ردیابی تحلیلی ترک در یک تیر عمیق ساده با استفاده از یک جرم آزمون

سینا فکرآزاده[۱]، مسعود شفیعی سرتشنیزی[۲]، ناصر خاجی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی سازه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲- دانشجوی دکترای مهندسی زلزله، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳- دانشیار مهندسی زلزله، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

nkhaji@modares.ac.ir

خلاصه

هنگامی که سازه در معرض خستگی قرار می‌گیرد یا بارهای غیر معمول به آن وارد می‌شود ممکن است در آن آسیب‌هایی ایجاد شود. این آسیب‌ها در خصوصیات سازه (مانند سختی و میرایی) تغییر ایجاد می‌کنند. نتیجه این تغییر، تغییر در خصوصیات دینامیکی(فرکانسهای طبیعی و شکل‌های مودی) سازه است. برخی سازه‌ها (برای مثال پل‌ها) بواسطه اهمیتی که دارند لازم است بصورت مداوم کنترل شوند. گسترش آسیب و در نتیجه آن خارج شدن آنها از خدمت رسانی می‌تواند تبعات جبران ناپذیری داشته باشد. در این تحقیق، روشی تحلیلی برای شناسایی ترک در تیر تیموشنکو با یک جرم آزمون مورد بررسی قرار می‌گیرد. منظور از جرم آزمون، وجود جرمی متمرکز در مکانهایی متفاوت می‌باشد (محل جرم از قبل معلوم است). برای مدل‌سازی تیر از فرمولاسیون تیر تیموشنکو استفاده شده است. ترک بصورت یک فنر پیچشی بین دو بخش تیر فرض می‌شود که سختی آن وابسته به عمق نسبی ترک خواهد بود. برای حل مساله به صورت مستقیم ابتدا مساله ارتعاش آزاد برای تیر ترک خورده بدون در نظر گرفتن جرم متمرکز اشاره شده، ارائه می‌گردد. در این مرحله برای حل مساله ارتعاش آزاد، از روش نگاشت ماتریسی برای بدست آوردن معادلات نهایی بهره گرفته شده است. پس از آن با استفاده از روش خارج قسمت ریلی فرکانسهای طبیعی برای مجموعه تیر و جرم اصلاح می‌گردند. برای صحت‌سنجی روش پیشنهادی، از مدلهای عددی المان محدود استفاده شده است. نتایج حاصل از روش پیشنهادی، تطابق بسیار خوبی با نتایج عددی دارند. در نهایت با توجه به معادلات نهایی حاصل که در آن سه پارامتر فرکانسهای طبیعی، محل ترک و عمق ترک وجود دارند(محل جرم آزمون مشخص است) به ردیابی ترک پرداخته شده است. نتایج ردیابی ترک به این روش مزایای چشمگیری به نسبت سایر روشهای معرفی شده دارد.

کلمات کلیدی: ارتعاش آزاد، جرم آزمون، شناسایی ترک، تیر تیموشنکو، حل معکوس.

۱. مقدمه

هنگامی که سازه در معرض خستگی قرار می‌گیرد یا بارهای غیر معمول به آن وارد می‌شود ممکن است در آن آسیب‌هایی(مانند ترک خوردگی) ایجاد شود. این آسیب‌ها در خصوصیات سازه (مانند سختی و میرایی) تغییر ایجاد می‌کنند. نتیجه این تغییر، تغییر در خصوصیات دینامیکی(فرکانسهای طبیعی و شکل‌های مودی) سازه است. برخی سازه‌ها (برای مثال پل‌ها) بواسطه اهمیتی که دارند لازم است بصورت مداوم کنترل شوند. گسترش آسیب و در نتیجه آن خارج شدن آنها از خدمت رسانی می‌تواند تبعات جبران ناپذیری داشته باشد.

در سه دههٔ گذشته، مطالعات بسیاری برای شناسایی ترک در اجزای سازه‌ای انجام شده است که در نتیجهٔ آن روشهای متعدد عددی، تحلیلی و آزمایشگاهی، مورد بررسی قرار گرفته است. مبنای بخش عمده‌ای از تحقیقات اخیر در هر دو روش تحلیلی و عددی، تغییر در فرکانسهای طبیعی[۱]، اندازه‌گیری نرمی دینامیکی[۲] یا مقایسه شکل‌های مودی[۳] بوده است. در میان رویکردهای ذکر شده بررسی تغییر در فرکانسهای طبیعی بواسطه سهولت نسبی در به کارگیری، هزینه و سرعت در تحلیل نتایج، روش معمول‌تری است.

اغلب تحقیقاتی که تاکنون پیرامون مساله تیر ترک خورده انجام شده‌اند از تئوری تیر اولر برنولی بهره گرفته‌اند. فرمولاسیون تیر اولر برنولی برای تیرهای عمیق ارزیابی درستی از فرکانس‌های طبیعی بدست نمی‌دهد و این بدلیل سهم قابل توجه تغییر شکل‌های برشی و لختی دورانی است. در این مسائل فرمولاسیون تیر تیموشنکو نسبت به فرمولاسیون تیر اولر برنولی کاربرد وسیع‌تری دارد و در حالت ذکر شده دچار نقصان نمی‌شود.