Archive of SID

دومین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
کرمانشاه، ۹ و ۱۰ مهر ماه ۱۳۹۳

بررسی اثر دانه‌بندی بر روی تراوائی مخلوط‌های ماسه و رس

سید حسین اصلمند[۱]، پریچهر تیزپا[۲]، رضا جمشیدی چناری[۳]، مهران کریمپورفرد[٤]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران خاک و پی، رشت، پردیس بین الملل دانشگاه گیلان
۲- کارشناسی ارشد مهندسی عمران خاک و پی، رشت، دانشگاه گیلان
۳ ، ٤ - استادیار دانشگاه گیلان، دانشکده فنی، رشت، گیلان

Parichehrt88@yahoo.com

خلاصه

هدف تحقیق حاضر بررسی ضریب نفوذپذیری خاک‌هایی با دانه‌بندی متفاوت و ارزیابی اثر اندازهٔ ذرات بر روی میزان نفوذپذیری خاک می‌باشد. در این راستا، تعدادی آزمایش تعیین ضریب نفوذپذیری در آزمایشگاه مکانیک خاک دانشگاه گیلان توسط دستگاهی که بدین منظور ساخته شده، صورت گرفته است. به منظور بررسی اثر دانه‌بندی بر روی میزان نفوذپذیری خاک، آزمایش‌ها بر روی ۵ نوع خاک تهیه شده به روش مصنوعی با درصد ریزدانهٔ ٪۷۵، ٪۶۰، ٪۴۵، ٪۳۰ و ٪۱۵ انجام شده است. در تحقیق حاضر، نمونه‌ها به دو روش پروکتور استاندارد و پروکتور اصلاح شده متراکم شده‌اند و سپس آزمایش نفوذپذیری بر روی نمونه‌ها انجام شده است. نتایج به دست آمده از آزمایشات صورت گرفته بیانگر این است که با افزایش درصد ریزدانه و هم‌چنین افزایش حد روانی و حد خمیری خاک، ضریب نفوذپذیری کاهش می‌یابد. از سوی دیگر مشاهده می‌شود که با افزایش حداکثر وزن مخصوص خشک، میزان تراوایی افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: ضریب نفوذپذیری، دانه‌بندی، پروکتور استاندارد، پروکتور اصلاح شده

۱. مقدمه

تعیین مشخصات و پارامترهای ژئوتکنیکی خاکها همواره گام اول در کلیه طراحیها و ساخت و سازها در مهندسی عمران می باشد. سطح دقت در این ارزیابی‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است چرا که می تواند مسائل اقتصادی را به شدت تحت تاثیر قرار دهد. ضریب نفوذپذیری خاک از جمله خصوصیات مهم ژئوتکنیکی می‌باشد، که ارزیابی آن‌ها در مراحل ابتدایی بسیاری از پروژه‌های مهندسی عمران مورد توجه است. ضریب نفوذپذیری خاک‌ها به عوامل متعددی از جمله: ویسکوزیتهٔ سیال، اندازه و توزیع اندازهٔ حفرات، دانه بندی، نسبت تخلخل، زبری سطح دانه‌ها و درجهٔ اشباع خاک بستگی دارد. در خاک‌های رس‌دار، ساختار خاک تأثیر مهمی در ضریب نفوذپذیری نفوذپذیری دارد. سایر عوامل مهم که در نفوذپذیری رس‌ها مؤثرند، عبارتند از: تمرکز یونی و ضخامت لایهٔ آبی که در اطراف ذرات رسی نگه داشته شده است.

همان‌گونه که انتظار می‌رود، عوامل و پارامترهای بسیاری بر قابلیت تراوایی یک خاک تأثیرگذار است که در این میان تأثیر اندازهٔ ذرات خاک قابل توجه‌تر است. از این‌رو مطالعات بسیاری در زمینهٔ ارزیابی ضریب نفوذپذیری خاک‌هایی با دانه‌بندی متفاوت صورت گرفته است. بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط Benson *et al.*, (1994) خاک‌های خوب دانه‌بندی شده و ریزدانه ضریب نفوذپذیری کمی دارند. تحقیقات صورت گرفته توسط Daniel (1987) نیز این مطلب را تأیید می‌کند. آن‌ها در مطالعات خود دریافتند که افزایش صفر تا ۸ درصد بنتونیت به ماسه، ضریب نفوذپذیری آن را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. هم‌چنین به ازای مقادیر بیشتر از ۸٪ بنتونیت، ضریب نفوذپذیری بسیار کم است و خاک ماسه‌ای عملاً رفتاری شبیه به رس خواهد داشت. در ادامه Benson *et al.*, (1994) با مطالعهٔ ۶۷ مورد داده به بررسی رابطه بین اندازهٔ ذرات و حدود اتربرگ و میزان نفوذپذیری خاک پرداخت. نتایج بیانگر ای امر می‌باشد که با افزایش نشانه خمیری و حد روانی، ضریب نفوذپذیری کاهش می‌یابد. در تحقیق دیگری، Mitchell et al. (1965) نشان داد که ضریب نفوذپذیری رس‌های متراکم شدیداً به انرژی تراکمی و درصد رطوبت خاک بستگی دارد و

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش درصد رطوبت و انرژی تراکم سبب کاهش ضریب نفوذپذیری می‌شود. نتایج مشابه در مطالعات Lambe (1954)، Benson and Daniel (1990) مشاهده می‌شود.

در تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر دانه‌بندی بر روی ضریب نفوذپذیری مخلوط های ماسه و رس، آزمایش‌هایی جهت تعیین ضریب نفوذپذیری ۵ نوع خاک تهیه شده به روش مصنوعی صورت گرفته است.

۲. دستگاه مورد استفاده

دستگاه مورد استفاده در تحقیق حاضر که به منظور تعیین ضریب نفوذپذیری نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است شامل یک مخزن اصلی به منظور ثابت نگه داشتن هد آب ، شیرهای تنظیم دبی آب، فشار سنج، سل‌های نمونه سازی، بشرهای مدرج و محفظه فایبر گلاس جهت قرار گیری سل‌های بر روی آن می باشد.

در وسط سل‌ها و در بالا و پایین سوراخی به قطر ۳ میلیمتر تعبیه شده که به دو لوله منتهی میشود. لوله‌ای که در قسمت تحتانی سل‌ها قرار گرفته است به منظور ورود مایع به داخل نمونه می باشد و لوله‌ای که در قسمت فوقانی سل قرار گرفته است برای خارج کردن مایع نفوذکننده پس از اشباع شدن نمونه در نظر گرفته شده است.

قسمت اصلی قالب یک استوانه به قطر ۱۰ و ارتفاع ۱۷ سانتیمتر می باشد که بر روی زیر قالب قرار میگیرد. جنس این بدنه از آلومینیوم و صلب بوده که این امکان را فراهم می کند نمونه خاک در همین قالب کوبیده شود و مشکلات مربوط به استفاده از بدنه های منعطف به وجود نیاید. در قسمت فوقانی و تحتانی سل‌ها از یک لایه فیلتر ۲ سانتیمتری از جنس شن و ژئوسنتتیک استفاده شده است. همچنین در طرفین سل از دو درپوش فلزی استفاده شده است که لوله‌های انتقال مایع از وسط آن‌ها عبور می‌کند. جداره داخلی سل‌ها متشکل از ۱۲ شیار به ارتفاع ۵ و عمق ۱ میلیمتر می باشد. شیارهای موجود در سل به منظور افزایش اصطکاک نمونه با دیواره‌های داخلی سل می باشد. شمای کلی دستگاه و محفظه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.

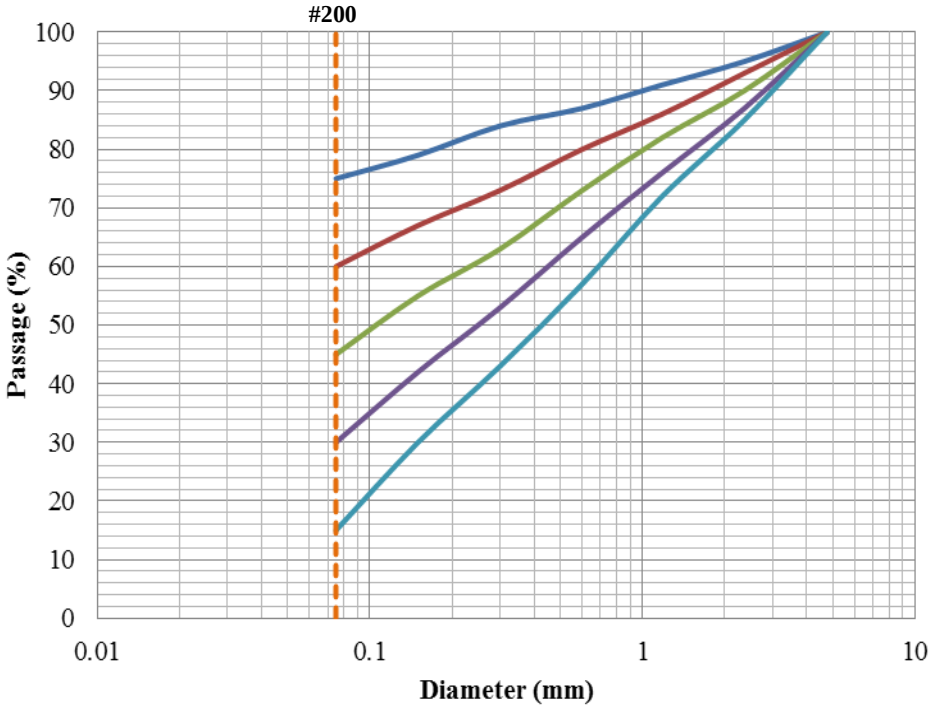
شکل ۱ شمای کلی دستگاه و سل‌های آزمایش و نحوهٔ قرارگیری لوله های ورودی و خروجی

www.SID.ir

Archive of SID

۳. مطالعات آزمایشگاهی

در پژوهش حاضر آزمایش‌های متعددی به منظور تعیین ضریب نفوذپذیری خاک‌هایی با دانه‌بندی مصنوعی مختلف صورت گرفته است. در این راستا، ۵ نمونه خاک مصنوعی تهیه و مشخصات فیزیکی آن به دست آمده است و سپس آزمایش تعیین ضریب نفوذپذیری با استفاده از دستگاهی که بدین منظور ساخته شده است، بر روی آن‌ها صورت گرفته است. به منظور ساخت نمونه خاک‌های مصنوعی با دانه بندی از پیش تعیین شده حدود ۳۰ کیلوگرم از خاک را با استفاده از اون خشک کرده و بر روی تعدادی الک با شماره‌های ۴، ۸، ۱۶، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ قرار می دهیم. نمونه‌های خاک بر روی میز لرزاننده قرار گرفته و به مدت ۱۲ دقیقه تحت ارتعاش قرار گرفته اند. در نهایت به منظور تهیه ۵ نوع خاک مصنوعی با ابعاد مختلف دانه بندی خاک‌های باقی مانده روی الک‌های زیر را با نسبت مشخصی که از قبل مشخص شده است با هم ترکیب می کنیم. بدین ترتیب ۵ نمونه خاک با درصد ذرات ریزدانهٔ ۷۵، ۶۰، ۴۵، ۳۰ و ۱۵ به دست می‌آید که منحنی دانه بندی خاک‌های مذکور را به منظور درک بهتر دانه بندی خاک در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ منحنی دانه بندی خاک های مورد استفاده

به منظور آماده‌سازی نمونه‌ها جهت انجام آزمایش‌های تعیین ضریب نفوذپذیری، چگالی نسبی دانه‌ها، حدود اتربرگ، درصد رطوبت بهینه و حداکثر وزن مخصوص خشک نمونه‌ها به دست آمده است که خلاصه نتایج در جدول ۱ ارائه گردیده است. لازم به ذکر است که نمونه‌ها به دو روش پروکتور استاندارد و پروکتور اصلاح شده متراکم شده‌اند و درصد رطوبت بهینهٔ آنها به منظور حصول حداکثر وزن مخصوص خشک خاک به دست آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ مشخصات فیزیکی خاک های مورد استفاده

نوع خاک	درصد عبوری از الک #200	چگالی نسبی (Gs)	حد روانی (LL)	حد خمیری (PL)	نشانهٔ خمیری (PI)
خاک نوع ۱	۷۵	۲.۷۶	۹۱	۴۱	۵۰
خاک نوع ۲	۶۰	۲.۷۲	۸۰	۳۶	۴۴
خاک نوع ۳	۴۵	۲.۷۰	۵۸	۲۹	۲۹
خاک نوع ۴	۳۰	۲.۶۷	۴۶	۲۰	۲۶
خاک نوع ۵	۱۵	۲.۶۵	۲۷	۱۶	۱۱

۴. نتایج

همان‌گونه که در بخش پیشین بیان شد، هر نمونه خاک در دو سطح انرژی استاندارد و اصلاح شده متراکم شده است و داخل سلولهایی که بدین منظور ساخته شده‌اند، در سه لایه کوبیده شده و آزمایش تعیین میزان تراوایی صورت گرفته است. مقادیر ضریب نفوذپذیری به دست آمده برای هر نوع خاک در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲ مقادیر پارامترهای تراکمی و ضریب نفوذپذیری خاک‌ها

نوع خاک	پروکتور استاندارد			پروکتور اصلاح شده		
	حداکثر وزن مخصوص خشک خاک (kN/m^3)	درصد رطوبت بهینه (%)	ضریب نفوذپذیری (cm/s)	حداکثر وزن مخصوص خشک خاک (kN/m^3)	درصد رطوبت بهینه (%)	ضریب نفوذپذیری (cm/s)
خاک نوع ۱	۱۴.۲۰	۲۹.۸۹	۳.۸×۱۰^{-۶}	۱۵.۹۸	۲۳.۴۹	۲.۵۸×۱۰^{-۸}
خاک نوع ۲	۱۵.۲۹	۲۷.۳۴	۵.۱۲×۱۰^{-۶}	۱۶.۸۹	۱۹.۷۳	۳.۱۲×۱۰^{-۸}
خاک نوع ۳	۱۷.۴۵	۱۸.۵۳	۹.۷۳×۱۰^{-۶}	۱۸.۶۹	۱۴.۶۰	۷.۸×۱۰^{-۸}
خاک نوع ۴	۱۸.۷۵	۱۵.۱۸	۱.۱۸×۱۰^{-۵}	۱۹.۴۸	۱۲.۲۷	۳.۲۳×۱۰^{-۷}
خاک نوع ۵	۲۰.۱۶	۱۰.۵۳	۳.۱×۱۰^{-۵}	۲۱.۰۴	۸.۶۷	۲.۱۱×۱۰^{-۶}

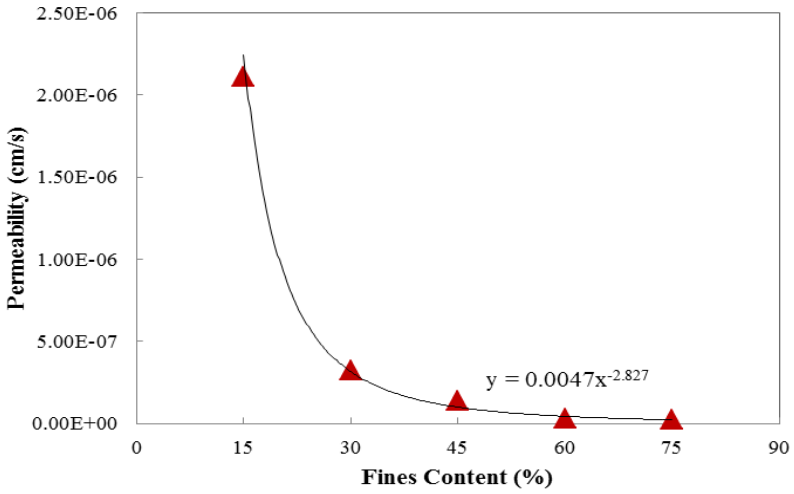
www.SID.ir

Archive of SID

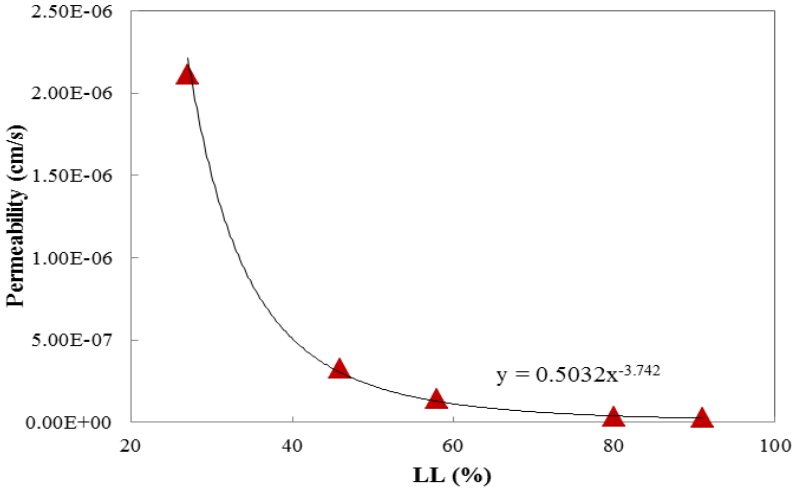
همان‌گونه که در جدول فوق به وضوح مشاهده می‌شود، انرژی تراکم تأثیر بسزایی بر روی مقادیر ضریب نفوذپذیری خاک دارد. مقایسهٔ نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که خاک‌های متراکم شده با پروکتور اصلاح شده، دارای وزن مخصوص خشک بیشتر و متعاقباً ضریب نفوذپذیری کمتر می‌باشند. تراکم خاک سبب کاهش فضای خالی بین ذرات خاک و درنتیجه کاهش تخلخل می‌شود. بدیهی است که خاک با تخلخل کمتر، ضریب نفوذپذیری کمتری خواهد داشت.

ضریب نفوذپذیری خاک‌ها به عوامل متعددی از جمله پارامترهای دانه‌بندی، حدود اتربرگ و انرژی تراکم وابسته است. گاهاً تغییر هر یک از خصوصیات ذکر شده سبب تغییرات قابل توجه میزان نفوذپذیری خاک می‌شود. از این‌رو تغییرات ضریب نفوذپذیری خاک متراکم شده به روش اصلاح شده در برابر هر یک پارامترهای یاد شده در قالب اشکال ۳ الی ۷ ارائه گردیده است.

مقایسهٔ نتایج نشان می‌دهد که خاک نوع ۱ با ٪۷۵ ریزدانه، کمترین میزان ضریب نفوذپذیری و خاک نوع ۵ با ٪۱۵ ریزدانه، بیشترین ضریب نفوذپذیری را دارند. این امر بیانگر روند کاهشی ضریب نفوذپذیری با افزایش بخش ریزدانهٔ خاک است. با افزایش سهم ریزدانهٔ خاک، از میزان تخلخل خاک کاسته می‌شود و این امر سبب می‌شود که حرکت آب در داخل خاک کندتر صورت گیرد، که این امر به منزلهٔ کاهش تراوایی می‌باشد.



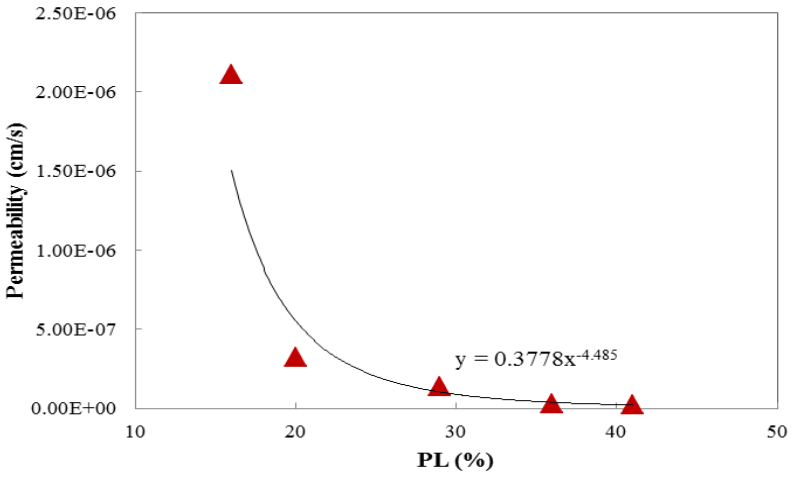
شکل۳ تغییرات ضریب نفوذپذیری در برابر درصد ریزدانه



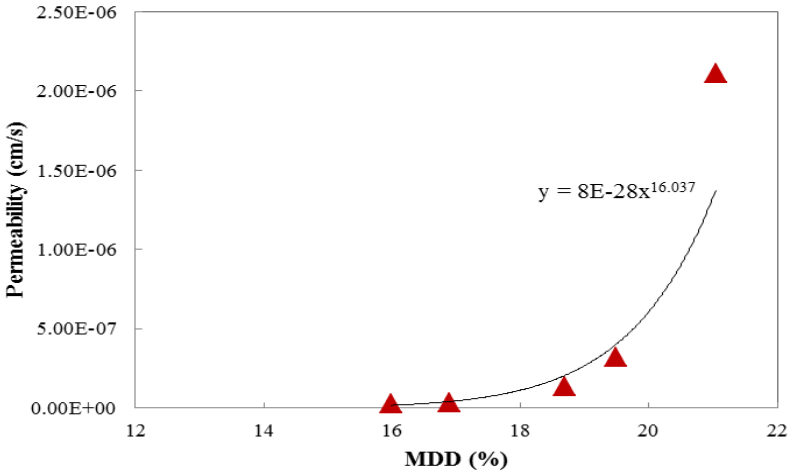
شکل ٤ تغییرات ضریب نفوذپذیری در برابر حد روانی

www.SID.ir

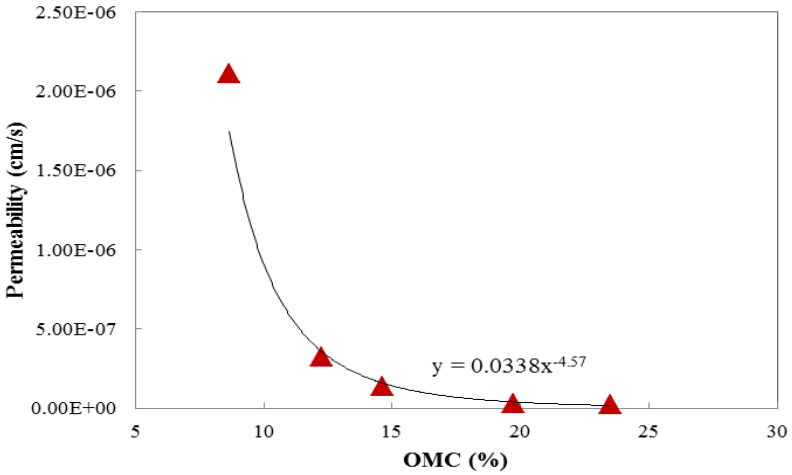
Archive of SID



شکل ۵ تغییرات ضریب نفوذپذیری در برابر حد خمیری



شکل ٦ تغییرات ضریب نفوذپذیری در برابر حداکثر وزن مخصوص خشک



شکل ۷ تغییرات ضریب نفوذپذیری در برابر درصد رطوبت بهینه

www.SID.ir

Archive of SID

از سوی دیگر، هر چه حد روانی و حد خمیری خاک افزایش می‌یابد، ضریب نفوذپذیری کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه افزایش خواص پلاستیک خاک، به منزلهٔ افزایش ریزدانه است، روند کاهشی ضریب نفوذپذیری با افزایش حدود اتربرگ مطابق انتظار می‌باشد. نکتهٔ حائز اهمیت دیگر، روند تغییرات ضریب نفوذپذیری با پارامترهای تراکمی خاک، حداکثر وزن مخصوص خشک و درصد رطوبت بهینه، می‌باشد. مقایسهٔ مقادیر به دست آمده از آزمایش در شکل ۶ نشان می‌دهد که با افزایش حداکثر وزن مخصوص خشک خاک میزان تراوایی افزایش می‌یابد. از آن‌جایی که خاک‌هایی با درصد درشت دانهٔ بیشتر، حداکثر وزن مخصوص خشک بیشتری دارند، ضریب نفوذپذیری آن‌ها نیز بیشتر می‌باشد.

هم‌چنین شکل ۷ بیانگر روند کاهشی ضریب نفوذپذیری با افزایش درصد رطوبت بهینه می‌باشد. درصد رطوبت بهینه و حداکثر وزن مخصوص خشک خاک رابطه‌ای معکوس دارند. هرچه خاک ریزدانه‌تر باشد، حداکثر وزن مخصوص خشک آن کمتر و درصد رطوبت بهینهٔ آن بیشتر می‌شود و متعاقباً قابلیت نفوذپذیری آن خاک نیز کاهش می‌یابد.

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

هدف تحقیق حاضر بررسی ضریب نفوذپذیری خاک‌هایی با دانه‌بندی متفاوت و هم‌چنین ارزیابی اثر اندازهٔ ذرات بر روی میزان نفوذپذیری خاک می‌باشد. در این راستا تعدادی آزمایش تعیین ضریب نفوذپذیری در آزمایشگاه مکانیک خاک دانشگاه گیلان توسط دستگاهی که بدین منظور ساخته شده، صورت گرفته است. به منظور بررسی اثر دانه‌بندی بر روی میزان نفوذپذیری خاک، آزمایش‌ها بر روی ۵ نوع خاک تهیه شده به روش مصنوعی انجام شده است. خاک‌های مورد استفاده از ترکیب درصدهای مختلف ذرات عبوری از هر یک از الک‌های استاندارد به دست آمده‌اند. خاک‌های مورد استفاده دارای درصد ریزدانهٔ ٪۷۵، ٪۶۰، ٪۴۵، ٪۳۰ و ٪۱۵ می‌باشند.

یکی دیگر از عواملی که تأثیر بسزایی بر ضریب نفوذپذیری خاک دارد، انرژی تراکم می‌باشد. از این‌رو در این تحقیق، نمونه‌ها به دو روش پروکتور استاندارد و پروکتور اصلاح شده متراکم شده‌اند و درصد رطوبت بهینه و حداکثر وزن مخصوص متناظر با هر تراکم به دست آمده است. سپس آزمایش نفوذپذیری بر روی نمونه‌ها انجام شده است. مقایسهٔ نتایج آزمایش‌های صورت گرفته بیانگر این است که با افزایش سهم ریزدانهٔ خاک، ضریب نفوذپذیری آن کاهش می‌یابد. از سوی دیگر افزایش حداکثر وزن مخصوص خشک سبب کاهش میزان تراوایی خاک مورد نظر می‌شود.

۶. مراجع

تیزپا، پریچهر (۱۳۹۲)، " ارزیابی مشخصات ژئوتکنیکی خاکها براساس نتایج آزمایشهای دانه بندی و حدود اتربرگ "، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان

Benson, C., and D. Daniel. 1990. Influence of clods on hydraulic conductivity of compacted clay. Journal of Geotechnical Engineering. ASCE 116: 1231-1248

Benson, C.H., Trast, J.M. 1995. Hydraulic conductivity 427 of thirteen compacted clays. Clays & ClayMiner, 43(6):669–681

Boynton, S. S. Daniel, E.D., 1985. Hydraulic Conductivity of Compacted Clay. Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 111, No. 4. pp. 465-478

Lambe, T.W., 1951. Soil Testing for Engineers. John Wiley & Sons Inc., NY.pp. 151

Mitchell, J.K., Hopper, D.R., and Campanella, R. C., 1965. Permeability of compacted clay. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 91, No. SM4.

www.SID.ir