

مدل سازی پل با نرم افزارهای

**ABAQUS و CSI Bridge**

مolf

مجید عباسی

## پیشگفتار

امروزه با توجه به پیشرفتهای تکنولوژی و ارائه روش‌های نوین در تحلیل مسائل مختلف، علم مهندسی دستخوش تغییرات قابل توجهی شده است.

در این کتاب قصد داریم با طراحی و آنالیز ساخت پل با استفاده از نرم‌افزارهای CSI Bridge و ABAQUS شما را با مراحل طراحی و آنالیز ساخت پل با این دو نرم‌افزار آشنا کنیم. نرم‌افزار CSI Bridge جهت مدل‌سازی، تجزیه و تحلیل و طراحی انواع سازه‌های پل می‌باشد که یکی از کامل‌ترین برنامه‌ها در این زمینه است. مدل‌سازی پیچیده، انواع آنالیز ساختمانی سازه‌های پل، لرزه‌نگاری و مقاوم‌سازی از جمله امکانات این نرم‌افزار است. علاوه بر این یکی از نرم‌افزارهای قدرتمند در زمینه تحلیل به روش اجزا محدود ABAQUS می‌باشد. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان پیچیده‌ترین مسائل مهندسی را مدل‌سازی و با کمترین درصد خطا تحلیل نمود. نرم‌افزار ABAQUS یکی از نرم‌افزارهای قدرتمند در این زمینه می‌باشد.

در این کتاب سعی شده است با آموزش مدل‌سازی پل در این دو نرم‌افزار نتایج حاصل از تحلیل از جمله تنش‌ها، جابجایی‌ها و نیروهای تکیه‌گاهی را تحت بارگذاری‌های موجود بررسی کنیم.

## فهرست

مقدمه‌ای بر پل و خلاصه‌ای از تعاریف آیین نامه آشتو و سایر منابع .....	۵
مدلسازی و طرح اولیه پل راه آهن دو دهانه روی قوس دایره‌ای با نرم افزار CSI bridge.....	۱۰
مدلسازی پل با نرم افزار ABAQUS.....	۴۰
روش اجرای کار با نرم افزار.....	۴۶
نتایج نرم افزار ABAQUS.....	۶۶
منابع.....	۷۵

## فصل اول:

### مقدمه ای بر پل و پاره ای از تعاریف مهم بر اساس آیین نامه آشتو و سایر منابع

۱-۱- تعریف پل:

▪ سازه ای است که شرایط عبور از روی یک مانع را فراهم می نماید بدون اینکه مسیر عبور از زیر خود را ببندد (که در غیر این صورت سازه مذکور همانند سد عمل خواهد کرد). از پل معمولاً جهت عبور راه، راه آهن، عابر پیاده یا حتی کانال و خط لوله استفاده می شود. موانعی که معمولاً قصد عبور از آن ها را داریم می تواند رودخانه، یک راه دیگر و یا دره باشد.

۱-۲- مولفه های پل:

▪ اجزاء اصلی تشکیل دهنده سازه پل عبارتند از:

- عرشه، شامل دال، شاه تیرها، خرپا و غیره
- یاتاقان های عرشه
- کوله و پایه های پل
- فونداسیون کوله و پایه ها
- حائل ها، گاردریل و جان پناه های طرفین پل

۱-۳- طبقه بندی پل ها:

- پل ها را می توان بر حسب طرق مختلفی طبقه بندی نمود:
- برحسب نوع استفاده: پل مجرای آب مثل کانال رودخانه، پل دره ای، پل عابر پیاده راه آهن یا خط لوله
- برحسب مصالح مورد استفاده برای ساخت پل: چوب، مصالح بنایی، آهن، فولاد، بتن مسلح، بتن پیش تنیده، پل آلومینیومی یا مصالح کامپوزیت
- بر حسب نوع روسازه: پل دالی، پل تیری، خرپایی، قوسی یا معلق
- بر حسب نوع دهانه: ساده، پیوسته یا طره ای
- موقعیت سطح تردد نسبت به سازه (روگذر، میان گذر)

#### ۴-۱- کوله پل:

به همین معنی اقتباس شده و در مهندسی پل به دیوار حائلی اطلاق می شود که تکیه گاه culée کوله از واژه فرانسوی طرفین پل است. این پل می تواند یک قوس ساده، عرشه و یا تیر باشد و کوله بار این سازه ها را تحمل کرده و به زمین طبیعی سنگ یا خاک انتقال می دهد. به عبارتی کوله پل همزمان هم نقش دیوار حائل و هم نقش دیوار باربر جهت انتقال بارهای قائم را ایفا می نماید. کوله می تواند از جنس مصالح بنایی، بتن مسلح، بتن پیش تنیده و حتی سپری باشد.

کوله ها دارای انواع مختلفی بوده و طبقه بندی آنها معمولاً بر حسب موقعیت کوله نسبت به ورودی پل انجام می شود.

#### ۵-۱- تیر:

عضو سازه ای افقی که بارهای قائم را با تحمل خمش انتقال می دهد. شاه تیر، تیر بزرگتری است که اغلب از ورق های متعدد ساخته می شود. تیرهای عمیق تر و بلند تر را می توان با استفاده از خرپا ایجاد نمود.

#### ۶-۱- درجه بندی وضعیت پل:

از طریق بازرسی های ایمنی دوره ای، اطلاعاتی در رابطه با وضعیت مولفه های اصلی سازه گردآوری می شود. در این روش با گردآوری اطلاعاتی درباره مولفه های زیر در یک پل، وضعیت آن در بازه ای بین 0 تا 9 امتیاز دهی می شود. درجه ۴ به پایین در یکی از اجزاء زیر پل را در رده "سازه ای معیوب" قرار می دهد.

- عرشه پل از جمله سطح رویه ای که در معرض سایش قرار دارد.
- روسازه شامل تمام اعضاء باربر اصلی و اتصالات
- زیرسازه با در نظر گرفتن کوله ها و تمام پایه های میانی
- برای اینکه پل واجد شرایط دریافت کمک های دولت فدرال باشد، داشتن شرایط زیر الزامی است:

• جایگزینی: پل باید دارای درجه کفایت کمتر از 50 بوده و یا به لحاظ عملکردی از کار افتاده بوده یا به لحاظ سازه ای معیوب باشد.

• تعمیر: پل باید دارای درجه کفایت کمتر از 80 باشد.

#### ۷-۱- کابل

بخشی از یک پل معلق که از یک لنگرگاه با عبور از روی برج‌ها تا لنگرگاه سمت مخالف امتداد می‌یابد. کابل‌های آویز در طول کابل اصلی به آن متصل شده و وزن عرشه پل را تحمل می‌نمایند.

#### ۸-۱- عرشه

قسمت راه در پل‌ها به همراه شانه‌ها. اکثر عرشه‌های پل‌ها به صورت دال‌های بتن مسلح ساخته می‌شوند اما هنوز هم در بعضی نواحی روستایی از عرشه‌های چوبی استفاده می‌شود و در بعضی پل‌های متحرک هم عرشه‌های شبکه‌ای باز به کار گرفته می‌شود.

#### ۹-۱- دیافراگم

بادبندی که بین تیرها یا شاه‌تیرهای اصلی قرار گرفته و به توزیع بارها کمک می‌نماید.

#### ۱۰-۱- جان پناه

دیوار کوتاهی که در اطراف لبه عرشه پل ایجاد می‌شود تا از وسایل نقلیه و پیاده‌روها در برابر سقوط محافظت نماید.

#### ۱۱-۱- شمع

ستون بلندی که در داخل زمین قرار داده می‌شود و بخشی از فونداسیون یا زیرسازه را تشکیل می‌دهد.

#### ۱۲-۱- زیرسازه

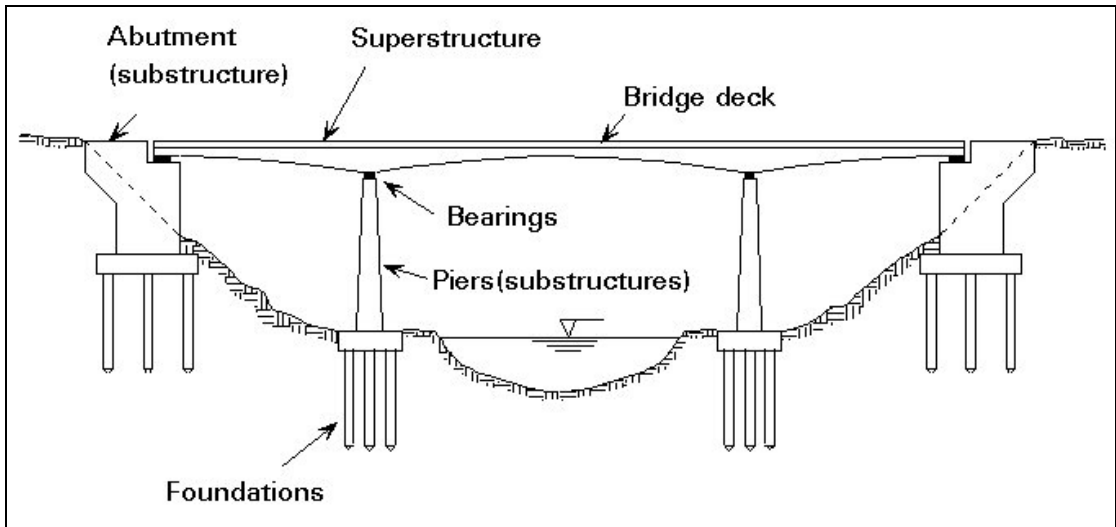
زیرسازه پل شامل تمام بخش‌هایی است که بار روسازه را تحمل می‌نماید. بخش‌های اصلی زیرسازه عبارتند از:

- کوله‌ها یا پایه‌های کناری
- پایه‌های میانی
- شالوده‌ها
- شمع‌ها

#### ۱۳-۱- روسازه

در پل‌ها روسازه شامل بخشی از پل می‌شود که بار زنده مستقیماً بر روی آن وارد می‌شود و بالاتر از تراز پایه‌ها و کوله‌ها قرار می‌گیرد. روسازه شامل موارد زیر می‌شود:

- عرشه پل
- اعضاء سازه ای
- جان پناه، ریل ها، پیاده رو، روشنایی ها و زهکش ها



شمای کلی از یک پل عرشه ای: Superstructure: روسازه پل شامل عرشه و تیرها، Bridge Deck: عرشه پل شامل دال بتنی و پیاده رو، Abutment: پایه های کناری یا کوله ها، Bearings: تکیه گاهها، Piers: پایه های میانی



نمایی از عرشه و پایه های میانی پل واقع در مسیر راه آهن دورود-خرم آباد