



## بررسی ناپایداری دینامیکی در ساختمانهای بتنی با سیستم قاب خمشی

م. خان محمدی<sup>۱</sup>، م. شنائی<sup>۲</sup>

۱-استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی زلزله

mkan@ut.ac.ir  
Shenai\_mah@yahoo.com

### خلاصه

در سازه ها با افزایش تغییر مکان جانبی، ظرفیت تحمل بار جانبی کاهش می یابد، این موضوع می تواند به دلیل اثرات هندسی بارهای قائم، همانند اثرات  $P - \Delta$  و یا افت مقاومت در رفتار مصالح اجزاء سازه ای (یا ترکیبی از این دو) باشد. این موضوع بخصوص در مورد سازه های بتنی از حساسیت بیشتری برخوردار است. چنانچه ظرفیت تحمل بار جانبی در سازه به صفر برسد از نظر فیزیکی سازه ناپایدار تلقی می گردد. در آیین نامه های طراحی حدودی جهت کنترل تغییر مکان و در جهت احتراز از پتانسیل شروع ناپایداری ادایه شده است. در این نوشتار به بررسی ناپایداری دینامیکی سازه های بتنی با سیستم قاب خمشی متوسط، پرداخته شده است و نیز به جهت مقایسه آیین نامه ای مقادیر متناظر با شروع ناپایداری دینامیکی تعریف و مقایسه شده است. برای این کار، ابتدا ساختمانهای ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ طبقه، مطابق با ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ و آیین نامه ACI 318-99، تحلیل و طراحی شد، سپس مدل های دو بعدی تهیه گردید و جهت مدلسازی رفتار از نتایج تست های آزمایشگاهی بر روی اعضاء تیرها و ستونها استفاده گردید. آنالیز غیر خطی بار افزون (Pushover) انجام پذیرفت و در یافت معادل ناپایداری و شروع ناپایداری طبقات مختلف سازه بدست آمده است. مقادیر حاصل با توصیه های آیین نامه ای موجود، مقایسه گردیده است. نتایج نشان داد که مقادیر شاخص پایداری ارائه شده در ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ محافظه کارانه می باشد و استفاده از شاخص پایداری ارائه شده در ASCE 7-05 مقادیر واقعی تری را بدست می دهد. همچنین مقادیر تغییر شکلهای نسبی حاصل از مدلسازی بر اساس معیارهای مدلسازی FEMA-356 با مقادیر دریفتهای معادل ناپایداری توصیه شده در ATC-40 مقایسه گردیده است. نتایج نشان داد که مقادیر ارائه شده در ATC-40 می تواند در بسیاری از موارد غیر محافظه کارانه باشد.

**کلمات کلیدی:** ناپایداری دینامیکی، آنالیز غیر خطی، قاب خمشی متوسط، در یافت معادل ناپایداری، شاخص پایداری

### ۱. مقدمه

جلوگیری از فروریزش و ناپایداری همواره یکی از اهداف طراحی و محاسبات لرزه ای بوده است. در مهندسی زلزله، فروریزش و ناپایداری به کاهش ظرفیت سیستم های سازه ای جهت مقاومت در برابر نیروهای ثقلی به هنگام حرکات زلزله اطلاق می گردد. فروریزش کلی ممکن است بر اثر ناپایداری دینامیکی با تحریک و یا تغییر مکان جانبی صورت پذیرد، که معمولاً با در یافت های زیاد طبقه شروع، و به وسیله اثرات  $P - \Delta$  و کاهش مقاومت و سختی های عناصر سیستم، افزایش می یابد. ارزیابی ایمنی در برابر فروریزش، ایجاب می کند که، پاسخ دینامیکی سیستمهای با پتانسیل افت مقاومت و نیز زوال را به ویژه برای ساختمانهای قدیمی موجود که در آنها افتها و زوال در تغییر شکلهای کوچکی شروع می شود، بتوان پیش بینی نمود. به علت عدم وجود مدل های هیسترسیس کارآمد در شبیه سازی رفتار زوال (مقاومت و سختی)، همواره فرض بر آن است که فروریزشهای کلی با در یافت طبقه یا رسیدن به یک مقدار حدی از تغییر شکل در هر یک از عناصر سازه همراه می شوند. از این رو، لازم است تا روشی سیستماتیک جهت گردآوری عوامل فروریزش کلی مورد بررسی قرار گیرد. این شیوه لزوماً باید شامل اثر زوال مقاومت، زوال چرخه ای، و اثرات  $P - \Delta$  بر فروریزش کلی سیستم های سازه ای باشد. در این نوشتار، فروریزش کلی، فروریزش افزایش یابنده تغییر مکان جانبی حداقل یکی از طبقات سازه ای را لحاظ می نماید.

در ادبیات فنی مطالعات مختلفی بر روی این پدیده انجام پذیرفته است Jennings و Husid [۱] (۱۹۶۸) از یک قاب یک طبقه که با فنر هایی در انتهای ستونهای آن مدلسازی دوخطی با رفتار هیسترسیس داشت، استفاده کردند. نتایج نشان داد که مهمترین پارامترها در فروریزش عبارتند از ارتفاع سازه، نسبت شدت زمین لرزه، و شیب بعد از جاری شدن مدل دوخطی هیسترسیس. Sun [۲] (۱۹۷۳) و همکارانش تأثیرات ثقل را بر رفتار دینامیکی یک سیستم