



بررسی تاثیر خواص خاکهای واگرا در ایجاد ترک در کانالهای انتقال آب و نحوه کنترل آنها،

مطالعه موردی: شبکه جایزان استان خوزستان

آرش توتونچی^۱، پریا بلیغ جهرمی^۲

چکیده

آب بعنوان مهمترین سرچشمه حیات، نقش اساسی در زندگی انسان کنونی ایفا می‌کند. افزایش روز افزون جمعیت نیاز به علمی تر شدن روش‌های کشاورزی، پژوهشگران را بر آن داشته تا هر روزه راه‌حل‌های جدید جهت حفظ منابع موجود ارائه نمایند. نظر به اهمیت مسئله کاهش مصرف بی‌رویه آب، روشهای نوینی جهت حفظ منابع آب پیشنهاد شده است. یکی از این روشها، پوشش مجاری کانالها و آبراهه‌های انتقال آب بوسیله مصالح بتنی، آسفالت، فرآورده‌های پتروشیمی و غیره بوده که بمنظور افزایش کارائی شبکه‌های توزیع آب ابداع گردیده‌اند. با توجه به روند رو به رشد بکارگیری این روشها، خصوصاً کاربرد پوششهای بتنی در کشور، طبیعتاً مشکلاتی در زمان اجرا و یا در هنگام بهره‌برداری و نگهداری بوقوع پیوسته که مهمترین آنها ایجاد ترک، تخریب و شکاف در این پوششها بوده است. یکی از اساسی ترین مسائلی که در طراحی کانالهای انتقال آب وجود دارد، بررسی خاک های منطقه می باشد. در علم مهندسی ژئوتکنیک، گروهی از خاکها وجود دارند که به خاکهای مساله دار معروف هستند که یکی از معروف ترین آنها خاکهای واگرا می باشند. این خاکها تحت تاثیر شرایط محیطی خاص، ویژگیهای خاصی از خود بروز می دهند. گزارش حاضر به منظور ارائه نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه خسارات وارده ناشی از عملکرد خاکهای واگرا بر روی شبکه آبیاری جایزان در استان خوزستان می‌باشد.

کلید واژه ها: کانال، مهندسی ژئوتکنیک، خاک مساله دار، خاک واگرا

^۱ دکتری مهندسی عمران-ژئوتکنیک، هیات علمی دانشگاه آزاد مرودشت Arash_totonchi@yahoo.com

^۲ !!!!!! Z !!!!!! !!!!!! !!!!!! !!!!!!



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



مقدمه

واگرایی پدیده‌ای است که طی آن خاکهای رسی واگرا (Dispersive) در مجاورت آب، نیروی جاذبه میان ذره‌ای خود را از دست داده و یکدیگر را دفع می‌کنند. دلیل اصلی فرسایش رسها در اثر پدیده واگرایی، بیشتر شدن نیروی دافعه الکتریکی از نیروی جاذبه واندروالسی (میان ذره‌ای) در بین آنها می‌باشد.

اگر خاک رسی بتدریج خشک شود، کاتیونها بشدت جذب سطح ذرات کانیهای رسی می‌شوند و مازاد کاتیونها به صورت املاح رسوب می‌کنند. چنانچه خاک مزبور مجدداً در آب قرار داده شود، املاح ته‌نشین شده در آب حل می‌شوند و کاتیونهای جذب شده تحت اثر دو نیروی مخالف، یعنی نیروی اسمزی از یک سو و جاذبه الکتریکی ذره رس از سوی دیگر، توزیع ویژه‌ای در اطراف ذره رس می‌یابند. نحوه قرار گرفتن و توزیع کاتیونها در اطراف ذرات رسی شبیه به توزیع مولکولهای هوا در جو زمین است. نیروهای ثقلی از یک سو و توانائی دور شدن مولکولهای هوا از سطح زمین از سوی دیگر، موقعیت هر مولکول را در جو زمین مشخص می‌کنند. بدین جهت در اطراف پوشته زمین، فراوانی مولکولهای هوا زیاد و با افزایش ارتفاع از فراوانی آنها کاسته می‌شود. آنیونها برخلاف کاتیونها به علت اینکه دارای بار منفی هستند از سطوح منفی ذرات رس رانده می‌شوند. بدین لحاظ فراوانی آنیونها در نزدیکی سطوح رس به کمترین مقدار خود می‌رسد و با بیشتر شدن فاصله از این سطوح، فراوانی آنها بیشتر می‌شود. سطح ذره با بار منفی و توزیع کاتیونها در اطراف آن به لایه دوگانه موسوم است. منشاء خصوصیات خمیری خاکهای رسی وجود همین لایه در اطراف ذرات کانیهای آنها است. چنانچه برآیند نیروهای بین ذرات دافعه باشد، شکل ساختمانی خاک از نوع پراکنده (واگرا) و اگر برآیند نیروها جاذبه باشد شکل ساختمانی از نوع مجتمع (فلوکوله) خواهد بود. حساسیت ساختمان مجتمع به دست خوردگی از ساختمان پراکنده بیشتر است.

نیروهای واندروالس علاوه بر فاصله ذرات کانیهای رس، تابع جرم آنها نیز می‌باشند. اگر ذرات خاک به مقدار کافی کوچک باشد، این نیروها تحت الشعاع سایر نیروهای بین ذره‌ای قرار می‌گیرند. در این حالت، در صورت تماس خاک رس با آب بر اثر ضربات ناشی از برخورد مولکولهای آب با کانیهای رسی و در نتیجه فائق آمدن نیروهای دافعه بین ذرات بر نیروی واندروالسی، ذرات



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



رس به راحتی به در آب معلق می‌گردند. پدیده فوق خاصیت کلوئیدی نامیده شده‌و به محلول حاصل، محلول کلوئیدی گویند. خاکهای ریزدانه خاصی در طبیعت وجود دارند که به محض تماس یافتن با آب به سرعت شسته می‌شوند. این خاکها که عموماً از نوع رس هستند در صورت قرار گرفتن در معرض جریان آب، حتی اگر سرعت جریان کم باشد، به سهولت شسته و فرسایش می‌یابند. بالا بودن درصد یون سدیم با شعاع هیدراته بالا در آب منفذی موجب تشدید خاصیت واگرایی در خاکهای رسی می‌گردد. بدین ترتیب و با توجه به مطالب فوق می‌توان تفاوت خاکهای واگرا و غیر واگرا را در این دانست که در خاکهای واگرا بر اثر مجاورت با آب، نیروی جاذبه بین ذرات (نیروی واندروالس) از بین رفته و در نتیجه ذرات کلوئیدی خاک به سهولت، حتی با نیروی کم ناشی از حرکت بسیار آرام آب از یکدیگر دور می‌شوند، ولی در خاکهای رسی غیر واگرا بر اثر تماس آب با خاک، نیروی جاذبه بین ذرات از بین نرفته و برای فرسایش و شسته شدن آنها لازم است سرعت جریان آب به قدر کافی زیاد باشد.

۱- تحقیقات انجام شده قبلی در خصوص واگرایی و نقش تخریبی آن

مسئله آب شستگی در خاکهای واگرا از جمله مسائلی است که در دو دهه اخیر توجه بسیاری از محققان و مهندسان را به خود جلب کرده است و در پی تحقیقاتی که در همین دو دهه در این زمینه انجام شده نقش پدیده واگرایی در آب شستگی بسیاری از خاکریزها، سدهای خاکی و دیواره‌های کانالهای خاکی معلوم گردیده است. شناخت پدیده واگرایی، علت اصلی بسیاری از آب شستگی‌ها را که تا پیش از این مبهم مانده بود روشن ساخته است. اگر چه گزارشهایی راجع به تخریب پوشش‌های بتنی خاکها در اثر وجود خاکهای واگرا در دست است ولی عمدتاً بیشترین مسائل ناشی از این خاکها در خصوص سدهای خاکی مطرح می‌باشد. نخستین بار در سال ۱۹۳۰، میدلتون (Middleton) پدیده واگرایی را یکی از عوامل موثر در فرسایش خاکهای ریزدانه معرفی کرده و بالا بودن درصد املاح سدیم را در خاکهای واگرا یکی از مهمترین ویژگی‌های آنها دانسته است. در سالهای ۱۹۳۵ تا ۱۹۳۸، فولک (volk) نیز واگرایی خاکها را دلیل اصلی بسیاری از خرابیهای دانست که در سدهای خاکی کوچک و بندها و خاکریزها طراحی شده توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) مشاهده شده بود. در خلال سالهای ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰، تحقیقاتی



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



که عمدتاً در استرالیا و بر روی علل تخریب سدهای خاکی کوتاه انجام گرفت به شناخت بهتر رسهائی که بسهولت شسته می‌شوند (Erodible Clays) منجر گردید. در سالهای ۱۹۶۵، وود و ایکسان (Wood and Aitchison) پدیده فرسایش درونی (رگاب) را در سدهای کوتاه با در نظر گرفتن اثر نوع خاک، نسبت جذب سدیم (SAR) و میزان املاح آب موجود در خاک مورد بررسی قرار دادند. در سال ۱۹۶۹ (Ingle and Aitchison) نتایج بررسی خود را در زمینه نحوه تأثیر شیمی آب و خاک در پدیده واگرائی و همچنین تأثیر درزها و ترکها در آب شستگی‌های داخلی عرضه کردند. در خلال سالهای ۷۲-۱۹۷۱ شرارد و چندین تن از محققان دیگر، اثر پدیده فرسایش درونی را در سه دسته از سازه‌های خاکی شامل یک بند خاکی کوتاه که آنها نیز به منظور کنترل سیلاب بنا شده بودند و تعدادی سدهای مشابه دیگر بعمل آوردند.

علاوه بر این، پژوهشگران نسبت به ساخت دستگاه‌هایی جهت تعیین قابلیت واگرائی خاکهای رسی اقدام نمودند که از جمله می‌توان دستگاه آرولاناندن (Arulandan) در سال ۱۹۷۵ و دستگاه پین هول (Pinhole) در سال ۱۹۷۶ که توسط شرارد (Sherard) ساخته شد را نام برد. با ابداع دستگاه پین‌هول تحولی در چگونگی انجام آزمایشها و تحقیقات مرتبط با خاکهای واگرا بوجود آمد. در تحقیقاتی که رحیمی و دلفی بر روی خاکهای واگرا در منطقه خوزستان بعمل آوردند، ضمن اینکه روش پین هول را بعنوان بهترین روش مستقیم تعیین قابلیت واگرائی خاکها معرفی نمودند، دیگرامی جهت ارزیابی غیر مستقیم (شیمیائی) خاکهای واگرا با توجه به PH، هدایت الکتریکی عصاره اشباع (Ece) و نسبت جذب سدیم (SAR) ارائه نمودند. همچنین فرزانه و عسکری آزمایشهائی را با استفاده از روشهای مختلف بر روی نمونه‌هایی از منابع قرصه خاک سد ۱۵ خرداد جهت ارزیابی روشهای مختلف تعیین واگرائی خاکهای رسی و نقش این پدیده در قابلیت آب شکستگی خاک مورد مطالعه قرار دارند. پراکندگی و عدم تطابق روشهای مختلف آزمایش واگرائی مثال جالبی است که پیچیدگی‌های این پدیده و دشواری تعیین میزان آن را در بعضی از خاکهای ریزدانه، براساس نتایج آزمایشهای متداول بخوبی می‌نمایاند. شاید بتوان مهمترین تحقیقاتی را که در زمینه موضوع خاص این پژوهش انجام پذیرفته، مربوط به مقاله رحیمی تحت عنوان مسائل سازه‌های آبی در خاکهای شور (مطالعه موردی Ó شبکه آبیاری گتوند) دانست. براساس مطالعات انجام شده در این تحقیق ضمن اینکه یکی از مشکلات اساسی سازه‌های



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



آبی در خاکهای شور و گچی، ایجاد پدیده واگرایی به عنوان عاملی جهت ناپایداری خاک شناخته شده، وجود کاتیون سدیم و میزان نسبی آن در نمکهای موجود در خاک علت اصلی واگرایی خاکها معرفی گردیده‌اند. همچنین در این تحقیق روش تعیین کیفی واگرایی توسط دستگاه پین‌هول و تجزیه شیمیائی بعنوان دو روش مطمئن و سریع پیشنهاد گردیده است.

آب شستگی با فرسایش ذرات رس واگرا در پائین دست سازه‌های خاکی یا در محل اتصال سازه به منطقه‌ای با نفوذپذیری بالا آغاز می‌گردد و فرآیند فرسایش در داخل یا زیر سازه به سمت نواحی با بار آبی بیشتر در بالادست پیشروی می‌کند و سرانجام مسیر فرسایش یافته به صورت یک تونل یا مجرا به منبع آب متصل می‌شود. در این مرحله در صورت وجود آب کافی در منبع، آب با شدتی بسیار بیشتر از گذشته و به صورت متمرکز جریان و روند فرسایش با چنان سرعتی ادامه می‌یابد که ممکن است در مدت کوتاهی به تخریب سازه منجر گردد. این پدیده عیناً در خاکهای غیر چسبنده بسیار ریز، مانند سیلت‌ها و ماسه‌های خیلی نرم نیز مشاهده می‌شود. اما در این خاکها علت آب شستگی مکانیکی است، در حالیکه در خاکهای رسی واگرا پدیده، فیزیکی و شیمیائی می‌باشد. در سدهای خاکی و خاکریزهای در تماس با آب، آب شستگی با تمرکز جریان در ترک‌ها یا درزهای موجود در پائین دست (که ممکن است به دلیل نشست سازه و یا انقباض خاک ایجاد شده باشد) آغاز و بر اثر پیشروی این فرآیند به سمت بالا دست، مفر جدیدی برای خروج سریعتر آب بوجود می‌آید و این امر توأم با افزایش سرعت فرسایش خاک در زیر پوشش و در اثر ترک‌های ناشی از انقباض خاک، حفرات ناشی از حفاری حیوانات و یا از محل سازه‌های جنبی (مثل سازه‌های زهکش، تنظیم و یا تقسیم آب) آغاز و در نهایت گسترش آب شستگی، ضمن ایجاد خسارات فراوان، به تخریب پوشش کانال منجر می‌گردد.

علاوه بر این جریان یافتن آب باران بر روی سطح خاکریزهای ساخته شده از خاکهای واگرا نیز سبب فرسایش سطحی خاک می‌شود و بر اثر نفوذ آب باران از طریق مجاری ایجاد شده به هر دلیل و در نتیجه فرسایش توده داخلی خاک، تونلها و حفرات بزرگی در بدنه خاکریز بوجود آمده و خسارات بعدی را در پی خواهد داشت.



۲- عوامل موثر در ایجاد پدیده واگرایی

با توجه به کلیه بحثهای گذشته مهمترین عوامل موثر در ایجاد واگرایی را می توان به شرح زیر دسته بندی نمود:

۳-۱- نوع و غلظت محلول در آب منفذی

مهمترین عامل موثر بر پدیده واگرایی غلظت یون سدیم در آب منفذی خاک است. علت اصلی این مسئله یک ظرفیتی بود کاتیونهای سدیم می باشد. خاکهای حاوی املاح کلسیم و آلومینیوم، بدلیل بیشتر بودن ظرفیت این عنصر واگرا نیستند. کاتیونهای پتاسیم نیز یک ظرفیتی اند اما بدلیل کوچک بودن، در فضای میان اتمهای تشکیل دهنده کانیهای رسی وارد شده و در آن محبوس می شوند. بنابراین کاتیونهای مزبور تبادل پذیر نیستند. کاتیونهای سدیم بدلیل بزرگ بودن، نمی توانند در این فضا وارد شوند.

بدلیل یک ظرفیتی بودن یون سدیم، تعداد یونهای که برای برقراری تعادل الکتروستاتیکی جذب ذرات رس می شوند دو برابر یونهای دو ظرفیتی است و در نتیجه پتانسیل اسمزی در خاکهای حاوی املاح سدیم بیشتر می باشد. خاصیت اسمزی یکی از دلایل جدایی ذرات خاک از یکدیگر است. به عنوان مثال حالتی را در نظر می گیریم که بر اثر ترک خوردن یک خاکریز رسی، آب کانال یا باران به داخل ترکها جاری شود، در این صورت اگر غلظت یونهای موجود در آب منفذی خاک از غلظت آب مجاور، بیشتر باشد، آب در تماس با خاک به درون آن نفوذ می کند، بر اثر این خاصیت که آنرا اسمزی می نامند، خاک متورم می گردد. با ورود آب و در نتیجه این فاصله میان ذرات خاک، از نیروی جاذبه بین ذرات کاسته می شود و در نهایت، ذرات خاک از یکدیگر جدا می شوند.

بدین ترتیب میزان تأثیر خاصیت اسمزی با غلظت و به عبارت دیگر با تعداد یونهای موجود در خاک نسبت مستقیم دارد و با توجه به آنچه در مورد فراوانی یونهای سدیم در خاکهای حاوی املاح این عنصر به منظور برقراری تعادل الکتروستاتیکی گفته شد، نتیجه می شود که شدت خاصیت اسمزی در این خاکها بیشتر است. علاوه بر این مسئله، نیروی جاذبه الکتریکی میان یونهای سدیم



و سطح ذرات رس از یونهای دو ظرفیتی کمتر و در نتیجه ضخامت لایه دو گانه بیشتر است. بنا به دلایل فوق ضخامت لایه یونهای احاطه‌کننده ذرات رس در خاکهای حاوی املاح سدیم بیشتر است و در این شرایط، مقدار نیروی جاذبه و اندروالس بین ذرات کمتر بوده و چه بسا به صفر نیز برسد. پس وجود سدیم در خاکهای منجر به افزایش پتانسیل اسمزی و کاهش نیروهای جاذبه و اندروالس بین ذرات و در نتیجه واگرایی خاکهای رسی می‌شود.

۳-۲- خصوصیات شیمیائی آب در تماس با سطح خاک

کاهش میزان املاح محلول در آب در تماس با سطح خاک، احتمال آب شستگی را افزایش می‌دهد. همچنین افزایش غلظت املاح در آب، فرسایش خاک را متوقف می‌کند. باید توجه داشت که نوع املاح آب واگرایی خاک و فرسایش ناشی از رگاب را کاهش و برعکس وجود کاتیونهای سدیم این خطر را افزایش می‌دهد. البته هرچه میزان املاح آب کمتر باشد تأثیر نوع املاح کمتر می‌گردد.

۳-۳- ترک خوردگی

در حالت عادی خاکهای واگرا هیچگونه واکنش فیزیکی O شیمیائی از خود بروز نمی‌دهند مگر اینکه در اثر ایجاد ترکهای ناشی از انقباض، نشست نامساوی و افزایش فشار آب منفذی مجرائی جهت حرکت آب درون این خاکها ایجاد گردد. این عمل بدون تردید نقطه شروع پدیده واگرایی و تشدیدکننده آن می‌باشد.

۳-۴- کانی‌های تشکیل‌دهنده خاک رس

وجود کانی‌های مونتموریلونیت در رسها و قرارگیری یونهای سدیم در میان لایه‌های میانی آنها یکی از علل اصلی بروز پدیده واگرایی است. وجود کانی‌های کائولینیت با توجه به ساختمان قرارگیری آنها از مقدار واگرایی خواهد کاست. کائولینیت یکی از کانیهای اصلی تشکیل‌دهنده خاکهای رسی است. ساختمان این کانی کاملاً با ساختمان مونتموریلونیت متفاوت است. از به هم



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



پیوستن ذرات این کانی صفحاتی بوجود می‌آیند که ضخامت آنها بسیار بیشتر از صفحات کانی مونتورپولیت است و به همین دلیل در کائولیت ضخامت صفحات به سطح از مونتورپولیت بیشتر است. با توجه مثبت بودن بار الکتریکی در گوشه‌های این صفحات، بخصوص در PH کم، میزان نسبی بارهای مثبت در کائولیت بیشتر است و در این شرایط از واگرایی آن کاسته می‌شود. بعلاوه بهم پیوستگی صفحات سیلیس SiO_2 آلومین در کائولیت بدلیل وجود پیوند هیدروژنی نسبتاً محکم، بسیار بیشتر است. بنابراین ملاحظه می‌شود میزان سدیم لازم برای جدا شدن ذرات کائولیت و واگراگشتن آن بسیار بیشتر از مونتورپولیت است. به طور کلی در منابع موجود داخلی و خارجی به صورت موردی (به جز پروژه گتوند در ایران) به هیچ پروژه‌ای که در اثر واگرایی خاکریز کانالها، پوششی بتنی مورد تخریب واقع شده باشد اشاره نگردیده ولی تمامی این مراجع یکی از علل ایجاد تخریب در پوششهای بتنی را قابلیت واگرایی خاکها دانسته‌اند. در منطقه خوزستان نیز که منطقه موضوع این پژوهش است تنها گزارش راجع به تخریب پوششهای بتنی در اثر خاصیت واگرایی خاک در پروژه گتوند می‌باشد. اگر چه کانالهایی که به صورت خاکی اجرا شده و پوشش نگردیده‌اند بر اثر سرعت بالای جریان آب (بیش از یک متر در ثانیه). و یا خاصیت واگرایی آنها دچار آب شستگی‌های شدیدی می‌شوند، اما نظر به اینکه بدنه خاکریز کانالهای پوشش شده با یک لایه سخت مانند بتن، حفاظت می‌گردد. امکان آب شستگی ناشی از واگرایی خاک کاهش می‌یابد. البته ممکن است این عامل با سایر عوامل نظیر سرعت بالای جریان در طی سالیان دراز و متمادی دست به دست هم داده و بتدریج آب شستگی‌های شدیدی را در سطح خاکریز و زیر پوشش بتنی پدید آورند.

بطور کلی بر اساس شواهد و مطالعات موجود، اگر خاکریزهای حاوی خاک واگرا به خوبی محافظت گردیده، از ایجاد ترک و درز و شکاف در آنها جلوگیری بعمل آمده، جریانهای سطحی آب بر روی این خاکها بخوبی کنترل و از نفوذ آب به زیر پوشش جلوگیری شود، هیچگونه مسئله حاد ناشی از واگرایی بستر خاکی، پوششهای بتنی را تهدید نمی‌کند. اگر چه در سدهای خاکی این ایده باید با تأمل بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. در این پژوهش بعلت مشکوک بودن بعضی از کانالهای تخریب شده به وجود



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



خاکهای واگرا در بستر کانالها، نمونه‌هایی از خاک محل‌های تخریب (منطقه جایزان)، جمع‌آوری گردیده که در قسمت بعدی ضمن بحث راجع به روشهای آزمایشگاهی و شناسایی این خاکها توضیحات جامعتری ارائه خواهد گردید.

در حال حاضر بیشترین توصیه‌ها در مورد کنترل و کیفیت خاکهای واگرا در رابطه با ساخت سدهای خاکی بوده و کمتر به مسائل ناشی از اینگونه خاکها در بستر کانالها اشاره گردیده است. هم اکنون بهترین توصیه در برخورد با خاکهای واگرا، عدم استفاده از آنهاست. اما اگر استفاده از خاکهای واگرا ضرورت داشته باشد. باید برای مقابله با پدیده آب شستگی در آنها چاره‌ای اندیشید. روشهای مقابله با این نوع خاکها به قرار زیر می باشند.

۱- استفاده از آهک

۲- استفاده از سولفات آلومینیوم

۳- استفاده از ژئوپس

۴- استفاده از فیلترها

۵- استفاده از خاکهای غیر واگرا در مقاطع بحرانی

۶- استفاده از آببندها

همانطور که ملاحظه می شود یکی از روشهای مقابله با پدیده آبشستگی در خاکهای واگرا استفاده از آبندهاست. بدین منظور اجازه نفوذ آب به این خاکها داده نمی شود و دیگر امکان شسته شدن خاک از بین می رود. در قسمت بعدی به روش مقابله با این نوع خاک و نتایج آزمایشگاهی خاک در شبکه آبیاری جایزان خوزستان اشاره خواهد شد.

۳- بررسی پتانسیل خاک منطقه جایزان و نحوه کنترل خواص آن

بطور کلی اقتصادی ترین و اجرایی ترین روش مقابله با خاکهای مساله دار در کانال های انتقال آب، جدا سازی لاینینگ از این نوع خاکها می باشد. این روش که در قسمت قبلی توضیح داده شد (استفاده از آببندها)، معمولاً توسط مصالح پلیمری به نام



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



ژئوممبرین ها تامین می شود. ژئوممبرین ها غشاهایی از جنس مواد پلیمری پلاستیکی و یا لاستیکی هستند که نفوذپذیری بسیار اندکی دارند. این نوع از مصالح به دلیل خاصیت ناتراوایی که در مقابل عبور گازها و یا سیالات دارند دارای کاربردهای بسیار زیادی در صنعت می باشند. به منظور بررسی نوع خاک منطقه و همینطور بررسی پاسخگو بودن تاثیر مصالح ژئوممبرینی در زیر لاینینگ کانال طیف گسترده ای از آزمایشات شامل آزمایش دانه بندی خاک منطقه، آزمایش حدود اتر برگ، آزمایش پتانسیل روانگرایی (پین هول، هیدرومتری دو بل) در منطقه انجام گرفته شد که در قسمت بعدی به این نتایج اشاره خواهد شد.

۴-۱- آزمایش دانه بندی و حدود اتر برگ

بر اساس مطالعات آزمایشگاهی بافت تحت الارضی مورد مطالعه از جنس ماسه سیلیسی می باشد که در محدوده هایی رس سیلتی با پلاستیسیته متوسط نیز مشاهده می شود. در زیر به یکی از جدول های دانه بندی خاک و تعیین خد روانی اشاره شده است.

جدول ۱- بررسی نوع خاک منطقه

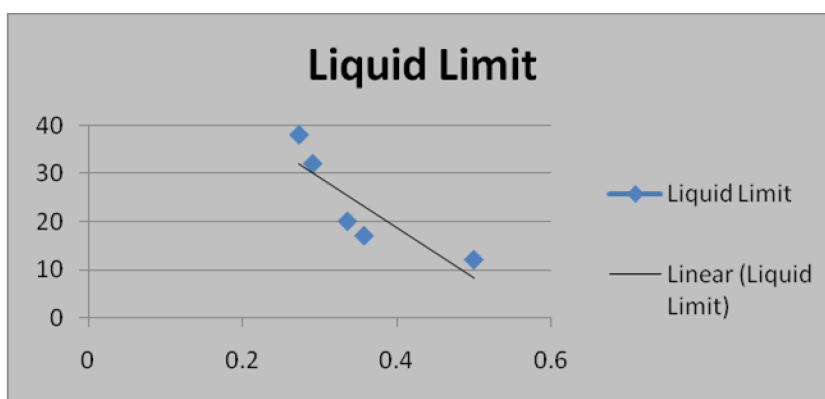
شماره الک	وزن ظرف	وزن خاک با ظرف	وزن خاک	درصد مانده	درصد عبوری	
۴	۵۰	۷۶	۲۷.۵	۵.۵	۹۴.۵	شبکه جایزان
۸	۵۰	۱۱۸	۶۹.۵	۱۹.۴	۸۰.۶	
۱۶	۵۰	۱۶۹	۱۲۰.۵	۴۳.۵	۵۶.۵	



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



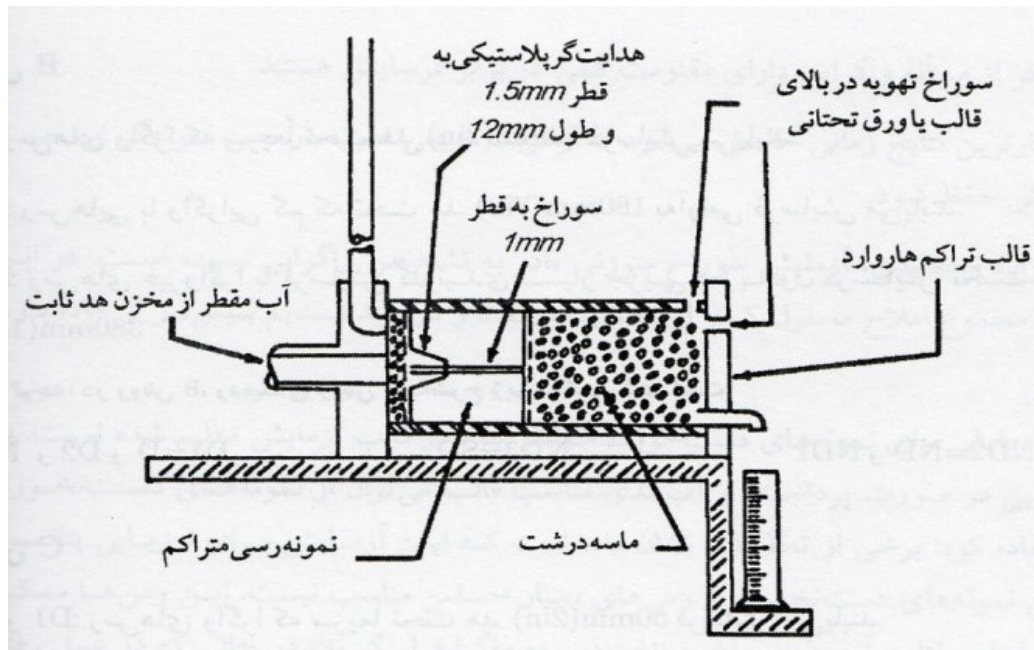
۵۰	۵۰	۱۹۱	۱۴۲.۵	۷۲	۲۸	
۱۰۰	۵۰	۱۸۰	۱۳۱.۵	۹۸.۳	۱.۷	
۲۰۰	۵۰	۵۷	۸.۵	۱۰۰	۰	
نوع خاک از نوع ماسه بددانه بندی شده سیلیسی می باشد.						



شکل ۱- بررسی حد روانی در شبکه جایزان

۲-۴- بررسی پتانسیل روانگرایی

جهت تشخیص پتانسیل واگرایی خاک منطقه از آزمایش پین هول (سوراخ سوزنی) و هیدرومتری دوگانه استفاده شده است. آزمایش روش استاندارد شناسایی و رده بندی رس های واگرا با آزمایش سوراخ سوزنی بر اساس ASTM D۴۶۴۷ انجام گرفته است. این آزمایش ارائه دهنده روشی مستقیم و کیفی برای اندازه گیری پتانسیل واگرایی و فرسایش پذیری کلوئیدی خاک های رسی توسط عبور آب از سوراخ کوچک ایجاد شده در میان نمونه است. آزمایش هیدرومتری ۲ گانه طبق استاندارد D۴۲۲۱ مکمل این آزمایش است.



شکل ۲- شماتیک دستگاه آزمایشگاهی پین هول

خلاصه روش آزمایش به این صورت است که با جریان افقی آب با هد 50 mm از مسیر سوراخ ایجاد شده به قطر 1 mm در نمونه شروع می شود. تحت این هد، کیفیت آب خارج شده از نمونه مبنای تفکیک رس های واگرا و غیر واگرا است. آب خروجی از خاک های واگرا کاملاً کدر بوده، قطر سوراخ داخل نمونه به سرعت افزایش یافته و نتیجتاً نرخ جریان خروجی افزایش می یابد. آب خروجی از خاک های رسی با واگرایی کم تا متوسط اندکی تیره بوده ولی قطر سوراخ و نرخ جریان خروجی ثابت می ماند. با توجه به شفافیت آب خروجی، نرخ جریان و همچنین قطر نهایی سوراخ، خاک ها از نظر پتانسیل واگرایی رده بندی می شوند. یک نمونه از نتایج آزمایشگاهی برخی نمونه ها بصورت جدول زیر ارائه شده است.



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
 دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



جدول ۲- نمونه ای از نتایج تست روانگرایی خاک منطقه

توضیحات	کاملاً شفاف از بالا	کاملاً شفاف	تقریباً شفاف	اندکی کدر	نسبتاً کدر	کدر	بسیار کدر	نوع جریان	ثابتی	میلیمتر	هد	ساعت
نمونه ۱						*	*	۰.۵	۲۰	۱۰	۵۰	۱۲:۳۳
						*	*	۰.۷	۲۰	۱۰		
						*	*	۰.۹	۲۰	۲۰		
سقوط ذرات خاک						*	*	۱	۲۰	۲۰		
							*	۱.۲	۲۲	۲۰		
							*	۱.۳	۲۲	۲۰		
سقوط ذرات خاک							*	۱.۳۵	۲۲	۲۰		
							*	۱.۳۵	۲۰	۲۰		
							*	۱.۳۵	۲۰	۲۰		
							*	۱.۳۵	۲۰	۲۰		
پایان آزمایش							*	۱.۳۵	۵۰	۳۵		۱۲:۳۷



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



بر اساس رفتار خاک در منطقه جایزان نوع خاک با واگرایی متوسط تشخیص داده می شود. به طور متوسط از هر ۱۰ نمونه خاک نمونه گیری شده جدول زیر حاصل می شود.

جدول ۳- ارزیابی پتانسیل روانگرایی منطقه

تعداد نمونه ها	واگرا کامل	متوسط	غیر واگرا
۱۰	۲	۶	۲

۳-۴- بررسی عملکرد مصالح ژئوممبرینی در کنترل خواص خاک واگرا

نمونه مطرح شده در این پروژه دارای خواص زیر می باشد.

جدول ۴- مشخصات نمونه ژئوممبرینی پیشنهادی



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



Property	Test Method	Unit				
Thickness nominal -5%	ASTM D 5199	mm	1,00	1,50	2,00	2,50
Width	/	mm	5100 9400	5100 9400	5100 9400	5100 9400
Density	ASTM D 1505 ASTM D 792	g/cm ³	0,942	0,942	0,942	0,942
Melt flow index	ASTM D 1238 Cond. P 190/5	g/10 min	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Melt flow index	ASTM D 1238 Cond. E 190/2,16	g/10 min	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Tensile strength at yield	ASTM D 6693	N/mm MPA	16 16	25 16	33 16	43 16
Elongation at yield	ASTM D 6693	%	12	12	12	12
Tensile strength at break	ASTM D 6693	N/mm MPA	28 > 26	45 > 26	60 > 26	80 > 26
Elongation at break	ASTM D 6693	%	700	700	700	700
Carbon black content	ASTM D 1603	%	2	2	2	2
Carbon black dispersion	ASTM D 5596	Category	1-2	1-2	1-2	1-2
Tear resistance	ASTM D 1004	N	130	200	280	350
Cold bending at -20°C	ASTM D 2136	—	passed	passed	passed	passed
Multi axial elongation	Based on DIN 53861 / EN 14151	%	15	15	15	15
ESCR	ASTM D 1693	hours	2000	2000	2000	2000
Perforation resistance	DIN 16726	mm	450	800	1200	1600
Dimensional stability after warm storage 1h/100°C	ASTM D 1204	%	≤ 2	≤ 2	≤ 1	≤ 1
NCTL – Test	ASTM D 5397 app.	hours	> 300	> 300	> 300	> 300
OIT	ASTM D 3895	min	100	100	100	100
Puncture resistance	ASTM D 4833 EN ISO 12236	N	390 2600	500 4000	700 5400	820 6700

بر اساس نتایج آزمایشگاهی بهترین نوع محصول ژئوممبرینی که با خاک منطقه از نظر واکنش شیمیایی، ضخامت، مقاومت کششی، مقاومت ضربه ای، خستگی، فساد ناشی از دفن شدگی، ساییدگی، خزش، نفوذ پذیری، پارگی و وزن مخصوص سازگار است، مورد بررسی قرار گرفت. در این زمینه برای ژئوممبرین مطرح شده جداول زیر تهیه شده است.

۴-۳-۱- آزمایش سائیدگی:



آزمایش سایشی به این منوال است که از قطعاتی که تحت آزمایش قرار می گیرند نمونه هایی تهیه میشود، هر قطعه روی چرخ مخصوص دستگاه آزمایش گذاشته می شوند و وزنه مخصوصی هم روی آنها قرار داده می شود، بعد از ۱۰۰۰ دور مقاومت کششی آن را با حالت اولیه می سنجند. برای نمونه ژئوممبرینی مطرح شده نتایج زیر بدست آمده است.

جدول ۵- بررسی مقاومت سایشی نمونه های ژئوممبرینی

نمونه	۱	۲	۳	۴
درصد مقاومت بعد	۸۷	۸۷	۸۸	۸۷
ازساییدگی				

۴-۳-۲- آزمایش خزش

بر روی تمامی قطعات آزمایشی ۲۵، ۵۰، ۷۵ درصد مقاومت کششی را به ژئوممبرین وارد می کنیم، سپس مقدار کرنش ها را بررسی می شود تا در محدوده مجاز باشند که نمونه ژئوممبرینی مطرح شده دارای کرنش های حد مجاز بوده است.

۴-۳-۳- نفوذ پذیری تحت تاثیر ضربه

بوسیله یک آلت مخروطی تحت وزن مشخص و ارتفاع مشخص ضربه ای به ژئوممبرین وارد و پس از آن تغییر نفوذ پذیری (Permittivity و Transmissivity) در آن اندازه گیری می شود.

۴-۳-۴- ارزیابی مقادیر چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی خاک منطقه و ژئوممبرین

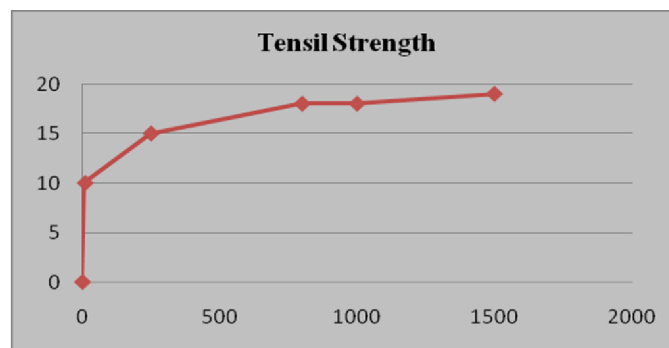
دستگاه آزمایشگاهی این تست دارای یک بلوک چوبی است، ژئوممبرین را بر روی آن قرار می دهیم و در قسمت بالایی دستگاه می گذاریم، سپس قسمت پائینی دستگاه را با خاک منطقه پر می کنیم و تست برش مستقیم را انجام می دهیم. از لحاظ چسبندگی



و زاویه اصطکاک موجود بین ژئوممبرین و خاک به علت وجود پرز های روی ژئوممبرین مطرح شده مقادیر قابل توجه و بالایی را ارائه می کند و مقادیر استاندارد را ارضا می کند.

۴-۳-۵- ارزیابی مقاومت کششی نمونه

آزمایش کششی نمونه ژئوممبرینی گراف زیر را نتیجه می دهد.



شکل ۳- مقاومت کششی نمونه ژئوممبرینی

با توجه به مطالعات آزمایشگاهی مصالح ژئوممبرینی برای مقابله با خاصیت این نوع خاک ها مناسب تلقی می شوند که حتی المقدور توصیه می شود تا از ژئوکمپوزید که ترکیبی از ژئوگرید (مصالح پلیمری با مقاومت کششی بالا) و ژئوممبرین می باشد، استفاده شود.

۴- نتیجه گیری:

بر اساس مطالعات ژئوتکنیکی به عمل آمده در منطقه جایزان خوزستان، مشاهده شده است که خاکهای منطقه از نوع خاکهای واگرا می باشند. با توجه به اهمیت مساله آبرسانی و صرفه جویی در اتلاف آب در منطقه، ضرورت بررسی های مطالعات



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



ژئوتکنیکی کاملاً احساس می شود که در صورت چشم پوشی از خواص آنها می توانند کل پروژه را به شکست هدایت کنند. لذا با استفاده از مطالعات ژئوتکنیکی و انجام آزمایشهای مربوطه می بایست نسبت به رفع خواص این نوع خاکها به یکی از روش های مذکور اقدام نمود. در پی مطالعات ژئوتکنیکی در منطقه نتایج زیر حاصل شد:

- ۱- جهت مقابله با ترک خوردن و شکستن لاینینگ می توان از راهکارهای مناسبی استفاده نمود. در صورتی که هزینه های عملیات حفظ لاینینگ از ترک و شکستن، در نظر گرفته شود و به هنگام عملیات اجرایی، راهکارهای ارائه شده بکار گرفته شوند، دیگر متحمل هزینه های ترمیم پوشش بتنی کانال نخواهیم شد. ترمیم لاینینگ، علاوه بر هزینه های آن، باعث قطع ارتباط آب مورد نیاز برای آبیاری گردیده و مشکلات خاص خود را نیز دارا می باشد.
- ۲- جدا سازی لاینینگ از خاکهای مسئله دار بهترین شیوه جهت مقابله با ترک و شکستن بتن حاصل از تورم و فشار آبهای زیرزمینی می باشد. در صورت بهره گیری مهندسی و مطابق موارد اعلام شده در این مقاله مشکلاتی که خاکهای طبیعی زمین اطراف کانال و همچنین خاک تهیه شده برای بکار گرفته شدن در برم سازی، برای لاینینگ بوجود می آورند بسیار متنوع است.
- ۳- خاک منطقه دارای پتانسیل واگرایی متوسط است که با استفاده از نتایج آزمایش های پین هول و هیدرومتری دو گانه مشخص شده است.
- ۴- استفاده از مصالح ژئوممبرینی در جهت آبنده نمودن کانال کاملاً کارآمد است.
- ۵- حتی المقدور از مصالح ژئوکمپوزیت (ژئوتکستایل و ژئوممبرین) جهت عملکرد تواما عمل زهکشی و آبنده استفاده شود.

۵- منابع:

۱- FAO, ۱۹۷۷. "Irrigation canal lining", Agriculture Organization of United Nation, Rome



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



۲- USBR, ۱۹۷۱. "*Lining for irrigation canals*", Department of the interior, u. s. Bureau of Reclamation, Denver Col.

۳- الرفاعی، "مسائل ایجاد شده در شبکه آبیاری زمینهای گچدار حفره رودخانه فرات در سوریه" کمیته ملی آبیاری ایران، ۱۳۵۵