



بررسی پایداری و ارتعاش آزاد ورق های نسبتا ضخیم ساندویچی ناهمسان در ضخامت با استفاده از تئوری تغییر شکل برشی اصلاح شده و روش نوار محدود

مصطفی محبی^۱، مجتبی ازهری^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- استاد دانشکده مهندسی عمران- دانشگاه صنعتی اصفهان

m.mohebbi@cv.iut.ac.ir

mojtaba@cc.iut.ac.ir

خلاصه

در این مقاله کمانش مکانیکی و ارتعاش آزاد ورق های نسبتا ضخیم ساندویچی ناهمسان در ضخامت با استفاده از تئوری تغییر شکل برشی اصلاح شده انجام شده است. در حل از روش نوار محدود معمولی و در جهت طولی از توابع مثلثاتی و در جهت عرضی از توابع هرمیتی و لاگرانژی استفاده شده است. به منظور ساده سازی ضریب پواسون در ضخامت ثابت و برابر $\nu = 0.3$ در نظر گرفته شده است. سایر مشخصات از جمله مدول الاستیسیته و چگالی با یک تابع توانی در ضخامت تغییر می کنند. نتایج برای مقادیر مختلف نسبت لایه ای و شاخص توانی استخراج گردیده و با مقالات معتبر در مراجع مقایسه شده که نشان از همگرایی خوب روش دارد.

کلمات کلیدی: تئوری تغییر شکل برشی اصلاح شده، کمانش ورق، ورق ناهمسان در ضخامت، ارتعاش آزاد ورق، روش نوار محدود

۱. مقدمه

ورق ها اجزای سازه ای مسطح دو بعدی هستند که در آنها بعد ضخامت به طور قابل ملاحظه ای نسبت به دو بعد دیگر کوچک تر است. این اجزا به علت بالا بودن مقاومت نسبت به وزن در بسیاری از اعضای سازه ای مانند دال ها، فونداسیون ها، عرشه پل ها و دیوارهای حائل مورد استفاده قرار می گیرند. در دهه های اخیر پیشرفت علم و تکنولوژی منجر به تولید موادی شد که عملکرد بهتری نسبت به مواد معمولی داشتند. از جمله این مواد می توان کامپوزیت ها و مواد ناهمسان در ضخامت را نام برد. کامپوزیت ها سال ها به علت داشتن مقاومت بسیار خوب نسبت به وزنشان و همچنین استفاده بهینه از مشخصات مصالح با توجه به نیاز طرح در بسیاری از صنایع مورد استفاده قرار می گرفتند.

مواد ناهمسان در ضخامت مواد مرکب پیشرفته ای هستند که به منظور تحمل گرادیان حرارتی به کار می روند. در این مواد که اغلب از سرامیک و فلز ساخته می شوند. خواص ماده به صورت پیوسته و به تدریج در ضخامت تغییر می کند. به گونه ای که از یک سطح کاملا سرامیکی به یک سطح کاملاً فلزی می رسیم. خواص ماده مابین این دو سطح با یک رابطه ای توانی تغییر می کند.

در سال های اخیر مواد ناهمسان در ضخامت به دلیل داشتن مقاومت بالا در برابر تغییرات بزرگ درجه حرارت به شدت مورد توجه محققان قرار گرفته اند. مطالعات زیادی در سال های اخیر به موضوع کمانش حرارتی و مکانیکی و همچنین ارتعاش آزاد این ورق ها اختصاص داده شده است. در سال ۲۰۰۵ باترا و همکارانش از روش اجزا محدود در ارتعاش آزاد ورق های ناهمسان در ضخامت استفاده کردند [۱]. فریرا و همکارانش [۲] ارتعاش آزاد ورق های ناهمسان در ضخامت را با استفاده از تئوری مرتبه بالای تغییر شکل برشی مطالعه کردند. ایشان در مطالعه شان از روش بدون شبکه استفاده کردند. جواهری و اسلامی [۳] کمانش ورق های ناهمسان در ضخامت را تحت بارهای فشاری درون صفحه مطالعه کردند. شریعت کمانش ورق های