



مدل سازی اجزای محدود برهمکنش خاک- تایر بر اساس رفتار غیر خطی الاستوپلاستیک خاک و ساختار کامپوزیتی تایر

محمد معراجی^۱، سعادت کامگار^۲، مهرداد فرید^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بخش مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شیراز

۲- استادیار بخش مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شیراز

۳- استادیار بخش مهندسی مکانیک دانشگاه شیراز

Meraji.ir@Gmail.com

خلاصه

در این پژوهش، یک مدل برهمکنشی جدیدی از خاک- تایر به روش اجزای محدود در نرم افزار مطلب فرمول بندی شد. ماده غیر خطی الاستوپلاستیک خاک بر اساس معیار تسلیم دراگر- پراگر مدل سازی شد. همچنین رشته‌های مقاوم درون تایر به صورت المان‌های با رفتار غیر خطی و آج تایر به عنوان یک ماده ابرالاستیک در نظر گرفته شد. تماس تایر و خاک از نوع تماس گره به المان و بدون لغزش نسبی بین دو مرز تماس در نظر گرفته شد. صحت نتایج مدل سازی، با استفاده از دستگاه آزمونگر چرخ در انباره خاک تایید شد.

کلمات کلیدی: خاک، الاستوپلاستیک، تایر، ابرالاستیک، روش اجزای محدود غیر خطی

۱. مقدمه

مسئله‌ی برهم‌کنش تایر و خاک یکی از موضوعات مهم پژوهشی برای خودروهای خارج از جاده و محققین بخش مکانیک خاک می‌باشد. نیروهای وارد از طرف زمین که از طریق تایر به خودرو اعمال می‌شود موجب حرکت خودرو شده و راننده را قادر به کنترل مسیر حرکت می‌نماید. افزایش خصوصیات دینامیکی تایر در مبحث خودروهای خارج از جاده، افزایش توان مالبندی را به دنبال دارد. همچنین این امر موجب کاهش مقاومت غلتشی تایر شده که نتیجه‌ی عملی آن کاهش مصرف سوخت و افزایش بازده کششی در خودروهای خارج از جاده می‌باشد.

باید توجه داشت که در شرایط واقعی که آج‌های تایر بر روی سطح خاک تماس پیدا می‌کنند، بسیاری از مدل‌های عددی که با فرض پیوستگی مواد شبیه‌سازی، ایجاد شده‌اند توانایی مدل سازی و حل معادلات در لبه‌های نوک تیز آج را ندارند و به همین دلیل است که در غالب مدل‌های عددی، سطح تایر بدون برجستگی و صاف در نظر گرفته شده است. در برخی موارد برای در نظر گرفتن ناهمواری‌های سطح، ضرایبی فرض شده و این ضرایب در مدل‌سازی دخالت داده شده است [۱].

معروفترین مدل برای شبیه‌سازی برهمکنش خاک-تایر، توسط بکر (Bekker) در سال ۱۹۶۹ میلادی ارائه شد [۲] و در سال‌های بعد و توسط محققین دیگر بهبود یافت. این مدل ریاضی، علی‌رغم سادگی در استفاده و امکان شبیه‌سازی سریع کامپیوتری، در برخی موارد به خصوص در خاک‌های با جریان تغییر شکل بالا، نتایج سؤال برانگیزی ارائه می‌دهد. مشکلات اصلی این مدل، مستقل در نظر گرفتن برهمکنش عمودی و محیطی خاک- تایر می‌باشد، که با وجود قابلیت استفاده در جاده‌های صلب، از اثرات خاک نرم بر تایر صرف نظر می‌شود.

با استفاده از تحلیل اجزای محدود، امکان فرض همزمان برهمکنش عمودی و محیطی خاک-تایر میسر می‌شود، که این قابلیت در خاک‌های چسبناک، امکان در نظر گرفتن تغییر شکل در تمام راستاها را ممکن می‌سازد. اولین رهیافت‌ها در محاسبه‌ی برهمکنش خاک-تایر به روش تحلیل اجزای محدود توسط یانگ (Yong) و همکاران انجام شد [۳ و ۴]. در این تحلیل، خاک با مدل اجزای محدود بیان شد و به جای تایر، مقدار نشست و توزیع فشار نظری جایگزین شد. رگلی (Regli) و همکاران، مدلی دوبعدی از تایر و خاک ایجاد کردند که در آن سطح تایر دارای آج‌های برجسته بوده و خاک نیز به صورت یک ماده‌ی الاستوپلاستیک در نظر گرفته شد [۵]. این رهیافت همبستگی زیادی با مکانیسم واقعی برهمکنش داشت، اما همچنان تأثیر مهم رشته‌های مقاوم تایر نشان داده نشد. علاوه بر این مقادیر تراکم خاک و نیروهای محاسبه شده در لغزش‌های بالا با نتایج آزمایش‌ها اختلاف زیادی داشتند. فرورز (Fervers) با شبیه‌سازی دوبعدی، مدلی برای برهمکنش تایر رادیال و خاک ارائه کرد [۶]. در این مدل توجه بیشتری