پیش‌بینی منحنی مشخصه رطوبتی با استفاده از منحنی دانه بندی خاک

بهزاد قنبریان، عبدالمجید لیاقت، مهدی شرفا و سامان مقیمی

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشیار گروه آبیاری و آبادانی، استادیار گروه علوم خاک دانشگاه تهران، استادیار دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف.

Ghanbarian@ut.ac.ir

مقدمه

منحنی مشخصه رطوبتی خاک یکی از مهمترین ویژگی های هیدرولیکی مورد نیاز برای مدل نمودن حرکت جریان در محیط غیر اشباع خاک می باشد. از آنجائیکه اندازه گیری این مشخصه خاک امری پرهزینه و وقت گیر است نیاز به روشهای غیر مستقیم به منظور مدل نمودن آن اجتناب ناپذیر می باشد. از جمله روشهای غیرمستقیم برای تعیین منحنی مشخصه رطوبتی خاک می‌توان به مدلهای توزیع اندازه خلل‌وفرج [۱]، توابع انتقالی [۲] و روشهای معکوس اشاره نمود. تا به حال مدل های تجربی بسیاری به منظور پیش بینی این ویژگی خاک ارائه شده است [۳] که در این قبیل مدلها پارامترهای معادله معمولا از روش برازش معادله به داده های اندازه گیری و یا از روش توابع انتقالی تخمین زده می شوند[۴]. کاربردهای اخیر هندسه فرکتالی ابزاری سودمند برای توجیه فیزیکی ضرایب پارامتریک در مدلهای تجربی ارائه شده می باشد[۵] . با توجه به اینکه محیط متخلخل خاک محیطی خودمتشابه است مدلهای فرکتالی گوناگونی بر مبنای طبیعت فرکتالی ذرات جامد و خلل و فرج خاک یا هر دو ارائه شده اند[۶]. هدف اصلی از این تحقیق بررسی وجود رابطه ای میان بعد فرکتالی منحنی مشخصه رطوبتی و منحنی توزیع دانه بندی خاک می باشد. در این صورت با اندازه گیری پارامتر زودیافتی همچون منحنی دانه بندی می توان منحنی مشخصه رطوبتی خاک را پیش بینی نمود.

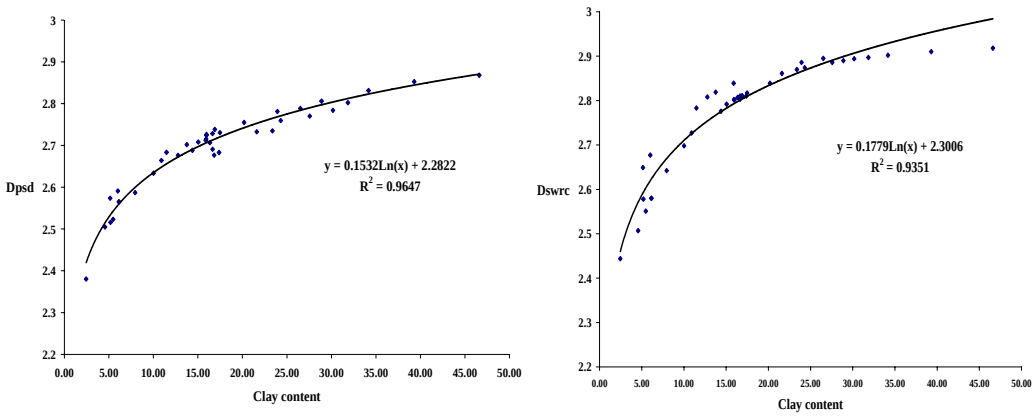
مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه شامل بخشی از منطقه طالقان و همچنین دشت کرج-آبیک با آب‌وهوای نیمه خشک و بارندگی متوسط سالانه ۲۰۰ میلیمتر می‌باشد. بطور کلی از ۷ بافت خاک، ۴۰ نمونه از عمق متوسط ۱۰ cm برداشت گردید. منحنی دانه بندی برای ذرات بزرگتر از ۰/۰۷۵ میلیمتر با استفاده از سری الک هایی با اندازه ۱ ،۰/۵ ، ۰/۲۵ و۰/۱۰۶ میلیمتر و برای ذرات کوچکتر از ۰/۰۷۵ میلیمتر از آزمایش هیدرومتری تعیین گردید. در آزمایشگاه مقدار رطوبت خاک در مکش های kPa ۱۰،۱۵،۳۳،۱۰۰،۳۰۰،۵۰۰،۱۰۰۰،۱۵۰۰ اندازه‌گیری شد. در این مطالعه جهت بررسی بعد فرکتالی منحنی مشخصه رطوبتی از رابطه ارائه شده توسط زو (۲۰۰۴) استفاده گردید. در این رابطه علاوه بر بعد فرکتالی که از روش بهینه سازی حداقل مربعات بدست می آید، پتانسیل مکش در نقطه ورود هوا و مقدار رطوبت جدانشدنی خاک نیز از پارامترهای مجهول بوده که مستقیما از روی منحنی مشخصه رطوبتی خاک قابل اندازه گیری می باشند.

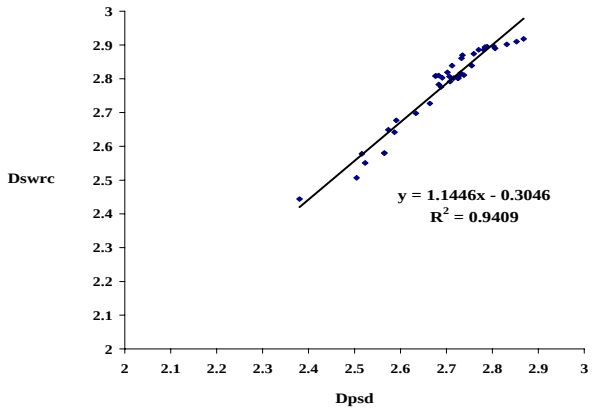
$$\frac{\theta-\theta_r}{\theta_s-\theta_r}=\left(\frac{\psi}{\psi_e}\right)^{D-3} \qquad (۱)$$

اندازه‌گیری θ_s به راحتی در عمل امکان‌پذیر بوده اما محاسبه θ_r منوط به استفاده از منحنی مشخصه رطوبتی خاک و یا جداول موجود برای بافت‌های مختلف خاک می‌باشد. بعد فرکتالی منحنی دانه بندی ذرات خاک برای ۴۰ نمونه خاک با استفاده از رابطه تیلر و ویت‌کرافت (۱۹۹۲) که بر مبنای مقدار تجمعی جرم ذرات مطرح شده بود محاسبه گردید.

$$[M \le l] \propto l^{3-D} \qquad (۲)$$



شکل ۱- ارتباط بین بعد فرکتالی منحنی مشخصه رطوبتی و منحنی دانه بندی با درصد رس خاک



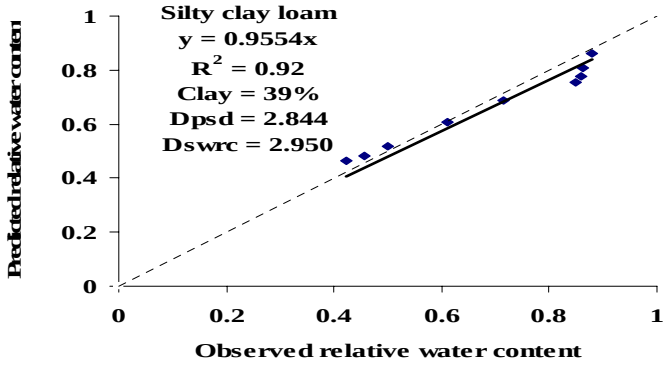
شکل ۲- ارتباط بین بعد فرکتالی منحنی مشخصه رطوبتی و منحنی دانه بندی خاک

نتایج و بحث

به منظور بررسی دقت رابطه ارائه شده بین دو پارامتر D_{swrc} و D_{psd} ، برای ۵ بافت مختلف جمع آوری شده در استان فارس، بعد فرکتالی منحنی دانه بندی از روش تیلر و ویت کرافت تخمین زده شد. سپس با محاسبه بعد فرکتالی منحنی مشخصه رطوبتی از رابطه زیر ، منحنی مشخصه رطوبتی خاک در مکش های مختلف پیش بینی گردید.

$$D_{swrc} = 1.1446 D_{psd} - 0.3046 \qquad (۳)$$

نتایج نشان داد که پیش بینی ها برای خاکهای ریزدانه مانند لوم سیلتی و لوم رسی سیلتی که درصد رس بیشتری دارند دارای دقت بالاتری نسبت به خاکهای درشت دانه مانند لوم شنی و شنی لومی می باشد.



شکل (۳) مقادیر رطوبتی پیش بینی شده توسط رابطه (۳) نسبت به مقادیر اندازه گیری شده برای بافت خاک لوم رسی سیلتی

با توجه به اینکه منحنی مشخصه رطوبتی خاک از پارامتر های هیدرولیکی ضروری در مطالعات آب و خاک بوده

و در عین حال اندازه گیری آن بسیار وقت گیر و پر هزینه می باشد لازم است تا پارامترهای مربوط به مدل فرکتالی همچون بعد فرکتالی منحنی مشخصه رطوبتی و مکش در نقطه ورود هوا برای خاکهای مختلف از روشی غیر مستقیم و سهل الوصول تخمین زده شوند که در این مطالعه پارامتر مکش در نقطه ورود هوا بر اساس آنچه در بانک اطلاعاتی *UNSODA* بصورت متوسطی برای بافتهای مختلف ارائه شده بود در مدل فرکتالی زو(۲۰۰۴) مورد استفاده قرار گرفت و بعد فرکتالی منحنی مشخصه رطوبتی(D_{swrc}) توسط منحنی تجمعی دانه بندی خاک تخمین زده شد. نتایج حاصله نشان می دهند که با دقت قابل قبولی می توان منحنی مشخصه رطوبتی خاک را به وسیله منحنی تجمعی دانه بندی خاک مدل نمود. در انتها یادآوری می شود رابطه (۳) که برای پیش بینی منحنی مشخصه رطویتی ارائه شده، از نمونه خاکهایی با درصد رس در محدوده ۵/۱۴ تا ۴۶/۶۱ بدست آورده شده است.

منابع

[1] van Genuchten, M. Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Am. J.44:892-898.

[2] Wosten, J. H. M., Finke, P. A. and Jansen, M. J. W. 1995. Comparison of class and continuous pedotransfer functions to generate soil hydraulic characteristics. Geoderma 66, 227– 237.

[3] Brooks, R. H. and Corey, A.T. 1964. Hydraulic properties of porous media. Colorado State University. Hydrology Paper No. 3, 27 pp.

[4] Wosten, J. H. M. and van Genuchten, M. Th. 1988. Using texture and other soil properties to predict the unsaturated soil hydraulic functions. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:1762-1770.

[5] Rieu, M. and Sposito, G. 1991. Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties: I. Theory. Soil Sci. Soc. Am. J. 55, 1231–1238.

[6] de Gennes, P. G. 1985. Partial filling of a fractal structure by a wetting fluid. In Adler, Fritzsche, H. and Ovshinsky, S. R. (eds.) Physics of Disordered Materials. Plenum Press, New York. pp. 227-241.