



استفاده از توابع غنی‌سازی در روش بدون المان گالرکین برای حل مسائل دوبعدی دارای ترک در مواد همسانگرد و دوسانگرد

سید شهرام قرشی^۱، سعیدرضا صباغ‌یزدی^۲، سهیل محمدی^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده عمران، دانشگاه علم و فرهنگ، تهران

(مؤلف رابط، sh.ghorashi@usc.ac.ir)

۲- دانشیار دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران

۳- استاد دانشکده عمران، دانشگاه تهران، تهران

خلاصه

امروزه کاربرد مواد دوسانگرد نظیر کامپوزیت‌ها به علت داشتن نسبت مقاومت به وزن بالا، به صورت روزافزونی در حال افزایش است. این مواد معمولاً به شکل ورقه‌های نازک ساخته می‌شوند؛ از این رو، وقوع ترک در آن‌ها محتمل است و بررسی مکانیک شکست آن‌ها توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. از آنجا که روش‌های تحلیلی پاسخگوی بسیاری از مسائل پیچیده نمی‌باشند، روش‌های عددی گزینه مناسبی جهت تحلیل اینگونه مواد هستند. روش‌های بدون شبکه نسل جدیدی از روش‌های عددی هستند که ویژگی‌شان استفاده از توزیع دلخواهی از نقاط گرهی بدون نیاز به تشکیل شبکه‌ای از المان از پیش تعریف شده می‌باشد. یکی از معروفترین آن‌ها، روش بدون المان گالرکین است که در آن درونیایی حداقل مربعات متحرک برای ساخت توابع شکل به کار می‌رود که سبب پایداری تقریب تابع می‌شود. در مقاله حاضر برای تحلیل مواد دوسانگرد، روش بدون المان گالرکین مورد استفاده قرار می‌گیرد. به منظور افزایش دقت حل، توابع غنی‌سازی نوک ترک که از جواب‌های تحلیلی حاصل شده‌اند، به کار گرفته می‌شوند و با استفاده از تکنیکی مفید در انتخاب دامنه پایه نقاط گرهی برای مدل‌سازی ناپوستگی ترک، روابط روش بدون المان گالرکین بازنویسی می‌شود که در واقع نوعی غنی‌سازی خارجی در آن اعمال می‌شود. همچنین برای افزایش دقت حل در عملیات انتگرال‌گیری، تکنیک به کار رفته در روش اجزای محدود توسعه یافته به نام تقسیم زیرمثلت برای انتخاب مناسب‌تر نقاط گوس به کار می‌رود. در پایان چند مسأله همسانگرد و دوسانگرد دوبعدی دارای ترک توسط روش پیشنهادی مورد تحلیل قرار می‌گیرد و به منظور بررسی کارایی روش، ضریب شدت تنش که از پارامترهای مهم مکانیک شکست است، محاسبه می‌شود و با مقدار تحلیلی و نیمه تحلیلی آن مقایسه می‌گردد.

کلمات کلیدی: روش بدون المان گالرکین، توابع غنی‌سازی، ترک، همسانگرد، دوسانگرد.

۱. مقدمه

با توجه به توسعه روزافزون رایانه‌ها و عدم امکان حل تحلیلی مسائل مهندسی پیچیده، روش‌های عددی برای حل چنین مسائلی در حال پیشرفت می‌باشند. روش اجزای محدود یکی از معروفترین و پرکاربردترین روش‌های عددی موجود برای حل مسائل مهندسی است. به هر حال روش اجزای محدود دارای نارسایی‌هایی است که دلیل آن وجود شبکه‌ها یا اجزایی است که نقاط را در حالت مناسب از پیش تعریف شده‌ای به یکدیگر پیوند می‌دهد. این کاستی‌ها سبب شده‌اند تا کاربرد آن در برخی مسائل از جمله مسائل با تغییرشکل‌های بزرگ، مسائل انتشار ترک، شبیه‌سازی شکست مصالح با خردشدگی فراوان با مشکلات خاصی توأم شود. این امر سبب جلب توجه بسیاری از محققان برای توسعه "روش‌های بدون شبکه" در دو دهه اخیر شده است. در واقع، روش‌های بدون شبکه (المان)، روش‌هایی هستند که در آن‌ها مجموعه‌ای از نقاط پراکنده به نام گره‌های میدان در دامنه مسأله و بر روی مرزهای دامنه به کار گرفته می‌شود و آن‌ها شبکه‌ای را تشکیل نمی‌دهند؛ به این معنا که هیچ احتیاجی به تعریف اطلاعات اولیه در مورد ارتباط میان گره‌ها برای درونیایی یا تقریب توابع مجهول متغیرهای میدان نیست [۱]. یکی از معروفترین روش‌های بدون شبکه، روش بدون المان گالرکین^۱ می‌باشد که در سال ۱۹۹۴ توسط بلیچکو و همکارانش [۲] پیشنهاد شد که در آن تقریب حداقل مربعات متحرک در شکل ضعیف گالرکین برای ساخت

^۱ Element Free Galerkin (EFG)