



## تأثیر اضافه نمودن نانو ذرات رس بر درصد تخلخل خاک رس

رضا کامگار

استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران  
kamgar@sku.ac.ir

هیثم حیدرزاده

استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران  
Heidarzadeh@sku.ac.ir

فاطمه رحیمی

دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی عمران دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران  
Fatimarhm8@gmail.com

مهدی کریمیان

کارشناس آزمایشگاه گروه مهندسی عمران دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران  
karimian.m.eng@gmail.com

### چکیده

اصلاح و بهسازی خاکها جایگاه ویژه‌ای را در میان پروژه‌های عمرانی از جهت بهبود خصوصیات مکانیکی خاک دارا است. از این رو، در این مقاله بررسی تأثیر اضافه نمودن مقادیر مختلف نانو ذرات رس بر درصد تخلخل خاک بررسی می‌شود. همچنین رابطه‌ی مابین درصد رطوبت خاک و درصد تخلخل آن به کمک تحقیقات آزمایشگاهی بررسی می‌شود. به منظور بررسی رابطه‌ی درصد نانو رس افزوده شده و درصد تخلخل و هم چنین درصد تخلخل و درصد رطوبت، آزمایش اندازه‌گیری وزن مخصوص ویژه ذرات جامد خاک بر روی خاک رس با افزودن درصد‌های مختلف نانو رس انجام شد. نتایج آزمایش‌ها حاکی از نقش بسیار مهم نانو رس بر تغییرات درصد تخلخل خاک دارد. در تحقیق حاضر با انجام آزمایش‌های متعدد نشان داده شده است که افزودن نانو رس به خاک رس باعث کاهش درصد تخلخل می‌شود. همچنین با برآزش‌های انجام شده، رابطه‌ی جهت پیش بینی میزان تخلخل خاک بر اساس درصد نانو رس اضافه شده ارائه می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** خاک رس، نانو رس، درصد تخلخل، درصد رطوبت، خواص خمیری

### ۱. مقدمه

با توجه به گسترش بسیار زیاد خاک‌های مسئله‌دار در ایران، اصلاح و بهسازی این قبیل خاک‌ها به‌عنوان امری اجتناب‌ناپذیر نقش بسیار مهمی در پروژه‌های عمرانی دارد. با توجه به پیشرفت علم نانو تکنولوژی در مهندسی ژئوتکنیک، طبرسا به بررسی تأثیر اضافه کردن نانو رس روی رفتار ژئوتکنیکی خاک‌های ریزدانه نرم پرداخته است و در نتیجه این تحقیقات دریافت که افزودن نانو رس به خاک، شاخص خمیری نمونه‌ها، مقاومت فشاری ماکزیمم و درصد رطوبت بهینه را افزایش می‌دهد و سبب کاهش وزن مخصوص خشک ماکزیمم نمونه‌ها و پتانسیل رمبندگی خاک‌های بررسی شده، می‌شود [۱].

خاک رس به خاکی اطلاق می‌شود که علاوه برداشتن ذرات ریز، دارای کانی‌های رسی نیز باشد. بسته به کانی‌های موجود در خاک‌های رسی رفتار آن‌ها متفاوت خواهد بود. پژوهش‌های متعددی در زمینه تأثیر کانی‌های موجود در خاک‌های رسی بر ویژگی‌های مختلف آن‌ها انجام شده است مانند بررسی‌های انجام شده توسط گرابوسکا در مورد مدل‌سازی خواص فیزیکی خاک رس کائولونیت به همراه نانو رس مونتموریلونیت است که نتایج آزمایش‌های انجام شده حاکی از افزایش مقاومت فشاری با