



آنالیز عددی تزریق آب در توده خاک‌های غیراشباع

حسام ابوالحسنی زاده^۱، محمد محسن توفیق^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش خاک و پی دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- دانشیار بخش مهندسی عمران گرایش خاک و پی دانشگاه شهید باهنر کرمان

az.hesam@gmail.com

خلاصه

جریان در خاک‌های غیر اشباع از مسایل مهم در مهندسی ژئوتکنیک و محیط زیست به شمار می رود. تاکنون معادلات مختلفی از جمله معادله ریچاردز جهت مدل کردن این پدیده ارائه شده که یافتن پاسخ مناسب برای آن‌ها منجر به مطالعه بهتر پدیده تزریق در سفره‌های زیرزمینی در توده خاک‌های غیر اشباع گردیده است. در این مقاله به آنالیز این مسئله جهت بررسی تغییرات اضافه فشار آب منفذی و تنش موثر تحت اثر نرخ‌های متفاوت تزریق روی سه نوع خاک ماسه‌ای، سیلتی و رسی پرداخته می‌شود. در این رابطه توجه ویژه‌ای به چگونگی انتخاب شرایط مرزی برای حل معادله ریچاردز شده است. با توجه به غیر خطی بودن شدید این معادله، از روش‌های عددی و با بهره‌گیری از روش اجزا محدود حل مسئله انجام گرفته است. شرایط مرزی تحت شرایط پایدار در نظر گرفته شده، هم چنین پایداری پاسخ معادله در برابر تزریق نشان داده شده است. برای بیان متغیرهای هیدرولیکی خاک مجموعه معادلات Van Genuchten به کار گرفته شده اند. پاسخ‌های به دست آمده نشان دهنده تنش‌های مکشی زیادی در نزدیکی سطح خاک به علاوه تغییرات تنش مؤثر قابل توجه، خصوصاً در خاک‌های ماسه‌ای است.

کلمات کلیدی: تزریق، خاک غیراشباع، معادله ریچاردز، اجزا محدود

۱. مقدمه

تزریق در خاک‌های غیر اشباع یکی از مسائل مهم چالش برانگیز مهندسی ژئوتکنیک می‌باشد که مطالعات متعددی در علوم مختلفی چون مکانیک خاک، هیدرولوژی و کشاورزی را به خود معطوف ساخته است. پدیده تزریق در سفره‌های آب زیرزمینی در اثر عواملی مانند نفوذ آب‌های سطحی یا تحت جریان رو به پائین آب از طریق چاه‌های جذبی - برای مثال فاضلاب - رخ می‌دهد که نتایجی از جمله نشست ناشی از نیروی نش‌ رو به پائین را به همراه دارد. شکل ۱ چگونگی مسئله تزریق را نشان می‌دهد که در آن محدوده نزدیک به سطح خاک (ناحیه ۱) تحت اثر تزریق اشباع و یا بسیار نزدیک به اشباع است، در حالی که ناحیه ۲ علی‌رغم اتصال به سطح آب زیرزمینی هنوز اشباع نشده، سطح سفره آب بالا آمده و فشار وارده آب تحت اثر تزریق موجب نشست می‌گردد [۱]. پیش‌بینی جریان حاصل از تزریق در خاک غیر اشباع - جریان غیر اشباع - نیازمند بررسی عوامل متعددی همانند درصد رطوبت، شرایط جوی، اقلیم، تغییرات فصلی سطح آب سفره زیرزمینی، رژیم هیدرولیکی خاک (جذب رطوبت، تبخیر و جریان مربوط به آن)، نش‌ آب‌های سطحی و مویستگی در نزدیکی سطح آب زیرزمینی، متغیرهای مکانیکی خاک و ... می‌باشد. معادلات این مسئله بر پایه قانون‌های داری و بقای جرم به دست آمده اند که عمده مطالعات انجام شده بر اساس حاکمیت معادله ریچاردز صورت گرفته است. با توجه به پیچیدگی و غیر خطی بودن این معادله، پاسخ‌های تحلیلی آن با فرضیات ساده کننده و حذف برخی عوامل به دست آمده‌اند که در نظر گرفتن آن‌ها حل معادله را دشوار و ناممکن می‌سازد. به همین دلیل استفاده از روش‌های تقریبی عددی برای حل این معادله جهت دستیابی به پاسخ‌های دقیق‌تر و منطبق با واقعیت اجتناب‌ناپذیر است [۲]. با ارائه نظریه تنش مؤثر ترزاقی (۱۹۲۵)، این معادله به علت اهمیت نقشی که تنش‌ها در تحمل بارهای خارجی ایفا می‌نمایند، همواره در زمینه‌های مختلف مهندسی ژئوتکنیک مورد استفاده قرار گرفته است. این تئوری با اصلاحاتی برای خاک‌های غیر اشباع نیز به کار گرفته شده است. در عمل برای استفاده از این تئوری در خاک‌های غیر اشباع با دو مشکل روبه‌رو هستیم. اول آن که بایستی توجه داشت که فشار آب منفذی در خاک‌های غیر اشباع به سهولت حالت اشباع به دست نمی‌آید. شاید این مسئله با ابداع وسایل متفاوت اندازه‌گیری طی مطالعات انجام شده در ۲۵ سال اخیر تا حدودی مرتفع شده باشد،