تحلیل بار افزون قاب های دو بعدی با جزء قابی ناکشسان دقیق بر پایه روش سختی

احمد شوشتری، رضا خواجوی

استادیار گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

دانشگاه فردوسی مشهد، مرکز تحقیقات زلزله شناسی

ashoosht@um.ac.ir
r_yahya_khajavi@yahoo.com

خلاصه

پژوهشگران الگوسازی عضو قابی ناکشسان را برپایه مومسانی پیش‌رونده با شیوه‌های سختی، نرمی و درهم سامان داده‌اند. شیوه سختی، از آن رو که ساختاری نظام‌مند دارد، دلخواه تحلیلگران است. اما عضوهای قابی ساخته شده با این روش، میدان خمیدگی را که در پی رفتار ناکشسانی غیرخطی شده‌اند، خطی برآورد می‌کنند. برای برآمدن از این چالش، تحلیلگران یا عضو قابی را با چندین جزء شبکه‌بندی می‌کنند، و یا از عضو قابی ساخته شده به شیوه نرمی بهره می‌جویند. هر یک از این دو راهکار کاستی‌هایی دارند. در این مقاله، روشی برای ساخت عضو قابی به شیوه سختی پیشنهاد می‌شود که توانایی برآورد درست میدان خمیدگی را برپایه اندازه نرمی مقطع‌ها دارد. با بهره‌جویی از این عضو می توان از ساختار ساده روش سختی در تحلیل بهره جست. توانمندی این جزء با تحلیل بار افزون یک نمونه قابی نشان داده می‌شود.

کلمات کلیدی: تحلیل بار افزون، جزء محدود ناکشسان قابی، روش سختی، قاب دو بعدی، مومسانی پیش رونده.

۱. مقدمه

پیشرفت های نوین در زمینه سخت افزار و نرم افزار رایانه ای، مهندسان سازه را بر آن داشته تا برای طراحی بهینه تر ساختمان ها، به ویژه در برابر بارهای لرزه ای از روش هایی کارآتر چون طراحی بر پایه کارکرد بهره جویند. چنین روش های طراحی، نیازمند شیوه های تحلیلی پیچیده تری می باشند که رفتار فراکشسانی را نیز در بر گیرند. آیین نامه های ساختمانی چون FEMA-356 [1] و ATC-40 [2]، به روشنی به کارگیری شیوه های تحلیل ایستایی غیرخطی (NSP) یا همان تحلیل بار افزون (Pushover) را سفارش می کنند.

تا کنون، الگوسازی های گوناگون عضوهای قابی برای به کارگیری در تحلیل فراکشسانی قاب های ساختمانی پیشنهاد شده اند. در این میان، الگوسازی مومسانی پیش رونده، که فرآیند گسترش و پیشروی ویژگی مومسانی را در دوره بارگذاری پیگیری و رصد می کند، دو ویژگی سادگی و دقت شایسته تحلیل را همراه خود دارد. یکی از ویژگی های ارزشمند الگوهای مومسانی پیش رونده سازگاری نزدیک آنها با روش آشنای جزء محدود است. در یک نگاه فراگیر به روش های الگوسازی ناکشسانی پیش رونده عضو قابی، می توان سه دسته رابطه سازی جزء محدود را شناسانید که بر پایه سه شیوه فراگیر و شناخته شده وردشی به دست می آیند. این سه دسته، با نام های رابطه سازی سختی، نرمی، و درهم شناخته می شوند. در این میان، رابطه سازی سختی بیش از همه شناخته شده است، و در تحلیل های کشسانی، گزینه ای بی هم آورد به شمار می آید. اما این رابطه سازی در حوزه فراکشسانی با چالش هایی رو به روست. از این رو، پژوهشگران در الگوسازی های ناکشسانی، روش های نرمی و درهم را نیز آزموده اند [3,4].

در روش سختی از درونیاب های هرمیتی برای درونیابی میدان جا به جایی تیر بهره می جویند. کاربرد این درونیاب های هرمیتی برای گستره فراکشسانی چندان درست و روا نیست. تحلیل ناکشسانی سازه ها با بهره جویی از چنین جزء های محدود قابی، به ویژه در بخش هایی از سازه که در گستره رفتار ناکشسانی بسیار پیش رفته اند، و همچنین در بارگذاری های چرخه ای، پاسخ های نادرستی را به دست می دهد [5]. به سخن دیگر، ماتریس $B(x)$ که در رابطه سازی به روش سختی و با بهره جویی از درونیاب های هرمیتی مرتبه ۳، نمایشی خطی دارد، نمای درستی از نمودار خمیدگی تیر را به دست نمی دهد. زیرا که نمای نمودار خمیدگی تیر بسیار پیچیده است، و همراه با گسترش فرآیند ناکشسانی پیوسته دگرگون می