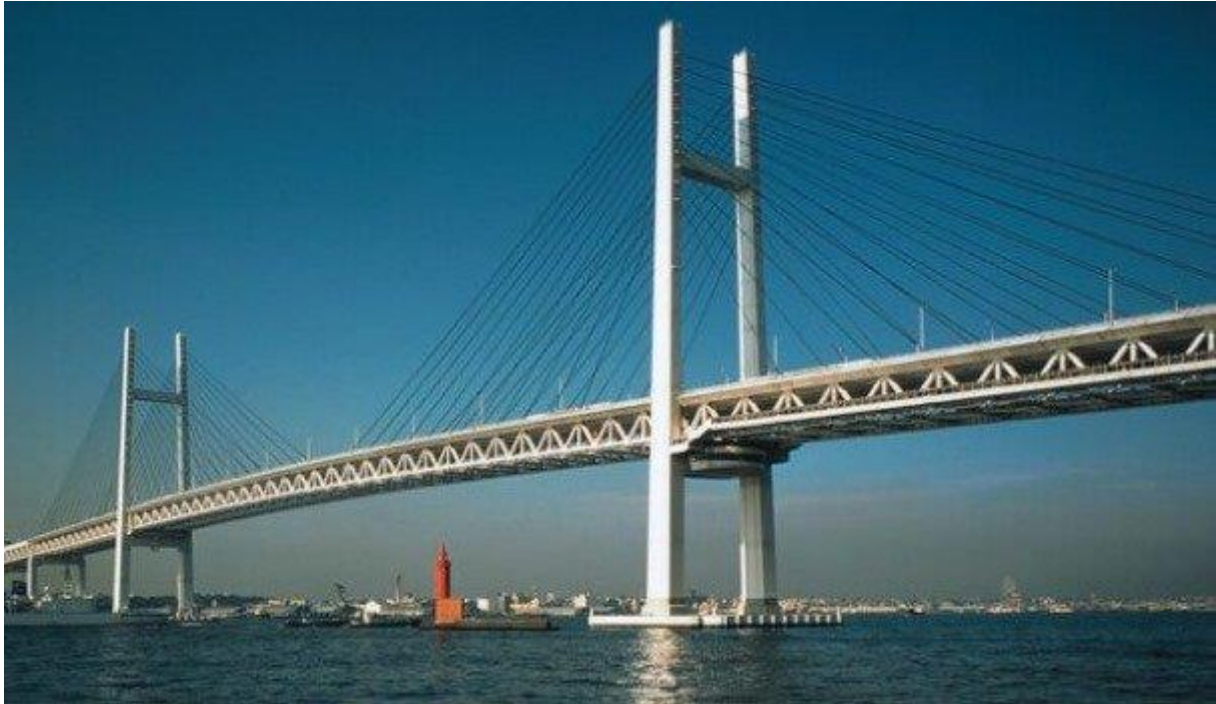


برج‌ها در پل‌های معلق و کابلی - عملکرد و طراحی مفهومی

برج‌ها در پل‌ها، سازه‌های بتنی و فولادی عمودی هستند که تا بالاتر از سطح عرشه پل‌ها ادامه پیدا می‌کنند. این برج‌ها در ساخت پل کابلی، پل معلق و سازه‌های کابلی معلق هیبریدی استفاده می‌شوند.

در این مقاله، طراحی مفهومی برج‌ها در پل‌های معلق و کابلی و عملکرد آن‌ها بررسی می‌شوند.



شکل ۱. برج پل کابلی

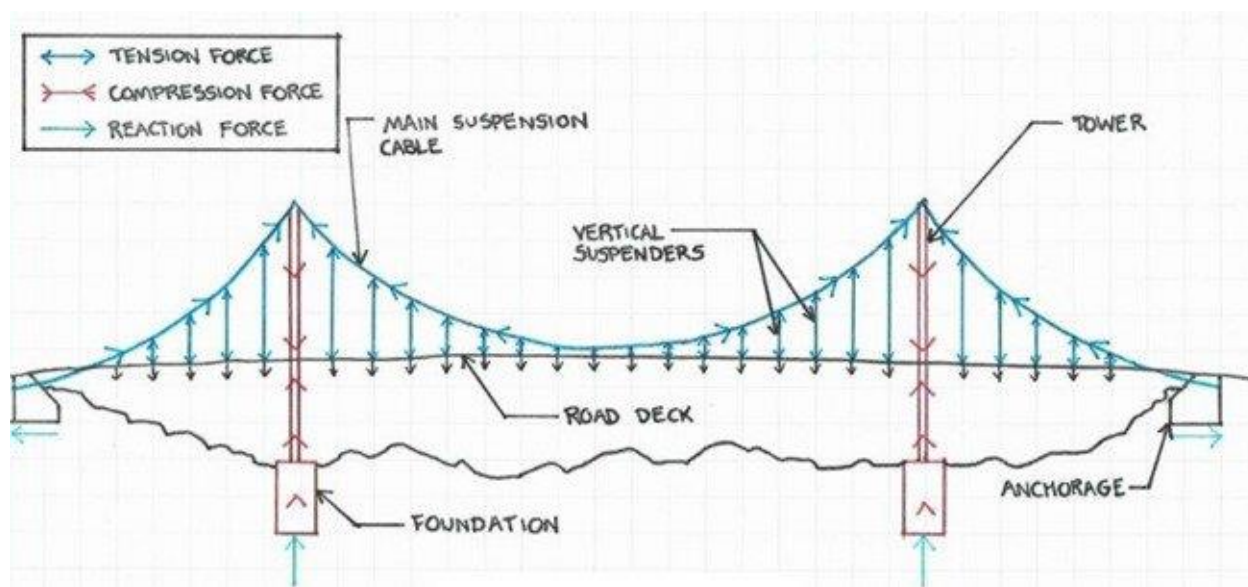


شکل ۲. برج‌های پل معلق

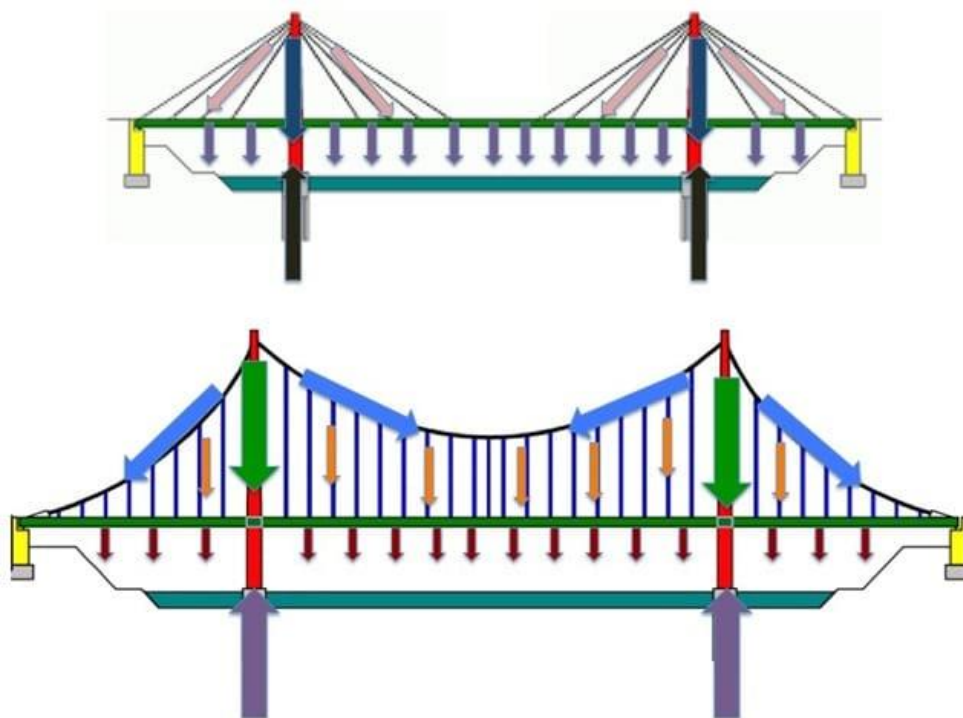
عملکرد برج‌ها در پل‌های معلق و کابلی

کارکرد اصلی برج‌ها در پل‌های کابلی و پل معلق، تحمل بارهای مرده پل و بارهای ترافیکی (زنده) به صورت ایمن است. برج‌ها باید به لحاظ جنبه‌های زیباشناسی قابل قبول باشند و عملکرد پایدار رضایت بخشی داشته باشند.

شکل ۳ و شکل ۴ نمودار جسم آزاد پل معلق و پل کابلی را نشان داده و توضیح می‌دهد که برج‌ها چگونه بارهای پل و بارهای ترافیکی را تحمل می‌کنند.



شکل ۳. بارهای پل و ترافیک، توسط برج‌ها تحمل می‌شوند



شکل ۴. برج‌های تحمل‌کننده بارهای پل و ترافیک

طراحی مفهومی برج‌ها

طراحی مفهومی سازه‌ی پل و در این مورد برج‌ها، حیاتی‌ترین مرحله‌ی طراحی پل‌های اخیر و مبنایی برای طراحی نهایی است؛ زیرا قابلیت اعتماد، قابلیت خدمت، شکل ظاهری و هزینه‌ی سازه در این مرحله تعیین می‌شود.

اهمیت طراحی مفهومی برج ممکن است بیشتر از مؤلفه‌های دیگر پل باشد زیرا جایگزینی ندارد. این برج‌ها بارهای پل و ترافیک را تحمل کرده و به پی منتقل می‌کنند. این آخرین تصویری است که مسافر به یاد خواهد داشت زیرا از همه‌ی جهات قابل مشاهده است.

در کل، اصول اولیه و تمرکز طراحی مفهومی برج‌ها و سازه‌ی پل باید به چهار شرط حیاتی که موفقیت فاز ساخت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، دست یابد.

برج‌ها باید قابل اطمینان، قابل استفاده، زیبا و مقرون به صرفه باشند. ساخت برج‌ها باید ساده و به کمترین نگهداری ممکن نیاز داشته باشد.

درباره‌ی طراحی مفهومی برج پل‌ها در بخش‌های آینده بحث خواهد شد و درباره‌ی سه جنبه‌ی اصلی این بخش از پل یعنی مصالح، شکل و ساخت برج توضیحات بیشتری داده خواهد شد.

مصالح قابل استفاده برای ساخت برج‌ها

سه نوع اصلی از مصالح ممکن است برای ساخت و ساز برج‌ها انتخاب شوند: فولاد، بتن مسلح و چوب. دو مورد اول می‌توانند برای ساخت برج پل‌های کابلی و معلق با دهانه‌ی طولانی استفاده شوند در حالی که مورد آخر تنها برای پل عابر پیاده قابل استفاده است.



شکل ۵. برج فولادی

در مورد مصالحی که می‌تواند در ساخت برج استفاده شود در مرحله‌ی طراحی مفهومی تصمیم‌گیری می‌شود و عوامل متعددی در فرآیند تصمیم‌گیری باید در نظر گرفته شوند.

مثلاً بودجه‌ی ساخت‌وساز برای هر مصالح باید در مرحله‌ی طراحی مفهومی تقریباً محاسبه و مقایسه شود. عوامل مختلفی بر قیمت هر مصالح تأثیر می‌گذارند؛ مانند دسترسی به تجهیزات، وضعیت بازار، تجربه‌ی پیمانکار، جزییات طراحی و شرایط مربوط به محل پروژه.

اگر هزینه‌ی چرخه‌ی عمر پل هم عامل تعیین‌کننده فرض شود، هزینه و تعداد دفعات نیاز به نگهداری هم باید مورد توجه قرار گیرد؛ بنابراین، ترکیب تأثیر این عوامل، مصالح اقتصادی‌تر را مشخص می‌کند.

وزن برج‌های فولادی کمتر از وزن برج‌های بتن مسلح است، بنابراین بار روی فونداسیون کمتر خواهد شد و هزینه‌ی پی کمتر خواهد شد. برج فولادی نه تنها شکل‌پذیر و انعطاف‌پذیر است بلکه زمان کم‌تری هم برای نصب نیاز دارد. با این حال، به صورت منظم نیاز به محافظت و رنگ‌آمیزی دارد.

برای استفاده‌ی کمتر از بتن و میلگرد و کاهش وزن، برج بتنی اغلب به صورت شفت توخالی طراحی و ساخته می‌شود.



شکل ۶. برج بتنی پل

شکل برج‌ها

شکل‌های متفاوتی را می‌توان در مرحله‌ی طراحی مفهومی انتخاب کرد. ارتفاع برج‌ها در سازه‌ی پل کابلی ۰.۲ برابر طول دهانه‌ی اصلی به علاوه‌ی عمق تیر اصلی و فاصله تا پی است. این ارتفاع تقریبی بوده و ارتفاع نهایی در فاز طراحی نهایی تعیین می‌شود.

شکل‌های گوناگونی از برج‌ها در پل‌های کابلی استفاده می‌شوند که عبارت‌اند از:

یک برج

ساده‌ترین نوع برج که معمولاً عمودی و به‌ندرت مورب است و عمدتاً برای پل‌های دوطرفه استفاده می‌شود.

این برج در حالتی که جاده‌ی دارای خم است باید بیرون از منحنی محدب قرار بگیرد و شیب عرضی داشته باشد تا تکیه‌گاهی مناسب برای عرشه‌ی دارای خم فراهم شود.



شکل ۷. پل کابلی با یک برج



شکل ۸. پلی با یک برج مورب

دو برج عمودی

این برج از دو پایه که ممکن است با عضو فشاری عرضی به هم متصل شده باشند یا نشده باشند، در هر دو طرف جاده تشکیل شده است و در آن از دو ردیف کابل استفاده می‌شود.



شکل ۹. دو برج عمودی

دو برج عمودی مایل

این برج از دو ستون عمودی و یک عضو فشاری افقی که این دو را به هم وصل می‌کند، تشکیل شده است. در این شکل از برج‌ها، کابل‌ها در یک صفحه‌ی عمودی قرار گرفته و به تیر اصلی متصل شوند.



شکل ۱۰. اتصال ستون‌ها با عضو فشاری افقی باعث افزایش پایداری آن می‌شود

دو ستون پل کابلی ممکن است به سمت یکدیگر متمایل شوند تا یک قاب A ناقص را شکل دهند یا محورهای دو ستون در بالا به هم رسیده و یک A کامل را شکل دهند،

ساخت برج‌ها

در مرحله‌ی طراحی مفهومی باید حداقل یک روش ساخت برای هر شکل پیشنهادی از برج‌ها پیشنهاد شود. با این کار اطمینان پیدا می‌کنیم که ساخت پل امکان‌پذیر است.

مترجم: پوریا نخعی

منبع:

<https://theconstructor.org/structures/suspension-cable-stayed-bridges-towers-functions-design/18139/>