



بررسی دقت شرایط مرزی موجود در مسائل انتشار امواج در محیط الاستودینامیک و معرفی شرط مرزی لایه کاملاً جاذب (PML) به عنوان شرط مرزی دوردست

رضا تاری نژاد^۱، محمد حسین احمدی^۲

۱- استادیار دانشکده عمران دانشگاه تبریز

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی دانشگاه تبریز

...

r_tarinejad@tabrizu.ac.ir

Mohamadh.ahmadi@gmail.com

خلاصه

حل مسائل انتشار امواج در محیط نیمه بینهایت با استفاده از روش المان محدود نیاز به شرط مرزی دوردست مناسب دارد. محققین زیادی شرایط مرزی مختلفی را برای این مرز ارائه کرده اند که هر کدام مزایا و معایبی دارند. علاوه بر این روشهای عددی مثل روش المان نامحدود و المان مرزی برای مدلسازی دقیق تر این نوع مسائل توسعه یافته اند. شرط مرزی لایه کاملاً جاذب (PML) شرط مرزی جدیدی است که ابتدا در حوزه الکترومغناطیس ارائه شد و سپس به علت مزایای وسیعش در سایر شاخه های مهندسی نیز مد نظر قرار گرفت. در این مقاله ابتدا شرط مرزی PML معرفی شده و سپس برای یک مسئله ساده، این شرط مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

کلمات کلیدی: شرط مرزی دوردست، لایه کاملاً جاذب (PML)، روش المان محدود، محیط نیمه بینهایت

۱. مقدمه

حل معادلات امواج در محیط های نامحدود مورد توجه شاخه های مختلف مهندسی و مباحث نظری علمی بوده است. به طور خاص حل معادله موج الاستودینامیک در محیط های نامحدود کاربردهای فراوانی در آنالیزهای اندرکنشی بین خاک و سازه و شبیه سازی سازه در هنگام زلزله پیدا کرده است برای حل این معادلات در این محیط ها معمولاً باید محیط را در قسمتی قطع کرد و در محل قطع شرایط مرزی مناسبی را اعمال کرد تا کمترین اختلاف با شرایط واقعی حاصل شود. بنابراین معرفی شرط مرزی مناسب همیشه مدنظر محققین مختلف بوده است. برای حل این مشکل شرایط مرزی متنوعی ارائه شده است. یکی از این شرایط مرزی، شرط مرزی لایه کاملاً جاذب (PML) می باشد که اول بار توسط برنگر [۱] برای جذب امواج الکترو مغناطیس ارائه شد. برنگر معادلات ماکسول را بازنویسی کرد و ضرایب مصنوعی جدیدی برای رسانایی ارائه داد، سپس با جدا کردن محیط به زیر مجموعه های غیر فیزیکی، محیط جدیدی را ایجاد کرد. با این معادلات جدید و تحت شرایط خاصی برنگر ثابت کرد که امواج با ورود به این محیط بدون هیچ انعکاسی برای تمام زوایای برخوردی و تمام فرکانسها، به صورت توانی مستهلک می شوند. کمی بعد از ارائه این شرط، روش های دیگری برای فرمولاسیون این شرط مرزی در سایر سیستم های مختصاتی نیز ارائه شد که این روشها کمک شایانی برای اعمال این روش به روش المان محدود کرد. تحقیقات بعدی نشان داد که PML را می توان برای سایر امواج در محیط های مختلف دیگر نیز بکار برد. ایده اصلی برای فرمول بندی PML برای معادله موج الاستودینامیک برای اولین بار توسط چو و لیو [۲] ارائه شد. آنها از سیستم مختصات گسترده (Stretch) با مقادیر موهومی برای بدست آوردن معادلات مربوط به PML استفاده کردند. بعد از آن باز هم همین دو محقق فرمولاسیون دیفرانسیل محدود در حوزه زمان را بر اساس جداسازی محیط و شرطی اضافی که ترکیبی از سرعت و تنش محیط بود ارائه دادند. لیو [۳] سپس توانست فرمولاسیون PML را برای سیستمهای