دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی ، گروه عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش : سازه

عنوان:

ارزیابی آسیب پذیری پل های خرپایی فولادی شهرهای چالوس و نوشهر تحت اثرشرایط محیطی و بارهای لرزه ای

استاد راهنما:

دکتر شهریار طاوسی تفرشی

استاد مشاور:

دکتر مرتضی حسینعلی بیگی

پژوهشگر:

علیرضا ازوجی

پاییز ۱۳۹۰

فصل اول

کلیات

آنچه در این فصل می خوانیم.....,

- مقدمه، ضرورت، اهداف، روش و ساختارپایان نامه
- تعریف پل
- تاریخچه پل
- انواع طبقه بندی پل‌ها
- معرفی انواع پل‌ها از نظر سیستم سازه‌ای
- طبقه بندی پل ها از نظر شیوه ساخت
- طبقه بندی پل ها از نظر کاربرد
- پل‌های خرپایی

۱-۱- مقدمه

جایگاه و نقش حمل ونقل در ابعاد مختلف اقتصادی، سیاسی و اجتماعی جوامع امروزی بر کسی پوشیده نیست. حمل و نقل یکی از پایه های اصلی توسعه پایدار و متوازن در جوامع بشری محسوب شده و در واقع شبکه های حمل و نقل با مولفه های مهمی همچون اقتصاد، امنیت وعدالت اجتماعی ارتباط تنگاتنگ دارند. در این میان پل ها نقش به سزایی در شبکه حمل و نقل زمینی ایفا می نمایند. پل ها از پرهزینه ترین و راهبردی ترین عناصر راه محسوب می شوند که با هدف عبور از موانع طبیعی و مصنوعی احداث می گردند. در کشور ما ایران در ادوار زمانی مختلف پل های مختلفی ساخته شده که بسیار از آنها با توجه به عمر ساخت بالا هنوز به عنوان تنها شریان حیاتی ایفای نقش می کنند. هرگونه خرابی و اختلال در این پل ها مسیر را از سرویس دهی باز می دارد.لذا موضوع ارزش پل ها و خسارات ناشی از بی توجهی به نگهداری آنها یکی از مواردی است که باید به طور وسیع و گسترده مورد توجه قرار گیرد. حفظ و نگهداری و بازرسی‌های فنی و مدیریت پل باید با یک سیستم مدیریتی کامل انجام شود تا از هدر رفتن هزینه‌های ملی و گزاف آن جلوگیری شود. لذا لازم است تا با آشنایی اجمالی انواع مختلف سیستم‌های پل و آسیب‌های وارده، بتوان بازرسی‌های فنی منظم انجام داد و در نهایت روش‌های ارزیابی و بهسازی پل‌ها جهت یافتن ظرفیت عبور ایمن پل معرفی کنیم. سپس انواع کامل روش های مقاوم سازی پل ها با ذکر جزئیات مطرح گردیده است.

۱-۲- ضرورت تحقیق

با توجه به اهمیت پل ها بعنوان بخشی از شریان های حیاتی که در زمان وقوع زلزله باید خدمت رسانی نموده و امکان عبور و مرور را برقرار نماید لازم است نسبت به بررسی آسیب پذیری، ارزیابی عملکرد و روش های مقاوم سازی آنها اقدام شود. از این رو بازبینی و بازرسی از پل ها از ضرورت های اصلی نگهداری از این سازه های مهم می باشد که می بایستی تحت شرایط بهره برداری، محیطی و حوادث غیرمترقبه (زلزله و سیل و...) مورد ارزیابی قرار گیرند. لذا ضرورت بازنگری در عملکرد این سازه های مهم در شرایط بهره برداری بالاخص ارزیابی آنها با زلزله های با شدت بالا بمنظور شناسایی و رفع نقاط آسیب پذیر در شرایط کنونی اجتناب ناپذیر می باشد. در برآورد عملکرد لرزه ای سازه ها

توجه عمده به میزان سرویس دهی و نیازی است که از آنها پس از وقوع زلزله های شدید مـورد انتظار است، این سازه ها تا چه میـزان تاب مقاومت در برابر نیـروهای وارده را دارا می باشند و در صورت لزوم چه اندازه نیاز به کنترل طراحی یا تقویت و مرمت سازه دارند.
با توجه به اهمیت پل های خرپایی فولادی نوشهر و چالوس از لحاظ استراتژیکی و ترانزیتی بودن، ضرورت ارزیابی کمی و کیفی آن ها لازم بنظر می‌رسد. ارزیابی وضعیت پل های خرپای فولادی ذکر شده و آسیب دیدگی آن ها در شرایط محیطی شهرستان های مورد بررسی که دارای آب و هوای معتدل و مرطوب می باشد به عنوان مسئله پژوهش لحاظ شده است. بررسی عملکرد پل چالوس تحت بارهای لرزه ای مسئله دیگر این پژوهش می باشد.

۱-۳- اهداف تحقیق

با توجه به ضرورت تحقیق ، ابتدا به بررسی های عینی از آسیب های موجود در پل ها تحت اثر شرایط محیطی و بارهای بهره برداری پرداخته شد. سپس پل چالوس با شرا یط بارگذاری مطابق آیین نامه سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور سال ۱۳۸۵ (نشریه شماره ۱۳۹) و تحت تحلیل های مختلف استاتیکی، استاتیکی معادل، تحلیل طیفی، تحلیل استاتیکی و دینامیکی غیرخطی با شتاب نگاشت های زلزله‌های شدید منجیل، ناغان، طبس و بم مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. تعین ظرفیت باربری و مقاومت لرزه ای پل نتایج خوبی را برای طرح مقاوم سازی به ما خواهد داد. در انتها به نتیجه خواهیم رسید که ارائه طرح مقاوم سازی و بهسازی بر جایگزینی پل چالوس ارجحیت دارد.

۱-۴- ساختار پایان نامه

تحقیق موجود در پنج فصل ارائه می‌شود :

در فصل اول تحت عنوان کلیات به معرفی انواع پل‌ها، تقسیم بندی پل ها از نقطه نظر سازه ای، طبقه بندی پل ها از نظر شیوه ساخت و کاربرد، تاریخچه پل‌های خرپایی و جایگاه پل های خرپایی فولای نوشهر و چالوس در تقسیم‌بندی پل‌ها پرداخته شده است.

در فصل دوم با عنوان آسیب پذیری لرزه ای پل ها، به بررسی پژوهش ها و اقدامات انجام شده در زمینه اثر زلزله بر پل ها، آسیب های وارده بر پل‌ها در زمین لرزه‌های گذشته و تحلیل خطر زلزله در گستره استان مازندران (شهرستان چالوس و نوشهر) پرداخته شده است.

در فصل سوم تحت عنوان آسیب دیدگی پل ها تحت اثر شرایط محیطی و بارهای بهره برداری، آسیب های وارده به پل های خرپایی فولادی ماشلک نوشهر و مرکز شهر چالوس را براساس نوع المان شامل درزها، تکیه‌گاه ها، کوله‌ها، روسازه‌ها، شالوده‌ها و اتصالات مورد مطالعه قرار گرفته است. عدم نگهداری و محافظت کافی و مناسب در برابر شرایط محیطی موجب ترک خوردگی دال در نقاط حساس، زنگ زدگی اعضای فولادی، خوردگی آرماتورها در اثر از بین رفتن پوشش بتن، آبشستگی فونداسیون و انحراف تکیه گاه ها و نهایتاً زوال پل ها و قرار گیری در وضعیت بحرانی و خطرناک از لحاظ بهره برداری شده است.

در فصل چهارم تحت عنوان مدل سازی و تحلیل پل خرپایی فولادی چالوس نتایج آزمایشات تعیین مقاومت مصالح پل ها، بارهای وارد بر پل ها و روش ایده‌آل‌سازی آن مشخص گردید. با استفاده از قابلیت های پیشرفته برنامه سازه ای *SAP2000NONLINER* مدل بسیار دقیقی از سازه پل ساخته شده است. سپس این پل با شرایط بارگذاری مطابق نشریه شماره ۱۳۹ و تحت تحلیل های مختلف استاتیکی، استاتیکی معادل، تحلیل طیفی، تحلیل استاتیکی و دینامیکی غیرخطی با شتاب نگاشت های زلزله‌های شدید منجیل، ناغان، طبس و بم مورد ارزیابی قرار گرفته شده است و نتایج تحلیل مقایسه شد. براساس این نتایج ارائه طرح مقاوم سازی و بهسازی بر جایگزینی پل ها ارجعیت دارد.

در فصل پنجم نتایج و پیشنهادات قابل اجرا جهت ترمیم و مقاوم سازی پل ها مطرح گردیده است.

۱-۵- تعریف پل

پل یک سازه است که برای عبور از موانع ف یزیکی از جمله رودخانه‌ها و دره‌ها استفاده می‌شود . پل‌های متحرک ن یز جهت عبور کشتی‌ها و قا یق‌های بلند از زیر آن‌ها ساخته شده‌اند.

۱-۶- تاریخچه پل

ایجاد گذرگاه ها و پل‌ها برای عبور از دره ها و رودخانه‌ها از قد یمی‌ترین فعال یت های بشر است. پل ه ـ ای قد یمی معمولا از مص ـ الح موجود در طبیعت مثل چوب و سنگ و الیـ اف گیاهی به صورت معلق یا با ت یرهای حمال ساخته شده‌اند. پل ه ـ ای معلق از کابل های از جنس الیـاف گیاهی که از دو طرف به تخته سنگ ها و درخت ها بسته شده و پل های با ت یر حمال از ت یرهای چوبی که روی آنها با مصالح سنگی پوش یده می‌شد، ساخته شده‌اند، (شکل ۱-۱).

(شکل ۱-۱) نمونه ای از یک پل قدیمی

۱-٦-۱- پیشینه پل سازی در دنیا

قدیمی‌ترین پل ثبت شده دنیا در تاریخ پلی است که در حدود ۲٦۵۰ سال قبل از میلاد مسیح توسط منس اولین پادشاه مصر بر روی رودخانه نیل بنا گردید.

کاربرد بتن آرمه در ساخت پل‌ها اولین بار در اواخر قرن نوزده صورت گرفت اگر چه استفاده از بتن به فرم های مختلف در خرابه‌های باقی مانده از روم مشهود است اما این ایده برای قریب به هیجده قرن مسکوت مانده بود تا بالاخره در سال ۱۷۵۰ شخصی بنام اسمیتون آزمایشاتی را بر روی بتن انجام داد.

سازه‌های بتن آرمه به سبک امروزی را باید مدیون زحمات شخصی به نام تادیوس هایت دانست که با انجام آزمایشاتی در سال ۱۹۵۰ تیر بتن آرمه را ساخت. گسترش هر چه بیشتر استفاده از مصالح بتن آرمه بجای فولاد در ساخت پل‌ها نتیجه تلاش افرادی چون میلارت (۱۸۷۲-۱۹٤۰) از کشور سوئیس و هنبیک از فرانسه می‌باشد.

ساخت پل های سنگی به دوران قبل از روم‌ی‌ها بر می‌گردد که در چین و خاور میانه پل های زیادی بدین شکل برپا شده است. در اروپا نیز اولین پل های طاقی را ۸۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، برای عبور از رودخانه‌ها از جنس مصالح سنگی ساخته‌اند، (شکل ۱-۲).

اغلب پل های ساخته شده توسط رومی ها از طاق های سنگی دایره شکل با پایه‌های ضخیم تشکیل یافته است. در ایران نیز ساختن پل های کوچک و بزرگ از زمان های بس قدیم رواج داشته و پل هایی نظیر سی و سه پل، پل خواجو و پل کرخه بیش از ٤۰۰ سال عمر دارند . از قرن یازدهم به بعد روش های ساختن پل‌ها پیشرفت قابل توجهی نمود و به تدریج استفاده از دستگاه های 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 پل های فولادی و سپس پل های بتن مسلح می‌باشد، (شکل ۱-۳).

از اوایل قرن نوزدهم ساخت پل‌های معلق، قوسی یا با تیر حمال از آهن آغاز شد. اول پل معلق از آهن در سال ۱۷۹٦ به دهانه ۲۱ متر در آمریکا ساخته شد، همچنین در سال ۱۸۵۰ یکی از مهمترین پل های با تیر حمال از جنس آهن متشکل از دو دهانه ۱٤۰ متر و دو دهانه ۷۰ متری در انگلستان ساخته شد، (طاحونی،۵۰،۱۳۸۵).

(شکل ۱-۲) نمونه ای از یک پل فولادی

(شکل ۱-۳) نمونه ای از یک پل بتنی

طویل‌ترین پل معلق به طول تقریبی ۷ کیلومتر در سانفرانسیسکو ساخته و بزرگترین دهانه معلق به طول تقریبی ۱۴۰۰ متر در انگلیس (روی رودخانه هامبر) طراحی شده‌اند. در سالهای اخیر طرح پل های ترکه‌ای فولادی (با کابل مستقیم) نیز برای دهانه‌های بزرگ مورد توجه قرار گرفته و بعد از نخستین پل که در سال ۱۹۵۵ به دهانه ۱۸۳ متر در سوئد ساخته شده، پل‌های زیادی اجرا شده است، (طاحونی،۵۶،۱۳۸۵).

۱-۷- انواع طبقه بندی پل‌ها

۱-۷-۱- طبقه بندی پل از نقطه نظر مصالح

الف- پل‌های با مصالح بنایی و بتن غیر مسلح

ب- پل‌های بتن مسلح (درجا و پیش ساخته)

ج- پل‌های بتن پیش تنیده (پیش کشیده و پس کشیده)

د- پل‌های فولادی

ه- پل‌های مرکب فولاد و بتن

و- سایر مصالح (نظیر چوب، آلومینیوم و. . .)

۱-۷-۲- طبقه بندی پل‌ها از نقطه نظر طول دهانه

الف- دهانه‌های کوتاه (زیر۸ متر)

ب- دهانه‌های متوسط (بین ۸ تا ۵۰ متر)

ج- دهانه‌های بلند (بالای ۵۰ متر)

۱-۷-۳- طبقه بندی پل‌ها از نقطه نظر سیستم سازه‌ای

الف- پل‌های صفحه‌ای (بتن مسلح)

ب- پل‌های تیر وشاهتیر (فولاد، بتن مسلح، بتن پیش تنیده، بتن پیش ساخته، ترکیب فولاد وبتن)

ج- پل‌های خرپایی

د- پل‌های قوسی (طاقی)

ه- پل‌های معلق (با کابل سهمی)

و- پل‌ها با کابل‌های کشیده (پل ترکه ای)

ز- پل‌های قابی

۱-۸- معرفی انواع پل‌ها از نظر سیستم سازه‌ای

جهت آشنایی با انواع پل‌ها از نظر سیستم سازه ای، مختصراً به معرفی آنها می‌پردازیم.

۱-۸-۱- پل‌های صفحه‌ای (بتن مسلح)

این پل‌ها به صورت دال بتنی درجا بر روی پایه‌ها اجرا می‌شوند. پس از اجرای زیر سازه ی پل، دال بتنی با اتصال گیردار یا ساده به زیر زیر سازه، بر روی آن قرار می‌گیرد. دال بتنی به صورت یک طرفه تحلیل وطراحی می‌شود. معمولاً پل های با دهانه کوتاه را با این نوع سیستم می‌سازند. دال به صورت یک سیستم خمشی عمل می‌کند که بار ناحیه ی فشاری آن را بتن و بار ناحیه ی کششی را فولاد تحمل می‌نماید. در این نوع دال ها حداقل باید فولاد حرارتی را تعبیه نمود.

این نوع پل‌ها پس از اجرا علاوه بر مراقبت‌های ویژه اولیه، باید در فواصل زمانی مختلف مورد بازدید کارشناسان قرار گیرند. زیرا خوردگی در اثر عوامل جوی و نفوذی آب بیشترین آسیب را متوجه این نوع پل‌ها می‌نماید.

۱-۸-۲- پل‌های تیر و شاهتیر

متداول‌ترین سیستم سازه‌ای در ساخت پل‌های با دهانه متوسط، استفاده از پل‌های تیر وشاهتیر می‌باشد. تکنولوژی بسیار ساده در اجرا نسبت به سایر پل‌ها وسهولت در طراحی باعث شده است امروزه اکثر پل‌ها دارای چنین سیستمی باشند.

روسازه ی این پل‌ها شامل اجزای زیر می‌باشد:

الف- دال (صفحه‌ای بتنی وفولادی که پوشش بالا را به عهده دارد)

ب- شاهتیر (تیرهای اصلی)

ج- تیرهای فرعی (موازی شاهتیر)

تیرها معمولاً از فولاد، بتن مسلح، بتن پیش ساخته، بتن پیش تنیده، و ترکیب فولاد و بتن ساخته می‌شوند. از امتیازات این نوع پل‌ها تهیه کارخانه‌ای تیرهای اصلی می‌باشد، بنابراین تیرها قبلاً تهیه و در محل پل مونتاژ می‌شوند. در این نوع پل‌ها به ترتیب ابتدا دال، سپس تیرهای فرعی، تیرهای عرضی و نهایتاً شاهتیرها محاسبه می‌شوند، (شکل ۱-٤).

دال بتن مسلح همانند دالی طراحی می‌شود که میلگردهای اصلی آن عمود بر محور طولی پل می‌باشد. پس از توزیع بارها بر تیرهای فرعی و با استفاده از اصول ایستایی

بارهای وارد بر تیرهای عرضی به دست می‌آیند. با رسم خطوط تاثیر نیروی برشی و لنگر خمشی برای تیر عرضی وقرار دادن بار زنده در موقعیت‌های بحرانی، مقادیر نیروهای طراحی تیر اصلی به دست می‌آید . در مواردی می‌توان تعدادی از عناصر چهارگانه مذکور را در بعضی از پل‌ها حذف کرد. مثلاً اگر تیرهای فرعی و عرضی را در نظر نگیریم پل دارای عبورگاه دوعنصری (دال و تیرهای اصلی) است.

(شکل ۱-٤) پل با تیر و شاهتیر در رامسر

۱-۸-۳- پل‌های قوسی

از پل‌های قوسی در دهانه‌های متوسط و بزرگ استفاده می‌شود. از خصوصیات این پل‌ها این است که مقداری از بار مرده به وسیله قوس و مقداری به وسیله کف مسطح پل تحمل می‌شود. تفاوت این پل‌ها با پل های طاقی در وزن آنهاست و این باعث شده است تا بتوان در دهانه‌های بزرگتر از آنها استفاده نمود. مصالح سازه‌ای این نوع پل‌ها می‌تواند بتن یا فولاد باشد که به صورت توپر یا تو خالی استفاده می‌شود. پل‌های قوسی از لحاظ ساختمانی در محل تیزه و اتکا حالات مختلفی دارند که ذیلاً ذکر می‌گردد.

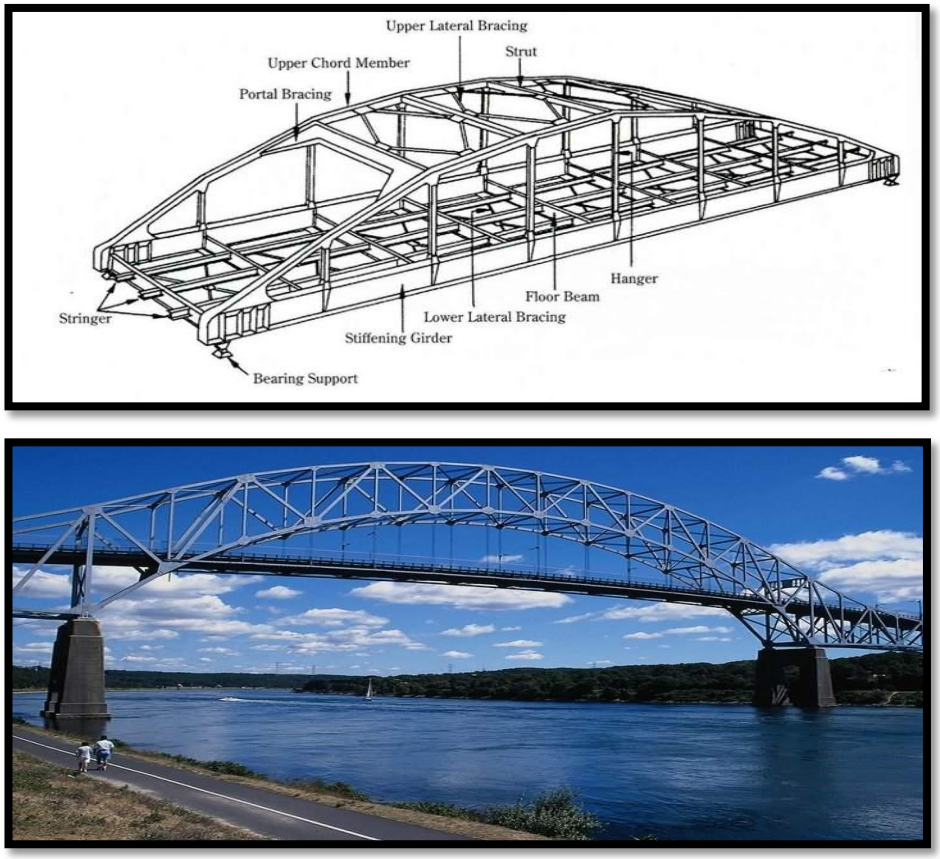
الف- در محل اتکا و تیزه گیردار

ب- در محل اتکا مفصلی و در محل تیزه گیردار

ج- در محل تیزه واتکا مفصلی

د- در محل اتکا گیردار و در محل تیزه مفصلی

برای قوس‌های متوسط (تا دهانه ٦٠ تا ٧٠ متری) قطر قوس را به حداقل تبدیل نموده و ضخامت صفحه ی روی قوس را حداکثر می‌نمایند تا سهمی که قوس از بابت خمش کل تحمل می‌نماید نسبت به صفحه ی روی قوس ناچیز باشد. اما برای قوس هایی که دهانه بزرگتری (بالای ٧٠ متر) داشته باشد، قطر قوس را زیادتر می‌نمایند تا سهم زیادی از بابت خمش نسبت به صفحه روی پل داشته باشد. کف پل‌های قوسی می‌تواند بالا، وسط و یا پایین قوس قرار گیرد، (شکل ١-٥).

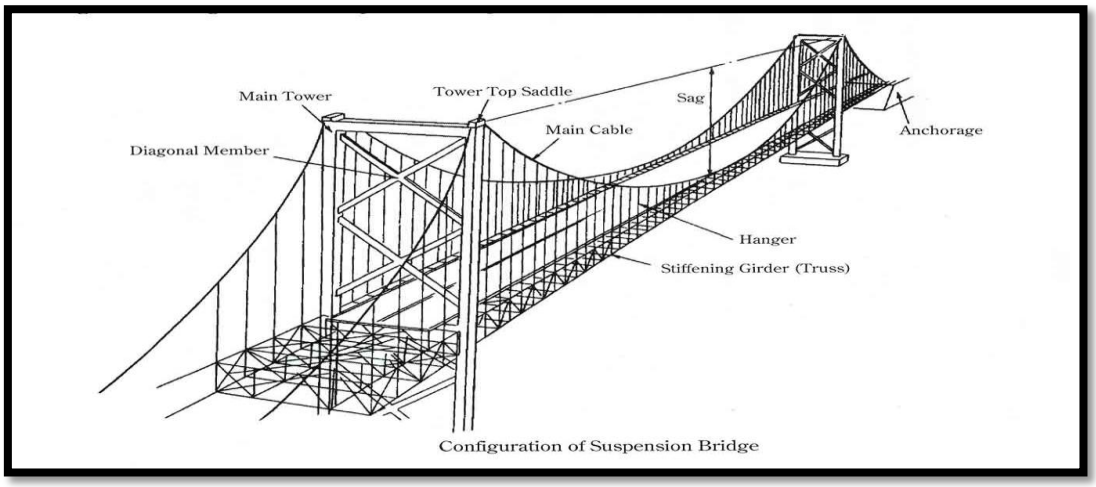


(شکل ١-٥) نمونه‌ای از پل قوسی

١-٨-٤- پل‌های معلق (با کابل سهمی)

این پل‌ها در دهانه‌های خیلی بزرگ کاربرد دارند. ترکیب آن‌ها عبارتست از دو عدد پایه بلند (برج) که در دو طرف دهانه قرار می‌گیرند و دو دسته کابلی که با عبور از بالای پایه ها، در دهانه به فرم سهمی آویزان است و دو انتهای کابل‌ها در تکیه گاه‌های ثابتی که معمولاً بلوک‌های بتنی حجیمی هستند مهار می‌گردند و عبورگاه پل (عرشه) به وسیله تعدادی آویز قائم از کابل‌های نامبرده آویخته می‌شود. تاکنون پل با دهانه ١٤٠٠ متر با

استفاده از این سیستم سازه‌ای ساخته شده است. در این نوع پل‌ها محاسبه کابل و تکیه گاه آن با استفاده از قوانین ایستایی مربوط به کابل‌های سهموی امکان‌پذیر است، (شکل ۱-٦).



(شکل ۱-٦) پل معلق (با کابل سهمی)

۱-۸-۵- پل‌ها با کابل‌های کشیده (ترکه ای)

پل‌ها با کابل‌های ترکه‌ای به علت سختی، زیبایی، اقتصاد طرح و بالاخره سهولت نسبی اجرا در سال‌های اخیر رواج زیادی در دهانه ی متوسط و بزرگ پیدا کرده‌اند. اصل اساسی در بررسی رفتار پل‌های ترکه‌ای این است که توسط کابل‌های متعددی که به یک پایه بلند نصب شده‌اند و دهانه پل در نقاط متعددی گرفته می‌شود ومحاسبه دقیق این کابل‌ها از موارد پر اهمیت در طراحی این نوع پل‌ها است، (شکل ۱-۷).

(شکل ۱-۷) پل ترکه ای

نقاط اتصال باید قادر به تحمل بار وارده از پل به کابل‌ها باشند. محدوده ی اقتصادی برای استفاده از پل های ترکه ای، دهانه‌های ۱۸۰ تا ٤٨٠ متر می‌باشد. پایه‌های پل و همچنین کابل‌های نگهدارنده می‌توانند انواع مختلفی باشند. از انواع کابل‌ها می‌توان سیستم متقارب تک، دوتایی و چندتایی را نام برد و از پایه‌ها می‌توان قاب پرتال و ستون تنک گیردار به روسازه را نام برد.

۱-۸-٦- پل‌های قابی (پل‌ها با شبکه فولادی)

ترکیب سیستم این نوع پل‌ها همانند پل های با سیستم تیر و شاهتیر می‌باشد. با این تفاوت که در پل های تیر و شاهتیر اتصالات بین تیرهای عرضی و شاهتیرها تقریباً مفصلی فرض می‌شود. ارتفاع تیرهای عرضی از تیرهای طولی خیلی کمتر است. لیکن در سیستم‌های مشبک، اتصالات صلب و ارتفاع بین تیرهای عرضی وطولی تقریباً مساوی اند. در واقع تشکیل یک شبکه قاب صلب بین تیرهای اصلی و فرعی باعث می‌شود سیستم یکپارچه عمل کرده و تیرهای اصلی و فرعی هر دو در تحمل بار سهیم باشند. تجزیه و تحلیل سیستم‌های مشبک بر خلاف سیستم تیر وشاهتیر با استفاده از اصول ایستایی امکان پذیر نیست، زیرا سیستم از نظر ایستایی نامعین است. سیستم‌های نامعین توسط روش‌های تحلیلی با حدس اولیه و روش‌های تقریبی قابل تحلیل می‌باشند، (شکل ۱-۸).

دلیل عمده در عدم استفاده از پل‌های با عرشه مشبک، احتیاج این سیستم‌ها به تکنولوژی بالاست. ل یکن امروزه با پیشرفت تکنولوژی بزرگترین مشکل در احداث و اجرای عرشه‌های مشبک برطرف گردیده است. توجه به امتیازات و میزان کارآیی این نوع پل‌ها می‌تواند راه را برای ایجاد پل های سبک تر، مطمئن تر و اقتصادی را هموار نماید. علاوه بر استفاده مستقیم این نوع عرشه‌ها در سیستم‌های تیر و شاهتیر می‌توان از این سیستم در عرشه پل‌های معلق، ترکه ای، قوسی و. . . استفاده کرد، (شکل ۱-۹).

امتیازات این سیستم عبارتند از:

الف- استفاده از ظرفیت باربری طولی و عرضی توام به دلیل داشتن اتصالات صلب و سختی نزدیک به هم تیرهای طولی و عرضی، باعث عملکرد یکپارچه سیستم می‌گردد.

ب- ایجاد لنگر منفی و کاهش لنگر مثبت در تیرها به دلیل صلب بودن اتصالات که موجب کاهش هزینه اقتصادی در این نوع عرشه‌ها می‌باشد. چون در پل‌ها برعکس سایر سازه ها، اعضای سازه‌ای بیشترین وزن را دارند وکاهش در وزن اعضای سازه‌ای باعث صرفه جویی در ایجاد پل می‌شود، (طاحونی،۸۶،۱۳۸۵).

ج- تحمل نیروهای استاتیکی و دینامیکی وارد بر پل با جذب انرژی توسط تغییر شکل‌های خمشی گسترده که باعث افزایش توان جذب انرژی پل در مقابل بارهای دینامیکی گردیده و در نتیجه عمر پل را افزایش می‌دهد.

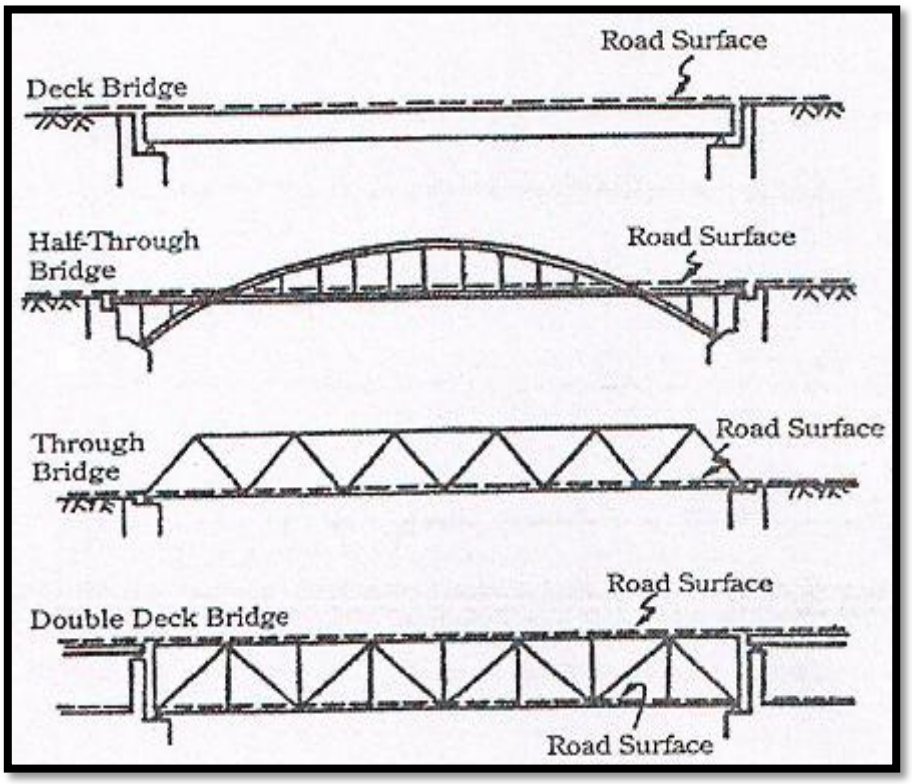
د- امکان پذیر بودن تحلیل این سیستم با کامپیوتر، توام با دقت قابل قبول.

هدف از ساختن عرشه‌های مشبک عبارتست از:

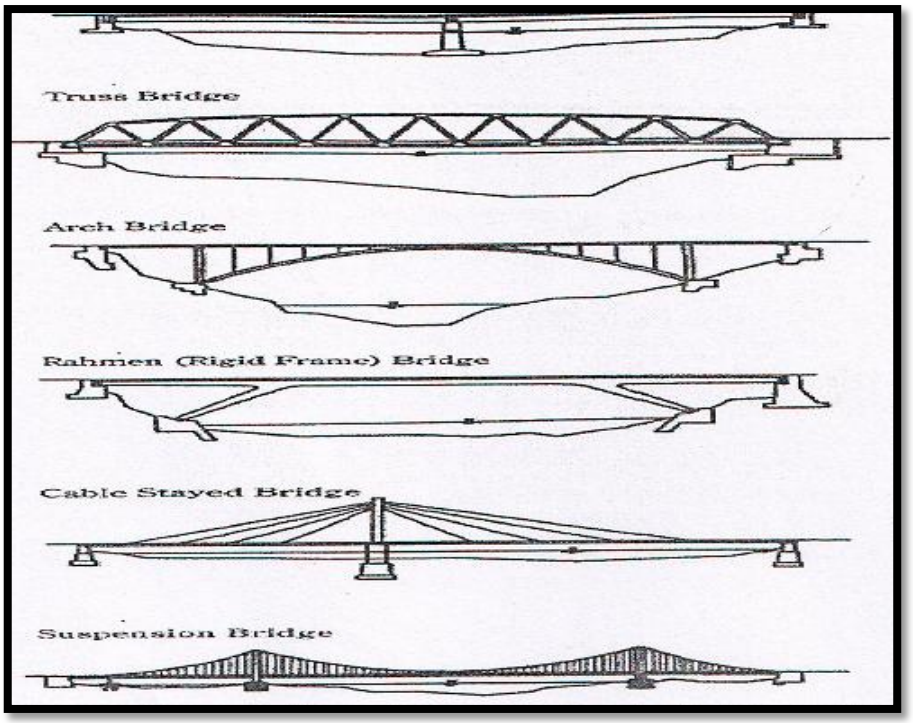
۱) کاهش در میزان مصالح مصرفی

۲) واکنش یکپارچه عرشه

۳) جلوگیری از هرگونه تقریب در تحلیل و طراحی



(شکل ۱–۸) نمونه‌ای از پل‌های عرشه ای، میان گذر، دو عرشه ای



(شکل ۱–۹) نمونه‌ای از پل‌های تیرورقی، خرپایی، کابلی و معلق

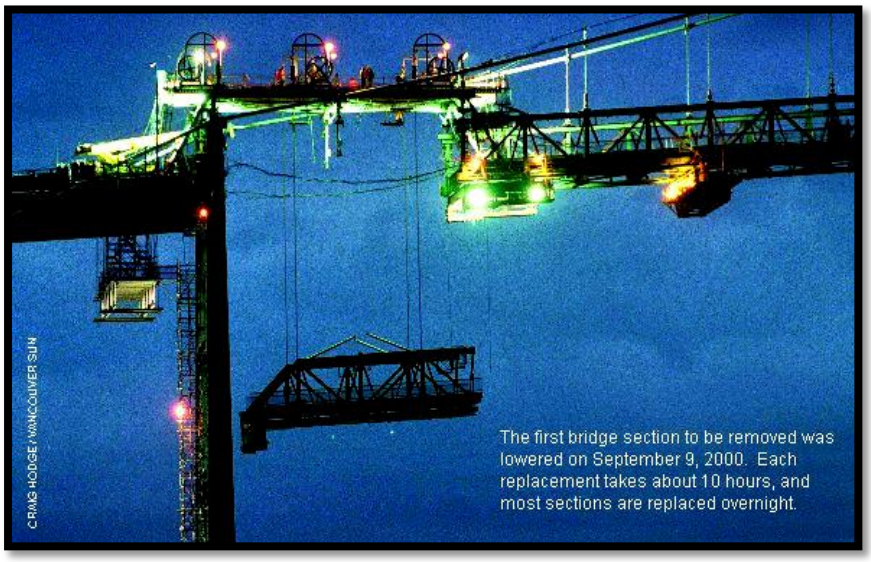
۱-۹- طبقه بندی پل از نظر شیوه ساخت

الف- اجرای درجا با قالب بندی کامل (شکل۱-۱۰)

ب- اجرای پیش ساخته (شکل ۱-۱۱) (شکل ۱-۱۲)

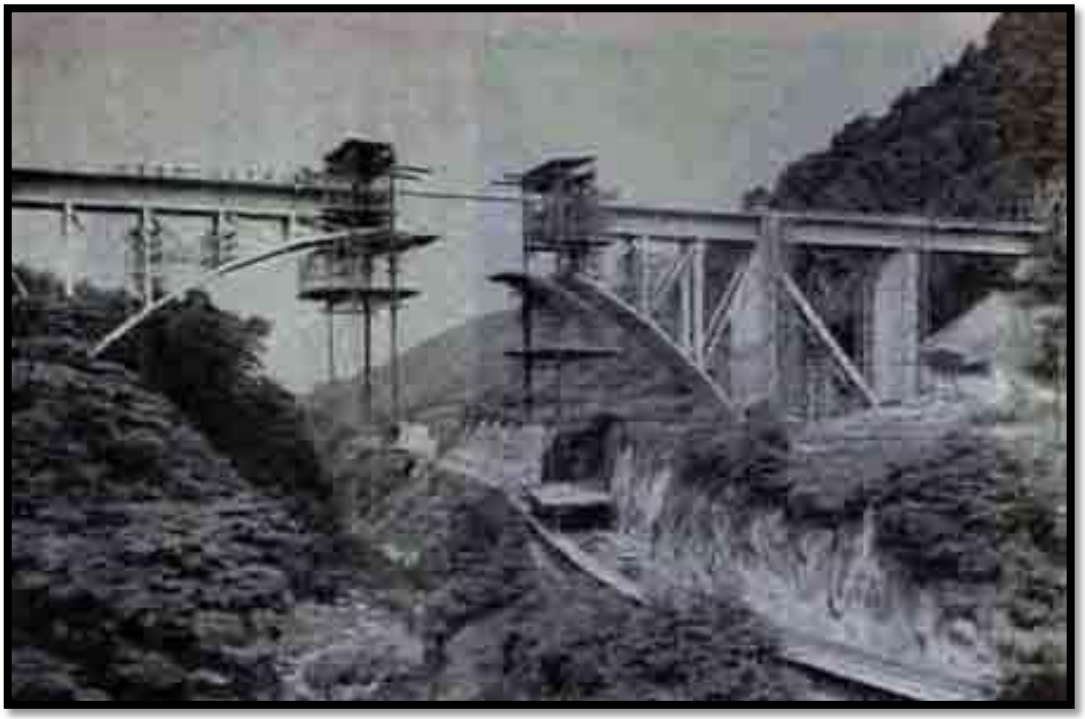
ج- اجرای طره‌ای (شکل ۱-۱۳)

(شکل ۱-۱۰) اجرای درجا با قالب بندی کامل



(شکل ۱-۱۱) اجرای پیش ساخته - نصب با جرثقیل، نصب به شیوه هل دادن

(شکل ۱-۱۲) حمل با بارج و نصب با جرثقیل



(شکل ۱-۱۳) اجرای طره ای

۱-۱۰- طبقه بندی پل از نظر کاربرد

الف- پل‌های عابر پیاده

ب- پل‌های جاده

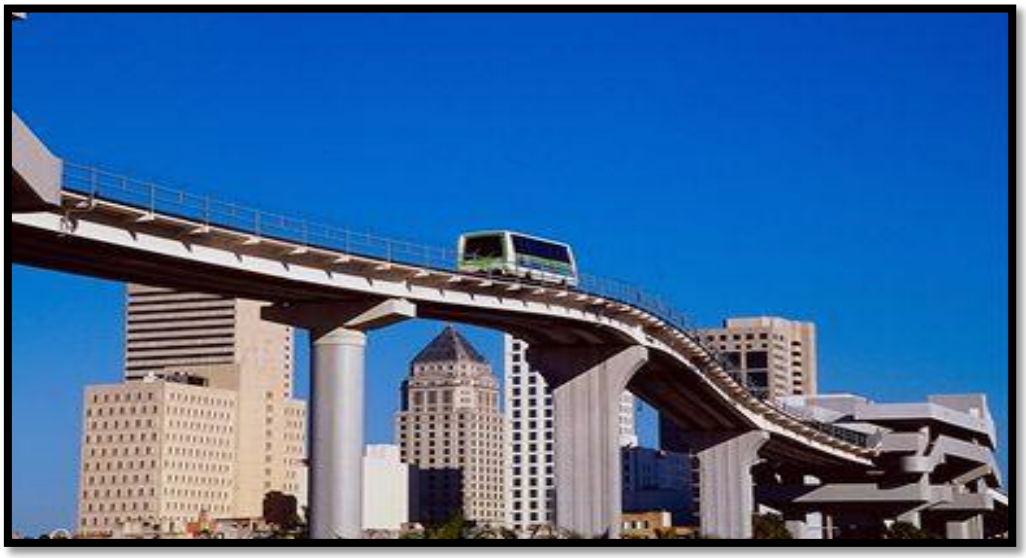
ج- پل‌های راه آهن

د- پل‌های رودخانه ای (شکل ۱-۱٤)

ه- پل‌های روگذر - زیرگذر شاهراه ها (شکل ۱-۱۵)

و- پل‌های عبور خطوط لوله آب، نفت، گاز و غیره.

(شکل ۱-۱٤) پل معلق با مقاصد کشتیرانی



(شکل ۱-۱۵) پل روگذر