

## بررسی تاثیر افزودن نانو سیلیس بر روی خواص ژئوتکنیکی خاک رسی

محرم مجدی<sup>۱</sup>، علی ارومیه ای<sup>۲</sup>، محمدرضانی‌کودل<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲- استاد گروه زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳- استادیار گروه زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

Moharram.majdi@modares.ac.ir

### خلاصه

در این مطالعه به بررسی تاثیر افزودن نانوذرات سیلیس بر روی ویژگیهای ژئوتکنیکی خاک رسی پرداخته شده است. جهت تهیه نانسیلیس از روش مکانیکی آسیاب گلوله ای استفاده شده است و پودر اولیه سیلیس به مدت ۱۰ ساعت در دستگاه Planetary Ball Mill خرد شده و به مقیاس نانومتر (کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر) در آمده است که تصاویر تهیه شده توسط FESEM از نانوذرات موید این مطلب است. سپس نانوذرات به دست آمده با نسبتهای متفاوتی از وزن خاک با خاک رسی (CL) ترکیب شده و میزان تغییر پارامترهای ژئوتکنیکی قبل و بعد از اضافه کردن نانو ذرات، توسط آزمایشهای تراکم، برش مستقیم و کاساگرانده مورد تحقیق قرار گرفت و میزان بهینه افزودن نانوذرات به دست آمد. نتایج نشان داد که حدود روانی و خمیری خاک رسی با افزایش میزان نانوذرات به ترکیب خاک افزایش می‌یابد ولی از آنجائیکه آهنگ افزایش حد خمیری نسبت به حد روانی بیشتر است، شاخص خمیری کاهش می‌یابد که نتیجه‌ای مطلوب در مهندسی ژئوتکنیک جهت اجرای پروژه های عمرانی است. همچنین با توجه به نتایج آزمایش تراکم، وزن واحد حجم خاک رسی تا حد خاصی از افزودن نانو سیلیس افزایش می‌یابد و بعد از آن حد دچار کاهش می‌شود. میزان چسبندگی خاک رسی نیز با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش برش مستقیم تا افزودن حد مشخصی از نانوذرات افزایش یافته و بعد از آن حد تغییر چندانی نمی‌کند. آزمایشهای XRD و XRF نشان دادند که ترکیب شیمیایی نانوذرات حاصل از روش آسیاب گلوله‌ای مشابه ترکیب شیمیایی پودر مادر است و تغییری نمی‌یابد.

کلمات کلیدی: نانو سیلیس، بهسازی خاک، آسیاب گلوله‌ای، ژئوتکنیک

### مقدمه

نانو تکنولوژی شامل تولید و کاربرد فیزیکی، شیمیایی و زیستی سیستم‌ها در مقیاس محدوده‌ای از تک اتم یا مولکول تا سطح زیر میکرون مانند جمع-شدگی نانو ساختارها با سیستم‌های بزرگتر می‌باشد. نانو مواد به عنوان موادی تعریف می‌شوند که میکرو ساختارهایی هستند که حداقل یک بعد آنها در مقیاس نانومتر است. در مقیاس نانو، خصوصیات الکترونیکی، مغناطیسی، اپتیکی و شیمیایی تغییر می‌یابد که این امر در مقیاس ماکرو نمی‌تواند وجود داشته باشد. مشخصه اصلی نانو ذرات، اندازه کوچک، توزیع دانه بندی با یک سطح پایین آگلومراته شدن و قابلیت پخش بالاست. این ویژگیهای منحصر به فرد نانوذرات سب شده است که فناوری نانو در عمده علوم وارد شده و بساری از مشکلات مربوطه را حل نماید. خوشبختانه علم مهندسی ژئوتکنیک نیز از این قاعده مستثنی نمانده و در سالهای اخیر تلاشهای فراوانی جهت کاربرد این فن آوری نوین در شاخه‌های مختلف ژئوتکنیک شده است. اغلب نانو موادی که برای تغییر خصوصیات ژئوتکنیکی خاکها استفاده شده است نانو ذرات سیلیس است که بر روی خصوصیات تحکیم، شاخص نفوذپذیری و پارامترهای مقاومتی خاک تاثیر می‌گذارد. در سال ۲۰۰۵، نانو ذرات سیلیس توسط گالاگر برای افزایش چسبندگی خاکها و کاهش

۱- دانشجوی دکتری زمین شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس

۲- استاد گروه زمین شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس