مدلسازی گسترش ترک در مود مرکب و گسترش ترک خستگی بدون مش‌بندی مجدد دامنه

رضا نادری[۱]، عبدالغفور خادم الرسول[۲]

۱- استادیار دانشکده مهندسی عمران و معماری، دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- دانشجوی دکتری عمران، مکانیک خاک و پی، دانشکده مهندسی عمران و معماری دانشگاه صنعتی شاهرود

ghafoorgeotech@gmail.com

خلاصه

در این مطالعه به بررسی چگونگی رشد خودکار ترک و رشد ترک خستگی به عنوان یکی از مسایل پیچیده عددی در مکانیک شکست پرداخته می‌شود. در این مطالعه برای فایق آمدن بر نواقص روش اجزای محدود استاندارد در مدلسازی ترک و رشد آن از روش اجزای محدود توسعه یافته (XFEM) استفاده شده است. در مطالعه حاضر از روش مجموعه‌ی تراز (LSM) مسیر رشد ترک در حالت مود مرکب تعیین می‌شود. همچنین برای مسایل دو بعدی صفحه‌ای با تعریف یک فضای کمکی، فاکتورهای شدت تنش با استفاده از انتگرال متقابل M که کاملاً بر پایه انتگرال مستقل از مسیر J استوار است، همزمان برای هر دو مود شکست محاسبه می‌شوند. همچنین در این مطالعه رشد ترک خستگی با اعمال بارگذاری در سیکل‌های مختلف با استفاده از قانون پاریس به دست آمده است.

کلمات کلیدی: مجموعه تراز، اجزای محدود توسعه یافته، انتگرال متقابل، رشد ترک خستگی

۱. مقدمه

به طور کلی رفتار شکست در مکانیک شکست خطی با یک پارامتر مانند فاکتور شدت تنش(*SIFs*) یا انتگرال مستقل از مسیر J مشخص می‌شود. این پارامترها نقش مهمی در رفتار فضای تنش، در همسایگی نوک ترک دارند. برای چند مورد ایده‌آل شده، حل تحلیلی برای یافتن مقادیر فاکتور شدت تنش در مودهای مختلف شکست دو بعدی موجود می‌باشد، اما برای مقاصد عملی شامل هندسه پیچیده با بارگذاری متفاوت و شرایط مرزی مختلف، نیازمند استفاده از روشهای عددی در محاسبه‌ی پارامترهای شکست می‌باشد. روش عددی اجزای محدود توسعه یافته(*XFEM*) یکی از روشهای عددی است که در محاسبه فاکتورهای شکست و نیز در گسترش ترک دارای قابلیتهای بسیار خوبی است که استفاده از این روش را در مکانیک شکست فراوان نموده است [۱]-[۴]. به طور کلی شکل‌گیری مبنای ریاضی روش اجزای محدود توسعه یافته با تعریف جزئبندی واحد روش اجزای محدود(*PUFEM*) توسط ملنک و بابوسکو آغاز گردید. در روش اجزای محدود توسعه یافته ناپیوستگی‌های مختلف شامل انواع ترک یا فضاهای خالی به صورت ضمنی مدل می‌شوند. مدلسازی انواع ناپیوستگی‌ها با فرایند غنی‌سازی نقاط گرهی متاثر از آن ناپیوستگی صورت می‌گیرد. بنابراین با غنی‌سازی نقاط متاثر از ترک مساله تکینگی تنش در نوک ترک نیز برطرف می‌شود. در این روش؛ ترک با غنی سازی نقاط متاثر از نوک و بدنه ترک به وسیله توابع غنی سازی نوک ترک و هویساید برای بدنه ترک انجام می‌گیرند [۵]، [۶].

برای محاسبه عددی فاکتور شدت تنش از روش انتگرال متقابل M، که کاملاً بر پایه انتگرال مستقل از مسیر J می‌باشد، در روش اجزای محدود توسعه یافته استفاده می‌شود تا بتوان با یک مرحله انتگرال‌گیری بر روی ناحیه مشخص شده هر دو فاکتور شدت تنش برای مودهای مختلف شکست را محاسبه نمود. لازم به ذکر است که انتگرال متقابل M بر اساس قوانین الاستیسیته و اصول پایه مکانیک شکست استوار است. این روش اولین بار توسط چن و شیلد ارائه شده است [۷]، [۸].

مبحث گسترش ترک در مکانیک شکست یکی از موضوعاتی است که از سالیان گذشته مورد توجه محققین مختلف قرار گرفته است. برای بررسی و مدلسازی رشد ترک از روشهای عددی مختلفی نظیر اجزای محدود استاندارد، روش بدون مش گالرکین و روش المان‌های مرزی استفاده شده است. به

[۱] استادیار دانشکده مهندسی عمران و معماری دانشگاه صنعتی شاهرود

[۲] دانشجوی دکتری مهندسی عمران، خاک و پی، دانشگاه صنعتی شاهرود