بررسی ارتعاش آزاد سه بعدی ورق های حلقوی لایه‌ای ضخیم با مواد هدفمند خواص متغیر واقع بر بستر الاستیک به روش دیفرانسیل کوادریچر

محمود میری[۱]، ناصر صفائیان حمزه‌کلائی[۲]، مرتضی کاظمی تربقان[۲]

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

۲- دانشجوی دکتری عمران-سازه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

mmiri@hamoon.usb.ac.ir
naser_safaeian@yahoo.com
kazemi.mkt@gmail.com

خلاصه

در این تحقیق، ارتعاش آزاد سه بعدی ورق‌های حلقوی ساخته شده از مواد هدفمند خواص متغیر[۳] (FGMs) و واقع بر بستر الاستیک، بر اساس تئوری الاستیسیته مورد بررسی قرار گرفته است. با فرض توزیع توانی برای خواص مادی ورق، معادلات حرکت و شرائط مرزی بین سطوح مشترک لایه‌ها با استفاده از اصل هامیلتون[۴] به‌دست آمده و توسط روش دیفرانسیل کوادریچر[۵] (DQM)، حل شده‌اند. ابتدا همگرایی و دقت بسیار بالای روش نشان داده شده است. سپس با در نظر گرفتن سه نوع سیستم لایه بندی مختلف، اثر پارامترهای مختلف هندسی، توزیع خواص مادی و سختی بستر الاستیک بر فرکانس‌های ارتعاشی ورق مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش قیود مرزی، افزایش نسبت ضخامت به شعاع، افزایش نسبت شعاع داخلی و همچنین افزایش پارامترهای سختی بستر الاستیک، فرکانس‌های طبیعی ارتعاش ورق افزایش می‌یابند.

کلمات کلیدی: ارتعاش آزاد، ورق حلقوی لایه ای، مواد هدفمند خواص متغیر، تئوری الاستیسیته، دیفرانسیل کوادریچر.

۱. مقدمه

جهت رفع مشکل تمرکز تنش و جداشدگی در کامپوزیت‌ها و مواد مرکب لایه‌ای، دانشمندان علم مواد در سال ۱۹۸۴ مواد با خواص متغیر که ترکیبات با ریز ساختار ناهمگن بوده و خواص مکانیکی آن‌ها به‌طور پیوسته در حجم جسم تغییر می‌کند را پیشنهاد نمودند. ورق‌های خواص متغیر، با توجه به نوع مواد به‌کار رفته و نحوه قرارگیری ذرات ماده در آن‌ها، از مقاومت حرارتی و مکانیکی بالاتری نسبت به سایر ورق‌ها برخوردار می‌باشند.

اکثر تحقیقات انجام شده در مورد ارتعاش آزاد، در رابطه با ورق‌های نازک و براساس تئوری‌های دو بعدی نظیر تئوری کلاسیک[۶] [۲-۱] و تئوری تغییر شکل برشی مرتبه اول[۷] می‌باشند [۴-۳]. نکته قابل توجه این‌که در تئوری‌های دو بعدی بعضی مودهای فرکانسی پوشش داده نمی‌شوند و با بررسی مودهای بالاتر، اختلاف بین نتایج روش‌های تقریبی دو بعدی با نتایج حاصل از تئوری الاستیسیته (بخصوص برای ورق‌های ضخیم‌تر)، افزایش می‌یابد. همچنین برخی از شرایط مرزی را نیز نمی‌توان با این تئوری‌ها به خوبی مدل کرد. استفاده از تئوری الاستیسیته، برای مطالعه رفتار سازه نتایج دقیق‌تری ارائه می‌کند[۹-۵]. ضمناً کلیه تحقیقات ذکرشده [۸-۱]، مرتبط با ارتعاش آزاد ورق تک لایه‌ای دایروی یا حلقوی بوده، لذا در این تحقیق ارتعاش آزاد ورق حلقوی لایه‌ای ساخته شده از مواد هدفمند خواص متغیر واقع بر بستر الاستیک مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از نکات قابل توجه در مطالعه رفتار ورق‌ها این است که گاهی اوقات این اجزای سازه‌ای بر روی شالوده‌هایی مثل پایه ماشین‌آلات و یا مخازن واقع بر خاک و غیره

---

[۱] عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان
[۲] مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

[3] Functionally graded materials (FGMs)
[4] Hamilton principles'
[5] Differential quadrature method (DQM)
[6] Classical plate theory (CPT)
[7] First order shear deformation theory (FSDT)