

ناپایداری مکانیکی ورق های FGM کیرشلف براساس تئوری اصلاح شدهی جفت تنش با استفاده از روش عددی نوار محدود اسپلین

مریم میر صالحی^۱، مجتبی ازهری^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان-دانشکده عمران.

۲- استاد دانشگاه صنعتی اصفهان-دانشکده عمران.

m.mirsalehi@cv.iut.ac.ir

خلاصه

با توجه به عدم توانایی تئوری کلاسیک محیط پیوسته برای در نظر گرفتن اثر کاهش اندازه، تئوری اصلاح شدهی جفت تنش توسعه داده شده است. وجود یک پارامتر مقیاس طول در این تئوری، امکان بررسی سازه‌ها در مقیاس کوچک مانند میکرو را فراهم می‌کند. در این مقاله با استفاده از روش عددی نوار محدود اسپلین، پایداری مکانیکی ورق‌های FGM بر اساس تئوری اصلاح شدهی جفت تنش مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که با افزایش پارامتر مقیاس طول بر میزان بار بحرانی کمانش افزوده می‌گردد. چنانچه ضخامت به مقدار قابل ملاحظه‌ای از این پارامتر بیشتر باشد، تفاوت چندان در بار کمانش حاصل نمی‌شود و اگر ضخامت از آن کوچک‌تر باشد، بار بحرانی افزایش چشمگیری می‌یابد. هم‌چنین با تبدیل میکروورق از جنس سرامیک به فلز از این بار کاسته خواهد شد. نتایج برای میکروورق‌ها با شرایط مرزی، توان مدول حجمی و مقادیر مختلف پارامتر مقیاس طول و تحت بارگذاری‌های تک محوره و دو محوره ارائه شده‌اند.

کلمات کلیدی: پایداری مکانیکی، ورق FGM کیرشلف، تئوری اصلاح شدهی جفت تنش، روش عددی نوار محدود اسپلین.

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، تیر و ورق FGM در مقیاس میکرو و نانو، به عنوان یکی از اجزای اصلی تشکیل دهندهی ساختارهای غیر ماکروسکوپیک مانند سیستم‌های میکروالکترومکانیکال، نانوالکترومکانیکال و میکروسکوپ نیروی اتمی شناخته شده‌اند. بهره‌گیری از این ساختارها در وسایل، ابزارها و سازه‌ها قابلیت‌های متنوعی در آن‌ها ایجاد می‌کند و هم‌چنین منجر به کاهش ابعاد، وزن و افزایش کارایی در آن‌ها می‌شود [۱ و ۲]. به همین علت آزمایش‌ها و مطالعه‌های گسترده‌ای در بررسی رفتار اجزای این ساختارها صورت گرفته است.

عدم تطابق مشاهده‌های آزمایشگاهی و نتایج تئوری کلاسیک محیط پیوسته، مؤید ناتوانی این تئوری برای تحلیل مواد در مقیاس کوچک بود. علت این اختلاف مدل‌سازی جسم به صورت یکپارچه و بدون در نظر گرفتن فضاهای خالی آن در تئوری کلاسیک است. بنابراین تئوری‌های وابسته به اندازه توسعه داده شدند که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به تئوری جفت تنش^۱ [۳-۵] اشاره کرد. در تئوری مذکور از همان روابط تعادل مرسوم استفاده شده بود. یانگ و همکارانش [۶] با معرفی رابطه‌ی تعادل جدید بین تنش‌های مرتبه بالاتر، تئوری اصلاح شدهی جفت تنش را پیشنهاد کردند. این تئوری تنها دارای یک پارامتر مقیاس طول می‌باشد و تانسور لنگر جفت تنش در آن متقارن است. پارامتر مقیاس طول که می‌توان آن را با آزمایش برآورد کرد، اثر کاهش اندازه را وارد محاسبات می‌کند. به علت آن که تخمین و محاسبه‌ی این پارامتر دشوار می‌باشد، تئوری اصلاح شدهی جفت تنش از میان تئوری‌های مقیاس‌های کوچک با دارا بودن یک پارامتر کاهش اندازه، توجه محققین بسیاری را به خود معطوف نموده است. نخستین بار تسیتاس [۷]

¹ Couple stress