



برآورد فاکتور شدت تنش برای ترک در مد مرکب با استفاده از انتگرال متقابل در روش اجزای محدود توسعه یافته (XFEM)

عبدالغفور خادم الرسول^۱، رضا نادری^۲، احمد گنجعلی^۳

۱- دانشجوی دکتری عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- استادیار دانشکده عمران و معماری، دانشگاه صنعتی شاهرود

۳- دانشجوی دکتری عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود

ghafoorgeotech@yahoo.com

خلاصه

در این مطالعه در محاسبه فاکتور شدت تنش برای بررسی مساله گسترش ترک از روش اجزای محدود توسعه یافته استفاده شده است تا از معایب روش اجزای محدود استاندارد اجتناب گردد. با به کار بردن روش اجزای محدود توسعه یافته مشکل تکنیکی تنش در نوک ترک برطرف می‌گردد. در این تحقیق با استفاده از انتگرال متقابل به برآورد فاکتورهای شدت تنش در مد مرکب شکست با استفاده از روش اجزای محدود توسعه یافته پرداخته شده است. همچنین با استفاده از روش مجموعه تراز مسیر رشد ترک به دست آورده می‌شود. در این مطالعه امکان بررسی هر نوع ترکی وجود دارد.

کلمات کلیدی: اجزای محدود توسعه یافته، انتگرال متقابل، روش مجموعه تراز، مد مرکب شکست

۱. مقدمه

به طور کلی مبحث گسترش ترک در مکانیک شکست یکی از موضوعاتی است که از سالیان گذشته مورد توجه محققین مختلف قرار گرفته است. علیرغم تمامی ویژگیهای روش اجزای محدود استاندارد، این روش دارای معایبی است که استفاده از آن را در بعضی مسائل و بالاخص بحث گسترش ترک محدود می‌سازد. یکی از معایب عمده این روش در این است که چون المان‌ها به یکدیگر وابسته هستند لذا امکان جدا شدن از یکدیگر را ندارند، بنابراین بزرگترین مشکل روش اجزای محدود استاندارد در بررسی مساله ترک و گسترش آن در مش بندی مجدد دامنه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین یکی دیگر از مشکلات در آنالیز مساله ترک در اجزای محدود استاندارد وجود تکنیکی در مقدار تابع تنش برای منطقه نوک ترک می‌باشد. برای برطرف کردن این مشکل باید از المانی استفاده نمود که دارای تابع شکل غیرتکین باشد. در حالیکه در این مطالعه و در روش اجزای محدود توسعه یافته (XFEM) برای گسترش ترک نیازی به مش بندی مجدد دامنه متأثر از رشد ترک نمی‌باشد. در این روش برای شبیه سازی رشد ترک و نیز رفع تکنیکی تابع تنش از غنی سازی نقاطی که از وجود ترک متأثر می‌گردند استفاده می‌شود. در مطالعه حاضر برای بررسی گسترش ترک روش مجموعه تراز به کار گرفته شده است. با استفاده از مجموعه تراز می‌توان موقعیت نوک ترک و نیز بدنه ترک را در هر مرحله رشد ترک پیدا نمود و در نتیجه المانهایی را که باید غنی سازی گردد انتخاب نمود [۱]. به طور کلی شکلگیری مبنای ریاضی روش XFEM با تعریف جزیندی واحد روش اجزای محدود (PUFEM)^۱ توسط Babuska و Melenk (۱۹۹۶) آغاز گردید [۲]. اولین تلاشها برای توسعه XFEM به زمانی باز می‌گردد که Belytschko و Black (۱۹۹۹) روش اجزای محدودی با حداقل مش بندی مجدد برای گسترش ترک ارائه نمودند. آنها توابع غنی کننده ناپیوسته‌ای را به توابع تقریب اجزای محدود استاندارد اضافه کردند تا بتوانند محاسبات مربوط به ترک موجود در مساله را انجام دهند. روش مجموعه تراز نیز رفته رفته در نشان دادن موقعیت بدنه و نوک ترک مورد استفاده قرار گرفت. Belytschko و همکاران (۲۰۰۱)، تکنیکی را ارائه نمودند که با آن بتوان هر ناپیوستگی را به صورت یک تابع و مشتقاتش در اجزای محدود مدل نمود [۳]. Asadpoure و Mohammadi (۲۰۰۷)، به طور گسترده بر روی رفتار ترک در مصالح کامپوزیتی با روش XFEM مطالعه نمودند [۱].

^۱ - Partition of Unity Finite Element Method