

کمانش تیرهای بتنی تقویت شده با نانولوله کربنی واقع در بستر خاک

محسن عقابی^۱، هادی حسینی^{۲*}، فرهاد مرادی^۳

۱- گروه مهندسی عمران، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران، آدری رایانامه (mohsenaghahi@gmail.com)

۲- گروه مهندسی عمران، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران، آدری رایانامه (hadihoseini95@gmail.com)

۳- گروه مهندسی عمران، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران، آدری رایانامه (farhad.m5960@gmail.com)

چکیده

در این تحقیق، کمانش غیر خطی یک تیر بتنی تقویت شده با نانولوله های کربنی در واقع در خاک با استفاده از روش تفاضلات مربعی مورد بررسی قرار گرفته است. خاک با فنرهای عمودی وینکلر و برشی پاسترناک مدل شده است. برای مدل سازی و تعیین ویژگی های مکانیکی معادل کامپوزیت تقویت شده با نانو لوله کربنی، از مدل موری-تاناکا استفاده شده است. این سازه با مدل تیر تیموشنکو مورد تحلیل قرار گرفته است. با استفاده از معادلات کرنش-جابجایی غیر خطی، تنش-کرنش، معادلات انرژی بدست آمده و با استفاده از روش همیلتون یا کار مجازی معادلات حاکم استخراج شده است. هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثرات پارامترهای هندسی تیر، محیط خاک و درصد حجمی نانولوله کربنی روی بار کمانشی می باشد. نتایج نشان می دهد که افزایش درصد حجمی نانو لوله کربنی باعث افزایش بار کمانشی سازه می شود.

واژه های کلیدی: کمانش، تیر بتنی، روش عددی DQM، خاک.

۱- مقدمه

مسئله کمانش و تعیین بار بحرانی کمانش سازه ها، سال هاست که ذهن بسیاری از پژوهشگران را معطوف خود ساخته و تعیین بار بحرانی، اساس بسیاری از پژوهش ها قرار گرفته است لذا به منظور کم کردن خطاهای ناشی از محاسبات، تئوری های گوناگونی ارائه شده اند. استکانچی و وزیری کمانش یک پوسته استوانه ای ترک دار تحت بار ترکیبی را بررسی نموده اند [۱]. مائو و لو به تحلیل کمانش یک پوسته استوانه ای چند لایه تحت نیروی پیچشی پرداخته اند [۲].

در سال های اخیر مطالعات تئوری و آزمایشگاهی روی کامپوزیت های تقویت شده با نانو لوله های کربنی مورد استفاده صنایع مختلف [۳ و ۴] به یک موضوع مهم و جدید برای مهندسان تبدیل شده است. دلیل این امر خواص ویژه و منحصر به فرد این نوع کامپوزیت ها در مقایسه با کامپوزیت های سنتی و کامپوزیت های تقویت شده با کربن می باشد. به دلیل جدید بودن این موضوع، تنها تعداد محدودی پژوهش در زمینه نانو کامپوزیت های تحت بار مکانیکی در پایگاه های علمی گزارش شده است. ویت و آدالی [۵] به این نتیجه رسیدند که وجود نانو لوله های کربنی به عنوان فاز تقویت می تواند پایداری و سفتی سیستم را افزایش دهد. فورمیکا [۶] ارتعاشات ورق های تقویت شده با نانو لوله های کربنی را مورد بررسی قرار دادند و برای معادلسازی خواص معادل کامپوزیت از مدل موری-تاناکا استفاده نمودند. برای محاسبه خواص معادل کامپوزیت، تان و وانگ [۷] مدل میکرو-مکانیکال را ارائه کردند. ارتعاشات آزاد پوسته استوانه ای کامپوزیتی حاوی جریان سیال توسط کادولی و