

بررسی رفتار غیرخطی هندسی در عملکرد سازه‌های نامتقارن

مجید امین افشار

استادیار دانشکده فنی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
mafshar@eng.ikiu.ac.ir

احمدضیا برهانی

دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
Borhani_lm2004@yahoo.com

کلید واژه‌ها: سازه‌های نامتقارن، زلزله، تشدید ترکیبی، پاسخ تاریخیچه زمانی و فرکانسی

چکیده

برای طراحی و کنترل سازه‌ها، فهمیدن رفتار دینامیکی آنها لازم و ضروری است. در این مقاله یک مدل جدید برای ساختمانهای نامنظم در پلان تحت زلزله و تحریکات هارمونیک ارائه شده است که جملات همبسته ی غیرخطی اینرسی که در مدل‌های خطی نادیده گرفته می شود، در نظر گرفته شده است. علاوه بر این تأثیرات تشدید ترکیبی بر روی رفتار سازه نیز بررسی شده است. مشخصات دینامیکی مانند سختی ها، به عنوان متغیرهای وابسته به سیستم مختصات دورانی تعریف شده است. در این روش ابتدا معادلات حرکت را بر مبنای سیستم مختصات دورانی بدست می آوریم، سپس با استفاده از یکی از روش های تحلیل آشفتگی، این معادلات به مجموعه ای از دستگاههای معادلات دیفرانسیل خطی با مراتب زمانی مختلف، کاهش می یابد، که با این امر، بررسی وضعیت های بحرانی تشدیدهای غیرخطی ممکن و تحلیل پایداری آنها امکان پذیر می گردد. در ادامه سازه نامتقارن یک طبقه را تحت زلزله کوبه و نیروی هارمونیک قرار داده و پاسخ زمانی و فرکانسی آنها را بررسی و با هم مقایسه می کنیم. و در آخر نیز تحلیل پایداری در نواحی تشدید ترکیبی به صورت منحنی های نیرو-پاسخ بررسی می گردد. همچنین پاسخ لرزه ای دو مدل خطی متداول و غیرخطی پیشنهادی برای سازه نامتقارن پنج طبقه تحت زلزله نرتریج مطالعه می گردد.

مقدمه

رفتار پیچشی سازه های نامتقارن، یکی از علت های اصلی تخریب و شکست آنها در هنگام زلزله های بزرگ است. همبستگی پیچشی- جانبی در سازه های نامتقارن، عامل اصلی به وجود آمدن ارتعاشات پیچشی، به علت خروج از مرکزیت میان مراکز جرم و سختی می باشد. اثرات این همبستگی پیچشی-جانبی و آسیب پذیری لرزه ای سازه های نامتقارن مکررا در زمین لرزه های بزرگ خود را نشان داده است. برای مثال بررسی و تحلیل در مورد زلزله شهر مکزیک نشان می دهد که، تقریبا ۵۰٪ خرابی ها به طور مستقیم یا غیرمستقیم به شکل نامتقارنی سازه (نامتقارنی پلان، سختی و جرم) بستگی دارد (Meli1985, Chandler 1986). در تحقیقات پیشین، تأثیرات همبستگی پیچشی روی پاسخ لرزه ای، هم برای نامتقارنی المان های مقاومتی و هم جرمی، به طور گسترده توسط مدل های ساده یک طبقه ای بررسی و تحقیق شده است (Chopra 1991, Rutenberg 1998). آنها با تعمیم مدل های یک طبقه در نظر داشتند تا پارامترهای اصلی و کلیدی را، برای طراحی سازه های چند طبقه مشخص کنند؛ با این وجود امکان دارد این مدل های ساده شده، اثرات مهم تأثیر رفتار غیرالاستیک عناصرمقاوم در کل سازه را، شامل نشود (Ghershi et al., 1998, Stathopoulos et al., 1998). برای مثال در این مدل ها فرض بر این است که، عناصر مقاومتی فقط نیروهای جهت افقی را تحمل کنند؛ بنابراین برای نیروهای عمودی که معمولا ناشی از بارهای ثقیلی و حرکات عمودی زمین است، هیچ ملاحظاتی در نظر گرفته نشده است (Tso et al., 1995). بعضی تحقیقات در سال های اخیر نشان داده اند که همزمان با عمل کردن نیروهای محوری ناشی از بارهای ثقیلی و لرزه ای و همچنین لنگرهای خمشی ناشی از نیروی افقی زمین لرزه، ممکن است رفتار غیرالاستیک عناصر مقاومتی و پاسخ پیچشی آنها تغییر کند (Como 2000). محققینی به اثرات توزیع نامتقارن نیروهای محوری در المان های مقاوم عمودی پرداخته اند (Stefano et al., 2003). برخی نیز تحلیل لرزه ای سازه ها را در اثر نامتقارنی در پلان بررسی کرده اند (Folic et al., 2008, Hans et al., 2014). اخیرا محققینی اثرات اندرکنش غیرخطی اینرسی در سازه یک طبقه با پلان نامتقارن و تشدید داخلی تناسبی ناشی از آن را بررسی کرده اند (Afshar et al., 2011). البته مطالعه بر روی تشدیدهای داخلی نظیر تشدید تناسبی، ترکیبی و ... تحت اندرکنش غیرخطی در سیستمهای مکانیکی

