نهمین کنگره ملّی مهندسی عمران، ۲۱ و ۲۲ اردیبهشت ماه ۱۳۹۵
دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

بررسی ارتعاش آزاد نانوتیرهای مدرج هدفمند با بکارگیری روش دیفرانسیل کوادریچر

عباس دارابی[۱]، افشین خلیلی[۲]، علیرضا وثوقی[۳]

۳،۲،۱- دانشگاه شیراز، دانشکده مهندسی، بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست

vosoughi@shirazu.ac.ir

خلاصه

امروزه نانو فناوری کاربرد گسترده‌ای در شاخه‌های مختلف علوم همچون پزشکی، مهندسی و ... پیدا کرده است. کاربرد نانو فناوری در مهندسی عمران را می‌توان به دو دسته کلی استفاده از نانو مواد در ساخت مصالح ساختمانی جهت ساخت سازه‌ها همچون بتن و تحلیل نانو سازه‌ها اشاره نمود. در قسمت تحلیل سازه‌ها پیوندها در مقیاس نانو تغییر کرده و معادله‌های حاکم نسبت به معادلات حاکم بر رفتار حالت متعارف و معمولی تغییراتی پیدا می‌کند. در این مقاله ابتدا معادلات حاکم بر ارتعاش نانوتیرهای مدرج هدفمند در حالت خطی با بکارگیری نظریه تغییر شکل برشی مرتبه اول (تیموشینکو) و نظریه ارینگن بدست آمده و با بکارگیری روش دیفرانسیل کوادریچر در بعد مکان تجزیه شده اند. سپس با انتقال روابط به از حوزه زمان به حوزه فرکانس، فرکانس نانو تیر مدرج هدفمند از حل مسئله مقدار مشخصه تعیین می شود. همگرایی و دقت روش مورد استفاده در مسئله نشان داده شده است و تأثیر پارامترهای مختلف از جمله نسبت طول به ضخامت ، شرایط مرزی، تأثیر پارامتر ریز مقیاس وضریب کسر حجمی از موارد مورد بررسی در این مقاله می‌باشد.

کلمات کلیدی: نانوتیرمدرج هدفمند، روش دیفرانسیل کوادریچر، نظریه تغییر شکل برشی مرتبه اول، ارتعاش آزاد

۱.مقدمه

امروزه نانو فناوری کاربرد گسترده‌ای در شاخه‌های مختلف علوم همچون پزشکی، مهندسی و ... پیدا کرده است. کاربرد فناوری‌نانو در مهندسی عمران را می‌توان به دو دسته کلی استفاده از نانو مواد در ساخت مصالح و تجهیزات ساختمانی و تحلیل نانو سازه‌ها اشاره نمود. در قسمت تحلیل سازه‌ها پیوندها در مقیاس نانو بررسی شده و در معادلات حاکم بر رفتار سازه‌ها تغییراتی نسبت به حالات کلاسیک ایجاد می‌شود. ارینگن[۴] [۱] با ارائه نظریه الاستیسته غیرموضعی[۵] زمینه بررسی نانو سازه‌ها را فراهم نمود. طبق نظریه ارینگن که در بخش‌های بعدی آورده شده است، معادلات حاکم بر رفتار تیرها، صفحات و .... با لحاظ کردن اثر ریز مقیاس[۶] قابل تعیین و بررسی می‌باشد. در ساختار تیرها در مقیاس نانو نیروهای بین‌مولکولی به‌گونه‌ای است که سبب ایجاد تغییر در معادلات حاکم بر تیرها می شود. به بیان دیگر در نانو تیرها ابعاد بسیار کوچک می باشد (در حد میکرو و نانو) و برای تحلیل آن از روابط ارینگن استفاده می شود [۲]، که در این رابطه اثر ریز مقیاس لحاظ می‌شود.

ردی[۷] به بررسی نظریه غیرموضعی تیرها در حالات مختلف اویلر- برنولی، تیموشینکو، ردی و لوینسون برای خمش، کمانش و ارتعاش تیر ها[۸] پرداخت [۳]. وی در این تحقیق معادلات حاکم بر تیر کامپوزیت را بدست آورده و با حل این معادلات، فرکانس طبیعی تیر با شرایط مرزی مختلف را تعیین نمود. در پایان به مطالعه و بحث در مورد تاثیر پارامتر غیرموضعی بر فرکانس و جابه‌جایی تیردر نظریه های مختلف پرداخته است و نشان داد که با افزایش پارامتر غیرموضعی، فرکانس تیرکاهش می یابد. محققان دیگری همچون مورمو[۹] و پرادهان[۱۰] [۴] بر تأثیر پارامتر ریز مقیاس ریز مقیاس بر روی

---

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست، دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز
[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست، دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز
[۳] استادیار، بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست، دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز

[۴] Eringen
[۵] Nonlocal elasticity theory
[۶] Small scale
[۷] Reddy
[۸] Nonlocal theories for bending, buckling and vibration of beams
[۹] Murmu
[۱۰] pradhan