



## بررسی و شناسایی محل خرابی در سازه‌ها با استفاده از پاسخ‌های دینامیکی

پیمان ترکزاده<sup>۱</sup>، سید صادق ناصرعلوی<sup>۲</sup>، یونس گودرزی<sup>۳</sup>

۱- استادیار بخش مهندسی عمران، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- دانشجوی دکتری سازه، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی کرمان

torkzadeh@mail.uk.ac.ir

### خلاصه

نظارت بر سلامت سازه‌ها و تشخیص آسیب‌های آن در مراحل اولیه یکی از موضوعات مورد توجه همیشگی بوده است. امروزه، تحقیقات بر روی روش‌های عیب‌یابی سازه‌ها بر پایه تحلیل ارتعاشی، بسیار گسترش یافته است زیرا از این روش‌ها می‌توان به عنوان روش‌های بررسی دائمی و به هنگام سازه‌ها استفاده کرد و از به وجود آمدن آسیب‌های بیشتر در سازه‌ها جلوگیری نمود. روش‌های غیر مخرب از جمله روش‌های کم هزینه و اقتصادی برای تعیین خرابی در سازه‌ها می‌باشند. در این تحقیق، یک روش غیر مخرب جهت تشخیص و شناسایی محل خرابی در سازه‌ها بر اساس پاسخ‌های دینامیکی ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی پیشنهاد می‌گردد. زمانی که سازه دچار آسیب می‌شود، به دلیل کاهش سختی و در اثر بارهای اعمال شده، تغییر مکانها در نقاط مختلف سازه افزایش می‌یابند. در روش پیشنهادی، موقعیت آسیب بر مبنای محاسبه اختلاف انرژی کرنشی در هر عضو از سازه آسیب دیده و سازه سالم در هر لحظه تعیین می‌شود. اعضای خراب سازه با تعیین مقدار انرژی کرنشی نسبت به حالت سالم نمایان می‌گردند. جهت نشان دادن کارایی روش پیشنهادی، مثال‌های عددی ارائه شده و نتایج بیانگر دقت و عملکرد مناسب روش پیشنهادی برای شناسایی خرابی در سازه‌ها می‌باشد.

کلمات کلیدی: خرابی، تحلیل تاریخچه زمانی، پاسخ دینامیکی، انرژی کرنشی، سازه خرابی.

### ۱. مقدمه

یکی از مهمترین مراحل نگهداری سازه‌ها، تشخیص و ارزیابی محل و ابعاد خرابی‌ها قبل از تعمیر است. این خرابی‌ها اغلب ممکن است به دلیل عدم رعایت دقیق آیین‌نامه‌ها در زمان طراحی سازه و یا عدم رعایت اصول صحیح ساخت در زمان اجرا و یا به علت زیاد بودن سن سازه و عدم نگهداری صحیح رخ دهد. روش‌هایی که در گذشته برای تعیین آسیب دیدگی مورد استفاده قرار می‌گرفت، اغلب روش‌های تجربی و به صورت چشمی و موضعی می‌باشند. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های مغناطیسی، اشعه X، اسکن الکترونی، روش‌های التراسونیک، ضربه زدن و نفوذ رنگ اشاره کرد که این روش‌ها اغلب پرهزینه و وقت گیر بوده و برای پیش بینی موقعیت خرابی، لازم است که اعضای سازه در معرض دید باشند. از این رو در سالهای اخیر روش‌هایی بر مبنای استفاده از تغییر مشخصات دینامیکی سازه پیشنهاد شده که از آن جمله می‌توان به روش‌های بر مبنای فرکانس، تغییرات اشکال مودی، تابع پاسخ فرکانس و روش‌های مبتنی بر انرژی کرنشی اشاره کرد. زمانی که سازه دچار آسیب می‌شود سختی سازه کاهش پیدا کرده، در حالی که جرم سازه ثابت باقی می‌ماند. به دلیل کاهش سختی و در اثر بارهای اعمال شده، تغییر مکانها در نقاط مختلف سازه افزایش می‌یابند. از طرف دیگر تغییر در سختی و شکل‌پذیری سازه، باعث تغییر در مشخصات دینامیکی از جمله فرکانس‌های طبیعی و اشکال مودی می‌گردد. در سالهای اخیر بر اساس این تغییرات، روش‌هایی جهت شناسایی آسیب در سازه‌ها پیشنهاد گردیده و در تعدادی از این تحقیقات، احتمال شناسایی موقعیت و اندازه آسیب بررسی شده است [۱]. به طور کلی طبقه‌بندی که برای شناسایی آسیب در سازه‌ها وجود دارد، در چهار مرحله تعریف می‌شود [۲]:

(۱) بررسی اینکه آیا در حال حاضر، آسیب در سازه رخ داده است. (۲) در صورت وجود آسیب، موقعیت هندسی آسیب تعیین شود. (۳) شدت آسیب تعیین گردد. (۴) عمر باقیمانده سازه پیش بینی شود. از جمله تحقیقات انجام شده در این زمینه، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

هو و وو در سال ۲۰۰۹ شاخص آسیب را برای شناسایی آسیب در ورق‌ها براساس روش انرژی کرنشی مودال گسترش دادند [۳]. در این روش برای همه موده‌های اندازه گیری شده، شاخص آسیب به صورت نسبت انرژی کرنشی مودال قبل و بعد از آسیب معرفی شد. یانگ در سال ۲۰۰۹ روشی را بر پایه جداسازی ماتریس‌ها برای شناسایی موقعیت آسیب بیان نمود [۴]. در این راستا برنامه‌ای جهت تعیین موقعیت آسیب، گسترش داده شد. در این برنامه ابتدا بردار موقعیت آسیب تعیین شده و سپس با تعیین موقعیت آسیب، شدت آسیب به دست می‌آید. نتایج حاکی از موثر بودن این برنامه در