



کمانش موضعی ورق‌های کامپوزیت لایه‌ای بر اساس تئوری زیگزاگ مرتبه بالا با استفاده از روش نوارهای محدود

سلطانعلی محمدی منفرد^۱، مجتبی ازهری^۲

دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده عمران

s.mohamadimonfared@cv.iut.ac.ir

خلاصه

در مقاله حاضر کمانش موضعی ورق‌های کامپوزیت لایه‌ای با استفاده از تئوری زیگزاگ مرتبه‌ی بالا و با روش نوار محدود معمولی بررسی شد. پارامترهای مجهول در تئوری زیگزاگ مرتبه‌ی بالا همان مجهولات تئوری مرتبه‌ی بالای ردی و تئوری تغییر شکل برشی مرتبه اول می‌باشد. با این تفاوت که در این تئوری علاوه بر برآورده کردن شرایط مرزی در بالا و پایین ورق، پیوستگی تنش برشی در سطح تماس لایه‌ها در نظر گرفته می‌شود و منجر به نتایج بهتر می‌گردد. روش عددی به کار رفته در این مقاله روش نوار محدود معمولی می‌باشد. هر نوار دارای دو خط گرهی می‌باشد. نتایج بدست آمده با حل الاستیسیته سه بعدی و تئوری‌های دیگر مقایسه گردید.

کلمات کلیدی: کمانش موضعی، تئوری زیگزاگ، ورق‌های لایه‌ای، روش نوار محدود.

۱. مقدمه

مواد کامپوزیت لایه‌ای به دلیل بالا بودن نسبت مقاومت به وزن، مقاومت در برابر خوردگی، پایین بودن هزینه تولید نسبت به مواد ایزوتروپیک (مانند فولاد و آلومینم) در شاخه‌ای مختلف مهندسی از جمله: عمران، مکانیک، و هوافضا کاربرد فراوان دارند. بنابراین شناخت رفتار کمانشی، استاتیکی و دینامیکی حاکم بر این مواد، جهت طراحی بهینه ضرورت می‌یابد [۱].

از اینرو محققین مختلفی در طی سالیان متمادی به بررسی رفتار آن‌ها تحت شرایط مرزی گوناگون و بارگذاری مختلف پرداختند و تئوری‌های مختلفی نیز در زمینه حل ورق‌های کامپوزیت ارائه شده است که می‌توان به تئوری کلاسیک ورق لایه‌ای، تئوری تغییر شکل برشی مرتبه اول و تئوری تغییر شکل برشی مرتبه سوم ردی اشاره کرد [۲ و ۳].

در تئوری کلاسیک ورق لایه‌ای، به دلیل اینکه اثر تغییر شکلهای برشی نادیده گرفته می‌شود، وقتی برای تحلیل ورق‌های نسبتاً ضخیم و ضخیم به کار گرفته می‌شود، نتایج مطلوبی بدست نمی‌دهد. (جابجایی را کمتر از مقدار واقعی و بار بحرانی و همچنین فرکانس طبیعی را بیشتر از مقدار واقعی نشان می‌دهد) [۴]. تئوری تغییر شکل برشی مرتبه اول نیز به دلیل اینکه اثر تغییر شکلهای برشی به درستی لحاظ نمی‌شود (استفاده از ضریب اصلاح برش به عنوان اثر تغییر شکلهای برشی) برای تحلیل ورق‌های نسبتاً ضخیم و ضخیم، از دقت بالایی برخوردار نیست [۵]. تئوری تغییر شکل برشی مرتبه بالای ردی، به دلیل اینکه رفتار کلی ورق لایه‌ای را به درستی در نظر می‌گیرد، جوابهای قابل قبولی را بدست می‌دهد اگرچه برای ورق‌هایی که لایه بندی نامتقارن و کلی دارند، جوابهای رضایت بخشی بدست نمی‌دهد. برای رفع این مشکل چو و پارمتر، تئوری را بنام تئوری زیگزاگ مرتبه بالا پیشنهاد کردند. به طوری که متغیر خطی زیگزاگ به میدان جابجایی مکعبی برای جابجایی‌های درون صفحه اضافه شد. در این تئوری قسمت مکعبی میدان جابجایی رفتار کلی لایه‌ها و قسمت زیگزاگ رفتار بین لایه‌ها را به منظور برآورده کردن پیوستگی تنش برشی در نظر می‌گیرد. پارامترهای مجهول در تئوری زیگزاگ مرتبه‌ی بالا همان پارامترهایی هستند که در تئوری تغییر شکل برشی مرتبه اول و سوم به کار می‌روند. عیب دیگری که تئوری ردی آن را در نظر نمی‌گیرد پیوستگی تنش برشی در سطح تماس لایه‌ها می‌باشد که در تئوری زیگزاگ این شرط برآورده شده است. به علاوه مشخصات الاستیسیته‌ی لایه‌ها در این تئوری به صورت پارامترهایی لحاظ می‌شود در صورتی که دیگر تئوری‌ها چنین پارامتری وجود ندارد. در نهایت با

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سازه،

^۲ استاد دانشکده مهندسی عمران