

# بررسی پایداری غیرخطی هندسی پوسته‌های کروی ساخته شده از مصالح تابع‌مند ساندویچی (SFGM) تحت فشار خارجی یکنواخت با استفاده از رویکرد تحلیلی ریاضی

علیرضا هوشمند سروستانی<sup>۱\*</sup>، منصور مصلی نژاد<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه، موسسه آموزش عالی آپادانا، Alirezahoushmand89@gmail.com

۲- استادیار دانشگاه شیراز، Mmosalla@shirazu.ac.ir

## چکیده

در مقاله حاضر، پاسخ غیرخطی هندسی پوسته‌های کروی ساخته شده از مصالح تابع‌مند ساندویچی (SFGM) تحت فشار بار خارجی یکنواخت با در نظر گرفتن اثرات تنش‌های برشی عرضی، مورد توجه قرار گرفته است. به منظور حل معادلات دیفرانسیل غیرخطی تعادل و سازگاری از روش اندرکنش‌های اصلاح شده استفاده شده است. تغییرات خصوصیات مکانیکی مصالح در راستای ضخامت پوسته تحت توابع توانی و براساس تغییر کسر حجمی سرامیک در این راستا تعریف شده‌اند. معادلات دیفرانسیل غیرخطی تعادل و سازگاری براساس تئوری مرتبه اول در تغییر شکل‌های برشی استخراج شده‌اند که با استفاده از شرایط تقارن محوری ناشی از بارگذاری و شکل هندسی متقارن، ساده سازی شده‌اند. در پژوهش حاضر مسئله پایداری غیرخطی برای حالات خاص تکیه‌گاه گیردار ثابت و گیردار متحرک در راستای نصف-النهاری پوسته حل شده است. نتیجه این تحلیل به صورت فرمول بسته‌ی رابطه غیرخطی بار-تغییر مکان بیان شده است که مبین مسیر تعادل پوسته تحت شرایط ذکر شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان دادند که افزایش ضخامت نسبی پوسته منجر به کاهش ناپایداری آن شده اما افزایش عمق نسبی این ناپایداری را افزایش می‌دهد. همچنین تغییرات خصوصیات تابع توانی نیز در حالات مختلف لایه بندی پوسته مورد توجه قرار گرفت.

**واژه‌های کلیدی:** پایداری غیرخطی هندسی - پوسته‌های کروی - مصالح تابع‌مند ساندویچی - توابع توانی - فرمول بسته

## ۱- مقدمه

پوسته‌ها یکی از مهمترین المان‌های سازه‌ای هستند که در علوم مختلفی مهندسی چون، عمران، مکانیک، کشتی سازی و هوافضا کاربردهای بسیاری دارند. یکی از مهمترین این نوع المان‌ها، پوسته‌های کروی کم عمق هستند که تحت بار خارجی یکنواخت قرار دارند. در این حالت با افزایش بار از یک حدی به بعد، رابطه بیت بار خارجی اعمالی و تغییر مکان قله‌ی پوسته دیگر خطی نبوده و وارد فاز غیرخطی هندسی و تغییر شکل‌های بزرگ می‌شود. در این حالت رفتار پوسته بسته به خصوصیات مکانیکی و هندسی آن متفاوت بوده و دارای پیچیدگی‌هایی است. به همین دلیل دانشمندان زیادی مطالعات خود را در این مورد متمرکز کرده و روش‌ها و رویکردهای متعددی را به این منظور به کار گرفته‌اند. قدیمی‌ترین و در عین حال قابل اعتمادترین رویکرد، روش آزمایشگاهی است. یامادا و همکاران در سال ۱۹۸۳ با استفاده از روش آزمایشگاهی به بررسی رفتار غیرخطی هندسی پوسته‌های ایزوتروپیک پرداختند [۱]. رویکرد متداول دیگری که در این زمینه متداول است، استفاده از

<sup>1</sup> Sandwich Functionally Graded Material