

## تحلیل لرزه‌ای پل‌های کابلی ترکه‌ای به روش دینامیکی تاریخچه زمانی و استاتیکی غیرخطی

فروغ یگانه کیوانی<sup>۱</sup>، حسین تحقیقی<sup>۲</sup>، احمد روشنایی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه. دانشگاه کاشان، کاشان

۲- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه کاشان، کاشان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه. دانشگاه کاشان، کاشان

### خلاصه

کشور ایران به دلیل قرارگرفتن در کمربند لرزه خیز آلپ - هیمالیا همه ساله با زلزله‌های زیادی در نقاط مختلف مواجه است. در هنگام وقوع زلزله، پل‌ها در امور حمل و نقل اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کنند. با توجه به اهمیت بالای این نوع سازه‌ها پیش‌بینی عکس‌العمل و عملکرد پل‌ها تحت نیروی زلزله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در سال‌های اخیر موضوع پاسخ دینامیکی پل‌های ترکه‌ای بسیار مورد توجه قرار گرفته است. کابل‌ها وظیفه انتقال بارها از عرشه به برج‌ها را به عهده دارند و ذاتا دارای رفتار غیرخطی هندسی می‌باشند. پاسخ لرزه‌ای پل‌های کابلی ترکه‌ای به صورت قابل ملاحظه‌ای به روش تحلیل خطی و یا غیرخطی بستگی دارد. در پژوهش‌های انجام شده، عموماً برای مدل‌سازی رفتار غیرخطی هندسی کابل‌ها از مدول الاستیسیته معادل استفاده شده است. در این مقاله به بررسی و مدل‌سازی پل کابلی ترکه‌ای کویسنی (Quincy Bay) پرداخته می‌شود. در این راستا، ابتدا پل مذکور یک‌بار با در نظر گرفتن مدول الاستیسیته معادل و بار دیگر با لحاظ نمودن مدول الاستیسیته واقعی کابل‌ها مدل می‌شود. سپس، مدل‌ها تحت اثر رکوردهای حوزه نزدیک زلزله‌های نورتریج، کوبه و لوماپریتا در نرم‌افزار Csi bridge به دو روش استاتیکی غیرخطی (pushover) و تاریخچه زمانی تحلیل می‌شوند. و نتایج حاصل از تحلیل با یکدیگر مقایسه می‌گردد.

کلمات کلیدی: تحلیل دینامیکی، تحلیل استاتیکی، رفتار غیرخطی، پل کابلی ترکه‌ای، بارگذاری لرزه‌ای.

### ۱. مقدمه

در سال‌های گذشته مطالعات گسترده‌ای بر روی رفتار دینامیکی و لرزه‌ای پل‌های کابلی صورت گرفته است. بیشترین تحقیقات صورت گرفته بر روی این نوع پل‌ها مربوط به سال ۱۹۸۷ می‌باشد. درست زمانی که بررسی‌های اولیه برای ساخت پل کویسنی بر روی رود خانه می‌سی‌سی‌پی در حال انجام بوده است. پل‌های کابلی علاوه بر کابل‌ها که از نظر شکل، جنس و حالت ساخت به دسته‌های گوناگونی تقسیم می‌شوند، معماری و چگونگی چیدن و مرتب کردن آن‌ها در طول و عرض نیز متفاوت بوده و از تنوع زیادی برخوردار است. یک پل کابلی متشکل از اعضایی چون کوله‌ها، پایه‌ها، عرشه، برج‌ها و سیستم‌های کابلی می‌باشد که در این میان برج‌ها اعضای نگهدارنده سیستم کابلی بوده و در شکل نهایی این سیستم تأثیر زیادی دارند، هر چند که عرشه نیز با توجه به بزرگی یا کوچکی عرض آن در نوع سیستم کابلی مؤثر است [۱]. سیستم کابلی در واقع همان نحوه آرایش و یا چیدن کابل‌ها برای فراهم کردن یک مسیر بهینه انتقال نیروهای قائم به برج‌ها و پایه‌های پل می‌باشد و با توجه به چگونگی آرایش کابل‌ها در طول پل، به چهار دسته بادبزی، موازی، بادبزی اصلاح شده و نامتقارن تقسیم می‌شوند. روش‌های تحلیل دینامیکی غیرخطی شامل روش‌هایی مانند "تحلیل طیفی" و "تحلیل تاریخچه زمانی" اند و کلیه پارامترهای مربوط به حرکت زمین نظیر جرم، نسبت شتاب مبنا و غیره در این روش‌ها همان مقادیری می‌باشند که در تحلیل استاتیکی غیرخطی به کاررفته‌اند [۲]. در این مقاله، پس از معرفی پل کابلی ترکه‌ای کویسنی نسبت به مدل‌سازی این پل با نرم‌افزار Csi bridge اقدام می‌شود. برای تحلیل رفتار غیرخطی پل‌ها، با در نظر گرفتن اثر  $P-\Delta$ ، از روش استاتیکی و تاریخچه زمانی تحت اثر رکوردهای حوزه نزدیک زلزله‌های کوبه، نورتریج، و لوماپریتا استفاده می‌شود. سپس به مقایسه نتایج حاصل از تحلیل‌های غیرخطی با در نظر گرفتن مدول الاستیسیته معادل و مدول الاستیسیته واقعی کابل‌ها می‌پردازیم. هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر رفتار غیرخطی کابل‌ها بر پاسخ سازه و همچنین بررسی و مقایسه نتایج حاصل از دو روش تحلیلی

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه کاشان

<sup>۲</sup> استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه کاشان

<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه کاشان