



آشنایی با انواع پل ها



Educational and Engineering Institute 808
Specialized training in Civil and Architecture
تلفن: ۰۲۱۸۸۲۷۲۶۹۴
www.civil808.com

زمستان
۹۴

انواع پل ها

بر اساس مسیر بار و رفتار سازه، انواع پل ها عبارتند از: پل های ساخته شده از المان تیر مانند، پل های خرابایی (نیرو به صورت کششی فشاری)، پلهای معلق، پل های قوسی، پل های کنسولی (بازویی - دواسه) و پل های کابلی.

۹.۲.۱ پل های ساخته شده از المان تیر و خرابایی

این نوع پل ها از لحاظ ساختار یکی از ساده ترین نوع پل ها هستند. پل در هر انتها به سادگی متصل شده و نیرو را به زمین انتقال می دهند و پایه ها به صورت مفصل در تحلیل مدل می گردند. در زمان های قدیم مواد مورد استفاده در این پل ها سنگ ها و چوب بودند، اما در زیرساخت های مدرن امروزی، بتن پیش تنیده و فولاد مورد استفاده قرار می گیرند. در پل های ساخته شده از المان های تیر فولادی، مقطع تیر ها می توانند فرم خرپا ها و یا بادبند ها داده شده باشند. به دلیل مقاومت خوب در مقابل لنگر در اتصال تیر و پایه برای پل ها با دهانه ی کوتاه، مقطع جعبه استفاده ی گسترده ای شده است.

پل های خرابایی به پل ها با المان تعلق دارند، اما می توانند در گروه جداگانه ای نیز طبقه بندی شده باشند. سازه های خرابایی از اعضا و مفصل های کششی فشاری با قسمت های مثلثی ساخته شده اند.

۹.۲.۲ پل های قوسی

فرم عضوهای اصلی این پل ها، به صورت منحنی های قوسی هستند. از این نوع پل ها برای عملکرد قوسی بهره برداری می شود، که توانایی انتقال نیروهای ثقلی – مانند بارهای مرده و زنده – در جهت عمودی که توسط پایه ها به هر طرف پل کنترل شده اند. بنابراین یکی از خصوصیات این نوع پل ها این است که از پایه های سنگین استفاده خواهد شد.

بر خلاف پل با المان تیر، که عمدتاً عملکرد خمشی و برشی دارند، المان های کلیدی این پل ها به طور عمده با فشرده سازی در شکل کمانی خود نیروها را انتقال می دهند. به طور سنتی، سنگ، آجر و بتن موادی هستند که برای پل های قوسی استفاده شده اند، که این نوع مواد در فشار بسیار قوی و در کشش به طبع آن خمش ضعیف هستند. در سازه های امروزی، استفاده از آهن نیز محبوب شده اند. یکی از مشهورترین مثال ها می توان به پل Sydney Harbour اشاره کرد.

۹.۲.۳ پل های بازویی

یک پل بازویی معمولاً با دو پایه ی بازویی، که از طرف دیگر به مرکز پل امتداد داده شده اند، طراحی شده است. یکی از مشهورترین مثال ها پل Forth در اسکاتلند است.

۹.۲.۴ پل های معلق

پل های معلق یکی از انواع پل است که برای دهانه های بلند استفاده می گردد. مثلاً پل Golden Gate در کالیفرنیا. اعضای اصلی این نوع پل ها: کابل ها، برجک های تکیه گاهی و کابل های معلق عمودی که وزن عرشه پل را حمل می کنند. برای اینکه کابل ها توانایی نگه داشتن پل را داشته باشند، مهار کافی باید طراحی شوند.

مصالح لازم برای این سازه ها از پل های دیگر با این طول کمتر خواهد بود و در نتیجه هزینه ی ساخت کاهش خواهد یافت.

۹.۲.۵ پل های کابلی

پل های کابلی ظاهراً شبیه پل های معلق هستند. با این وجود، رفتار سازه ای آنها کاملاً متفاوت است. یک پل کابلی معمولی با تکیه گاه های بادبندی متصل کننده به تکیه گاه های فونداسیون پل متصل هستند. از این برجک ها، کابل ها به طور مورب به پایین و دو طرف، به منظور تقویت بادبندها امتداد دارند. دز پل کابلی، برجک ها اعضای اصلی تحمل بار هستند. در مقابله با پل های معلق، مزیت اصلی این پل ها این است که نیازی به لنگرگاه برای نگهداری کابل ها نیست. کابل ها مانند مانعی برای عرشه پل، برای فراهم آوردن سختی بیشتر، و در نتیجه کاهش تغییر شکل آن می باشد.

در ساخت و ساز، این نوع پل ها با دهانه های بلندتر از پل های بازویی اما کوتاهتر از پل های معلق هستند. برای دهانه ی طولانی تر از ۱۰۰۰ متر، پل های کابلی مقرون به صرفه تر است. پروژه ی مشهور پل Millau Viaduct در فرانسه مثال خوبی برای این پل هاست.

۹.۳ طراحی پل

پروژه ی طراحی پل باید در نظر گیرنده ی چند عامل مهم در جهت رسیدن به راه حل باشد. اینها انتخاب هایی هستند که در یک سیستم پلیوجود دارند:

مصالح، ابعاد، فونداسیون ها، زیبایی شناسی، چشم انداز و محیط اطراف آن.

طراحان سازه ملزم به ارائه راه حل سازه ای با حداکثر ایمنی و حداقل هزینه هستند. در طراحی پل، روسازه به طور عمده به عرشه، تیرها، خرپاها و لوازم جانبی مختلف بالاتر از پل اشاره دارد، در حالی که زیرسازه عمدتاً مکانیزم های پل برای حمایت بارهای زیرسازه که در روسازه تولید شده و سپس به زمین انتقال می یابند، از قبیل ستون ها، دیوارهای اسکله و شمع ها اشاره دارند.

۹.۴ بار طراحی

مقررات طراحی مانند Eurocode 1 یا AASHTO موارد مورد نیاز برای طراحی بار زمانی که پل ها در حال کار کردن هستند را می دهند. بر طبق Eurocode 1 موارد زیر باید در نظر گرفته شوند:

وزن و بارهای تحمیلی، باد، عملکردهای حرارتی، عملکردهای در حین اجرا، حوادث (تاثیر بارها) و بارهای ترافیکی.

همچنین موارد دیگری مانند خزش و انقباض بتن، نشست ها و فشارهای زمین، یا فعالیت های لرزه ای که نیاز است در نظر گرفته شوند.

مدل های بار پل های بزرگراهی در هر دو مقررات Eurocode 1 و AASHTO توسعه داده شده اند. پایه ترکیبات بارگذاری برای پل های بزرگراهی به طور وقوع همزمان بار مرده، بار زنده و بارهای دینامیکی هستند. مدل ها بر روی داده های استاتیکی پایه گذاری شده اند.

در این قسمت بارهای بزرگ بر روی زیرساخت های پل و چگونگی توزیع این بارها بر روی پل نشان داده خواهد شد.

خوانندگان می توانند به خصوصیات ذکر شده در طراحی این فصل برای کسب اطلاعات بیشتر مراجعه کنند.

۹.۴.۱ بارهای مرده

بر طبق مقررات Eurocode 1، بارهای مرده ای که می توانند در یک پایه پل وجود داشته باشند از دو بخش آمده است. اولی قسمت سازه ای است، مانند سازه ی فلزی یا سازه بتنی، و این ها می توانند بر اساس ابعاد المان های سازه تعیین شده باشند. دومی قسمت های غیر سازه ای، مانند بلوک های بتنی، سطح و پوشش عرشه بر روی پل و هر المان دیگری که توسط مهندس به عنوان بارهای دائمی در نظر گرفته می شوند.

۹.۴.۲ بارهای زنده

غالب بار زنده بار ترافیک بر روی پل است. حداقل بار زنده ای یک پل می تواند حداکثر تعداد وسایل نقلیه ای که از روی پل عبور می کنند را در یک زمان داده شده تامین کند. در پیشرفت آینده حمل و نقل سریعتر و بزرگتر نیز باید در نظر گرفته شوند. در برخی از موارد استفاده از آزمون ها و اقدامات مختلف با توجه به عملکرد و رفتار سازه تحت حداکثر بار مهم است. اثر بارهای زنده بر روی پارامترهای زیادی بستگی دارد که شامل: طول دهانه، وزن کامیون، بار محوری، پیکربندی محور، موقعیت خودرو بر روی پل (عرضی و طولی)، تعداد وسایل نقلیه بر روی پل (حضور متعدد)، فاصله ی بادبندها و سختی اعضای سازه (دال و بادبندها) می شوند. اثر این پارامترها به طور جداگانه در نظر گرفته شده است (Nowak, 1993).

آیین نامه Eurocode 1 مدل های مختلف بار ترافیکی را برای استفاده ی طراح فراهم می آورد، مانند موارد زیر:

- نیروهای عمودی: LM1, LM2, LM3, LM4.
- نیروهای افقی: ترمز و شتاب، گریز از مرکز، عرضی.
- گروه های بارها: gr1a, gr1b, gr2, gr3, gr4, gr5.

آیین نامه ی AASHTO هم تعداد مدلهای مختلفی برای بار ترافیکی دارد. برای مثال، کامیون ها که پیکربندی بار بزرگتر از مشخصات اجازه داده شده دارند بار بزرگراهی نامیده می شوند.

۹.۴.۳ اثرهای لرزه ای بر روی پل ها

بار زلزله نکته مهم دیگری است. لرزش زمین یا تغییر شکل سبب آسیب اصلی برای پل هاست، که نتیجه ی آن آسیب یا انهدام کامل است. طراحی های روبنا باید عملاً در طول زلزله الاستیک باقی بمانند.

۹.۴.۴ اثرات باد بر روی پل ها

انهدام شناخته شده ی پل Tacoma Narrows در سال ۱۹۴۰ اهمیت اثر باد را بر روی عملکرد دهانه های بلند نشان داد. به منظور بررسی اثرات باد در پل با دهانه بلند مانند پل های معلق و کابلی و تجزیه و تحلیل پاسخ پل تحت بار بال

تحقیقات گسترده ای شده است. در برخی از موقعیت ها، با آزمایش تونل باد و مدل های دینامیکی اجزا محدود نیاز دارند که توسعه داده شده باشد.

۹.۴.۵ اتفاقات تصادفی (ضریب بار)

در طراحی پل همچنین در نظر گیری اتفاقات تصادفی مانند ضربه ی کشتی ها نیز مهم هستند. چندین سناریو برای ضریب بارها مانند بر خورد با قوس یک ستون پل و یا بر خورد به کناره پل یا بر خورد اتاقک کشتی با طول دهانه و غیره وجود دارد.

عواملی که ضرایب بار را تحت تاثیر قرار می دهند: نوع آبراه، شرایط سیل، نوع و ساختار کشتی ها هستند.

۹.۵ به عنوان مثال مدل سازی پل راه آهن Milau Viaduct با استفاده از نرم افزار CSI Bridge

Millau viaduct توسط Partners و Foster طراحی شده بود. این پل یک سازه ی کابلی چند دهانه است که ادعا شده است که در حال حاضر بلندترین پل جهان است. این پل شامل ۸ دهانه؛ ۶ دهانه ی مرکزی هر کدام ۳۲۴ متر و دو دهانه ی انتهایی به طول ۲۰۴ متر دارد. در مجموع، پل ۲۴۶۰ متر است. تیرها در هر دو جهت طولی و عرضی تنظیم شده است. برای اطمینان از تداوم ورقه های آهنی از جعبه تیر آهن مرکزی و دیوارها پای تیرها به صورت صلب به قاب که تحت پوشش قسمت های باربر در هر طرف شفت پایه پل یافت شده است. دو مدل بر اساس نقشه های معماری ارائه شده توسط Partners و Foster قرار داده شده است. یکی مدل Sap2000 به صورت 3D از Millau Viaduct است. تکنیک های مدل سازی در بخش ۹.۶ مدل پل Forth در اسکاتلند معرفی خواهد شد. در اینجا، به منظور نشان دادن چگونگی مدل کردن یک پایه پل در نرم افزار CSI Bridge، مدل در نرم افزار CSI Bridge و برای اهداف نمایشی تنها در دو دهانه ی مدل سازی شده، تنظیم خواهد شد.