نقش تعمیر و نگهداری در افزایش تاب آوری پل های شهری

سید امیرحسین حسینی

باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان- تهران- ایران

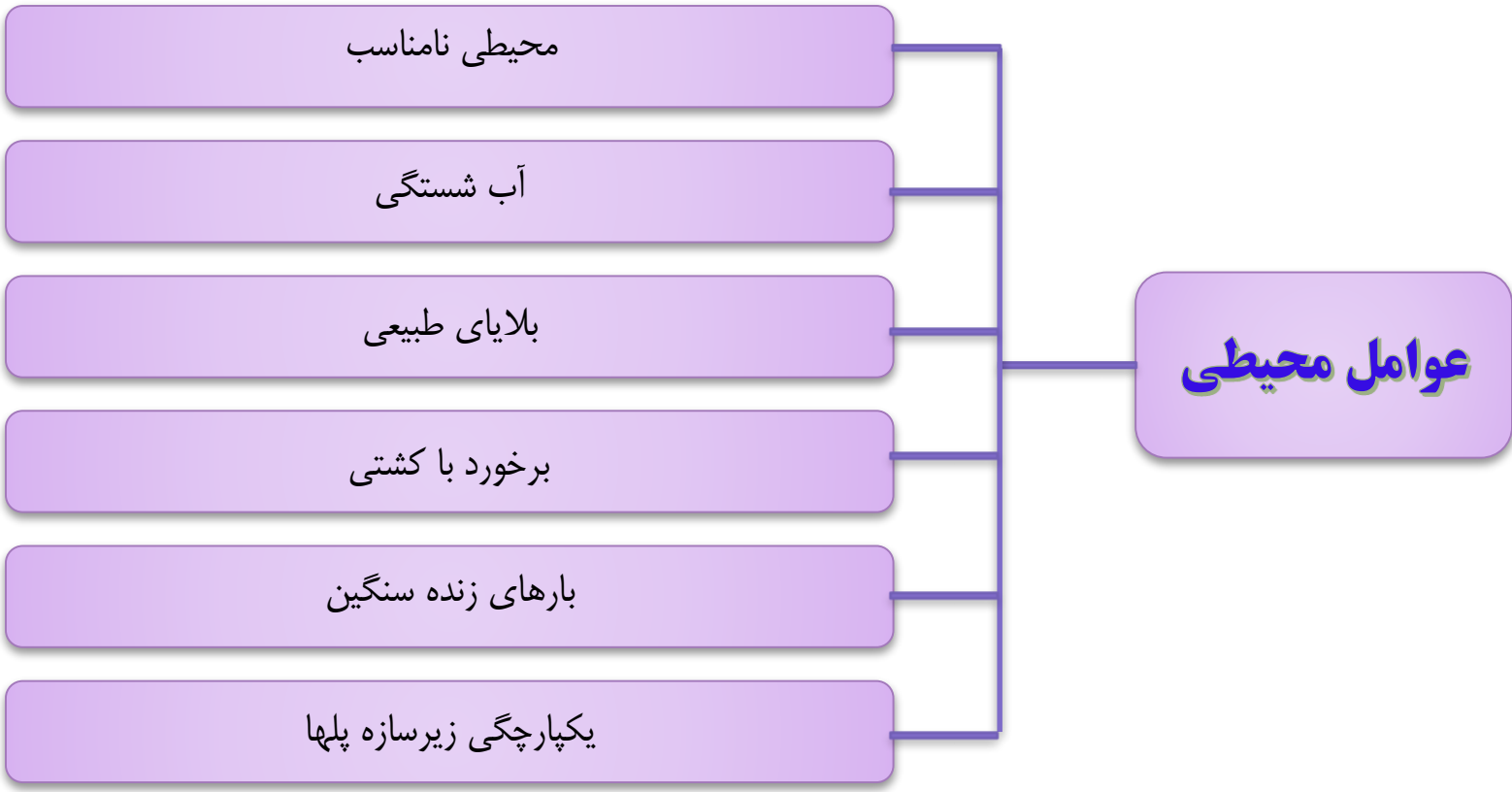
مدرس دانشگاه آزاد اسلامی و جامع علمی کاربردی

Instagram: civilamirhosein

Web: amirhoseinhoseini.com

بسم الله الرحمن الرحیم

سازمان همکاری اقتصادی و توسعه یا (Organization for Economic Co-operation and Development) که به صورت مخفف OECD نامیده می‌شود در سال ۱۹۶۱ میلادی تاسیس شده است. کارشناسان پل در کشورهای عضو **OECD** عوامل زیادی از جمله شرایط محیطی نامناسب، بلایای طبیعی، بارهای زنده سنگین، برخورد با کشتی،آب شستگی، بر روی یکپارچگی زیرسازه پلها تأثیرگذار است.



نکات اولیه درباره تحقیق
و بازرسی در مورد خرابی ها

همواره باید چندین نکته درباره تعیین مراحل ارزیابی و تخمین خرابی ها و همچنین تعمیر و نگهداری زیرسازه پل ها مورد توجه قرار گیرد. پلها، اجزای بسیار مهمی از شبکه راهها می باشند زیرا خرابی و فروریزش آنها تأثیر وحشتناکی برعملکرد شبکه خواهد گذاشت . در بسیاری از موارد، ارزیابی و تخمین خرابی ها، نگهداری و تعمیرات، بسیار مشکل می باشند زیرا برای انجام آنها نیاز به مهندسین پرتجربه و محدوده وسیعی از تکنیک های ابتکاری می باشد. این گزارش عیوب متداول در پلها و علل به وجودآورنده آنها را معرفی می کند. عوامل مذکور عبارتند از:

عوامل زمینی مانند زمین لرزه ها، روانگر ایی و زمین لغزه ها به ندرت اتفاق می افتد . OECDدر کشورهای عضوهرچند وقتی این گونه حوادث اتفاق بیفتند بسیار مخرب هستند . نشست پی از جمله مواردی است که بسیار پیش می آید. آب شستگی عامل مخرب مشترکی است که در تمامی کشورها وجود دارد. در مورد بارهای خارجی می توان به برخورد کشتی و در مورد اضمحلال مصالح به اثر شرایط محیطی اشاره کرد. دفعات و نحوه بازرسی از زیرسازه ها در بین کشورها ی عضو تقر یباً مشابه می باشد. در اکثر موارد بازرسان از یک روش استاندارد بر ای جمع آوری داده ها و انتقال اطلاعات به سیستم مدیریت پل استفاده می کنند. بازرسی های و یژه در صورت بروز حوادثی مانند زمین لرزه ها، سیلابها وتصادف انجام می شود

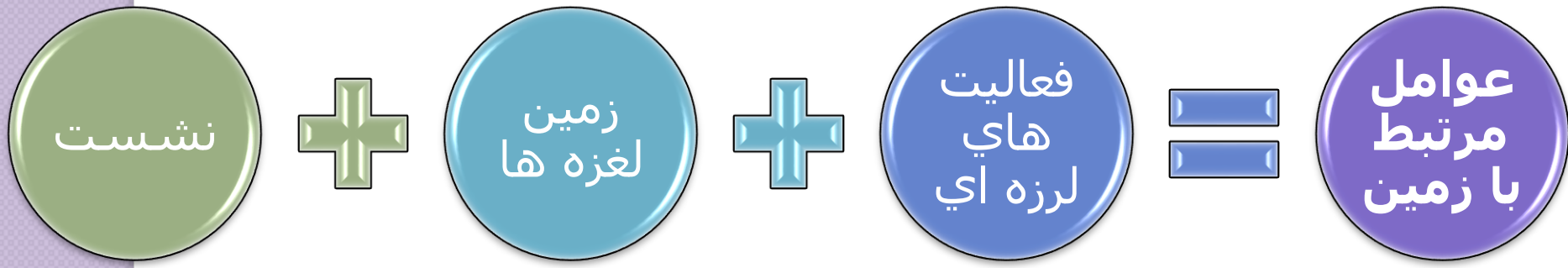
وظایف و اقداماتی که باید در مورد زیرسازه پلها روی آنها تمرکز شود به شرح زیر می باشند

۱	شناسایی عیوب و آسیب های واقعی پی ها و پایه ها.
۲	روش های بازرسی فنی جهت شناسایی خرابی ها و عیوب زیرسازه پلها و ارایه توصیه هایی جهت بهبود این روش ها
۳	روش های تعمیر و مقاوم سازی خرابی ها و و توصیه هایی جهت بهبود و ارتقا
۴	ساماندهی خط مشی تعمیر و مقاوم سازی
۵	شناسایی نیازها و فعالیت های تحقیقاتی

هدف از برنامه نگهداری پل به شرح زیر عنوان شده است

۱	حفظ کاربری و ظرفیت باربری پل تا زمان ممکن
۲	صرفه جویی اقتصادی برای حال و آینده ٠
۳	دستیابی به بهره برداری مستمر با توجه به محدودیت های مالی موجود ٠
۴	اطمینان از ایمنی مسافران
۵	حداقل سازی تداخل با ترافیک عبوری
۶	ایجاد اطمینان کافی برای سفر راحت

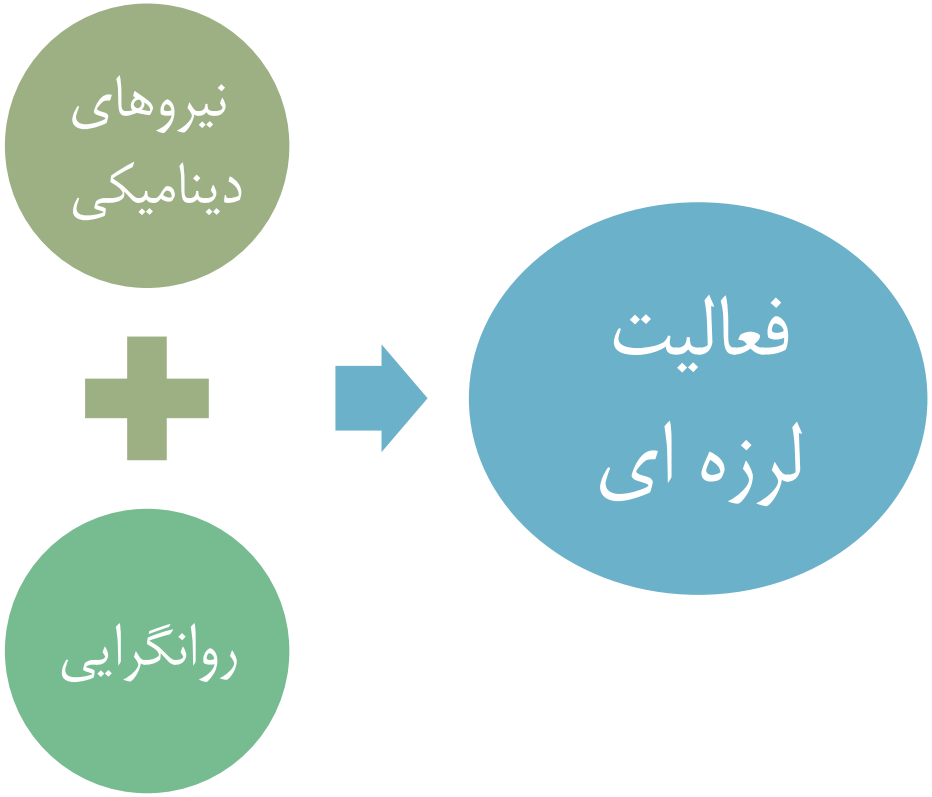
رایج ترین آسیب هایی که در زیرسازه پل ممکن است رخ دهد



انواع آسیب دیدگی

- ۰: آسیب دیدگی جزئی
- ۱: آسیب دیدگی عمده، لزوم تغییر
- ۲: آسیب دیدگی شدید، لزوم جایگزینی المان
- ۳: آسیب دیدگی بسیار شدید، لزوم جایگزینی المان و زیرسازه

فعالیت لرزه ای را می توان به دو نوع تقسیم بندی نمود:



نیرو های دینامیکی به بارهایی که تابعی از زمان باشند گفته می‌شود. بارهای استاتیکی حالتی خاص از بارهای دینامیکی محسوب می‌شوند که با تابع ثابت تعریف می‌شوند. به عبارت علمی:شتاب‌های متغیر در یک سیستم دینامیک یا پویا نیروهایی متناسب با بزرگی و کوچکی خود به وجود می اورند که مجموعه بارگذاری (با شدت‌های متغیر)را برسازه اعمال می‌کنند.می توان از طریق معادله‌نویسی دیفرانسیل و انتکراسیون شدت بار متوسط را در هر مقطع بدست اورد.
به‌طور کلی بارهای دینامیکی به دو گروه تناوبی دارای دورهمثل جزر و مد و غیر تناوبی فاقد زمان خاصی مثل انفجار تقسیم می‌شوند.

روان‌گرایی خاک پدیده‌ای است که در آن خاک اشباع در اثر تنش شدیدی که به آن وارد می‌شود، مقاومت و سختی خود را به‌طور کامل ازدست می‌دهد و مانند یک مایع رفتار می‌کند. این تنش وارده می‌تواند در اثر تکان‌های ناشی از زمین‌لرزه یا دگرگونی‌های ناگهانی در شرایط تنش خاک باشد. این پدیده بیشتر در خاک‌های اشباع، شُل (با چگالی کم یا غیر متراکم) و ماسه‌ای دیده شده‌است. این مطلب به این دلیل است که ماسه‌های شُل در اثر بار وارده تمایل به متراکم شدن دارند اما ماسه‌های متراکم در مقابل تمایل به افزایش حجم دارند. اگر خاک از آب اشباع باشد.

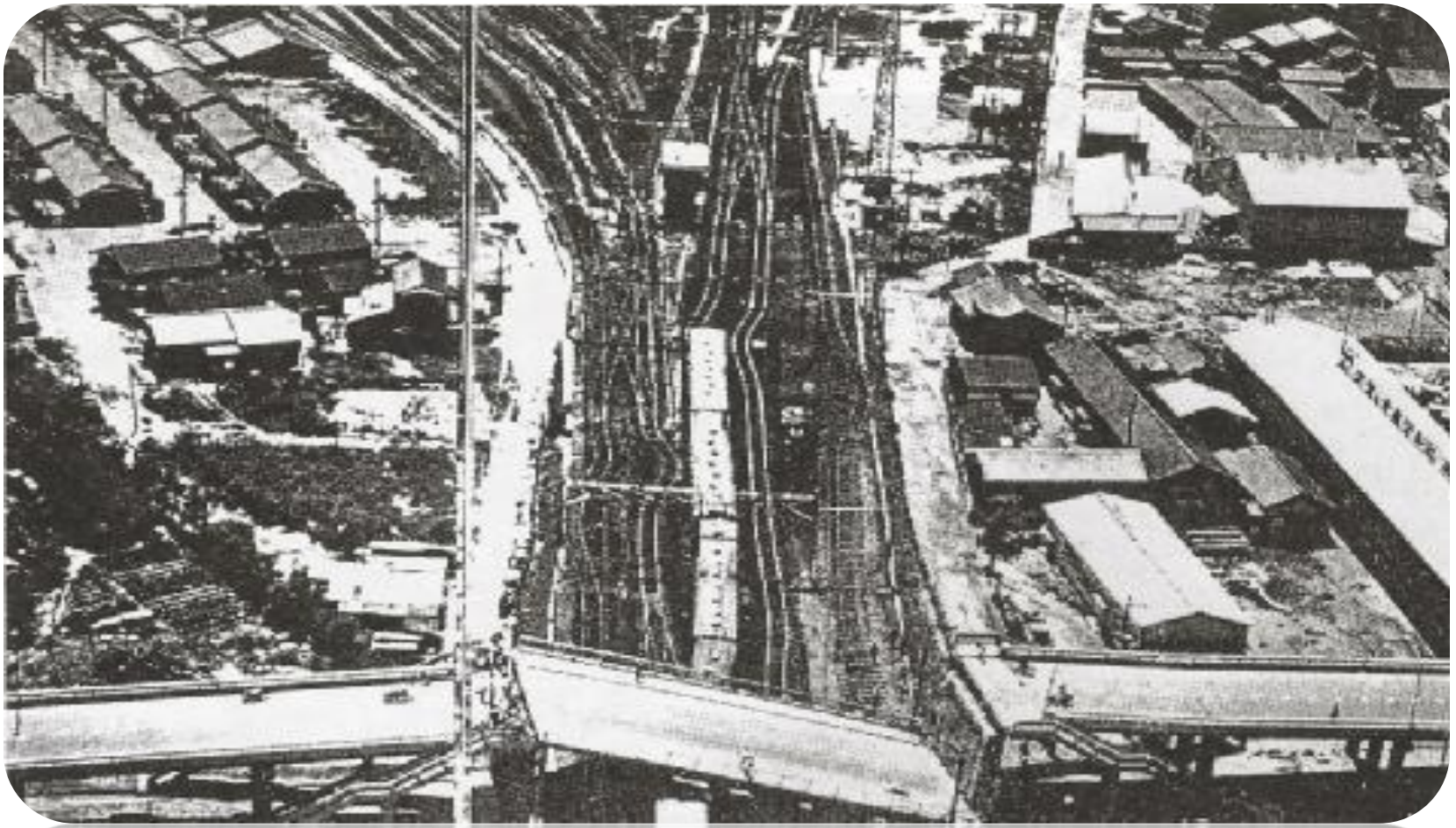
نیروهای دینامیکی

نیروهای دینامیکی در اثر حرکات افقی و قائم زمین به طور همزمان در هنگام زلزله به وجود می آیند که باعث ایجاد نیروهای داخلی شدید در اثر شتاب در اعضای سازه می شوند.

این نوع حرکات زمانی که پی سازه و ظرفیت باربری خاک کافی نیست، بیشترین اثرات را دارند . حرکات زیرسازه ناشی از اثرات فوق، منجر به جابجایی زیرسازه از محل تکیه گاه ها و در نتیجه فرو افتادن دهانه های پل می شود.نیروهای قائم نیز می توانند آسیب های قابل ملاحظه ای را به زیرسازه ها وارد کنند.

ستونهای کوتاه بیشتر ازستونهای بلند در معرض چنین آسیب هایی قرار دارند . ترکیب اثرات نیروها ی افقی و قائم که در اثر یک زلزله قوی ایجادمی شوند روی یک سازه با دهانه های ساده، ستونهای کوتاه و قیود ناکافی ممکن است بسیار ویرانگر باشد.همچنین بزرگ نمایی اثرات قائم در ترکیبات خاصی از خاکها ی نرم و ضخامت هایی از لایه ها ی خاک ممکن است روی دهد. بعضی از آیین نامه های طراحی، توصیه های خاصی را جهت کمینه کردن این اثرات ارایه کرده اند.

آسیب های وارد بر پل هیگاشی کوسن در اثر زلزله نیگاتا، ۱۹۶۴



آسیب های وارد بر پایه های بتن آرمه پل شینرونامی در اثر زلزله اوراگاوا اوکی، ۱۹۸۲

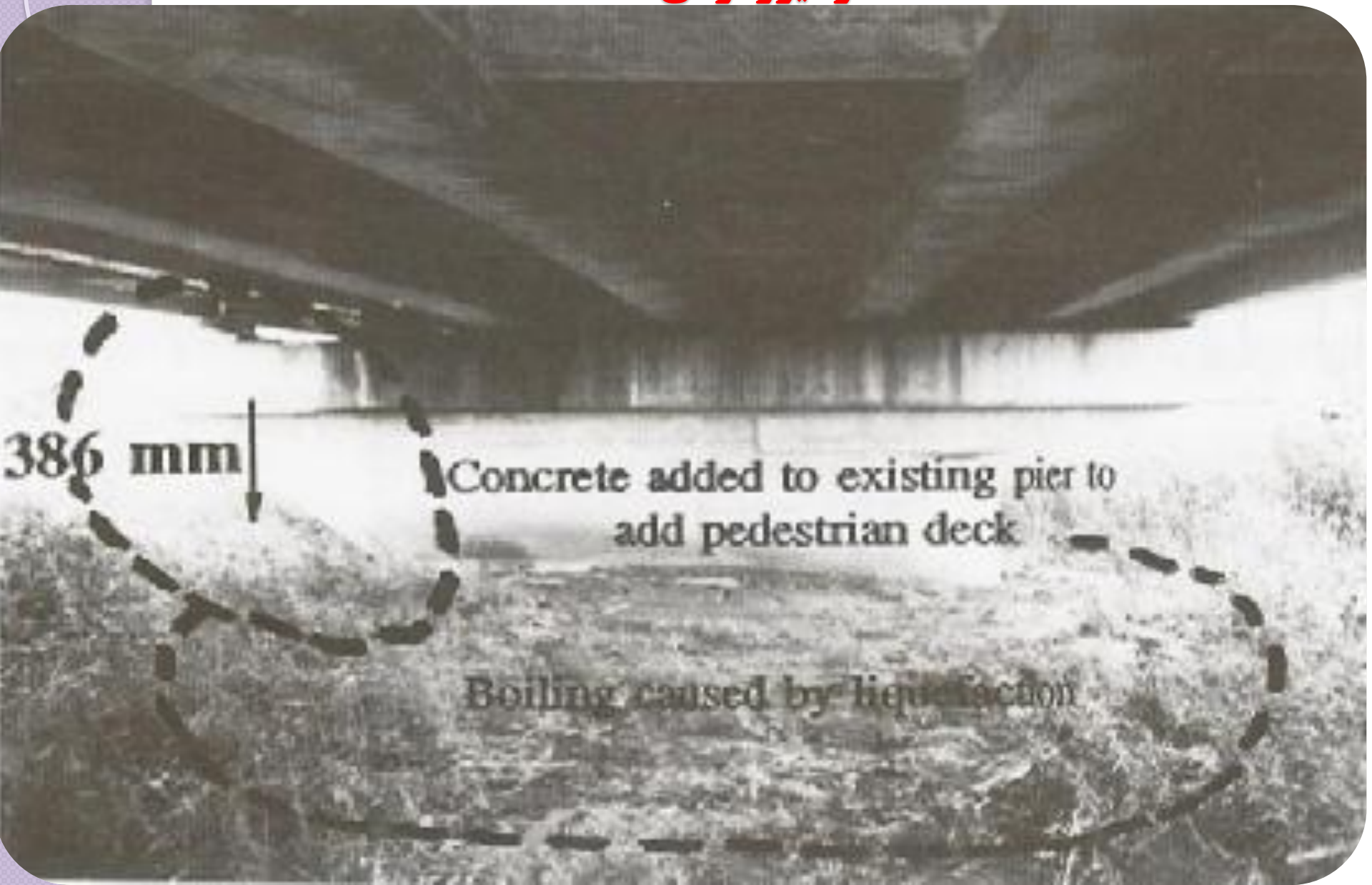
آسیب های وارد به بزرگراه سانتامونیکا در کالیفرنیا در اثر زلزله نرثریج، ۱۹۹۴

روانگرایی

روانگرایی خاک در حین یک فعالیت لرزه ای پدیده ای است که به ندرت اتفاق می افتد اما همان طور که توسط ایالات متحده گزارش شده است، هنگامی که این پدیده روی می دهد آثار ویرانگری را به دنبال دارد . فعالیت لرزه ای باعث ایجاد روانگر ایی در خاکهای ریزدانه غیر چسبنده ای که زیر سطح آب زیرزمینی قرار دارند و زیر سازه روی آنها بناشده است ، می شود. در این حالت ظرفیت باربری خاک به شدت کاهش یافته و نشست رخ می دهد .

تغییر مکان پسماند (باقی مانده) در پل اوشامانبه در اثر ایجاد روانگرایی در جریان زلزله کوشیرو اوکی، ۱۹۹۳

انحراف پایه های پل اوشامانبه در اثر ایجاد روانگرایی در جریان زلزله کوشیرو اوکی، ۱۹۹۳



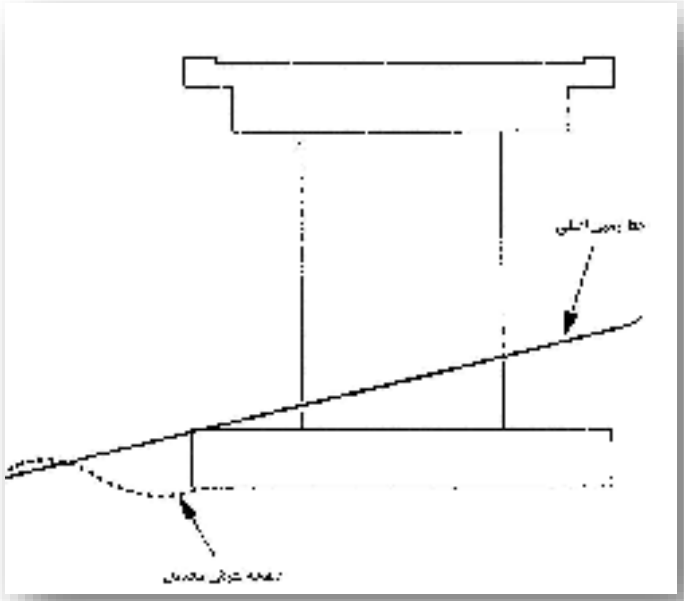
حرکات زمین

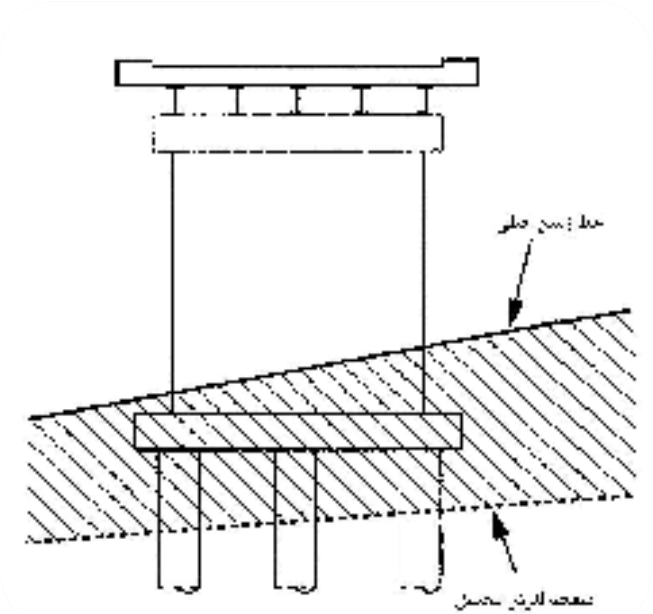
وارد آمدن آسیب به زیر سازه در اثر حرکات زمین کمتر اتفاق می افتد و بعضی کشورها هیچ گونه مسأله ای ناشی از این فعالیت خاص را گزارش نکرده اند.

حرکات زمین که باعث ایجاد مشکل در پلها می شود ، می تواند ناشی ازفرآیندهای طبیعی مانند زلزله، هـوازدگی خوردگی، حساس بودن خاک نسبت به روانگر ایی(با منشاء غیر لرزه ای)، بالاآمـدن سـطح آب زیرزمینـی در اثـر دخالت هایی همچون سهل انگاری در خاکبرداری در جوار سازه و یا اجرای شیب ها به طور نامناسب باشد.

نیروهای پیشران افزایش یابنده

هرچه شیب زمینی که پل رو ی آن ساخته می شود بیشتر باشد خطر وقوع این مسأله افـزایش می یابد . اغلب اثرات شدید از این دست از سوییس گزارش شده است . ایالات متحـده نیـز تعداد کمی از این نوع رخداد را ثبت کرده است. اثرات این فعالیت ها بـه قـدری مـی توانـد شدید باشد که تغییر و یا جایگزینی کامل روسازه و یا المانی از پل ضـروری باشـد.حرکـات آرام و تدریجی و طبیعی توده بزرگی از مصالح که در زمینهای شیب دار روی می دهد.





نشست تحکیم

فونداسیونهای پل که در محدوده ایمنی از ظرفیت باربر ی خاک قابل فشرده شدن در زیر سطح آنها طراحی می شوند با گذشت زمان مقدار ی نشست را تحمل خواهند کرد. در اکثریت موارد این حرکت کاملاً قابل قبول است. این مسأله متفاوت از گسیختگی زمین می باشد و در حین آن سازه با پارامترها ی شناخته شده ای عمل می کند .اما مسأله هنگامی حاد م ی شود که مقدار نشست از مقادیر طراح ی بر ای پلها ی مدرن تر تجاوز کند و یا باعث ایجاد مشکلات قابل دید در سازه های قدیمی تر شود.

نشست های کلی و نشست های غیر یکنواخت باید مدنظر قرار گیرد:

نشست کلی :

چنانچه تمام فونداسیون ها به یک اندازه و با یک نسبت یکسان در حین تحکیم یکنواخت لایه های زیرین نشست کنند، مشکل ی بر ای خود سازه به وجود نخواهد آمد، گرچه اشکالات بهره برداری مانند دسترسی به پل پابرجا خواهد بود.

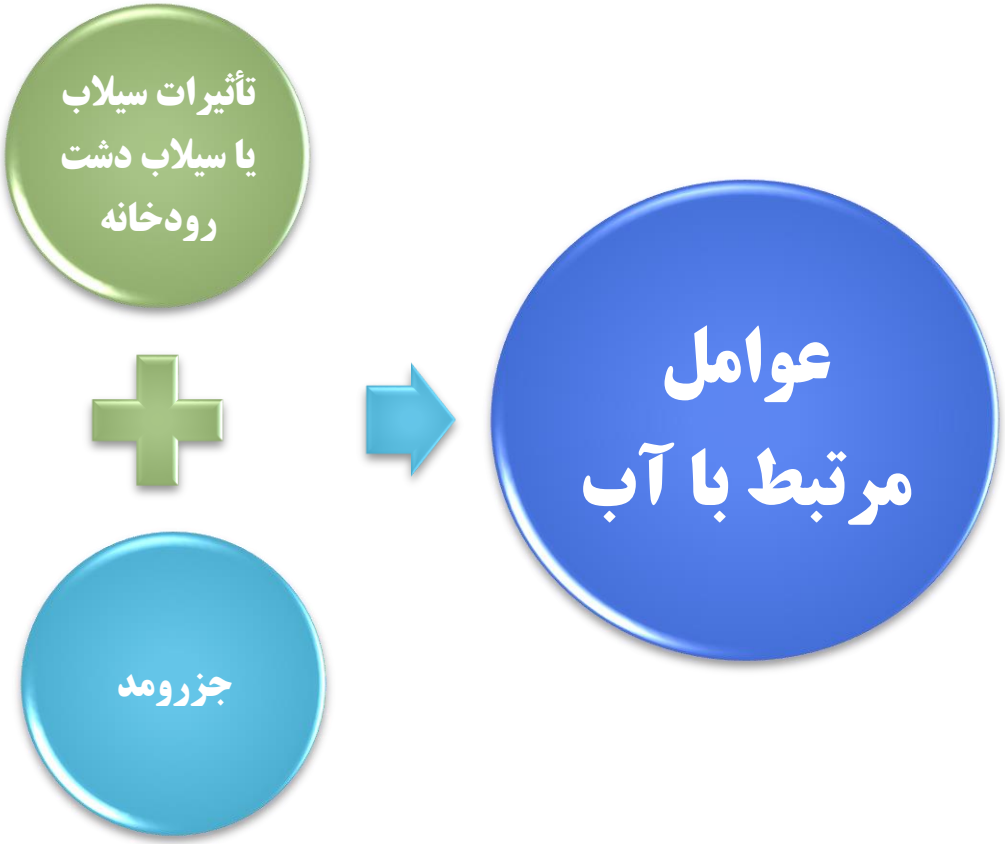
نشست غیر یکنواخت

که معمولاً بیشتر رخ می دهد، میزان اختلاف بین فونداسیون های مجاور م ی باشد در حالی که شکست خاص ی (مفصل) هنوز به وجود نیامده باشد . ایجاد مفصل در روسازه یا زیرسازه، گستردگی و شدت مسأله را نشان خواهد داد.

نشست نامتقارن

در عرض یک پی منفرد می تواند باعث چرخش پایه و یا کوله شود که مسأله ای بسیار جد ی است. شدیدترین مسایل از این دست در مناطقی رخ می دهد که خاک آنها دار ای پتانسیل روانگر ایی هنگام زلزله می باشد و یا در آنجا استخراج معدنی در زیر زمین صورت گرفته باشد.

سرانجام، حرکات جانبی کوله هایی که روی زمین نرم ساخته شده اند محتمل می باشد . در این حالت وزن خاکریز پشت کوله باعث حرکت جانبی خاک شده که آن نیز چرخش و تغییر مکان کوله را به دنبال خواهد داشت .


تأثیرات سیلاب
یا سیلاب دشت
رودخانه
جزرومد
عوامل
مرتبط با آب

پایداری جریان
(مهاجرت جانبی و قائم)

در موارد اندکی، ناپایداری جریان و مهاجرت اف ی آن در صفحات سیلابی باعث وارد شدن آسیب به زیرسازه شده است . مثال قابل توجه و یا شاید شدیدترین آن مربوط به سویس و ایتالیا می باشد که در آنجا اگرچه ناپایداری جریان به ندرت اتفاق می افتد، اما هنگامیکه این موضوع در دره های آلپی روی می دهد به حدی شدید است که منجر به آب شستگی شدید و سریع در سطح ۳ می گردد.

آب شستگی در پلها

اکثر اعضاء، آب شستگی را به عنوان یک دلیل عمده در ایجاد آسیب در زیرسازه ها گزارش کرده اند. درواقع اثرات آب شستگی به عنوان رایج ترین و بزرگترین آسیب هایی تعریف شده است که در پلهای واقع بر جریان آب روی می دهد. به طور کلی، پلهای قدیمی تر (که تعداد زیادی از آنها بر روی پی های گسترده سطحی بنا شده اند) بیشتر می باشد.

آب شستگی فعالیتی است که ممکن است پل بر اثر آن در معرض آسیب قرار بگیرد. سطح خرابی مربوطه در محدوده در طول تمام دوران جریان آب ادامه یابد، اما اغلب اوقات تحت شرایط سیلابی ، گسیختگی و شکست اتفاق افتاده است.

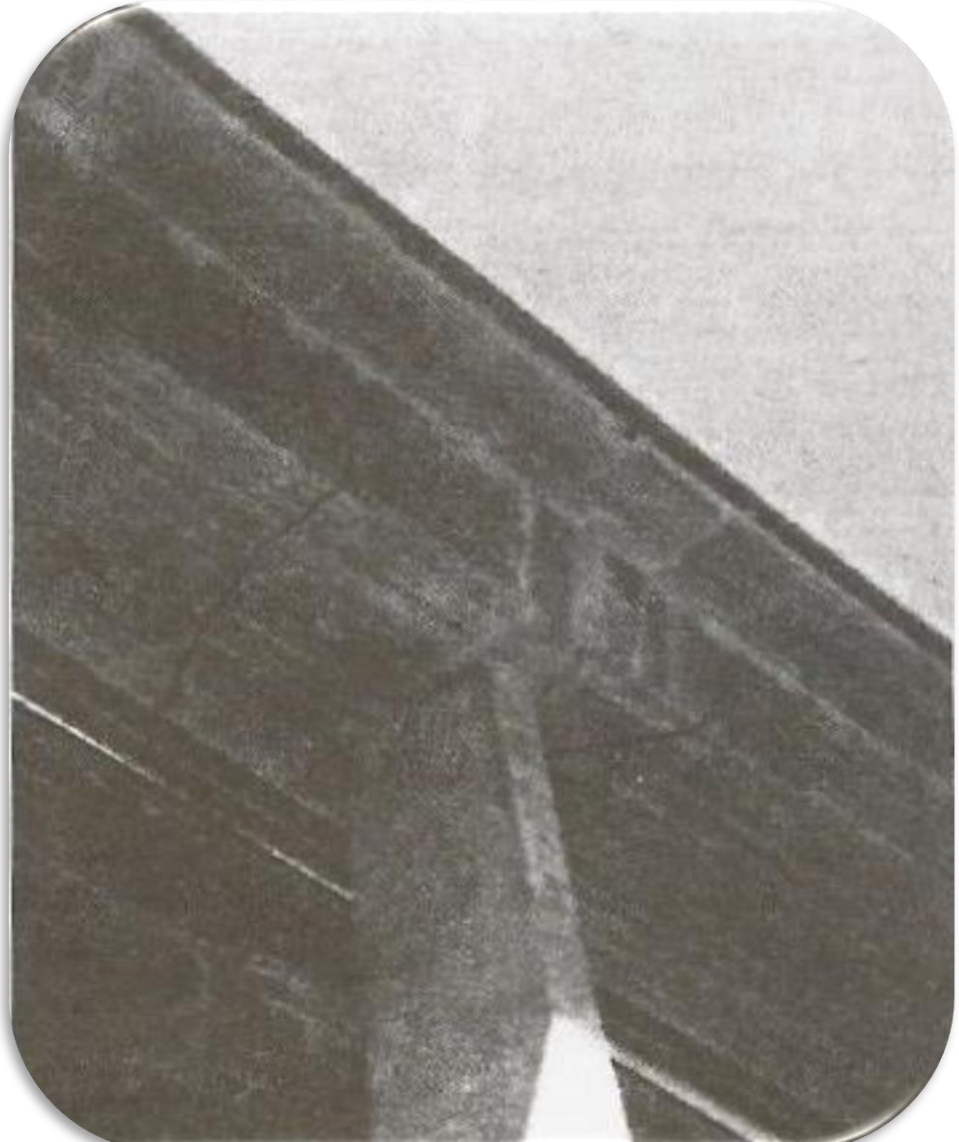
در سپتامبر سال ۱۹۹۲ در بخش جنوب شرقی فرانسه، در اثر جریان سیلی غیر عادی از مجموع ۸۰۰ پل در آن بخش، ۳۰ دستگاه پل تخریب شد و ۱۴۵ دستگاه به طور جدی آسیب دیدند.

فرو نشست پل reuses در کشور سوییس، سال ۱۹۸۷

نمایان شدن فونداسیون پل

نمایی از زیر فونداسیون پل

ترک در عرشه پل



پل ۱۵ دقیقه بعد از شکست اولیه

جزرو مد

- موارد اندکی از اثرات حاصل از جزرومد گزارش شده است . در ایالات متحده آمریکا کمتر از ۱۰ درصد پلها یواقع در مناطق ساحل ی به این مسأله دچار شده اند. اگرچه آب شستگی در اثر جزرومد مشکلی می باشد که اثرات آن برخلاف آب شستگی رودخانه ای به صورت تدریجی ایجاد م ی شود اما شدت آن ممکن است به همان اندازه آب شستگی رودخانه ای باشد.

بارهای خارجی

- بارهای خارجی به وجود آورنده بزرگترین مشکلات برای آن دسته از زیر سازه هایی هستند که در برابر این بارها محافظت نشده اند و یا برای مقاومت در برابر آنها طراحی نشده اند. از زمانی که طراحی های مدرن، ملاحظات مقابله با بارهای مختلف از جمله بارهای خاصی که همراه با گذشت زمان افزایش می یابند را شامل می شوند، ادامه استفاده از پلهای قدیمی بسیار خطرناک می باشد.
- اما جای خوشبختی است که بدون توجه به سن پلها، موارد بسیار کمی روی داده که بارهای خارجی باعث واردآمدن آسیب های شدید شده باشند.

ضربه کشتی

این خطر برای پل هایی وجود دارد که در معرض برخورد با کشتی قرار دارند. نروژ و سوئد به ترتیب دو و پنج تصادف را در بیست سال گذشته گزارش کرده اند که در هرتعمیر و مقاوم سازی زیرسازه پلها شدت آسیب های وارده به قدری بوده است که تعمیرات عمده و یا جایگزینی پل ضروری بوده است .

در طی دهه ۱۹۸۰ دو پل بزرگ در ایالات متحده آمریکا در اثر تصادف کشتی با آنها از حالت بهره برداری خارج و جایگزین گردیدند. یکی از آنها نیز تلفات جانی در بر داشت.

ترافیک

هیچ گونه مشکلی حاصل از اثرات نیروهای کشنده و گریز از مرکز وسایل نقلیه روی عرشه پلها گزارش نشده است.

باد

زیرسازه های اکثر پلهای راه به بار باد حساس نیستند.

یخ زدگی

شرایط آب وهوایی مشخص می کند که وجود یخ در منطقه به عنوان یک معضل بر ای پلها مطرح می باشد یا خیر.

درجه حرارت

- موارد اندكي از آسيب هاي ناشي از اثرات حرارتي به زير سازه هايي كه داراي اتصالات گيردار و يا دستگاههاي تكيه گاهي ثابت مي باشند وارد شده ، گزارش شده است . در موارد معدود ي نيز برخورد وسايل نقليه همراه با آتش سوزي، منجر به وارد آمدن آسيب هاي شديد به زيرسازه شده است.

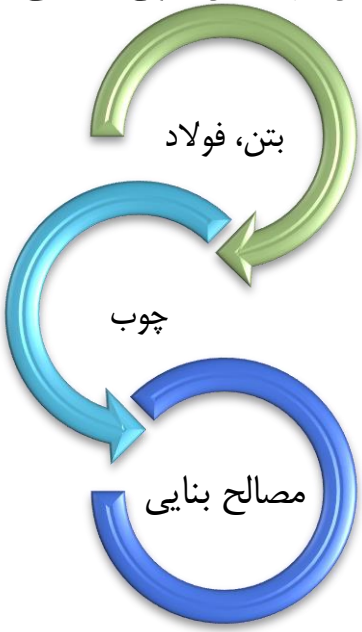
آشغال و مواد زاید

در برخی کشورها آشغالهای موجود در رودخانه باعث به وجود آمدن مشکلات اساسی در تعداد زیادی از پلها می شود، بدین ترتیب که این موضوع روی ۱۰ درصد پلها اثر می گذارد اما اغلب آسیب های وارده جزیی و یا آسیب های غیر مستقیم می باشند.

مسیر آبروها از زیر پل توسط آشغال مسدود شده و این موضوع با افزایش فعالیت آب شستگی دردوره پرآبی، پل را در خطر آسیب های بزرگی قرار می دهد.

اضمحلال در اثر شرایط محیطی

در این بخش به تشریح اثرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی که کار ایی زیرسازه را به عنوان عضو باربر کاهش می دهد پرداخته می شود. دسته بندی این بخش براساس انواع مصالح ساخت وساز می باشد:



یک عامل مهم در اضمحلال هر نوع زیرسازه در اثر شرایط محیطی، طراحی و جزییات اجرایی زیرسازه می باشد .

در زیرسازه های با طراحی ضعیف و جزییات نامناسب ، مسیرها ی عبور آب به طرف زیرسازه ایجاد می شود و آب چه به حالت عادی خود و چه همراه با مواد شیمیایی محلول ، باعث ایجاد آسیب های فیزیکی فراوا نی به زیرسازه خواهد شد .

زیرسازه های فولادی

اکثر کشورها دارای تعداد کمی زیرسازه هـای فـولادی و یـا بـدون زیرسـازه هـای فـولادی می باشند . مسأله مهم درمورد زیرسازه های فولادی تأمین حفاظت کافی آنها در برابر اثـرات خوردگی محیطی به ویژه در محیط های حاوی کلرید می باشد.

زیرسازه های چوبی

در بسیاری از کشورها پلهای با زیرسازه چوبی موجود نمی باشد. لذا نمونه های زیادی وجـود ندارد اما آسیب های وارده به پایه ها توسط چوب سوراخ کن های زیر آبی مـی توانـد شـدید باشد. سوئد یک مورد فروریزی را در اثر فعالیت کرم های آبی گزارش کرده است.

زیرسازه با مصالح بنایی

پلهای ساخته شده با مصالح بنایی از قدیمی ترین انواع پلهای کشورهای عضو می باشند. بسیاری از این پلها تا به امروز در برابر اثرات محیطی، پایداری بسیار خوبی داشته اند و این شاهدی است بر کیفیت مناسب و مهارت های اجرایی مناسب که در حدود ۲۰۰۰ سال پیش با انتخاب چنین مصالحی، پل هایی ساخته شده است و از دوام ذاتی این مصالح به خوبی استفاده شده است .

بعضی از خرابی های ناشی از **اثرات جوی، فرسایش، اثرات یخ زدگی و آب شدگی** به خصوص **در اتصالات و عدم وجود زهکشی مناسب ، اجتناب ناپذیر می باشند**.

راهنمای بازرسی چشمی پلهای شهری

❖ بازرسی سطح ۱:

سالانه و نیز بلافاصله بعد از وقوع حوادث (بطور موردی) انجام میشود. این سطح از بازرسی شامل بازدید و کنترل سریع خرابیهای مشهود پل است که احتمال دارد سلامت پل و ایمنی بهره برداران را به خطر بیندازد. در صورت نیاز به پایش و کنترل سرعت گسترش خرابیها میتوان این سطح از بازرسی را بصورت ادواری انجام داد.

❖ بازرسی سطح ۲:

هر سه سال یکبار، به منظور کسب اطمینان از وضعیت مناسب بهره برداری پل، تعیین شرایط موجود پل و اعضای آن به صورت چشمی انجام میشود.

❖ بازرسی سطح ۳:

این سطح از بازرسی برنامه زمانبندی منظم و خاصی ندارد و شامل تعیین شرایط و وضعیت اعضا و مصالح پل، عمق و شدت خرابیها میشود. بازرسی سطح ۳ ممکن است به دلائل زیر انجام گردد:

-در صورت توصیه پس از بازرسی سطح ۲

- نیاز به تعیین مقاومت و ظرفیت باربری پل

-لزوم مقاومسازی، تعریض و یا تعمیرات پیچیده اعضای آسیب دیده

بازرسی
هدف از بازرسی

هدف از بازرسی چشمی، حصول اطمینان از کارکرد مناسب اعضای مختلف سازه ای و غیرسازه ای پل میباشد، به نحویکه بهره برداری از آن بدون ایجاد هرگونه مشکل و وقفه امکانپذیر بوده و در صورت آسیب دیدگی، با انجام تعمیر و نگهداری پیشگیرانه از توسعه خرابیها جلوگیری شود.

- بطور کلی اهداف زیر در بازرسی چشمی پلها مورد انتظار است:
- ✓ – اطمینان از تأمین ایمنی و آسایش بهره برداران
- ✓ – تعیین نیاز به تعمیر و نگهداری و پیشبینی مشکلات آتی
- ✓ – کنترل اعضای تعمیر و یا مقاومسازی شده و اطمینان از عملکرد مناسب آنها
- ✓ – ثبت شرایط پل از نظر فیزیکی و بهره برداری
- ✓ – ثبت تغییرات ایجاد شده در هر بازرسی نسبت به بازرسی مرحله قبل و تحلیل اجمالی این تغییرات
- ✓ – تهیه و ارائه اطلاعات و دادههای مفید و مورد استفاده برای طراحی، ساخت و نگهداری پل
- ✓ – تهیه اطلاعات لازم برای تعیین ظرفیت باربری پلها

الزامات بازرسی

الزامات بازرسی چشمی پلها بطور خلاصه به شرح زیر میباشد:

- تمام اعضای پل باید از فاصله نزدیک (حداکثر ۳ متر فاصله چشم غیر مسلح از عضو) با تجهیزات مناسب جهت مشاهده دقیق مورد بازرسی چشمی قرار گیرند.
- تکیه گاه های مکانیکی باید به صورت چشمی کنترل شوند و حین بازرسی باید نور کافی برای دیدن و تشخیص ترکهای ریز در فولاد، نئوپرن، جوش-های اجزاء آنها، بتن تکیه گاه و نشیمنگاه فراهم باشد.
- در مورد مقاطع و ورقهای فولادی که دچار خوردگی شده باشند، اندازه گیری و تعیین حدود ضخامت قسمت باقیمانده از عضو ضروری است. اگربازرس در تعیین حدود و عمق خوردگی به صورت چشمی مطمئن نباشد یا تخصص و تجربه کافی در این خصوص نداشته باشد، باید از ابزار مخصوص یا از متخصصین خوردگی کمک بگیرد.
- **در بازرسی چشمی، اعضای زیر نیاز به بازرسی ندارند:**
  - ✓ محدوده پشت کوله که در دسترس نیست
  - ✓ اعضای زیر سطح آب یا خاک

تیم بازرسی و وظایف آنها

- تیم بازرسی چشمی پل متشکل از افراد زیر میباشد :
- – **مسئول تیم:** دارای حداقل مدرک تحصیلی کارشناسی مهندسی عمران (اخذ شده از دانشگاههای معتبر داخل یا خارج مورد تأیید وزارت علوم) وحداقل ۱۰ سال سابقه کار در زمینه اجرا، طراحی، نگهداری و یا مقاومسازی پل باشد.
- مسئول تیم باید قبل از بازرسی، شخصاً از پل بازدید کند و نکات خاصی را که کارشناسان بایستی در بازرسی آن پل مورد توجه قرار دهند، یادآوری کرده و بر آنها تأکید نماید. وی باید به منظور کنترل و تأیید نهایی گزارش، پل را مجددا بازرسی نماید. مسئول تیم میتواند همزمان حداکثر در ۴ تیم بازرسی فعالیت داشته باشد.
- – **حداقل دو کارشناس بازرسی:** کارشناس بازرس اول باید دارای حداقل مدرک تحصیلی کارشناسی مهندسی عمران (اخذ شده از دانشگاههای معتبر
- داخل یا خارج مورد تأیید وزارت علوم) و حداقل ۵ سال سابقه کار در زمینه اجرا، طراحی، نگهداری و یا مقاومسازی پل و کارشناس بازرسی دوم باید
- دارای حداقل مدرک تحصیلی کارشناسی مهندسی عمران (اخذ شده از دانشگاههای معتبر داخل یا خارج مورد تأیید وزارت علوم) و حداقل ۲ سال سابقهکار در زمینه اجرا، طراحی، نگهداری و یا مقاومسازی پل و یا دارای حداقل مدرک کاردانی عمران (اخذ شده از دانشگاههای معتبر داخل یا خارج موردتأیید وزارت علوم) و حداقل ۷ سال سابقه کار در زمینه اجرا، نگهداری و یا مقاومسازی پل باشد.
- کارشناسان بازرسی باید بر اساس دستورات مسئول تیم، اندازهگیریهای لازم، یادداشتبرداری و عکسبرداری را انجام دهند و فرمها را بر اساس ضوابطاین راهنما تکمیل نمایند. کارشناسان بایستی گزارش بازرسی را تهیه و جهت کنترل نهایی و تأیید در اختیار مسئول تیم قرار دهند.
- – **حداقل یک کمک بازرس:** کمک بازرس به منظور نصب و نگهداری تجهیزات و انجام کارهایی مانند برسزنی و کمک در انجام اندازه گیریها در تیم
- بازرسی قرار میگیرد.
- **تبصره ۱: تمام افراد تیم بازرسی باید شرایط عمومی زیر را داشته باشند:**
  - توانایی بالارفتن از نردبان و استفاده از تجهیزات دسترسی به قسمتهای مختلف پل
  - شناخت و توانایی بکارگیری ابزار و تجهیزات بازرسی
  - آشنایی کافی به مقررات و ضوابط ایمنی، بهداشت محیط کار و حفاظت ایمنی
  - مهارت در ترسیم قابل فهم طرحها، نوشتن و درج مطالب حین بازرسی (کمک بازرس ملزم به داشتن این شرط نیست)
  - آشنایی با چکلیستهای بازرسی و نحوه تکمیل آنها (کمک بازرس ملزم به داشتن این شرط نیست)
- **تبصره ۲:** قبل از انجام بازرسی، رزومه افراد تیم بازرسی باید توسط کارفرما مورد تأیید قرار گیرد.

کنترل کیفیت

- عملیات بازرسی پلها باید تحت نظارت مأمورین کنترل کیفیت انجام شود.
- مأمورین کنترل کیفیت، نمایندگان کارفرما هستند و مستقل از تیم بازرسی فعالیت میکنند. وظیفه آنها نظارت بر عملیات بازرسی و انجام بازرسی مجدد از برخی پلها و در نهایت تأیید بازرسیهای انجام شده توسط تیم بازرسی است.

کنترل کیفیت

اقدامات لازم پیش از بازرسی

- اولین گام در انجام بازرسی، تشکیل تیم بازرسی است. پس از آن بازرسین باید برنامه ریزیهای لازم را انجام داده و همه مستندات مربوط به پل (شناسنامه پل، نقشه ها، اطلاعات عمومی، اعضای پل و نحوه شماره گذاری آنها، فرمهای بازرسی دوره های قبل، روند انجام بازرسی دوره های قبل و گزارشهای مربوط به تعمیر و نگهداری پل) را مطالعه نمایند. بازرسین باید اطمینان حاصل نمایند که همه تجهیزات و ابزار بازرسی و ایمنی مناسب و کارآمد را در اختیار دارند.
- تجهیزات باید توسط افراد متخصص و با تجربه و مطابق با دستورالعمل کارخانه سازنده بکار گرفته شود.
- بازرسین بایستی به ضوابط این راهنما اشراف کامل داشته باشد.
- اعضای تیم بازرسی باید علاوه بر فرم تکمیل شده "اطلاعات عمومی و مشخصات فنی پل" ، یک سری فرم خام بازرسی به همراه داشته باشد و از انجام هماهنگیهای لازم به منظور کنترل ترافیک عبوری و اخذ مجوزهای قانونی اطمینان حاصل نمایند.
- برای پلهای فلزی باید برنامه ریزی خاص انجام شود. جوشها باید بطور کامل بازرسی شوند. در صورت لزوم باید از افراد متخصص و یا ابزار خاص، بطورهمزمان با انجام سایر مراحل بازرسی استفاده شود.

تجهیزات و ابزار بازرسی

تجهیزات و ابزار زیر به تشخیص تیم بازرسی، به منظور انجام عملیات بازرسی مورد استفاده قرار میگیرند:

- **ابزار تمیز کردن:**
  - فرچه، کاردک، بیلچه، برس سیمی و نظایر آن
- **ابزار بازرسی:**
  - چاقو، وسایل برش، سمبه، چکش لاستیکی،پیچگوشتی، تراز، شاغول، چکش فولادی، گونیای فلزی و نظایر آن
- **ابزار کمک دید:**
  - دوربین شکاری، چراغ قوه با باتری اضافه، ذرهبین، آینه، چراغ قوه کلاهی، نورافکن و نظایر آن
- **ابزار اندازهگیری:**
  - خطکش تاشو، متر، اندازهگیر اپتیکی ترک، دماسنج، نوار اندازهگیری، کارتهای با ضخامت مختلف، کولیس و نظایر آن
- **ابزار جهت ثبت اطلاعات:**
  - تخته زیردستی، فرمهای بازرسی، دفترچه یادداشت، دوربین عکسبرداری با قابلیت درج تاریخ در عکس، گچ، ماژیک، مداد،خودکار، پاککن
- **ابزار و تجهیزات دسترسی:**
  - نظیر نردبان ها، داربست ، طناب ، بالابر، پایینبر و کمربندهای ایمنیوسایل ایمنی شخصی از قبیل جلیقه و لباس شب نما که قابلیت جاگیری تجهیزات بازرسی در آن وجود داشته باشد، کفش مناسب، چکمه، کلاه ایمنی،عینک ایمنی، عینک آفتابی، دستکش، ماسک، جعبه کمکهای اولیه
- **علائم و تجهیزات انحراف ترافیک:**
  - نظیر پرچم، حفاظ ترافیکی، تابلوها و علائم هشداردهنده، موانع و نوارهای پلاستیکی

ایمنی بازرسی

- انجام بازرسی یا هرگونه عملیات اجرایی در مسیر ترافیک باید ضمن حفظ ایمنی بهره برداران، بازرسین، مأموران و کارگران، جریان روان و ایمن ترافیک،آرامش ساکنین محل و سرعت عمل در انجام کار را به همراه داشته باشد. بدیهی است مسئول تیم بازرسی باید به منظور ایمنی هر چه بیشتر بر اساس ضوابط و مقررات، مجوزهای لازم را اخذ نموده و با تمامی سازمانهای مرتبط هماهنگیهای لازم را انجام دهد.

در عملیات بازرسی پلها علاوه برفوق الاشاره ملاحظات ایمنی زیر نیز باید به دقت رعایت گردد
استفاده از لباسهای مجهز به برچسب شبرنگ و قابل رؤیت (در شب و روز) توسط تمام افراد و مأموران در محل پل و سطح راه استفاده از کلاه ایمنی، عینک، دستکش و ماسک توسط اعضای تیم بازرسی
استفاده از قلاب و کمربند ایمنی دور کمر توسط بازرس در صورت احتمال سقوط از ارتفاع
بکاربردن ابزار و تجهیزات ایمن و سالم
اطمینان از ایمنی در محوطههای تاریک، خلوت، دارای ناهمواری و چاله، قبل از بازرسی (در محوطه های تاریک استفاده از نورافکن الزامی است
افراد تیم نباید رو و یا زیر اعضایی که مشکوک به ریزش و لقی هستند، بایستند.
بازرس نباید بدون در نظر گرفتن تمهیدات ترافیکی، از عرض سواره رو عبور کند.

گزارش بازرسی

- گزارش بازرسی پل اگر به طور صحیح گردآوری و تهیه شود، یکی از اسناد با ارزش است. در هر بازرسی باید یک گزارش جدید تهیه شده و پس از اتمام کار در کنار گزارشهای قبلی بایگانی شود. یک گزارش خوب علاوه بر ارائه اطلاعات در مورد وضعیت موجود پل، یک منبع مؤثر برای بازرسی های بعدی است.
- حین عملیات بازرسی، موارد اضطراری و نیاز به تعمیر بسیار فوری باید توسط تیم بازرسی سریعاً و بصورت مکتوب به کارفرما گزارش شوند.

تشریح روند بازرسی شامل

۱	توالی بازرسی اعضای پل و ابزار دسترسی (به عنوان مثال: عرشه، روسازه، زیرسازه، کانال)
۲	ابزار و تجهیزات مورد استفاده (به عنوان مثال: چکش و ترازیاب)
۳	انحراف ترافیک و شرح انسداد (به عنوان مثال: بسته شدن مسیر، افراد پرچم نگهدار و
۴	نکات خاص ایمنی
۵	پرسنل (به عنوان مثال: تعداد و اسامی بازرسان، متخصصان)
۶	شرایط جوی (درجه حرارت و بارانی یا آفتابی بودن هوا)

تعیین وضعیت همه اعضای آسیب دیده

- همه اعضای آسیب دیده (با اشاره به موقعیت و شماره عضو) و تمام نشانه های آسیب و خرابی به همراه شدت، گستره وعمق آنها به دقت و به اندازه کافی باید ارائه شوند.
- برای اعضایی که امکان دسترسی به آنها وجود ندارد، تقاضای بررسی دقیق تر یا فراهم آوردن امکانات بیشتر شود.

نتیجه بازرسی

- نتیجه گیری مهم ترین بخش هر گزارش است. تجربه و قضاوت بازرس در تفسیر نتایج بازرسی بر اساس وضعیت موجود اعضای پل و نتیجه گیریهای منطقی و عملی بسیار مهم است. نتیجه گیریهای نادرست یا منحرف شده میتوانند منجر به توصیه های نامناسب شوند.
- بازرس باید با توجه به شرایط محیطی، وضعیت همه اعضای سازه و بستر رودخانه و نیز با توجه به اینکه همه خرابیها و آسیبها اهمیت یکسانی ندارند، وضعیت کلی پل را تشریح نماید. در این قسمت از گزارش دلایل احتمالی رخداد خرابیها و نقصهای موجود باید بطور مختصر توضیح داده شود.

توصیه ها و پیشنهادات برای انجام کارهای آتی

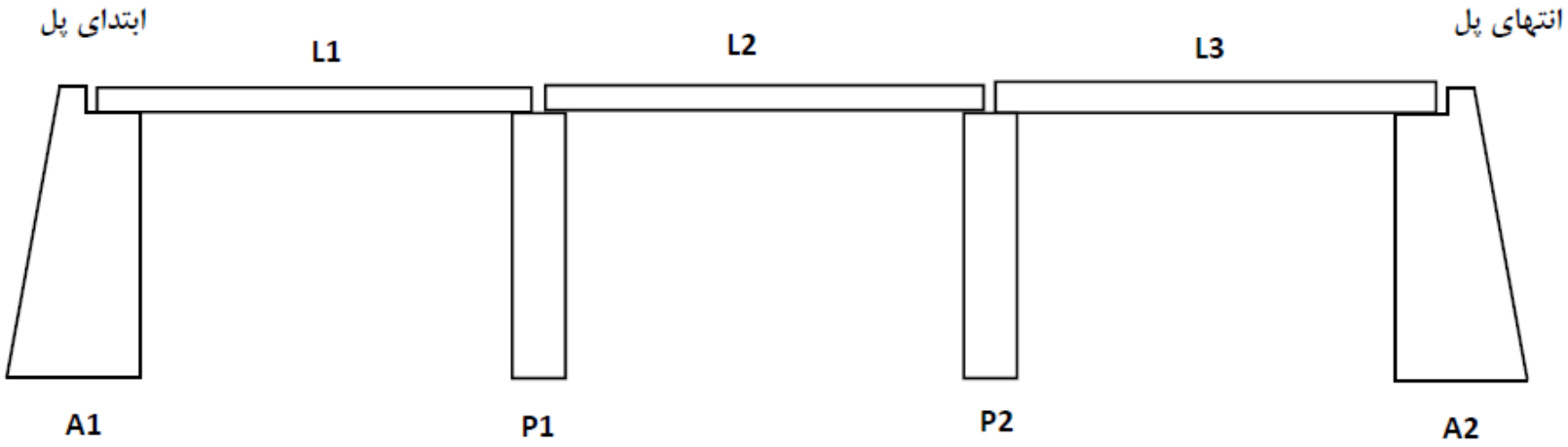
- در این بخش از گزارش بازرس بایستی توصیه های لازم جهت نگهداری، ترمیم، تعمیر، برطرف کردن خرابیها و جلوگیری از وقوع مجدد آنها را ارائه نماید.

- توصیه های تعمیراتی باید در دو دسته کلی زیر ارائه شوند:
  - تعمیرات اضطراری
  - تعمیرات برنامه ریزی شده در صورت لزوم، پیشنهاد انجام آزمایش یا بکارگیری روشها و یا ابزارهای خاص باید در این قسمت از گزارش ارائه گردد.

شماره گذاری اعضای پل

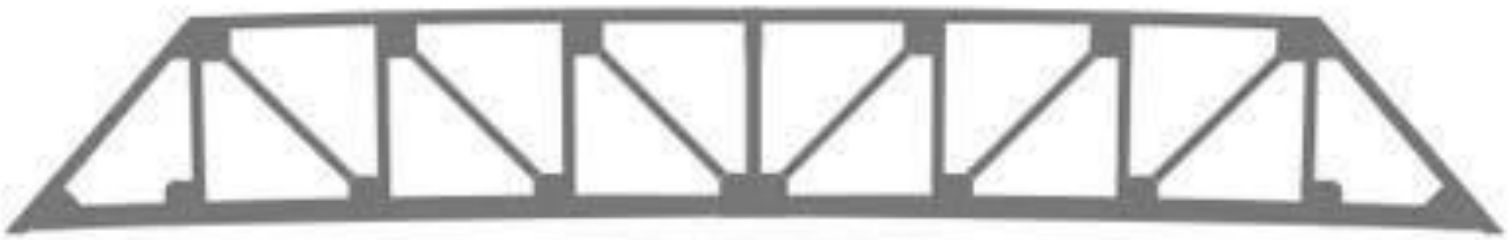
امتداد و جهت پل به صورت شمالی- جنوبی ، غربی- شرقی ، شمال غربی- جنوب شرقی یا شمال شرقی- جنوب غربی تعیین میشود. جهت اول، ابتدای پل و جهت دوم، انتهای پل منظور میشود.

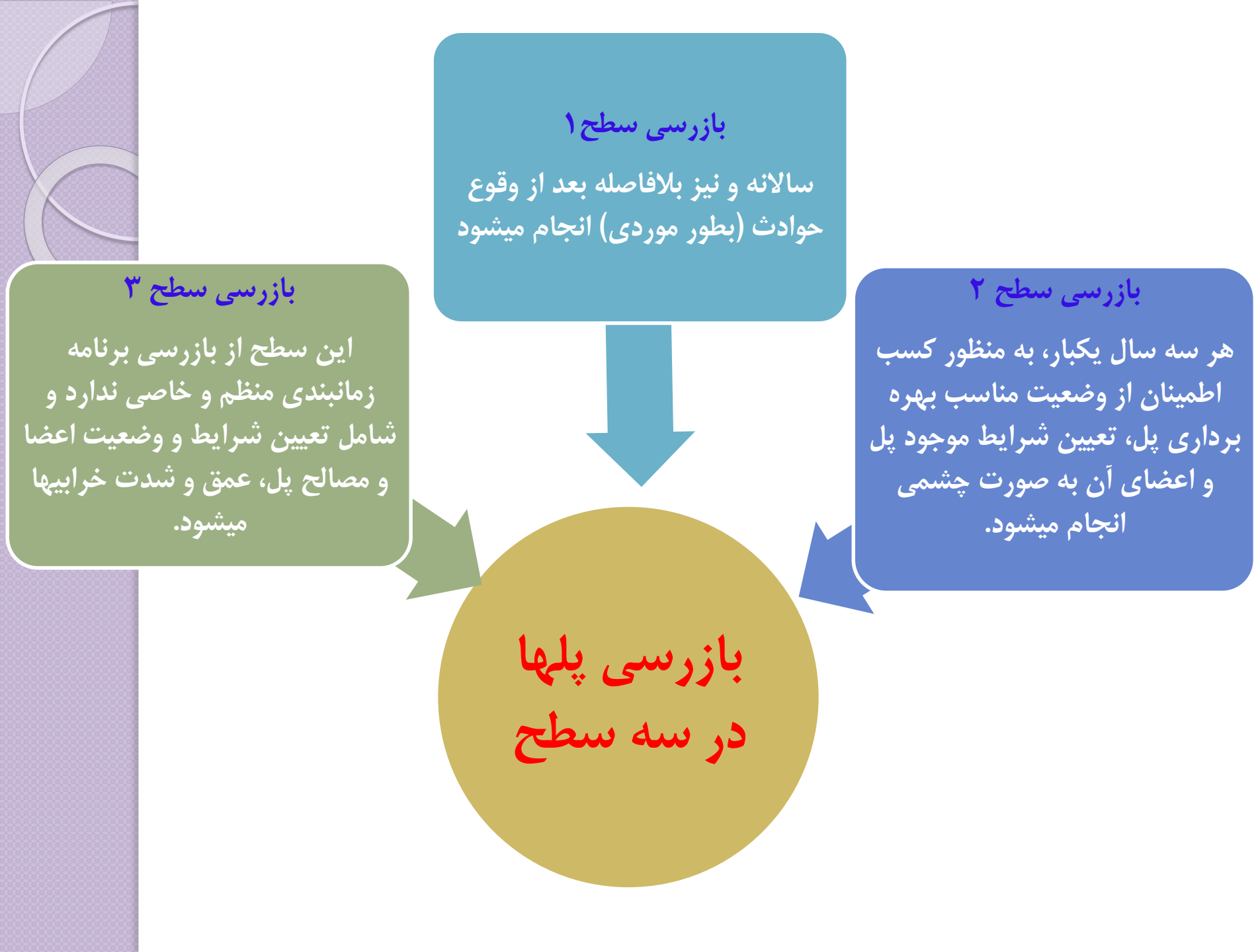
به عنوان مثال : در پل با امتداد شمالی- جنوبی، همیشه شمال پل ابتدا و جنوب پل انتهای آن محسوب میشود.



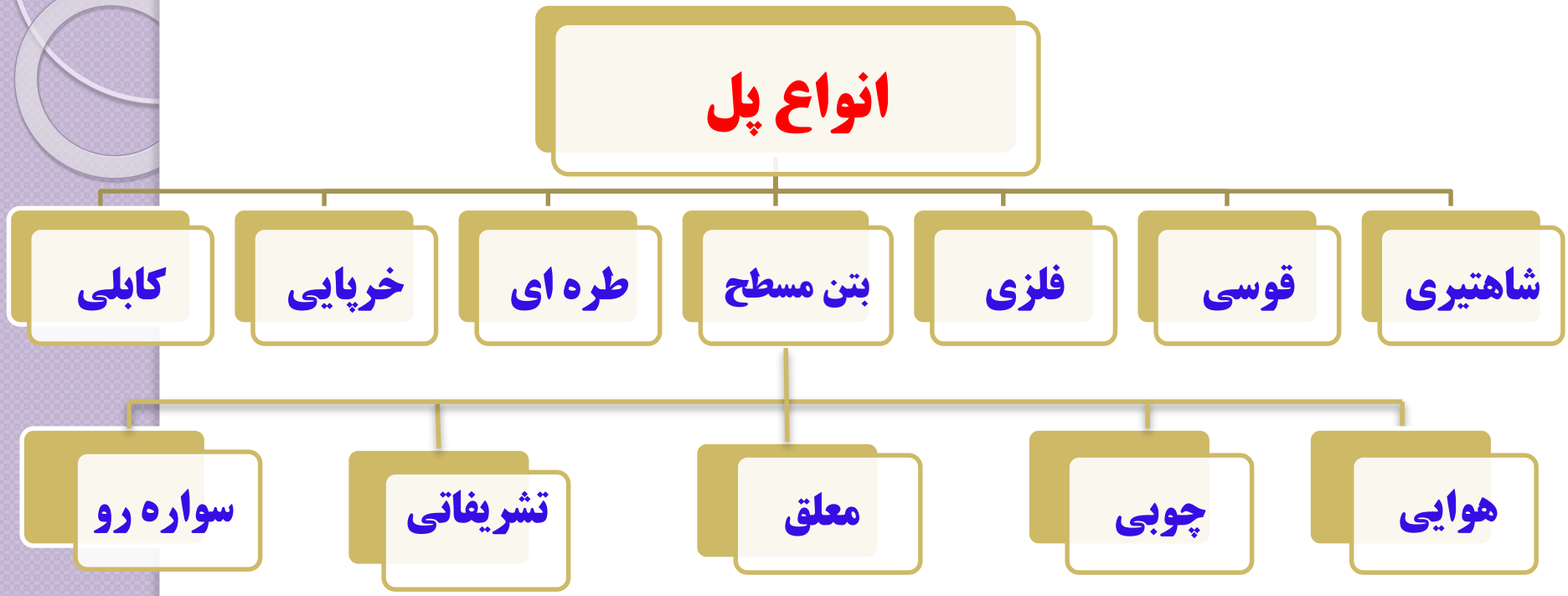
شماره گذاری اعضای پل بایستی به شرح زیر صورت پذیرد:

S	دهانهها از ابتدای پل به سمت انتها
B	برای شاهتیرهای هردهانه
P	برای پایه ها
A	شمارهگذاری کوله ها/دیوارهای حایل از ابتدای پل به سمت انتها
C	اگر پایههای پل ستونی باشند، شماره گذاری آنها به صورت عرضی، ازغرب به شرق یاازشمال به جنوب
	شماره فونداسیون بر اساس شماره پایه یا شماره کوله تعیین میشود.
U	در پلهای خرپایی اجزای خرپا باید مطابق شکل زیر شمارهگذاری شوند. شمارهگذاری اجزای یال بالای خرپا
L	و اجزای یال پایین
M	اجزای میانی



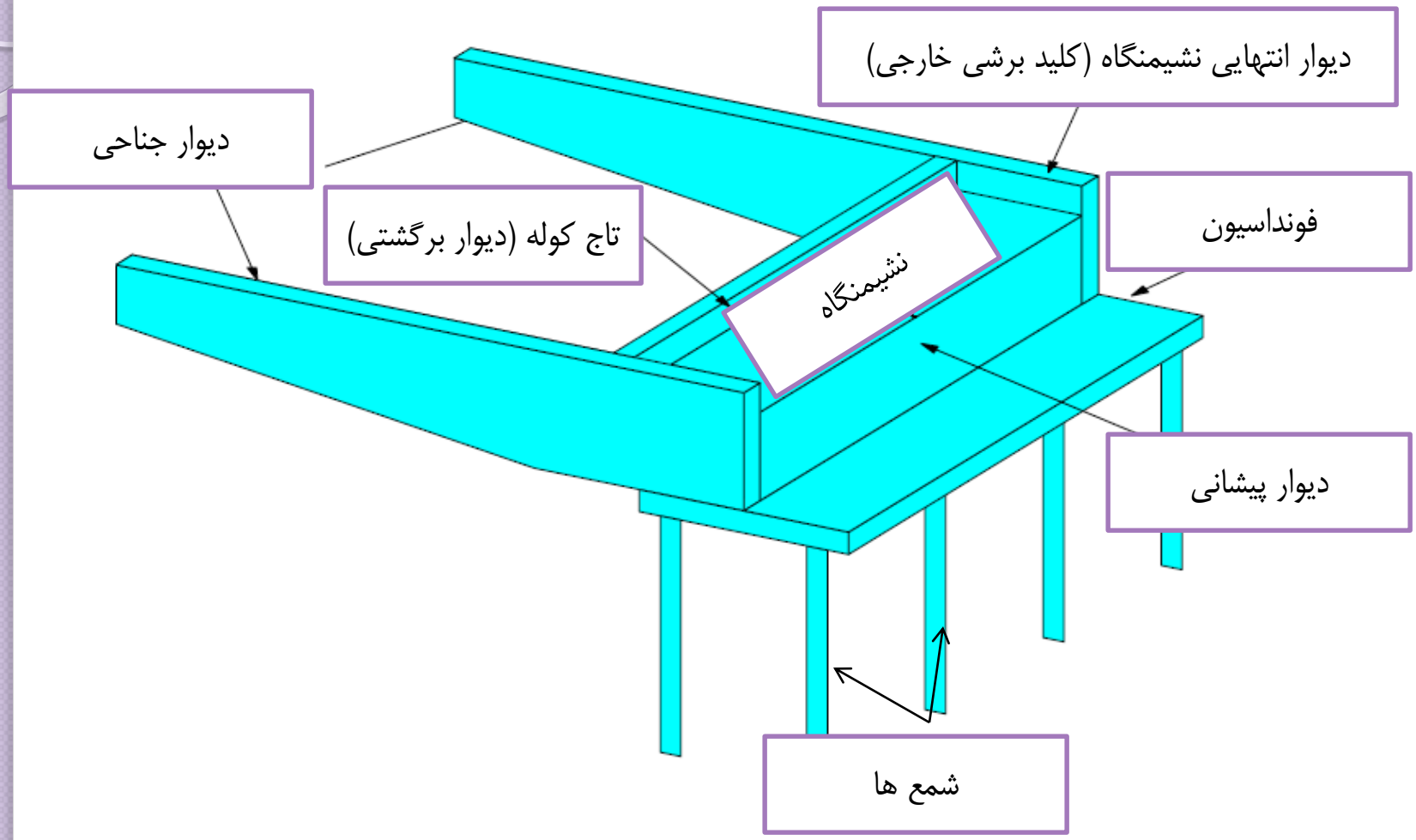

بازرسی سطح ۱
سالانه و نیز بلافاصله بعد از وقوع حوادث (بطور موردی) انجام میشود
بازرسی سطح ۲
هر سه سال یکبار، به منظور کسب اطمینان از وضعیت مناسب بهره برداری پل، تعیین شرایط موجود پل و اعضای آن به صورت چشمی انجام میشود.
بازرسی سطح ۳
این سطح از بازرسی برنامه زمانبندی منظم و خاصی ندارد و شامل تعیین شرایط و وضعیت اعضا و مصالح پل، عمق و شدت خرابیها میشود.
بازرسی پلها
در سه سطح

- **پل:**
- سازهای است با مصالح بتنی، فلزی، بنایی و یا مختلط با دهانه حداقل ۶ متر برای عبور مسیر راه، راهآهن و یا پیاده از روی آب و یا هر نوع مسیر و یا مانعی دیگر
- **کالورت:**
- پلهایی با دهانه کمتر از ۶ متر هستند که عموماً برای انتقال آب از عرض مسیر مورد استفاده قرار میگیرند.
- **بازرسی:**
- به مجموعه فعالیتهایی چون مشاهده، اندازهگیری، آزمایش و قضاوت مهندسی در مورد وضعیت سلامت پل و میزان آسیبهای وارده به آن،بازرسی گفته میشود.
- **ارزیابی:** امتیازدهی به پل بر اساس نتایج بازرسی و وضعیت موجود هر یک از اعضای پل را ارزیابی مینامند.
- **خرابی:** هرگونه آسیب وارده به سازه در اثر عوامل شیمیایی، فیزیکی یا مکانیکی، خرابی نامیده میشود.
- **درز انبساط با قابلیت جابجایی کوچک:** درزهایی که امکان جابجایی آنها به کمتر از ۵۰ میلیمتر محدود میشود.
- **درز انبساط با قابلیت جابجایی بزرگ:** درزهایی که امکان جابجایی بیش از ۵۰ میلیمتر داشته باشند.

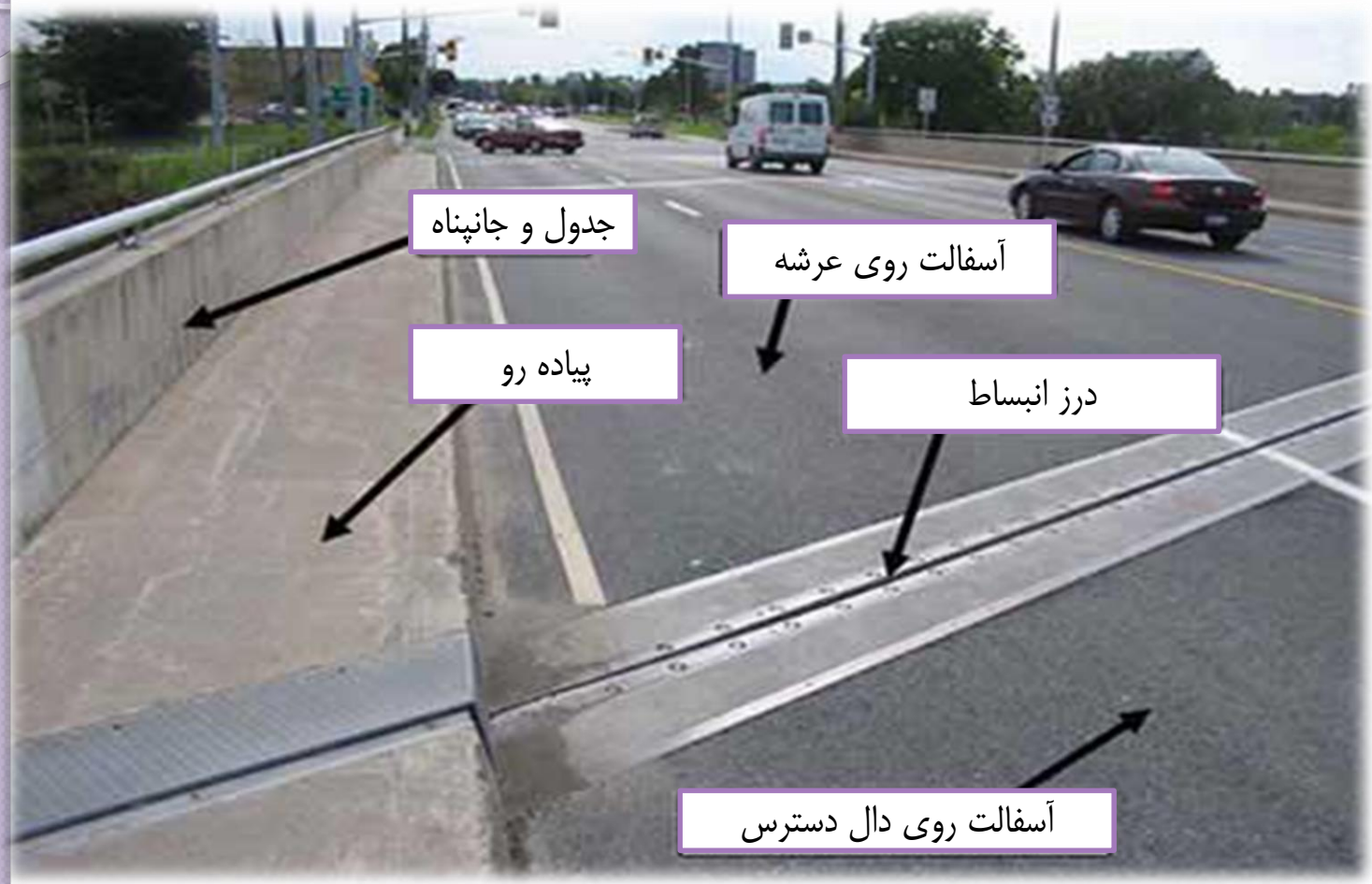

انواع پل
شاهتیری
قوسی
فلزی
بتن مسطح
طره ای
خرپایی
کابلی
هوایی
چوبی
معلق
تشریفاتی
سواره رو

انواع پل ها از نظر مصالح
چوبی
سنگی
بتنی
بتن مسطح
فلزی
بتن پیش تنیده

نمایش اعضای متداول پل (کوله)

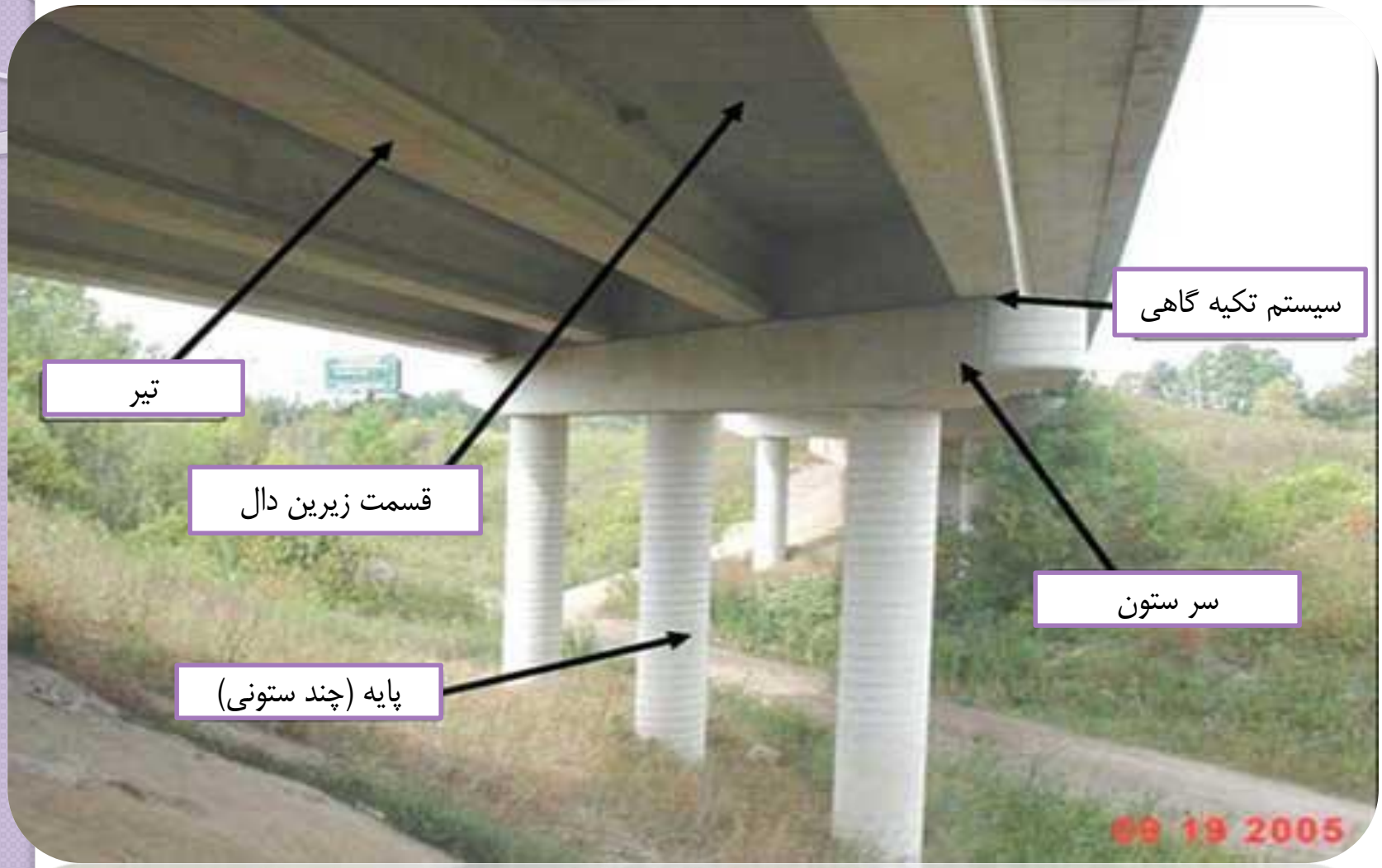


نمایش اعضای متداول پل از روی عرشه

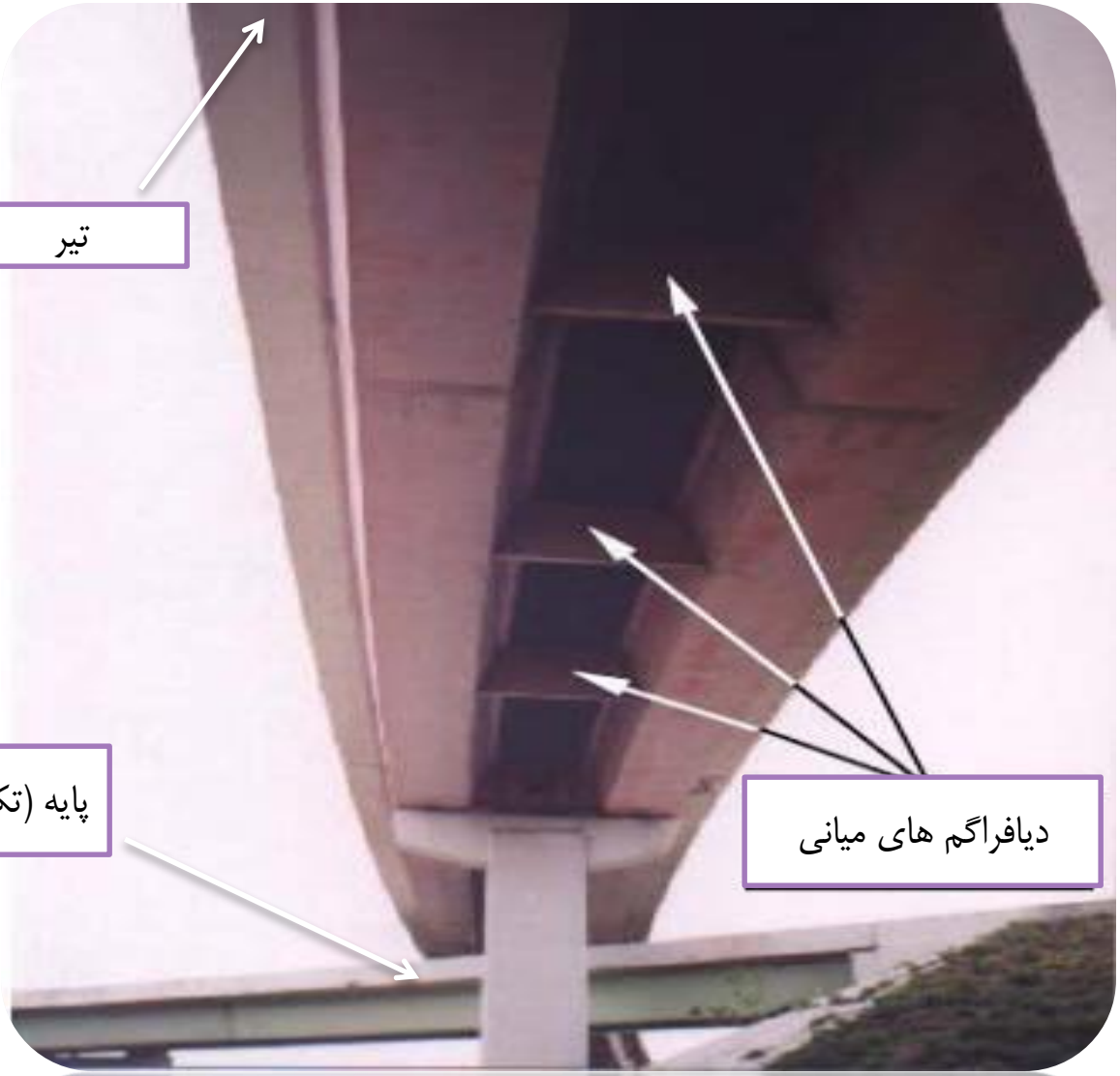


نمایش اعضای متداول پل بتنی

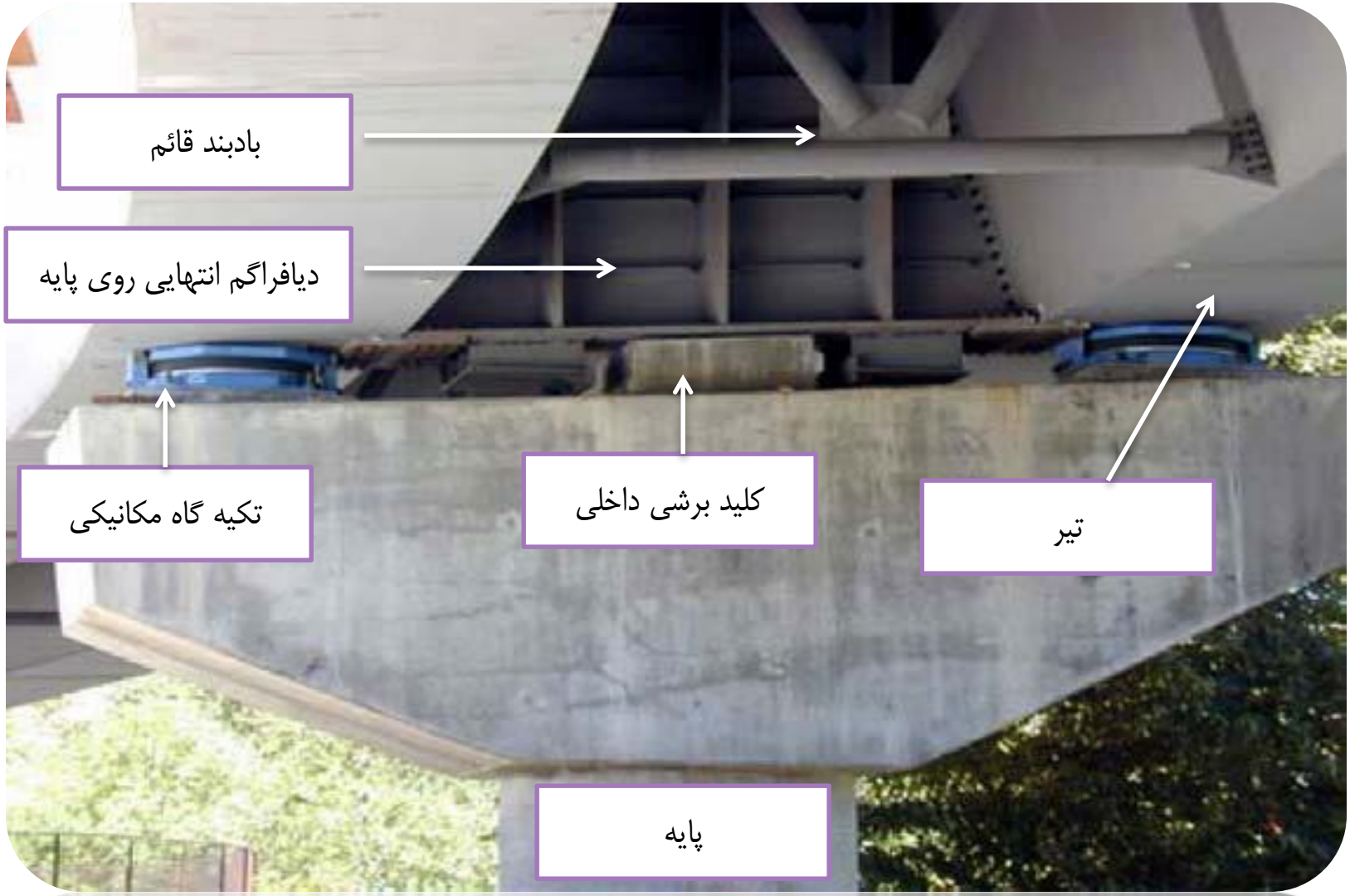
نمایش اعضای متداول پل از زیر عرشه



نمایش اعضای متداول پل با پایه سرچکشی

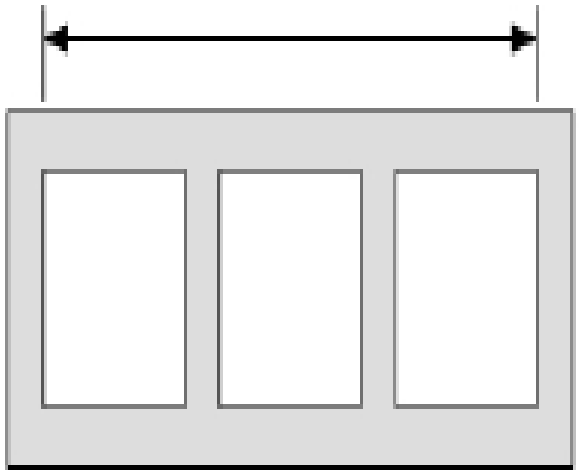


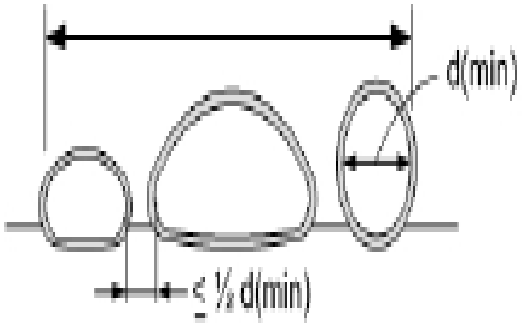
نمایش اعضای متداول پلها (روی پایه)

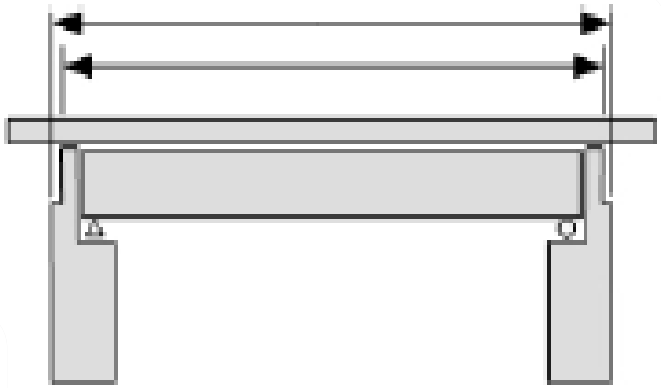


طول پل

فاصله پشت به پشت دیوار برگشتی کوله، ابتدا تا انتهای عرشه، و یا درز ابتدایی تا درز انتهایی در امتداد خط مرکزی پل است.(در صورت عدم وجود نقشه های چونساخت، اندازهگیری هر کدام که مقدور باشد)







❖ **عرض سواره رو:**

✓ فاصله داخل به داخل جداول کناری است.

❖ **عرض کل پل:**

✓ از پشت تا پشت عرشه محاسبه می شود.

❖ **ارتفاع آزاد زیر پل (گاباری):**

✓ در این قسمت کوتاهترین فاصله بین کف عرشه تا روی زمین یا جاده یا رودخانه می باشد. درصورتیکه پل با کمبود ارتفاع مواجه باشد و پیشانی پل در معرض آسیب برخورد وسایل نقلیه قرار داشته باشد

❖ **تعداد خطوط عبور:**

✓ تعداد خطوط عبور روی پل یا زیر پل

❖ **عرض پیاده رو:**

✓ عرض پیاده رو در سمت راست و سمت چپ مسیر حرکت

❖ **ضخامت عرشه:**

✓ فاصله پایینترین نقطه عرشه تا روی سطح دال است.

❖ **ضخامت دال:**

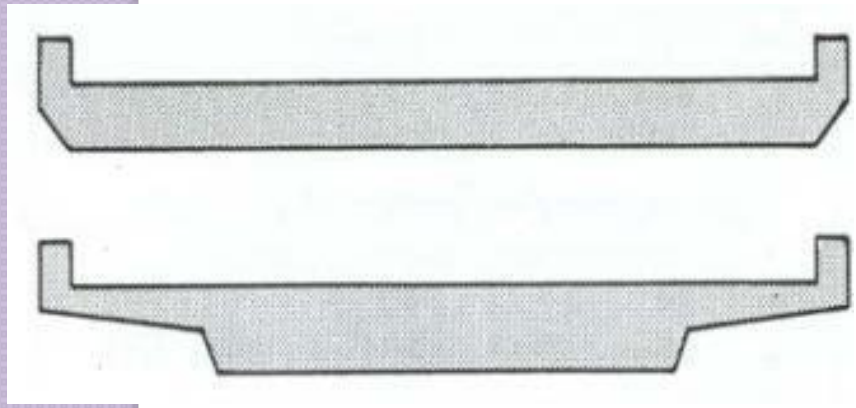
✓ ضخامت دال بتنی (یا ورق فلزی در عرشه های ارتوتروپ) است.

❖ **دال دسترس:**

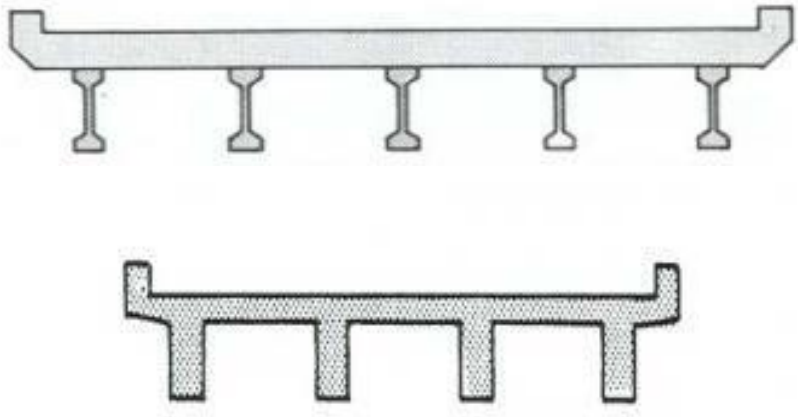
✓ در این قسمت، طول و ضخامت دال دسترس درصورت وجود درج میشود.

نوع سیستم عرشه پل

دال

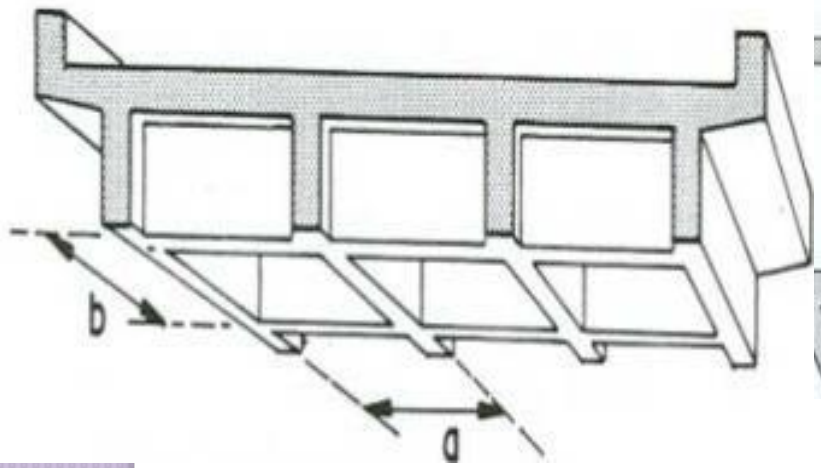


تیر–دال

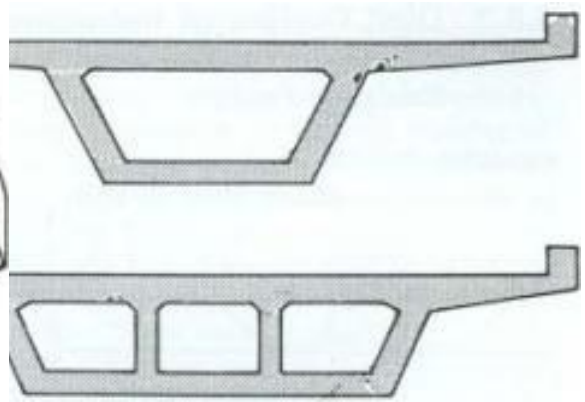


نوع سیستم عرشه پل

تیرطولی وعرضی

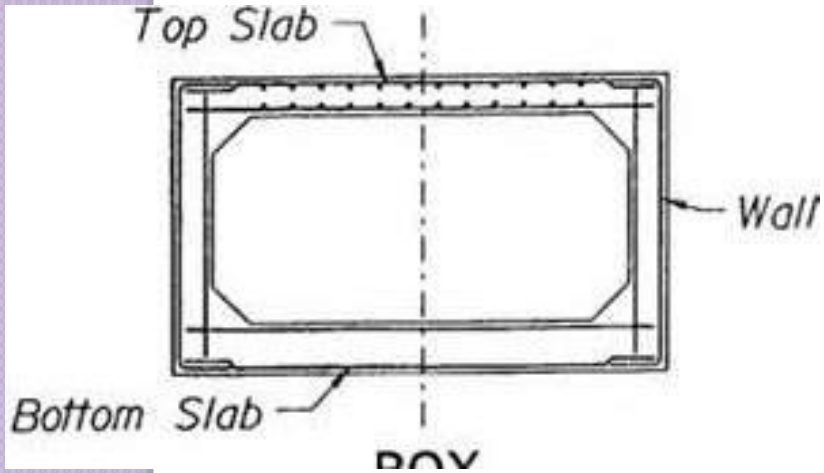


جعبه ای

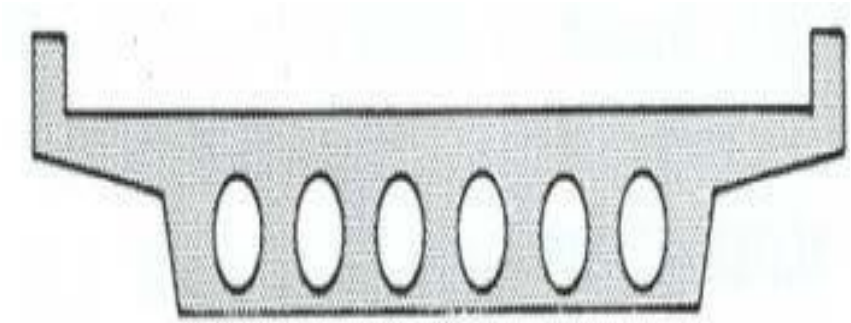


نوع سیستم عرشه پل

کالورت

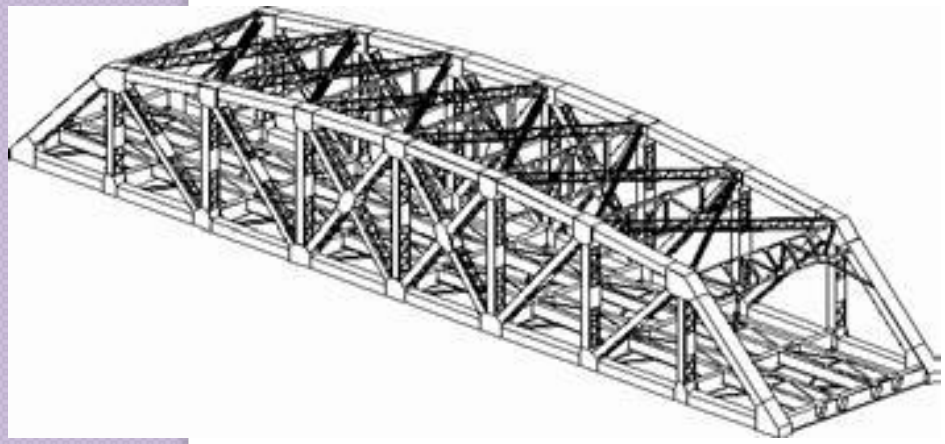


مجوف

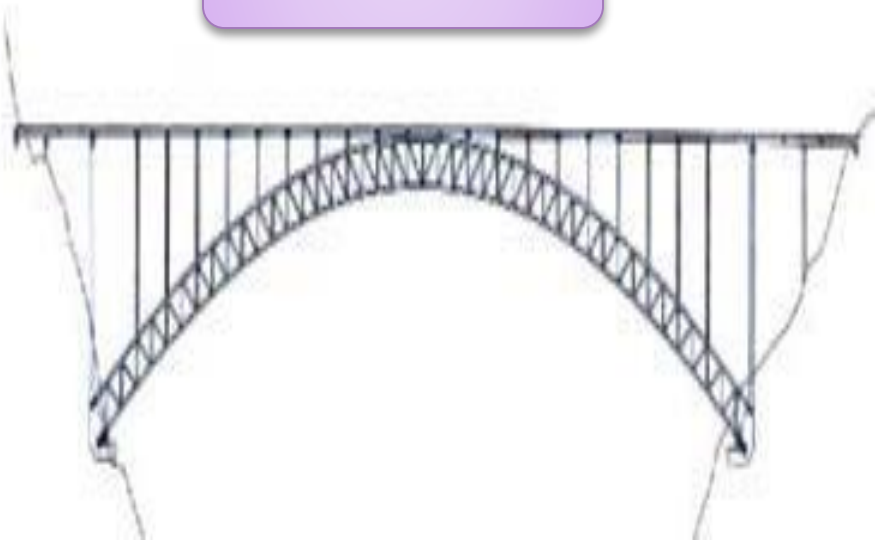


نوع سیستم عرشه پل

خرپایی

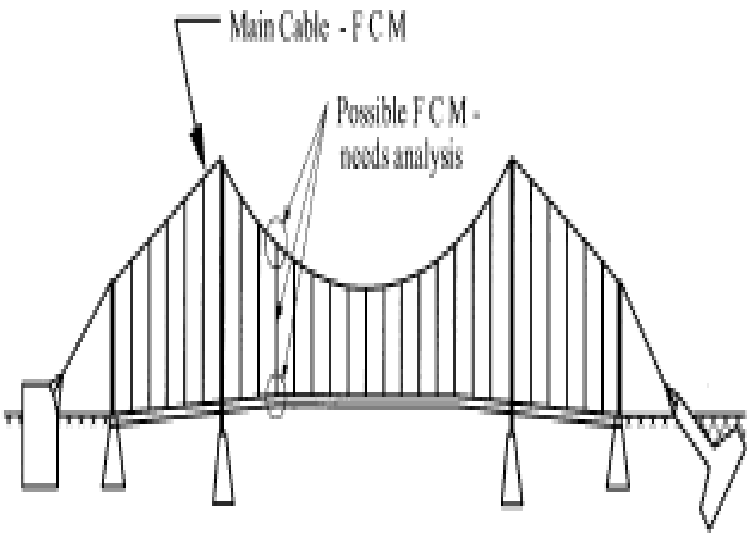


قوسی

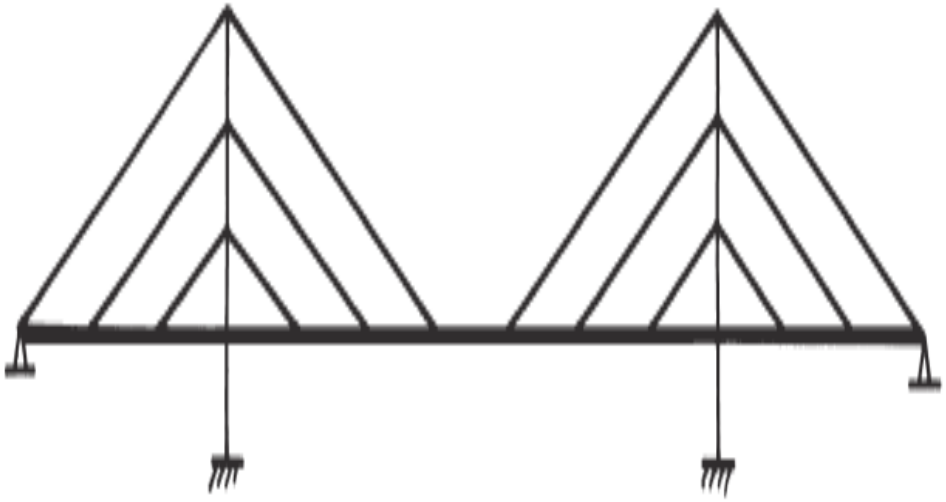


نوع سیستم عرشه پل

معلق

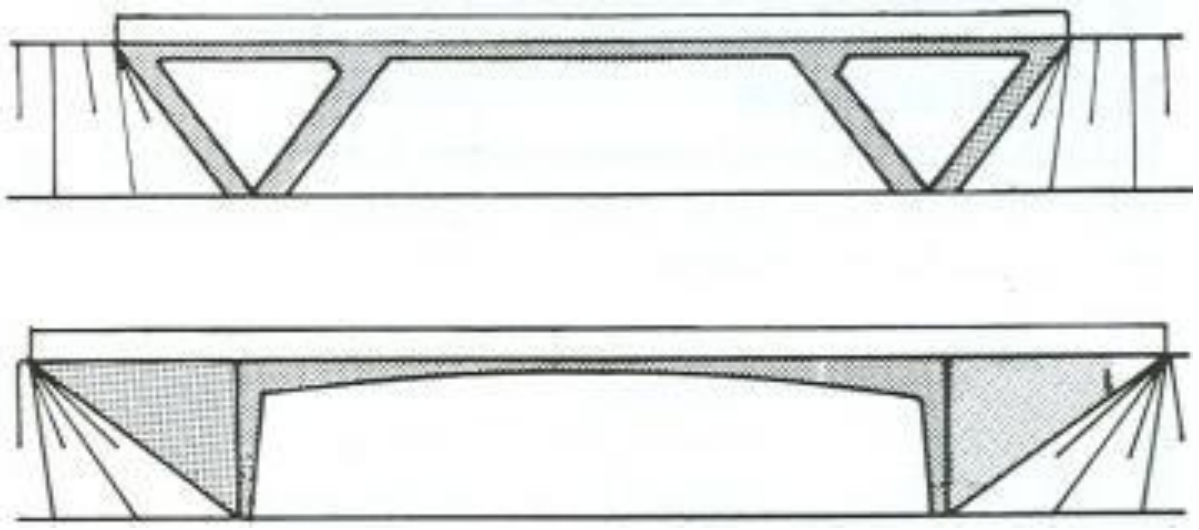


کابلی



نوع سیستم
عرشه پل

قابی



سیستم های تکیه گاهی در پل

غلطکی فلزی

مفصلی فلزی
(یاطاقان)

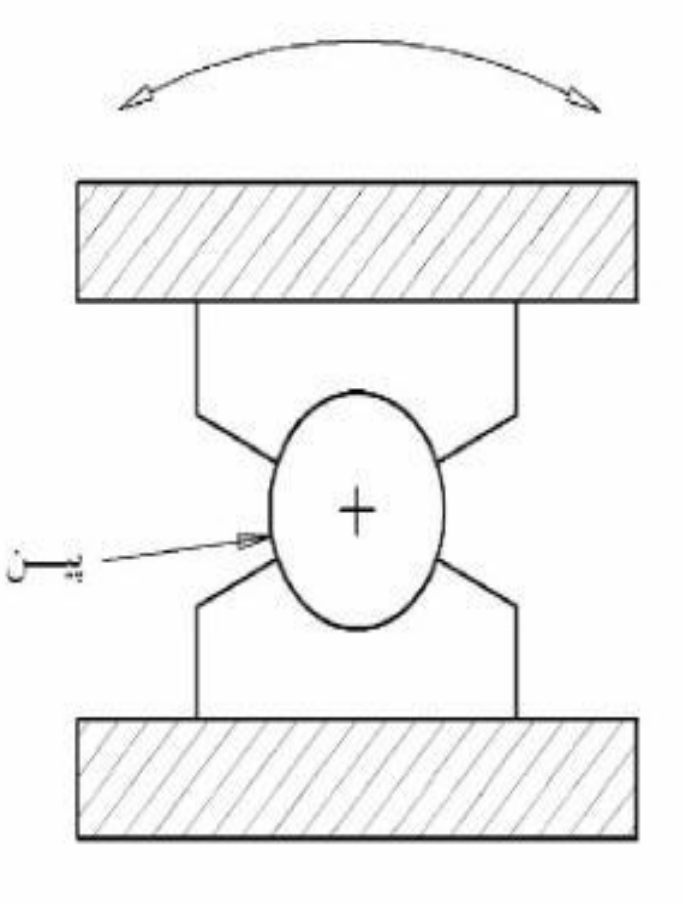
سیستم های تکیه گاهی در پل

اتصال پیوسته

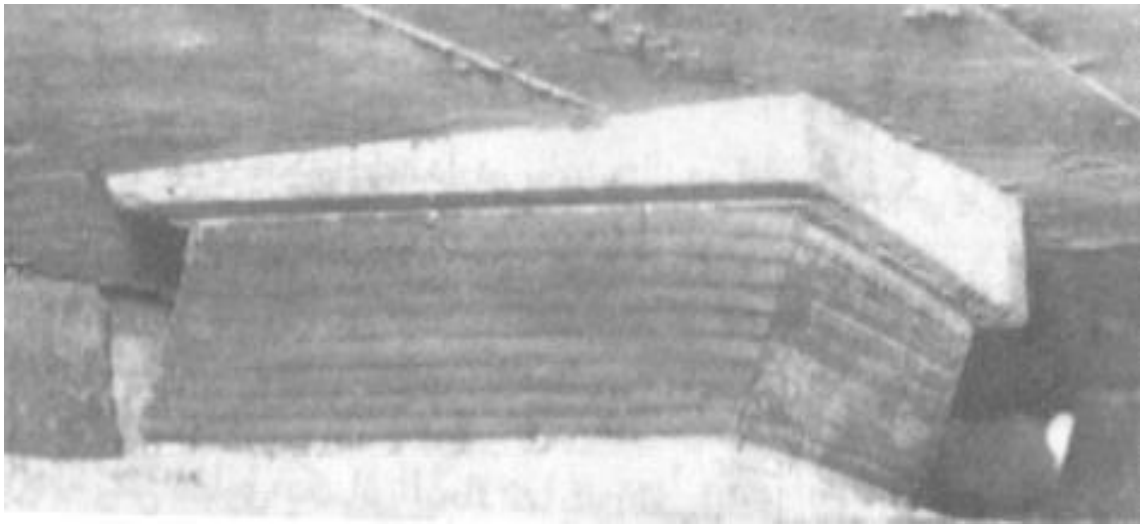
نشیمن ساده با نئوپرن

سیستم های تکیه گاهی در پل

زانویی

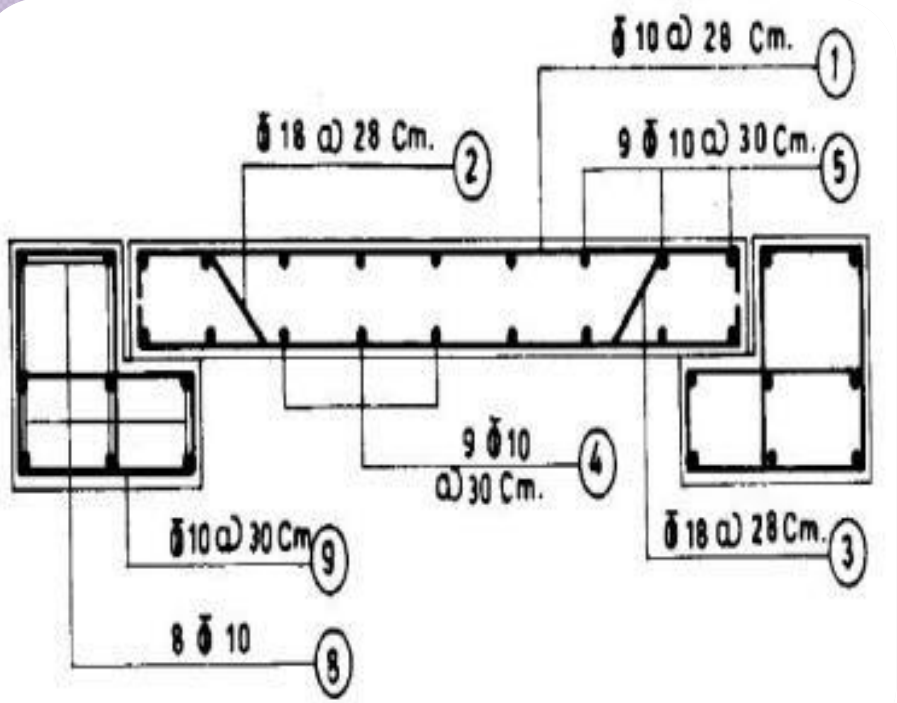


نئوپرن متصل به عرشه و تکیه گاه

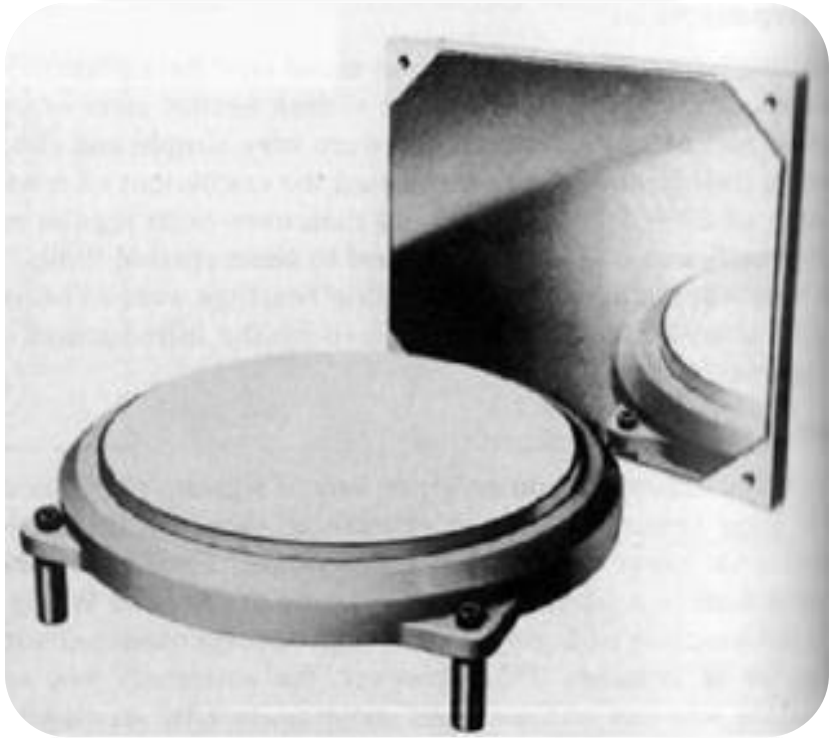


سیستم های تکیه گاهی در پل

نشیمن ساده روی قیرگونی

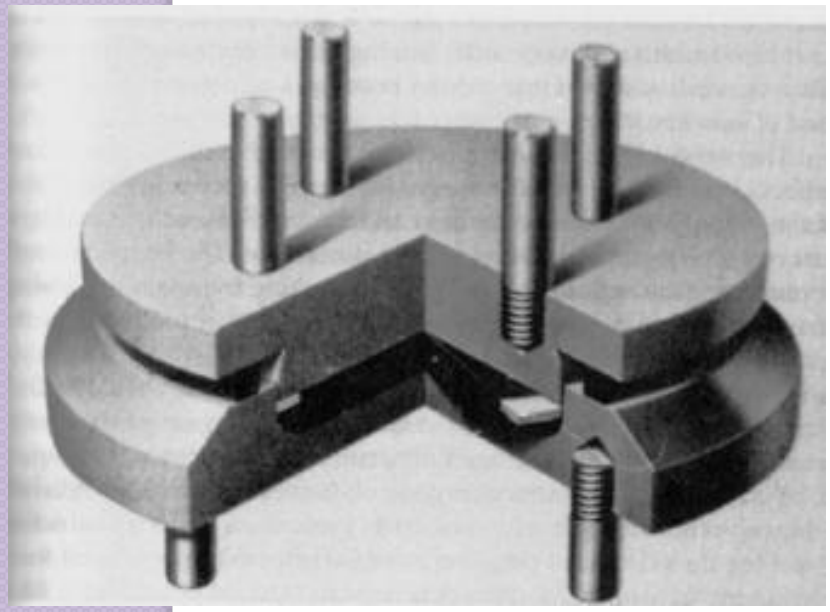


لغزنده مسطح با ورق تفلون

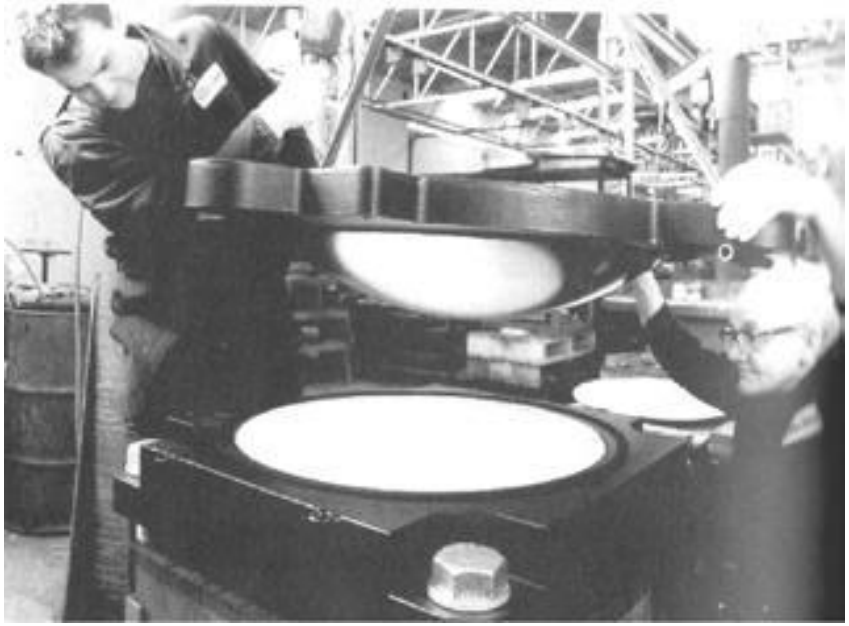


سیستمهای تکیه گاهی در پل:

بالشتک کاسهای



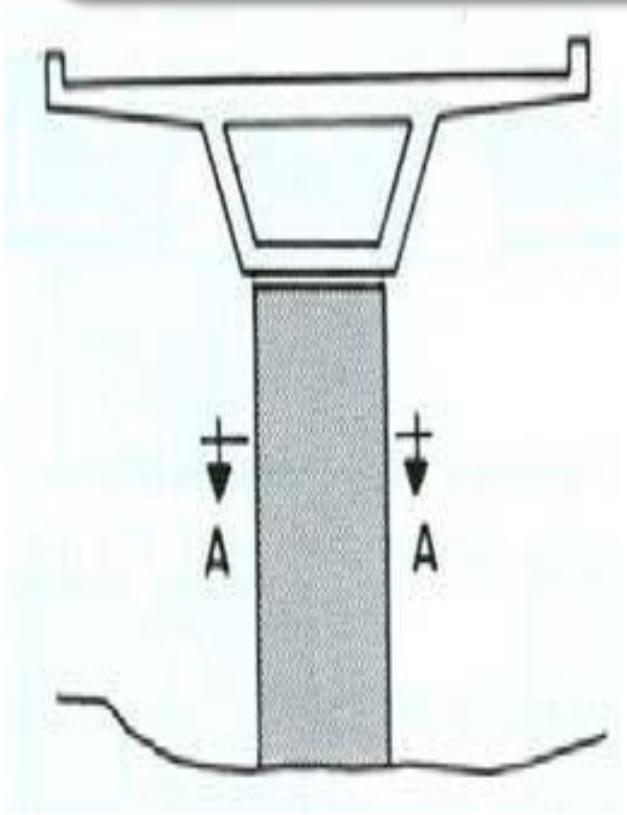
لغزنده کروی با ورق تفلون



سیستم پایه ها
انواع سیستم پایه پلها

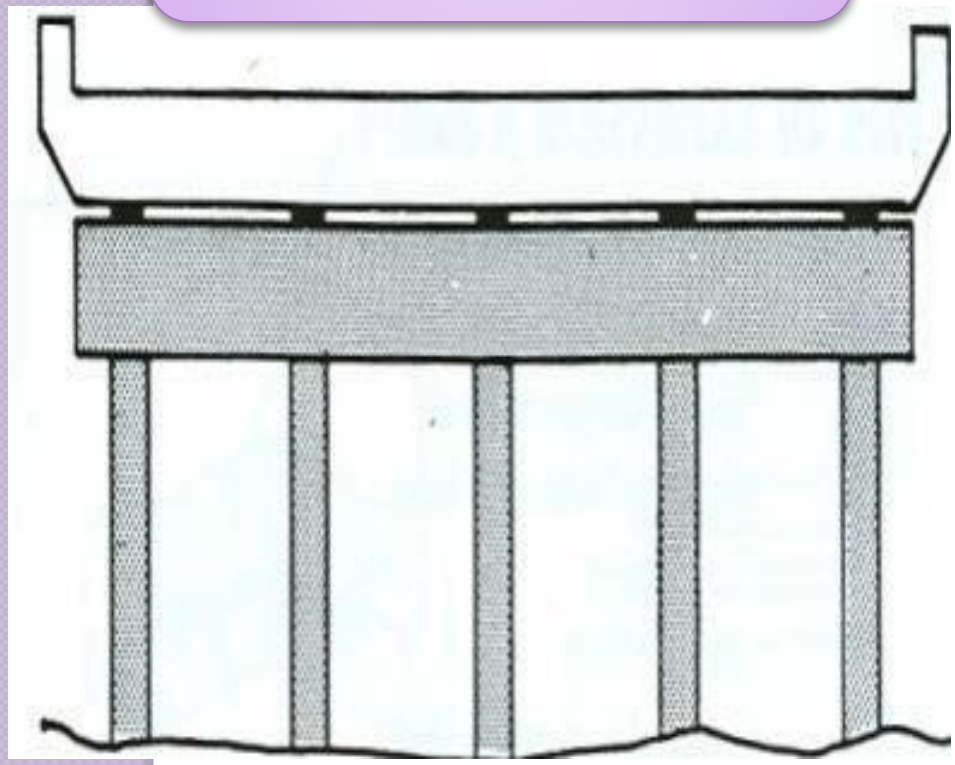
پایه تک ستونی بدون سر ستون

(مقطع ستون:مستطیلی توپر یا توخالی، دایرهای توپر یا توخالی ازجنس بتن یا فولاد)



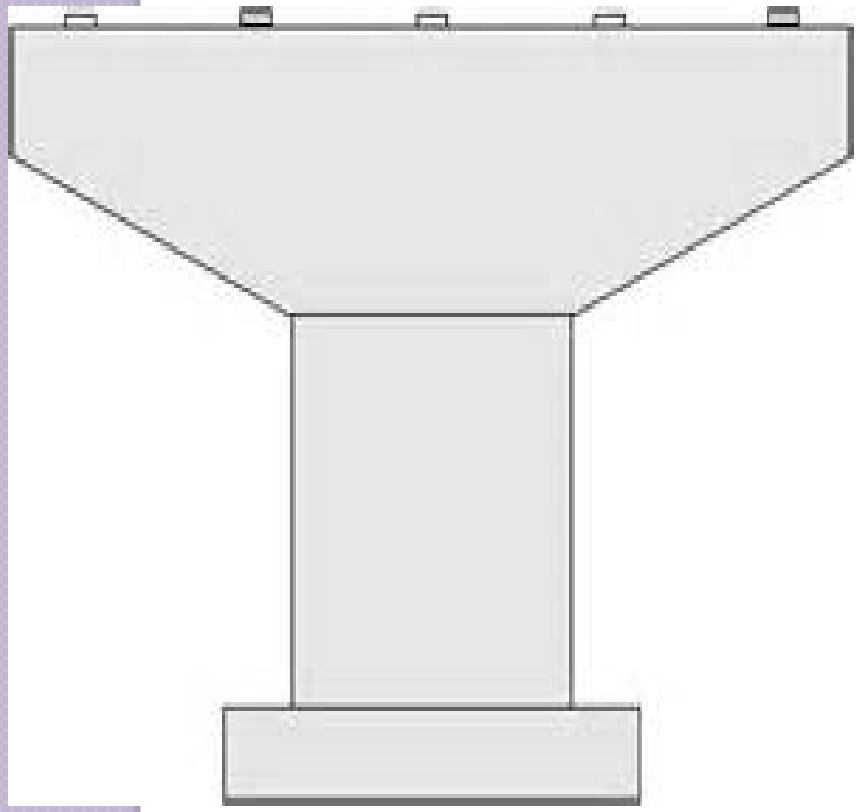
چندستون دایرهای با سرستون

(مقطع پایه ها میتواند مستطیلی یا دایرهای، فلزی یا بتنی باشد)

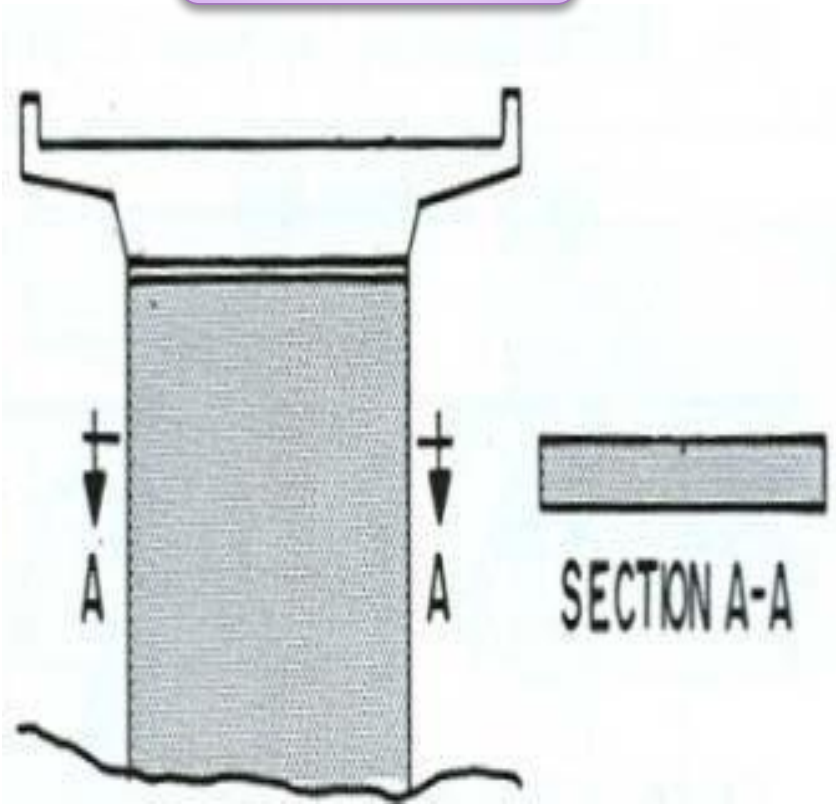


سیستم پایه ها

تک ستون سرچکشی

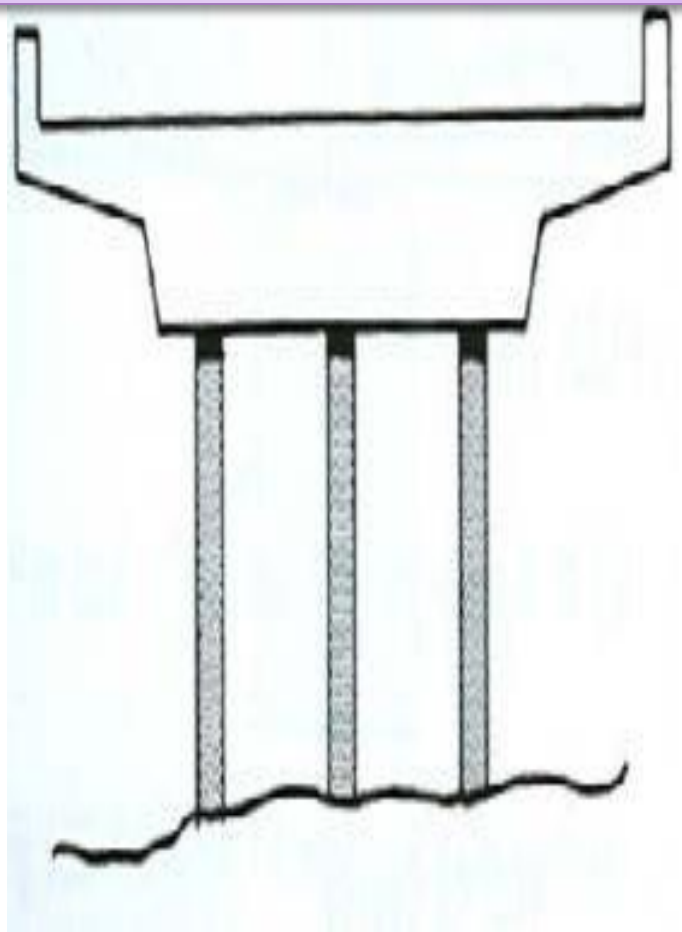


دیوار بتن مسلح

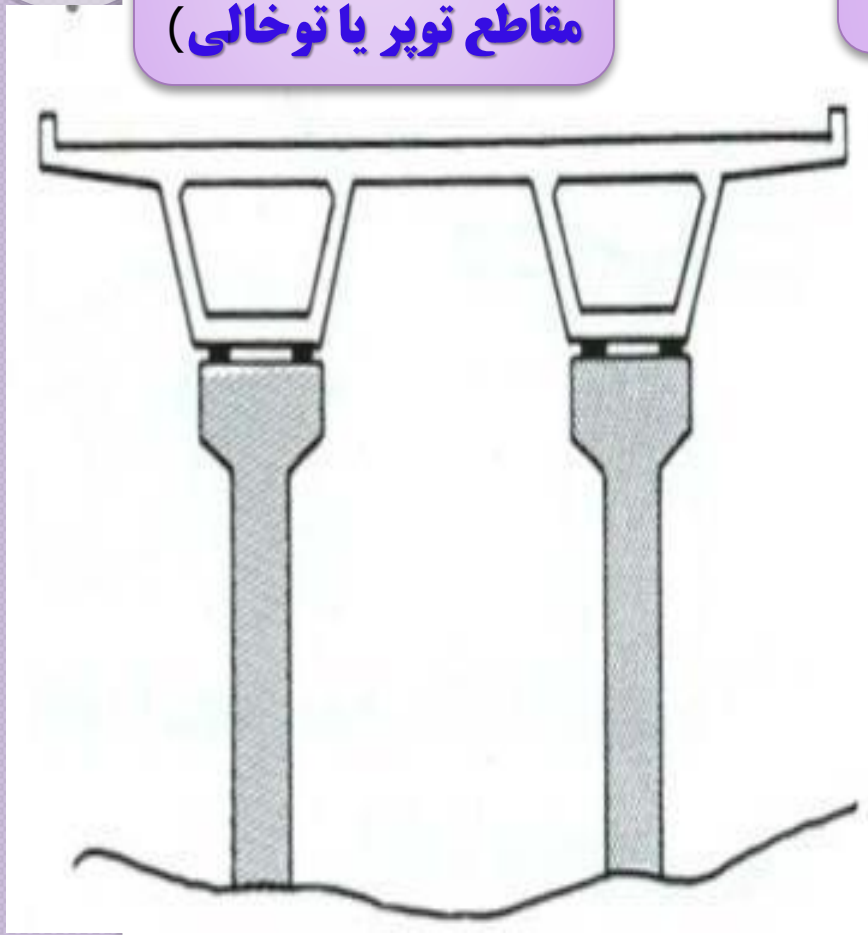


سیستم پایه ها

چند ستون بدون سرستون
(مقطع پایه ها میتواند
مستطیلی یا دایرهای، فلزی یا بتنی باشد)



دو ستون سر چکشی
(دو ستون یا بیشتر، با
مقاطع توپر یا توخالی)



سیستم درز انبساط
انواع سیستم درز انبساط متداول در پل ها

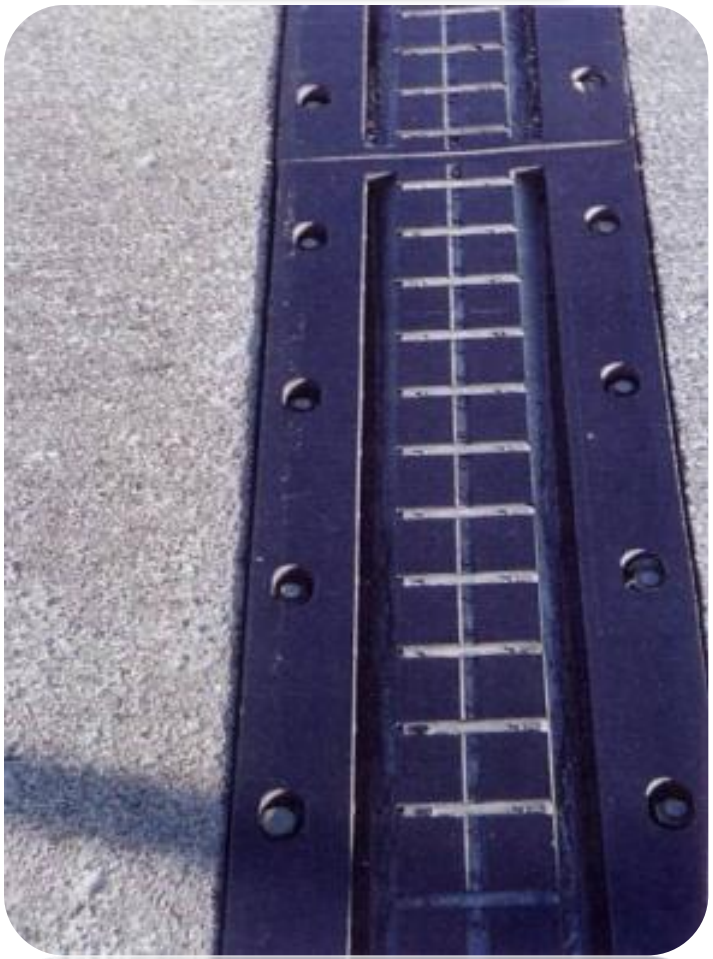
فولادی شانهای یا انگشتی

نوار آببند الاستومری

سیستم درز انبساط

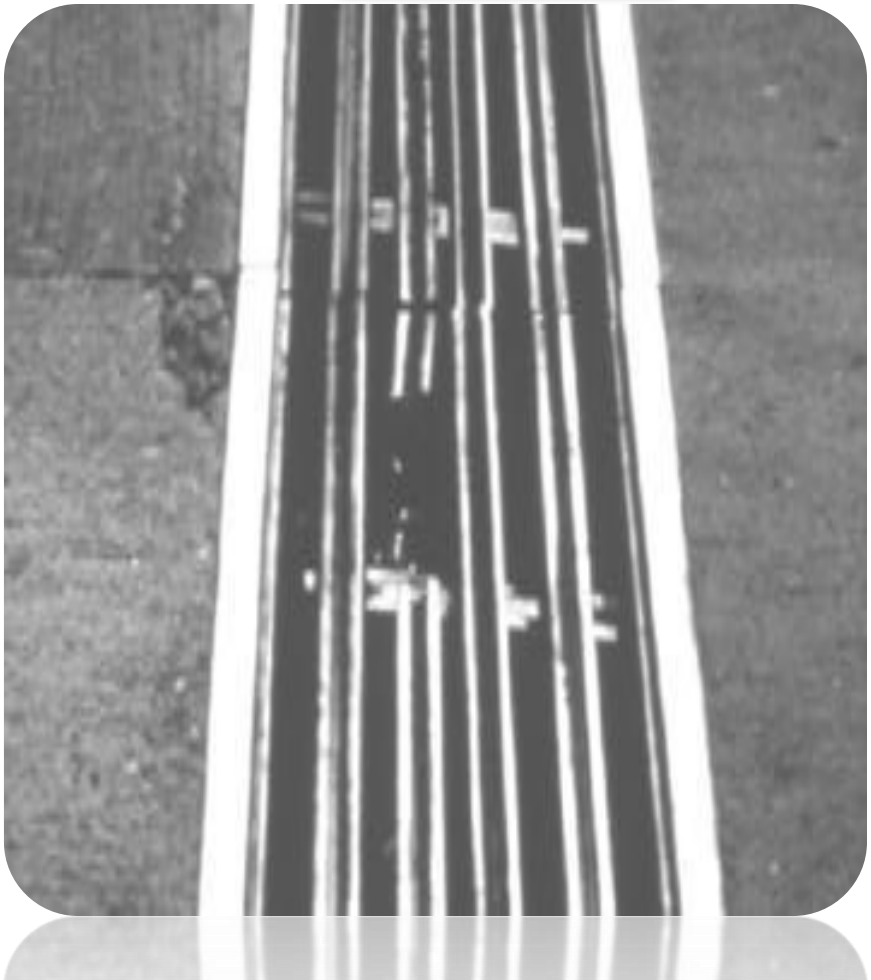
بلوکهای تکی نئوپرن

درز با مواد پرکننده آسفالتی



سیستم درز انبساط

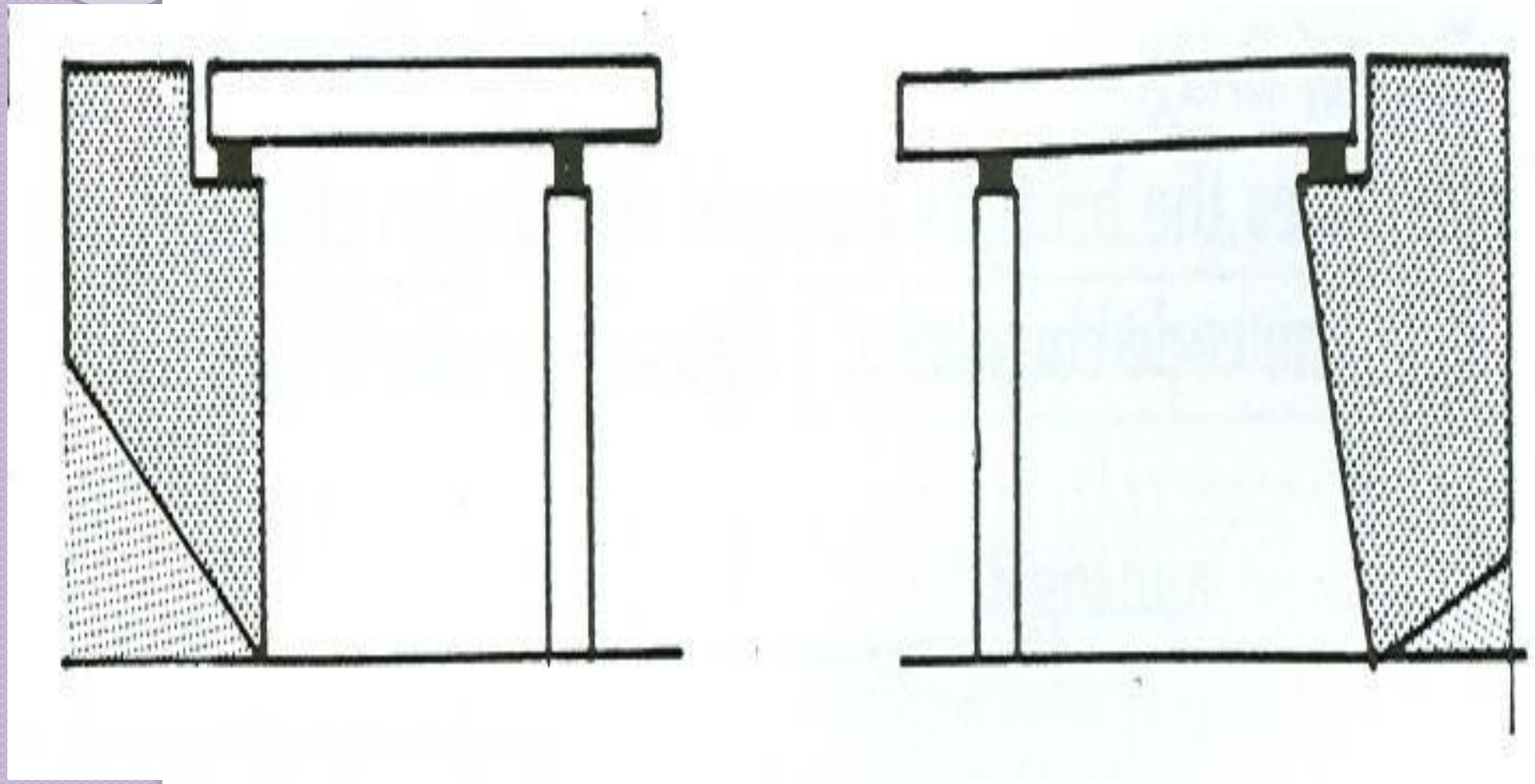
الحاقی چند قطعهای



صفحات فلزی لغزشی یا کشویی

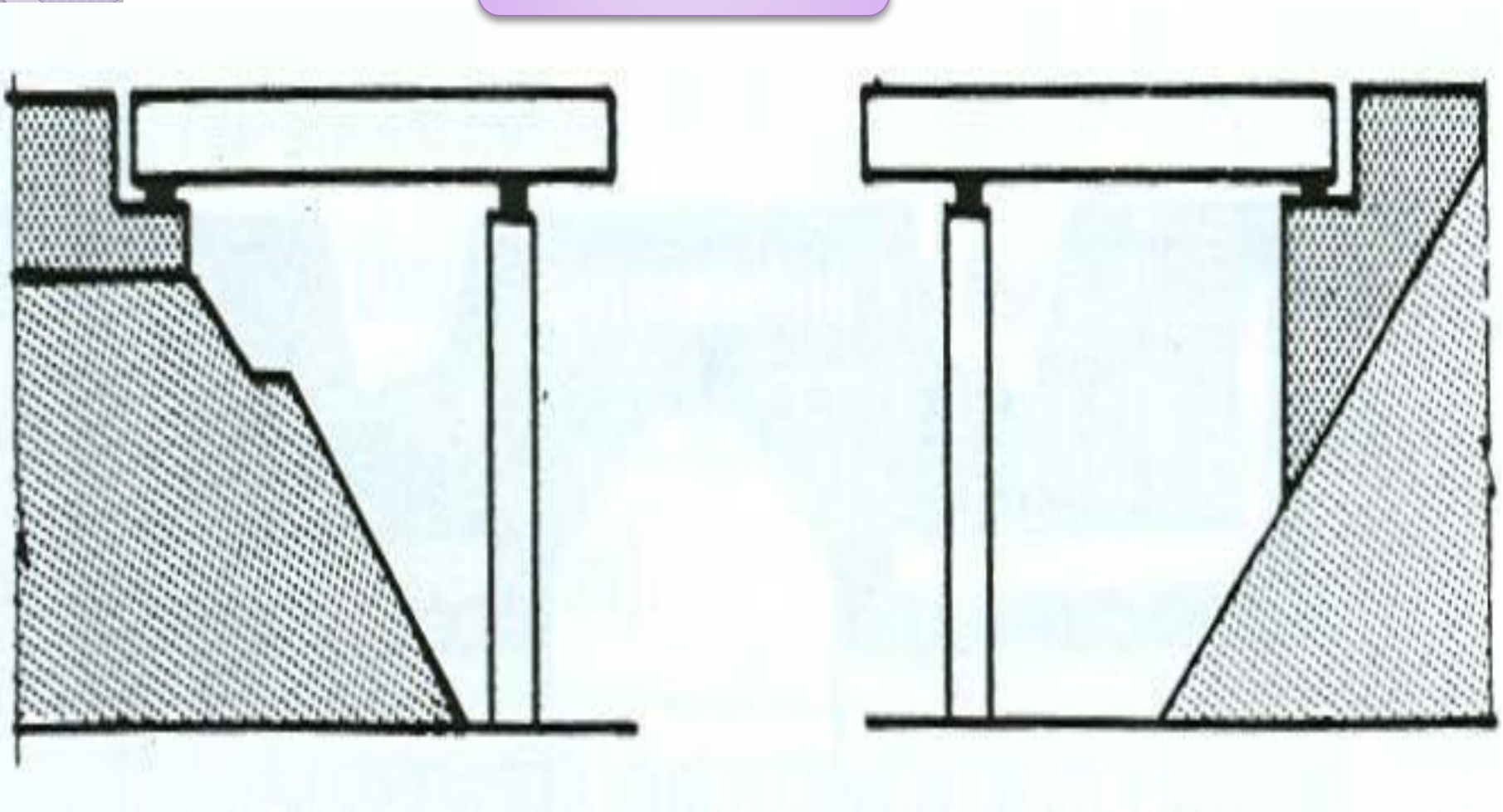
نوع سیستم کوله پل:

کوله بسته



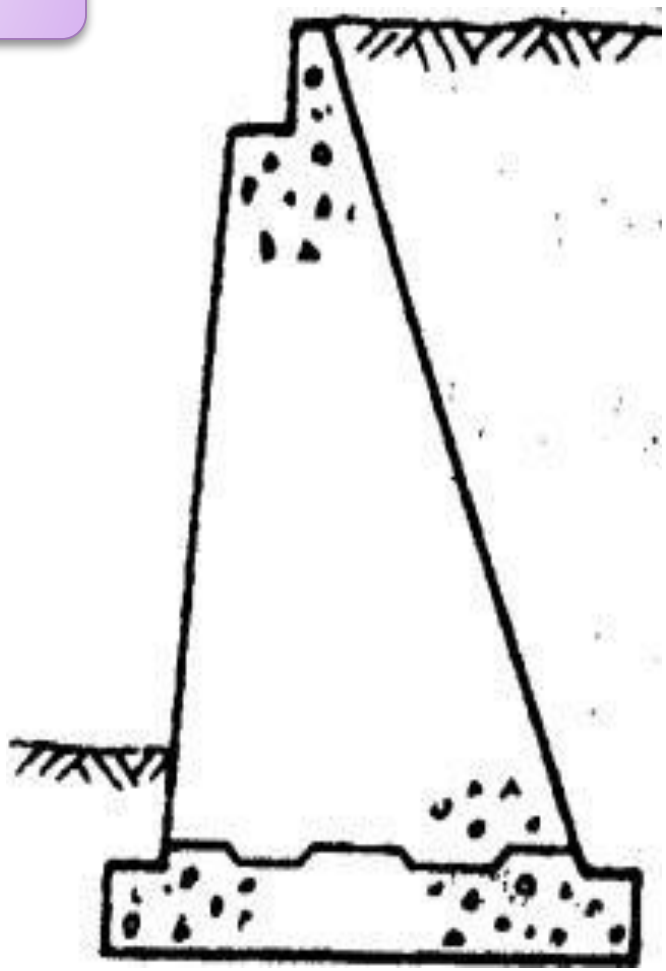
نوع سیستم کوله پل:

کوله باز

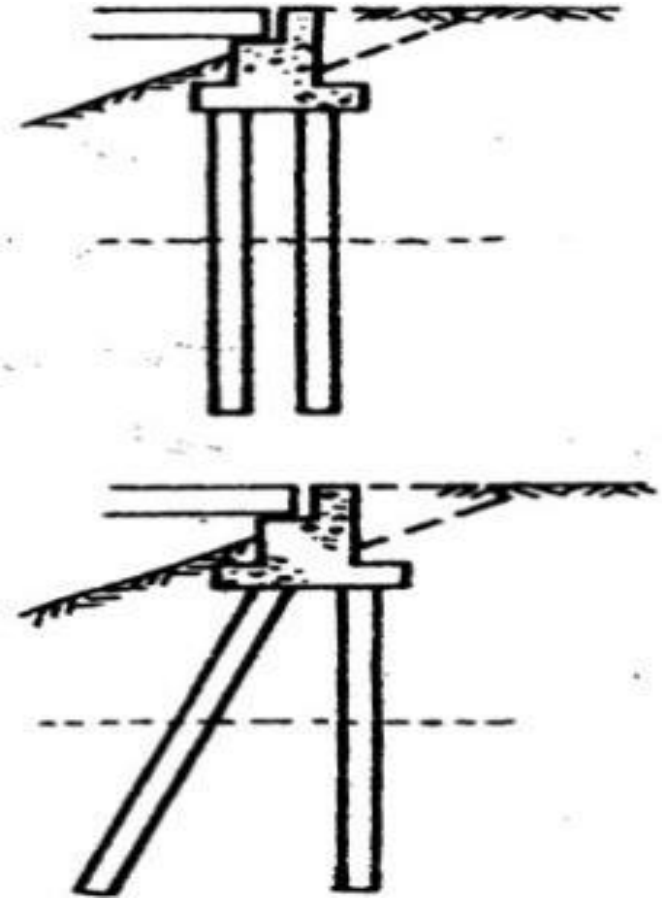


نوع سیستم کوله پل:

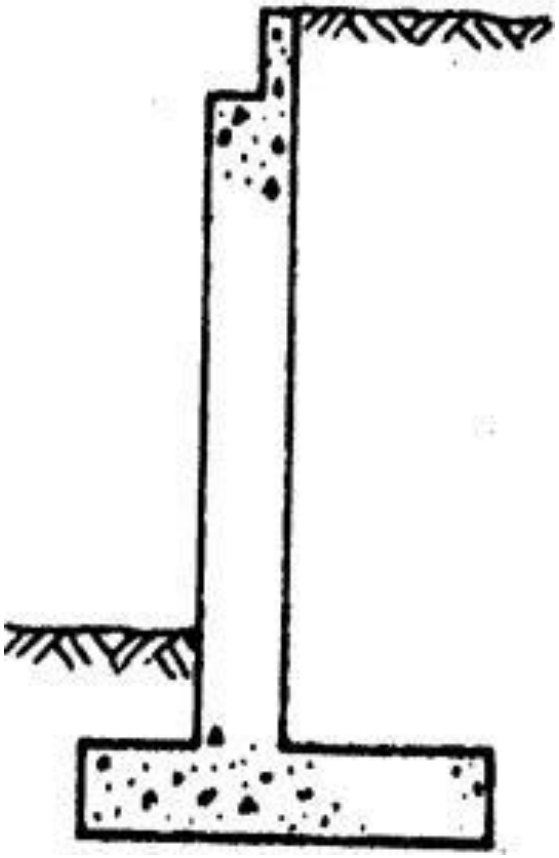
کوله باز

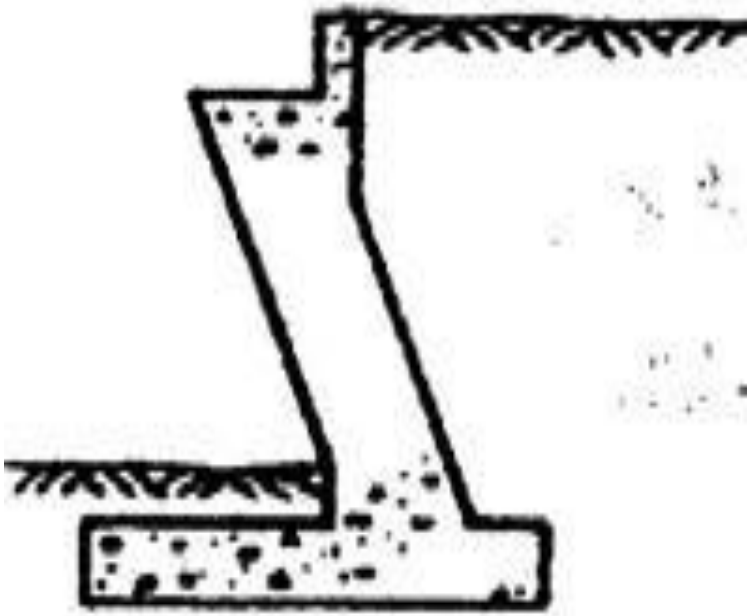


نوع سیستم کوله پل:

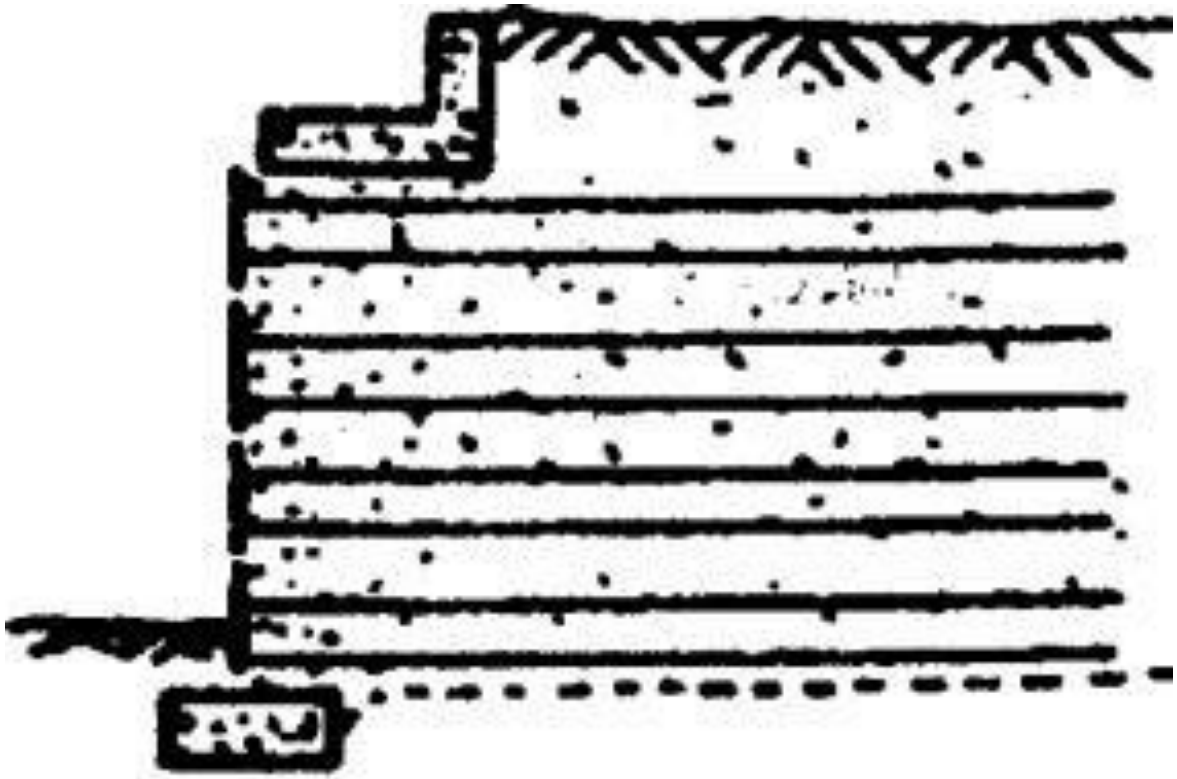


نوع سیستم کوله پل:

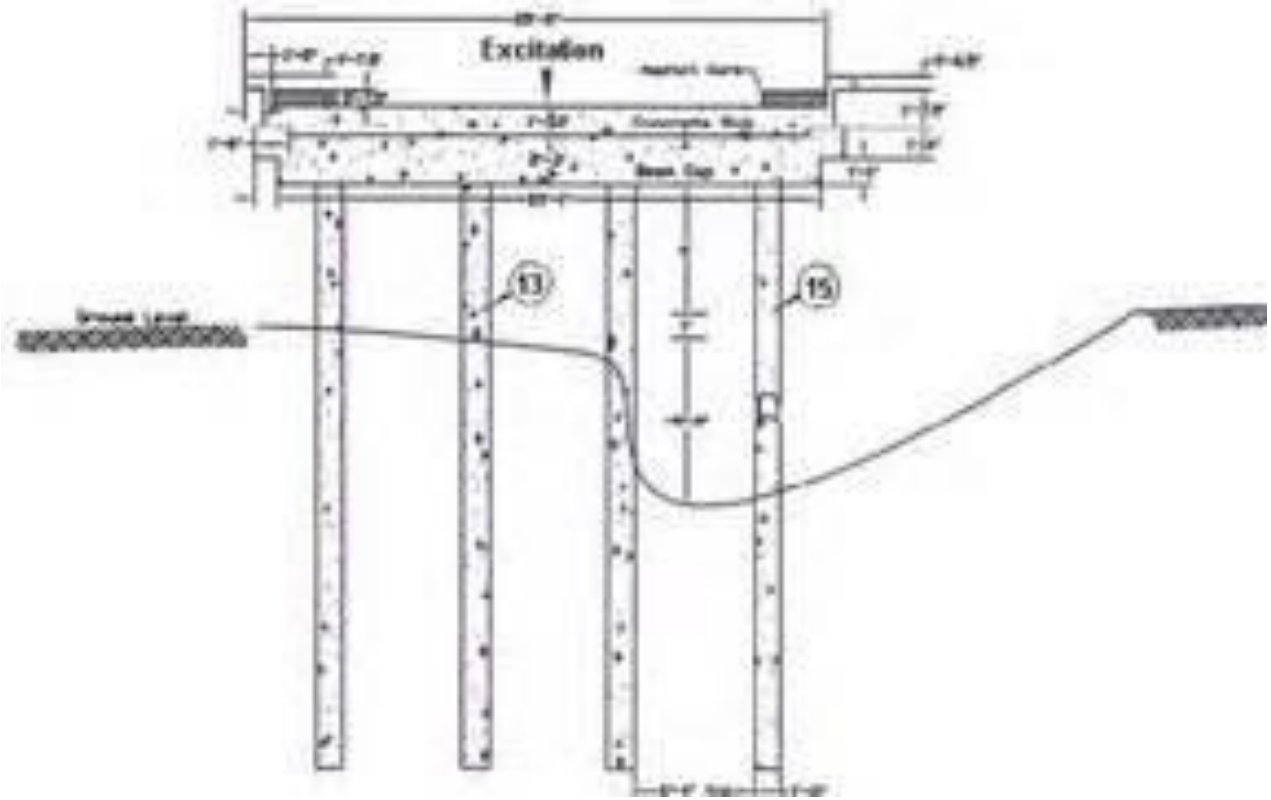




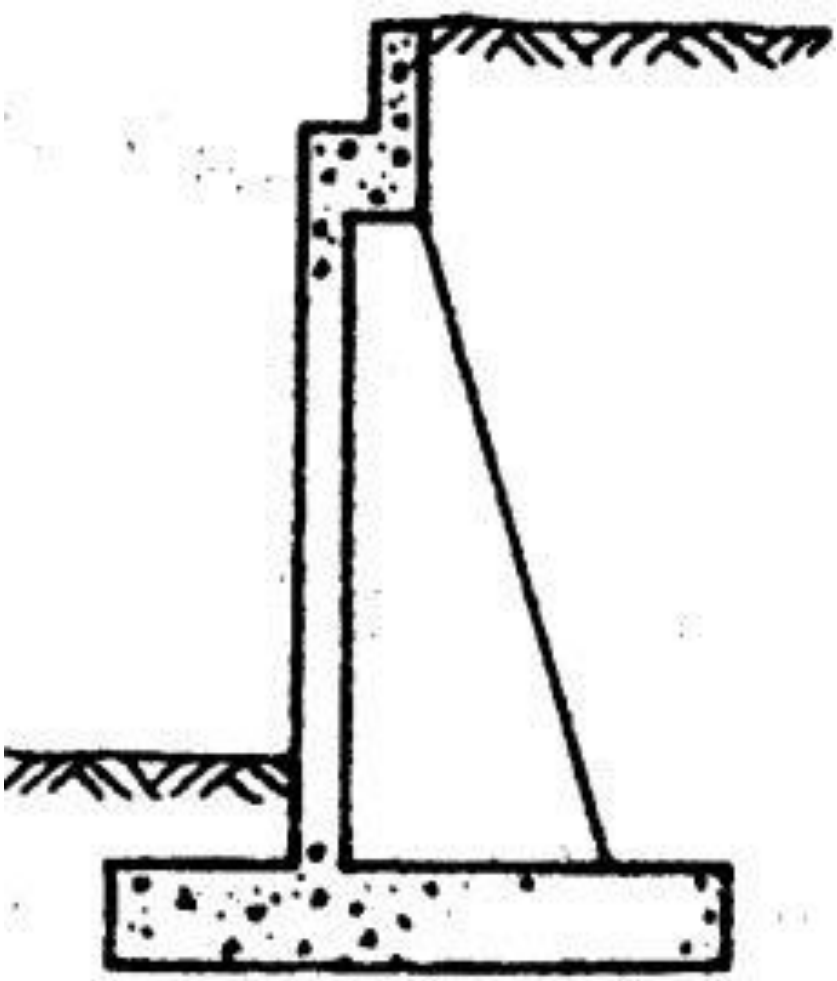
نوع سیستم کوله پل



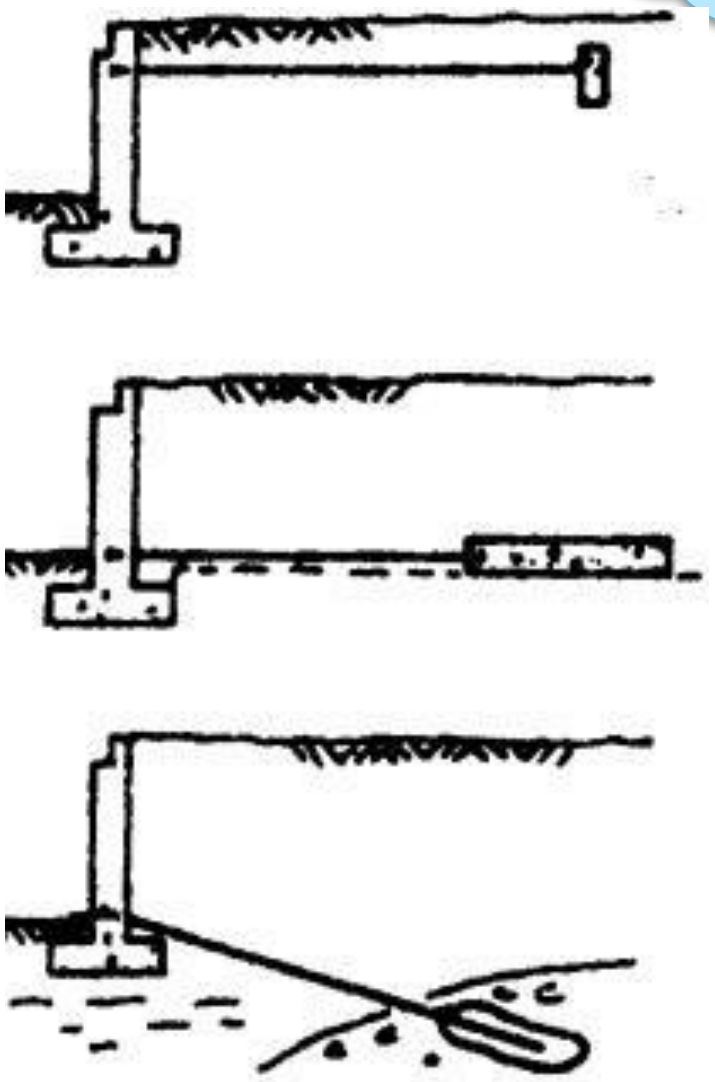
نوع سیستم کوله پل:



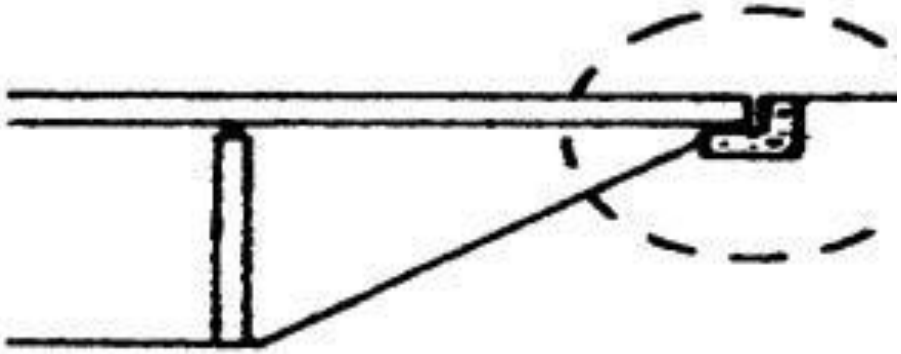
نوع سیستم کوله پل

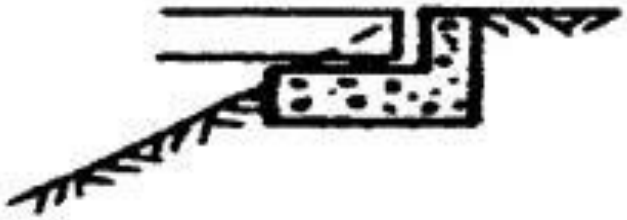


نوع سیستم کوله پل

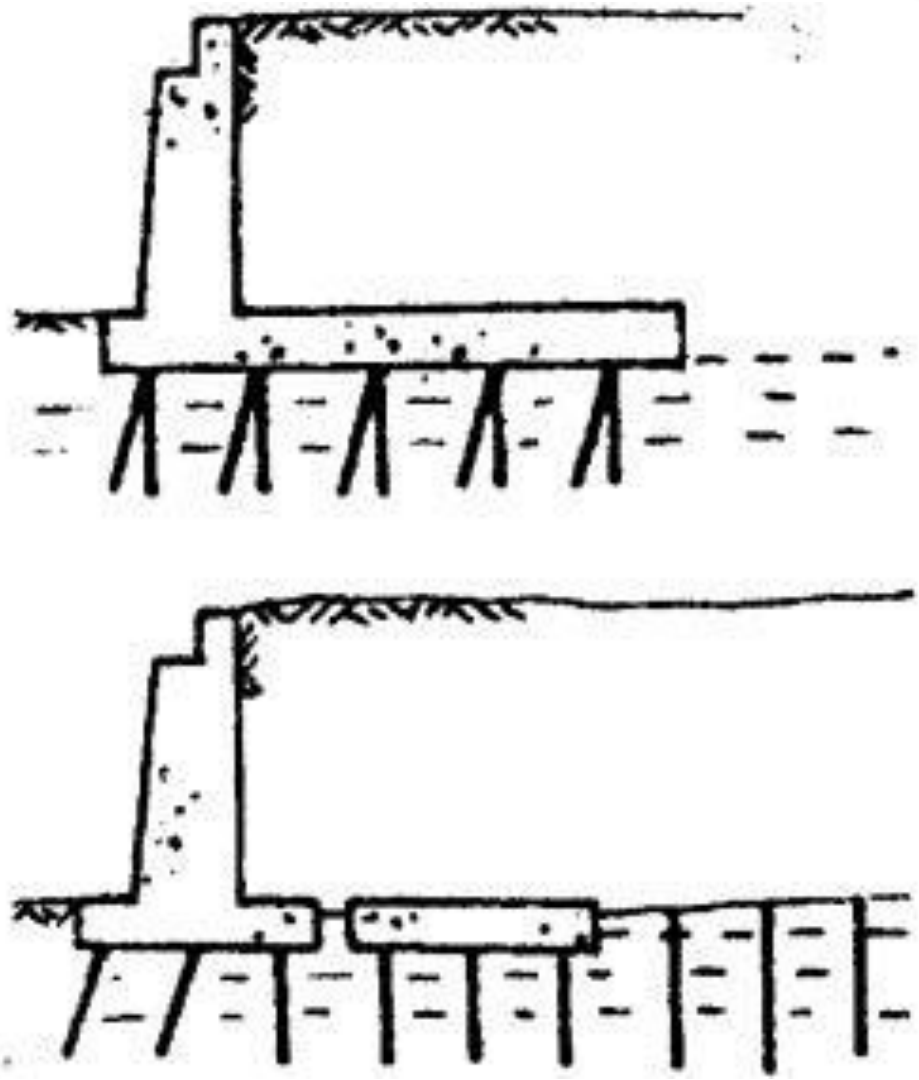


نوع سیستم کوله پل

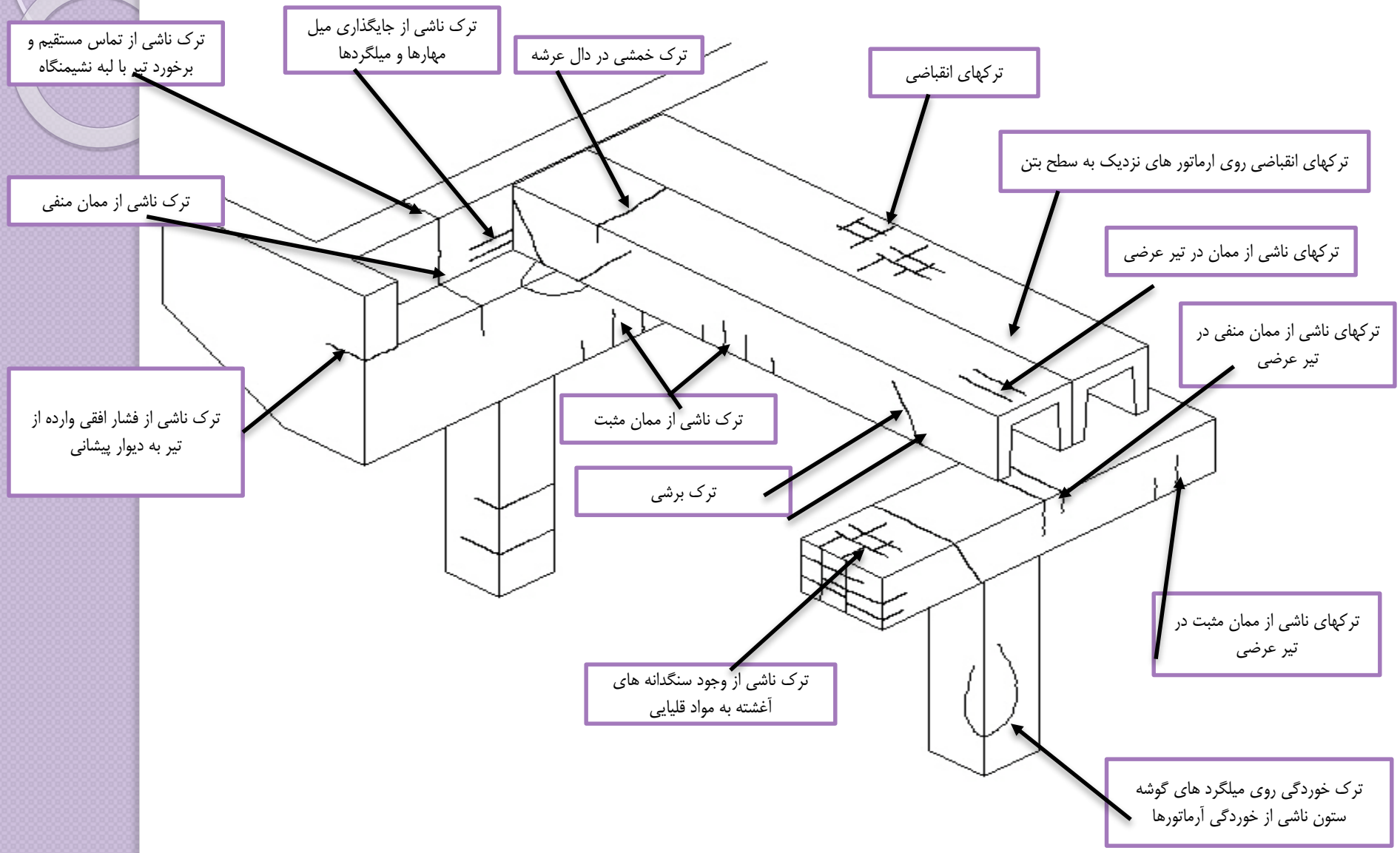




نوع سیستم کوله پل



در شکل زیر انواع ترکهای محتمل در پلهای بتنی نشان داده شده است. در ادامه تعاریف و توضیحات مربوط به انواع خرابیها ارائه شده است و درانتها، جداول مربوط به تعیین اهمیت خرابی همراه با نمایش تصویری آسیبهای اعضای متداول پلها آورده شده است.



پوسته شدگی بتن:

- از بین رفتن و اضمحلال تدریجی ملات و سنگدانه ها در سطح خارجی بتن است که ناشی از شکست شیمیایی پیوندهای سیمان ایجاد شده و باعث کاهش دوام بتن میشود.

تورق شدید و لایه لایه شدن بتن:

- این پدیده باعث جداشدن قطعهای از سطح بتن یا قلوه کن شدن بتن میشود و در اثر خوردگی آرماتورها، تمرکز تنش یا اعمال نیروهای خارجی و یا تنشهای حرارتی بوجود میآید. تفاوت پوسته شدگی با تورق شدید و لایه لایه شدن بتن در عمق آن است.
- پوسته شدگی سطحی است (حداکثر عمق ۲۵ میلیمتر) و معمولا سطح وسیعی از بتن را فرا میگیرد اما تورق شدید و قلوه کن شدن معمولا موضعی وعمیق است.

ترک خوردگی:

- ترک خوردگی از جمله خرابیهای ایجاد شده در سازه های بتنی است. ترکها بر اساس عرض آنها مطابق جدول زیر طبقه بندی می شوند:

نوع ترک	عرض ترک
مویی	کمتر از ۰,۱ میلیمتر
ریز	بین ۰,۱ تا ۰,۳ میلیمتر
متوسط	بین ۰,۳ تا ۰,۷ میلیمتر
بزرگ	بزرگتر از ۰,۷ میلیمتر

عرشه بتنی : برای دالها، تیرها، تیرهای باز، تیرهای جعبه ای، تیرهای اتصالی دیافراگمها، مهاربندی، قوسها و برجها

- **خرابی ناچیز: در شرایط مناسب با خرابی جزئی یا بدون خرابی است.**
- ترک مویی(عرض کمتر از ۰.۱ میلیمتر) ممکن است وجود داشته باشد. ترکها بسیار کم تعداد و با فاصله زیاد از هم ایجاد شده اند.
- هیچ ترکی در عضو پیشتنیده وجود ندارد. ترک موزاییکی در سطح عضو دیده نمیشود. هیچ نمونه ایی از ترکهای کششی مشاهده نمیشود.

فقط لکه هاي سطحي آب در دیافراگم

لکه جزئي آب درزیر تیر

به طور جزئي هوازده شده است، مقدار کمي تغییر رنگ و اضمحلال سطحي وجود دارد، اما عضو هنوز در شرایط خوبي است.

عرشه بتنی

- **خرابی با اهمیت کم:** شرایط نسبتا خوب، همراه با خرابیهای نسبتا جزئی است.
- ممکن است ترکهای ریز (عرض بین ۰,۱ تا ۰,۳ میلیمتر) و پوسته شدگی کم در بتن وجود داشته باشند. اما ترکها ریز و خشکند و تورق بتن در حدی نیست که آرماتورها یا کابلها نمایان شوند. لکه های نم و شوره زده گی ممکن است مشاهده شود.
- در اعضای پل پیشتنیده هیچگونه ترکی مشاهده نمیشود.
- ممکن است ترکهای موزاییکی مویی با عرض کمتر از ۰,۱ میلیمتر مشاهده شود.
- احتمال دارد ترکهای کششی مویی با عرض کمتر از میلیمتر نیز وجود داشته باشد.

ترکهاي مويي فراوان و نزديك به هم، خرابي با اهميت كم را نشان ميدهد.

ترکهاي مويي با فاصله كم همراه با شوره زدگي بر روي سطح وجود دارند.

ترك نشان داده شده همراه با اثرات رطوبت ممكن است نشان دهنده خرابي ناچيز باشد، اما تعدادي تركهاي مويي وجود دارند كه اين الگو نشانگر خرابي با اهميت كم است.

لكه هاي ايجاد شده نشان دهنده مشكلات نهان و برخي خرابيهاي جزئي است.

خرابی با اهمیت متوسط:

ترکهای متوسط (عرض بین ۰,۳ تـا ۰,۷ میلیمتـر) همـراه بـا نشانه های سایش و تورق در سطح بتن مشاهده مـی شـودکه ممکن است ناشی از خوردگی فعال و پیش رونده در آرماتورها باشد و به تدریج زمینه سطح مقطع آرماتورها و کابل ها فراهم شود.

- لکه های زنگ زدگی بصورت تک لکه در سطح بتن دیـده می شود. تعداد لکه های نم زدگی و شوره زدگی و تجمـع آنها می تواند نشان از وجود آهک در بتن باشد.
- ترکهای انقباضی با عرض متوسط(۰,۳ تـا ۰,۷ میلیمتـر) در امتداد خط مرکزی دال تخت همراه بـا زنـگ زدگـی و رطوبت اطراف ترک مشاهده می شود.
- ترک خوردگی در اعضای پیش تنیده مشاهده می شود.
- ترکهای ریز موزاییکی با عرض (۰,۱ تا ۰,۳ میلیمتر) دیـده می شود.
- ترکهای کششی ریز با عرض(۰,۱ تا ۰,۳ میلیمتر) مشـهود است

نمونه ي از قالب بندي دائمي فولادي. بخشي از دال داراي خرابي با اهميت متوسط ميباشد. در اين قسمت، دال پوشش خود را از دست داده است. اهميت خرابي ساير بخشها كم است.

ترکهاي مکرر با عرض بزرگتر از ۰/۳ میلیمتر وجود دارد.

پوسته شدگي و نمايان شدن آرماتور نشانگر خرابي با اهميت متوسط است. البته بتن داراي ترك نيز ميباشد.

نمايان شدن آرماتور به دليل پوسته شدگي موضعي در بتن است و شواهد حاكي از كم بودن پوشش بتن است.

تنها يك ترك متوسط با عرض كمتر از ۷ ميليمتر ديده ميشود. قابل توجه است كه اين ترك فعال و پيشرونده است.

ايجاد جداشدگي نسبتا بزرگ در بتن. اين جداشدگي در كليد برشي به دليل ممانعت در برابر حركت ميباشد. و بيانگر خرابي با اهميت متوسط است.

عرشه بتنی

خرابی با اهمیت زیاد

- ترکهای بزرگ (عرض بیش از ۰,۷ میلیمتر) همراه با سایش و پوسیدگی مشاهده می شود. زنگ زدگی شدید آرماتورها در یک سطح بزرگ وجود دارد. و این نشانه از دست رفتن مقدار قابل توجهی از سطح مقطع آرماتورها و کابلهاست.
- ترکهای انقباضی بزرگ در طول
- خط مرکزی، همراه با نفوذ رطوبت خیلی زیاد و لکه های شدید زنگ زدگی اطراف ترک مشاهده میشود.
- عرشه ممکن است دارای ترکهای طولی گسترده، همراه با جابه جایی ناهمگون بین اعضای آن باشد.
- ترک خوردگی در اعضای پیش تنیده مشاهده می شود.
- ترکهای ریز موزاییکی با عرض (۰,۳ تا ۰,۷ میلیمتر) دیده می شود. فاصله بین ترکها در هر شبکه ۳۰۰ میلیمتر است
- ترکهای کششی ریز با عرض(۰,۳ تا ۰,۷ میلیمتر) مشهود است

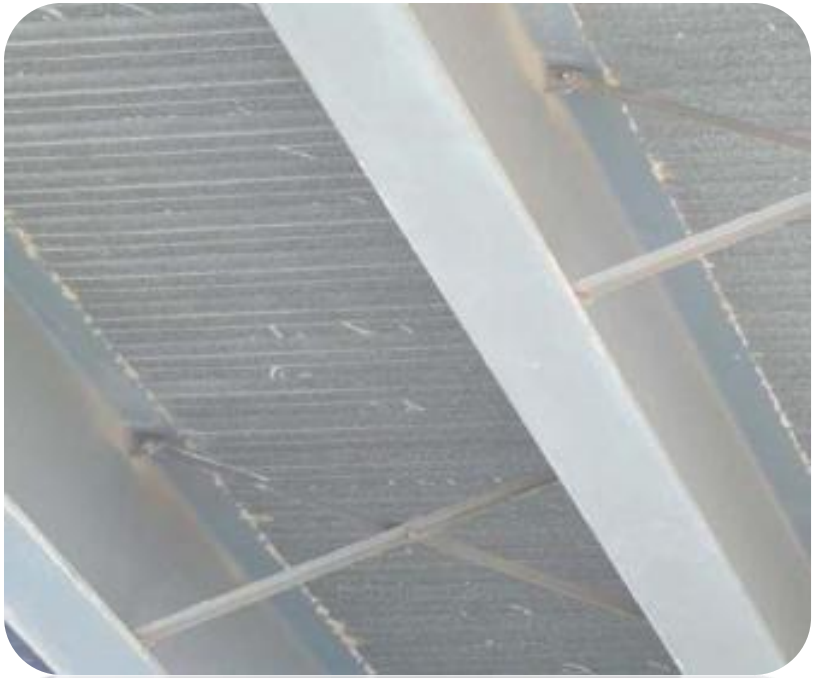
خسارت ناشي از وارد شدن ضربه شديد به تير است كه باعث خرابي كامل تير شده است. اقدام فوري براي تعمير مورد نياز است.

ترکهاي موزاييکي با عرض تا ۰/۶ ميليمتر و فواصل نزديک در سطح بتن ديده می شود

خسارت اساسي مربوط به خوردگي و کاهش سطح مقطع آرماتورهاست که منجر به شکست تيرها شده است.

خسارت اساسي وارده به عضو کاهش سطح مقطع آن است که ناشي از خرد شدن بتن مي باشد.

- **عرشه فولادی :** جهت تیرها، دیافراگمها، خرپای سراسری، تیرهای اتصال، مهاربندی، خرپاهای سراسری، قوسها، برجهای نگهداری کابلها، کابلها، آویزها، میل مهارها و پیچ و مهره های اتصال
- **خرابی ناچیز:** در شرایط خوب میباشد (بدون خرابی یا خرابی جزئی)
- همه جوشها، بولتها، پرچها، میل مهارها در شرایط خوبی هستند و هیچ گونه تغییر شکل و حرکتی در ورقها و مقاطع دیده نمیشود.
- کابلها و آویزها : هیچ علائمی از شل شدگی و ناکارآمدی میل مهارها، سوکتها و گیره ها وجود ندارد.



تغییر رنگ در نزدیکي اتصالات به مقدار بسیار جزئي و سطحي

پل قديمي، همچنان در شرايط مناسبي است.

پوشش رنگ تيرهاي فولادي كمي از بين رفته است ولي همچنان مانند تيرهاي نو هستند.

تيرهاي فولادي همچنان مانند تير نو هستند.

- **عرشه فولادی**
- **خرابی با اهمیت کم: ممکن است خوردگی موضعی سطحی مشاهده شود.**
- همه جوشها و سختکننده ها در شرایط خوبی هستند.
- هیچگونه ترک یا خوردگی سطحی اساسی دیده نمیشود. ممکن است خوردگی کمی در اتصالات دیده شود.
- **کابلها و آویزها :** میل مهارها و سوکتها سالم هستند اما گیره ها ممکن است کمی دچار خوردگی شده باشند.

زنگ زدگي و خوردگي موضعي سطحي وجود دارد اما كاهش سطح مقطع رخ نداده است.

خوردگي جزئي در اتصالات، خوردگي سطحي موضعي

خوردگي در سطحي وسيع مشاهده ميشود كه نشاندهنده خرابي با اهميت كم ميباشد.

خوردگي همه جانبه و وسيع اما سطحي رخ داده است

خوردگي سطحي موضعي، بيشتر در نواحي كه در معرض هوا قرار دارند شايع ميباشد، از بين رفتن مقطع رخ نداده است.

عرشه فولادی

خرابی با اهمیت متوسط:

خوردگی در سرتاسر عضو دیده میشود و حتی ممکن است قلوه کن شدن، بیرون پریدگی و کاهش مقطع هم مشاهده شود.

جوشها ممکن است ترکهای مویی غیرپیوسته داشته باشند.

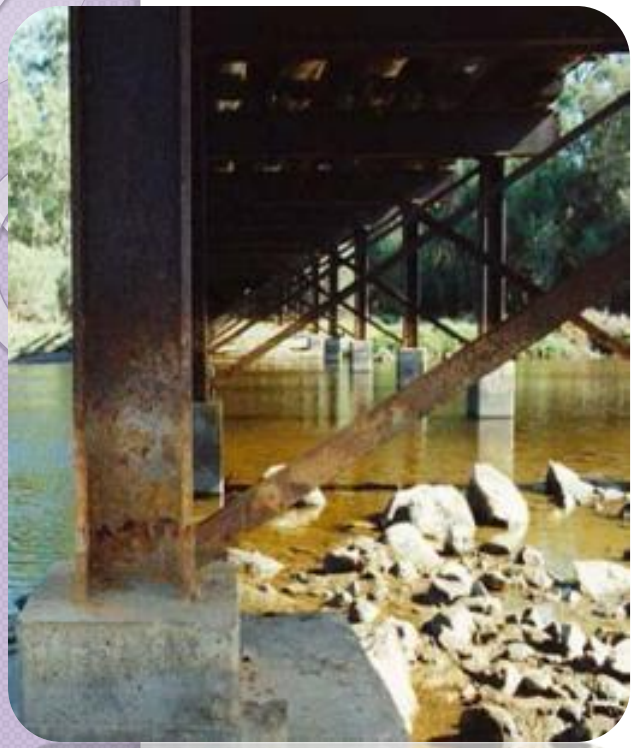
خوردگی در سخت کننده ها هم دیده میشود و حتی ممکن است بعضی سخت کننده ها شل شده باشند. ورقهای پرچ شده ممکن است در حد ۱ تا ۲ میلیمترجابه جایی داشته باشند ولی پرچها هنوز دیده میشوند.

کابلها و آویزها : میل مهارها ممکن است ترکهای مویی داشته باشند، سوکتها شل شده باشند و فلز گیره ها دارای ترک ریز باشد. کابلها ممکن است شل شده باشند و آویزها از جای خود لغزیده باشند اما سیم کابلها پاره نشده باشد.

خوردگي سطحي جوش همراه ترکهاي مويي غير ممتد وجود دارد.

خوردگي موضعي شديد در نواحي خاص و کاهش سطح مقطع وجود دارد.

خوردگي سطحي فعال و زنگزدگي شديد در پوشش فلزي ديوار جناحي، باعث كاهش سطح مقطع اين پوشش شده است.



خوردگي موضعي متوسط به همراه مقداري كاهش سطح مقطع ديده ميشود، با اين وجود همچنان عضو قابل استفاده است.

بالها فقط مقدار كمي از سطح مقطع خود را از دست داده اند، اما پوسته شدن و ورآمدن جان نشان دهنده اينست كه مقدار بيشتري از سطح مقطع آن كاهش يافته است.

خوردگي شديد بال و جان مشهود است. بازرس بايد توجه داشته باشد اين عضو نياز به بازرسي زير سطح آب دارد.

عرشه فولادی

- **خرابی با اهمیت زیاد:**
  - مقطع دارای خوردگی شدید شده و بخش قابل توجهی از سطح مقطع از دست رفته است.
  - جوشها ترک خورده اند، سخت کنندهها به شدت خورده شده و سطحشان کاهش پیدا کرده است. تیرها و شاهتیرها دچار تغییر شکل و تغییر فرم شده اند.
  - **کابلها و آویزها :**
  - آویزها در طول کابلها لغزیده اند. کابلها کاملاً شل شده اند. مهارها کاملاً ترک خورده اند یا حرکت کرده و لغزیده اند. سوکتها خراب شده اند و گیرهها کاملاً آسیبدیده اند.
  - تعدادی از سیمهای بعضی از کابلها نیز پاره شده و در آستانه گسیختگی هستند.

مقطع فولادي به شدت دچار خوردگي شده است.

ترك قابل توجه در جوش ديده ميشود. مقطع به صورت بالقوه قابليت شكست دارد.

پایه پل و کوله بتنی :

جهت پایه ها، شمع ها، ستونها، سرشمع ها، سرستونها، دیوارها، شالوده ها و کوله های بتنی

خرابی با اهمیت ناچیز :

بتن:

اعضای بتنی در شرایط خوبی هستند و ممکن است ترکهای مویی در سطح آنها دیده شود.

هیچ ترکی در اعضای پیش تنیده دیده نمیشود.

ترک کششی وجود ندارد.

مصالح بنایی:

ترکهای مویی یا ترکهای ریز در ملات و محل های اتصال دیده میشود.

شکل منفرد، پایه پل را شکل میدهد. پایه پل همانند "پایه نو" ستون بتني ميباشد.

ترکهاي مويي نزديك قسمت فوقاني وجود دارند. با اين كه شمع پيش- تنيده ميباشد و هر نوع تركي در اعضاي پيشتنيده نشانگر خرابي با اهميت كم است، اما بالاترين بخش عضو بدون تنش است و ميتوان آنرا مانند اعضاي بتن مسلح در نظر گرفت.

لايه ملات كاملا نو به نظر ميرسد. توجه شود كه اين بخشي از پايه مياني جديد در عمليات مقاومسازي است. عملكرد بخش مقاومسازي شده كاملاً خوب است.

خرابی با اهمیت کم :

- بتن:

- اعضای بتنی ترکهای ریز دارند. پوسته شدگی کم و موضعی دیده میشود. اما آرماتورها و کابلها هنوز دیده نمیشوند. هیچ ترکی در اعضای پیش تنیده مشاهده نمیشود. ترکهای کششی مویی ممکن است وجود داشته باشد.
- مصالح بنایی:
- ترکهای متوسط یا بزرگ (با عرض حتی بیش از ۱ میلیمتر) در ملات بین مصالح وجود دارد. اما قطعات سنگ و بلوکها همچنان سر جای خود قرار دارند.
- مصالح بدون ملات و یا سنگهای قواره نشده هنوز به خوبی روی هم دارند.
- گابیونها نشست و یا افت خیلی کمی دارند و یا تعداد کمی از سیمهای توری گابیون پاره شده اند.

کنده شدن بتن به دلیل ضربه است.
اما این آسیب عمیق نیست.

لكه هاي آب، نشانگر آغاز ايجاد لكه هاي زنگ است. خصوصاً در محل تلاقي پايه ديواري با عرشه و قسمت فوقاني داغ آب

مقداري سايش و ترك در نماي انتهايي پايه مشاهده ميشود. البته ممكن است خرابي ايجاد شده ناشي از عوامل محيطي بيش از مقداري باشد كه ديده ميشود.

پایه پل و کوله بتنی
خرابی با اهمیت متوسط :

بتن:

اعضای بتنی ترک متوسط دارند. تورق و پوسته شدن همراه با آشکارشدن آرماتورها نشان از خوردگی شدید و پیشرفته همراه با کاهش سطح مقطع آرماتورها دارد. لکه های زنگزدگی بصورت موضعی دیده میشود. ممکن است بعضی از کابلها نیز مشهود باشند که نشان از آغاز خوردگی آنهاست.

ترک خوردگی در اعضای پیشتنیده دیده میشود. ترکهای کششی ریز ممکن است نمایان شود.

مصالح بنایی:

ترکهای بزرگ در ملاتها، شل شدگی بعضی از بلوکها و یا سنگها همراه با ریزش مقداری از خاکریز پشت مصالح مشاهده میشود.

توری گابیونها ممکن است تا حدی آسیب دیده و پاره شده باشند و تعدادی از سنگهای درون توریها خالی شده باشد.

پوسته انداختن، نمایان شدن آرماتورها، هوازدگي قابل توجه قسمت انتهايي و قلوه كن شدن سطحي نشانه خرابي با اهميت متوسط است.

اين شكل نشانگر خرابي با اهميت كم است. اما به دليل شرايط محيطي خورنده و گسترش اثرات آن به سمت بالاي عضو و نيز وجود شبكه تركها، ميتوان خرابي اين عضو را با اهميت متوسط تلقي كرد.

❖ **پایه پل و کوله بتنی**
خرابی با اهمیت زیاد :

بتن:

اعضای بتنی ترک_های بزرگ دارند و تورق شدید همراه با خوردگی پیشرفته آرماتورها یا کابلها دیده میشود و قسمت قابلتوجهی از سطح مقطع اعضا دچاراضمحلال شده است.

ترک_های کششی متوسط در عضو دیده میشود.

مصالح بنایی:

ترکهای بزرگ با عرض بیش از ۲ میلیمتر در ملات دیده میشود.

دیوارهای جناحی ساخته شده از مصالح سنگی قواره نشده کاملاً حرکت کرده اند و تعدادی از سنگها از جای خود خارج شده و کنده شده اند. این دیوار دیگر نقش محافظ و نگهدارنده را ندارد.

گابیونها ممکن است خرابی شدیدی داشته باشند و تعداد قابل توجهی از سیمهای توری ها پاره شده و سنگها از داخل آن خارج شده باشند.

به دلیل خسارت ناشي از پوسته زدگي و بیرون پریدگي، ظرفیت مقطع کاهش یافته است. فرض بر این است که خرابي به سرعت گسترش پیدا کند.

نتیجه گیری

۱	استفاده از تجهیزات ثبت خودکار داده ها موجب خواهد شد تا مراحل جمع آوری اطلاعات در برنامه های بازرسی پل ارتقا یابد.
۲	مدیر پل می تواند با استفاده از تجهیزات پیشرفته برای شناسایی خرابی قسمت های داخل و خارج سطح آب،به اطلاعات دقیقتری جهت انتخاب روش تعمیر و یا استراتژی نگهداری مناسب دست یابد.
۳	روش های تعمیر و مقاوم سازی که در این گزارش ارایه شده اند به طور عملی و موفقیت آمیز در کشورهای مورد استفاده قرار گرفته اند. البته در مواردی نیز کارآیی درازمدت برخی از روش ها هنوز تأیید OECDعضونشده است.
۴	تحقیقات، روش های جدیدی را برای ارزیابی زیرسازه ها در محیط ها و شرایط سخت و مشکل ارایه می کند .همچنین روش های حفاظت زیرسازه در برابر نیروها و بارهای زمینی، آبی و محیطی پیشرفت کرده اند.
۵	روش ها و تکنیک های فراوانی برای تبادل اطلاعات در مورد روش ها و محصولات مرتبط با تعمیر و نگهداری زیرسازه ها ارایه شده اند که هر یک به نوعی درصد موفقیت را افزایش می دهند.

پیشنهادات

۱	باید استفاده از تجهیزات جمع آوری خودکار داده ها در برنامه بازرسی پل معرفی و متداول گر دد تا به این ترتیب دقت اطلاعات جمع آوری شده توسط بازرس پل بیشتر شود . این کار باعث خواهد شد تا بازرس به جای صرف وقت زیاد برای وارد کردن داده ها با دست، وقت بیشتری را به بازرسی عملی اختصاص دهد.
۲	باید روش های ارایه شده تعمیر و مقاوم سازی را امتحان نمود و از بین آنها مناسب ترینشان را انتخاب کرده و بکار گیرند. همچنین باید اطلاعات مرتبط با امکان، هزینه و اجرای روش ها فراهم شود.
۳	باید برای تشخیص دقیق تر خرابی بخش های داخل و خارج سطح آب، تلاش های مؤثر ی در جهت پیشرفت تجهیزات صورت گیرد.
۴	تحقیقاتی برای یافتن روش های بهتر ارزیابی زیرسازه در شرایط و محیط های سخت و دشوار مورد نیازمی باشد. همچنین باید تلاش هایی در جهت پیشرفت روش های حفاظت زیرسازه در برابر نیروها و بارهای زمینی، آبی و محیطی انجام شود.
۵	باید سازوکاری برای تبادل اطلاعات، تجربیات، روش ها و مواد و مصالح در زمینه های تعمیر و نگهداری پل برای سرویس دهی در سطح بین المللی به وجود آید.

پایان
باتشکر
civilamirhosein