

## بررسی آزمایشگاهی خصوصیات ژئوتکنیکی خاک رس تثبیت شده با نانو ذرات

فیروزه پورواحدی<sup>۱</sup>، آرش پورا احمدی<sup>۲</sup>، مهیار عربانی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران، گرایش خاک و پی، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران، گرایش خاک و پی، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

۳- استاد گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

[firoozeh.poorvahedi@gmail.com](mailto:firoozeh.poorvahedi@gmail.com)

### خلاصه

تثبیت خاک ها یکی از روش های متداول در بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی آن ها می باشد. از دیرباز بدین منظور از موادی نظیر سیمان، قیر، آهک و ... استفاده می کردند. نانو ذرات از جدیدترین افزودنی هایی می باشند که مطالعاتی در زمینه استفاده از این ذرات در بهبود خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک ها صورت پذیرفته است. در این پژوهش اثر نانو رس مونت مریلونیت اصلاح شده  $Na^+$  بر خواص مهندسی خاک رس مورد مطالعه قرار گرفته است. ابتدا از آسیاب تویی<sup>۱</sup> برای پراکندن نانو ذرات در توده خاک و آماده سازی نمونه ها استفاده شد. درصد های استفاده شده نانو رس شامل ۱/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزن خشک خاک در نمونه ها بود و تغییرات حاصل شده ی ناشی از افزایش نانو رس در خاک رس مورد بررسی قرار گرفت. به منظور دستیابی به رطوبت بهینه و وزن مخصوص بیشینه، آزمایش تراکم بر روی خاک مورد مطالعه انجام گرفت و سپس آزمایش های حدود اتربرگ، تک محوری و نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) در درصد رطوبت بهینه صورت پذیرفت. آزمایش ها در دو حالت استفاده و عدم استفاده از نانو رس انجام گرفتند. نتایج نشان می دهد که با افزایش نانو رس حد روانی و خمیری خاک افزایش می یابد. همچنین در آزمایش های تک محوری و CBR بیشترین مقاومت خاک را با افزودن ۱/۵ درصد نانو رس شاهد هستیم. به طور کلی آزمایش ها بیانگر بهبود خواص خاک با افزایش درصد کمی از نانو رس می باشند.

کلمات کلیدی: تثبیت، نانو ذرات، مونت مریلونیت، حدود اتربرگ

### ۱. مقدمه

وجود بستر مقاوم یکی از اصول اولیه ساخت در عملیات عمرانی می باشد. خاک، اساس یک سازه است که بارها را به طور مؤثر توزیع می کند و اگر استحکام و پایداری خاک کافی نباشد، در سازه تحت اثر بارهای وارده نشست و ترک و گسیختگی رخ می دهد. خاک های رسی بیشتر در معرض این مسئله هستند. یکی از روش های حل مشکل ضعیف بودن زمین، تثبیت خاک می باشد. بهسازی و تثبیت خاک دارای چند هدف اصلی همچون افزایش ظرفیت باربری، کنترل تغییر شکل و افزایش سرعت تحکیم، تأمین پایداری جانبی، کنترل تراوش، افزایش مقاومت در برابر روانگرایی، کاهش نفوذپذیری و ... می باشد.

یکی از روش های بهبود خصوصیات خاک اصلاح آن با استفاده از مواد افزودنی است. در گذشته افزودنی های متداول همچون سیمان، آهک، قیر، خاکستر بادی، مواد پلیمری و ... در مطالعات سایر پژوهشگران مورد مطالعه قرار گرفته است [۱-۴]. در کنار این مواد، نانو ذرات که دارای ویژگی های منحصر بفردی هستند، در مهندسی ژئوتکنیک کمتر مورد توجه قرار گرفته اند.

نانو ذره به ذره ای اطلاق می شود که حداقل یک بعد در مقیاس نانو داشته باشد. ذرات با اندازه نانومتر در مقایسه با ذرات با اندازه بزرگتر، رفتارهای بسیار متفاوت با خصوصیات ارتقاء یافته از خود نشان می دهند. نانو ذرات به دلیل داشتن خصوصیات همچون مساحت سطح ویژه بالا، بارهای

<sup>1</sup> Ball Mill