



## بررسی روش تحلیل بار افزون غیرخطی در قاب‌های فولادی شیب دار دارای اعضای نامنشوری

امیررضا مسعودی<sup>1</sup>، سینا حیرانی مقدم<sup>2</sup>، احمد شوشتری<sup>3</sup>

1, 2- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران- سازه، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

3- استادیار گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

amirreza\_masoodi@yahoo.com

### خلاصه

تحلیل بار افزون (Pushover)، تحلیل استاتیکی غیرخطی سازه تحت اثر بارهای جانبی افزایش یابنده و تعیین نمودار بار- تغییرمکان یا منحنی ظرفیت سازه است. به طور معمول، از مقدارهای برش پایه و تغییرمکان جانبی نقطه‌ی هدف (تراز بام) برای منحنی ظرفیت سازه استفاده می‌شود. این روش نسبت به روش‌های تحلیل دینامیکی غیرخطی، از سرعت انجام و سهولت در تفسیر نتایج برخوردار است. در این مقاله، روش تحلیل استاتیکی غیر خطی بر روی قاب‌های فولادی شیب دار (قاب صنعتی) بررسی می‌شود. عضوهای این قاب شیب‌دار به صورت تیر- ستون در دو حالت منشوری و نامنشوری مورد تحلیل قرار می‌گیرند. قاب موردنظر در نرم‌افزار OpenSees به روش کنترل تغییرمکان (Displacement Control) الگوسازی می‌شود. نتایج برش پایه ماکزیمم و تغییر مکان حداکثر در نقطه هدف (بالا ترین تراز قاب) به دست می‌آید. همچنین، خروجی‌ها برای شرایط متفاوت تکیه‌گاهی و ارتفاع سازه به دست می‌آید. سرانجام، اثر شرایط تکیه‌گاهی و ارتفاعی سازه و همچنین اثر نامنشوری عضوها در نمودارهای جداگانه آورده می‌شود.

**کلمات کلیدی:** تحلیل بار افزون غیرخطی (Pushover)، روش کنترل تغییرمکان، قاب فولادی شیب دار، عضو تیر- ستون نامنشوری، نرم افزار OpenSees

### 1. مقدمه

سیستم قاب فولادی در تحمل بارهای مختلف زنده، برف، باد، زلزله و بارهای جرثقیل در ساختمان‌های صنعتی، نقش اصلی را ایفا می‌کند. سیستم قاب فولادی معمولاً از اعضایی با مقطع متغیر و دارای اتصالات صلب و یا نیمه‌صلب تشکیل می‌شوند. این اعضا هم‌زمان تحت اثر نیروی محوری، نیروی برشی و لنگر خمشی قرار دارند. تحلیل بار افزون غیرخطی روش پایه در محاسبه منحنی ظرفیت سازه بوده و اساس روش طراحی بر مبنای عملکرد می‌باشد. سابقه‌ی استفاده از روش تحلیل استاتیکی غیرخطی در مهندسی زلزله به کارهای سزن و گولکن<sup>4</sup> در سال 1974 برمی‌گردد. آن‌ها برای بررسی رفتار یک سازه چند درجه آزادی، استفاده از سازه معادل یا جانشین را به صورت یک سیستم یک درجه آزادی پیشنهاد دادند [1]. در سال‌های اخیر، این تحلیل برای سازه‌های متفاوتی به کار گرفته شده است. در سال 1382، مصطفوی مقدم و همکاران به مقایسه روش تحلیل بار افزون غیرخطی و تحلیل غیرخطی تاریخچه زمانی برای یک سازه بتنی با سیستم دوگانه قاب خمشی- دیوار برشی پرداختند. آن‌ها حداکثر تغییرمکان جانبی نسبی، حداکثر تغییرمکان مطلق و حداکثر میزان خرابی المان‌های هر طبقه را به هر دو روش بیان کردند [2]. به منظور بهبود و افزایش دقت روش‌های تحلیل پوش- آور با یک بار اجراء، یک روش جدید تحلیل پوش‌آور مودال با یک بار اجراء با الگوی بار به هنگام شونده توسط شاکری و شایانفر ارائه شده است [3]. در توزیع نیرو در برابر تغییرمکان طبقات با استفاده از روش تحلیل بار افزون غیرخطی بر پایه‌ی پاسخ مود اصلی برای ساختمان‌های چندطبقه بتنی

<sup>2,1</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد عمران- سازه

<sup>3</sup> استادیار گروه عمران

<sup>4</sup> Sozen and Gulkan