



اجزای مرزی نیمه نامحدود چند مرزی در تحلیل تونل های کم عمق متأثر از فشارهای توآمان ثقلی و شالوده های سطحی

جعفر عسگری مارنانی¹، احسان جباری² و مهدی پنجی³

1- استادیار گروه عمران - دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

2- استادیار گروه عمران - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

3- دانشجوی دکتری ژئوتکنیک - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

Email: M.PANJI@SRBI AU.AC.IR

خلاصه

در این مقاله ابتدا ضمن معرفی فرمولاسیون اجزای مرزی برای تحلیل مسائل با مرزهای نیمه نامحدود، به عنوان مطالعه موردی به کمک مدل عددی تهیه شده با المان خطی، رفتار یک تونل دایره ای تحت بارهای گسترده شالوده ای بررسی و در نهایت حالت های مختلف تنش و تغییر مکانی آن مبتنی بر رفتار کرنش مسطح الاستیک ارایه شده و با جوابهای تحلیلی در دسترس مقایسه شده است. از نتایج مهم این تحقیق، می توان به تغییرات ناگهانی اثرات تنش و تغییر مکان پیرامون تونل ناشی از شالوده صلب، بر خلاف شالوده انعطاف پذیر، در اعماق کمتر از هفت برابر شعاع آن اشاره داشت.

کلمات کلیدی: روش های اجزای مرزی، فضای نیمه نامحدود، تونل های کم عمق، تحلیل تنش، بارهای شالوده ای.

1. مقدمه

پیشرفت روزافزون علم رایانه و استفاده از آن در تحلیل سیستم های سازه ای به جهت برخورداری از سهولت و سرعت عمل بالای آن، موجبات شکل گیری روش های عددی را در علوم مختلف مهیا ساخته است. یکی از روش های عددی که همزمان با دگرگونی رایانه ای در جهان از همان ابتدا شکل گرفته به طوریکه امروزه توانسته جایگاه خود را در علوم مختلف، به طور کامل تثبیت نماید روش های اجزای محدود (*FEM*) می باشد. این روش به لحاظ سادگی در فرمولبندی اولیه و قابلیت مدلسازی انواع مسائل، یکی از روش های عددی قوی به حساب می آید ولی همواره برای تحلیل مسائلی که در آنها گسترش فضا مطرح شده با حجم عملیات محاسباتی بالا و تعریف قیود اضافی غیر ضروری همراه می شود که این قسم امور موجبات دشوارتر شدن تحلیل و کاهش دقت در آن را فراهم می سازد. این درحالی است که به کمک روش های اجزای مرزی (*BEM*) به عنوان روش مکمل که از قدرت فوق العاده بالایی در مدلسازی، به ویژه مدلسازی مسائل با مرزهای نامحدود و نیمه نامحدود، برخوردار می باشد می توان با سهولت و دقت بیشتر به بررسی انواع مسائل در علوم مهندسی پرداخت.

اگر چه از آغاز شکل گیری روش اجزای مرزی بیش از چهار دهه می گذرد ولی پیشرفت های چند دهه اخیر در بهبود کمی و کیفی رایانه ها، توسعه روش اجزای مرزی را نیز مانند سایر موضوعات حوزه مهندسی و فناوری سرعت بخشیده است. مسئله تحلیل یک نیم صفحه تحت اثر بار متمرکز برای نخستین دفعه در سال 1892 توسط *Flamant* عنوان گردید. بر اساس روابط ارایه شده توسط وی، و به دنبال آن *Melan* در سال 1932، شخصی به نام *Mindlin* در سال 1936 توانست معادلات مربوطه را به فضای سه بعدی نیز بسط دهد [1]. روابط تحلیلی *Mindlin* بر حسب جملاتی از تنش در هر نقطه مطرح شده بود که توسعه این روابط در روش های اجزای مرزی بر اساس جملاتی توسط *Nakaguma* در سال 1979 پیشنهاد گردید [3] و در نهایت در سال 1980 توسط *Brebbia & Telles* جامعه عمل پوشانده شد [4].

از سال 1980 به بعد، روش المان مرزی برای حل مسائل مکانیک سنگ و خاک نیز مورد استفاده قرار گرفت، به طوریکه *Banerjee & Butterfield* در سال 1981 و *Crouch & Starfield* در سال 1983 توانستند با استفاده از روش گسسته سازی مرز، مدل باز شدگی در فضای نامحدود را مورد بررسی قرار دهند [5] [6]. نرم افزارهای تجاری که در حال حاضر توسط پژوهشگران (*Shah* (1992)،