Side Elevation



Nose Plan

در طراحی لرزه ای پلها مواردی که در زلزله اخیر ژاپن چون کوبه در تحقیقات بیشتر به انها توجه شد ۱- رعایت طول نشیمنگاه پلها ۲- انطاف پذیریو رفتار یکپارچه تابلیه ، وزن و نوع تابلیه و

آنالیزفرکانسی و پریود ارتعاشی ۳- مسائل مربوط به خاک وژئوتکنیک چون روانگرایی، جوشش ، رمبندگی و نشست،زمین لغزش ۴- نحوه اتصال روسازه به زیر سازه و مهارتابلیه 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 آمریکاFWHA(راستای ارتعاش مدهای آن نسبت به پلهای مستقیم متفاوت میباشد (اغلب پریود ارتعاش پیچشی از مدهای انتقالی بزرگترو غالب بوده و خروج ازمرکزیت 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 درهنگام زلزله جلوگیری میشوددرآیین نامه آشتو LRFD در مورد پلهای تکدهانه هیچ تحلیل لرزه ای خاصی نیاز نیست ودرمعادلات دینامیکی جرم تابلیه رادرشتاب مبنای طرح ضرب می نمایند و برای نواحی ۳و۴ در تقسیم بندی آشتو دستگاههای تکیه گاهی را در نیروی معادل 2.5A ضرب میکنند. درمورد 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 مداصلی پل دارد . با افزایش ارتفاع ، بیشینه جابجایی نسبی آنقدر افزایش می یابدتا به حد نهایی خود برسد پلهای مرتفع بیشینه جابجایی تقریبا 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:

براثر ترک خوردگی و خستگی درنقطه گسیختگی اعضای حساس به شکست گسیختگی اتفاق می افتد. افزونگی مسیربار، سازه ای و داخلی(عضو زمانی خستگی در پلهای فولادی به تاخیر می اندازد، مسیر انتقال ترک ازیک المان به المان دیگر بایستی وجودداشته باشد، مکانیزمهای گسیختگی شامل شروع ترک، انتشارترک و شکست در پیکره فاقد افزونگی رخ می‌دهد. کل عمر خستگی برابر مجموع عمرآغاز و انتشارمیباشد 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 عموما دردرجه حرارت سرد،بارگذاری سریع و قیود زیادو عضو ضخیم رخ

میدهد برعکس تغییر شکلهای پلاستیک به شکست نرم منجرمیشود که در درجه حرارت گرم محیط، نرخ بارگذاری آهسته و مداوم ، قیود پایین و عضو نازک رخ میدهد.

در بررسی ترکهای خستگی درجوشها 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 (لوچه) ۷- سوراخکاری باشعله توجه داشت

عیوب ناشی از انتقال ونصب نادرست شامل بریدگی، شیارافتادگی وفرورفتگی، آثارناشی اززنجیر، نیروهای خمش خارج ازصفحه ، جوشهای موقت ، عیوب حالت سرویس اشاره کرد

عوامل موثربرانتشارخستگی 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

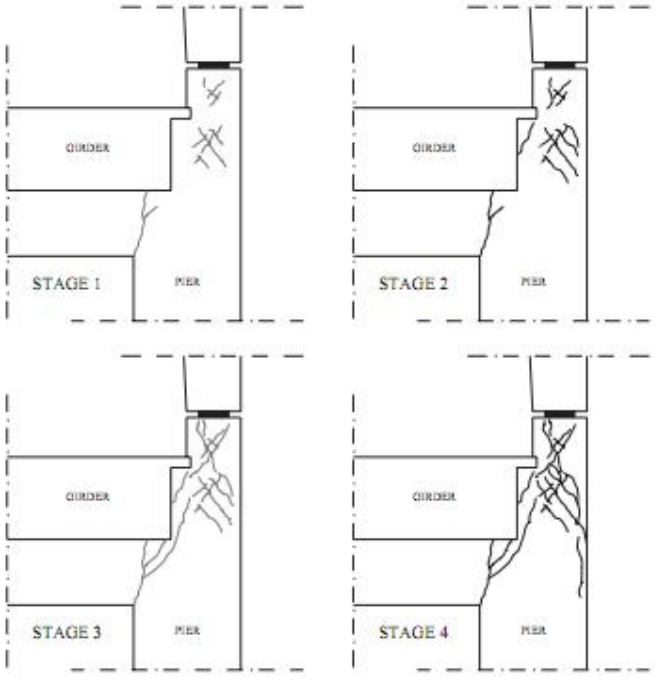
۱- اعوجاج خستگی خارج از صفحه : ترک خستگی ناشی از اعوجاج بخصوص در پلهای ۱- خرپاها ۲- پلهای معلق با دوشاهتیر ۳- پلهای با چند تیر و یا چند شاهتیر۴- پلهای قوسی کلافدار ۵- پلهای با شاهتیر جعبه ای رخ می‌دهد

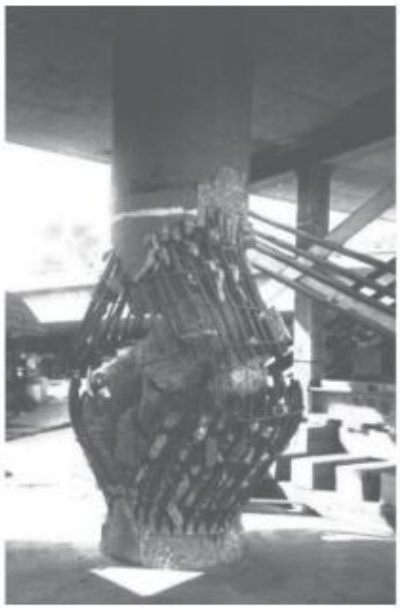
جزئیات با مقاومت خستگی پایین،عیوب اولیه،کتیبه ها،نقاط انتهایی بال، قیود انتهایی محلهای مستعد برای شکست میباشند به طور کلی عوامل متعددی بر درجه حساس بودن یک پل به شکست تاثیر میگذارد۱-درجه افزونگی۲- تنش بارزنده در عضو ۳- تمایل مصالح به ترک و شکست ۴- وضعیت اعضای ویژه حساس به شکست ۵- وجود اجزای مستعد به خستگی ۶- تعدادوبزرگی بارهای قبلی ۷- تعدادوبزرگی بارهای پیش بینی شده

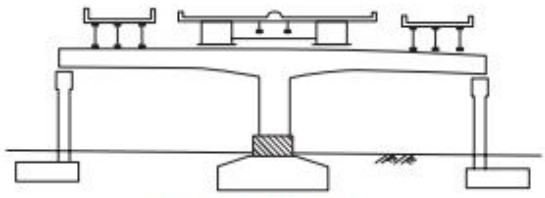
انواع پلهای حساس به شکست

۱- دهانه های معلق با ۲ شاهتیر ۳- پلهای معلق با کابل زنجیری با دومیله گشواره در هرپانل ۴- قوسهای کلافدار جوشی با شاهتیرکلاف 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

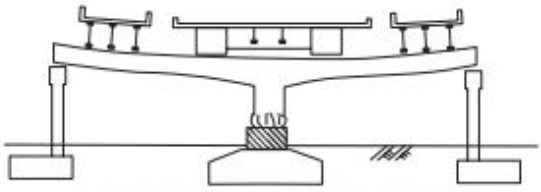
برای اعوجاج خارج از صفحه مناطق زیر بازرسی شود ۱-جان شاهتیرها دراتصالات دیافراگم وتیرعرضی ۲- دوانتهای ورقهای اتصال دیافراگم در پلهای شاهتیری ۳- جانهای شاهتیرهای جعبه ای در محل دیافراگم ۴- ورقهای لچکی مهاربندی جانبی درجان شاهتیر درمحل اتصال تیرهای عرضی ۵- اتصالات دستک کنسولی (براکت) وتیرعرضی به شاهتیر۶-ورقهای آویز متصل شده با پین و ورقهای ثابت شده باپین



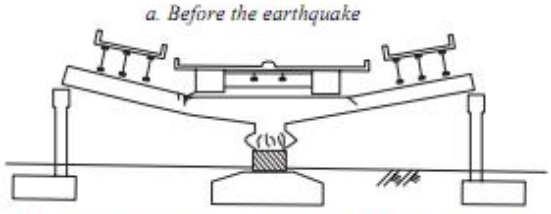




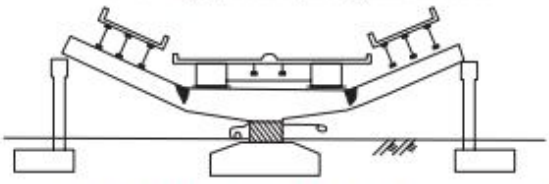
a. Before the earthquake



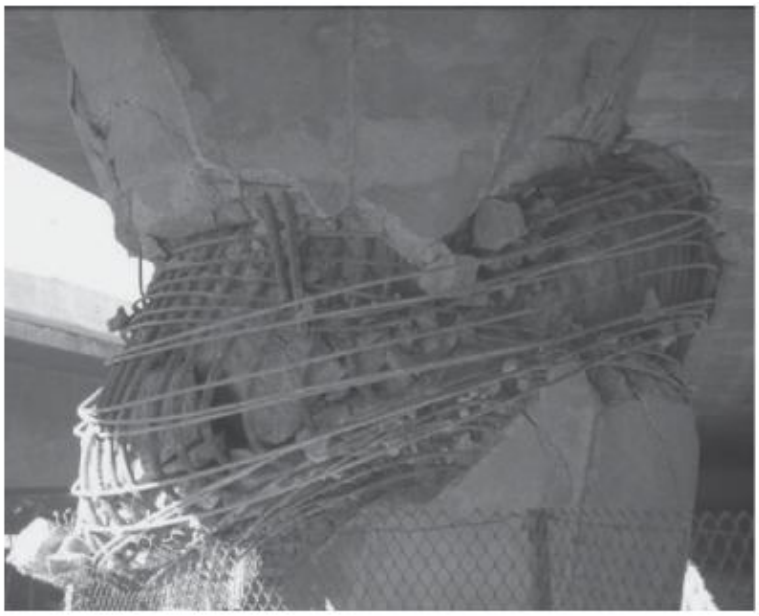
b. Buckling of web and flange plates at bottom

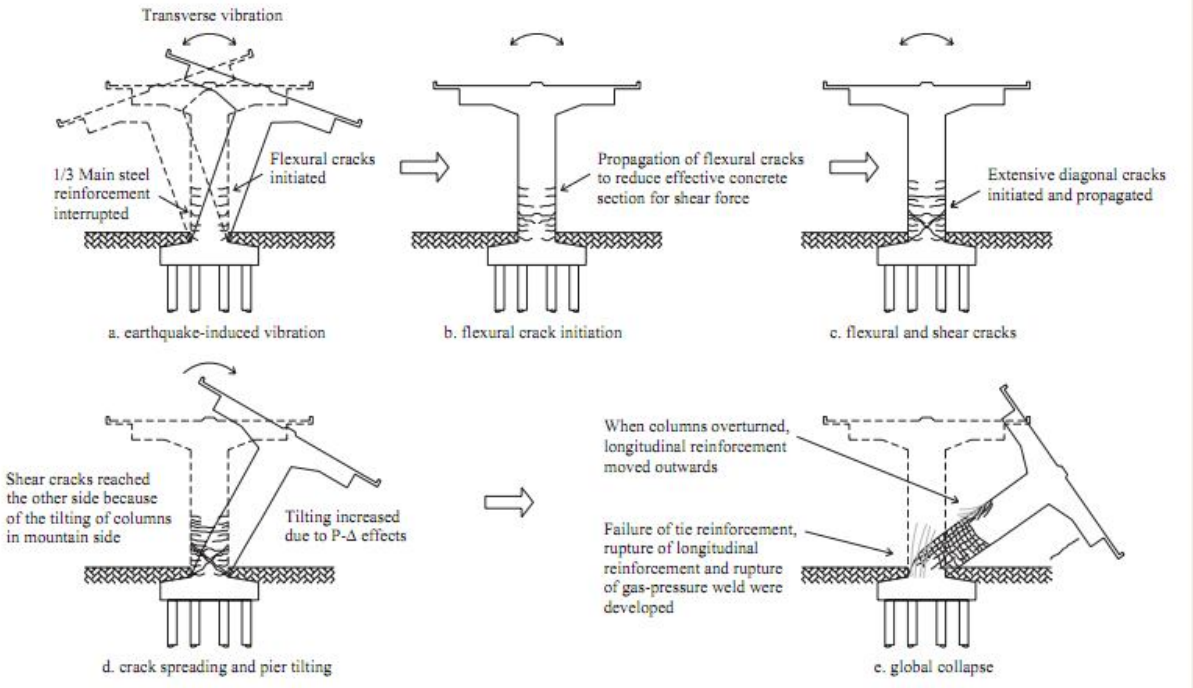


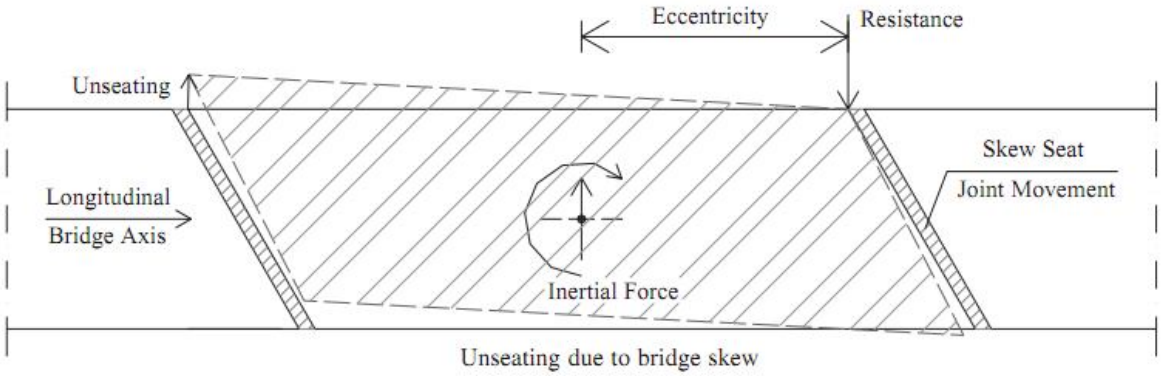
c. Progress of buckling at bottom and buckling of lateral beam

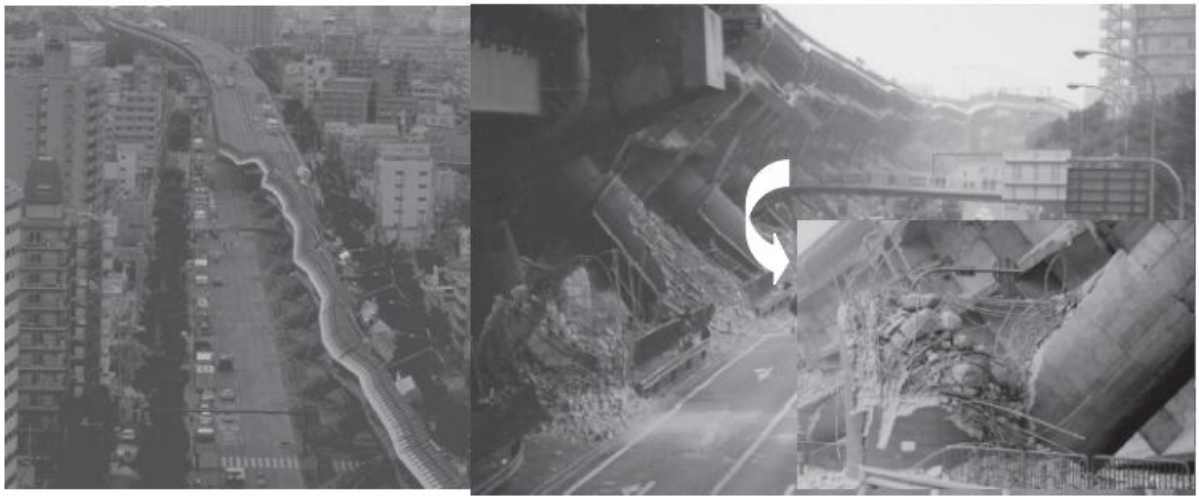


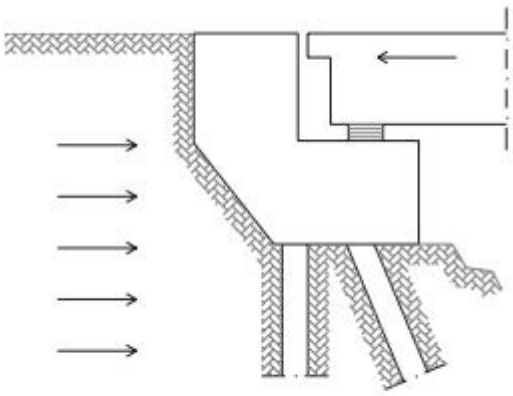
d. Complete failure of column and settlement of lateral beam



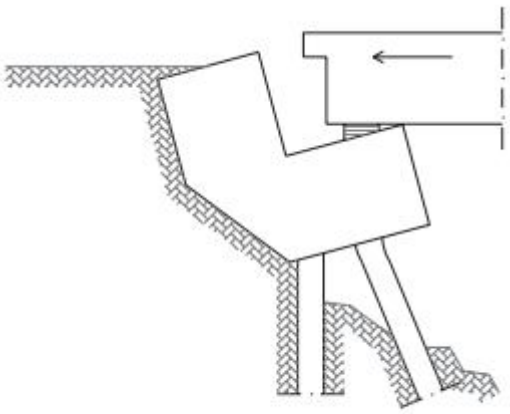

Transverse vibration
1/3 Main steel reinforcement interrupted
Flexural cracks initiated
a. earthquake-induced vibration
Propagation of flexural cracks to reduce effective concrete section for shear force
b. flexural crack initiation
Extensive diagonal cracks initiated and propagated
c. flexural and shear cracks
Shear cracks reached the other side because of the tilting of columns in mountain side
Tilting increased due to P-Δ effects
d. crack spreading and pier tilting
When columns overturned, longitudinal reinforcement moved outwards
Failure of tie reinforcement, rupture of longitudinal reinforcement and rupture of gas-pressure weld were developed
e. global collapse


Eccentricity
Resistance
Unseating
Skew Seat
Joint Movement
Longitudinal
Bridge Axis
Inertial Force
Unseating due to bridge skew

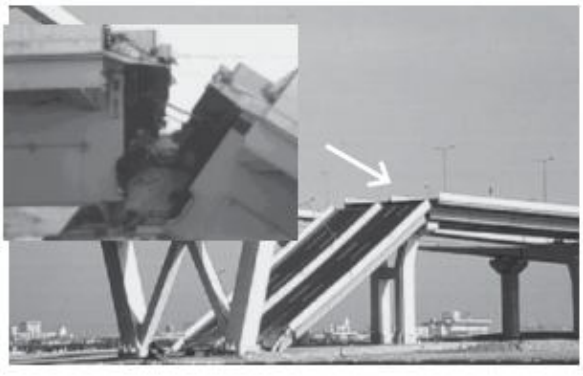


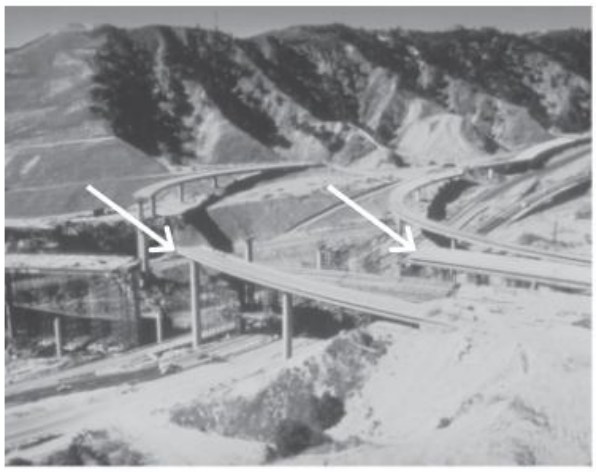


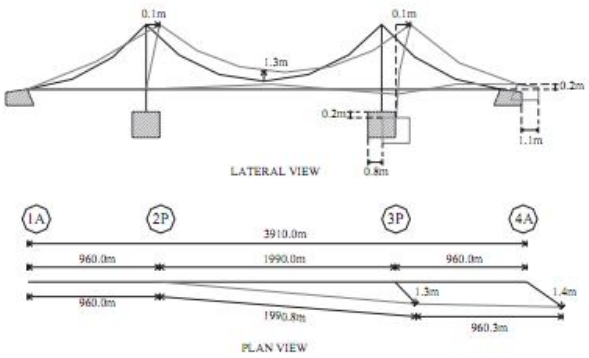
Before Failure



After Failure







- فرسایش و نشست و ریزش خاکریز پشت کوله ها
- گسیختگی های خمشی درمفاصل پلاستیک به دلیل عدم محصورشدگی کافی
- گسیختگی های برشی درستونهای 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 درستونها و پایه ها مطابق کمانش آرماتورها و خاموتها،بازشوها و گسستها
- تنش بیش ازحد منجر به گسیختگی محلی درقیود لرزه ای
- نیروهای واژگونی و uplift فونداسیون وپایه های پلها مهارناکافی پایه
- ضربه عرشه به کوله و نشیمن نادرست و ایجادمفاصل پلاستیک در نگهدارها
- گسیختگیهای فونداسیون براثر 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 دربرش و کشش

روشهای پیشرفته بازرسی فیزیکی

- اندازه گیری سرعت امواج صوتی/فراصوتی
- ماشین آلات شناسایی تورق (لایه لایه شدگی)
- روشهای الکتریکی
- روشهای الکترومغناطیسی
- سرعت پالس(ضربه)
- آزمون جک تخت
- رادارنفوذی زمینی
- آزمون بازتاب ضربه
- دمانگاری مادون قرمز
- آزمون فراصوتی(التراسونیک) معمولی و لیزری
- اختلال میدان مغناطیسی
- ردیاب نوترون برای شناسایی کلریدها
- روشهای هسته ای
- پاکومترpachometer
- 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- ورآمدگی 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 تنشی ۱۳- کاهش مقطع می‌لگرد نمایان شده ، تخلیه خاکریزی در مدخل ورو.دی 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 میباشندکه 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 وترک خوردگی شعاعی، بلوکهای مهاری توجه شود و ازتستهای مخرب در پلهای پیش تنیده پرهیز شود.

بازرسی در ۱-نواحی تکیه گاهی ۲- نواحی برشی ۳- نواحی کششی۴- نواحی فشاری ۵- نواحی در معرض زهکش ۶- نواحی در معرض ترافیک ۷- درزها ۸-دیافراگمها انجام میشود

درآبروهای جعبه ای علاوه بر محلهای مذکور۱-ناهمراستایی ۲- عیوب درزها ۳-ترکها و قلوه کن شدنها ۴- سطوح در تماس ۵- سوراخهای تراوش بازرسی گردند

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

اعضای قوس پیشانی باز۱- قاب پیشانی ۲- سرستون قاب پیشانی ۳- ستونهای پیشانی ۴- تیرهای پیشانی میباشد

روسازه با تیرهای I شکل پیش تنیده ، مقاومت مصالح و دوام ، پیوستگی و انسجام، عملکرد مرکب (کامپوزیت) و تیرهای جعبه ای بهم چسبیده (پهلو به پهلو)- 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 اجراعبارتند از ۱- روش طره ای معلق ۲- اجرای دهانه به دهانه ۳- اجرابه روش جا دادن پیشرو ۴- اجرابه روش هل دادن روبه جلو

بارهای وارد برآبروهای 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

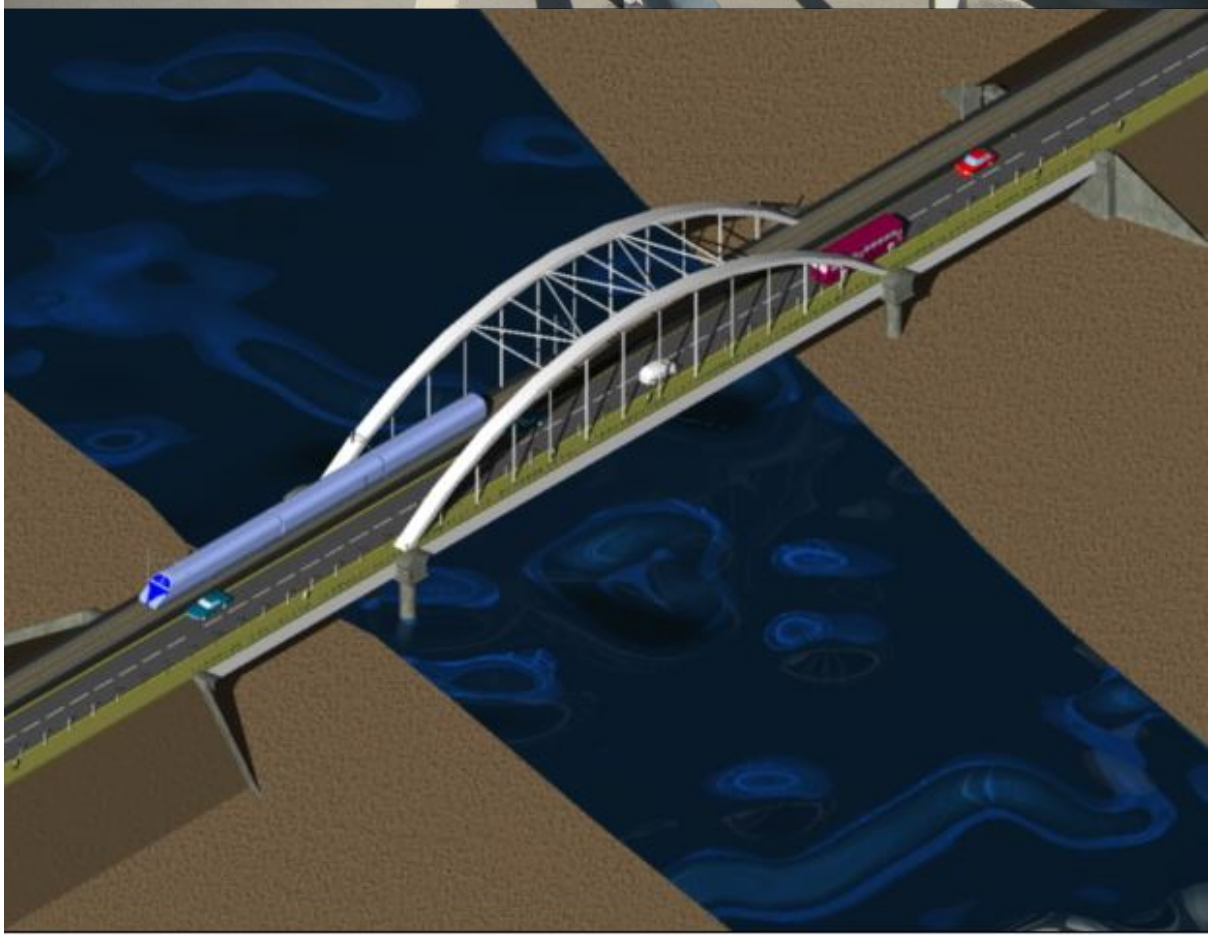
فرآیندها و محلهای بازرسی

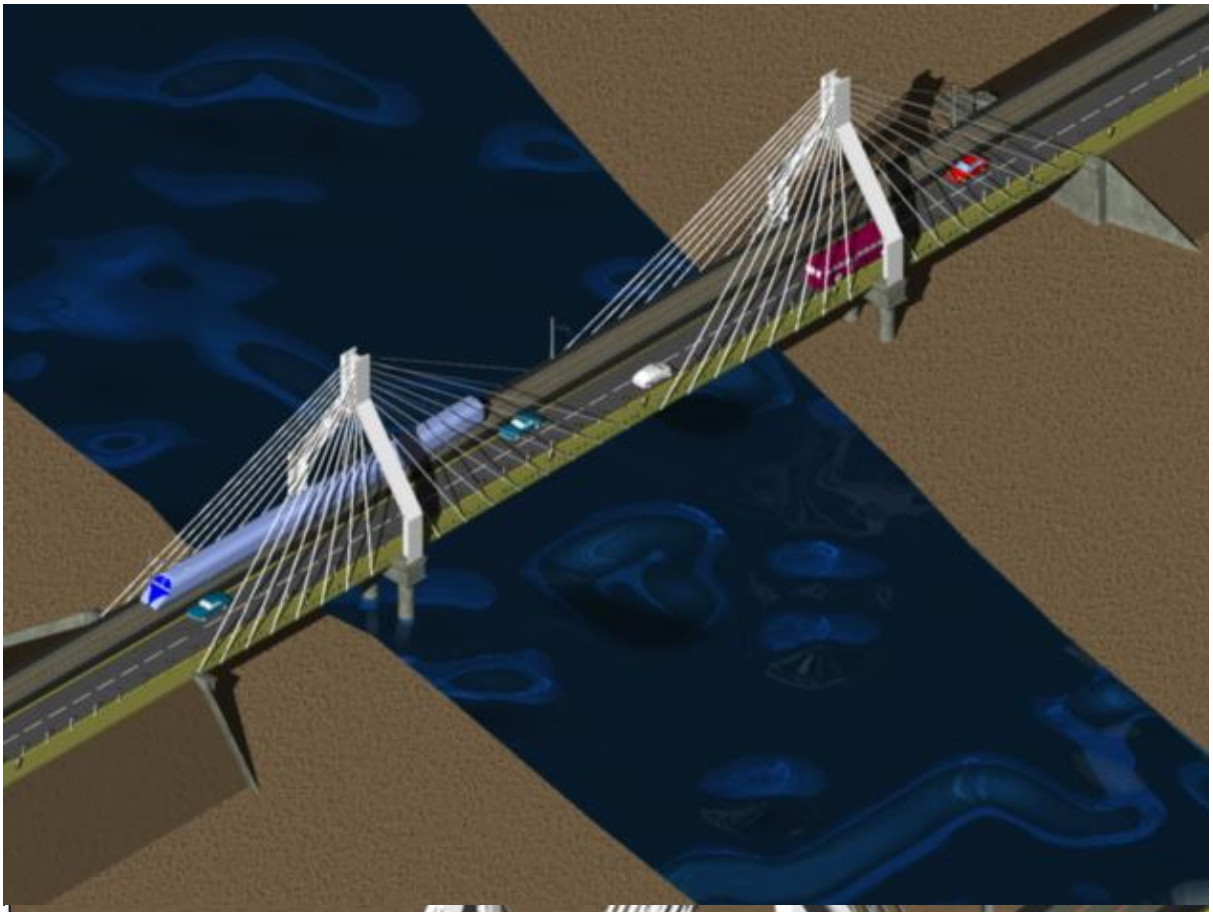
۱- اطلاعات موجود بررسی شوند ۲- وضعیت کلی مشاهده شود ۳- خاکریزی ونشست سواره رو ۴- مسیرآب ۵- عملکرددوانتها بازرسی شود ۶- دهانه آبرو

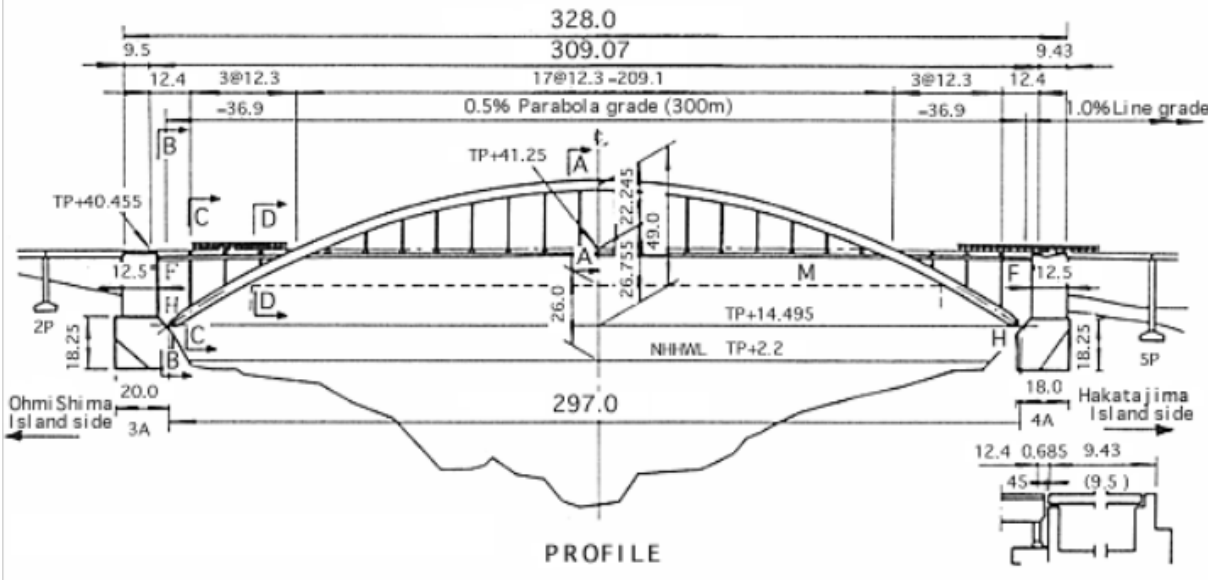
بیشینه شتاب زمین PGA در نواحی با لرزه خیزی متفاوت و جنس بستر مختلف متفاوت بوده و ضرایب تصحیح ضرایب طول وارتفاع برای نواحی مختلف آمده است مطابق آیین نامه آشتو طول نشیمن در مناطق زلزله خیز شدیدنسبت به مناطق زلزله خیزمتوسط ۱.۵ برابر است.

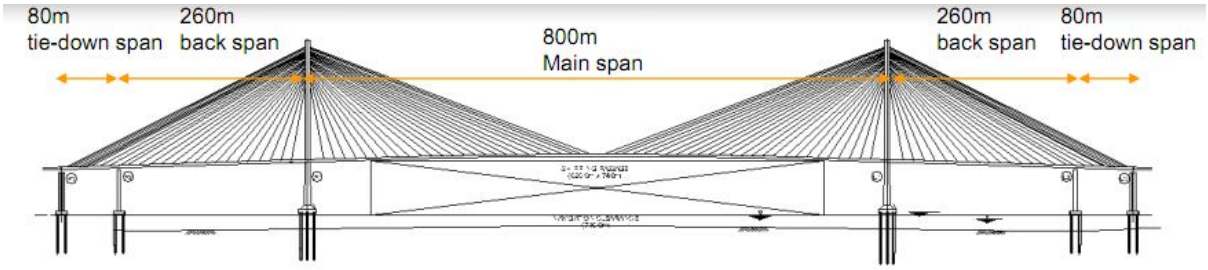
احتمال حرکات غیرهمفاز پایه ها درموضوع خطرسقوط عرشه دیده میشودبویژه درپلهای با دهانه بلند که پایه ها با فاصله ازهم قراردارندنحوه عبورامواج زلزله حائز اهمیت میباشدازدیگر دلایل آسیب پذیری پلها برا اثرافتادن عرشه به شیب عرشه میتوان اشاره نمود، این عرشه ها متناسب باشیب خود تمایل به سرازیرشدن درزلزله رادارند وشتاب زلزله باعث تشدید میگردد.

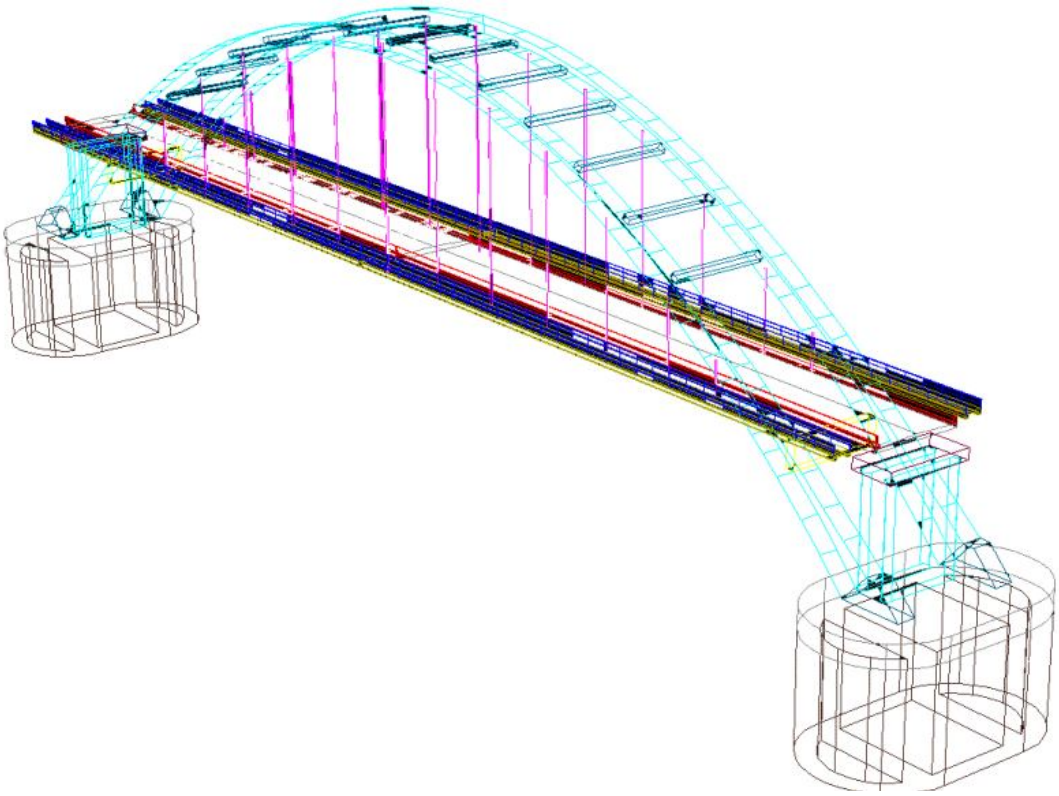
KATO



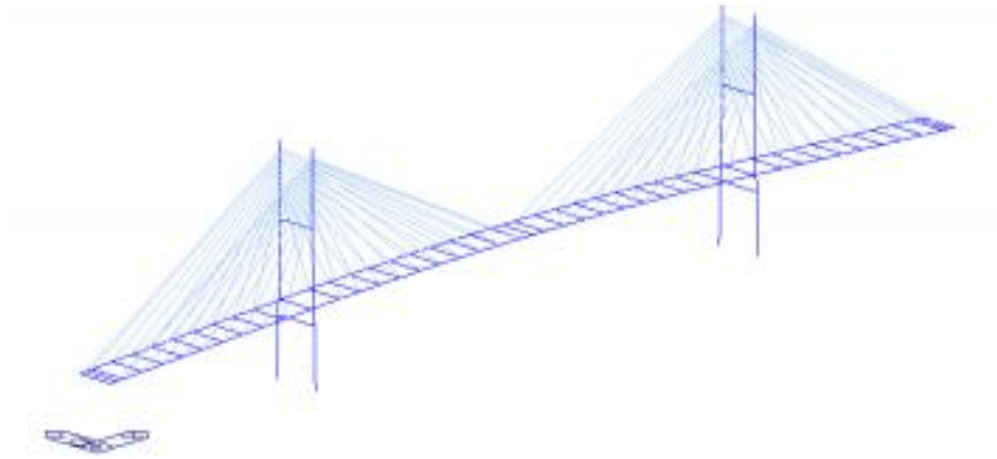



328.0
309.07
9.5
9.43
12.4
3@12.3
17@12.3 =209.1
3@12.3
12.4
=36.9
0.5% Parabola grade (300m)
=36.9
1.0% Line grade
TP+41.25
TP+40.455
22.245
49.0
26.755
26.0
12.5
12.5
TP+14.495
NHWL TP+2.2
2P
18.25
18.25
5P
20.0
18.0
297.0
Ohmi Shima Island side
3A
4A
Hakatajima Island side
12.4 0.685 9.43
45 (9.5)
PROFILE

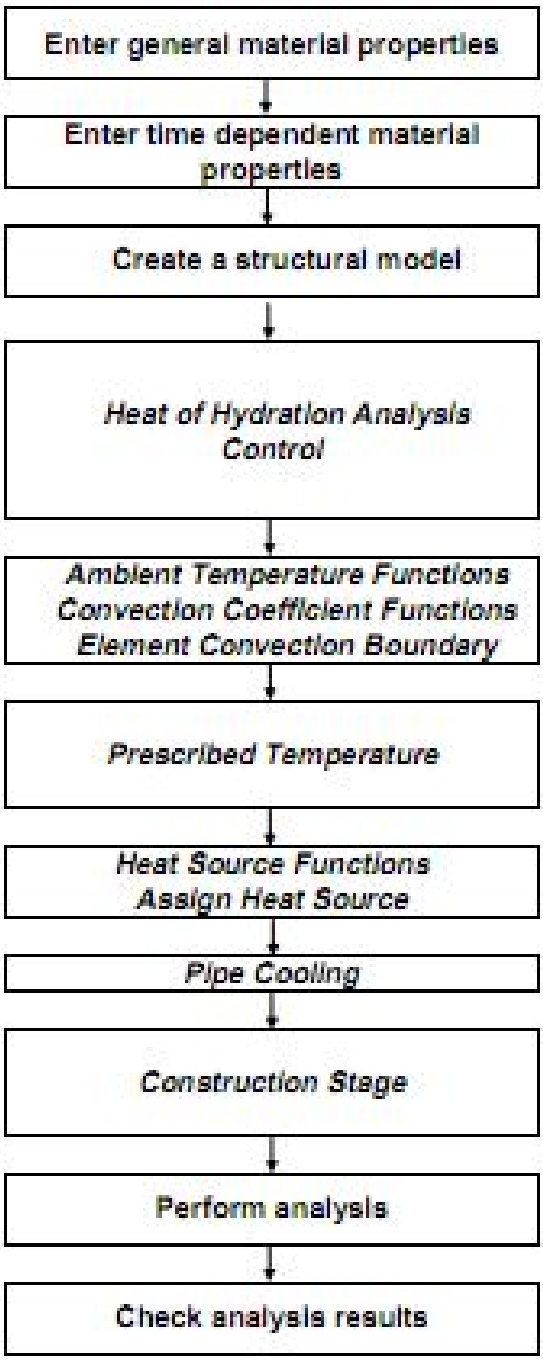

80m
tie-down span
260m
back span
800m
Main span
260m
back span
80m
tie-down span



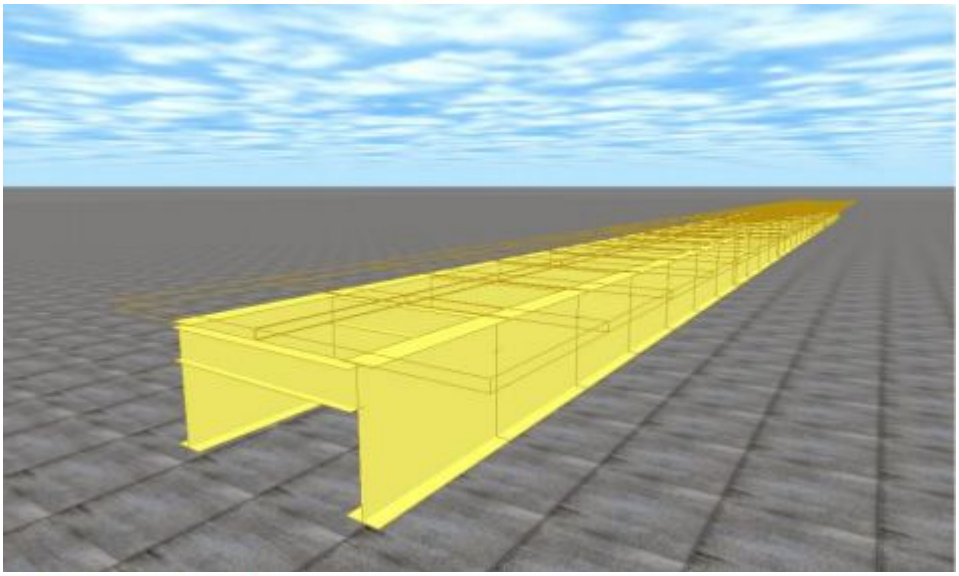
1. 2D Model Generation by Cable-Stayed Bridge Wizard
2. Tower Modeling
3. Expand into a 3D Model
4. Main Girder Cross Beam Generation
5. Tower Bearing Generation
6. End Bearing Generation
7. Boundary Condition Input
8. Initial Cable Prestress Force Calculation by Unknown Load Factors
9. Loading Condition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


Enter general material properties
Enter time dependent material properties
Create a structural model
Heat of Hydration Analysis Control
Ambient Temperature Functions
Convection Coefficient Functions
Element Convection Boundary
Prescribed Temperature
Heat Source Functions
Assign Heat Source
Pipe Cooling
Construction Stage
Perform analysis
Check analysis results

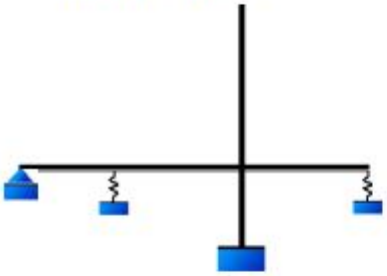
1. Define material and section
2. Structure modeling
3. Define Structure Group
4. Define Boundary Group
5. Define Load Group
6. Input Load
7. Arrange tendons
8. Prestress tendons
9. Define time dependent material property
10. Perform structural analysis
11. Review results



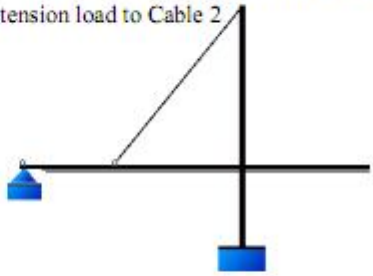
1. Define material and section properties
2. Define Structure Groups, Boundary Groups and Load Groups
3. Define construction stages
4. Activate the Boundary Groups and Load Groups corresponding to each construction stage
5. Activate the floor sections corresponding to each construction stage as per the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

Construction Sequence

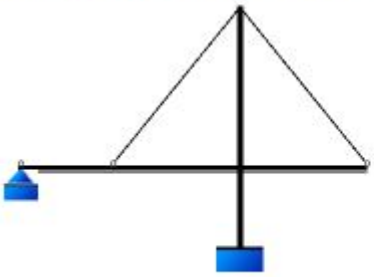
CS1: Erect Pylon and Deck



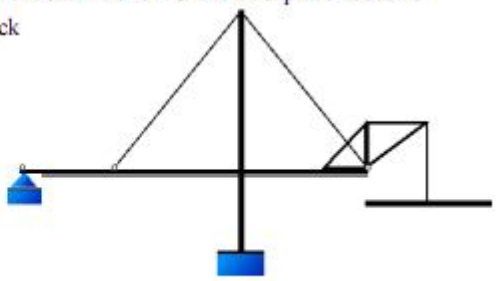
CS2: Remove temporary supports and apply pretension load to Cable 2



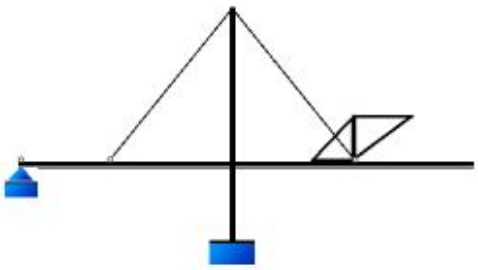
CS3: Apply pretension load to Cable 3



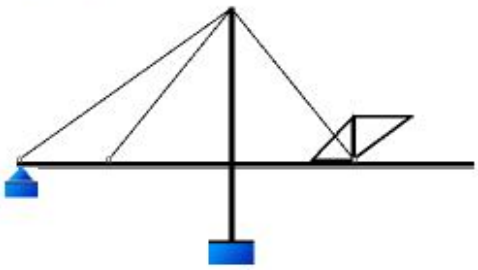
CS4: Install Derick Crane and place loads to Deck



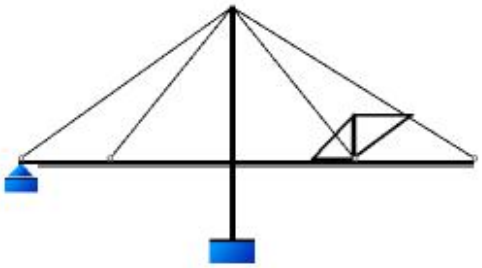
CS5: Construct additional Deck



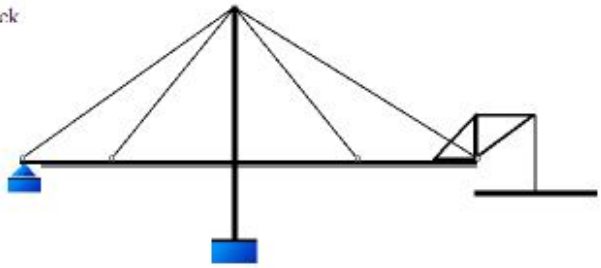
CS6: Apply pretension load to Cable 1



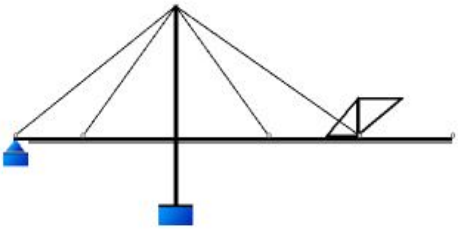
CS7: Apply pretension load to Cable 4



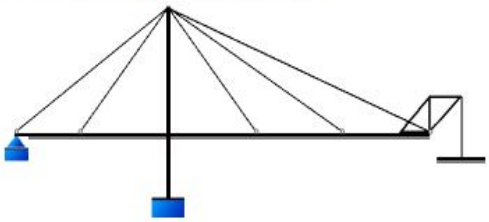
CS8: Move Derick Crane and place loads to Deck



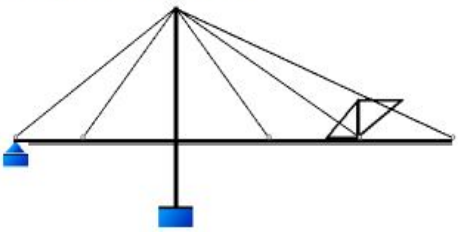
CS9: Construct additional Deck



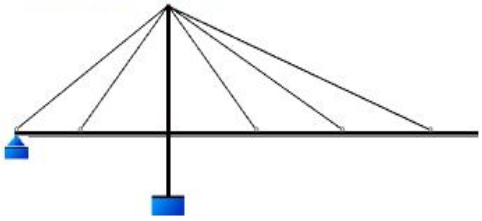
CS11: Move Derick Crane and place loads to Deck



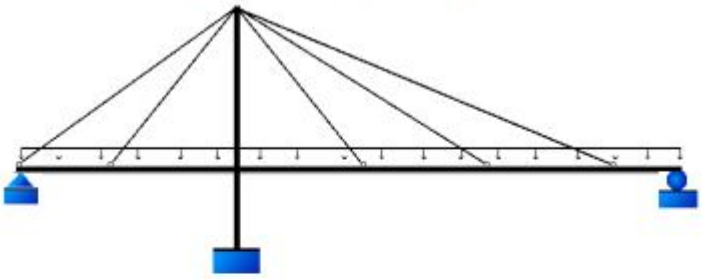
CS10: Apply pretension load to Cable 5



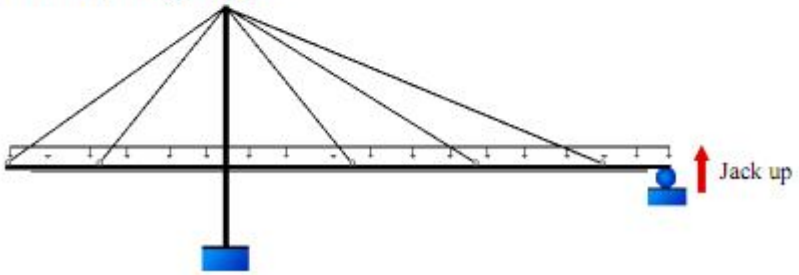
CS12: Construct additional Deck

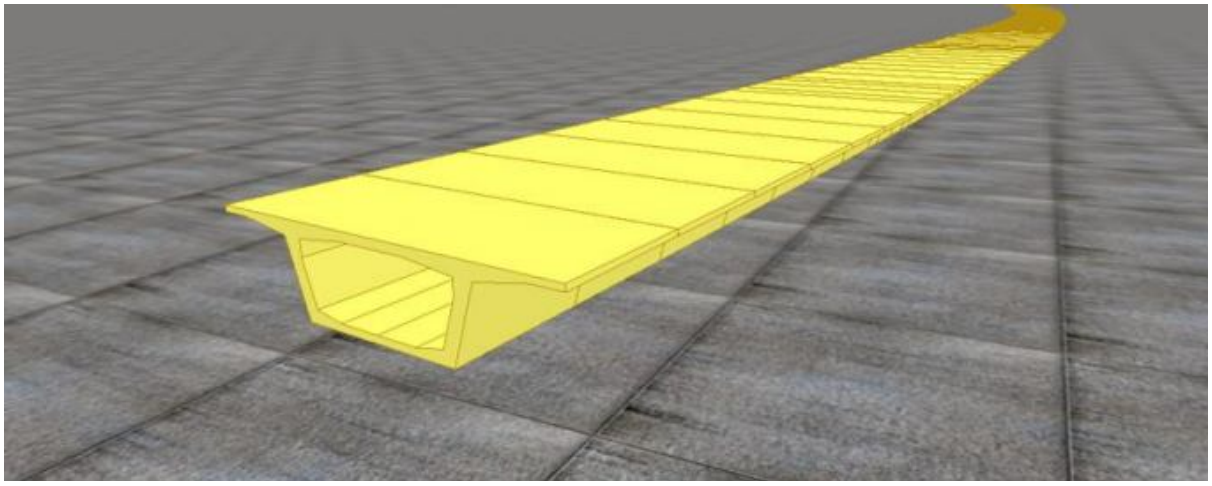


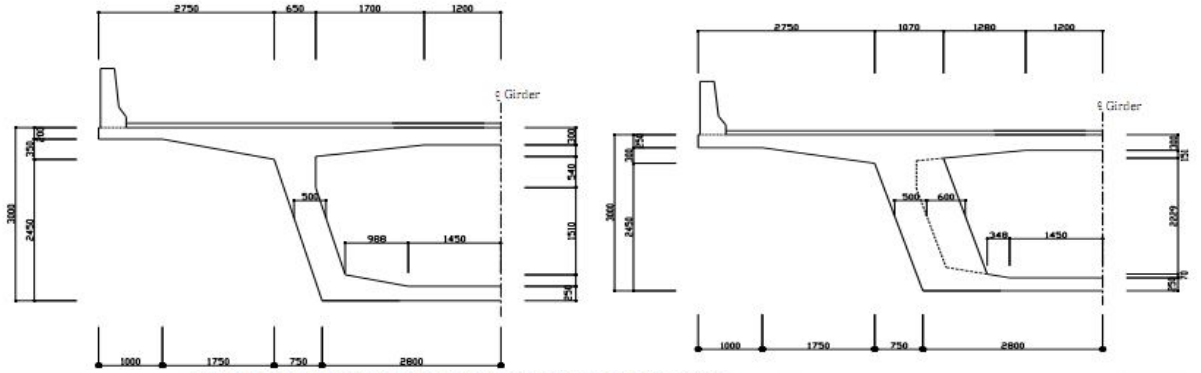
CS13: Construct a support at the right span and place 2nd dead loads



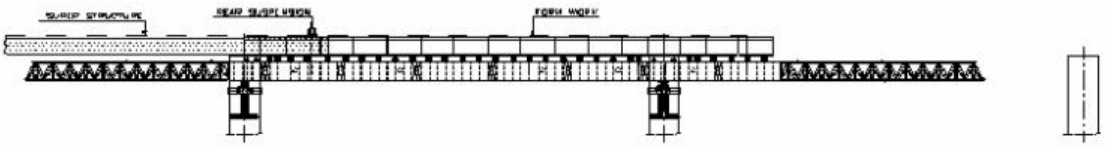
CS14: Jack up the right support



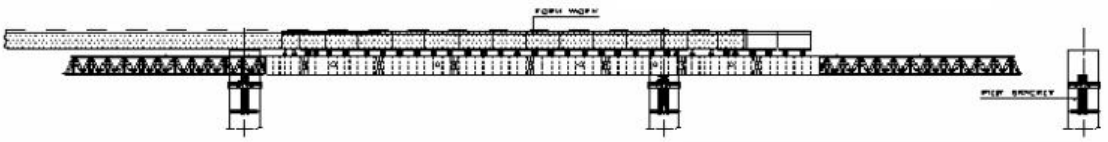




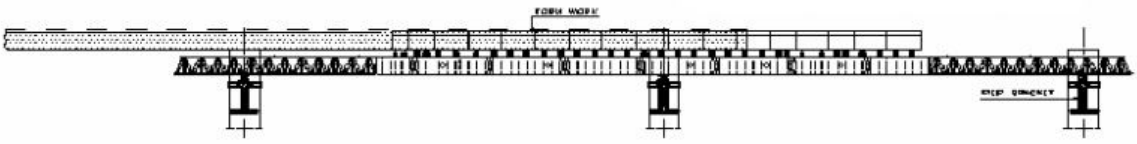
Stage 1: Preparation stage for dismantling formwork after casting concrete



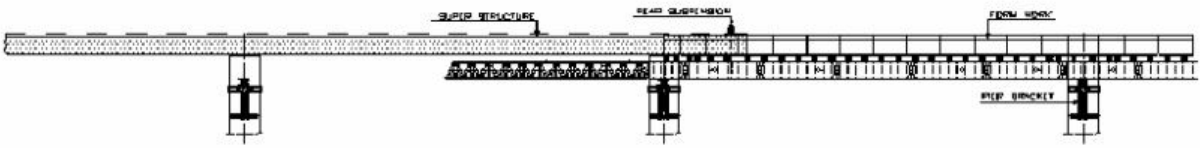
Stage 2: Dismantling stage for advancing formwork

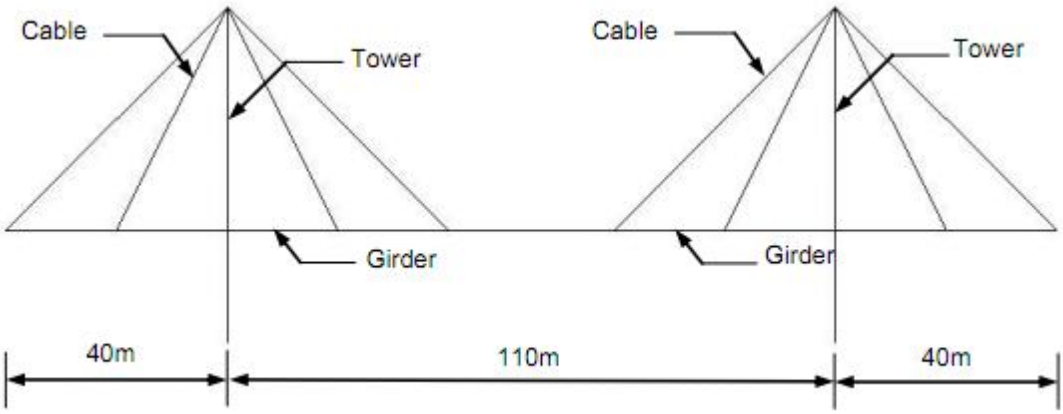


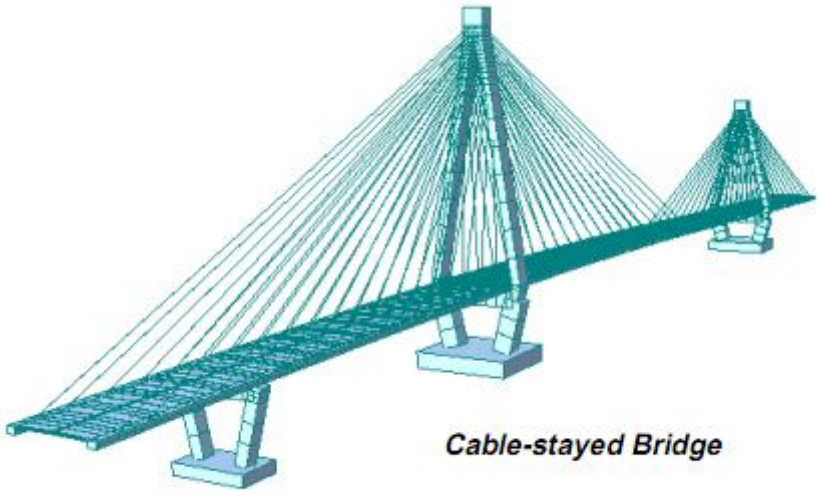
Stage 3: Advancing stage for assembling formwork in the next span



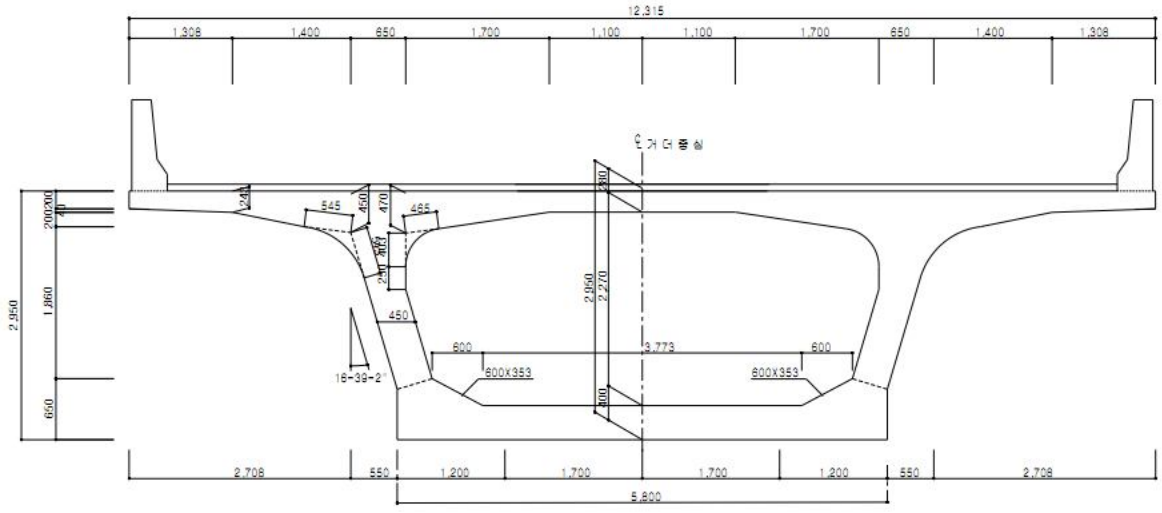
Stage 4: Assembling formwork for casting concrete in the next span

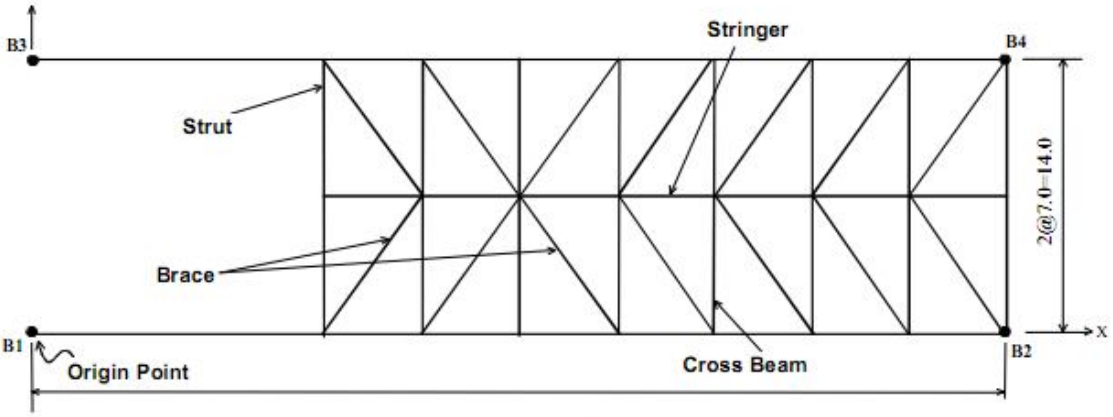




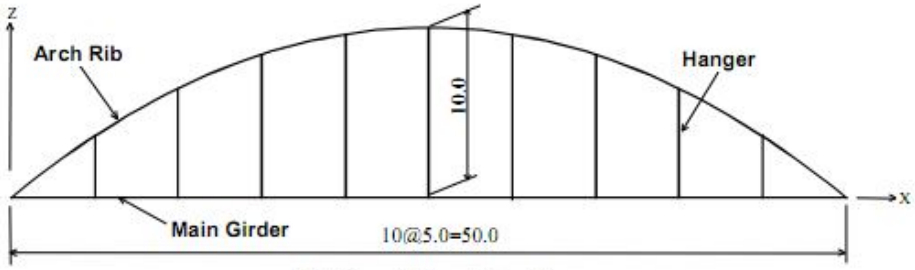


Cable-stayed Bridge

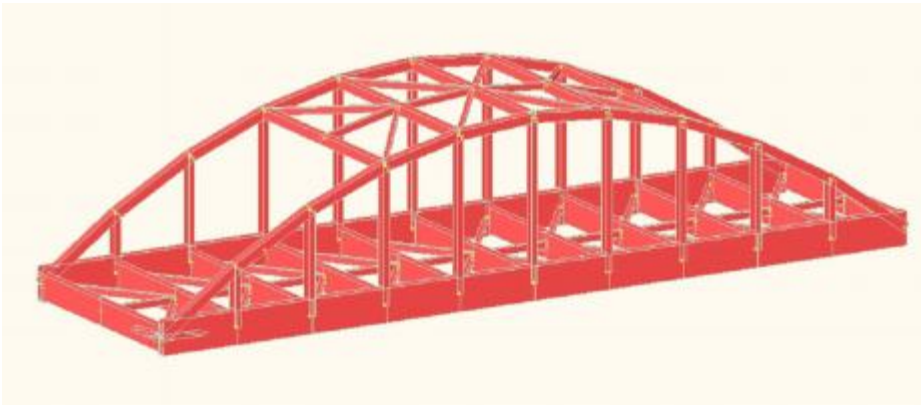


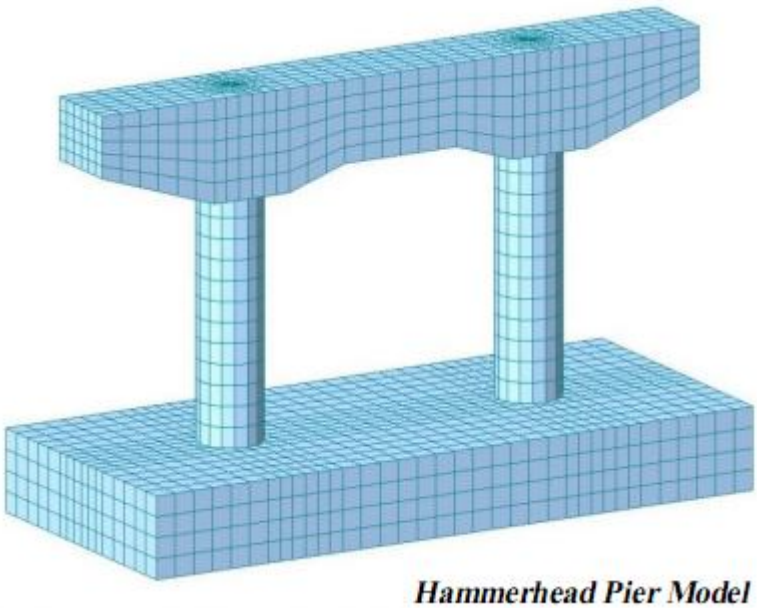


(a) Framing Plan



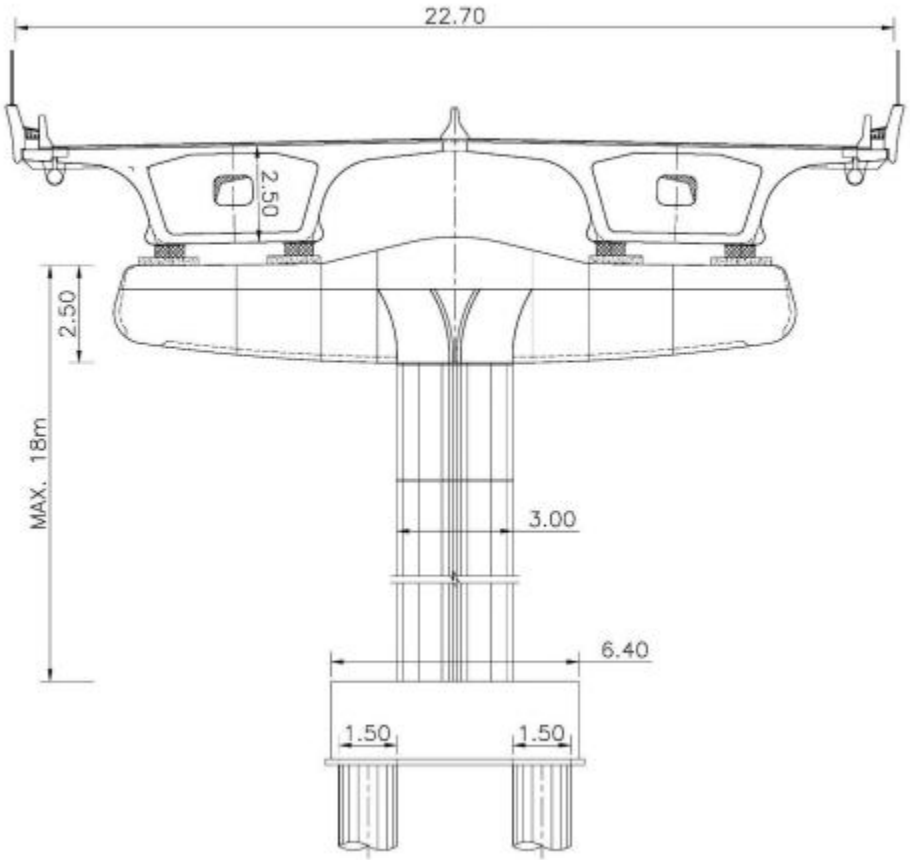
(b) Front View Elevation



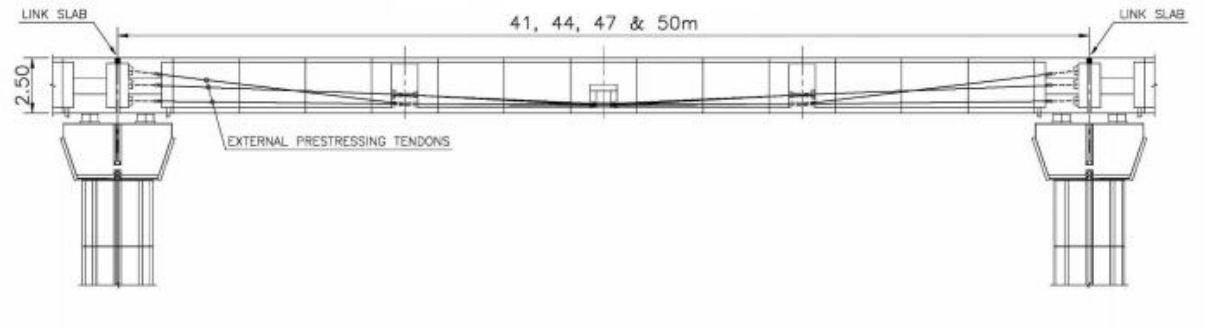


Hammerhead Pier Model

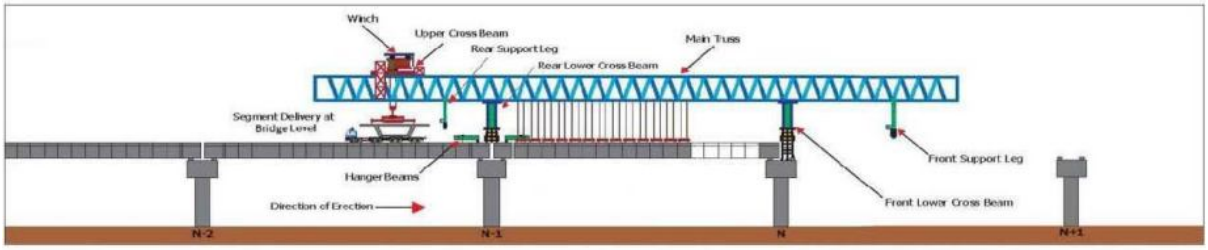
Cross-Section



Longitudinal-Section



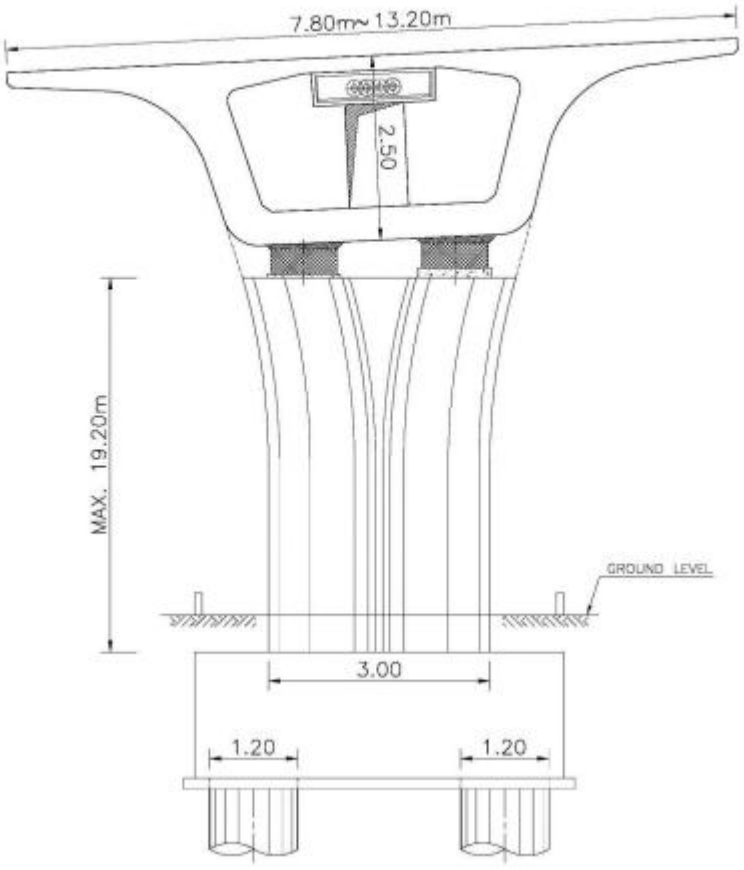
Erection Method: Span-by-span



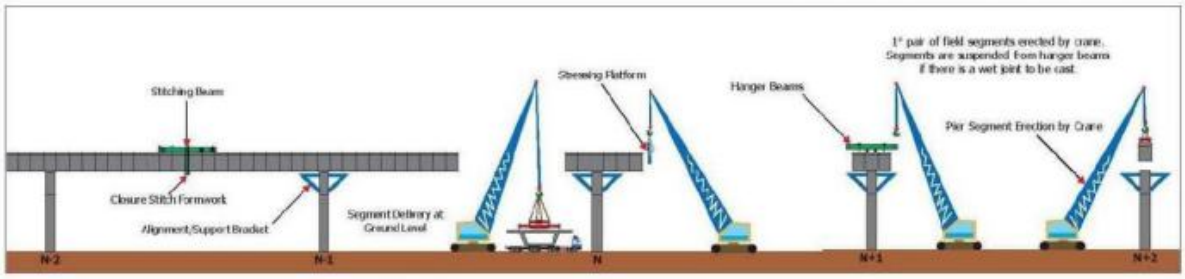
09/01/2013 09:38

Ramp and Junction Superstructures

Cross Section

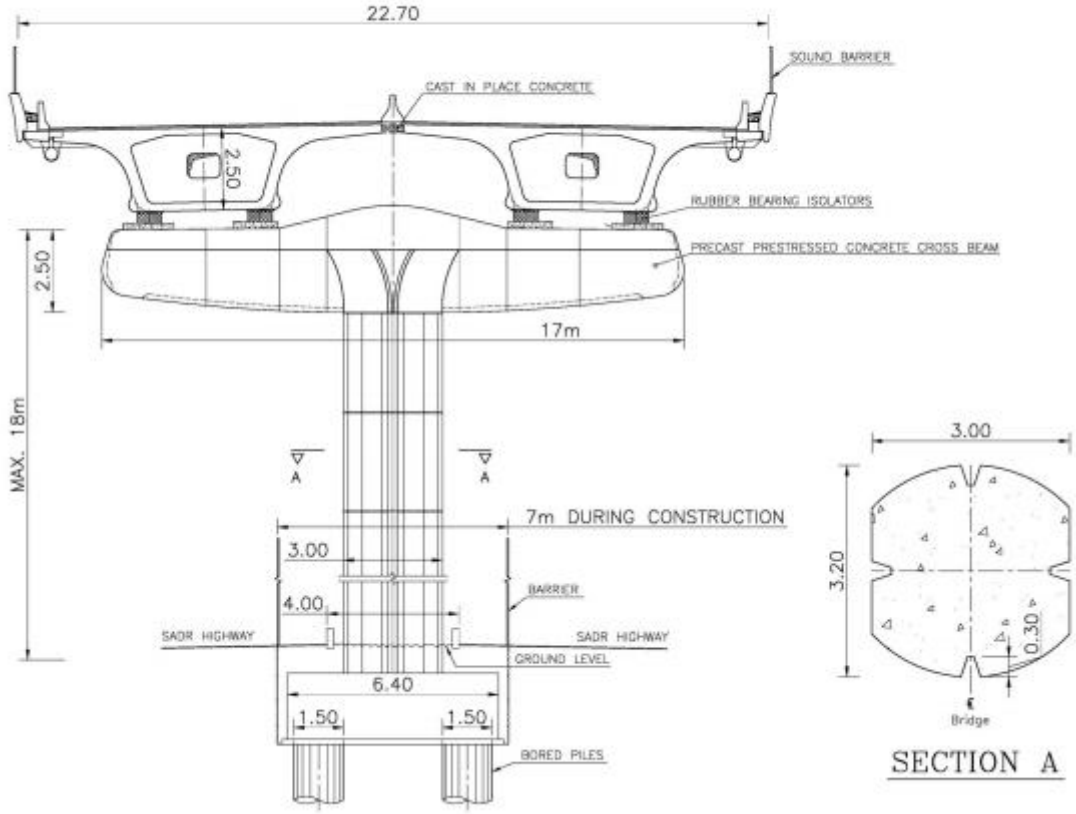


Erection Method: Balanced cantilever using cranes from ground

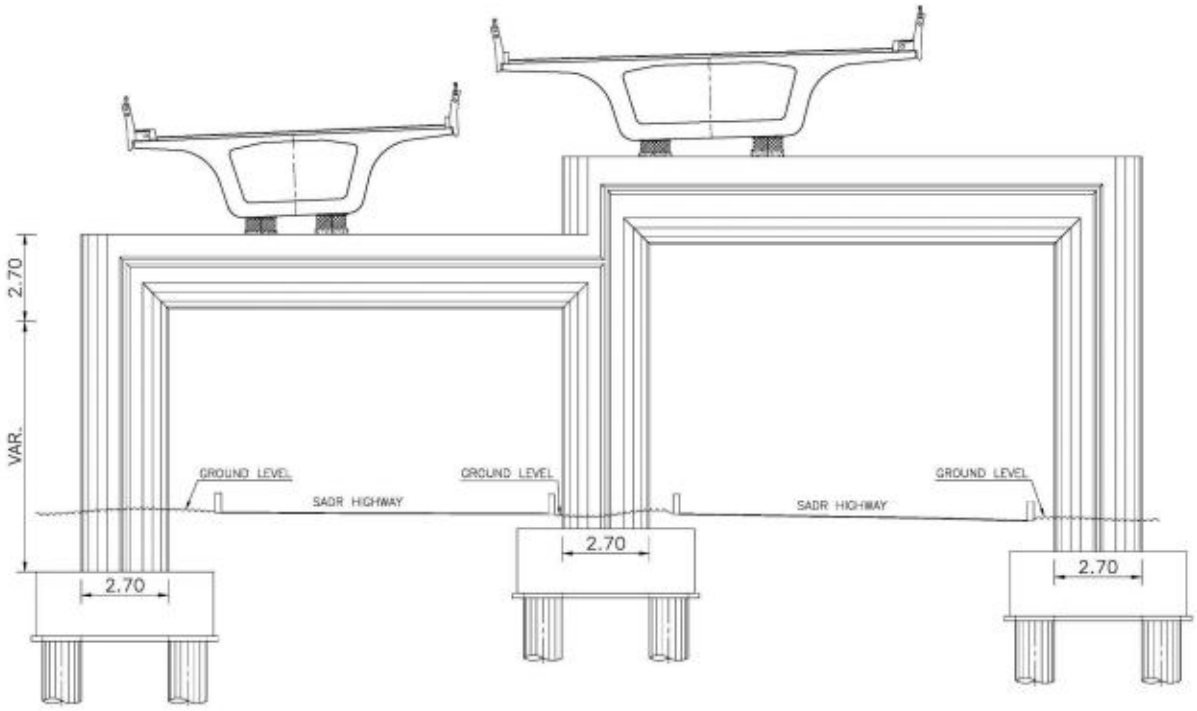


KATO

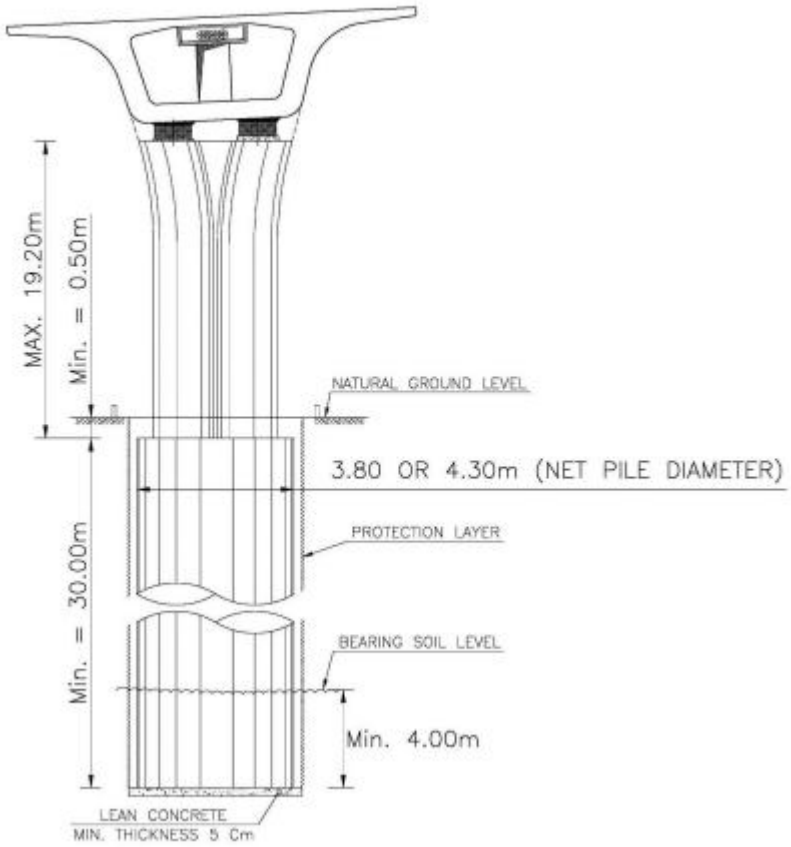
Multiple Pile Foundation

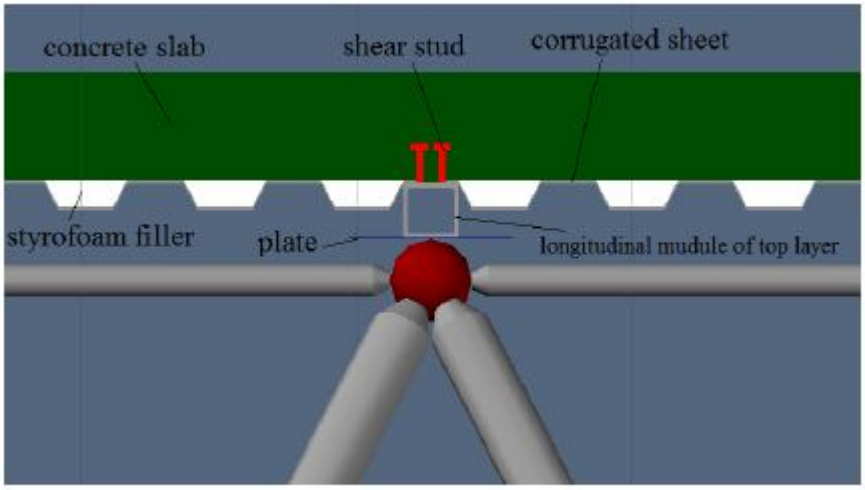


Portal Piers

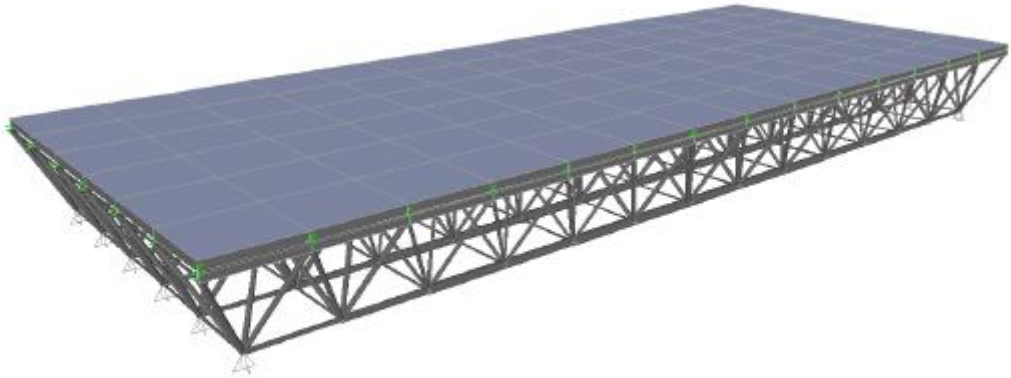


Single Shaft Foundation

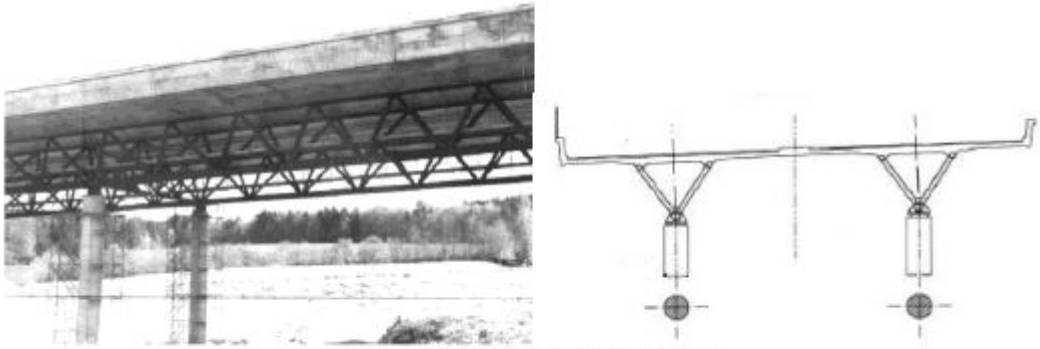




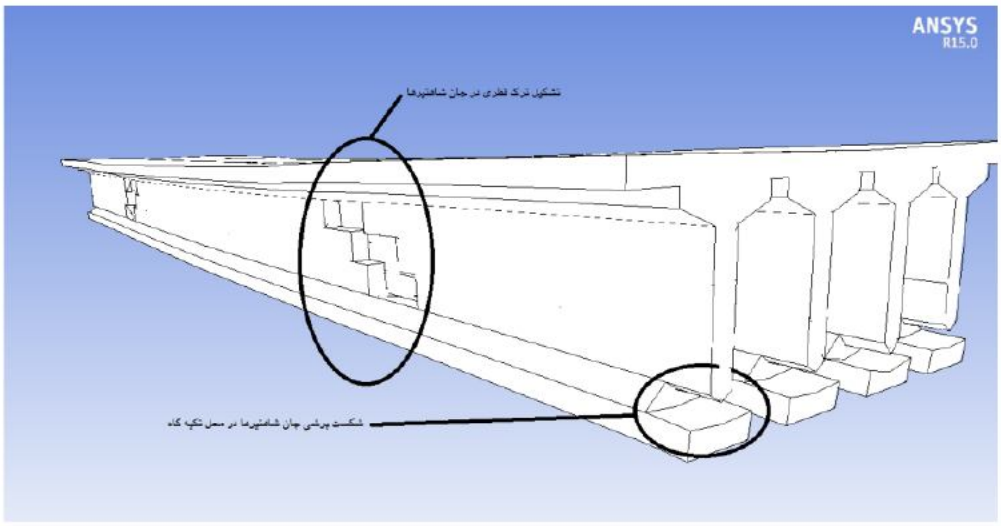
جزئیات اتصالات لایه پایین و بالای پل با سیستم باربر عرشه متشکل از شبکه دو لایه



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



پل شبکه دولایه **Lully viaduct** در کشور سوئیس



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

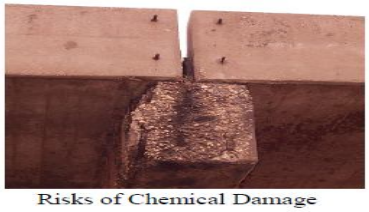
Resistance to heavy loads and wheel vehicle. versus high speed and vibrations

Resistance versus different environmental factors

Resistance versus different environmental factors

have Appropriate drainage system and waterproof

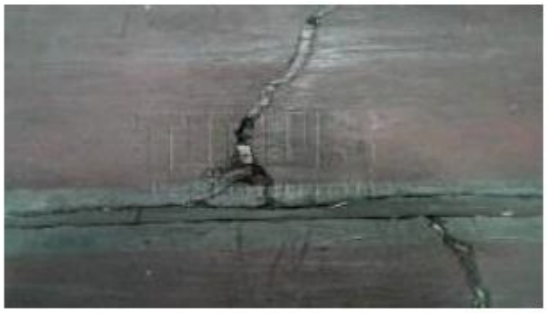
The ease of service and maintenance



Risks of Chemical Damage

Damage of Asphalt Damage of Wall Deck

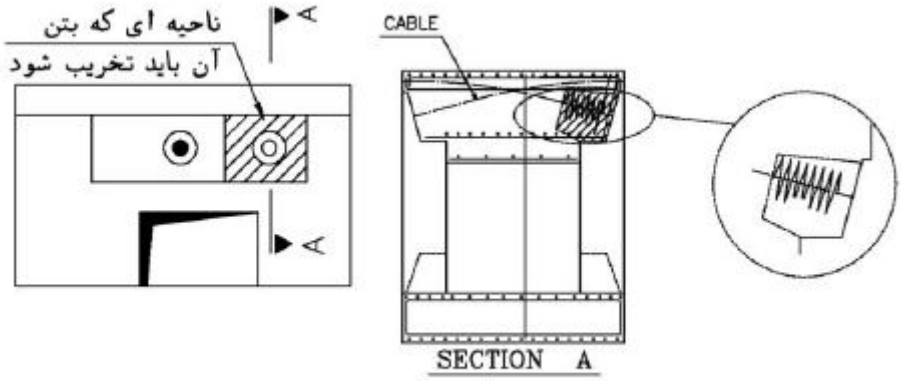
1. The lower water-cement ratio
2. The minimum fine aggregate with coarse aggregate in comparison. The minimum amount for determined in concrete trowel proper .
3. Selection of good aggregate size and clean
4. Water-reducing additives to reduce the water-cement ratio
5. Low slump concrete
6. Proper compaction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



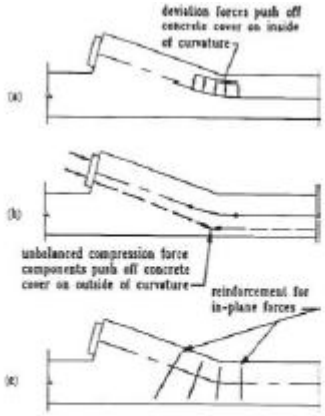
Damage of Superstructure

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

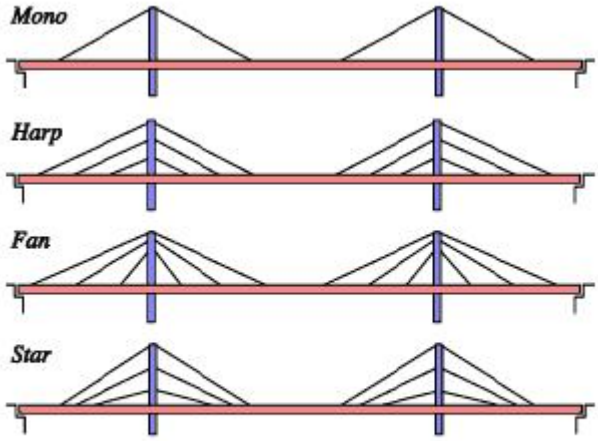
گیره انتهایی به همراه دورپیچ
دور شیپوری انتهایی



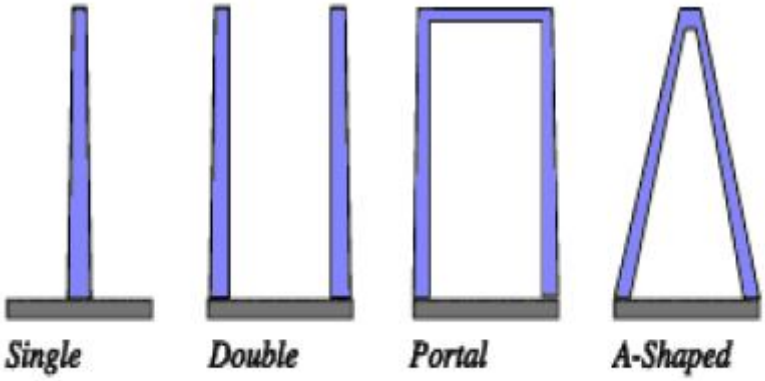
ناحیه تخریب بتن



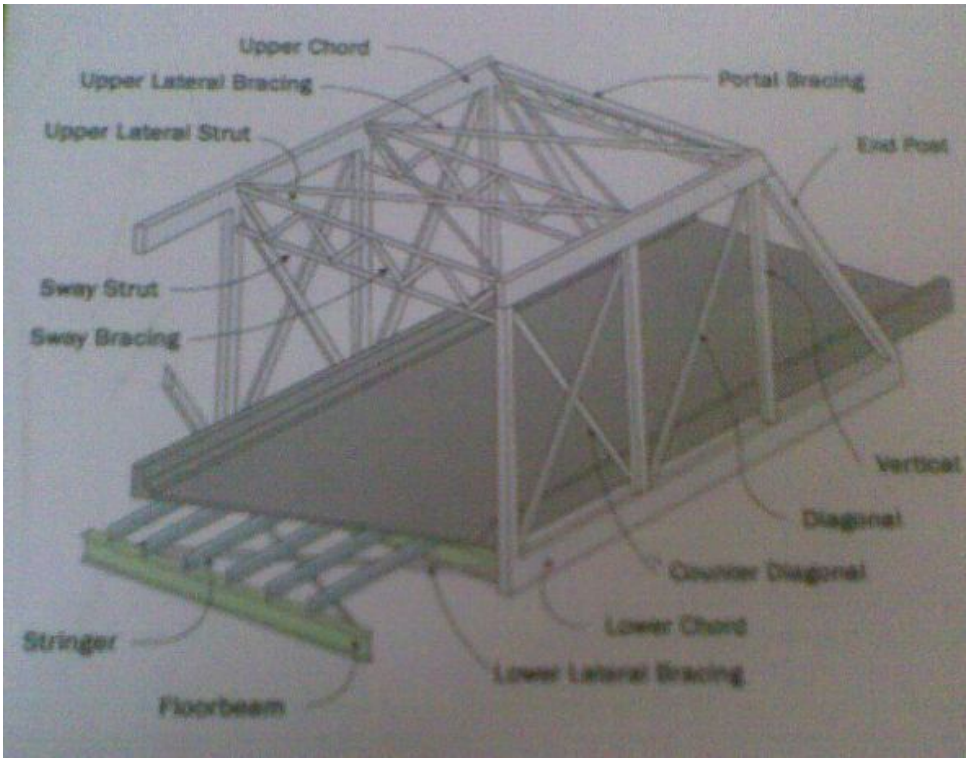
نیروهای تعادلی در محل قوس کابل
قوس کابل

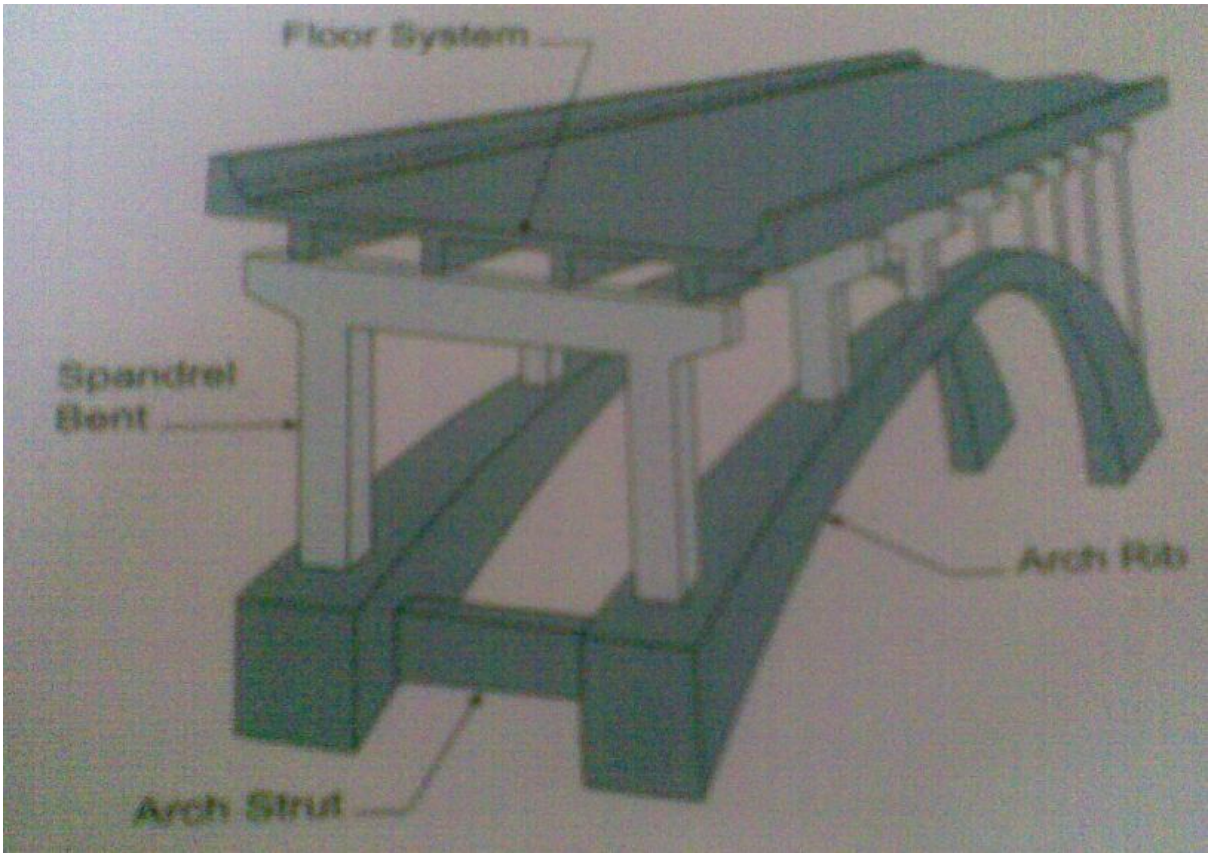


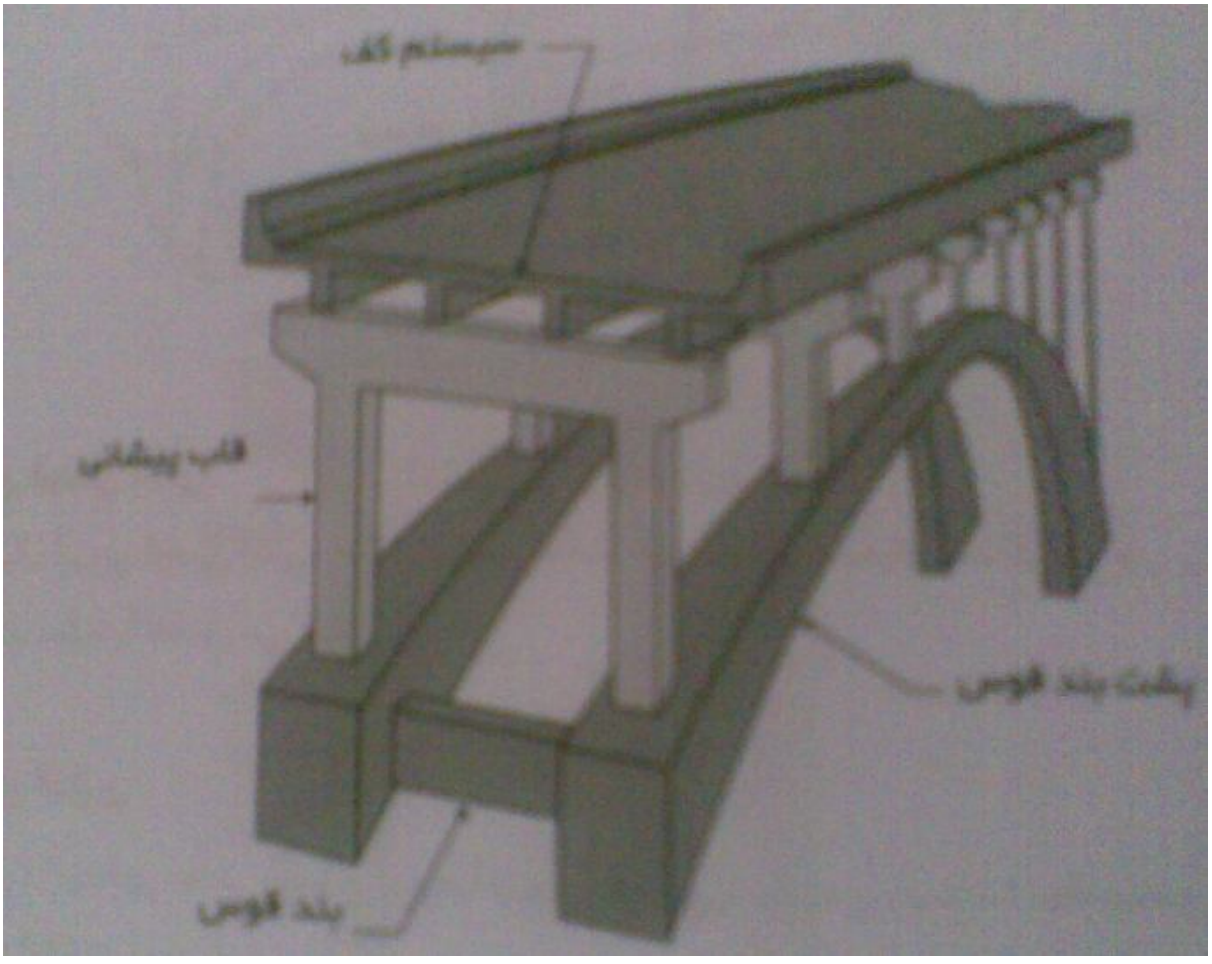
All of Classification Cable Bridge

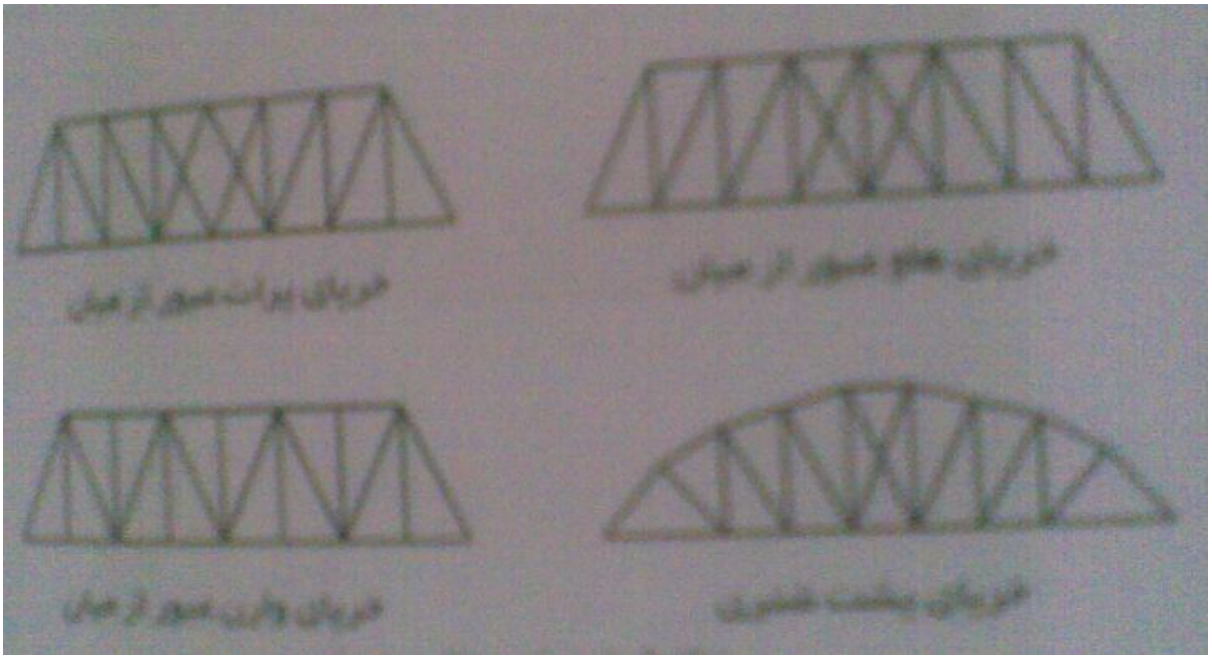


All of Type Cable Bridge




Floor System
Spandrel Bent
Arch Rib
Arch Strut


سیستم کف
قاب پیشانی
پشت بند قوس
بند قوس

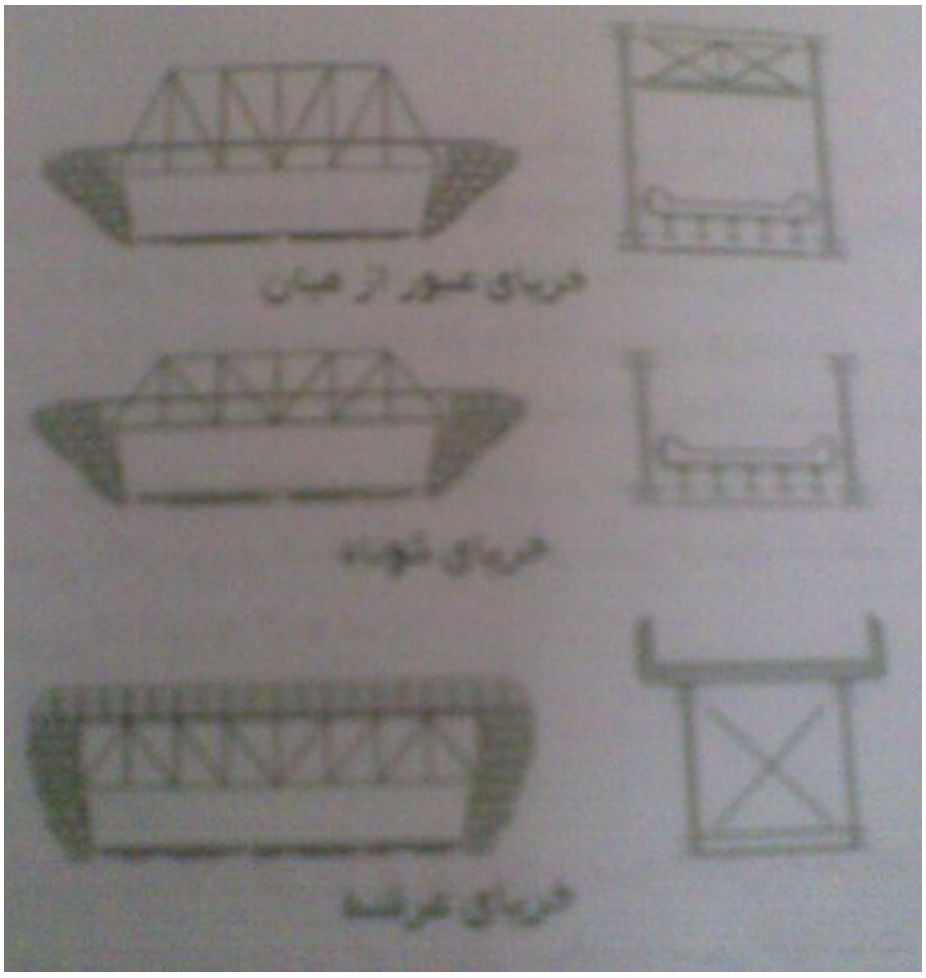


خرپای پرات ممیل از عیان

خرپای ۴۵ ممیل از عیان

خرپای وارن ممیل از عیان

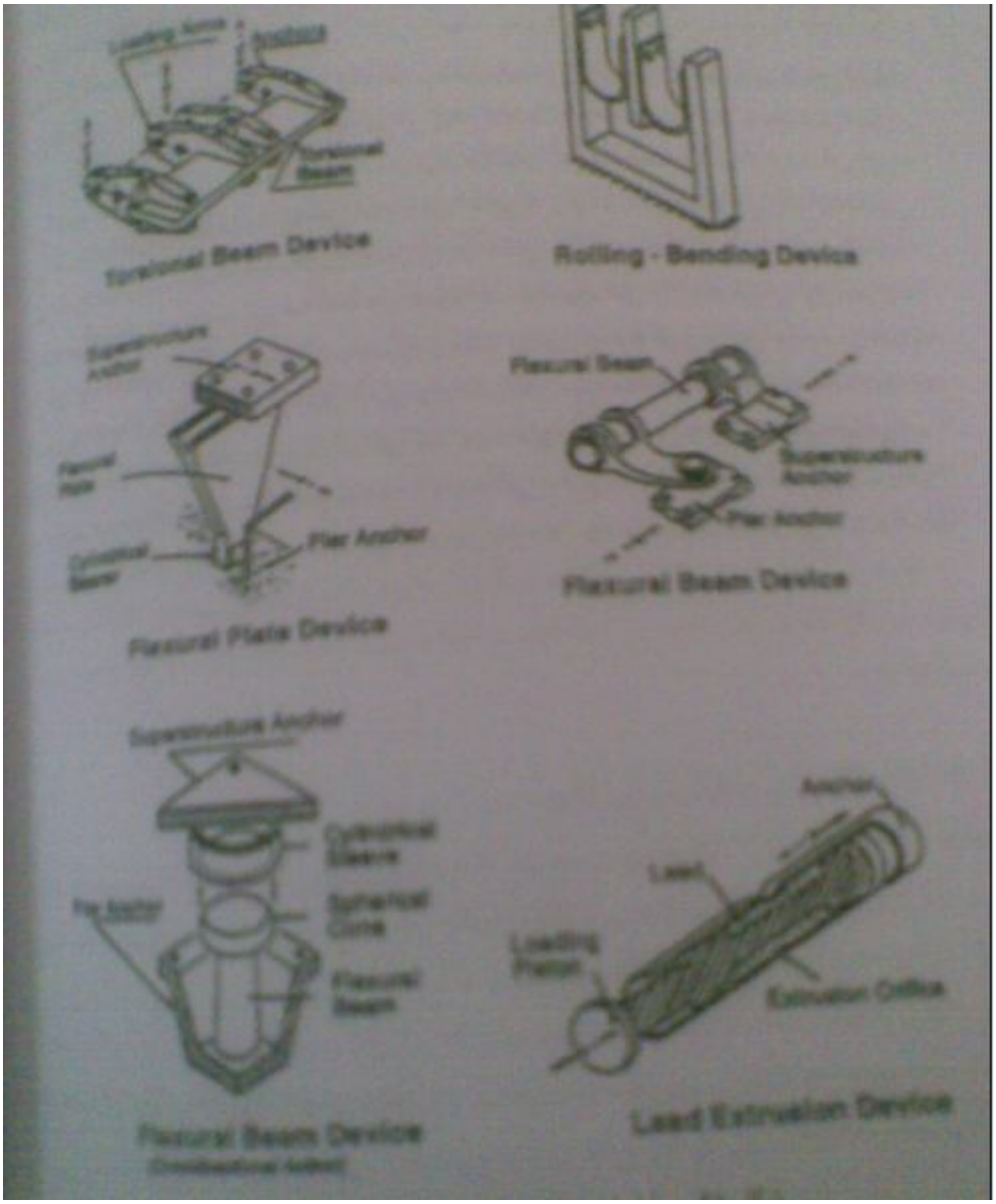
خرپای پشت شتری

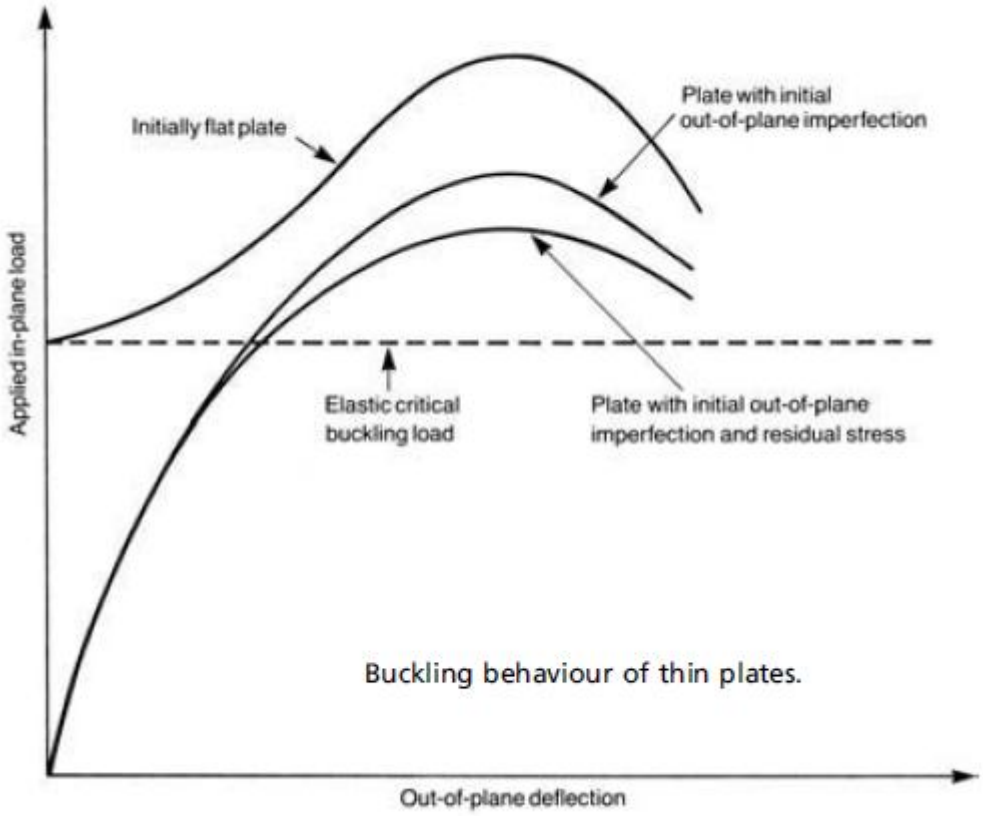


خرپای ممیل از عیان

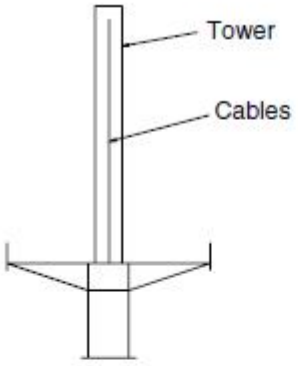
خرپای شوارد

خرپای غرفه‌ای

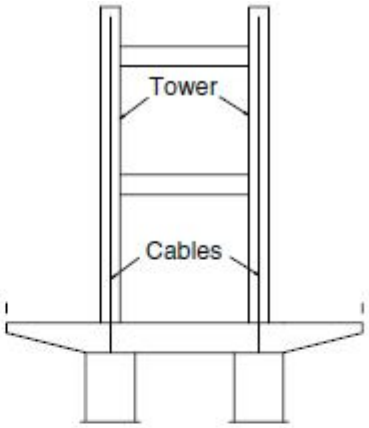

Torsional Beam Device
Rolling - Bending Device
Flexural Plate Device
Flexural Beam Device
Flexural Beam Device
Lead Extrusion Device



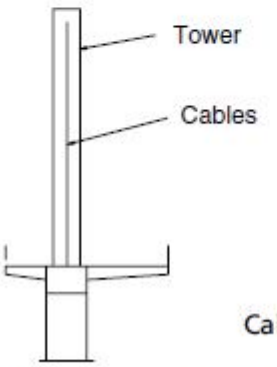
Buckling behaviour of thin plates.



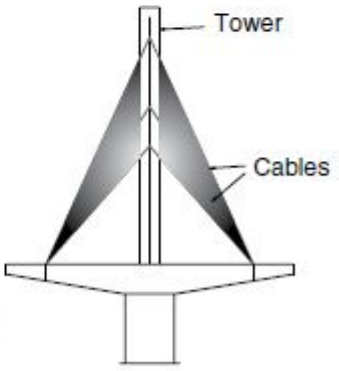
(a) Cable stays in one central plane



(c) Cable stays in two vertical planes.

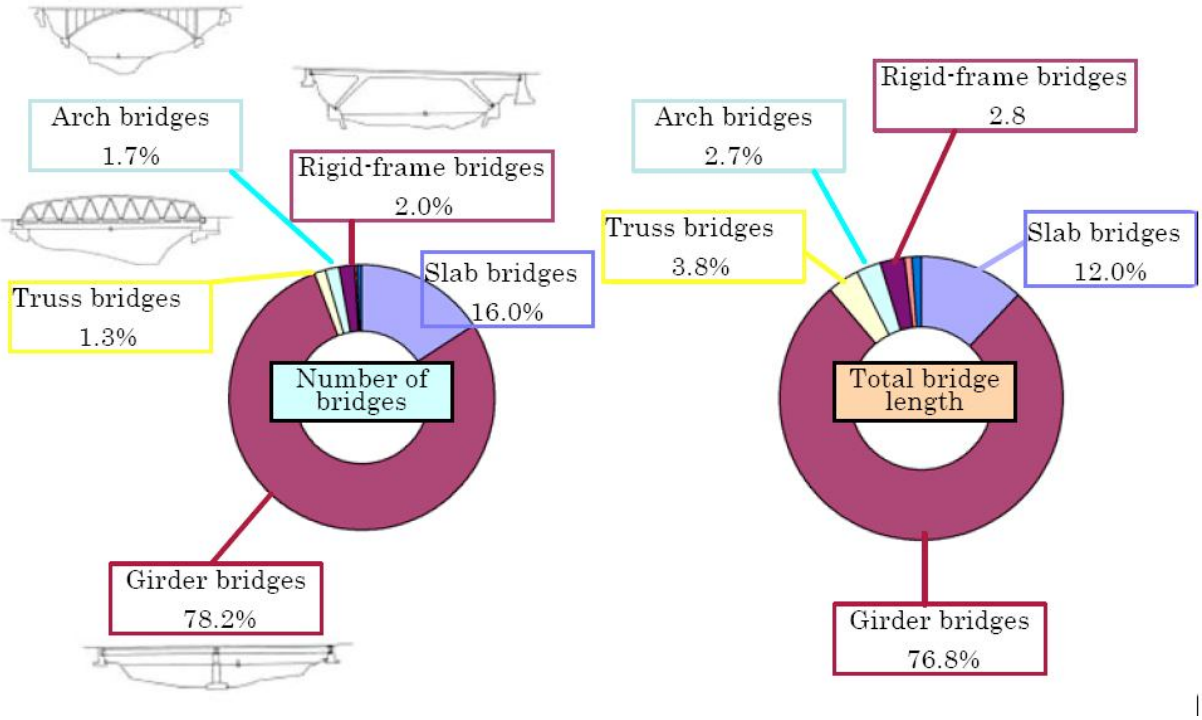


(b) Cable stays in one off-centre plane



(d) Cable stays in two inclined planes

Cable planes.

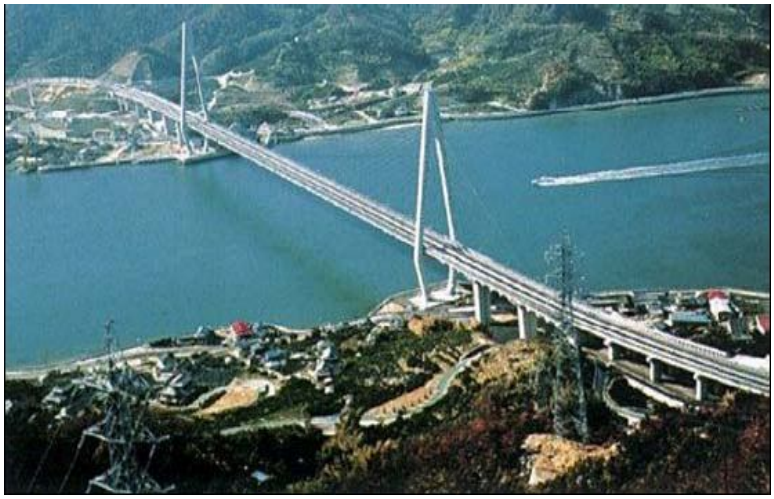


GIRDER BRIDGE

TRUSS BRIDGE

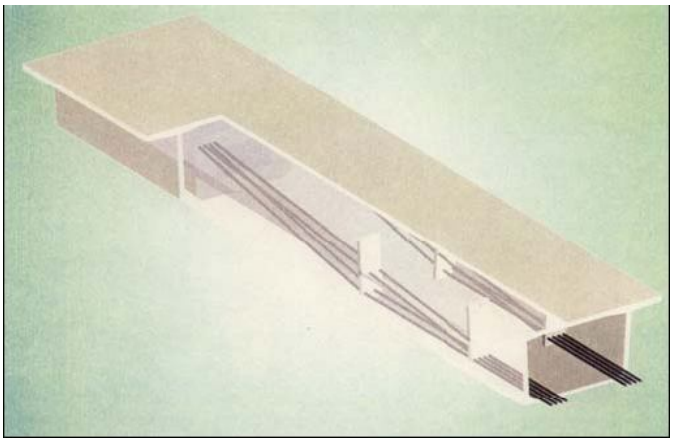
STEEL ARCH BRIDGE

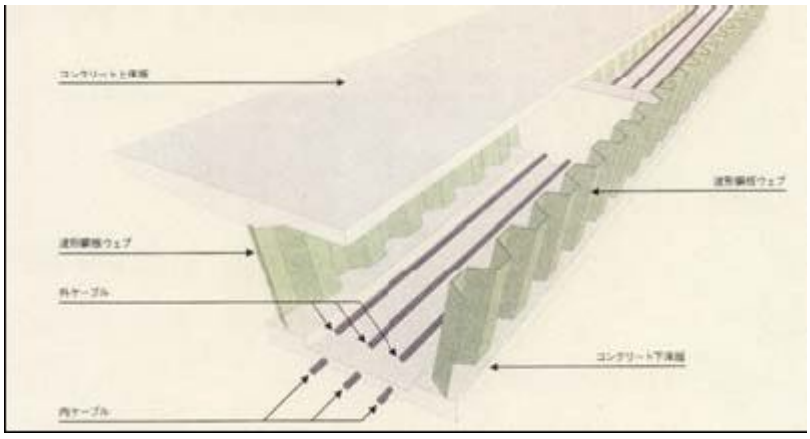
CONCRETE ARCH BRIDGE



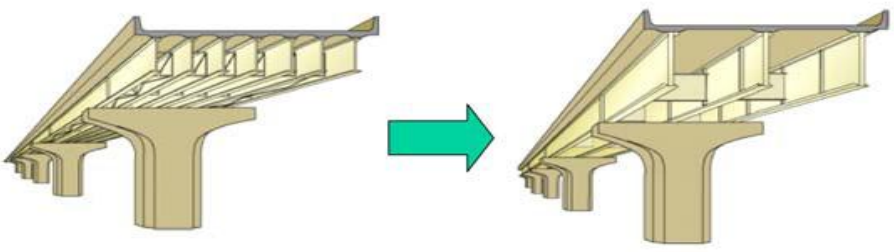
CABLE STAYED BRIDGE

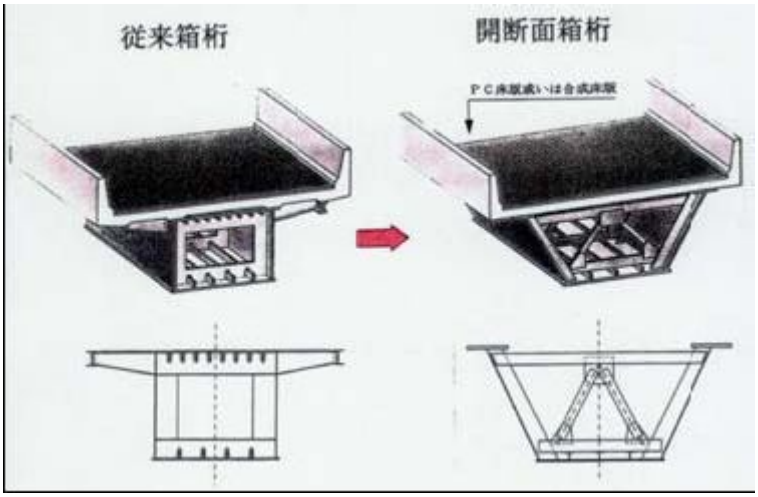
SUSPENSION BRIDGE



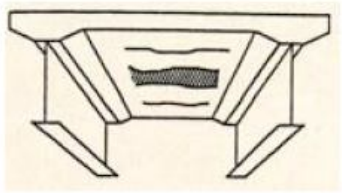
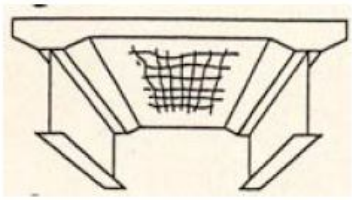
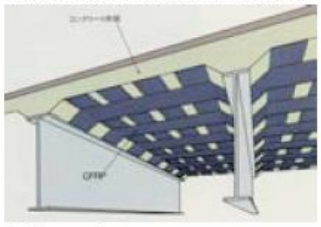
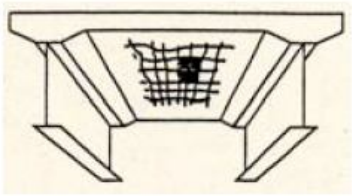
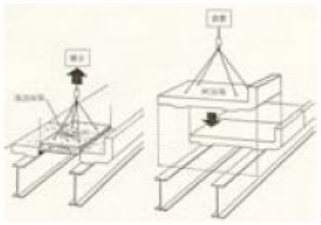


STEEL BRIDGE WITH WIDELY SPACED GIRDERS

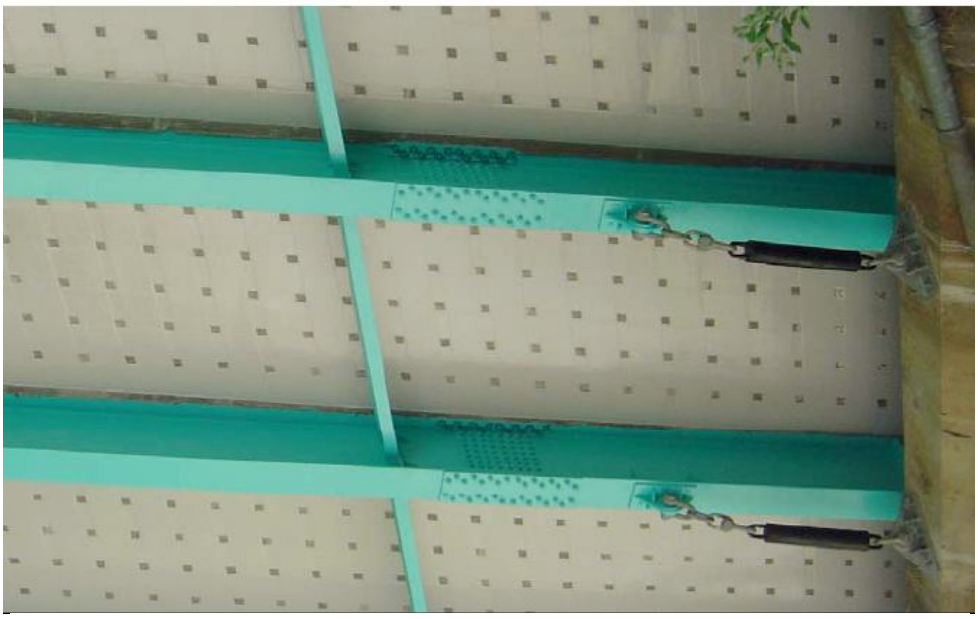




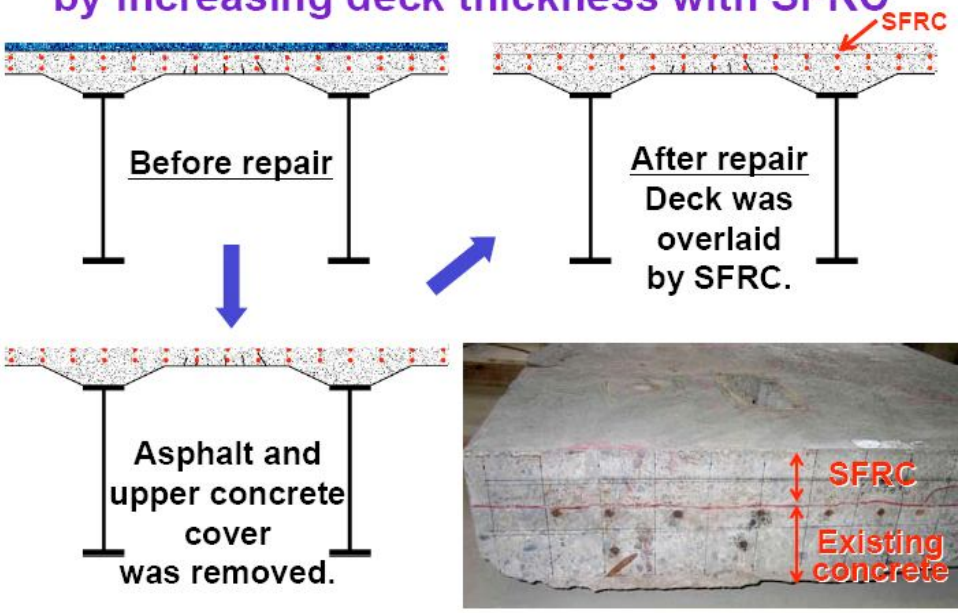
TUB GIRDERS

Situation		Countermeasure
	Shrinkage cracks	Waterproofing
		Reinforcement
	Progress cracks	
		Replacement
	Punching down	

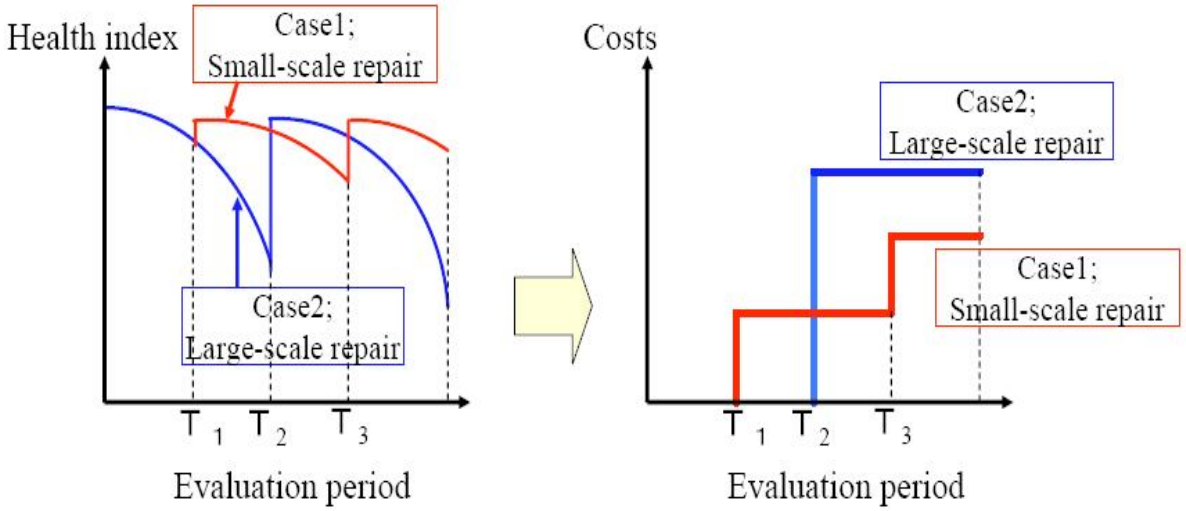
Bridge deck strengthened by CF sheets



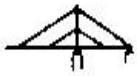
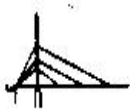
Bridge deck strengthened by increasing deck thickness with SFRC



Case1;preventive repair （minimum life cycle costs）
Case2; repairs, when it becomes a repair limit

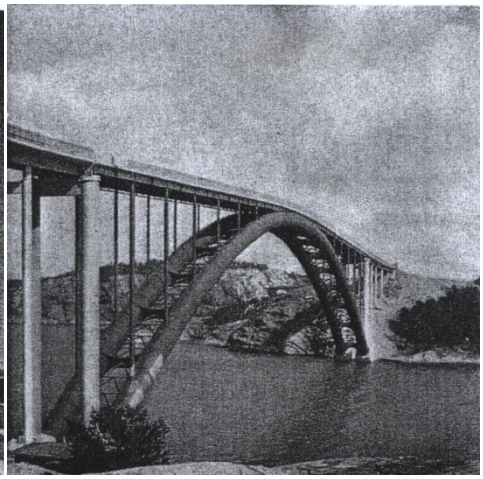


Life cycle costs
case1 < **case2**

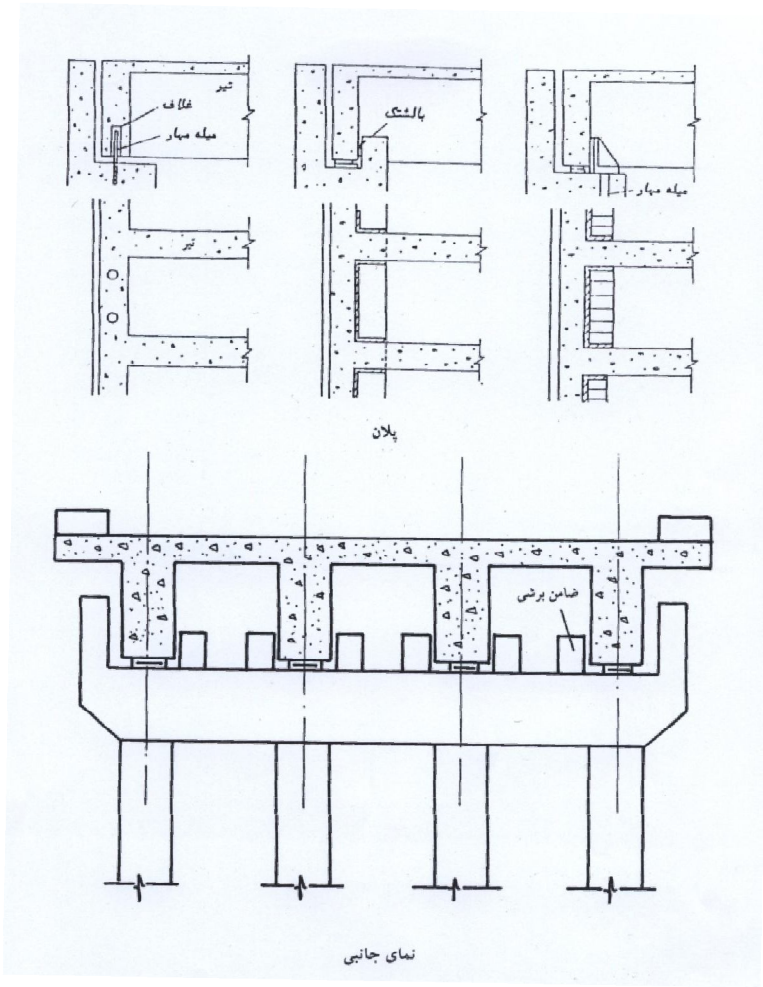
	تک	دوتایی	سه‌تایی	چندتایی	متغیر
متقارب					
موازی					
بادبزنی					
ستاره‌ای					

انواع سیستمهای ترکه ای

پل قوسی عبور از میان



پل قوسی عبور از بالا



ضامن های تکیه گاهی

suspension bridges

No.	Bridge	Span (m)	Country	year
1	Akashi-Kaikyo	1991	Japan	1998
2	Great Belt East	1624	Denmark	1998
3	Runyang South	1490	China	2005
4	Humber	1410	UK	1981
5	Jiangyin	1385	China	1999
6	Tsing Ma	1377	China	1997
7	Verrazano-Narrows	1298	USA	1964
8	Golden Gate	1280	USA	1937
9	Höga Kusten	1210	Sweden	1997
10	Mackinac	1158	USA	1957

http://www.howstuffworks.com/bridge.htm
http://www.pbs.org/wgbh/nova/bridge/
http://myron.sjsu.edu/romeweb/engineer/art2.htm
http://www.bardaglea.org.uk/bridges/welcome.html
http://education.sdsc.edu/enrich/downloadables/bridges.pdf
http://www.tfhrc.gov/pubrds/summer95/p95su23.htm

Cable-Stayed Bridges

First German Bridge

Theodor-Heuss Bridge, Düsseldorf

15

Cable-Stayed Bridges

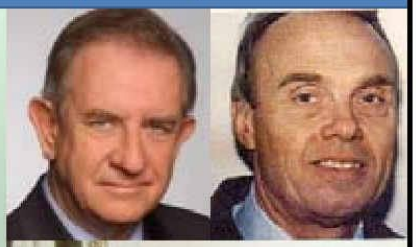
First Modern Bridge

Strömsund Bridge, Sweden

13

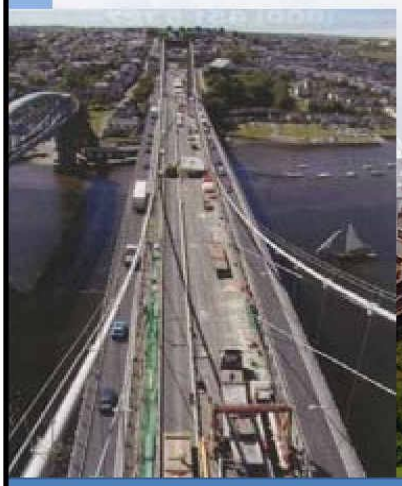
Cable-Stayed Bridges

Aerodynamically Stable Bridge



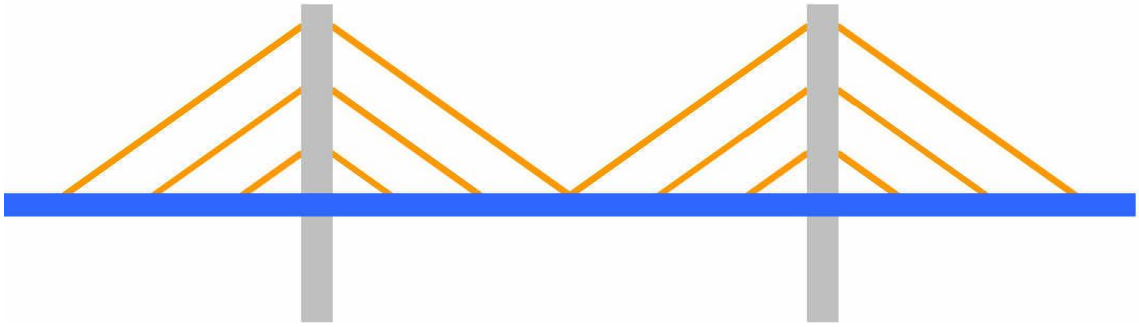
Helgeland Bridge, Norway

12

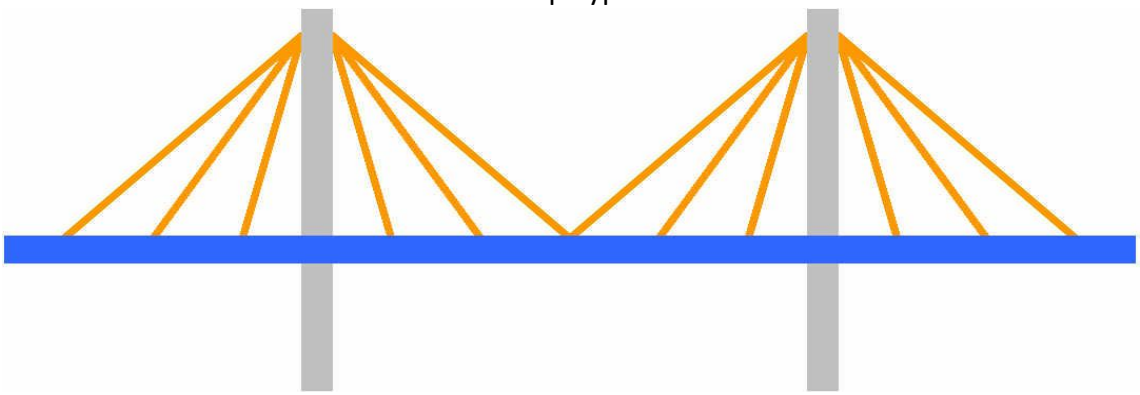


Tamar Bridge, England

9



Harp Type

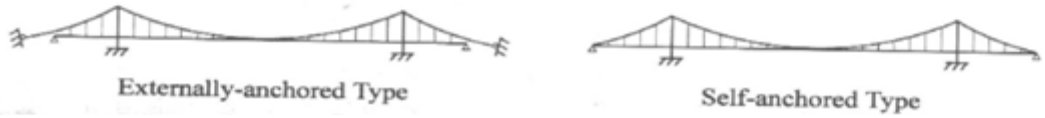


Fan Type

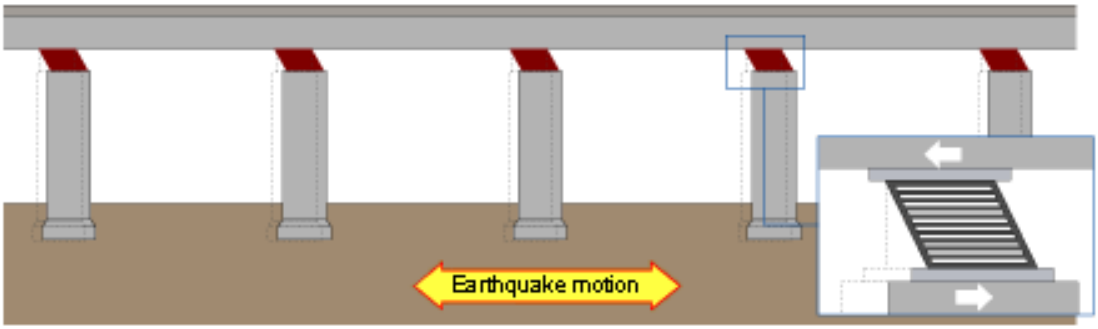
Types of suspension bridges.

Types of stiffening girders.

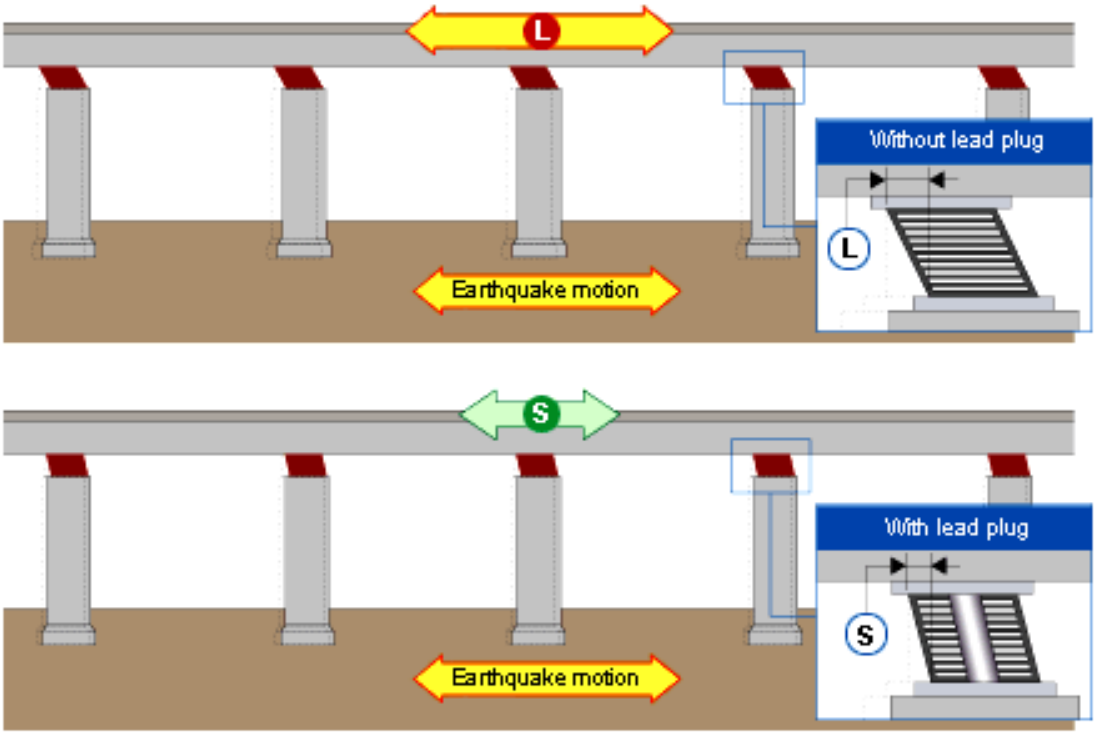
Types of suspenders.

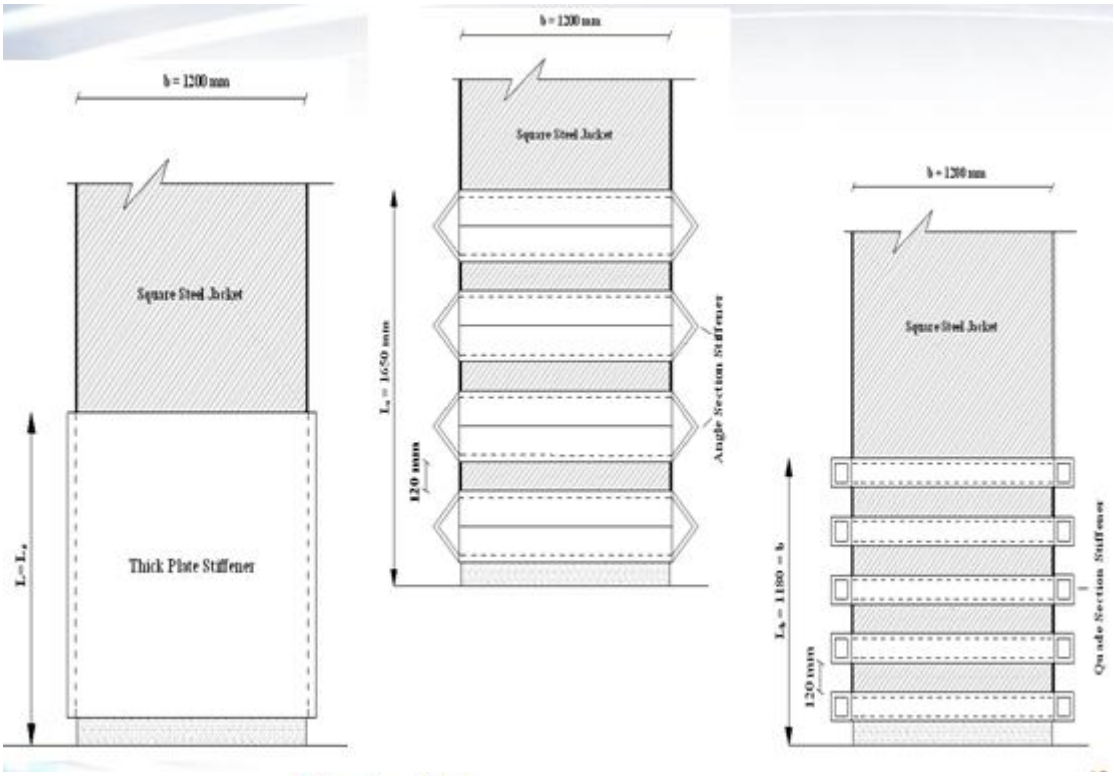


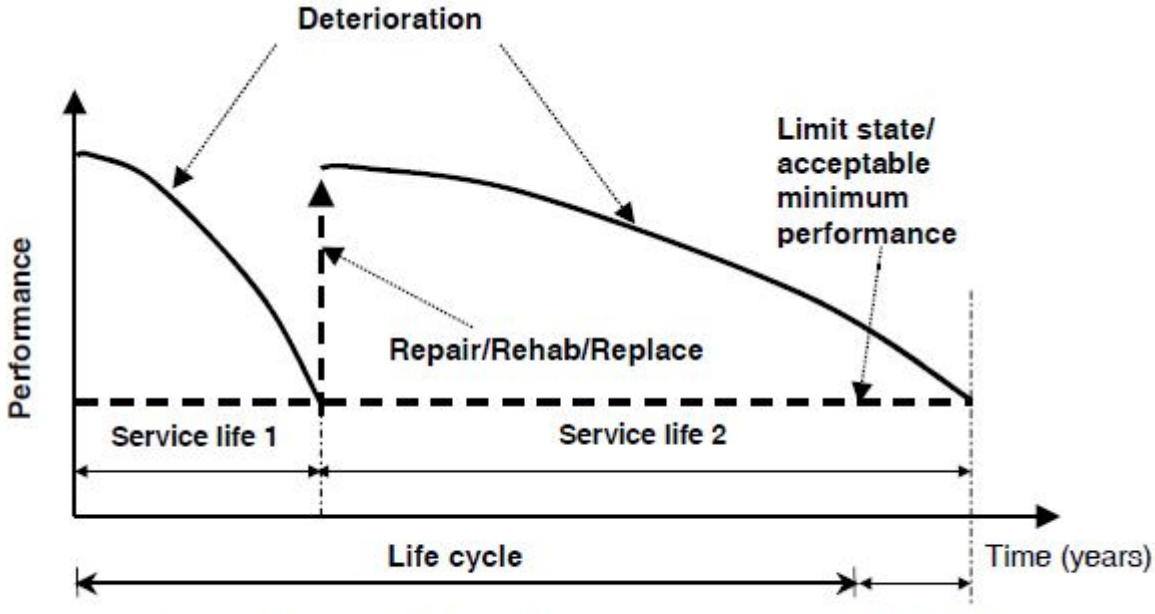
< Horizontal elasticity / prolonged oscillation period >



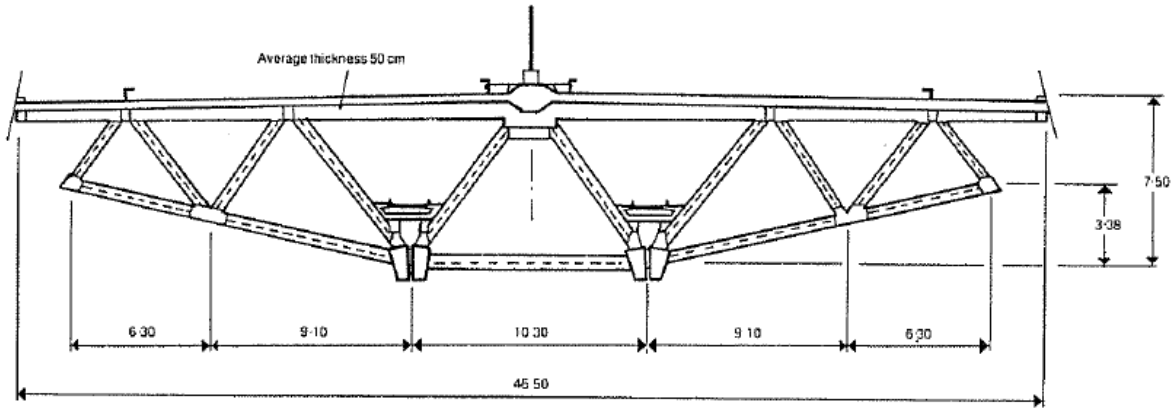
< Vibration damping and Displacement restriction >



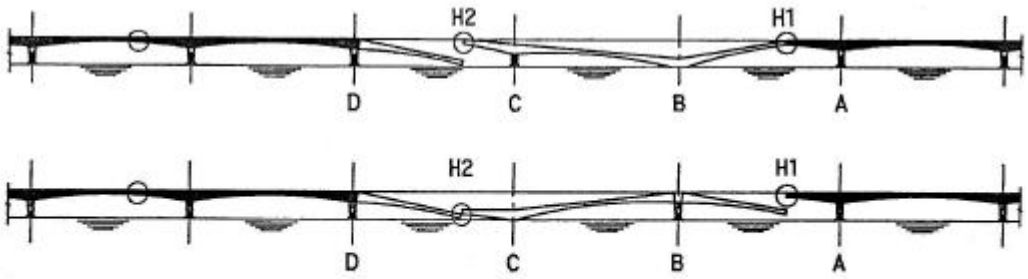




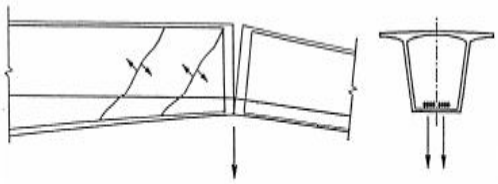
Bridge life cycle performance.



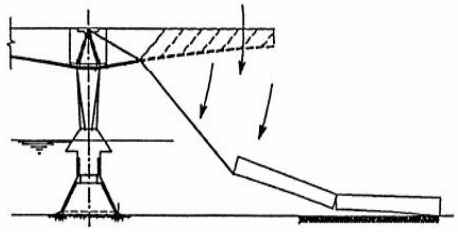
Confederation Bridge, Canada



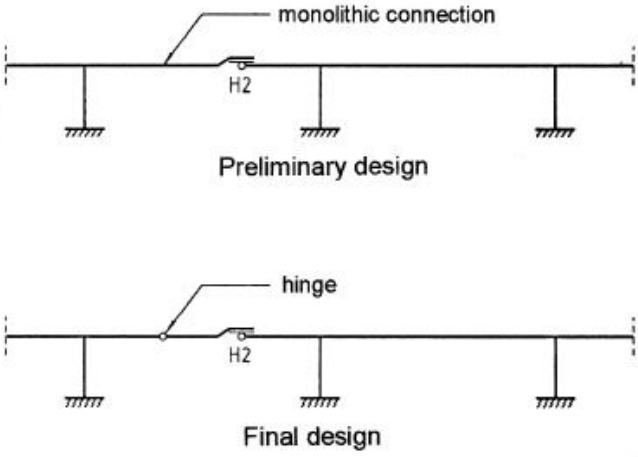
Limitation of local failure by isolating collapsing sections



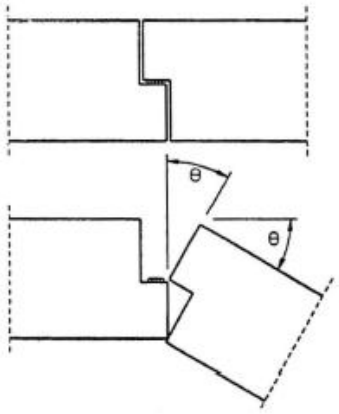
Bending rupture at cast-in-place joint



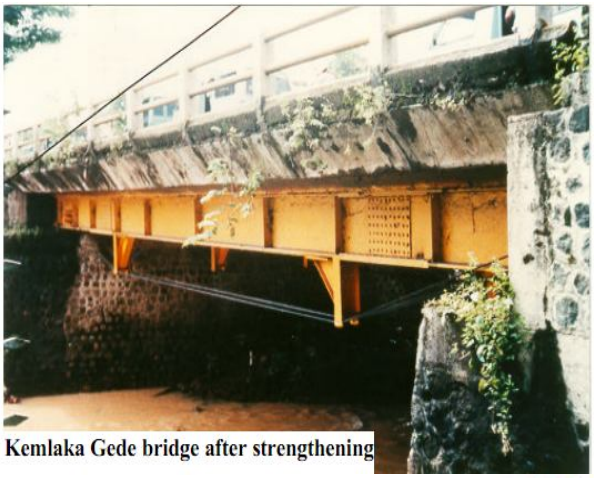
Failure progression toward pier D



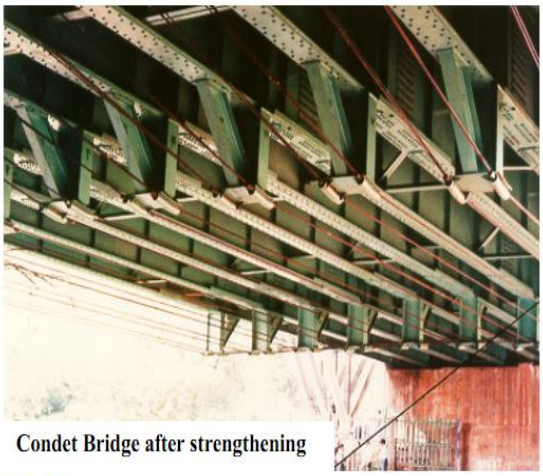
Insertion of hinges



Disengagement of drop-in girder



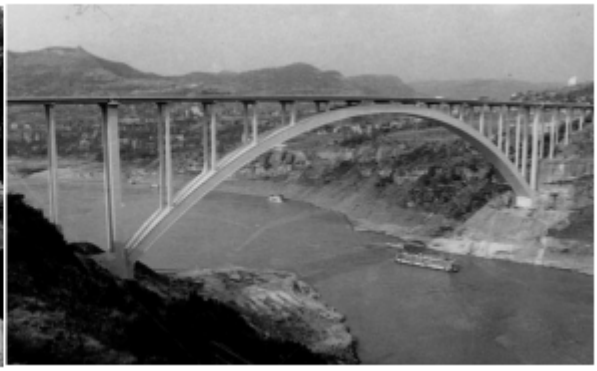
Kemlaka Gede bridge after strengthening

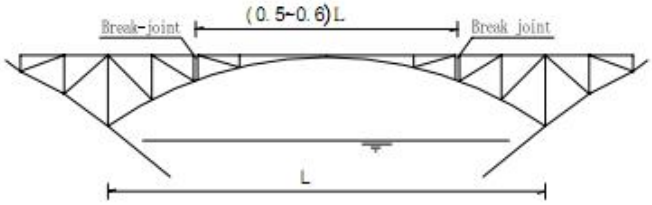


Condet Bridge after strengthening

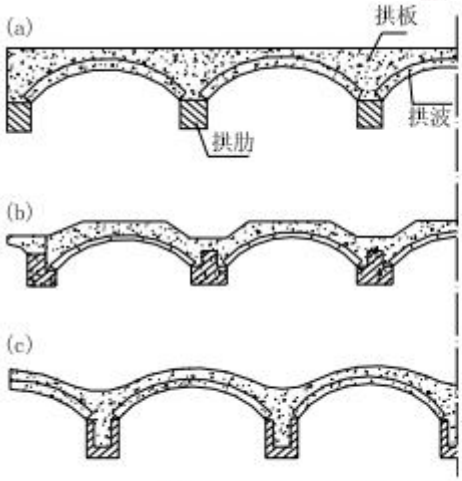
Bridge Forms

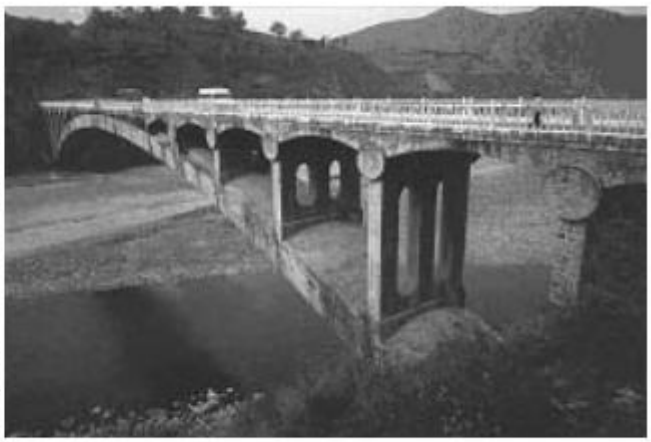
Structure form		Amount		Percentage	
Deck arch	Box ring	50	62	38	47
	Ribbed	12		9	
Light arch	Double-curved	13	50	10	39
	Rigid-frame	5		4	
	Truss	0		0	
	Prestressed truss	32		25	
Half-through		16		12	
Others		3		2	
Total		131		100	



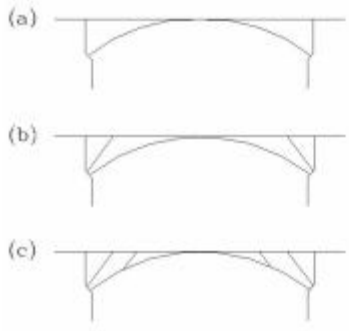


Prestressed Truss Arch Bridge





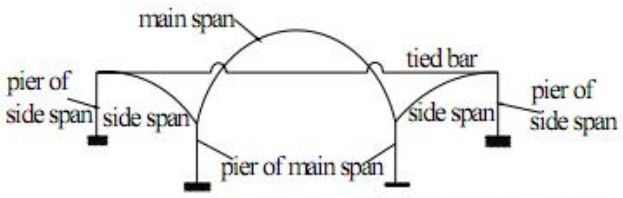
Cross-section of double-curved bridge



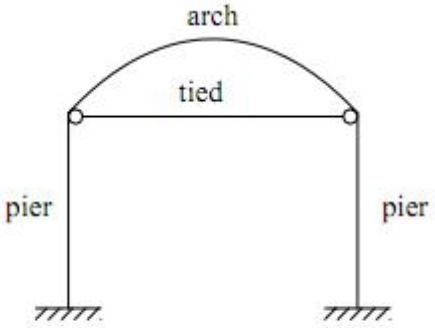
Rigid-frame Arch Bridge

Concrete arch bridge (span≥180m)

No.	Bridge Name	Time	Span(m)	Structure	Construction Method
1	Wanxian Yangtze River Bridge	1997	420	deck arch	Embedded scaffolding
2	Jiangjiehe bridge	1995	330	Prestress truss	Cantilever
3	Yongjiang Bridge	1996	312	half-through	Embedded scaffolding
4	Xiaonanmen Bridge	1990	240	half-through	Embedded scaffolding
5	Xuguo Bridge	2001	220	deck	Scaffolding
6	Xingduicha Bridge	under construction	205	deck	Swing
7	FuLing Bridge	1989	200	deck	Swing
8	Weiping Bridge	2001	198	half-through	Embedded scaffolding
9	Liuguihe Bridge	2005	195	deck	Cantilever
10	Modong Bridge	1999	180	deck	Cantilever n
11	Huapichong Bridge	1999	180	deck	Embedded scaffolding
12	Yanxi Bridge	2003	180	Prestress truss	Cantilever
13	Shatuo Bridge	2002	180	Prestress truss	Cantilever



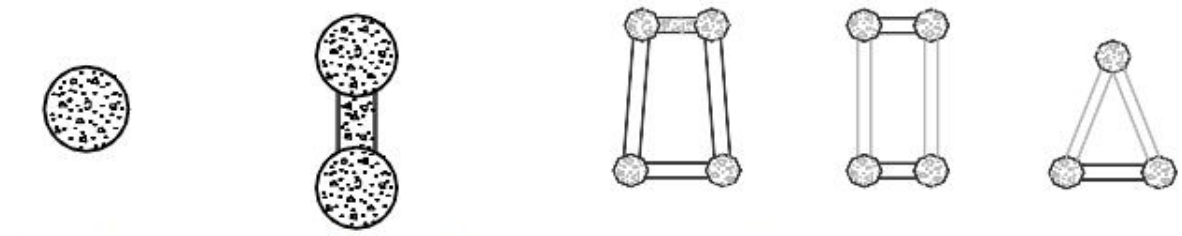
Fly-bird-type arch



Rigid-frame tied through CFST arch bridge

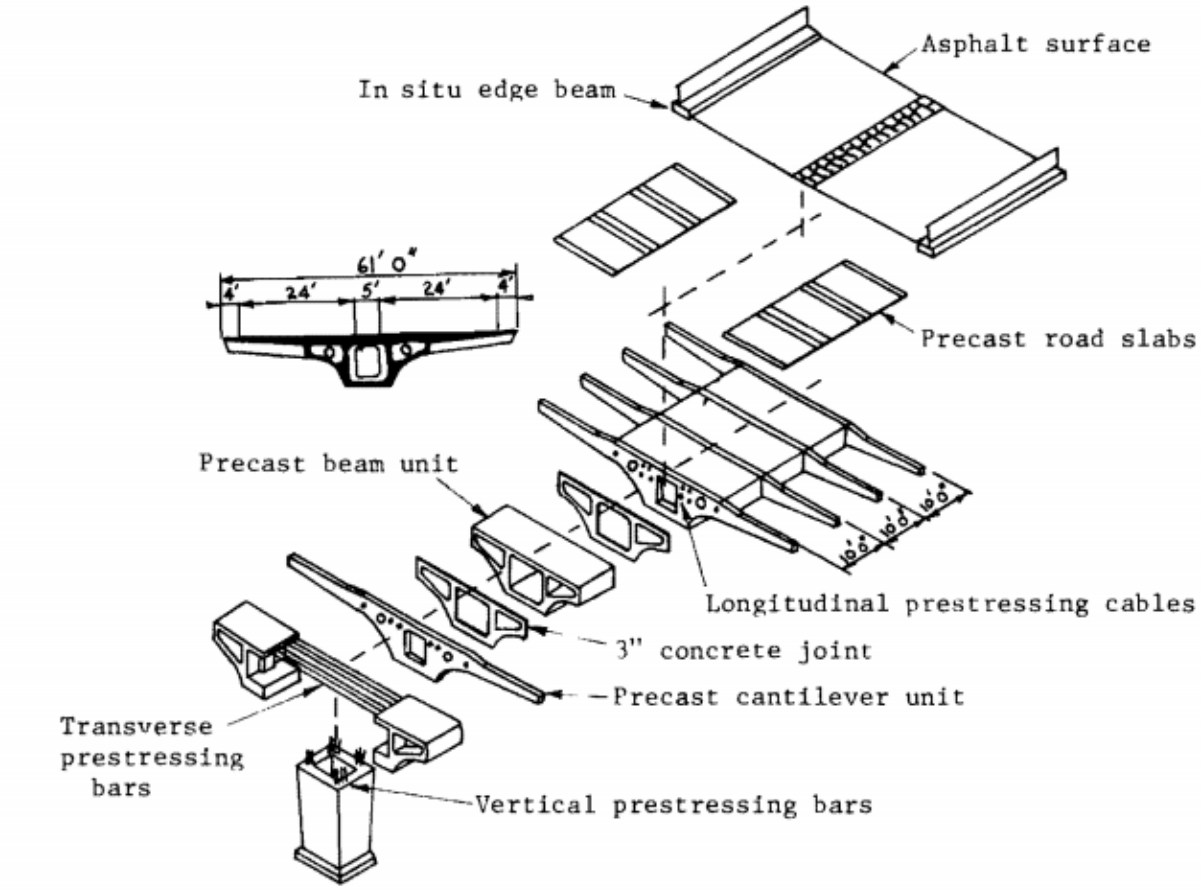
CFST arch bridges (span ≥ 200m)

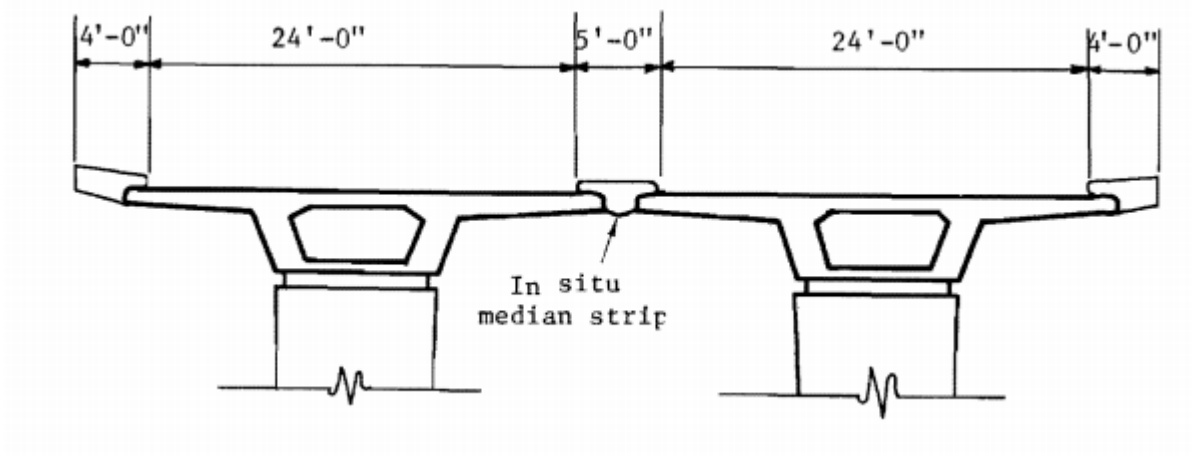
No.	Bridge name	Completion Year	Main span(m)	Form	Construction method
1	Enshi Nannidu Bridge	2002	220	Deck arch	Cantilever
2	Beipanjiang Bridge	2001	236	Deck arch	Swing
3	No.1 Qiadao Lake Bridge	2005	252	Deck arch	
4	Meixi Bridge in Chongqing	2001	288	Deck arch	Cantilever
5	Zhijinghe Bridge	Under construction	430	Deck arch	Cantilever
6	Wuhan No.3 Hanjiang Bridge	2000	280	Through tied rigid-frame Through tied arch	Cantilever
7	Moon Island Bridge in Dandon	2003	202	Through tied arch	Other Method
8	Yangtze River Railway Bridge in Yichang	Under construction	264	Half-through arch	Swing
9	Longtan River Bridge in Zigui	1999	200	Half-through arch	Cantilever
10	Jialing River Bridge in Hechuan, Chongqing	2002	200	Half-through arch	Cantilever
11	Wangcun Yushui River Bridge in Zhangjiajie	2003	200	Half-through arch	Cantilever
12	Liujing Yujiang Bridge in Guanxi	1999	220	Half-through arch	Cantilever
13	Tongwamen Bridge in Zhejiang	2001	238	Half-through arch	Cantilever
14	Luojiao River Bridge in Guizhou	1998	240	Half-through arch	
15	Sanmen Jiantiao Bridge in Zhejiang	2001	245	Half-through arch	Cantilever
16	Zigui Qingganhe Bridge in Hubei	2002	248	Half-through arch	Cantilever
17	Jinshajiang Rongzhou Bridge in Yibin	2004	260	Half-through arch	Cantilever
18	Sanan Yongjiang Bridge in Guangxi	1998	270	Half-through arch	Cantilever
19	Sanmenkou North-gate Bridge in Xiangshan	Under construction	270	Half-through arch	Cantilever
20	Sanmenkou Middle-gate Bridge in Xiangshan	Under construction	270	Half-through arch	Cantilever
21	Chunan Nanpu Bridge in Zhejiang	2003	308	Half-through arch	Cantilever
22	Nanning Yonghe Bridge in Guangxi	2004	335.4	Half-through arch	Cantilever
23	Huangshan Taiping Lake Bridge in Anhui	Under construction	336	Half-through arch	Cantilever
24	Wushan Yangtze River Bridge in Sichuan	2005	460	'Fly-bird-type' arch	Cantilever
25	Nanhai Sanshanxi Bridge in Guangdong	1995	200	'Fly-bird-type' arch	Cantilever
26	Mianyang Pujiang Bridge in Sichuan	1997	202	'Fly-bird-type' arch	
27	Shenmi Bridge in Nanchang	Under construction	228	'Fly-bird-type' arch	Cantilever
28	Jinghang Canal Bridge in Xuzhou	2002	235	'Fly-bird-type' arch	Swing
29	No.5 Hanjiang Bridge in Wuhan	2000	240	'Fly-bird-type' arch	Cantilever
30	Dongguan Shuidao Bridge in Guangdong	2005	280	'Fly-bird-type' arch	Cantilever
31	Yajisha Bridge in Guangzhou	2000	360	'Fly-bird-type' arch	Swing
32	Maocaojie Bridge in Nanxian	Under construction	368	'Fly-bird-type' arch	Cantilever
33	No.4 Xiangjiang Bridge in Xiangtan	Under construction	400		Cantilever

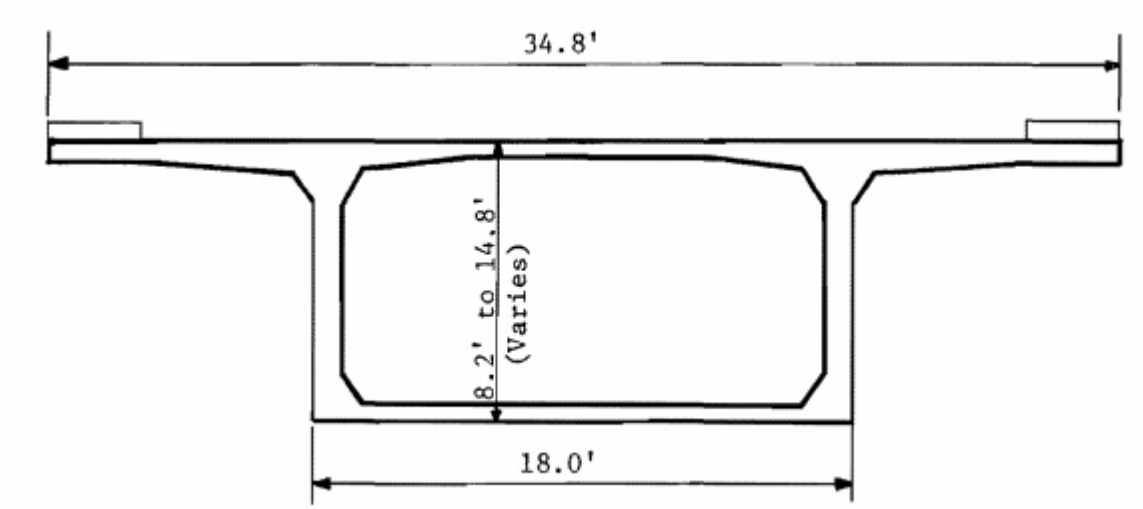


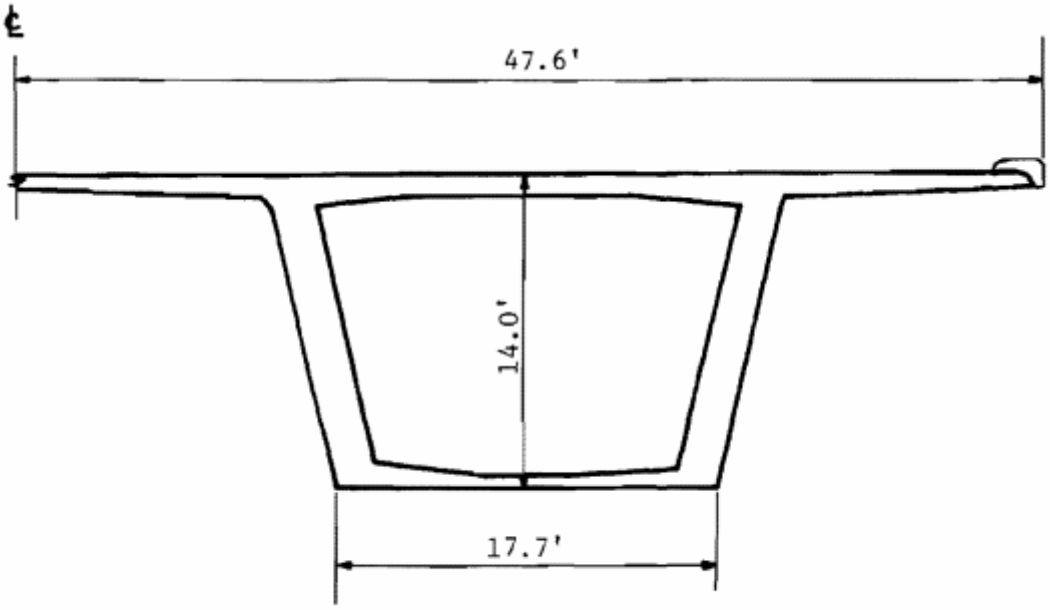
(a)Single tube (b)Dumbbell (c)Truss (multi-tube type)

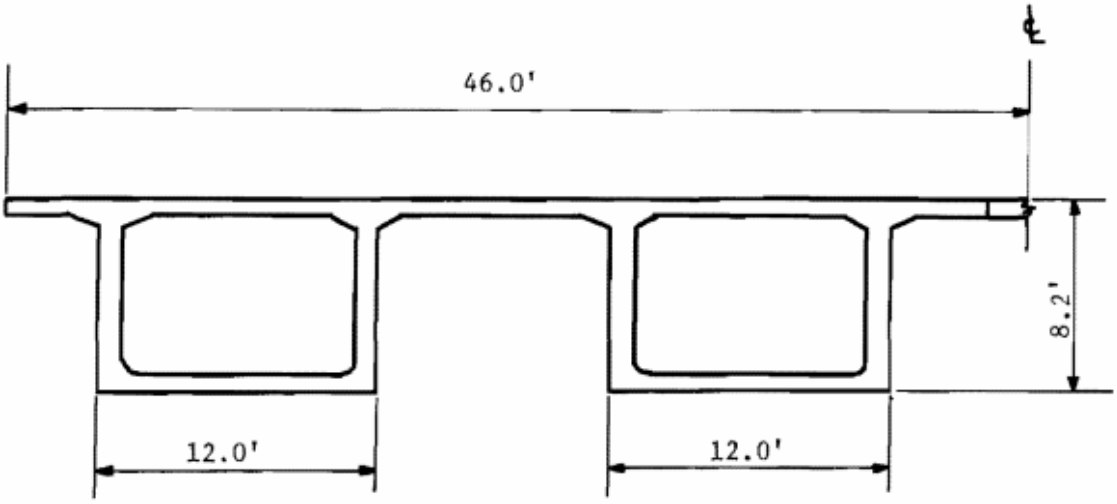
Cross-section type

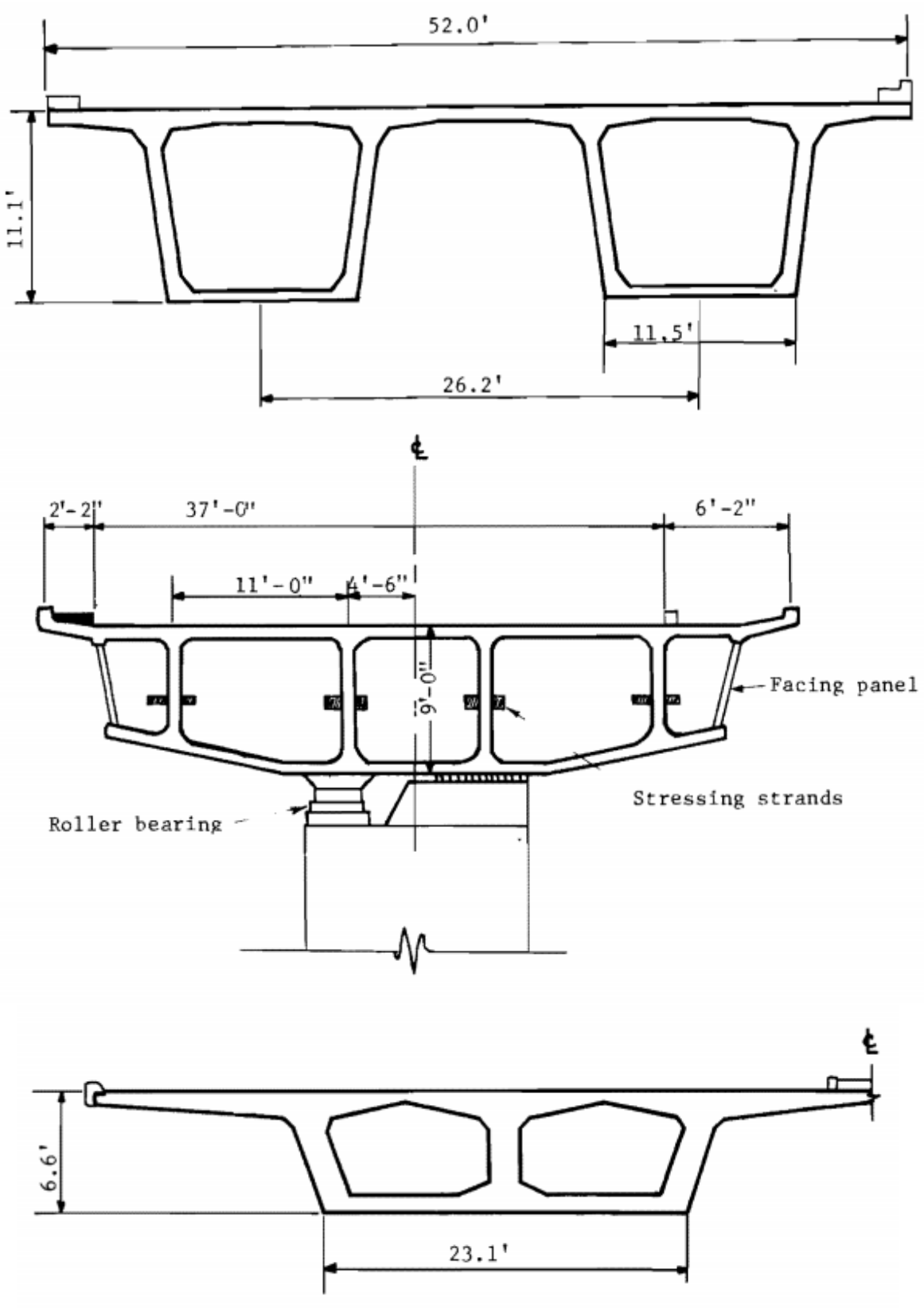


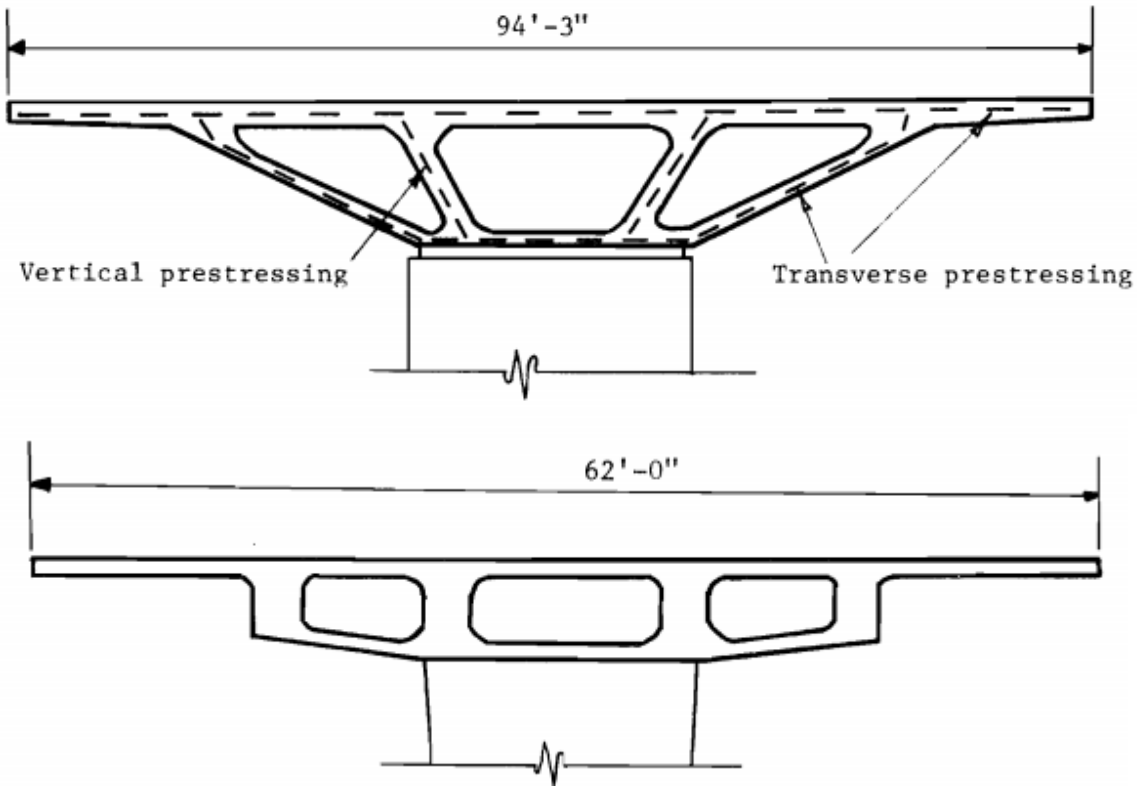


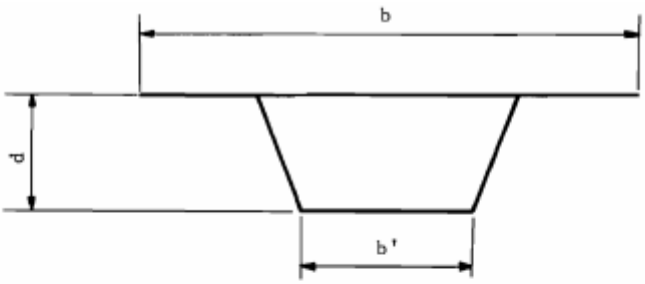

34.8'
8.2' to 14.8'
(Varies)
18.0'


℄
47.6'
14.0'
17.7'

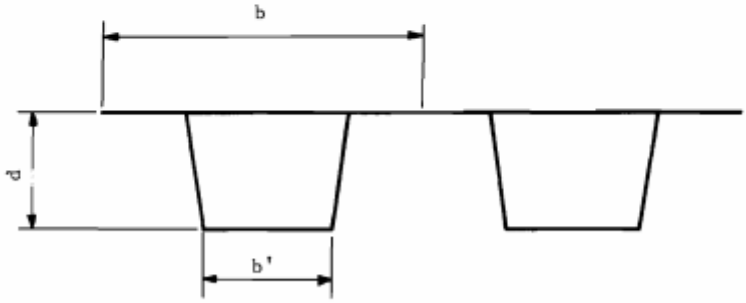

℄
46.0'
8.2'
12.0'
12.0'


52.0'
11.1'
11.5'
26.2'
℄
2'-2"
37'-0"
6'-2"
11'-0"
4'-6"
9'-0"
Facing panel
Stressing strands
Roller bearing
℄
6.6'
23.1'

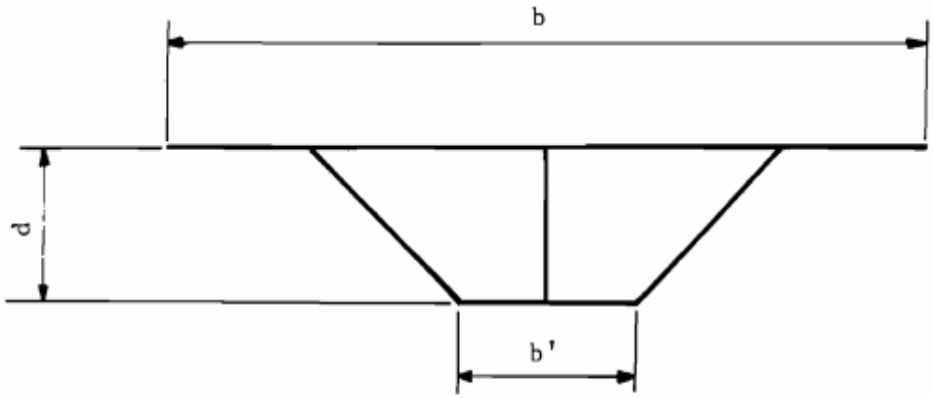

94'-3"
Vertical prestressing
Transverse prestressing
62'-0"



(a) Single cell box girder.

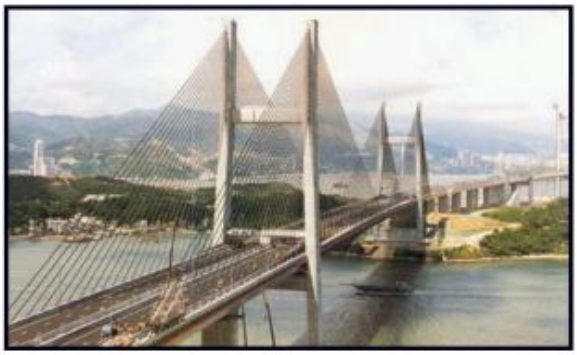


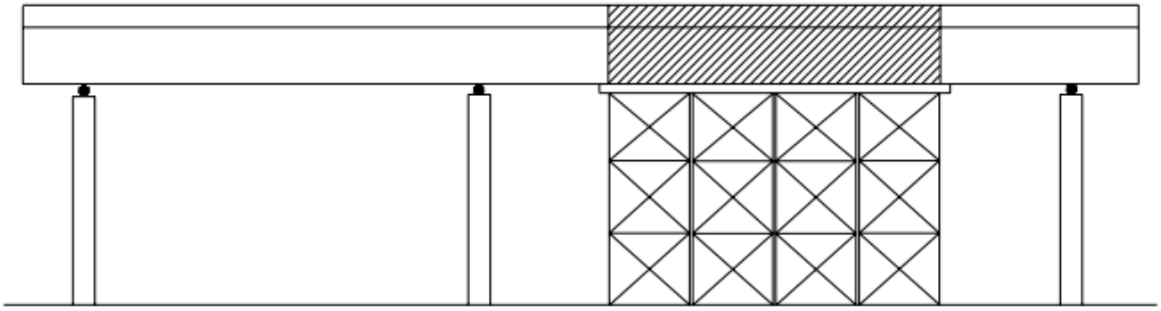
(b) Single cell boxes connected by upper slab.

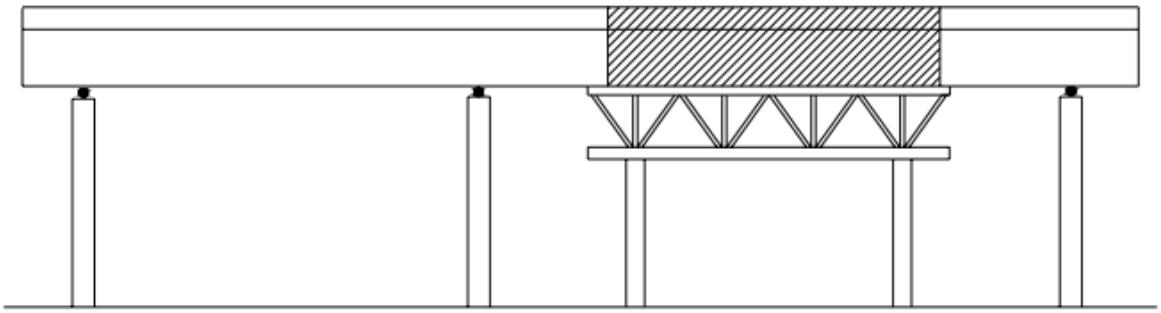


(c) Two cell box girder.

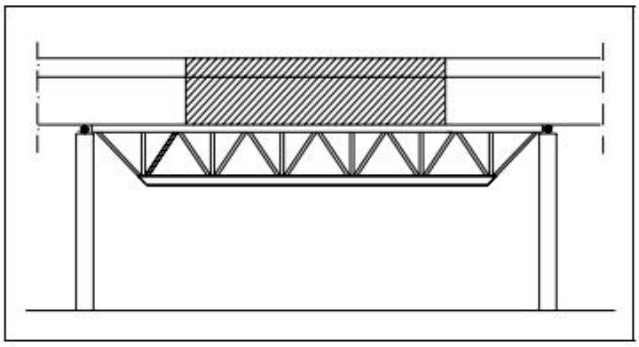
Box girder cross section types.

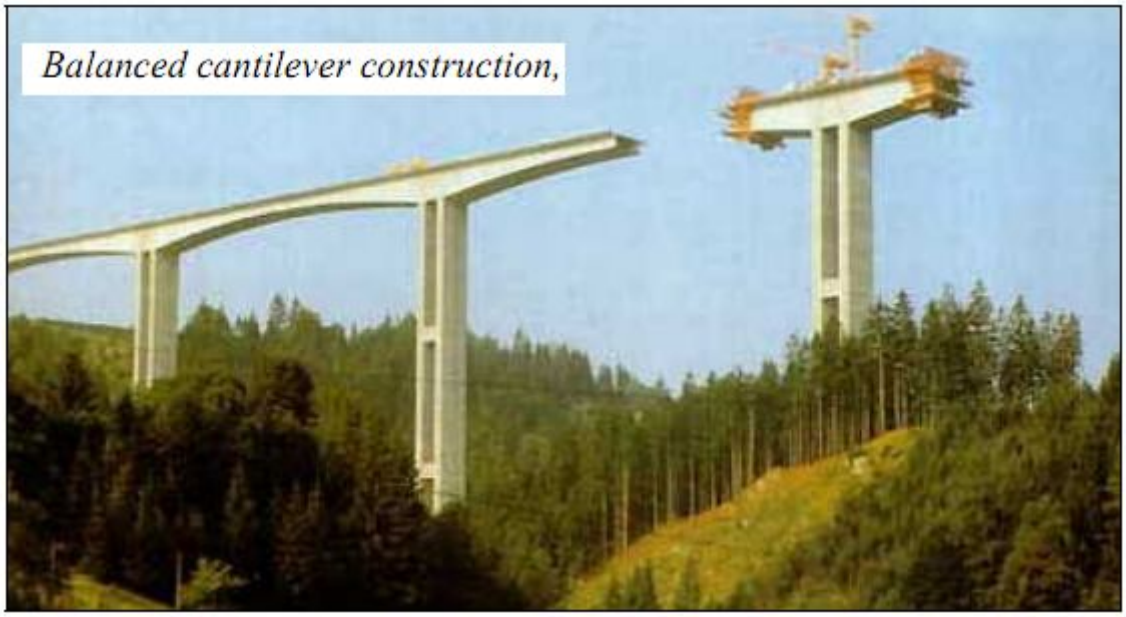


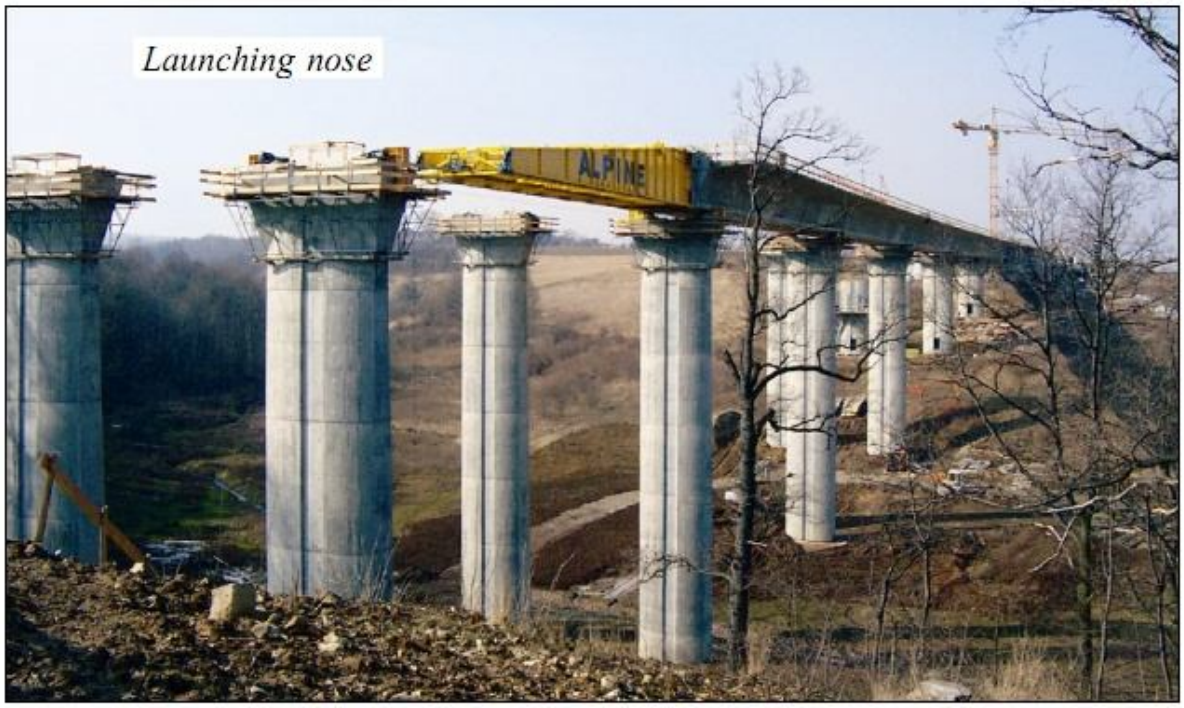




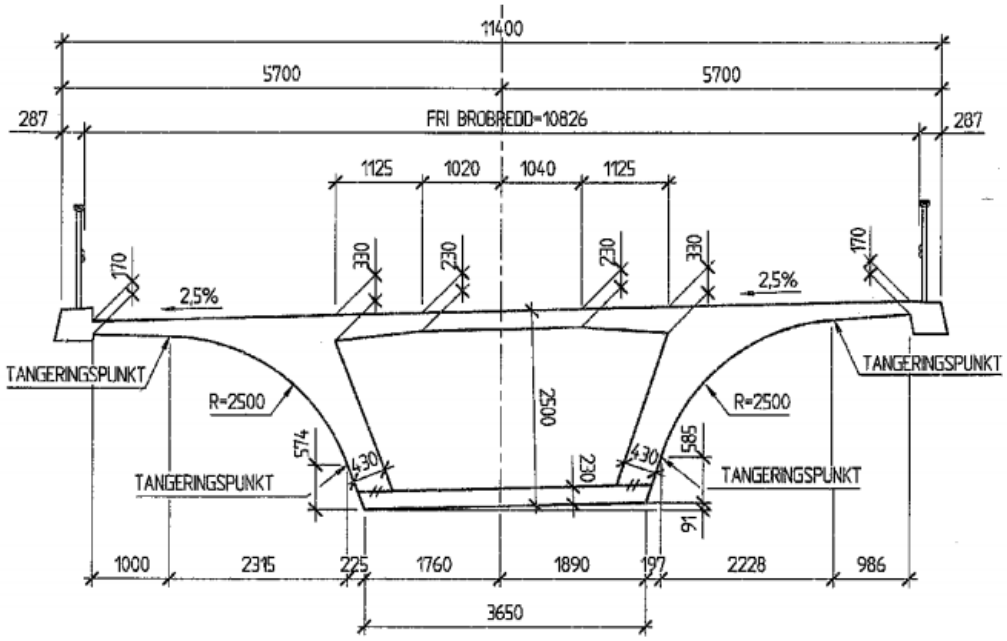
Travelling girder.

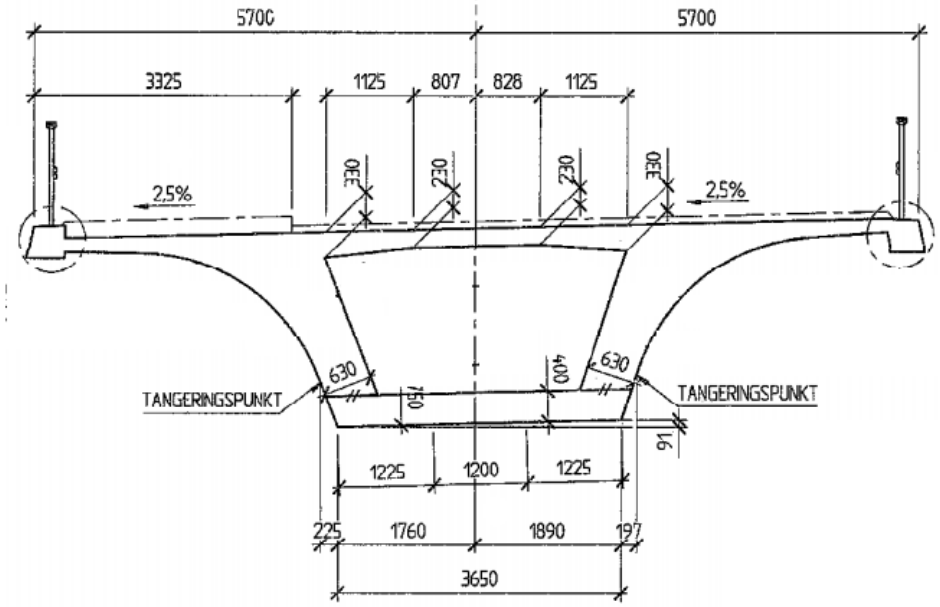


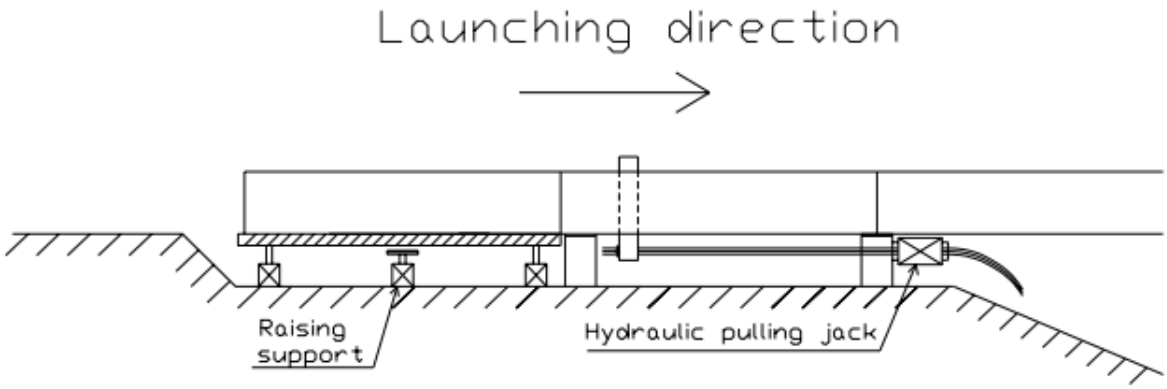

Balanced cantilever construction,


Launching nose
ALPINE

1. Casting of the bottom slab
2. Casting of the webs
3. Casting of the deck slab
4. Further hardening of the concrete
5. Tensioning of the tendons
6. Launching of the bridge segment

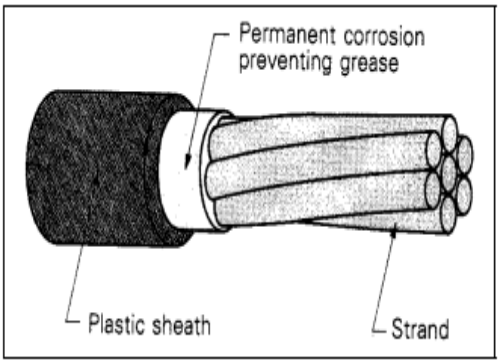


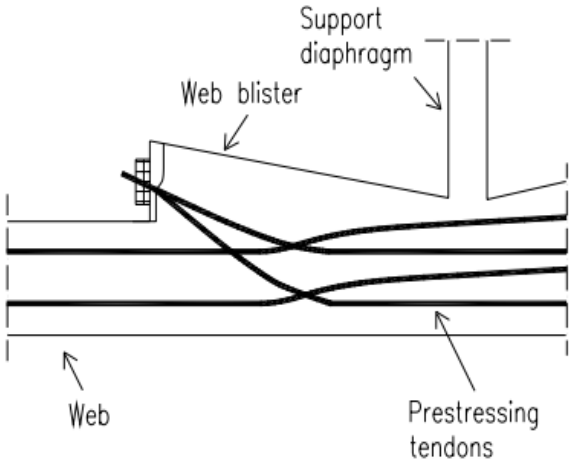


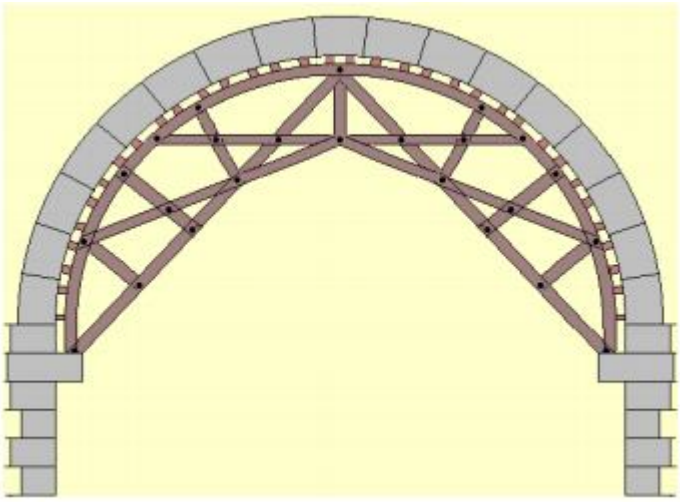


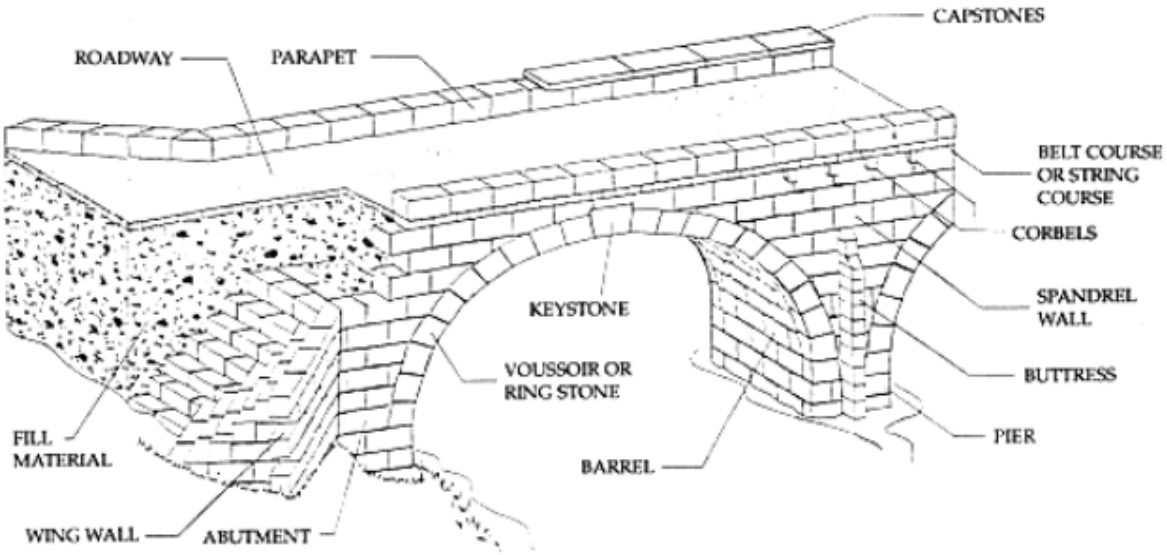
Example of launching nose with I-beams.

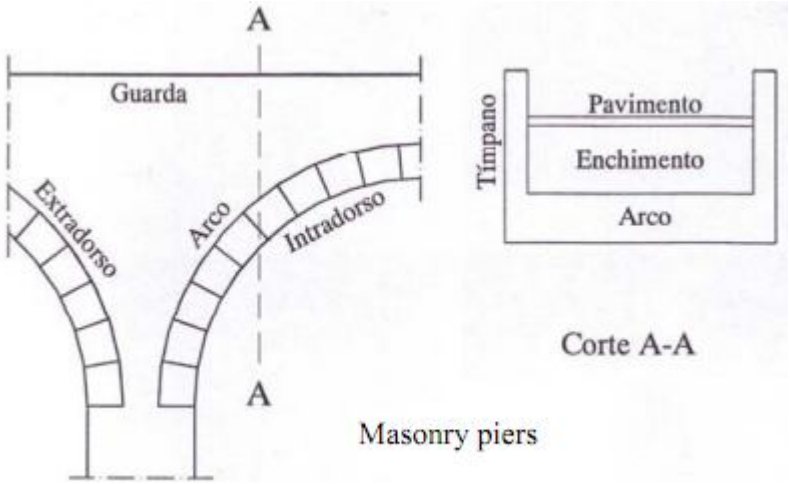
- Longitudinal flexural stresses caused by the cantilever and the continuous beam action
- Vertical compressive stresses caused by the support reactions led into the webs
- Shear stress on the shear keys welded on the end nose plate
- Stress due to prestressing used for anchoring the nose to the superstructure



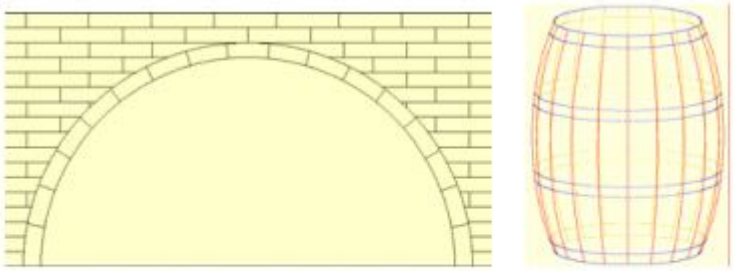






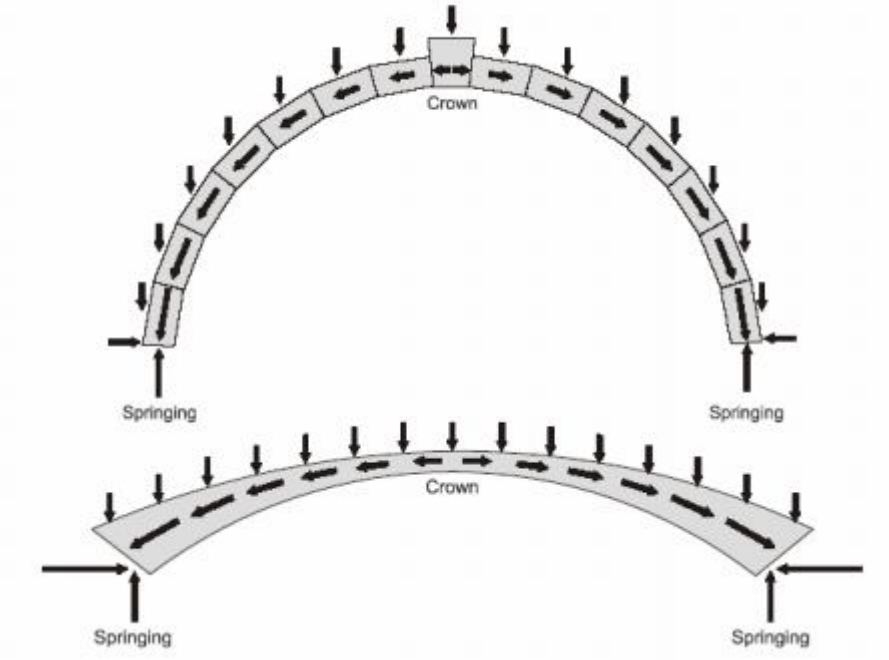


Masonry piers

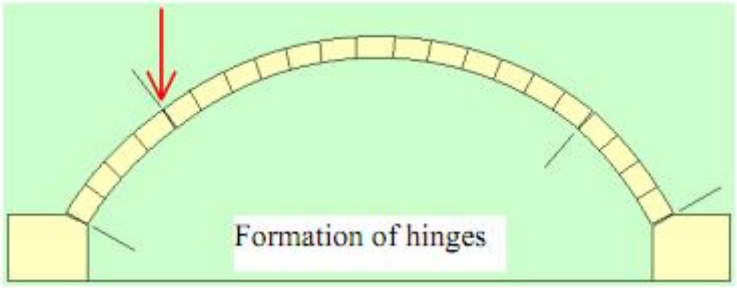


a) b)

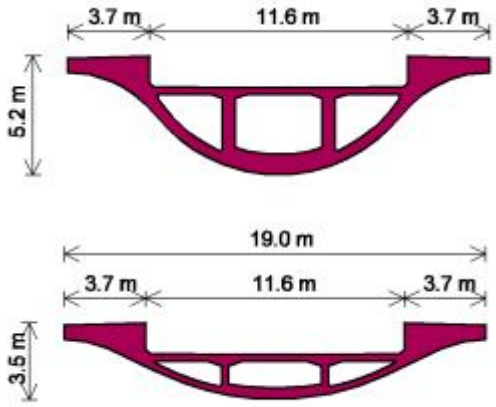
a) Masonry arch; b) Wooden Barrel

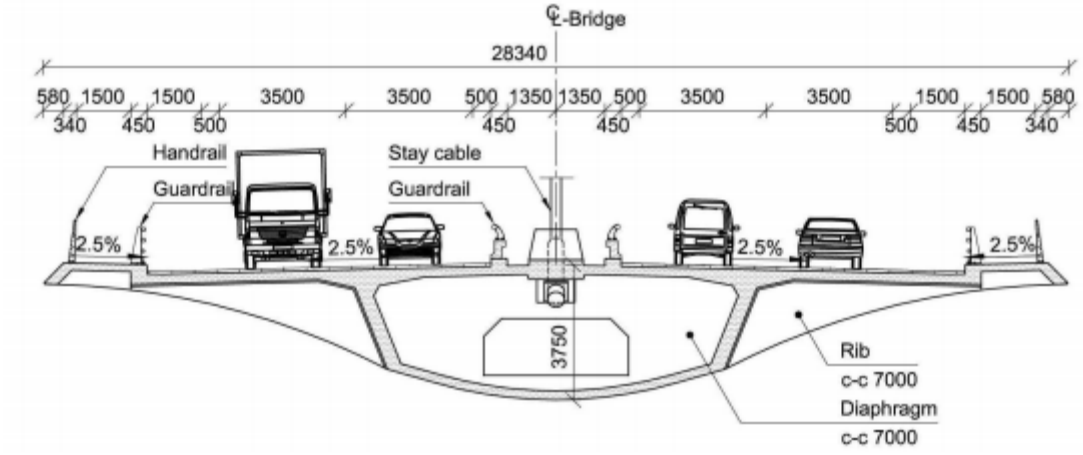


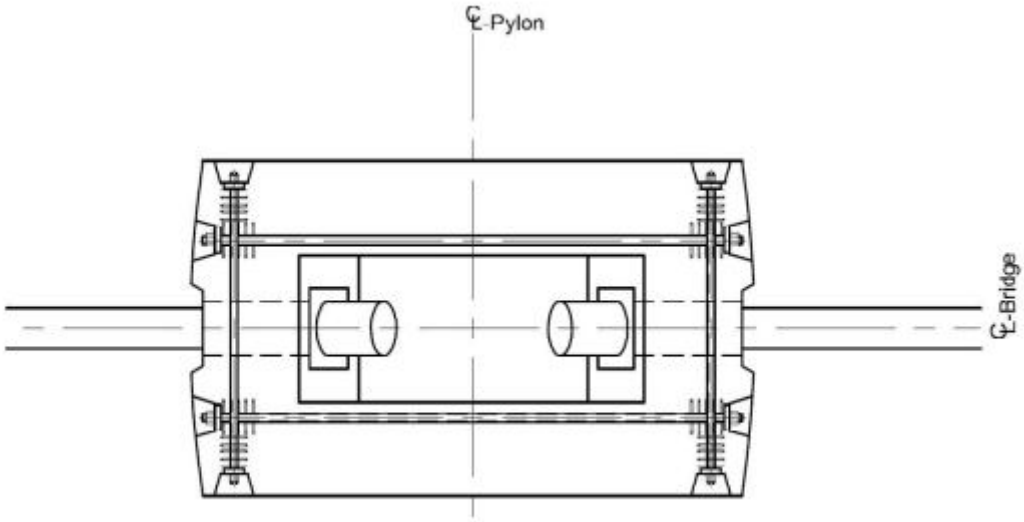
1) Construction
2) Long-term loading
3) Transient loading
4) Environmental



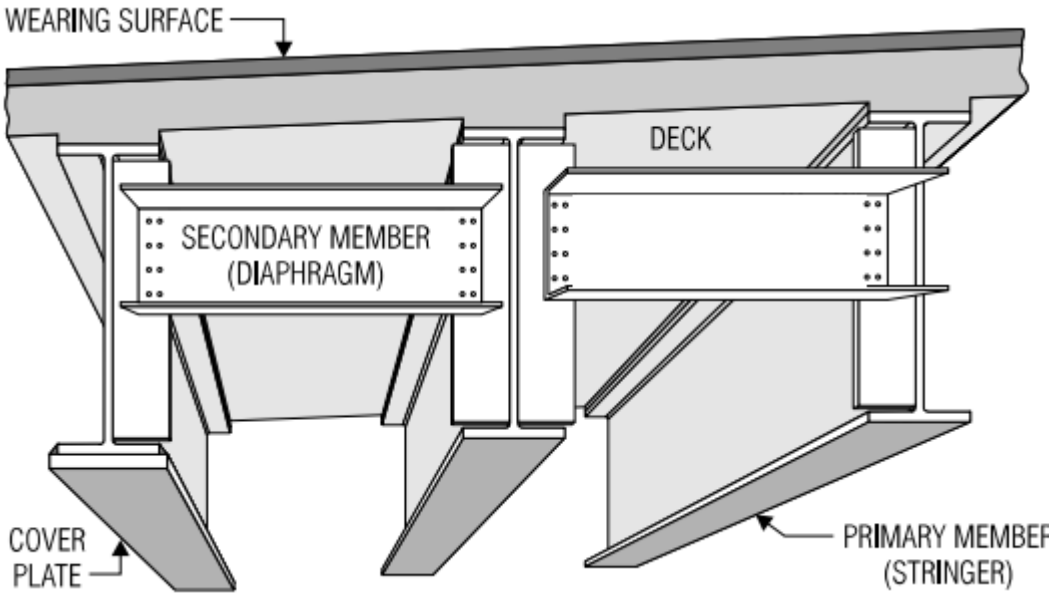
Removal of temporary supports



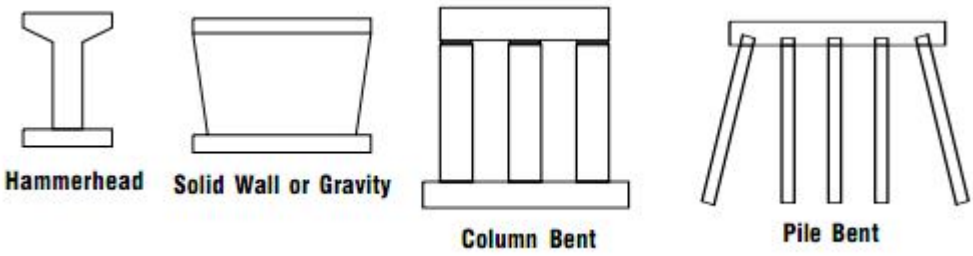


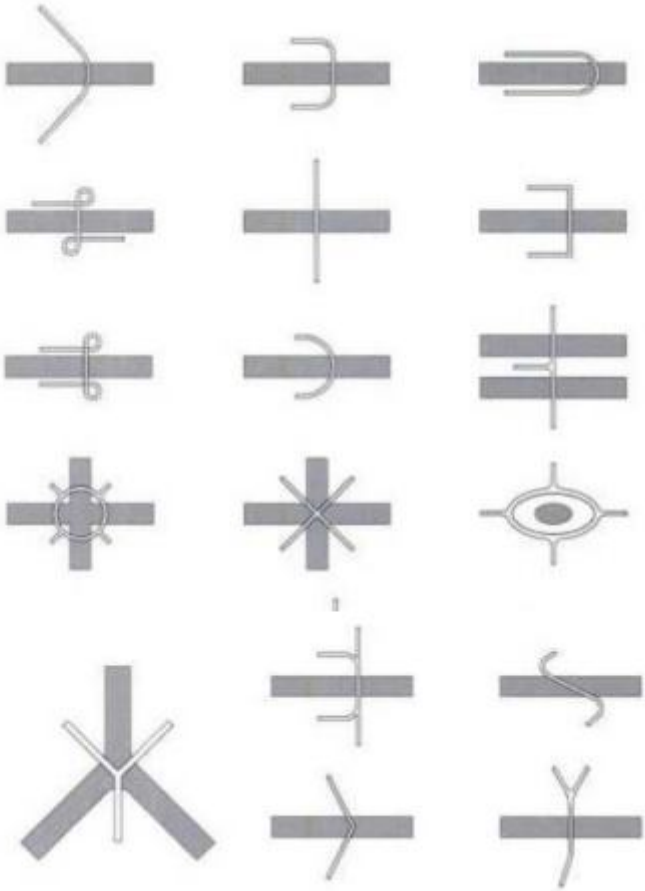


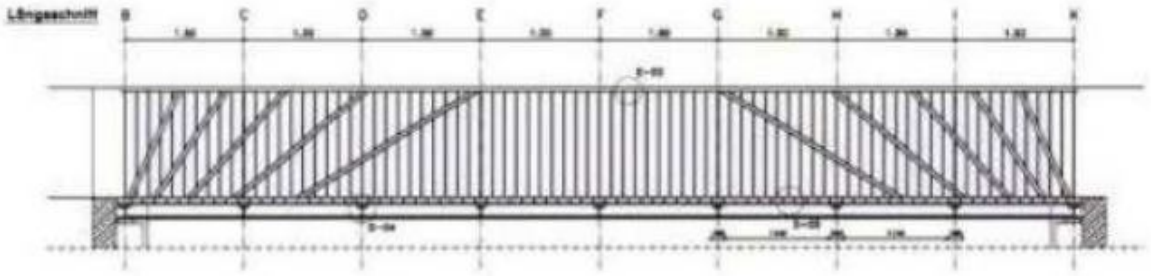
Post-tensioning bars layout, pylon



- Length to be bridged from the start to the end of the structure
- Depth of channel or ravine to be crossed
- Underpass clearance required
- Extreme temperature conditions
- Precipitation or snowfall
- Curvature of overpass alignment
- Aesthetics of the surrounding environment





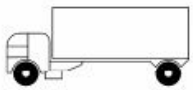
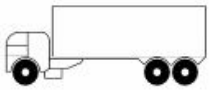
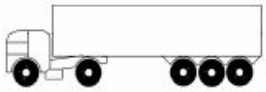

Längsschnitt

Main Span Small Block Erection

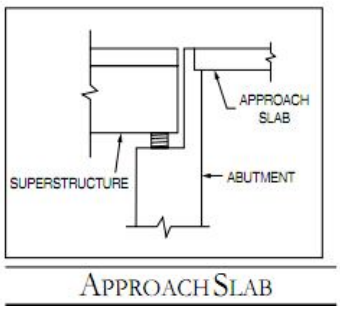
Side Span Large Block Erection

Free Cantilever Method (FCM)

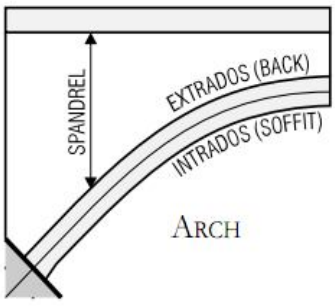
Full Span Launching Method (FSLM)

Lorry silhouette	Interaxles [m]	Frequent axle loads [kN]
	4.50	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

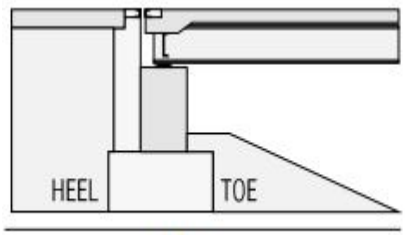
Fatigue load model



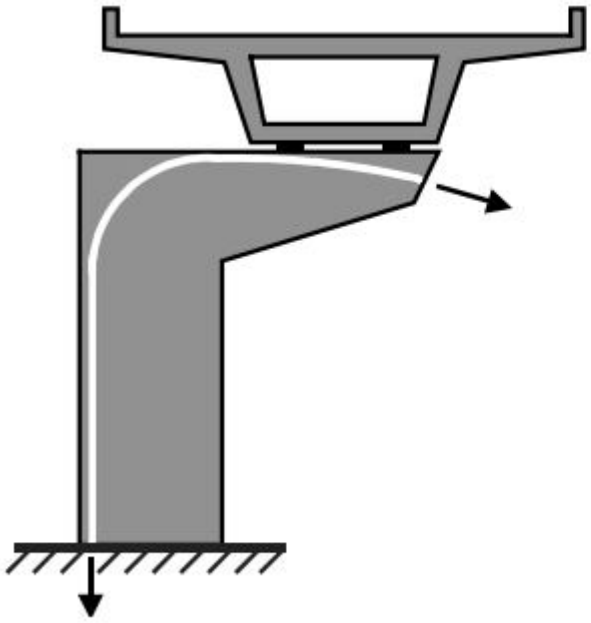
APPROACH SLAB



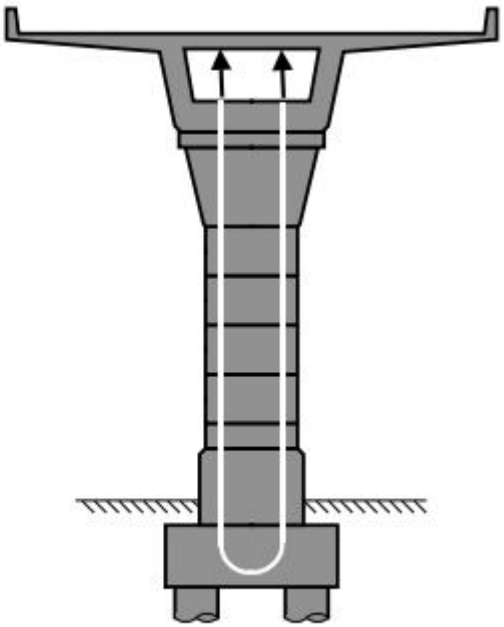
ARCH



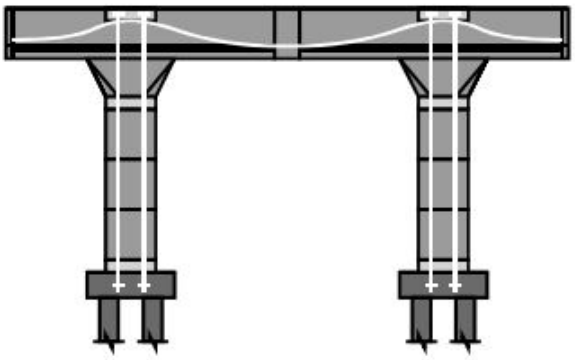
HEEL



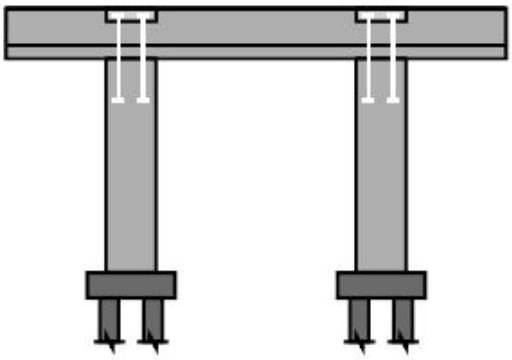
(a) Cantilever Substructure



(b) Precast Segmental Hollow Pier



(c) Precast Frame Bent



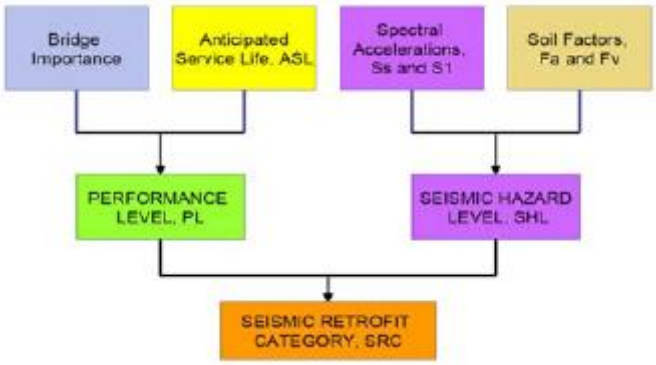
(d) Precast Bent Cap Post-Tensioned to Cast-in-Place Columns

سطوح عملکردی پل‌ها

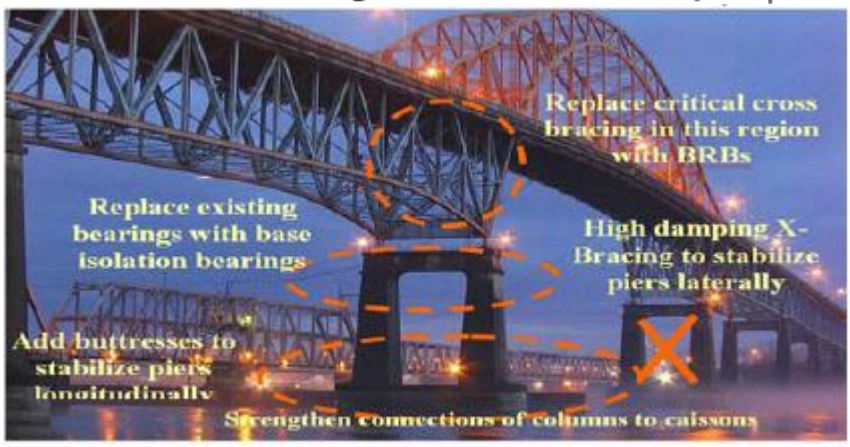
سطح عملکرد Retrofit Level	معیار سطح عملکرد لرزه ای (seismic Performance Criteria)	
Functional	سطوح بهره برداری Service Levels	سطوح خسارت Damage Levels
Safety 2	ضروری (دسترسی کامل به ترافیک عادی) Immediate	حداقل Minimal
Safety 1	محدود شده Limited	قابل تعمیر Repairable
Superstructure	صدمه جدی محدود شده 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 آنالیز های مورد نیاز بر اساس نوع رفتار سازها

رفتار سازه (STRUCTURAL BEHAVIOUR)	آنالیز های 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



- استفاده از سیستم های مستهلک کننده انرژی(Energy dissipating devices)
- استفاده از تکیه گاه های نوسانی (Pendulum) و یا تکیه گاه های LRB
- استفاده از تکیه گاه های لغزشی به همراه میراگر(شکل ۸)
- استفاده از سیستم های متوقف کننده(Lock-up devices)
- استفاده از المان های محصور شده (مهار شده در برابر کمانش)BRB
- سیستم های کامپوزیتیFRP جهت محصور کردن تیرها و ستون ها
- استفاده از سیستم های پس کشیده و کابل های خارجی



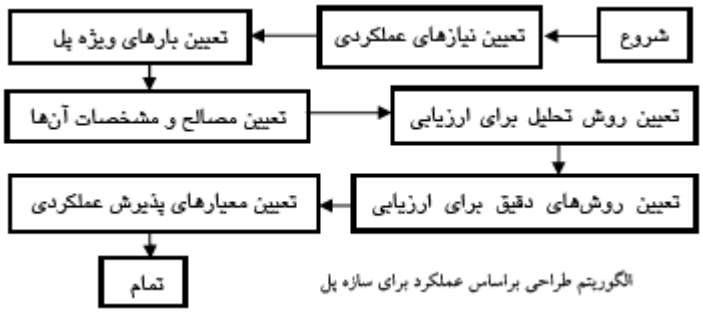
تقویت پل **Pattullo** بریتیش کلمبیا در سال ۱۹۹۵

طبقه بندی عمومی روشهای مقاوم سازی روسازه پلهای فلزی

روشهای فعال.A			روشهای غیرفعال.P		
ایده	زمان	هزینه	ایده	زمان	هزینه
A1.نصب اعضای مقاوم ساز اضافی همانند تیرورق یا خرپا؛افزودن یال سوم به پلهای خرپایی و غیره	متوسط	زیاد	*P1*.افزایش سطح مقطع اعضای سازه ای با افزودن ورقهای اضافی و یا سایر پروفیلهای فولادی	طولانی	کم
A2.پس تنیدگی خارجی	متوسط	متوسط	*P2*.تعویض اعضای ضعیف با اعضای جدید با ظرفیت باربری مورد نیاز	کوتاه	زیاد
A3.تغییر در سیستم تکیه گاهی	متوسط	کم	*P3*.چسباندن نوارهای *CFRP*	کوتاه	متوسط
A4.باربرداری(سبک سازی رو-سازه بوسیله تعویض عرشه سنگین قدیمی با عرشه جدید سبکتر(مثل عرشه ارتوتروپ)و یا حتی با تعویض روکش	طولانی	زیاد	*P4*.مقاوم سازی اتصالات؛ از هر نوعی؛شامل ورقهای اتصال با اضافه کردن ورقهای جدید	کوتاه	کم

کشهای مهاربند طولی

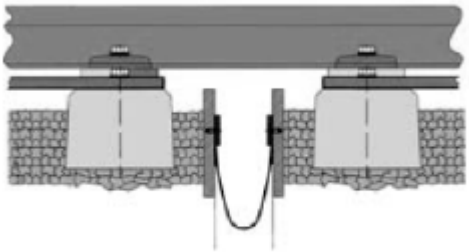
سیستم پایه‌ها و سرستون(قابهای میانی)



الگوریتم طراحی براساس عملکرد برای سازه پل

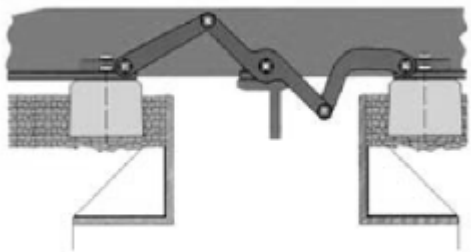
- ظرفیت تیر فولادی در مقطع غیر مرکب
- کمانش پیچشی جانبی بال فولادی تحت فشار
- ظرفیت مقطع مرکب
- خیز و تغییر شکل ماندگار
- کنترل‌ها در مرحله ساخت

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

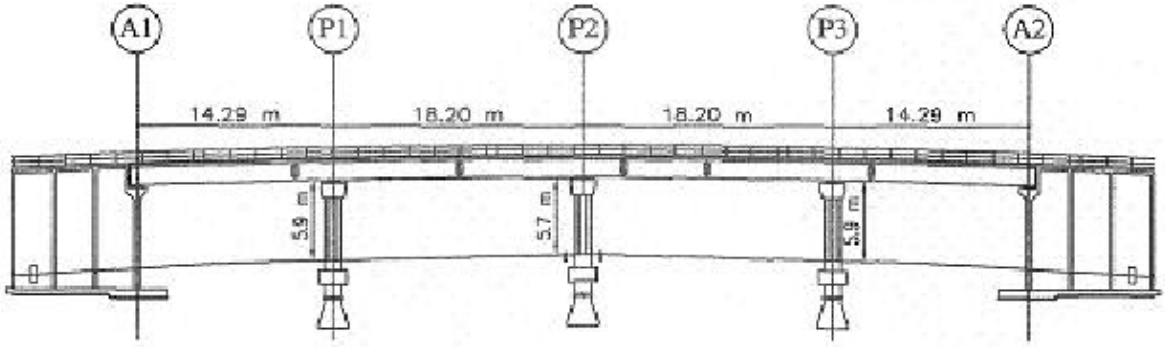


Rail expansion joint SA 60-300
Length of elongation ± 150 mm

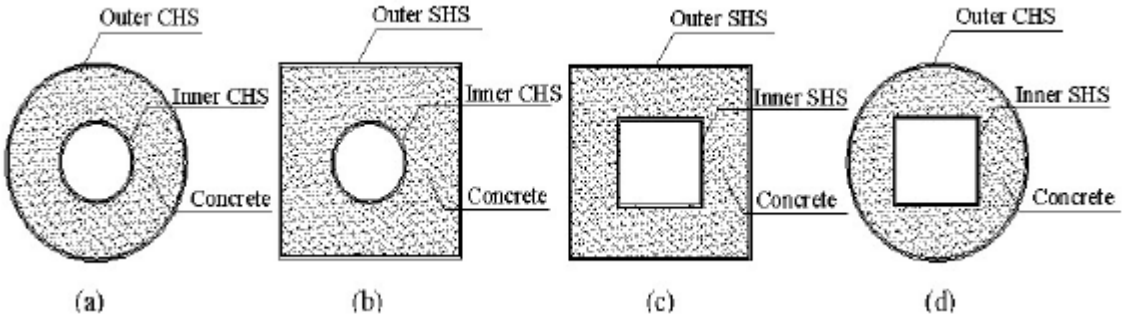
نحوه عملکرد درز انبساط

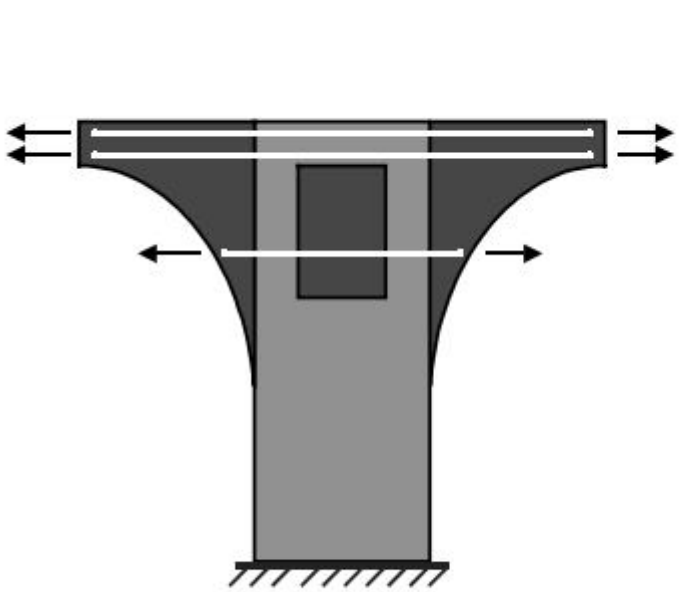


Rail expansion joint SA 60-600
Length of elongation ± 300 mm

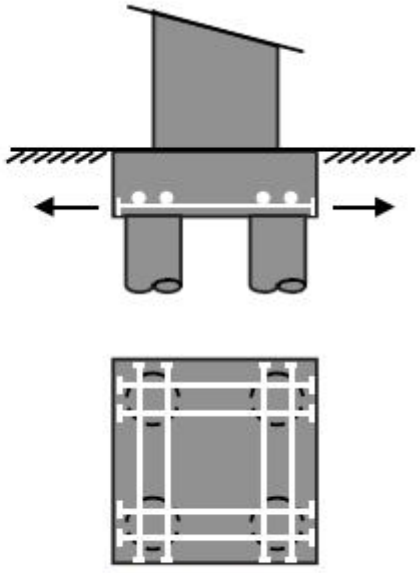


نمای جـــانبی پـل چهار دهانه

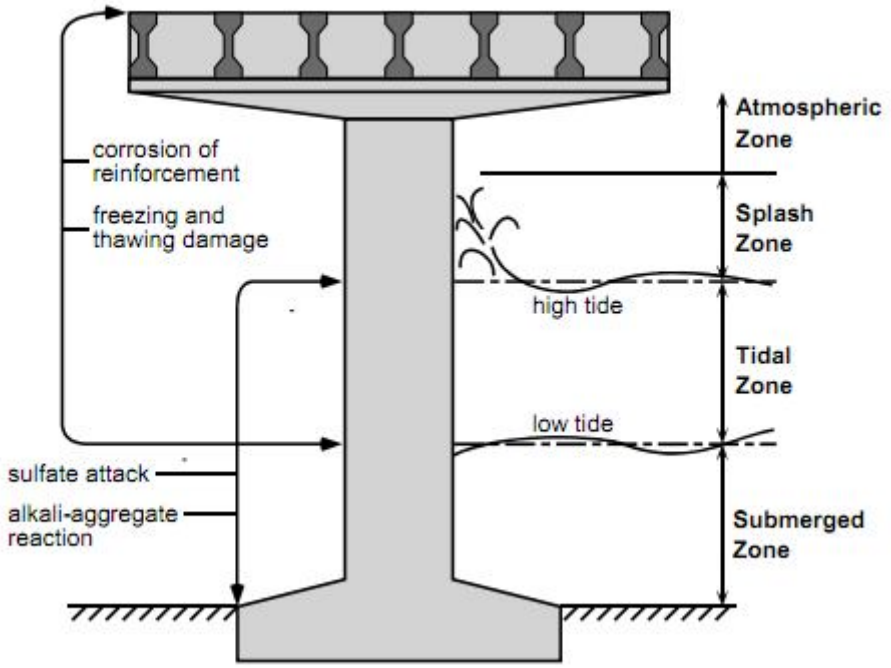




(e) Widening of Existing Substructure

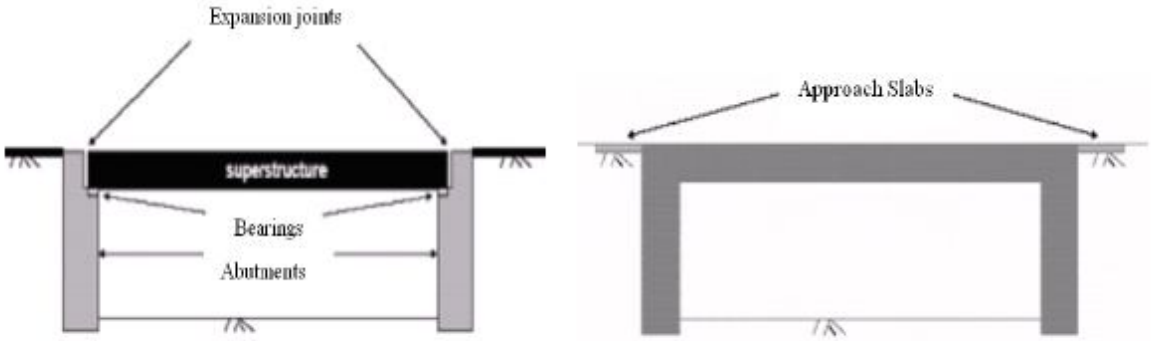


(f) Pile Cap



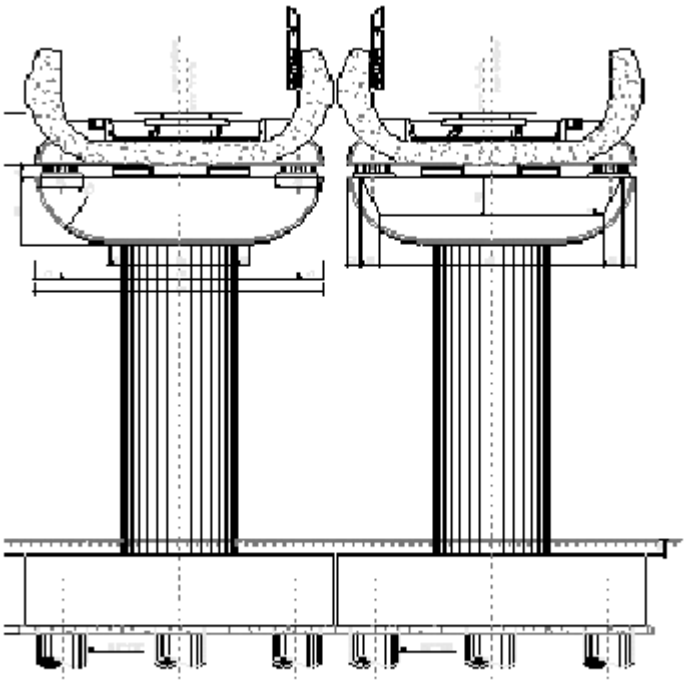
- Dead weight of the structure
- Ground motion (acceleration)
- Period of vibration of the structure
- Type of soil present

معایب اجرائی:	بهره‌برداری نامناسب:	شرایط محیطی نامساعد:
• پوشش کم آرماتور • تخلخل و عدم تراکم بتن • عمل آوری نامناسب • شیب بندی و زهکشی نادرست • وجود یون کلر یا واکنش شیمیایی در مصالح	• بیش بارگذاری • ضربه شدید در اثر عدم تعویض به موقع بالاست • ضربه شدید در اثر عدم تعمیر به موقع چرخها و ریل ها • شکست ملات شیب بندی و پارگی عایق • مسدود شدن زهکش ها • تصادف وسایل نقلیه	• آب انباشتگی روی عرشه و نفوذ از محل های نامناسب • وجود یون کلر در مصالح روسازی یا خاک اطراف • وجود گازکربنیک در هوا • یخ زدن و آب شدن متوالی • تغییر شدید درجه حرارت محیط

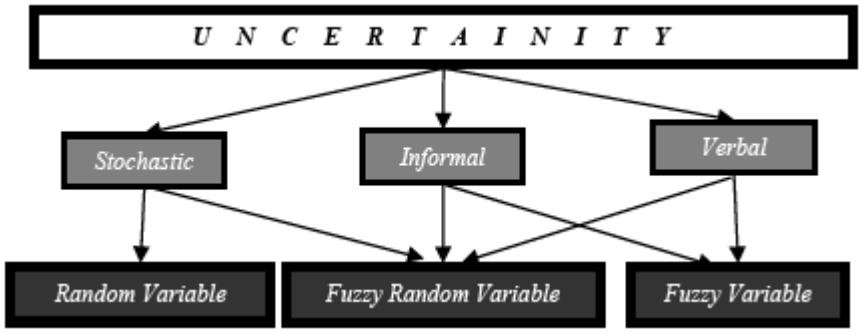


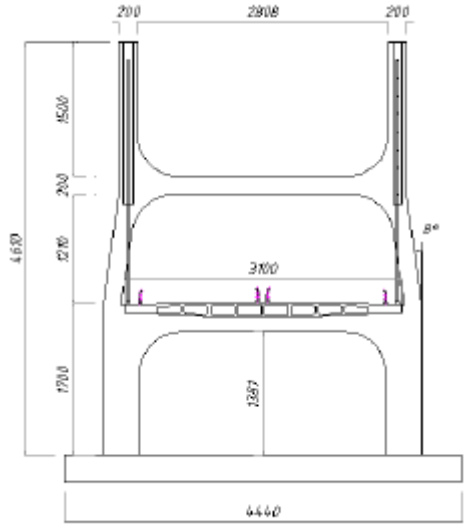
(a). Conventional Bridge with expansion joints (b). Joint less Integral Abutment Bridge

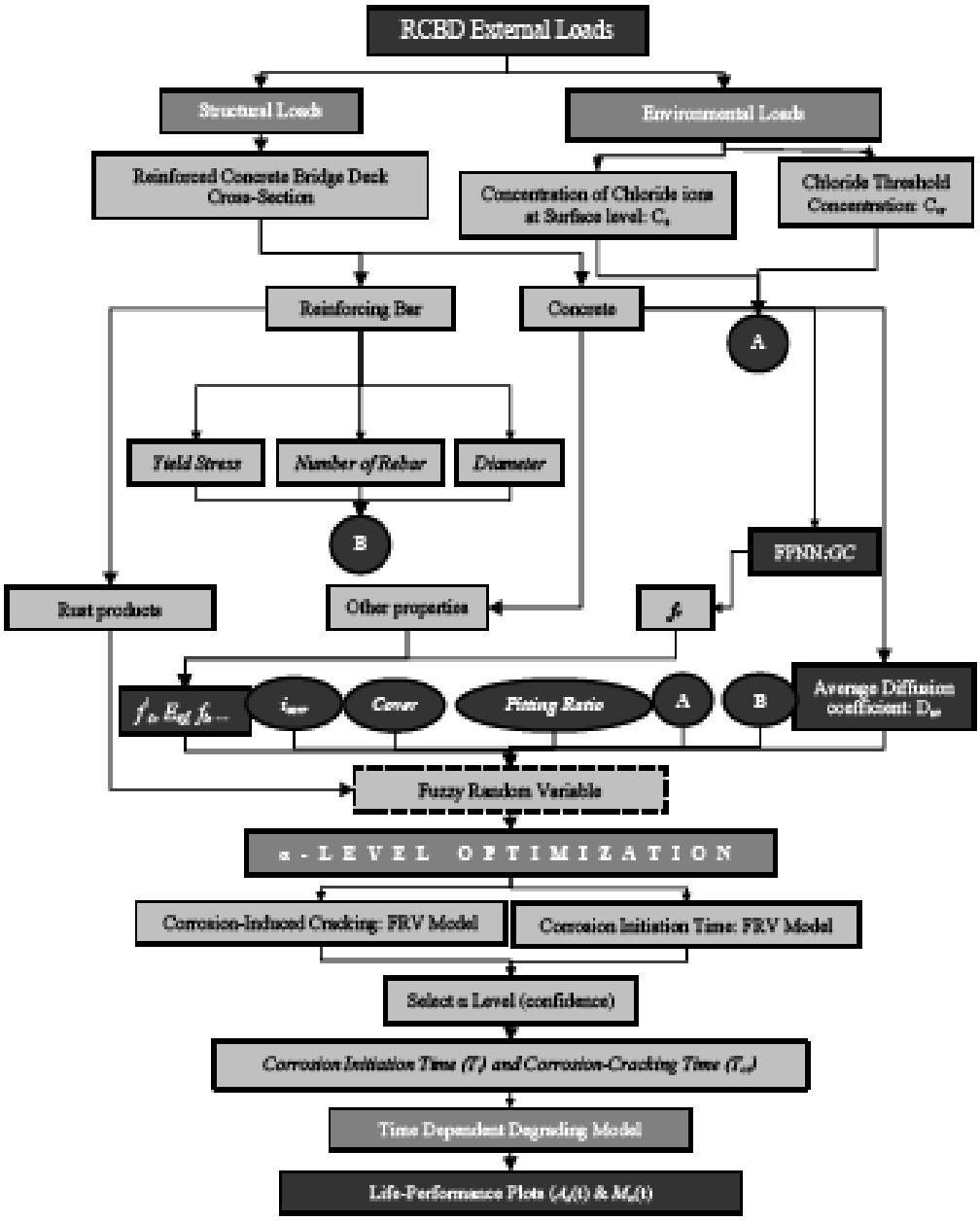
Integral Abutment Bridge versus conventional bridge

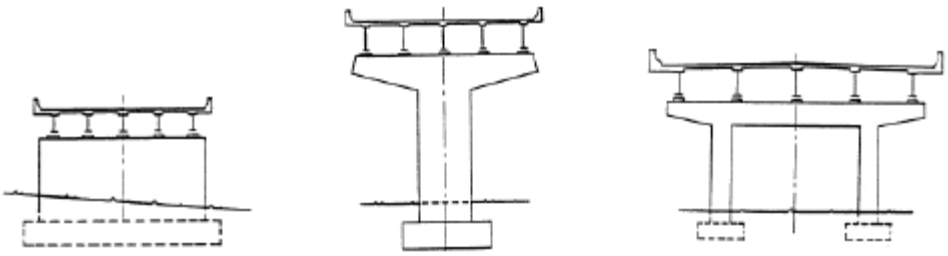


Typical cross section of "omega" bridge





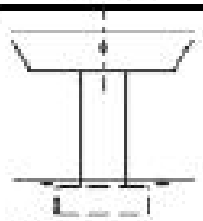
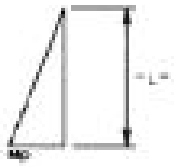
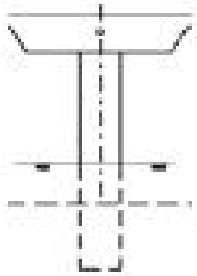
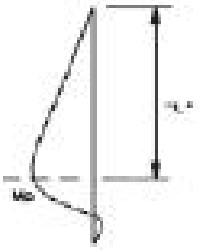
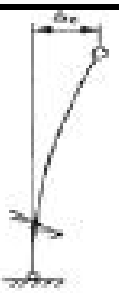
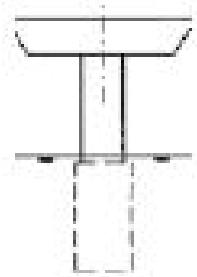
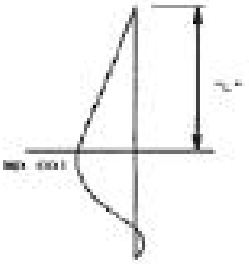
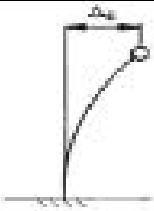
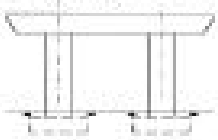
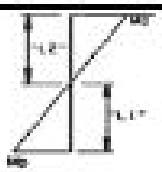
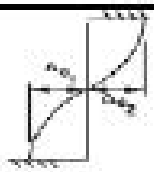
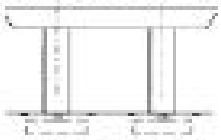
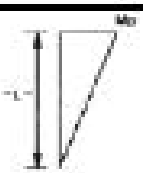
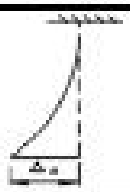




a) solid wall pier b) Hammerhead pier c) multi-column bent

Typical pier types for girder bridges.

Pier local ductility assessment.

Structural configu-ration	Moment diagram	Equivalent local ductility model
 Fixed pin column		
 Prismatic pile shaft		
 Enlarged pile shaft		
 Fixed-fixed column		
 Fixed-pin column		

- Slabs
- Beams
- Girders
- Frames
- Trusses
- Arches
- Extradosed bridges
- Cable-stayed bridges
- Suspension bridges
- Hybrid bridges

Bridge Type

بررسی اطلاعات موجود

تعیین داده های ژئوتکنیکی

تکمیل طرح ژئوتکنیکی اولیه

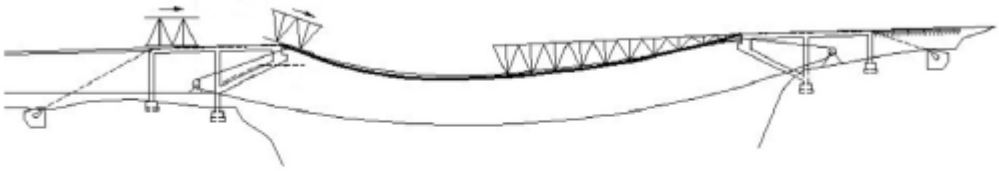
تعیین اجزا طرح سازه ای

تعیین جزئیات طرح بر اساس ترکیب شرایط ژئوتکنیکی و سازه ای

تعیین شرایط لازم براي محافظت در برابر خوردگي. واجرا پذيري پروژه و هزينة طراحي

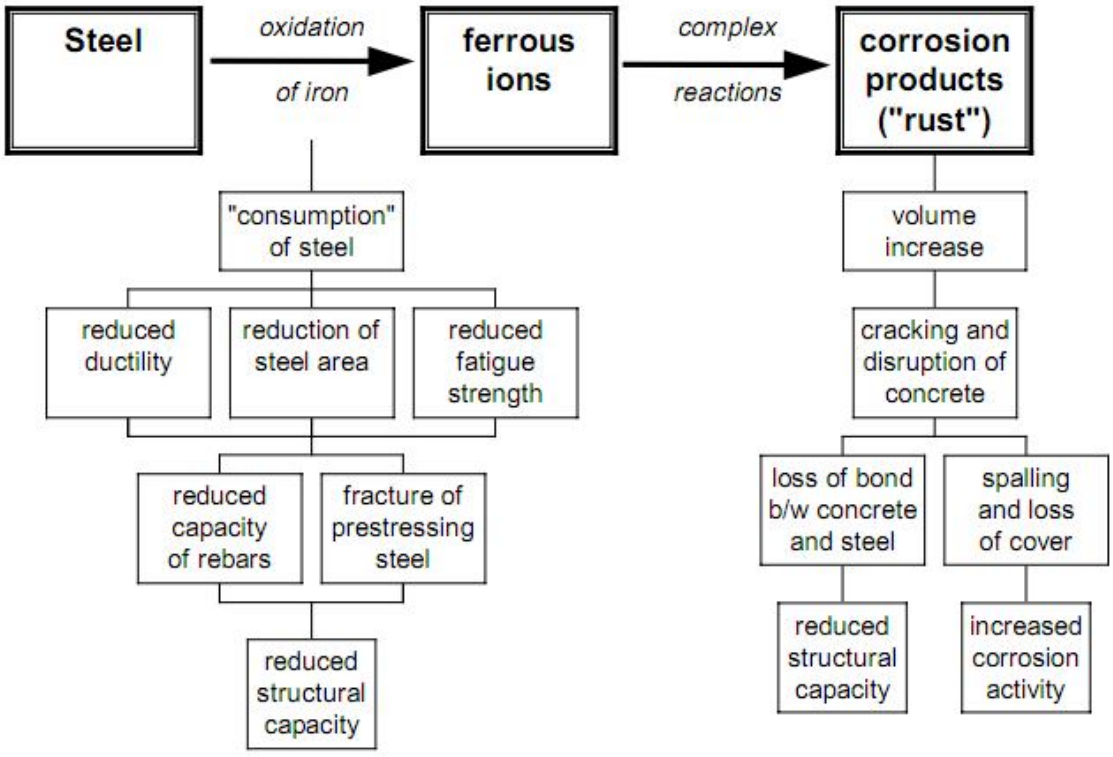
A)

B)

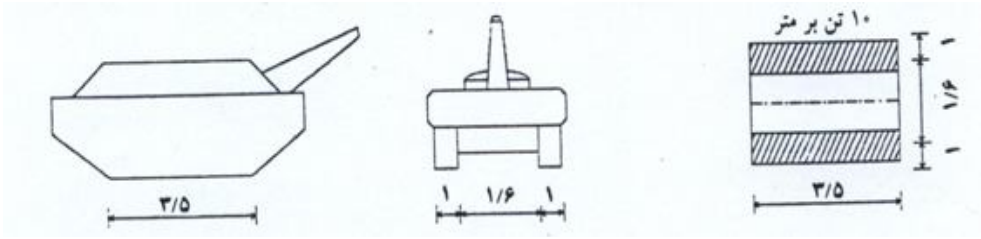


Assembly scheme of span

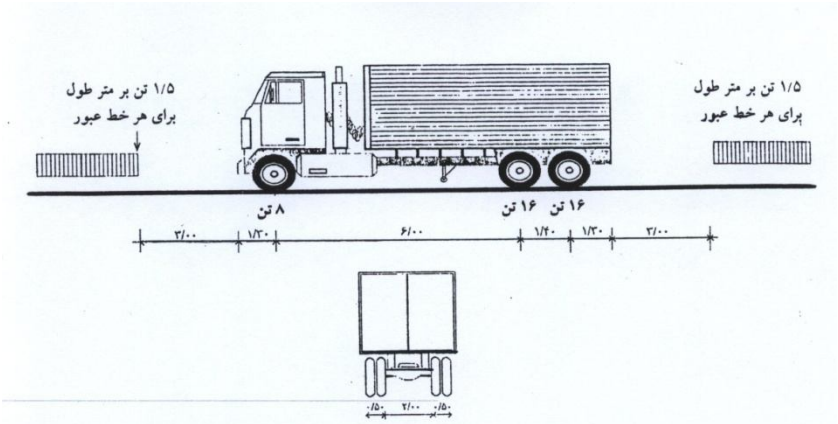
A) symmetric version , B) asymmetric version

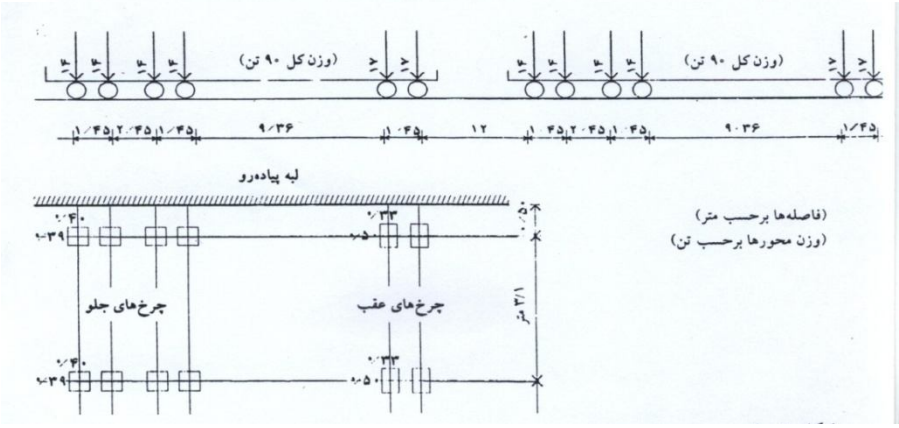


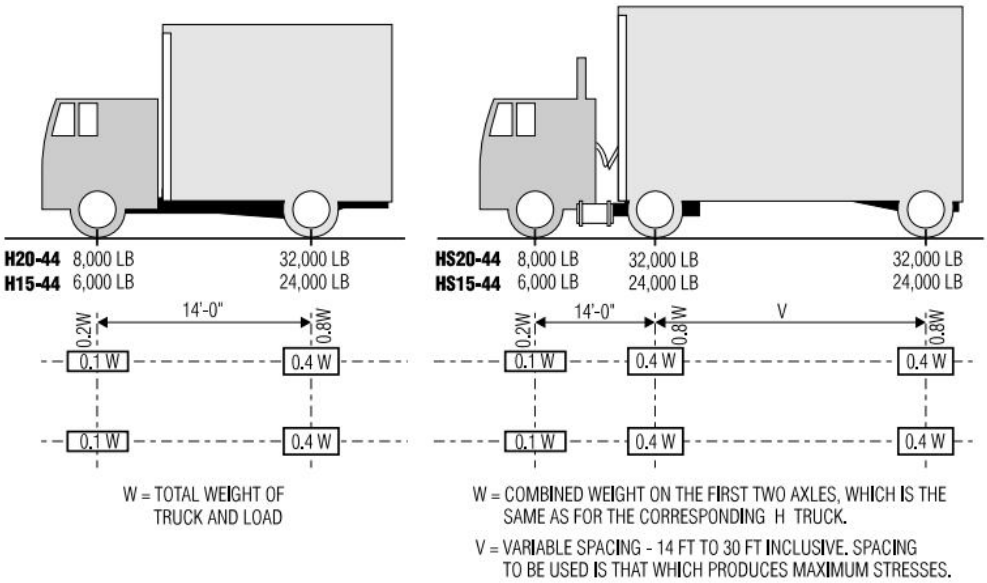
Deterioration Mechanism for Corrosion of Steel in Concrete

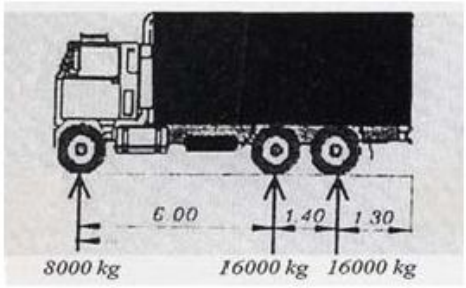


بار تانک ۷۰ تن— بار تریلی تانک بر ۹۰ تن–بار بهره برداری عادی (کامیون ۴۰ تن)

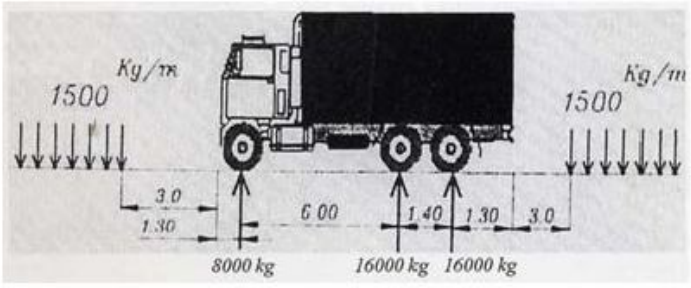




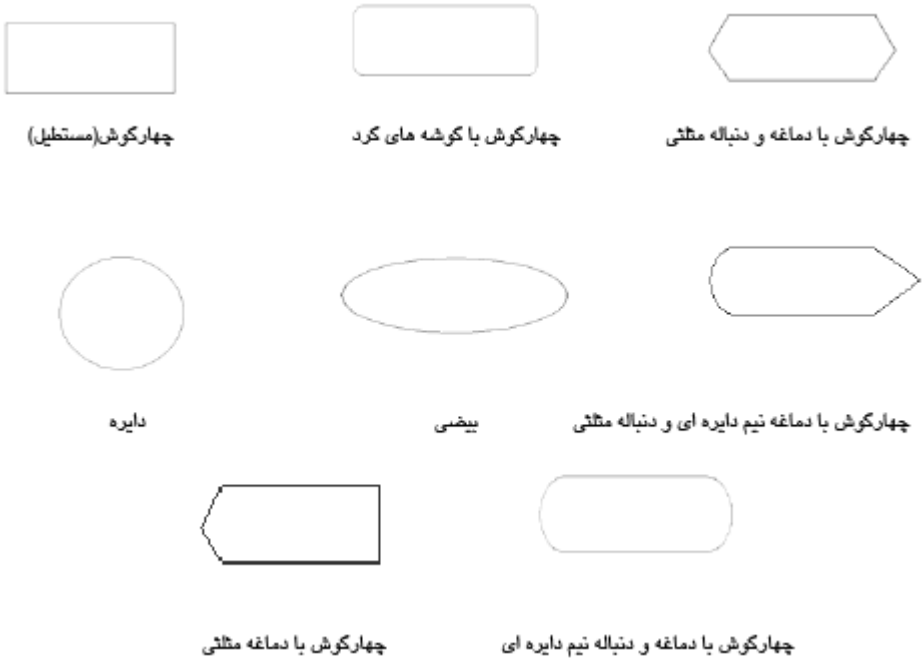




(ب: ویرایش جدید)



(الف: ویرایش قدیم)



1-M.J.N.Priestley,F.Seible,G.M.Calvi Seismic Design and retrofit of bridges , WILEY 1996
2-Nigel R.Hewson Pre stressed Concrete bridges Design and Construction,Thomas Telford,2003
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 وترابری،۱۳۸۷
۱۶- بازرسی وارزیابی روسازی پلهای فولادی، وزارت راه و ترابری ، انتشارات ارکان،۱۳۸۶
۱۷- رضا اکبری، بازرسی و ارزیابی روشازه 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 خرداد۱۳۸۷