

## Assessment of current nonlinear static procedures for seismic evaluation of special moment-resisting frames

مصطفی خادم<sup>۱</sup>، جواد واثقی امیری<sup>۲</sup>، سید قاسم جلالی<sup>۳</sup>

mostafa66.khadem@gmail.com -1

vaseghi@nit.ac.ir -۲

jalali\_sgj@yahoo.com-3

### Abstract

An essential and critical component of evolving performance-based design methodologies is the accurate estimation of seismic demand parameters. Nonlinear static procedures (NSPs) are now widely used in engineering practice to predict seismic demands in building structures. While seismic demands using NSPs can be computed directly from a site-specific hazard spectrum, nonlinear time-history (NTH) analyses require an ensemble of ground motions and an associated probabilistic assessment to account for aleatoric variability in earthquake recordings. Despite this advantage, simplified versions of NSP based on invariant load patterns such as those recommended in ATC-40 and FEMA-356 have well-documented limitations in terms of their inability to account for higher mode effects and the modal variations resulting from inelastic behavior. Consequently, a number of enhanced pushover procedures that overcome many of these drawbacks have also been proposed. This paper aims to investigate comparatively the bias and accuracy of Modal Pushover Analysis (MPA), Upper-Bound Pushover Analysis (UBPA) and Mass Proportional Pushover (MPP) procedures when they are applied to special steel moment frame buildings which have become a favorable lateral-force resisting system for earthquake resistant buildings. Three-, 5, 7, and 9-Storey buildings were analyzed due to strong ground motions. The assessment is based on comparing seismic displacement demands such as target roof displacements, peak floor/roof displacements. The NSP estimates are compared to results from nonlinear response history analysis (NL-RHA). It was considered, the UBPA procedure underestimates seismic demands at lower stories and overestimates them at upper stories but the MPP procedure underestimates seismic demands at upper stories and overestimates them at lower stories, while MPA procedure provide reasonably accurate results in estimating storey drift and displacement over all stories of studied special steel moment frame systems.

**Key Words:** Non-linear response history analysis , Modal Pushover Analysis , Nonlinear static procedure , Upper-Bound Pushover Analysis

### ۱. مقدمه

نیاز به طراحی سازه های مقاوم در برابر زلزله و یا مقاوم سازی لرزه ای سازه های موجود، پژوهشگران مهندسی سازه و زلزله را به تحقیق پیرامون ابداع روش های کارآمد طراحی و تحلیل لرزه ای ترغیب نموده است. حاصل این تحقیقات منجر به معرفی روش طراحی بر اساس عملکرد شده است که ابزار تحلیلی مفید برای طراحی بر اساس عملکرد، روش تحلیل استاتیکی غیر خطی یا بار افزون می باشد. این روش انواع مختلفی دارد که نکته ی مشترک تمامی آن ها اعمال یک توزیع بار جانبی افزایشی استاتیکی به سازه در گام های مختلف تا رسیدن نقطه کنترل سازه به نقطه عملکرد می باشد. از آن جایی که نیاز به تحلیل و طراحی های لرزه ای دقیق تری نسبت به روش های الاستیک مرسوم حس می شد و از طرفی تحلیل های دینامیکی غیر خطی پیچیده هستند، روش تحلیل بارافزون و متعاقبا طراحی بر اساس عملکرد توانستند به سرعت در میان مهندسان مطرح شوند. اولین مراجعی که روش بار افزون را در قالب دستورالعمل تدوین کردند، شورای فن آوری کاربردی کالیفرنیا ATC گزارش شماره ۲۷۳ در سال ۱۹۹۷ بوده اند [۲۰] که گزارش اول از روش طیف ظرفیت (CSM) استفاده می کرد و گزارش دوم روش ضرائب تغییر مکان را معرفی کرده است. هر دو روش برای بررسی خرابی در اثر زلزله تابع هدف را دریافت (تغییر مکان نسبی طبقات) در نظر می گیرند. هر دو روش فوق پاسخ سازه را در اثر نوسان سازه ناشی از مود غالب ارتعاش سیستم یک درجه آزادی

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

<sup>۲</sup> دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری سازه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل