نهمین کنگره ملّی مهندسی عمران، ۲۱ و ۲۲ اردیبهشت ماه ۱۳۹۵
دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

توسعه زیربرنامه UEL در نرم‌افزار ABAQUS برای المان مرتبه بالای ناحیه چسبنده

مانا مهاجر[۱]، سیامک سلیمانی شیشوان[۲]

دانشکده فنی مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

mohajer.mana۹۲@ms.tabrizu.ac.ir

خلاصه

یکی از روش‌های مدل‌سازی گسترش ترک در قالب روش اجزای محدود استفاده از المان‌های چسبنده (cohesive elements) می‌باشد. مدل‌های ناحیه چسبنده به صورت خیلی محدود در نرم‌افزارها وجود دارند، اما نرم‌افزار آباکوس به عنوان یکی از نرم‌افزارهای جامع اجزای محدود، این امکان را فراهم کرده تا کاربر بتواند این مدل را از طریق زیربرنامه UEL (User ELement) در نرم‌افزار اعمال کند. با توجه به توسعه کاربردی زمینه‌های مرتبط با مدل‌سازی ترک، در برخی مواقع نیازمند به استفاده از المان‌های مرتبه بالای ناحیه چسبنده هستیم. در این تحقیق، بر اساس فرمول‌بندی قانون چسبندگی PPR که یکی از مدل‌های پتانسیلی اخیر است، یک زیربرنامه UEL تهیه شده است که کاربر نرم‌افزار آباکوس را قادر می‌سازد که از المان‌های مرتبه بالای ناحیه چسبنده در مدل‌سازی جدایش و گسترش ترک استفاده نماید. نتایج حاصل از زیربرنامه UEL مرتبه بالا بر اساس قانون چسندگی PPR، با زیربرنامه UEL المان مرتبه اول تحت قانون چسبندگی PPR مقایسه شده و مطابقت قابل قبولی با یکدیگر دارند.

کلمات کلیدی: مکانیک شکست، سطح چسبنده، مدل ناحیه چسبنده پتانسیلی، المان مرتبه بالا، گسترش ترک.

۱. مقدمه

در روند پیشرفت و تکامل مکانیک شکست، مدل‌های ناحیه چسبنده[۳] با هدف توسعه مدل‌سازیِ ایجاد و رشد ترک مطرح شده‌اند و با میسرکردن استفاده از مفهوم مکانیک شکست و در نتیجه بهبود کارایی خود، در چارچوب مکانیک گسیختگی توسعه یافته‌اند [۱]. مدل ناحیه چسبنده شکست مواد را بدون در نظر گرفتن ساختار مواد توصیف می‌کند و پارامترهای این مدل تنها به مواد وابسته هستند و به هندسه جسم دارای ترک ارتباطی ندارند. این مفهوم تضمینی برای امکان انتقال این مدل در یک نمونه ساده به یک سازه با هندسه پیچیده است [۲].

رفتار بنیادی حاکم بر مدل‌های ناحیه چسبنده از طریق قانون تراکشن-جدایش[۴] توصیف می‌شود. این قانون‌ها به دو دسته اصلی پتانسیلی و غیرپتانسیلی تقسیم می‌شوند. در مدل‌های پتانسیلی یک تابع پتانسیل از جنس انرژی بر حسب جدایش نرمال و برشی ارایه می‌شود به طوری که مشتق‌گیری از تابع پتانسیل نسبت به جدایش نرمال و همچنین جدایش برشی منجر به روابط بین تراکشن نرمال و تراکشن برشی بر حسب مقادیر جدایش می‌شود. اما در مدل‌های غیرپتانسیلی دیگر تابع پتانسیل وجود نداشته و روابط تراکشن-جدایش به صورت مستقل ارایه شده‌اند [۳]. در مرجع [۴] به برخی از محدودیت‌های اصلی مدل‌های ناحیه چسبنده غیرپتانسیلی اشاره شده است.

بارنبلات[۵] برای اولین بار مفهوم مدل ناحیه چسبنده را با تحلیل شکست مواد ترد ارایه کرد. بعد از او دانشمندان زیادی در این زمینه تحقیق کردند و در پیشرفت مدل‌های ناحیه چسبنده و ارایه روابط کارآمد بین تراکشن چسبندگی و میزان جدایش تاثیر به سزایی داشتند. از جمله مدل‌های ناحیه چسبنده معروف می‌توان به مدل پتانسیلی زونیدلمان[۶] اشاره کرد [۵]. اگرچه مدل پتانسیلی زونیدلمان به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته اما به علت شرایط مرزی شکست و فرم نمایی تابع پتانسیل، محدودیت‌های بسیاری دارد [۴].

---

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی زلزله

[۲] استادیار گروه مهندسی سازه (آدرس فعلی: دانشکده مهندسی، دانشگاه کمبریج، کمبریج، انگلستان)

[۳] Cohesive Zone Models (CZM)

[۴] Traction-Separation Law

[۵] Barenblatt

[۶] Xu-Needleman