تحلیل نیم‌محیط ایزوتروپ جانبی در تماس با شالوده‌ی صلب حلقه‌ای

پارسا یزدی[۱]، مرتضی اسکندری قادی[۲]*، محمد رحیمیان[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد (مهندسی عمران، گرایش سازه)، ۲- دانشیار، ۳- استاد دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران.

آدرس: ایران، تهران، صندوق پستی ۴۵۶۳ – ۱۱۱۵۵

* آدرس رایانامه نویسنده رابط: ghadi@ut.ac.ir

خلاصه

تحلیل شالوده با شکل دلخواه از جمله شکل حلقه‌ای؛ از بخش‌های مهم در طراحی سازه‌های ویژه می‌باشد. با توجه به آنکه محیط خاک در لایه‌های مختلف به علت مسائلی نظیر وجود بیش‌تحکیمی در امتداد قائم دارای خواص مکانیکی متفاوت نسبت به امتداد افقی است، می‌توان خاک در تماس با شالوده را با رفتار ایزوتروپ جانبی در تحلیل مدلسازی کرد. از آنجایی که مرکز جرم سازه‌ها در ترازهایی بالاتر از محل تماس شالوده با سطح خاک قرار دارد؛ نیروهای افقی وارد بر اینگونه سازه‌ها در محل مرکز جرم، آثار گشتاوری بر روی شالوده دارد و می‌بایست در تحلیل محیط ایزوتروپ جانبی زیرین مورد نظر قرار گیرند. برای این منظور، در این مقاله ابتدا معادلات تعادل برای محیط ایزوتروپ جانبی استخراج می‌شوند؛ با استفاده از روش توابع پتانسیل و بهره‌گیری از تبدیلات مناسب انتگرالی، توابع گرینِ تغییر مکان و تنش تعیین می‌شوند. با نوشتن شرایط مرزی، به روش اجزای مرزی و استفاده از المان گرادیانی پویا انتگرالهای مربوطه محاسبه و رفتار تکین در لبه‌ی شالوده‌ی صلب در نظر گرفته می‌شود و در نهایت تغییر مکان‌ها و تنش‌ها در هر نقطه‌ی دلخواه از محیط نیمه‌بینهایت از جمله سطح تماس با شالوده محاسبه می‌شود.

کلمات کلیدی: الاستیسیته، ایزوتروپ جانبی، شالودهٔ صلب، سازه‌های ویژه

۱. مقدمه و مرور ادبیات فنی

روش تحلیل هر مسئله مهندسی از اهمیت به سزایی در دقت پاسخها دارد، اما مهمتر از این موضوع، مدلسازی مناسب محیط واقعی مسئله و انتخاب فرضیات مشابه با واقعیت در روند تحلیل می‌باشد. به همین رو، مهندسین از دیرباز در پی تحلیلهای دقیق به همراه دقت بالای مدلسازی بوده‌اند. هرچند که هیچ‌گاه نمی‌توان یک راه حل مهندسی را بهینه نامید، مگر آنکه هزینه مدلسازی و تحلیل معقول و ممتاز باشد. به همین جهت، در مسئله‌های اندرکنش شالوده و سازه، علاوه بر روش تحلیل (که عموماً در سالهای اخیر از روشهای عددی استفاده می‌شود)، در مدلسازی شالوده ترجیحاً از مدلهای الاستیک پیشین فاصله گرفته و محیطی که سازه روی آن قرار می‌گیرد به عنوان مصالح ایزوتروپ جانبی[۱] منظور می‌شود. مواد طبیعی در صورتی که مشخصات درون صفحه با جهت نرمال بر آن صفحه دارای خواص متفاوتی باشند، به عنوان مصالح ایزوتروپ جانبی قلمداد می‌شوند.

تحلیل محیطهای ایزوتروپ از دیرباز مورد نظر ریاضی‌دانان و مهندسین قرار گرفته است. از کارهای اولیه در این زمینه می‌توان به ریزنر و ساگوچی [۱]، آرنولد و همکاران [۲]، بایکرافت [۳]، آوابوجی و گروتنیوس [۴]، رابرتسون [۵]، گِلَدول [۶]، لوکو و میتا [۷]، پک و گوبرت [۸] اشاره کرد که به بررسی و حل مسئله تماس دیسک و محیط ایزوتروپ پرداخته‌اند، اشاره کرد. ارینگن و سوهوبی در کتاب خود در سال ۱۹۷۵ [۹] به حل تحلیل مسائل انتشار موج پرداخته و مسائل یک، دو و سه بعدی را با استفاده از روشهای مقدار ویژه و غیره حل نمودند. کاسل [۱۰] در سال ۲۰۰۶ نیز در کتابی بسیار مختصر و مفید، تحلیلهای مشابهی را ارائه داده است. هرچند که مسائل مورد بررسی وی به روشهای تحلیلی محدود نشده و مقدماتی از روشهای عددی را نیز در انتشار موج ارائه کرده است. وی همچنین محیطهای نیم‌بینهایت و محیطهای کامل را مورد بررسی و تحلیل قرار داده است. از کتابهایی که اختصاصاً به بحث محیط ایزوتروپ جانبی پرداخته است نوشته دینگ، چِن و ژِن [۱۱] می‌باشد که مسائل مختلف محیط ایزوتروپ جانبی را در حالت شالوده‌های مدفون و قرارگرفته بر سطح محیط نیم‌بینهایت تحلیل کرده‌اند. همچنین نوع بارگذاری در مسائل حل شده متنوع بوده و از بارهای نقطه‌ای

[۱] Transversely Isotropic