



## یک روش جدید جهت تحلیل غیر خطی قاب‌های چند درجه آزادی تحت اثر بارگذاری انفجاری

علیرضا حبیبی<sup>۱</sup>، سید افشین قوام<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه عمران دانشگاه کردستان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشگاه کردستان

afshin.ghavam@gmail.com

### خلاصه

سازه‌های معمولی در برابر انفجارها به شدت آسیب پذیر هستند. زیرا بارگذاری‌ای که تحت آن سازه طراحی و ساخته شده است اغلب کمتر از نیرویی است که تحت اثر انفجار به سازه وارد می‌شود. بنابراین لازم است که برای طراحی سازه‌ها در برابر بار ناشی از انفجار، بارگذاری دیگری نیز بر روی سازه اعمال شود. از آنجا که مدلسازی و تحلیل دینامیکی غیرخطی قاب‌های چند درجه آزادی تحت بارگذاری انفجاری دارای پیچیدگی‌های خاصی بوده و مستلزم صرف زمان نسبتاً زیادی می‌باشد، در این تحقیق سعی شده است یک روش ساده و در عین حال کارا و موثر جهت تحلیل غیرخطی سازه تحت اثر این نوع بارگذاری ارائه شود. به این منظور ابتدا روابط و گراف‌هایی جهت شبیه‌سازی رفتار غیر خطی قاب‌های چند درجه آزادی بر اساس نتایج حاصل از روش بار افزون، استخراج می‌شود. جهت نشان دادن دقت روش، یک قاب تحت بارگذاری انفجاری مدلسازی شده و نتایج حاصل از روش پیشنهادی، با نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی غیر خطی مقایسه می‌شوند. نتایج حاصله نشان می‌دهد که روش پیشنهادی تحقیق علاوه بر ساده بودن، می‌تواند پاسخ دینامیکی غیر خطی سازه تحت بارگذاری انفجار را با دقت مطلوبی تخمین زند.

**کلمات کلیدی:** تحلیل غیر خطی، بارگذاری انفجاری، روش بار افزون، قاب

### ۱. مقدمه

در حال حاضر، تحقیقات و مطالعات گسترده به منظور یافتن راهکارهایی برای جلوگیری از تخریب ساختمان‌ها در برابر انفجار ضروری می‌باشد. گرچه اثر چنین انفجارهایی در عمر مفید سازه‌های شهری که غالباً سازه‌های مسکونی طراحی شده در برابر نیروهای زلزله می‌باشند بسیار کم است، اما در صورت وقوع باعث ایجاد خرابی‌های شدید در آن‌ها می‌شود. تاکنون کارهای تحقیقاتی زیادی راجع به اثر انفجار روی سازه‌ها صورت گرفته است که از مهمترین آنها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. در سال ۲۰۰۷، بینگ لی و همکارانش به ارائه یک روش ساده جهت تحلیل دینامیکی غیرخطی قاب‌های بتنی تحت بارگذاری انفجار پرداختند. آنها با استفاده از قوانین بقای انرژی و مدلسازی قاب‌های متنوع تحت حالات مختلف بارگذاری، روابطی جهت ساده سازی تحلیل دینامیکی غیرخطی ارائه کردند. نتایج عددی حاصل از تحقیقات آنها، حاکی از محافظه کارانه بودن روش پیشنهادیشان و خطای نسبتاً زیاد بود [۱]. سانگ و همکارانش (۲۰۰۰)، یک روش آنالیز غیرخطی برای قاب‌های فولادی در برابر انفجارها ارائه کردند که در آن رفتار الاستوپلاستیک فولاد با در نظر گرفتن اثرات دمای بالا، خزش و نرخ کرنش‌های بالا مدلسازی شده است [۲]. در سال ۲۰۰۴، لوچیونی و همکارانش خرابی ساختمان‌های بتنی در برابر انفجار را با استفاده از المان‌های سه بعدی Solid مدلسازی کردند [۳]. میاموتو و همکارانش (۲۰۰۰) اثر میراگر مایع ویسکوز (FVD) را در قاب خمشی فولادی ویژه در برابر بارگذاری انفجاری بررسی کردند [۴]. مطالعه آنها نشان داد که استفاده از FVD روش مؤثری در کاهش تغییر مکان جانبی و دوران مفصل‌های پلاستیک در قاب خمشی فولادی ویژه در برابر بارگذاری انفجار می‌باشد.

هدف از تحقیق حاضر، بررسی و تحلیل نیروهای ناشی از پدیده انفجار و تعیین پاسخ سازه در برابر این نیروها با استفاده از یک روش ساده و موثر می‌باشد. به همین منظور، با مدلسازی غیرخطی تعداد زیادی قاب فولادی تحت اثر بارگذاری‌های مختلف انفجاری، روابط و نمودارهایی جهت تخمین پاسخ غیرخطی سازه استخراج می‌شود که به کمک آن‌ها بدون نیاز به تحلیل دینامیکی غیرخطی، می‌توان به طراحی سازه پرداخت. نشان داده می‌شود روابط پیشنهادی که بر اساس نتایج تحلیل بار افزون می‌باشند، دارای دقت مطلوبی در تخمین پاسخ غیرخطی سازه در برابر انفجار هستند.