



## ارزیابی عددی پایداری لوله های مدفون تحت اثر امواج دریا

بهروز گتمیری<sup>۱</sup>، پیام صمدی خادم<sup>۲</sup>

۱- استاد دانشکده فنی، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش سازه های دریایی، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

Psamadi@ut.ac.ir

### خلاصه

تولید نفت و گاز در نواحی فراساحلی و آبهای عمیق و انتقال این تولیدات با استفاده از لوله های فراساحلی طی دهه های اخیر رشد فزاینده ای داشته است؛ یکی از دلایل چنین پیشرفتی قابل اطمینان بودن انتقال ذخایر مذکور با استفاده از لوله می باشد. ناپایداری بستر دریا یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر ایمنی تأسیسات دریایی نظیر خطوط لوله می باشد و یکی از پارامترهای تأثیرگذار بر طراحی خطوط لوله مدفون می باشد. عمل موج باعث تغییر مکان خاک شده و تنش هایی را در فصل مشترک خاک - لوله ایجاد می نماید. افزایش فشار آب حفره ای در سطح لوله، باعث ناپایدار شدن خاک اطراف لوله شده و در نهایت منجر به روانگرایی خواهد شد، که یکی از مدل های معمول خرابی خطوط لوله محسوب می شود. هدف این تحقیق، ارزیابی عددی فشار حفره ای ناشی از امواج در اطراف لوله های مدفون در بستر دریا می باشد و در این راستا لوله و خاک اطراف آن، با نرم افزار مناسب مدل سازی و تحلیل گردید. بر اساس نتایج ارائه شده، مشاهده می گردد که مدل سازی عددی انجام شده توسط نرم افزار، همخوانی بسیار خوبی با نتایج تئوری پتانسیل فشار برای در نظر گرفتن توزیع فشار آب حفره ای جهت بررسی پایداری لوله های مدفون در بستر دریا دارد. بر این اساس می توان در تحقیقات بعدی، روش استفاده شده در مدل سازی عددی حاضر را برای حالت های سه بعدی توسعه داده و بنابراین ارزیابی قابل اعتمادی برای پایداری لوله های مدفون بستر دریا ارائه داد.

**کلمات کلیدی: امواج، لوله مدفون، بستر دریا، فشار حفره ای، اندرکنش خاک و لوله**

### ۱. مقدمه

مسأله وجود لوله به صورت مدفون در بستر دریا، در حقیقت مسأله اندرکنش خاک - آب - سازه می باشد که لوله به صورت یک جسم صلب در داخل یک بستر الاستیک و متخلخل و نیمه بی نهایت در نظر گرفته می شود. برای این مسأله که دارای هندسه پیچیده می باشد، حل معادلات دیفرانسیل پاره ای به صورت هم بسته بسیار مشکل است؛ به همین دلیل استفاده از تکنیک عددی راه حل مرسوم در تحقیقات گذشته بوده است.

پاسخ بستر دریا به امواج، در واقع ترکیبی است از اثرات مکانیکی دوفاز مختلف متشکله آن یعنی جامد(خاک) و مایع(آب). هنگامی که امواج دریا از روی یک بستر متخلخل عبور می کنند، فشار در هر نقطه در فضای حفرات خاک بدلیل بارگذاری دوره ای موج در سطح، بصورت ثابتی به نوسان در خواهد آمد. در همان زمان، اسکلت خاک هم دچار تغییر شکل می شود. عمل موج باعث تغییر مکان خاک شده و تنش هایی را در فصل مشترک خاک - لوله ایجاد می نماید. افزایش فشار آب حفره ای در سطح لوله، باعث ناپایدار شدن خاک اطراف لوله شده و در نهایت منجر به روانگرایی خواهد شد، که یکی از مدل های معمول خرابی خطوط لوله محسوب می شود.

در اثر بارگذاری امواج، هم فشارهای حفره ای گذرا و هم فشارهای حفره ای ماندگار در بستر دریا ایجاد می شوند. فشارهای حفره ای گذرا از پاسخ ترکیبی اسکلت خاک و آب حفره ای به بارهای موج ایجاد می شوند. فشارهای حفره ای ماندگار توسط تنش های برشی دوره ای ایجاد می شوند که این تنش ها توسط فشارهای دینامیکی موج تولید شده و بطور هارمونیکی در بازه زمان و مکان تغییر می نمایند.

تنش های ایجاد شده در بستر دریا را می توان با بکارگیری بارگذاری با تغییرات سینوسی بر سطح بستر از منهای بینهایت تا به اضافه بی نهایت مورد تحلیل قرار داد. چنانچه رسوب بستر دریا به عنوان مصالحی کشسان، نیمه بی نهایت و همگن در نظر گرفته شوند، می توان این تنش ها را از راه حل کلاسیک بوسینسک برای بارگذاری سطحی کرنش صفحه ای دو بعدی تعیین نمود. در شرایطی به غیر از توده کشسان، نیمه بی نهایت و همگن، می توان به سادگی از روش اجزاء محدود استفاده کرد.