

کاربرد روش‌های المان طیفی لژاندر و چبی شف برای حل مسائل انتشار امواج ضربه‌ای در محیط‌های الاستیک

محمد جلال پور^۱، صالح حمزه جواران^۲، ناصر خاجی^۳

۱- دانشجوی دکترای سازه، بخش مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد سازه، بخش مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- استادیار مهندسی زلزله، بخش مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

nkhaji@modares.ac.ir

خلاصه

پیچیدگی‌های انتشار موج در محیط‌های الاستیک موجب شده محققان سعی در توسعه روش‌های عددی برای انجام این مهم نمایند. از جمله معروف‌ترین روش عددی به کار رفته در علوم مهندسی، روش المان محدود می‌باشد. این روش در مسائلی که دارای جرم گسترده و ارتعاش با فرکانس بالا هستند دچار ناپایداری‌هایی در حل مسئله می‌شود. از جمله قوی‌ترین روش‌های ابداع شده برای رفع ناپایداری‌های عددی مزبور، روش المان طیفی^۱ است. اصول اولیه این روش مانند روش المان محدود کلاسیک است و تفاوت عمده آن در برگزیدن توابع شکل مناسب می‌باشد. در این مقاله، مقایسه‌ای بین دو نوع معروف از روش المان طیفی (لژاندر و چبی شف) و المان محدود کلاسیک انجام شده و با توجه به نتایج حاصل کارایی این روش‌ها با یکدیگر مقایسه شده است.

کلمات کلیدی: روش المان محدود، روش المان طیفی، تئوری انتشار امواج

۱. مقدمه

روش اجزاء محدود در حل مسائل مربوط به دینامیک سازه‌ها و انتشار امواج در آنها، دچار ناپایداری‌های مختلفی در حل می‌شود. جهت رفع این مشکل، معمولاً سعی می‌گردد تا در حل از المان‌های با ابعاد ریزتر استفاده شود. همچنین باید دامنه زمانی حل را نیز بسیار کوچک در نظر گرفت و به عبارتی در لحظات بسیار کوتاه، حل مجدداً تکرار گردد. این موضوع باعث شد تا حل این دسته از مسائل برای افراد با رایانه‌های شخصی، عملی سخت و در پاره‌ای موارد ناممکن گردد. این مشکلات موجب شد تا محققین سعی در ارائه روش‌هایی جهت حل این دسته از مسائل نمایند. یکی از آخرین روش‌های ارائه شده در این زمینه روش المان طیفی است که در آن بیشتر از توابع شکل متعامد جهت انجام حل استفاده می‌گردد. در این مقاله، چگونگی استفاده از دو دسته از معروف‌ترین توابع متعامد در روش المان طیفی، با نام‌های لژاندر و چبی شف بیان می‌گردد. سپس کارایی آن‌ها در حل مسائل کلاسیک انتشار امواج ضربه‌ای در محیط‌های محدود الاستیک، با روش المان محدود استاندارد مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

۲. تاریخچه تحقیقات

از جمله جامع‌ترین کارهای انجام شده در زمینه المان‌های طیفی در سال ۲۰۰۰ توسط داکشر و امری انجام شد. این محققین با توسعه توابع چبی شف در حوزه اجزاء محدود طیفی به حل مسائل ارتجاعی استاتیکی و دینامیکی صفحه‌ای پرداختند [۱]. در سال ۲۰۰۲ کراوچ با استفاده از ترکیب الگوریتم ژنتیک و المان محدود طیفی سعی در ارائه روش جهت شناسایی ترک در سازه‌های تیری شکل نمود. در این پژوهش یک المان خاص همراه با ترک داخل المان طیفی توسعه یافت که در آن برای هر گره المان دو درجه آزادی (تغییر مکان و چرخش) در نظر گرفته شده بود که توسط آن حل مستقیم مسأله صورت پذیرفت. جهت انجام حل معکوس مسأله و شناسایی محل ترک از روش الگوریتم ژنتیک همراه با تکنیک تغییرات استفاده شد [۲]. در سال ۲۰۰۳ ماهاپاترا و گپالاک ریشنان سعی در حل مسأله ارتعاش در سازه‌های چند جنسی با استفاده از روش المان محدود طیفی نمودند. در این تحقیق

^۱ Spectral Element Method (SEM)