« پل ها و انواع آن »

تعریف پل

پل یک سازه است که برای عبور از موانع فیزیکی از جمله رودخانه ها و دره ها استفاده می شود.پلهای متحرک نیز جهت عبور کشتیها و قایقهای بلند از زیر آنها ساخته شده است.

تاریخچه پل

ایجاد گذرگاهها و پلها برای عبور از دره ها و رودخانه ها از قدیمی ترین فعالیتهای بشر است. پلهای قدیمی معمولا از مصالح موجود در طبیعت مثل چوب و سنگ والیاف گیاهی به صورت معلق یا با تیرهای حمال ساخته شده اند.پلهای معلق از کابلهایی از جنس الیاف گیاهی که از دو طرف به تخته سنگها و درختها بسته شده و پلهای با تیر حمال از تیرهای چوبی که روی آنها با مصالح سنگی پوشیده می شد، ساخته شده اند.

ساخت پلهای سنگی به دوران قبل از رومیها بر می گردد که در خاور میانه و چین پلهای زیادی بدین شکل برپا شده است. در اروپا نیز اولین پلهای طاقی را 800 سال قبل از میلاد مسیح، برای عبور از رودخانه ها از جنس مصالح سنگی ساخته اند.
اغلب پلهای ساخته شده توسط رومیها از طاقهای سنگی دایره شکل با پایه های ضخیم تشکیل یافته است.در ایران نیز ساختن پلهای کوچک وبزرگ از زمانهای بسیار قدیم رواج داشته و پلهایی نظیر سی و سه پل، پل خواجو و پل کرخه بیش از 400 سال عمر دارند.

پل های‌از قرن یازدهم به بعد روشهای ساختن پلها پیشرفت قابل توجهی نمود و به تدریج استفاده از دستگاههای فشاری از مصالح سنگی و آجر با ملاتهای مختلف و دستگاههای خمشی از چوب متداول گردیده و تا اوایل قرن بیستم ادامه یافت. شروع قرن بیستم همراه با استفاده وسیع از پلهای فلزی و سپس پلهای بتن مسلح می باشد.

از اوایل قرن نوزدهم ساخت پلهای معلق، قوسی یا با تیر حمال از آهن آغاز شد. اولین پل معلق از آهن در سال 1796 به دهانه 21 متر در آمریکا ساخته شد، همچنین در سال 1850 یکی از مهمترین پلهای با تیر حمال از جنس آهن متشکل از دو دهانه 140 متر و دو دهانه 70 متری در انگلستان ساخته شد.

طویل ترین پل معلق به طول تقریبی 7 کیلومتر در سانفرانسیسکو ساخته و بزرگترین دهانه معلق به طول تقریبی 1400 متر در انگلیس (روی رودخانه هامبر) طراحی شده اند. در سالهای اخیر طرح پلهای ترکه ای فلزی (با کابل مستقیم) نیز برای دهانه های بزرگ مورد توجه قرار گرفته و بعد از نخستین پل که در سال 1955 به دهانه 183 متر در سوئد ساخته شده، پلهای زیادی اجرا شده است.

پلها را از نقطه نظر مصالح تشکیل دهنده به شکل زیر طبقه بندی می کنند :

پلهای چوبی:

این پلها معمولا" به شکل قوسی، با تیرهای مشبک و یا تیرهای حمال ساخته شده و در حال حاضر استفاده از آنهابه صورت موقتی می باشد.

پلهای سنگی:

با توجه به مقاومت مناسب فشاری مصالح سنگی، بسیاری از پلهای طاقی از این مصالح ساخته شده اند.نظر به کمبود افراد سنگ کار و زمان نسبتا طولانی لازم برای تهیه مصالح و اجرای سازه، امروزه استفاده از این پلها محدود می باشد.

پلهای بتنی:

در بسیاری از پلهای طاقی شکل، در حال حاضر از بتن، با توجه به مقاومت فشاری مطلوب آن به جای سنگ استفاده می شود.

پلهای بتن مسلح:

با توجه به روش اجرا و نحوه بتن ریزی، پلهای بتن مصلح را می توان از مقاطع مختلف و با اشکال دلخواه ساخت. با وجود این استفاده از مقاطع ساده در جهت کاهش بهای قالب بندی همواره مورد نظر است.در بعضی از حالات استفاده از سیستم پیش ساختگی باعث حذف اجزاء نگهدارنده قالبها و در نتیجه صرفه جوئی قابل ملاحظه می شود.

پلهای بتن پیش تنیده:

با پیشرفت این تکنیک، به تدریج در دامنه وسیعی از ابنیه فنی،پلهای بتن پیش تنیده جایگزین پلهای فلزی و پلهای بتن مسلح شده اند. بدین ترتیب با صرف هزینه کمتر، پلهای با دهانه بزرگ ساخته می شوند. از طرف دیگر استفاده از این مصالح امکان به کارگیری تکنیک های جدید پل سازی را می دهد.

پلهای فلزی:

این پلها به اشکال مختلف، با تیرهای حمال معمولی یا تیرهای مشبک فولادی، با قوس یا قالبهای فلزی، نورد شده از ورق و المانهای اتصالی ساخته شده اند. در ساخت این پلها گاهی نیز از آلیاژهای سبک یا مقطع مرکب استفاده می گردد.

از فولاد در ساخت پلهای فلزی از قرن گذشته شروع و با عنایت به مقاومت کششی و فشاری مطلوب این مصالح در سطح وسیع متداول گردید.باتوجه به فزونی بهای تولید، معمولاً نیمرخهای فولادی دارای ضخامت ناچیز بوده و در نتیجه علاوه بر مسئله زنگ زدن و خوردگی، خطر بروز ناپایداری های الاستیک نیز همواره موجود می باشد، از طرف دیگر نظر به اینکه با افزایش طول دهانه وزن مرده پلها به سرعت افزایش می یابد، با توجه به ناچیزبودن ابعاد و در نتیجه سبک بودن مقاطع فلزی، هنوز نیز برای ساختن پل ها استفاده میشود.

پوشش پلهای فلزی :

پوشش پلهای فلزی را می توان از چوب مصالح سنگی بتن مسلح و یا از ورقهای فلزی انتخاب نمود. استفاده از چوب برای پوشش پلها در زمانهای بسیار قدیم رایج بوده اما امروزه به ندرت مورد استفاده قرار می گیرد.

همچنین در طرحهای جدید از پوشش مصالح سنگی نیز به علت وزن زیاد آن، کمتر استفاده می شود در این راه حل تیرهای حمال طولی پل بوسیله قوسهائی از آجر و مصالح سنگی به هم متصل می شوند.

پوشش بتن مسلح:

این پوشش از یک دال بتن مسلح که روی تیرچه های طولی و تیرهای عرضی پل تکیه نموده تشکیل یافته است.پوشش بتن مسلح مقاومت و صلبیت لازم را به سازه داده و از نظر اجرائی نیز آسان و بسیار متداول می باشد.

پوشش فلزی:

یک نوع از این پوششها از یک سری صفحات فلزی که بوسیله بتن مسلح پوشیده شده و روی بال فوقانی تیرچه طولی جوش شده اند تشکیل شده است ضخامت کل حاصله معمولاً ضعیف (بین 10تا 20 سانتی متر) است.

یکی دیگر از انواع پوششهای فلزی متداول دال ارتوتروپ است این پوشش از یک صفحه فلزی که در جهت عمودی بوسیله ورقهای ساده یا جعبه ای تقویت شده تشکیل یافته است، صفحه فلزی نقش بال فوقانی تیرها رابه عهده داشته و ضمن شرکت در مقاومت خمشی بارهای موضعی حاصل از چرخ وسائل نقلیه رانیز تحمل می کند.

ضخامت آن معمولاً حدود 12 میلی متر (برای جان جعبه ای)تا 14 میلی متر(برای جان ساده)می باشد. دال ارتوتروپ در مجموع روی اجزاء اصلی پل (تیرهای طولی و عرضی)تکیه نموده است.

طبقه بندی پلهای فلزی:

پلهای فلزی را می توان با توجه به نوع سیستم باربر به شرح زیرطبقه بندی نمود:

- پل باتیرهای حمال
- پل قوسی
- پل با کابلهای باربر

پل با تیرهای حمال

این پلها از متداول ترین انواع مورد استفاده برای دهانه های متوسط (تا250 متر)می باشند . تیرهای حمال معمولا به صورت شبکه های فلزی مقاطع جعبه ای یا تیرهای مرکب تو پر ساخته شده و تغییر شکل بسیار محدودی خواهند داشت. شبکه های فلزی معمولآ سبک بوده اما با توجه به خصوصیات ظاهری آنها ،کمتر در مناطق شهری مورد استفاده قرار می گیرند.در حالت کلی این پلها را نیز می توان به شرح زیر تفکیک نمود:

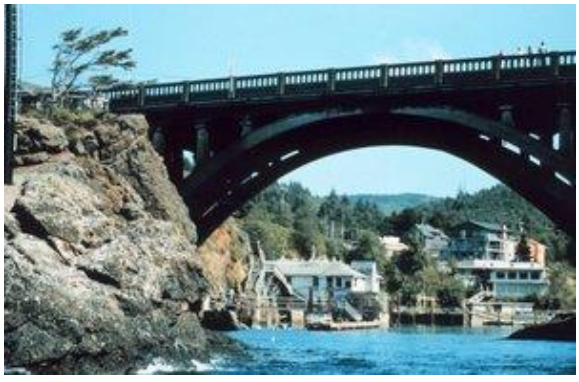
- **پل با تیرهای حمال جانبی** :

در این حالت تیرهای حمال جانبی معمولآ از شبکه های فلزی تشکیل شده و اجزاء اصلی باربر تابلیه می باشند. در شرایطی که عرض پل محدود باشد (کمتر از14 متر) می توان از این سیتستم استفاده نمود.

- **پل با تیر های حمال تحتانی**:

در این حالت تیرهای حمال عموماًاز نوع تیرهای مرکب با جان تو پر (که از چند ورق فلز با اتصال پیچ پرچ یا جوش تشکیل شده اند) می باشند. تیرهای حمال با ارتفاع ثابت یا متغیر ساخته شده و در نتیجه ضمن حصول منظره مناسب صرفه جوئی مهمی نیز در مصرف مصالح خواهد شد. همچنین در بعضی شرایط می توان سبستم متشکل از تیرها یا حمال تحتانی را با یک مقطع جعبه ای جایگزین نمود.

پل قوسی



پل قوسی، پلی است با تکیه گاه های انتهائی در هر طرف، که شکلی نیم دایره مانند دارد. پلی که از رشته ای از قوسها تشکیل شده باشد، پل دره ای نامیده می شود. پل قوسی ابتدا توسط یونانی ها و از سنگ ساخته شد. بعدها، رومیان باستان از ملات در پل های قوسی خود استفاده کردند.

با توجه به اصول مقاومت مصالح، شعاع قوس وابعاد این پلها را طوری انتخاب می کنند که بارهای قائم وارده تبدیل به یک نیروی فشاری در امتداد قوس شود. بنا براین در مناطقی با کیفیت خاک مناسب،می توان دهانه های بزرگ (تا حدود500متر) را با پلهای قوسی طی نمود.

پل ترکه ای:

در این پلها،تابلیه به صورت یک صفحه صلب از یک طرف روی پایه های کناری (کوله ها) و دو پایه بلند میانی و از طرف دیگر به طور الاستیک روی کابلهای مورب تکیه نموده است. این کابلها در تمام طول پل گسترش می یابند بار وارده را به پایه های بلند میانی منتقل می نمایند. کابلهای ذکر شده را می توان در دو صفحه قائم و به طور موازی در دو طرف تابلیه قرار داده و یا در جهت عرضی نیز به طور مورب و در امتداد محورطولی پل به پایه میانی متصل نمود.

همچنین در بعضی شرایط می توان از یک مجموعه کابل که در امتداد محور طولی پل قرار می گیرند استفاده نمود.

پایه های میانی پل به شکل I ، A یا H طرح شده و معمولاً از فولاد یا بتن مسلح می باشد،پلهای ترکه ای به تعداد زیاد و تا دهانه 500 متر ساخته شده اند.

پل معلق :

در این پلها نیز تابلیه به صورت یک صفحه صلب روی پایه های کناری و میانی تکیه نموده است .

نگهداری پل

با توجه به مخارج سنگین انجام شده برای اجرای ابنیه بتنی،مسئله نگهداری دقیق این سازه ها در برابر آب و باد دو یخبندان از اهمیت خاصی بر خوردار است.

در مناطقی که بستر رودخانه سست بوده و در اثر طغیان آب امکان شسته شدن داشته باشد باید وضعیت آن را در اطراف پل بعد از طغیانهای مختلف مورد برسی قرار داد تا با تدابیر مختلف از خالی شدن خاک اطراف پی ها و در نتیجه تخریب پایه ها جلوگیری شود. لایه عایق کاری و آسفالت کف جاده باید طوری انجام شود که از نفوذ و باقی ماندن آب در جسم پل جلوگیری شود.

بعد از پایان ساختمان پل و قبل از تحت سرویس قرار گرفتن،المانهای مختلف آنرا باید به دقت مورد بازدید قرار داد تا مشخص شود تحت بارهای دائمی و دستگاههای ساخت،تغییر شکل ها و ترک های پیش بینی نشده در آن ایجاد نشده باشد، همچنین بعد از آزمون بار گذاری که تحت شدید ترین بارگذاری ممکنه در طول دوره سرویس قرار می گیرد، باید کلیه تغییر شکلهای ایجاد شده و فلش مقاطع بحرانی، ترک های احتمالی، نشست پایه ها، تغییر فرم دستگاههای تکیه گاهی و اتصالات مختلف به دقت مورد برسی قرار گیرند.

در طول دوره بهره برداری نیز در زمانهای مشخص باید قسمتهای مختلف پل مورد بازدید قرار گیرند به عنوان مثال:در پلهای فلزی که احتمال از بین رفتن اتصالات پیچ و جوش، زنگ زدن المانها و خوردگی آنها و بروز نا پایداریهای الاسیتک موجود است. این بازدیدها باید به طور مداوم و حداقل هر پنج سال یکبار انجام شده و برای جلو گیری از تخریب قطعات، آنها را با مواد مناسب پوشانید. همچنین در مورد پلهای بتن پیش تنیده شده وضع دستگاههای مهارتی و کشش کابلها مورد بررسی قرار گرفته و با انجام عمل تزریق به نحو مناسب، از زنگ زدگی کابلها جلوگیری به عمل آید.

از عبور سربارهای غیر مجاز که در طرح ومحاسبه قطعات پل در نظر گرفته نشده اند،اکیدآ جلوگیری شود.

پل های دهانه طویل مستحکم شده با کابل

در آغاز هزاره سوم میلادی 17 پل در جهان وجود داشته است که دهانه آنها بیش از هزار متر می‌شود. این پل ها یا در حال بهره برداری هستند و یا ساختمان آنها به ما پایان نرسیده است

این پلها همه از نوع پل های معلق هستند و تعداد آنها در کشورهای مختلف به ترتیب زیر است:

در آمریکا و ژاپن چهار پل ، در انکلستان ، ترکیه و چین هر یک دو پل و در پرتغال , دانمارک و سوئد هر یک ، یک پل وجود دارد.

*از بین پلهای معلق , پل های زیر حائز اهمیت هستند:

اول , پل عظیم آکاشی -کای کیو در ژاپن که دهانه اصلی آن 1991 متر است و در ماه آوریل ساله 1996 آماده بهره برداری شده است . این پل در نزدیکی کوبه در راه کوبه - ناروتو بین جزایر هونشو و شی‌کوکو قرار دارد.

دوم , پل بزرگ کمری شرقی در دانمارک که دهانه اصلی آن 1624 متر و در ماه ژوئن 1998 اماده استفاده شده است.

*در بین پل های معلقی که در مسیر شاهراه ها و راه اهن قرار دارند ، پل های زیر حایز اهمیت هستند:

اول ، پل تسینک ما در هنگ کنگ که دهانه اصلی آن 1377 متر و در سال 1997 بهره برداری از آن آغاز شده است.

دوم ، پل مینامی - بیزان ستو در ژاپن که در راه کوجی ما – ساکاید ، بین جزایر هونشو و شی کوکو قرار دارد . . این پل در حدود صد کیلومتری غرب کوبه واقع شده است و دهانه اصلی آن 1100 متر است و در سال 1998 بهره برداری از آن شروع شده است .

پل های کابلی

دهانه پلهای کابلی امرزه به هزار متر هم رسیده است . در حال حاضر در جهان 13 پل کابلی وجود دارد که ساختمان آنها به پایان رسیده و یا در شرف اتمام است.

دهانه این پلها بین 1000-500 متر است.

***در بین پل های کابلی ، پل های زیر حایز اهمیت است:**

اول تاتارا که دهانه اصلی آن 890 متر است و در سال 1999 مورد بهره برداری قرار گرفت . این پل در ژاپن و در 200 کیلومیری غرب کوبه در راه انوموچی-ایمابارای بین جزایر هونشو و شی کوکو قرار دارد.

دوم , پل پونت د.نرماندی در فرانسه با دهانه اصلی 856 متر قرار دارد و در سال 1995 ساختمان آن به پایان رسیده است.

پل سنگ تراش ها

پل سنگ تراش ها در هنگ کنگ به احتمال قوی یک پل کابلی است که طول دهانه آن بیش از هزار متر می‌شود.

در بین پلهای کابلی که در مسیر شاهراه ها و یا راه آهن قرار دارد , پلهای زیر حایز اهمیت است:

اول پل ارسوند بین دانمارک و سوئد واقع است و دهانه آن 430 متر می‌شود که در سال 2000 آماده بهره بداری شده است.

دوم , پل کاپ شوی مون در هنگ کنگ واقع است که دهانه آن 430 متر می‌شود و در سال 1997 بهراه برداری از آن آغز شد است . این پل در نزدیکی پل سینگ ما قرار دارد.

در بین پل های کابلی یک ستونی ، مقام اول به پل سوگورت در روسیه تعلق میگیردکه دهانه آن 408 متر است و بهره برداری از آن سال 2000 آغاز شده است . مقام دوم را نیز پل کارنالی در نپال با دهانه ای به طول 325 متر به خود اختصاص می‌دهدکه از سال 1992 مورد استفاده قرار گرفته است.

پروژه پل اولیاناوسک که قرار بود یک ستونی و با دهانه ای به طول 407 متر ساخته شود با پل شاه تیری با چهار دهانه هر کدام به طول 203,5 متر تعویض شود.

پل آکاشی کایکو

پل آکاشی کایکو یک پل معلق 3 دهانه است که بر روی تنگه آکاشی احداث شده است و شهر مایکو در کبه را به شهر ماتسوهو در جزیره اواجی متصل میکند. در طرح اولیه پل قرار بر این بوده که سیستم حمل و نقل ریلی نیز وجود داشته باشد اما در سال 1985 دولت تصمیم گرفت که این سیستم را حذف کرده و این پل صرفا کاربری یک ازادراه را داشته باشد.در ماه آوریل سال 1985 مطالعات مقدماتی آغاز شد و پس از مطالعات فراوان کار ساخت پل عملا از سال 1988 شروع شد و عملیات ساخت آن 10 سال به طول انجامید. پل آکاشی طولانی ترین پل معلق جهان میباشد که طول دهانه اصلی آن از پل هامبر واقع در انگلستان 581 متر بلندتر است.اگر چه در طرح مقدماتی طول کلی پل 3910 متر بوده ولی این طول در اثر زلزله شدید هانشین که در ژانویه سال 1995 رخ داد به میزان یک متر افزایش پیدا کرده است .

***شرایط محیطی محل ساخت و مشخصات طراحی:**

عرض تنگه : 4 کیلومتر

عمیق ترین قسمت تنگه :110 متر

حداکثر سرعت جریان آب : 4,5 متر بر ثانیه

حداکثر سرعت باد : 46 متر بر ثانیه

نوع پل : معلق

ترکیب : 3 دهانه با سیستم خرپایی

طول : 3911 متر

طول دهانه ها : 960+1991+960 متر

سرعت باد جهت طراحی

تیرها : 60 متر بر ثانیه

برجها : 67 متر بر ثانیه

ارتفاع سطح جاده در دهانه اصلی : 97 متر

مقادیر فولاد بکار رفته

برجها : 4620 تن

کابلها : 57700 تن

خرپاها : 89300 تن

شرایط محیطی

تنگه آگاشی که خلیج اوزاکا و هاریماندا را به هم متصل میکند 4 کیلومتر عرض دارد . عمیق ترین منطقه ای که پل از روی آن عبور میکند 110 متر عمق دارد و سرعت جریان اب در آن 4,5 متر بر ثانیه میباشد.این تنگه از دوران قیم نیز یکی از مهمترین مسیر های آبی بوده و در حال حاضر هر روز 1400 کشتی و شناور از این تنگه عبور میکند و جهت تامین حداکثر ایمنی برای عبور این ترافیک آبی مسیری به عرض 1500 متر در نظر گرفته شده است . در حین عملیات مطالعاتی شرایط پیش بینی نشده دشواری ایجاد شد از جمله آنها وجود جریان قوی آب در مناطق عمیق این تنگه بود که کار غواصان را برای مطالعه بستر دریا با سختیهای زیادی روبرو کرد.

مطالعات طراحی

عامل اصلی در طراحی پلهای معلق طول دهانه اصلی اینگونه پلها میباشد قبل از طراحی پل آکاشی طولانی ترین پل معلق ساخته شده در ژاپن دارای دهانه اصلی به طول 1000 متر بوده که طول دهانه اصلی این پل دو برابر آن میباشد. زمانیکه طول دهانه اصلی افزایش پیدا میکند اثر منفی نیروی باد بر روی ان افزایش یافته و تامین پایداری دینامیکی پل شرط اصلی طراحی آن خواهد بود. جهت بررسی پایداری دینامیکی این پل یک مدل 100/1 از آن ساخته شد ودر تونل بادی با سرعت 80 متر بر ثانیه قرار گرفت. جهت طراحی این پل در برابر زلزله دو حالت مختلف در نظر گرفته شده است : 1- زلزله ای به بزرگی 8,5 ریشتر که کانون آن در 150 کیلومتری محل پل باشد 2- زلزله ای با دوره بازگشت 150 ساله که در 300 کیلومتری محل پل به وقوع بپیوندد. زلزله بزرگ هانشین که توسط یک گسل فعال رخ داد زلزله ای به بزرگی 7,2 ریشتر بود

فونداسیون برجهای اصلی

فونداسیون برجها وزن 12000 تنی پل را به زمین منتقل میکند این بستر که در عمق 60 متری از سطح اب قرار گرفته توسط یک سری گریدرهای مخصوص حفر شده است. به دلیل وجود عوامل گوناگونی مانند جریانهای قوی در اعماق اب عمق زیاد آب و امواج ناشی از فعالیت گریدرها در عمق 60 متری از یک سری سیستمهای هوشمند که از راه دور کنترل میشوند استفاده شده است . در نهایت عملیات حفاری با یک تلرانس 10 سانتیمتری جهت تعبیه قالب های مخصوص خاتمه پیدا کرد. دلیل اصلی ساخت این قالبها به صورت دایره ای این بوده که جریانهای قوی موجود در منطقه عملیات جابجایی و نصب انها را با دشواری موجه نکند

مشخصات فونداسیون برجها

ارتفاع : 70 متر

قطر : 80 متر

فولاد مصرفی : 15200 تن

بتن مصرفی : 355000 تن

تکیه گاه ها

جهت استقرار تکیه گاه های کابل های پل در ساحل تنگه آکاشی نیاز به انجام یک سری اصلاحات در ساحل وجود داشت . تکیه گاه اول در ساحل کبه با استفاده از روش ساخت دیوارهای زیرزمینی ساخته شده است و فونداسیون آن یک فونداسیون بتنی به 85 متر و ارتفاع 63,5 متر میباشد که بزرگترین فونداسیون تکیه گاهی ساخته شده است. تکیه گاه دوم توسط یک دیوار حائل با روش فونئاسیونهای مسقل ساخته شده است . ترکیب اصلی تکیه گاه ها که کابلهای کششی را مهار میکند از نوعی بتن خاص با کاربری فوق العاده بالا ساخته شده است که تراکم بالایی داشته و باعث افزایش دوام بتن و کاهش زمان بتن ریزی میشود .

***مشخصات تکیه گاه ها** :

تکیه گاه اول

نوع : دیواره های دوبل بتن آرمه

حجم بتن ریزی فونداسیون : 232600 متر مکعب

حجم بتن ریزی بدنه اصلی : 350000 تن

تکیه گاه دوم

نوع : فونداسیون مستقل

حجم بتن ریزی بدنه اصلی : 370000 تن

برج ها

تکیه گاه های فوقانی برجها وظیفه انتقال 100000 تن وزن پل به فونداسیونها را به عهده دارد. برجها هر کدام به 30 قطعه افقی تقسیم شده اند که هر یک از آنها شامل 3 بلوک به وزن 160 تن میباشد . یکی از نکات مهم در طراحی این برجها ارتفاع 300 متری آنها ست که تقریبا با برج معروف توکیو برابری میکند و در نتیجه به شدت تحت تاثیر نیروی باد قرا میگیرد. برای حل این مشکل مهندسین مقطع عرضی این برجها را به شکل صلیب طراحی کرده اندو برای کاهش اثرات پیچشی نیروی باد از یک سری میراگرهای خاص استفاده کردند. این میراگرها هر کدام 10 تن وزن دارند و 20 عدد از آنها در قطعات هفدهم - هجدهم و بیست و یکم از 30 قطعه اصلی قرار گرفته اند

کابلها

هر یک از کابل ها از 290 رشته تشکیل شده و هر کدام از این 290 رشته شامل 127 وایر میباشد هر کدام از این وایرها از نوعی فولاد کششی ضد زنگ به قطر 5,28 میلیمتر ساخته شده است . شکل خارجی این رشته ها 6 ضلعی بوده و به روش پیش تنیده در کارخانه تهیه شده است . یکی از برترین تکنولوژیهایی که در حین ساخت به آن دست پیدا شد تهیه وایر هایی با تنش کششی بالا بود. مقدار تنش کششی هر یک از این وایرها در ابتدا 160 کیلوگرم بر میلیمتر مربع بود که به مقدار 180 کیلو گرم بر میلیمتر مربع رسانده شد . همین مقدار بسیار ناچیز در افزایش تنش کششی مجاز باعث شد که در هر طرف پل از یک کابل به جای دو کابل استفاده شود و در نتیجه وزن کلی پل کاهش پیدا کرده ونصب کابلها نیز اسانتر انجام شود. کل طول وایرهایی که استفاده شده 300000 کیلوتر بوده که با این مقدار میتوان 7,5 بار کره زمین را دور زد.

مشخصات کابلها

روش ساخت : روش پیش تنیدگی

میزان انحنا : 10/1

ظرفیت باربری مجاز هر کابل : 62500 تن

ظرفیت باربری مجاز هر یک از کابلهای اویزان : 560 تن

نوع فولاد بکار رفته : فولاد ضد زنگ با مقاوت بالا

تنش کششی مجاز هر وایر : 180 کیلوگرم بر میلیمتر مربع

قطر هر کابل : 1122 میلیمتر

طول هر کابل : 4071-4074 متر

وزن فولاد بکار رفته

کابل های اصلی : 50500 ت

کابل های اویزان : 7200 تن

اولین مرحله جهت نصب کابل نصب یک طناب از جنس پلی امید با وزن سبک و مقاومت کششی بالا بود که برای جلوگیری از ترافیک آبی از یک هلیکوپتر استفده شد.

شاه تیرها

مقدار 90000 تن فولاد در ساخت شاهتیرها بکار رفته است.استفاده از فولاد با مقاومت کششی بالا باعث شده که شاهتیرها در عین مقاوم بودن بسیار سبک و انعطاف پذیر باشند و در نتیجه از نظر اقتصادی نیز به صرفه هستند. ساخت شاهتیرها توسط تیر ورق انجام گرفته و مراحل نصب آن در محل توسط یک جرثقیل متحرک انجام شده است . این تیر ورق ها در محل کارخانه ساخته شده و سپس به محل حمل شده است . برای کاهش اثرات پیچشی نیروی باد از یک سری صفحات پایدار کننده استفاده شده است که این صفحات جریان باد را هدایت کرده و باعث کاهش اثرات منفی نیروی باد بر شاهتیرها شده وبین فشار باد در بالا و پایین سطح پل توزن ایجاد میکند.این پایدارکننده ها قبلا در تونل بدا مورد ازمایش قرار گرفته و قابلیت های آن به اثابت رسیده است

***مشخصات شاهتیرها**

میزان انعطاف پذیری

به سمت بالا : 8 متر

به سمت پایین : 5 متر

به صورت افقی : 27 متر

مقدار انقباض و انبساط : 145 سانتیمتر

مرتفع‌ترین پل جهان

Viaduct Millau

این پل واقع در جنوب فرانسه بوده و به عنوان مرتفع‌ترین پل جهان شناخته می‌شود.

این ساخته دست بشر، حقیقتاً نمادی از شکوه و عظمت دانش مهندسی را به تصویر می‌کشد.

(تصویر زیر، پل را در حال ساخت نشان می‌دهد. برج‌های قرمز رنگی را که در شکل مشاهده می‌کنید، پس از اتمام پروژه برچیده شده‌اند).

پل آلامبو اسپانیا

Siville, Spain 1987-1992

River Guadalquivir

Motor and Pedestrian Bridge

Maximum Span 200m (656 ft)

زمانی که اسپانیا برای میزبانی نمایشگاه اکسپو سال 1992 انتخاب شد، ساختن پل‌های جدید برای دسترسی به جزیره‌ای بزرگ ولی دورافتاده و متروک بر روی رودخانه‌ی Guadalquivir در Seville قسمت بزرگی از تدارکات مربوط به نمایشگاه محسوب می‌شد.
چهار پل جدید ساخته شد که دو پل توسط کالاتراوا طراحی شده بود. پل Alamillo بزرگترین و وسیع‌ترین آن می‌باشد.
این پل توسط سانتیاگو کالاتراوا که قبلاً به خاطر ساختن چندین ایستگاه و فرودگاه و پل و همچنین پل‌سازی روی رودخانه‌ی Guadalquivirمشهور شده بود طراحی شده و اکنون به عنوان یک سمبل چشم‌انداز مهم و نشانه‌ای از مدنیت و هنر معماری و مهندسی محسوب می‌شود.

پل Alamillo که یک پل سواره- پیاده رو است شهر Siville را به جزیره‌ی Cartuja که نمایشگاه در آن برگزار شد متصل می‌کند.
طرح جسارت‌آمیز و تحرک‌برانگیز موجود در پروژه، توجه همه را از ابتدای طراحی به پل Alamillo معطوف داشته است. احداث پل در یک منطقه‌ی دورافتاده‌ی شهر از اهمیت اساسی در احیای ناحیه‌ای که رو به نابودی داشت برخوردار است

طرح اصلی کالاتراوا یک جفت پل متقارن در دو طرف جزیره‌ی La Cartuja بود که 1/5 کیلومتر از هم فاصله داشت اما در حقیقت یکی از آن‌ها ساخته شد. آنچه مسلم است نقطه قوت و برجسته طرح پل Alamillo در قرینه‌ای بودن آن است.

تنها ستون پل که با زاویه‌ای 58 درجه‌ای به طرف بیرون رودخانه متمایل است، دهانه‌ی پل به طول 200 متر را با 13 جفت کابل نگهداری می‌کند . این تمایل به عقب حس حرکت و مراقبت را به کل ساختار می‌دهد و باعث می‌شود این قسمت یک نگهدارنده‌ی ساده‌ی ساکن به نظر نرسد. علاوه بر آن وزن و شیب آن نقش مهمی در ایجاد تعادل بین ستون و سواره‌رو ایفا کرده و تقارن ساختاری را غیرضروری می‌سازد.

نکته‌ی مهم دیگر اینکه نیروهای افقی ایجاد شده توسط ستون و دهانه توسط کابلهای تحت کشش متعادل می‌شود. بنابراین پایه‌ها تنها تحت تأثیر بارهای عمودی قرار می‌گیرند.

این رویکرد کالاتراوا ساختار پل را شبیه یک چنگ عظیم کرده. این پل در نوع خود بی نظیر است و سازه ای مشابه آن وجود ندارد.

کالاتراوا پل را نه‌تنها به عنوان عامل ارتباطی، بلکه المانی برای منظرسازی و ایجاد نشانه شهری و عاملی محرک برای ترقی در آن منطقه در نظر گرفت. ستون سیمانی و فولادی آن به عنوان یک سمبل و نشانه از شهر قدیمی Seville قابل رؤیت است.

در طی نمایشگاه اکسپو 1992 ،در حقیقت ساخت جاده‌های جدید ، پل های متعدد از جمله پل Alamillo ، هتلها و پارکها به معرفی معماری در منطقه و ارتقاء ارزش آن کمک فراوان نمود.

این پل به طور کامل روش معماری کالاتراوا را منعکس می‌کند که در جهت ابداع فرمهای سبک هدایت شده است. فرمی که ایده‌ی حرکت و نوآوری در تکنولوژی را می‌رساند.

پل هامبر

با توجه به شرایط جغرافیایی کشور انگلستان و وجود پهنه وسیع آبی این کشور ساخت پلهای معلق بسیار رایج بوده که از جمله این پل ها, پل هامبر را میتوان نام برد .این پل که در دهانه رودخانه ای در نزدیکی شهر بریستول قرار گرفته یکی از شاهکارهای مهندسی عمران به حساب می اید و برای یک دوره 120 ساله طراحی شده است.در ادامه با مشخصات این پل بیشتر آشنا می شویم.

طول کلی این پل 2220 متر میباشد که بر روی دو پایه شمالی و جنوبی قرار گرفته است.در قسمت ساحل شمالی رودخانه یک بستر گچی مناسب وجود دارد که توسط لایه ضخیمی از خاک رس پوشیده شده است و این بستر زمینه مناسبی را جهت قرارگیری مهارها و پایه ها فراهم کرده است . در ساحل جنوبی رودخانه لایه ای آبرفتی در زیر لایه ای از خاک شن و ماسه قرار گرفته و در عمق 30 متری این لایه ها نیز بستر عمیقی از خاک رس متراکم وجود دارد کابل های اصلی هر کدام از14948 رشته به ضخامت 5 میلی متر تشکیل شده است. در دهانه فرعی شمالی علاوه بر این رشته ها از 800 رشته اضافه در هر یک از کابل ها استفاده شده است . سایر مشخصات به شرح زیر میباشد:

طول دهانه اصلی 1410متر

دهانه فرعی شمالی 280 متر

دهانه فرعی جنوبی 530 متر

ارتفاع از سطح آزاد آب 30 متر

عرض عرشه با پیاده رو 28,5 متر

ارتفاع پایه ها از روی فونداسیون 155,5متر

بار وارد بر هر کابل 19400 تن

وزن فولاد مصرفی 27500 تن

وزن بتن مصرفی 480000 تن

عمق فونداسیون در مهاربند شمالی 21 متر

عمق فونداسیون در مهاربند جنوبی 35 متر

عمق فونداسیون در زیر پایه شمالی 8 متر

عمق فونداسیون در زیر پایه جنوبی 36 متر

پل گلدن‌گیت، نماد شهر سانفرانسیسکو..

پل گلدن‌گیت در زمره زیباترین و منحصربه‌فردترین پل‌های متحرک دنیا محسوب می‌شود که با گذشت 69 سال استحکام و زیبایی خود را حفظ کرده است.

پل گلدن‌گیت که با هزینه 35 میلیون دلار ظرف مدت 4 سال در سانفرانسیسکو ساخته شد، شمال این شهر را به جنوب آن متصل می‌کند. این پل در 28 می سال 1937 ساعت 12 بعدازظهر همزمان با اعلام خبر آماده بهره‌برداری بودن این پل توسط فرانکلین دی.روزولت، رییس جمهور وقت آمریکا، به روی وسایل نقلیه باز شد. این پل متحرک 4200 فوت طول دارد و سال‌هاست که مستحکم پابرجا مانده است. ارتفاع این پل از سطح آب 220 فوت و وزن آن 887000 تن است. دو برجی که در طول این پل ساخته شده‌اند 746 فوت ارتفاع دارند. در سال 1997، حدود 41381000 وسیله نقلیه از روی این پل عبور کردند. 30 نفر در هنگام ساخت این پل از روی آن سقوط کردند و به دلیل وزش بادهای شدید، کارگران در هنگام ساخت آن با مشکلات بسیاری مواجه شدند .

ساکنین شهر سانفرانسیسکو این پل را نماد شهر خود به حساب می‌آورند. داستان‌ها و مسایل عجیب و جالبی در مورد این پل وجود دارد. این پل علی رغم نام خود (گلدن گیت به معنی دروازه طلایی) به رنگ طلایی نیست ولی برخی معتقدند که این پل هر سال رنگ می‌شود، در حالی که این امر حقیقت ندارد و تاکنون فقط دو بار رنگ شده است: یک بار در سال 1937 و بار دیگر در فاصله سال‌های 1995 _ 1965. گفته می‌شود که پل گلدن‌گیت بزرگ‌ترین پل دنیاست. البته این امر در فاصله سال‌های 1937 تا 1964 صحت داشت ولی با ساخت پل ورازانو نروزبین بروکلین و جزیره استیتن در نیویورک، گلدن گیت دیگر در زمره طولانی‌ترین پل معلق دنیا به شمار نمی‌آمد. البته در حال حاضر با ساخت پل‌هایی در منطقه آسیا و اسکاندیناوی (بخشی از شمال اروپا که شامل دانمارک، نروژ، سوئد و فنلاند می‌شود)، تعیین بزرگ‌ترین و طولانی‌ترین پل در دنیا مشکل می‌شود. پل گلدن‌گیت برای میلیون‌ها نفر ساکنین از شهر بزرگ سانفرانسیسکو نقش کلیدی را در برقراری ارتباط و اتصال نقاط مختلف دارد و در واقع به استثنای پل بروکلین هیچ پلی در آمریکا به اندازه این پل از اهمیت و محبوبیت برخوردار نیست. پل گلدن‌گیت، ابتکار مهندس مشهور «جوزف استراس» بود که پیش از این طراحی 400 پل متحرک را برعهده داشت» .ایرونیگ مارو»، مهندس معمار و مهندس «چارلز آلتون الیس» و «لئون مویسیف» از طراحان پل در اجرای این پروژه بزرگ مشارکت داشتند.

ساخت این پل از 5 ژانویه سال 1933 شروع شد و در آوریل 1937 به پایان رسید و در 27 می همان سال برای تردد عابران پیاده آزاد شد. این پل تنها راه خروجی سانفرانسیسکو به سمت شمال است و از 6 مسیر مخصوص تردد وسایل نقلیه و دو مسیر محل عبور عابران پیاده در هر دو طرف تشکیل شده است در اول سپتامبر سال 2002 عوارض تردد از روی این پل برای وسایل نقلیه موتوری از 3 دلار به 5 دلار افزایش یافت . دوچرخه، موتور و عابر پیاده از پرداخت عوارض معاف هستند. محدودیت سرعت حرکت روی پل گلدن‌گیت در اول اکتبر سال 1983 از 90 کیلومتر در ساعت به 70 کیلومتر در ساعت کاهش یافت. رنگ این پل نارنجی متمایل به قرمز است که این رنگ برای هماهنگی این پل با محیط اطراف خود و جلوه بیشتر آن در مه و غبار (که از شرایط آب و هوایی ویژه آن منطقه است) انتخاب شده است. این پل از نظر زیبایی‌شناسی و معماری در نوع خود منحصر به فرد است. در ماه جون سال 2001 انجمن مهندسان عمران آمریکا چندین بنا را با نام» بناهای هزاره» معرفی کردند. این بناها عبارت بودند از « کانال پاناما »، « ساختمان ایمپایراستیت » و « پل گلدن‌گیت.«

پل یادمان شهر Rijeka

«پل بنایی است که خصوصیات گسترده‌تری از محیط را آشکار می‌سازد. در واقع پل تنها دو ساحل از پیش بوده را به هم متصل نمی‌کند، بلکه پل مکانی را به حضور می‌آورد و چیزها در خلال ویژگی گردهم آورندگی پل آشکار می‌شوند.» این تعبیری است که هایدگر، فیلسوف مشهور آلمانی، از پل ارائه می‌کند.

در سال‌های اخیر، پل‌های بی‌شماری در نقاط مختلف اروپا طراحی و اجرا شده‌اند که هر کدام جذابیت‌ها و ویژگی‌های خاص خود را دارند. پل یادمان (The Memorial Bridge) شهر Rijeka، واقع بر روی رودخانه Rijecina که ارتباط دو بخش شرقی و غربی مرکز تاریخی شهر را برقرار می¬کند، یکی از این پل‌ها است که در سال 2001 ساخته شده است.

در سال 1997، مسئولان شهر Rijeka واقع در شمال کشور کرواسی، مسابقه‌ای را به منظور طراحی یک پل در مرکز شهر، برای ارتباط مسیر پیاده واقع در غرب رودخانه با پارک شرقی، برگزار نمودند. شرکت‌کنندگان در مسابقه می‌بایست یک عنصر یادمانی نیز بر روی پل یا کنار آن طراحی می‌کردند. در واقع این پل ـ یادمان، یادمانی بود برای سربازان کرواتی که در جنگ‌های داخلی دهه 1990 کشته شده¬ بودند.

بعد از داوری آثار، طرح ارائه شده از طرف گروه معماری LHD3 از شهر زاگرب، به عنوان طرح برگزیده مسابقه معرفی شد. گروه LHD3 در سال 1994 توسط Dabrovic, Saša Begovic, Tanja Grozdanic Silvije Novak, Marko که همگی فارغ‌التحصیل دانشگاه زاگرب هستند، شکل گرفته است. این گروه تاکنون جوایز متعددی در زمینه طراحی، معماری و معماری منظر کسب نموده‌اند.

ایده اصلی طرح گروه LHD3، دادن شخصیتی یادمانی به یک فرم عملکردی بود. در این طرح، پل (به طول 47 متر و عرض 5/4 متر) با یک حرکت افقی از یک سمت رودخانه شروع می‌شود و با عبور از روی رودخانه (35/7 متر از طول پل بر روی رودخانه قرار می‌گیرد)، در سمت دیگر رودخانه با یک عنصر عمودی یادمانی (به ارتفاع 9 متر) پایان می‌یابد. اعضاء گروه طراحی اعتقاد داشتند که با تاکید بر روی این ایده که پل یک یادمان است، فضایی عمومی تعریف می‌شود که ضمن برخورداری از جنبه کاملا عملکردی، همزمان از شخصیتی یادمانی نیز برخوردار است.

طرح مینیمال پل ـ یادمان، نتیجه ارائه یک ایده خلاقانه (معمارانه و مهندسی) از طرف گروه LHD3 بود. در واقع رویکرد آنها در این پروژه در سه لایه معرفی می‌شود:

1. طراحی یک پل کم‌عرض تا جایی که به لحاظ عملکردی پاسخ‌گو باشد.
2. استفاده از مصالح متجانس در ساخت پل (عنصر افقی) و ستون‌های یادمانی (عنصر عمودی)
3. طراحی روشنایی خاص با تاکید بر فرم پل، بصورتی که منبع نور قابل دیدن نباشد. نورهای پیوسته (seamless) بر روی پل و امتداد آنها در فضای مابین عناصر عمودی یادمانی، شب‌هنگام جلوه خاصی به پل می‌بخشند.

در کل، پل یادمان در نوع خود یک اثر خاص به شمار می‌آید، اثری که در عین ظاهری ساده‌گرایانه، از تاثیر بصری چشمگیری برخوردار است. گروهLHD3 با طراحی یک پل نمادین L شکل که امکان تجربه‌های فضایی به یادماندنی را فراهم می‌کند، هویت ویژه‌ای به این بخش شهر بخشیده‌اند. این پل در سال 2002، جایزه بهترین پروژه معماری ساخته‌شده کشور کرواسی در سال 2001 را نصیب خود کرده است.

ساخت بزرگترین پل جهان در چین

بر فراز رواخانه یانگ تسه متلاطم ، اکنون بیش از 10 پل بزرگ قرار دارد ، پل بزرگ رودخانه یانگ تسه که به عنوان نماینده پل های بزرگ یانگ تسه نن کین شهرت دارد ، در بین " سیا گیو" و" پوکو " شهر نن کین واقع است . این پل پل معاصر گذر از رودخانه یانگ تسه است که چین آن را طراحی و ایجاد کرده است. اولین کلنگ ساخت آن از سال 1960 زده شد و اول اکتبر سال 1968 میلادی ، پل خط آهن آن روی آن راه اندازی گشت و اول ژانویه سال 1969 میلادی پل برای خودروها راه اندازی شد. این نخستین پل به شکل دو طبقه می باشد که هم به عنوان راه شوسه و هم خط آهن در جهان استفاده می شود. طول پل در طبقه بالای آن که برای جاده استفاده می شود 4586 متر و عرض راه برای خودروها 15 متر است که چهار ماشین بزرگ می توانند در یک ردیف در آن حرکت کنند. در دو طرف آن پیاده روهایی با عرض بیش از دو متر ایجاده شده است ؛ طول پل طبقه پائین مورد بهره برداری راه آهن به 6772 متر رسیده و عرض آن 14 متر است. ریلی بر روی آن نصب شده است که در مسیر آن دو قطار می توانند همزمان حرکت کنند.

طول پل اصلی بر فراز روی رودخانه به 1577 متر می رسد و بقیه بخش های فرعی است .این پل بر سایر پل های چین برتری دارد .

روی نرده های دو طرف پل اصلی جاده کنده کاری های برجسته انجام شده و در کنار پیاده روها 150 جفت چراغ بشکل گل گیاه ماگنولیای سفید که بسیار سفید می باشد نصب شده است. در دو سر جنوبی و شمالی این پل برج پل با ارتفاع 70 متر احداث شده است که در داخل آن با آسانسور می توان به پل های راه آهن و جاده راه یافت و به دیدبانی در بالای برج پرداخت. جلوی برج پل ها مجسمه ای که روی آن تمثال کارگران ، دهقانان و سربازان حکاکی شده است دیده می شود. در پائین برج پل جنوبی پارک خوش منظره ای ایجاد شده است

در پل بزرگ رودخانه یانگ تسه نن کین جمعا 9 ستون پل ایجاد شده است. بالاترین ستون پل از ابتدای بنا تا سقف 85 متر ارتفاع دارد . فاصله بین طرفین دهانه پل به 160 متر می رسد و از زیر پل کشتی های ده هزار تنی حرکت می کند. تمامی این پل بزرگ همانند رنگین کمانی برروی رودخانه جلال و شکوه خاصی به آن بخشیده است. وقتی شب فرا می رسد ، 1048 نورافکن نصب شده بر روی پل پیرامون را مانند روز روشن می نماید .

این پل بزرگ سبک ملی خاصی دارد. بخش فرعی پل جاده که قوسی شکل است، با پل های باستانی چین تشابهات زیادی دارد .

پل بزرگ رودخانه یانگ تسه که در دهه 60 چینی ها ساختند به عنوان " طولانی ترین پل مورد استفاده دوگانه جاده و راه آهن " در " مجموعه کتاب جهانی گینس " ثبت شده است .

مشخصات چند پل مشهور جهان

پل ها، یکی از سازه های مهم دنیا به شمار می روند. در این مطلب، مشخصات چند پل مشهور جهان را می خوانید.

پل واسکودوگاما که از روی دهانه رود تاگوس بین ساکاوم و مونیجو در نزدیکی لیسبون، پرتقال می گذرد، با حدود 17200 متر طول، یکی از بلندترین پل های کابلی در اروپا به شمار می رود. این پل توسط آرماندو ریتو و با همکاری میشل ویرلوگو (که طراحی و ساخت پل میلاو را هم به عهده داشته است)، طراحی شده است. پل واسکودوگاما رسماً در 29 ماه مارس 1998 تنها کمی قبل از افتتاح نمایشگاه بین المللی اکسپو 98 و 500 سال پس از اکتشاف واسکودوگاما در راه اروپا به هند افتتاح گردید. این پل برای تحمل زلزله ای چهار برابر زلزله سال 1755 لیسبون که 8/7 ریشتر برآورد شده بود طراحی شده است. بلندترین دهانه آن 450 متر است و انتظار می رود 120 سال عمر کند. به خاطر طول زیادش، انحنا زمین نیز در نظر گرفته شده است تا پایه های آن بتوانند در محل صحیح خود قرار بگیرند.

پل ویکتور امانوئل II (Ponte Vittorio Emanuele II) که بر روی رود تایبر در رم، ایتالیا، ساخته شده، از انواع پل های قوسی است که در تاریخ 5 ژوئن 1911، در سالگرد اتحاد ایتالیا افتتاح گردید و به نام اولین شاه ایتالیا که با انضمام ونیز در سال 1866 و رم در سال 1870 به ایتالیا اتحاد این کشور را تکمیل نمود، نامگذاری شده است. این پل توسط انیو د روسی طراحی گردیده است. پل سنگی سه قوسی، چهار ستون – دو ستون در هر سمت - را به هم متصل می نماید و چهار مجسمه مرمر روی ستونهای قوس میانی، به نشانه اتحاد ایتالیا، آزادی، شکست ظلم و بیداد و وفاداری به قانون اساسی قرار گرفته اند. این پل توسعه طبیعی معماری کرسو ویتورو در رم می باشد.

پل لاویولت (The Pont Laviolette) به افتخار موسس شهر تریوس-ریویرس - سیور د لاویولت - نامگذاری شده است. این پل یک پل ماشین رو با قوس کانتیلور (طره ای) است که بر روی رودخانه سنت لارنس بین تریوس-ریویرس در کبک، کانادا و بکن کور در کبک ساخته شده است. پل پونت لاویولت که در تاریخ 20 دسامبر 1967 افتتاح گردید، تنها پلی است که بر روی رودخانه بین مونت رئال و شهر کبک قرار دارد و بنابراین ارتباط مهمی را بین سواحل شمالی و جنوبی رودخانه فراهم می سازد. طول کل آن 2707 متر و بزرگترین دهانه آن 335 متر می باشد. پل فلزی مذکور دچار خوردگی نمی شود زیرا در فولاد بکار رفته در آن از عنصر نیوبیوم استفاده شده است.

پل سنگی پونت د پیر پلی است قوسی، سنگی و ماشین رو، که روی رودخانه گارون در بوردو فرانسه قرار دارد. این پل بین سالهای 1819 و 1822 توسط کلود د شامپ و با همکاری جین-بپتیست بیلادل طراحی و ساخته شد. پل مذکور به دستور ناپلئون – در سال 1810 – و به منظور تسهیل رفت و آمد ارتشش از رودخانه بوردو در طول جنگ با اسپانیا، پرتقال و انگلیس ساخته شد. در سال 1811 مهندس کلود د شامپ وارد بوردو شد اما تا سال 1812 به عنوان مدیر پروژه ساخت پل معرفی نگردید. پروژه در سال 1814 با سقوط امپراطوری فرانسه و کناره گیری ناپلئون از قدرت، متوقف و تا 5 سال بعد، اجرای آن از سر گرفته نشد. پونت د پیر 487 متر طول دارد و دارای 17 دهانه است.

پل گلن کانیون در تقارن با سد گلن کانیون که بر روی رودخانه کلرادو و بر دهانه دریاچه پاول در نزدیکی پیج در آریزونا ساخته شده، برای ایجاد دسترسی ماشینی به هر دو ساحل رودخانه و تسهیل رفت و آمد کارکنان سد بین سالهای 1957 تا 1959 بنا گردید. این پل که توسط شرکت کیویت-جادسون پاسیفیک مورفی ساخته شد، در زمان بهره برداری در 9 فوریه 1959 بلندترین پل قوسی فلزی در جهان بود. طول عرشه پل مذکور 387/4 متر، دهانه قوس آن 313,3 متر، ارتفاع عمودی قوس آن 50/3 متر بوده و 213 متر از سطح رودخانه ارتفاع دارد.

پل کوئینز بورو – یا پل خیابان پنجاه و نهم – یک پل دو طبقه طره ای (کانتیلور) است که از روی رودخانه شرقی نیویورک سیتی می گذرد و منهتن را به دهکده کوئینز در لانگ آیلند سیتی را به هم متصل می کند. این پل همچنین از روی جزیره روزولت می گذرد. از سال 1838 پیشنهادات زیادی جهت ساخت پل برای اتصال منهتن به لانگ آیلند سیتی در دهکده کوئینز ارائه شد اما تا زمانی که اداره پل ها در این شهر تاسیس نشد، هیچکدام از طرحها مورد قبول واقع نشدند. پل فوق الذکر که در تاریخ 30 مارس 1909 افتتاح گردید – و در ابتدا به خاطر نام اولیه جزیره روزولت به نام پل جزیره بلک ول خوانده می شد – 1135/08 متر طول دارد و بزرگترین پل طره ای در جهان شناخته شده است.

پل اوناروتو پل معلق ماشین روئی است که کوبه را به ناروتو، توکوشیما در ژاپن متصل می سازد. پل مذکور که توسط هونشو-شیکوکو طراحی و در سال 1985 ساخته شده است، دارای دهانه اصلی به عرض 876 متر می باشد و اگرچه یکی از بزرگترین پل های جهان است، در مقابل پل آکاشی-کیاکو که بر روی همین مسیر ساخته شده، بسیار کوچک به نظر می رسد. عرشه اصلی این پل برای رفت و آمد اتومبیل ها و عرشه پائینی برای حرکت قطار در نظر گرفته شده بود اما راه قطار رو هرگز به اتمام نرسید.

پل هرناندو د سوتو که در سال 1972 مورد بهره برداری قرار گرفت، یکی از دو پلی است که از روی رودخانه می سی سی پی در ممفیس، تنسی می گذرد. این پل قوسی فلزی ماشین رو، یک راه ارتباطی مهم است که 40 راه بین ایالتی را بر روی می سی سی پی به هم متصل می سازد. از آنجا که پل مذکور در گوشه جنوب شرقی منطقه زلزله خیز نیو مادرید – که یک منطقه زلزله خیز با ریسک بالا می باشد - قرار دارد، مقاوم سازی آن در برابر زلزله، به عنوان یکی از اولویتهای مهم در دستور کار اداره کل راههای فدرال آمریکا، اداره ترابری تنسی و اداره ترابری آرکانزاس قرار گرفت و در سال 2003 نیروهای مشترکی بکار گرفته شدند تا طرح بهنگام زلزله ای این پل را تهیه نمایند. این طرح عبارت بود از تعویض تکیه گاههای موجود با تکیه گاههای غلتکی، مقاوم سازی شالوده ها و ستونها، بزرگتر کردن سر ستونها، اصلاح دیواره جان، تعویض یا مقاوم سازی بادبندهای جانبی، مقاوم سازی قابهای متقاطع، مقاوم سازی خرپاها و جابجائی درزهای موجود با درزهای انبساطی مفصل گردان مدولی.

پل دیترویت علیا که از رودخانه کویاهوگا گذشته و پائین شهر کلولند در اوهایو را به گوشه غربی شهر متصل می نماید، در زمان افتتاحش در سال 1918 بزرگترین پل دو طبقه بتنی در دنیا بود. این پل دارای دهانهای به عرض 948/5 متر در دو طبقه است برای اصلاح ترافیک شهری در طبقه بالا و تراموای شهری در طبقه پائین و همینطور ایجاد پیاده روهای عریض طراحی گردید. بعد ها، طرح تعریض خیابان باعث کاهش عرض پیاده رو ها گردید اما در سال 2003 کمیته برنامه ریزی شهر کلولند تصمیم گرفت یکی از لاین های پل را تبدیل به یک پارک معلق نماید که در آن گردشگاههای پیاده، صندلی های دارای سر پناه و لاین های مخصوص دوچرخه سوار پیش بینی شده بود. تیم طراحی تشکیل شده بود از تیم معماری شهری، پارسونز برینکرهوف و کمیته هنرهای همگانی.

پل فورت پیت که از رودخانه مونونگاهلا می گذرد و در تقارن با تونل فورت پیت ساخته شده است، دروازه پیتز بورگ نام گرفته است. پل مذکور از نوع قوسی فلزی بوده و 367/9 متر طول دارد و طول دهانه اصلی آن 228/6 متر می باشد. این پل که در تاریخ 19 ژوئن 1959 به بهره برداری رسید، توسط جورج اس ریچاردسون طراحی و ساخته شده است. پل و تونل اخیراً توسط گروهی از کارشناسان انتخابی توسط HDR مورد بازسازی و ترمیم قرار گرفت و این عملیات در سال 2003 به پایان رسید. یکی از مهم ترین اجزاء بازسازی پل، الحاق حصار جدید پنسیلوانیا بود. حصاری باز تر که امکان دید وسیع تر و جالب تری را به افرادی که از روی پل عبور می کنند، می دهد.