

تحلیل ارتعاش آزاد سازه های بلند با خصوصیات متغیر در ارتفاع

مهرداد محمدنژاد^۱

۱- عضو هیات علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه صنعتی بیرجند، بیرجند، ایران

mohammadnejad@birjandut.ac.ir

خلاصه

در این تحقیق یک روش ساده و جدید برای تحلیل ارتعاش آزاد سازه های بلند با خصوصیات متغیر در ارتفاع ارائه شده است. معادلات دیفرانسیل حاکم بر ارتعاش تیر خمشی و تیر برشی بدست آمده و با در نظر گرفتن یک ارتعاش هارمونیک به یک معادله تک متغیره بر حسب متغیر مکان تبدیل شده است. از طریق انتگرال گیری های پی در پی فرم تضعیف شده معادله حاکم بدست آمده است. سازه بلند مطابق تئوری "تیر جایگزین" با یک تیر کنسول مدل شده و با استفاده از شرایط مرزی حاکم بر تیر کنسول ثابت های انتگرال گیری محاسبه شده است. تابع مد شکل ارتعاش توسط یک سری توانی تقریب زده شده و با جایگذاری این سری در معادلات تضعیف شده یک دستگاه معادلات جبری خطی بدست آمده است. با محاسبه جواب غیر بدیهی دستگاه معادلات جبری فرکانس های ارتعاشی سازه بلند محاسبه شده است. برای تیر جایگزین مدل شده سه نوع سختی، سختی خمشی کلی، سختی خمشی محلی و سختی برشی، در نظر گرفته شده است و فرکانس متناظر با هر سختی محاسبه شده است. فرکانس نهایی سازه از طریق ترکیب فرکانس های برشی و خمشی بدست آمده است. درستی و همگرایی سریع روش ارائه شده از طریق یک مثال عددی بررسی شده و با مراجع موجود مقایسه شده است.

کلمات کلیدی: سازه بلند، فرکانس ارتعاشی، فرم تضعیف شده معادلات دیفرانسیل، ارتعاش برشی، ارتعاش خمشی

۱. مقدمه

طی سالیان اخیر روش های ساده ای برای تحلیل تقریبی سازه های بلند ارائه شده است که هر یک از این روش ها نقاط ضعف و قوتی دارند. یکی از روشهای تحلیل تقریبی سازه های بلند استفاده از تئوری "تیر جایگزین" و مدل سازی سازه بلند توسط یک تیر کنسول ساندویچی می باشد. پس از این مدل سازی، نیاز به تبدیل معادلات دیفرانسیل حاکم بر ارتعاش به یک معادله قابل حل می باشد. از آنجایی که در حالت کلی سختی و جرم سازه در طبقات تغییر می کند معادله دیفرانسیل حاکم بر ارتعاش از نوع مشتقات جزئی می باشد که اکثر روشهای ارائه شده تاکنون برای حل این نوع معادلات دارای پیچیدگی و پروسه طولانی و همراه با ساده سازی هایی می باشند. در تعدادی از این روش ها برای تبدیل معادله حاکم به یک معادله قابل حل، توابع توزیع سختی و توزیع جرم در ارتفاع سازه از نوع توابع توانی، نمایی و انتخاب شده اند [۱].

لی و همکاران (۲۰۰۰) ارتعاش آزاد سازه های بلند تحت تاثیر نیروی محوری متغیر را بررسی کرده اند [۱]. آنها معادله دیفرانسیل حاکم را با در نظر گرفتن توابع توانی و نمایی به معادلات بسل قابل حل تبدیل کرده اند. تارجان و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از تئوری تیر جایگزین یک روش تقریبی برای محاسبه فرکانس ارتعاشی و نیروی داخلی ساختمان های بلند با توزیع سختی متقارن و نامتقارن در پلان تحت تاثیر نیروی زلزله ارائه کرده اند [۲]. بوزدوگان (۲۰۰۹) یک روش تقریبی برای آنالیز استاتیکی و دینامیکی سازه های قاب-دیوار متقارن به کمک روش ماتریس انتقال و بر اساس تئوری تیر جایگزین ارائه کرده است [۳]. زالکا (۲۰۰۹) روابطی جدید برای آنالیز تغییر شکل استاتیکی سازه بلند متقارن در پلان و دارای سیستم های باربر جانبی گوناگون ارائه کرده است [۴]. وی تغییر شکل جانبی سازه را ناشی از تغییر شکل خمشی، تغییر شکل برشی و اندرکنش برش و خمش در نظر گرفته است و نشان داده است که اندرکنش مدهای برشی و خمشی موجب کاهش جابجایی جانبی سازه می شود. هوانگ و همکاران (۲۰۱۰) یک روش ساده برای تحلیل ارتعاش آزاد تیرهایی با خصوصیات متغیر در طول تیر (مصلح و هندسه) ارائه کرده اند [۵]. آنها معادله دیفرانسیل حاکم بر ارتعاش تیر خمشی را از طریق انتگرال گیری های پی در پی تبدیل به معادلات انتگرالی فردهم^۱ و سپس تبدیل به یک دستگاه معادلات جبری خطی کرده اند. فرکانس های تیر با محاسبه جواب غیر بدیهی دستگاه معادلات بدست آمده است. کاویانی و همکاران (۲۰۰۸) یک روش تقریبی برای

^۱: Fredholm Integral equations