

ارائه یک مدل تحلیلی برای رفتار چرخه‌ای سازه‌ها با در نظر گرفتن اثر لغزش

مهران زینلیان¹، مهدی مختاری²

1- استادیار مهندسی سازه، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان

2- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی سازه، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان

m.zeynalian@eng.ui.ac.ir
m.mokhtari.civil@gmail.com

خلاصه

ارزیابی و ارائه مدل‌های تحلیلی مناسب برای بررسی و پیش‌بینی رفتار چرخه‌ای سازه‌ها همواره مورد توجه محققین و طراحان سازه بوده است. در این مقاله یک مدل تحلیلی جهت نشان دادن رفتار چرخه‌ای سازه‌ها با در نظر گرفتن اثرات کاهندگی شامل باریک‌شدگی، کاهش سختی، کاهش مقاومت و لغزش معرفی شده است. این مدل بر مبنای مدل مستقل می‌باشد به طوری که اثر لغزش نیز مورد توجه قرار گرفته است. این مدل بر اساس یک سیستم چند درجه آزادی - چند خطی و توسعه معادلات دیفرانسیل مشتقات جزئی مرتبط بیان می‌شود. مدل پیشنهادی مشخصات اصلی سیکل‌های چرخه‌ای را با استفاده از پارامترهای قابل اندازه‌گیری سازه از طریق آزمایش، نشان می‌دهد. رژیم بارگذاری چرخه‌ای اعمال شده به مدل براساس روش B استاندارد ASTM E2126-07 می‌باشد. در پایان، مثال‌های متعددی از یک سیستم سازه‌ای تحت تغییر مکان - کنترل جهت بررسی عملکرد چرخه‌ای سازه نیز ارائه شده است.

کلمات کلیدی: رفتار چرخه‌ای، مدل تحلیلی، تغییر مکان - کنترل، باریک‌شدگی، کاهش سختی، کاهش مقاومت، لغزش

1. مقدمه

رفتار چرخه‌ای به عنوان یکی از خواص سیستم‌های سازه‌ای، طی چند دهه اخیر مورد مطالعه و توجه پژوهشگران متعددی قرار گرفته است. این خاصیت در بررسی میزان استهلاک انرژی و عملکرد سازه به هنگام تحریک‌های لرزه‌ای مانند زمین لرزه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هنگامی که سیستم‌های سازه‌ای وارد محدوده غیر الاستیک خود می‌شوند، رفتار غیر خطی چرخه‌ای سازه مشهود می‌شود. با فرض خطی بودن نیرو - تغییر شکل، از بخش زیادی از انرژی تلف شده توسط سازه صرف نظر شده و طراحی‌های غیر اقتصادی و تخمین‌های غیر محافظه کارانه‌ای را در بر خواهد داشت [1]. لذا با انتخاب مناسب رفتار چرخه‌ای و با در نظر گرفتن اثرات کاهندگی شامل باریک‌شدگی¹، کاهش سختی²، کاهش مقاومت³ و لغزش⁴ می‌توان ارزیابی صحیح‌تری نسبت به عملکرد سازه در برابر بارهای لرزه‌ای داشت؛ و در نتیجه با طراحی مناسب آن از بخش اعظمی از خسارات وارده بر سازه به هنگام زلزله جلوگیری به عمل آورد. به دلیل تغییراتی که در خواص هندسی و خصوصیات مصالح اجزا سازه‌ای به هنگام اعمال بارهای متناوب لرزه‌ای به وجود می‌آید، لازم است رفتار غیرخطی چرخه‌ای سازه جهت تحلیل و بررسی رفتار آن مورد توجه مهندسان طراح سازه قرار گیرد. مطالعات آزمایشگاهی صورت گرفته نشان می‌دهند که، رفتار چرخه‌ای سازه به پارامترهای مختلفی وابسته است و بر میزان تغییر شکل و انرژی تلف شده تأثیر گذار می‌باشد. در موارد عملی از قبیل تحلیل‌های لرزه‌ای، پاسخ سازه تحت بارگذاری‌های متناوب در ناحیه پلاستیک دارای اهمیت ویژه‌ای است؛ به طوری که اجزا سازه‌ای تحت بارگذاری‌های چرخه‌ای دچار کاهش سختی و کاهش مقاومت می‌گردند [1].

مدل‌های چرخه‌ای متعددی طی سالیان 1960 و 1970 برای سازه‌های بتن مسلح ارائه گردید. کلاف و جانستون در سال 1966 اولین مدل کاهندگی سختی را ارائه کردند [2]. ایوان در سال 1966 رفتار چرخه‌ای را با معرفی مدل توزیع المان به صورت عددی بررسی و توسعه داد [3]. باک در

¹ Pinching

² Stiffness degradation

³ Load deterioration

⁴ Sliding