



## بررسی راهکارهای ترمیم بتن آسیب دیده و آبد نمودن ابنیه های فنی و کانال های انتقال آب

### ویژه شبکه های مارون و بهبهان استان خوزستان

آرش توتونچی<sup>۱</sup>، پریا بلیغ جهرمی<sup>۲</sup>

\*[Arash\\_totonchi@yahoo.com](mailto:Arash_totonchi@yahoo.com)

#### چکیده

ساخت کانالهای آبیاری سالهاست که در کشور ماصورت می گیرد . ساخت این کانالها در نقاط مختلف ایران باعث شده است تا تجربه کاری کارشناسان مربوط به این رشته بالاتر رفته و راهکارهای متفاوتی جهت مقابله با ترک خوردن و شکستن پوشش بتنی کانال ( لاینینگ ) بکار گرفته شود . استفاده از پوشش بتنی به چندین دلیل صورت می گیرد که کم کردن تلفات ناشی از نفوذ ، یکی از آن دلایل می باشد . در برخی از نقاط کشور ، خصوصا در مناطق جنوبی که دارای خاکهای متفاوت و لایه های گوناگون از نظر خاکشناسی می باشند ، شاهد ترک خوردن و شکستگی لاینینگ هستیم. بسیاری از این کانال های آبیاری ، علاوه بر شکسته شدن و بوجود آمدن ترک های عمیق در جداره و کف کانال ، پس از انجام ترمیم های بسیار سطحی ، آبدگیری شده و بدلیل مشکلاتی که پس از آبدگیری بوجود می آید. هدف کلی این تحقیق بررسی عوامل موثر در ایجاد این خسارات و نحوه بهسازی آنها در شبکه های آبیاری بهبهان و مارون می باشد. این تحقیق شامل مطالعات عددی که بر پایه تئوری المان محدود است و مطالعات آزمایشگاهی می باشد.

واژه های کلیدی: کانال انتقال آب، لاینینگ بتنی، ژئوممبرین، بهسازی ژئوتکنیکی

<sup>۱</sup>. هیات علمی دانشگاه آزاد مرودشت

<sup>۲</sup>. کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه شیراز



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



## مقدمه

به طور کلی علل ایجاد خسارت در پوشش بتنی کانالهای آبیاری را می توان در چند دسته طبقه بندی نمود که تعدادی از این عوامل اثر تخریبی مستقیم داشته و تعدادی دیگر به طور غیر مستقیم در ایجاد خسارت موثرند.

عواملی نظیر بستر کانال، کیفیت مصالح بکار برده شده، کیفیت اجرا و روشهای طراحی، تأثیر عوامل محیطی، کیفیت آب، نحوه و بهره برداری و نگهداری از کانال، همگی از مهمترین عواملی هستند که می توانند در تخریب پوشش های بتنی نقش موثری داشته باشند. در بعضی موارد عوامل فوق به صورت منفرد باعث ایجاد مشکل در پوشش کانالها می گردند در حالیکه در مواردی نیز ترکیبی از این عوامل نقش زیانبار خود را ایفا می نمایند که تشخیص علت ایجاد تخریب در حالت اخیر دشوار و گاهی گمراه کننده می باشد. بعنوان مثال، پتانسیل تورمی کانی های رس موجود در بستر کانالها ممکن است با رعایت نمودن نکات ساده اجرایی در هنگام ساخت، ضمن تلفیق با عوامل محیطی، تشدید یافته، باعث ایجاد خسارت شدید در پوشش گردد. جلوگیری نمودن از اینگونه خسارات باعث می شود تا ضمن دستیابی به هدف بهره وری طولانی و پیش بینی شده از اینگونه کانالها، هزینه نگهداری کانال در بعد از تحویل و آب اندازی بشدت کاهش یابد و اینگونه هزینه ها صرف آبادانی و تکمیل دیگر پروژه های عمرانی گردد.

## ۲- بررسی علل خرابی های ناشی از فرایندهای ژئوتکنیکی

مشخصه های مهندسی اغلب خاکها با افزایش رطوبت و اشباع شدن تغییر می کند و این پدیده از نظر ژئوتکنیکی کاملاً شناخته شده می باشد. اما در برخی از خاکها در اثر افزایش رطوبت پدیده های ویژه ای بروز می کند که گاهی منجر به خسارات عمده در پروژه های عمرانی می گردد. این خاکها را می توان، خاکهای حساس در مقابل آب، نامید. بعنوان مثالهایی از این نوع خاکها توان خاکهای متورم شونده (Expansive)، خاکهای واگرا (Dispersive)، خاکهای رمبنده (Collapsible)، خاکهای روانگرا (Liquefiable) و همچنین خاکهای حاوی مقدار زیادی املاح قابل شستشو در مقابل آب مثل گچ و غیره را نام برد. در این



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



قسمت مسائل مربوط به پوششهای بتنی این نوع خاکها تحت عنوان مسائل مربوط به بستر کانال بررسی می گردند. در این تحقیق به بررسی تخریب های ناشی از فرایند های ژئوتکنیکی پرداخته می شود.

## ۲-۱- آبشستگی خاکهای واگرا

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 دیواره های کانالهای خاکی معلوم گردیده است. شناخت پدیده واگرایی، علت اصلی بسیاری از آب شستگی ها را که تا پیش از این مبهم مانده بود روشن ساخته است. علاوه بر این، پژوهشگران نسبت به ساخت دستگاه های جهت تعیین قابلیت واگرایی خاکهای رسی اقدام نمودند که از جمله می توان 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 پین هول تحولی در چگونگی انجام آزمایشها و تحقیقات مرتبط با خاکهای واگرا بوجود آمد.

شاید بتوان مهمترین تحقیقاتی را که در زمینه موضوع خاص این پژوهش انجام پذیرفته، مربوط به مقاله رحیمی تحت عنوان مسائل سازه های آبی در خاکهای شور (مطالعه موردی شبکه آبیاری گتوند) دانست. براساس مطالعات انجام شده در این تحقیق ضمن اینکه یکی از مشکلات اساسی سازه های 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 گردیده اند. همچنین در این تحقیق روش تعیین کیفی واگرایی توسط دستگاه پین هول و تجزیه شیمیایی 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.

## ۲-۲- خاکهای متورم شونده

خاکهای متورم شونده خاکهایی هستند که به سبب جذب آب، ازدیاد حجم یافته و اصطلاحاً متورم می‌شوند. فشار ناشی از تورم این خاکها می‌تواند موجب خرابی کامل ساختمان‌های سبک و پوشش کانالهای آبیاری و کفسازیها و غیره شود. این نوع خرابی‌ها در بسیاری از پروژه‌های داخلی و خارجی گزارش شده است. دونالدسن بدنبال جستجوئی که حوالی سال ۱۹۷۰ بر روی پراکندگی این خاکها در جهان انجام داد، طی مقاله‌ای اعلام کرد که این خاکها در ۱۸ کشور جهان از جمله ایران گزارش شده‌اند. در حال حاضر کانی‌های مونتموریولینت بعنوان متورم شونده‌ترین نوع کانیهای رسی در مقایسه با ایلیت، کائولینیت و غیره شناخته شده‌اند. علاوه بر این ساختمان توده رس، ساختمان شبکه بلوری و ظرفیت تبادل کاتیولی نیز در پدیده تورم نقش بسزائی ایفا می‌نمایند. خاکهای متورم شونده از نظر ساختمان توده، هرگز دارای یک اسکلت دانه‌ای پیوسته نیستند. هرچه قرارگیری ذرات خاک انبوه‌تر و متراکم‌تر باشد، پتانسیل تورم آن بیشتر است. توجه به مسأله خاکهای قابل تورم و خسارات ناشی از آن در حدود سال ۱۹۵۰ آغاز شد. در این زمان پروژه‌های خانه‌سازی بزرگی در آمریکا در حال انجام بود که ضمن عملیات اجرایی به موارد حادی از تورم خاک برخورد شد که باعث زیانهای فراوان گردیده بودند. آماري که در آمریکا طی سالهای اخیر جمع‌آوری شده نشان داده که خسارات مالی ناشی از تورم خاکها، از مجموع خسارات مالی ناشی از سیل و زلزله بیشتر بوده است.

در ایران نیز در سالهای اخیر، بعلت مسائل بوجود آمده در پوشش بتنی کانالها در اثر تورم خاکیزهای رسی، بررسی‌ها و تحقیقاتی پراکنده‌ای در این خصوص بعمل آمده است. در سال ۱۳۷۳ و در پی بروز تخریب‌هایی در پوشش بتنی کانالهای تازه احداث شده واحد کشت و صنعت شعبیه، شرکت مهندسان مشاور سانو، طی گزارشی، ضمن اینکه تورم خاکیزها را علت اصلی



تخریب این کانالها دانسته تأثیر شرایط محیطی، نظیر درجه حرارت بالای منطقه و بالا بودن سطح آب زیرزمینی را نیز مد نظر قرار داده است. همچنین در این گزارش، عنوان گردیده که با اضافه نمودن آهک یا آب آهک و یا مخلوط کردن خاکهای دانه‌ای، از قبیل ماسه بادی و یا مخلوط شن و ماسه با خاک محل، می‌توان مقدار زیادی از قابلیت تورم خاک را کاهش داد.

به طور کلی می‌توان گفت که نحوه ایجاد خسارت در پوشش بتنی کانالها بر اثر وجود خاصیت تورم زائی خاک بدین صورت است که بعد از خاک برداری کانال و آماده کردن جدار برای اجرای پوشش، رطوبت خاک کف و جدار کانال کاهش می‌یابد، خصوصاً اگر فاصله زمانی بین گودبرداری، خاک کوبی و بتن‌ریزی، زیاد گردد. پس از بتن‌ریزی، رطوبت کف کانال بعلت عدم امکان تبادل رطوبتی خاک با هوای بیرون و همچنین نزدیکی آن به سطح آب زیرزمینی، افزایش یافته و این امر با توجه به سربار کم روی آن باعث تورم خاک و در نتیجه بالا آمدن پوشش کف کانال می‌گردد. با توجه به اینکه معمولاً قالب‌های بتنی جداره کانال به کف آن اتصال دارد، نیروهای ناشی از تورم بر نیروهای برشی ما بین خاک و بتن غلبه کرده و این قسمت کانال نیز بالا آمده و بتن از خاکریز جدا می‌گردد. همچنین بالا آمدن پوشش کانال، فاصله‌ای را بین جدار خاکی و پوشش بوجود می‌آورد که این امر، روند خشک شدن خاکریز دو طرف کانال را سرعت بخشیده و در نتیجه باعث ایجاد تورم غیر یکنواخت در خاکریز شده و تغییر شکلهائی را در سطح جدار کانال سبب می‌گردد. این روند در حالت عادی برای خاکهائی که ذاتاً متورم شوند می‌باشند، اتفاق می‌افتد و این در حالیست که ایجاد شرایط محیطی از جمله درجه حرارت بالای هوا، عدم تعبیه درزهای انبساط بصورت درست و به تعداد کافی، همگی از جمله عواملی هستند که نقش تورمی خاک را بارزتر می‌نمایند.

### ۳- آزمایشهای انجام شده در منطقه و تحلیل نتایج آنها

همانطور که در فصل قبل اشاره شد، 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. از روی نتایج آزمایشگاهی، خاک منطقه از نوع بیشتر آماسی و در پاره ای از جاها بصورت واگرا می باشند. با توجه به خواص این خاکها بهترین راه بهبودی خاک منطقه که در حال حاضر یکی از روشهایی



است که در دنیا به شدت مورد استقبال قرار گرفته است، استفاده از لایه های نفوذ ناپذیر ژئوممبرین می باشد. در این قسمت به معرفی این مصالح پلیمری، جایگاه آنها در طراحیو آزمایش های مربوط به این مصالح به طور مختصر پرداخته می شود.

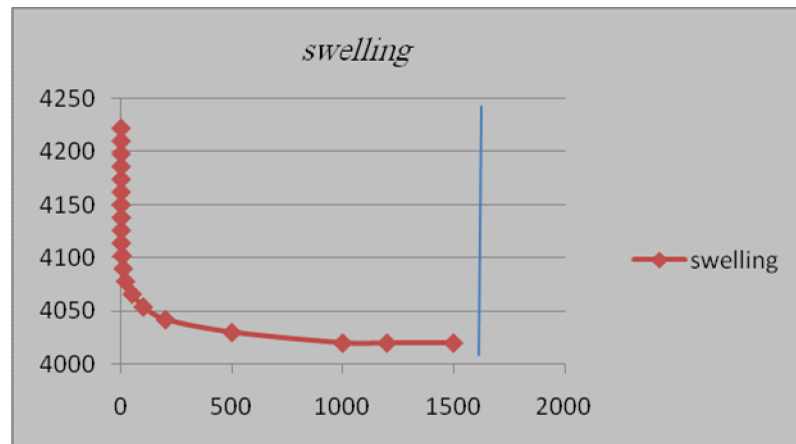
### ۳-۱- تورم زایی خاک منطقه

تورم یک پدیده فیزیکی و شیمیایی خاک در اثر جذب آب از محیط می باشد که ناشی از کانی های رس که اغلب صفحه ای شکل و دارای سطح ویژه نسبتاً بزرگی هستند.

این ویژگی باعث میشود نیروهای الکتریکی که روی سطوح کانی ها عمل می کنند بیش از نیروی ثقل مؤثر باشند. حداکثر تورم در کانی های مونت موریلونیت که دارای سطح ویژه بزرگتری هستند مشاهده می گردد و کانی کائولینیت که دارای سطح ویژه کمتری می باشد خاصیت تورم زایی کمتری دارد.

در منابع قرصه که خاکهای ناشی از حفاری زهکش اصلی بوده و قسمت عمده ای از خاکهای مورد نیاز بدنه کانال را تشکیل می داده احتمالاً " با توجه به مقادیر شاخص خمیری در محدوده هشت الی بیست متغیر می باشد، احتمال داده می شود اغلب کانی ها از نوع کائولینیتی و مونت موریلونیت بوده و پدیده تورم زایی مشکل اساسی نباشد لیکن با توجه به اینکه گزارش گردیده مواردی نیز خاک حاوی کانی های تورم پذیر با شاخص خمیری نسبتاً بالا باشد، انجام آزمایش های تورمی خاک لازم است. آزمایش های مربوط به پتانسیل تورم بر اساس روش استاندارد تعیین پتانسیل تورم یا نشست یک بعدی خاک های چسبنده بر طبق استاندارد ASTM D4546 می باشد. تجهیزات آزمایش شامل دستگاه تحکیم ( مشخصات این دستگاه مطابق با استاندارد آزمایش تحکیم D2435 است.)، سنگ های متخلخل، غشای لاستیکی یا حوله کاغذی مرطوب می باشد.

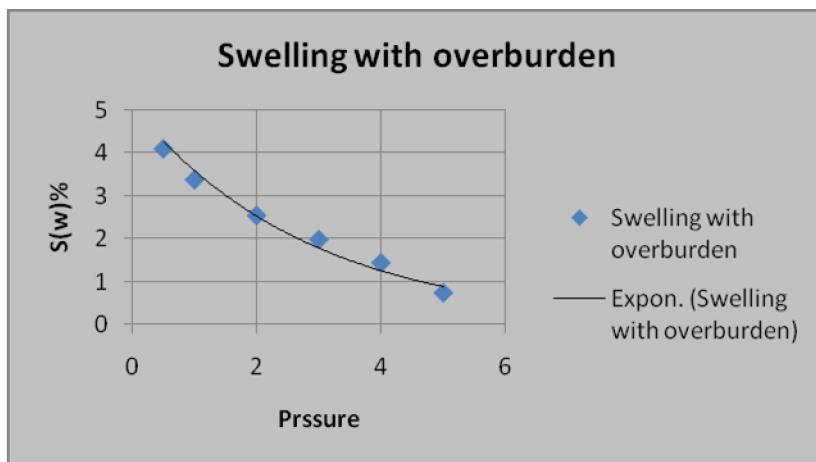
با توجه به نتایج آزمایشگاهی، خاک منطقه دارای پتانسیل تورم زایی متوسط بوده که در بعضی از مناطق این پتانسیل شدید می شود. با توجه به گستردگی پروژه و محدود بودن شرایط آزمایشگاهی، پیشنهاد می شود تا برای ارزیابی میزان تراکم خاک منطقه در حین اجرا از شکل شماره ۳ استفاده شود.



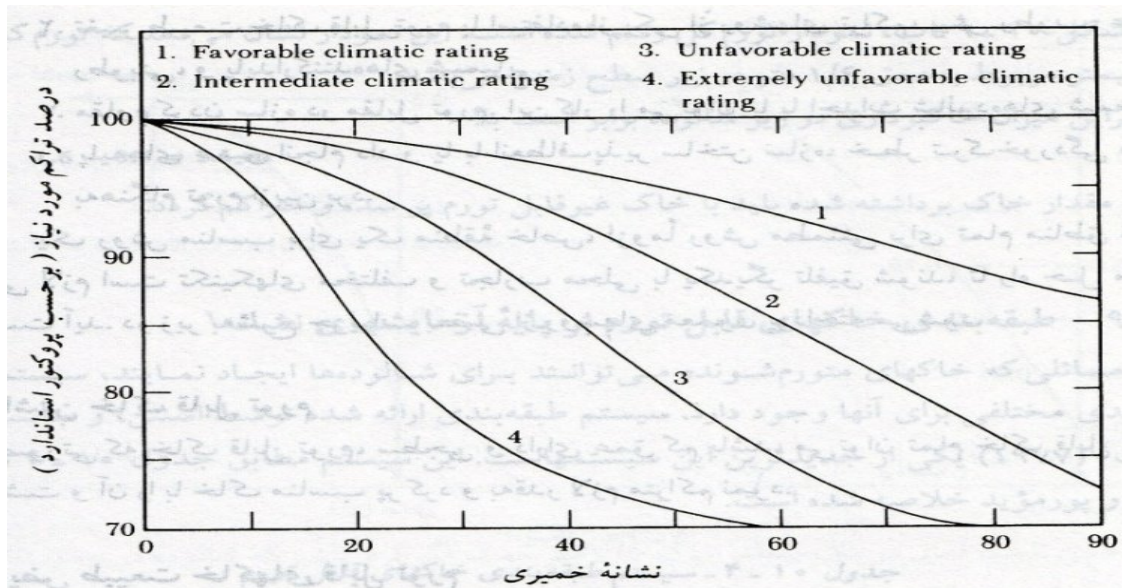
شکل ۱- نتیجه آزمایش تورم آزاد برای یک نمونه خاک

راهکارهای زیر را می توان در رویه های عملیاتی مورد توجه قرار داد تا از بروز خطرات احتمالی این پدیده پیش گیری شود که ذیلا " به آن اشاره میشود.

۱. عمل آوری و تراکم خاک در شرایط دو درصد بالاتر از رطوبت بهینه.
۲. پیوستگی در عملیات خاکریزی بگونه ای که سطح خاکریز قبل از خاکریزی لایه بعدی رطوبت خود را از دست نداده باشد.
۳. خودداری از صرف انرژی زیاد و تراکم اضافی در عمل آوری خاکریزها.



شکل ۲- نتیجه آزمایش تورم با سربار برای یک نمونه خاک



شکل ۳- بررسی تراکم خاک منطقه برای مقابله با خاصیت تورم زایی





### ۳-۲- واگرایی خاک منطقه

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 کلونیدی 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. در جدول ۱ نتیجه پتانسیل روانگرایی برای یک نمونه خاک منطقه نشان داده شده است. بطور متوسط از هر ۱۰ نمونه گرفته شده پتانسیل روانگرایی مشابه جدول شماره ۲ گزارش می شود.

### ۳-۳- بررسی میزان و تاثیر گچ منطقه

گچ در مناطق خاورمیانه در حد گسترده وجود دارد. املاح گچ دو نوع مشکل اساسی بوجود می آورند: اول اینکه در صورت تماس جریان آب با گچ در اثر فرآیند انحلال، حجم خاک کاهش یافته و منجر به ایجاد نشست می گردد. مشکل دوم ناشی از این است که انحلال گچ ممکن است قسمتی از اسکلت خاک را حرکت داده و مقدار آب موجود در خاک را افزایش دهد که این امر خود منجر به کاهش مقاومت برشی خاک می گردد. در زمینه وجود گچ در خاک و تأثیر تخریبی آن بر روی سازه های آبی، مطالعات و تحقیقاتی در قسمت های مختلف جهان انجام شده است. در بررسی ها ن.الرفاعی، مشکل اساسی اراضی حوزه رودخانه فرات در روسیه، وجود خاکهای گچی و در پی آن نشست آب از میان درزهای کانالهای بتنی و ایجاد نشست و ترک خوردگی و غیره، عنوان گردیده است.

جدول ۱- نتایج آزمایش روانگرایی یک نمونه خاکی در تست پین هول



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



توضیحات	کاملاً شفاف	از بالا	کاملاً شفاف	تقریباً شفاف	اندکی کدر	نسبتاً کدر	کدر	بسیار کدر	نوع جریان	ثابت	میلیمتر	هد	ساعت
نمونه ۱							*	*	۰.۵	۳۰	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		۱۲:۴۷
نوع خاک	واگرا D												

جدول ۲- نتایج آزمایشگاهی روانگرایی برای هر ۱۰ نمونه بطور متوسط

تعداد نمونه ها	واگرا کامل	متوسط	غیر واگرا
10	2	6	2

در ایران در پروژه اصفهان بعد از انجام پوشش‌های بتنی در خاکهایی که دارای مقداری گچ بوده‌اند، ترک‌هایی در پوشش ایجاد شده است. تاکنون روش‌های زیادی جهت مقابله با خاک‌های گچی پیشنهاد گردیده که اولین و بهترین پیشنهاد، جلوگیری از انحلال و ممانعت از نفوذ آب به محلهای تجمع گچ می‌باشد. ضمن اینکه پرهیز از کاربرد چنین خاک‌هایی همیشه بعنوان دستور کار طراحان قرار دارد. تجربیات گذشته بر این اساس بوده که برای جلوگیری از نفوذ آب در پوشش بدنه کانال از لایه‌ای از مواد پلاستیکی روی پوشش بتنی بدنه کانال و یا لایه‌ای از خاک رس و ماسه در زیر پوشش بتنی بدنه کانال استفاده شده است. راه‌حل دیگر استفاده از مجراهای آب بر هوائی (Flums) بجای کانال زمینی می‌باشد که بسیار پر هزینه است. روش استفاده از ورقه‌های PVC روی پوشش موجود و ایجاد یک پوشش بتنی دیگر روی آن می‌باشد. راه‌های دیگر مانند تزریق مخلوطی از سیمان و خاک رس و یا بکار بردن نمد مصنوعی و آسفالت زیر پوشش بتنی نیز وجود دارد. به هر حال در تمامی روش‌های اشاره شده، هدف این



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



است که از ارتباط بین آب و خاک دارای نمکهای انحلال پذیر و گچ پرهیز گردد و بر این اساس ، ممکن است روشهای گوناگون دیگری نیز توصیه شود. در موارد عادی وجود حدود ۳ درصد گچ در خاک بهیچ وجه باعث نگرانی نیست و حتی در کانالهایی با ابعاد کوچک این مقدار تا چند درصد بیشتر هم قابل تحمل است. حلالیت گچ حدود ۱/۹ گرم در لیتر می باشد و حلالیت آهک بسیار کمتر و در حدود ۰/۰۱۳ گرم در لیتر است.

بر اساس آزمایشات شیمیایی انجام شده میزان گچ در محدوده مورد مطالعه به طور متوسط حدود ۴ تا ۶ درصد می باشد. این مقدار درصد گچ می تواند مشکلات زیادی را ایجاد کند.

جدول ۳- بررسی میزان گچ در منطقه

نمونه	۱	۲	۳	۴
میزان گچ (درصد)	۶.۵	۴.۸۵	۳.۹۱	۶

با انجام آزمایشهای لازم مشخص شد که در منطقه وسیعی از پروژه بین آهک تزریق شده و گچ موجود در خاک واکنش شیمیایی صورت گرفته است و در این حین مولکولهای حجیمی تشکیل شده اند. این مولکولها اترینگایت و تومیسایت هستند که در مطالعات میکروسکوپی در خاک اشباع منطقه ملاحظه شده اند. چنانچه می توان علت اصلی خرابی ها را در ترکیب کردن خاک با آهک دانست که در سالهای قبل به نا صحیح به عنوان تسلیح خاک استفاده می کردند. همانطور که قبلا ذکر گردید یکی از روش های بهسازی بستر کانال ها استفاده از آهک می باشد که امروزه بسیار کاربرد دارد، علت کاربرد زیاد این نوع تسلیح ارزانی، فراوانی و مقاومت زیادتری است که آهک نسبت به ترکیب سیمان با خاک ایجاد می کند. اما نکته بسیار حائز اهمیت این است که در مناطقی که بلورهای گچی در منطقه درصد قابل توجهی هستند، به هیچ عنوان نباید از تزریق آهک استفاده کرد. بر اساس آزمایش هایی که در مورد خاک آماسی انجام شد به علت به وجود آمدن یون های اترینگایت و تومیسایت که حجم بسیار زیادی



آب در خود جمع آوری می کنند، تورم تشدید می یابد، بنابراین استفاده از آهک در محیطهایی که خاک آماسی همراه با بلورهای گچی است به هیچ عنوان توصیه نمی شود.

#### ۴- نتایج آزمایشگاهی نمونه های ژئوممبرین

ژئوممبرین ها محصولاتی از جنس پلی مر می باشند که وظیفه اصلی محافظت و آب بندی در برابر نفوذ مایعات و گازها را برعهده دارند. ژئوممبرین ها با توجه به تکنولوژی ساخت، جنس و ضخامتشان کاربردهای فراوانی در مهندسی عمران دارند. از جمله این کاربردها، برای استفاده در سازه های انتقال آب، کانالها و حوضچه ها و محلهای دفن زباله می باشد. در این پروژه با بررسی تعداد زیادی از انواع ژئوممبرین ها و با توجه به خاک منطقه و آزمایش های مقاومت کششی، مقاومت ضربه ای، خستگی، فساد ناشی از دفن شدگی، ساییدگی، خزش، نفوذ پذیری، پارگی و وزن مخصوص، بهترین نمونه سازگار انتخاب شده است.

#### ۵- ارائه طرح نهایی و کنترل نتایج

با توجه به مطالب یاد شده در قسمت های قبلی، تئوری بهسازی منطقه بصورت زیر تعریف می شود.

۱- خاکی را که در دوره های قبل با آهک مخلوط شده، حفاری و خاک منطقه را با استفاده از اختلاط با سیمان به اندازه ۲۰ سانتی متر تسلیح شود. واکنش های تثبیت خاک با آهک برای حصول مقاومت بالا بسیار طولانی تر از واکنش های خاک یا سیمان است، ولی بطور کلی عملکرد آهک و سیمان مشابه می باشد ضمن اینکه انقباض خاک تثبیت شده با سیمان ۲۵ الی ۵۰ درصد کمتر از خاک تثبیت شده با آهک است.

از لحاظ اجرایی مخلوط کردن سیمان یا آهک با خاک مشابه بوده ولی اختلاط سیمان با خاکهای ریزدانه مشکل تر است. اولین تغییری که در خاصیت خاکهای چسبنده در اثر اضافه نمودن سیمان رخ می دهد، کاهش شدید پلاستیسیته آن می باشد. این امر،



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

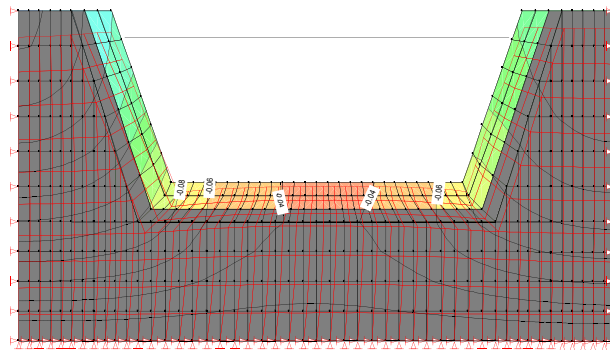


توسط یونهای کلسیم که در طول واکنش هیدراتاسیون اولیه سیمان آزاد می‌شوند، انجام می‌پذیرد. معمولاً افزودن ۲ الی ۴ درصد سیمان به خاک موجب کاهش محسوسی در پتانسیل تورم‌پذیری خاکهای رسی می‌گردد.

۲- روی خاک تثبیت شده ۲۰ سانتی متر مصالح درشت و سپس ۲۰ سانتی متر مصالح فیلتر اضافه می‌شود تا فشار آب زیر زمینی کنترل شود.

۳- قبل از بتن ریزی باید از یک لایه ژئوممبرین بگونه‌ای که تمام محیط پیرامون مرطوب را پوشش دهد روی خاک تسلیح شده استفاده شود تا از عدم نفوذ آب اطمینان خاطر داشته باشیم، بعد از آن می‌توان بتن مگر را برای احداث کانال ریخت.

برای بررسی جزئیات طرح و همینطور جوابگو بودن این طرح مدلهایی در محیط نرم افزاری *Geooffice* تهیه شد. از روی نتایج این قسمت طرح مفروض جوابهای کاملاً قابل قبولی را ارائه می‌کند. در شکل ۵ به نمونه‌ای از این مدلسازیها اشاره شده است.



شکل ۵- کنترل تغییر مکانی با در نظر گرفتن لایه های خاک

## ۶- نتیجه گیری:

۱. حتی المقدور از مصالح ژئوکمپوزیت جهت عملکرد تواما عمل افزایش مقاومت و آبندی استفاده شود.
- ۱- اصلاح از نوع تزریق آهک به علت مساله دار بودن خاک منطقه به هیچ عنوان صلاح نیست، اضافه کردن آهک در مناطقی که بلورهای گچی وجود داشته باشد باعث ایجاد مولکولهای اترینگایت و تومیسایت می‌شود که این مولکولها به علت جمع کردن زیاد مولکولهای آب به شدت متورم می‌شوند و خاصیت تورم زایی خاک دو چندان می‌شود.



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



۲. خاک منطقه از نوع آماسی و در بعضی از مناطق از نوع واگراست.
۳. جهت جلوگیری از تاثیر فشار آب زیر زمینی باید به اندازه ۴۰ سانتی متر از روی بستر حفاری شود و ۲۰ سانتی متر بالا با مصالح فیلتر و ۲۰ سانتی متر پایین با مصالح درشت دانه پر شود.
۴. نتایج آزمایشگاهی به تاثیر مثبت و کارایی استفاده از مصالح ژئوممبرینی در محل پروژه اشاره دارد.
۵. دیتایل اجرایی زیر به عنوان طرح نهایی کانل ارائه می شود.

Concrete Lining		Geomembrane Layer
	20 cm	
Excavation	20 cm	Coarse Gravel
	20 cm	Cement Admixture

۶. باید مصالحی را که از قبل با آهک اختلاط یافته اند و اکنون به صورت تکه های سخت تبدیل شده اند را در حین حفاری کاملاً به مکان دیگری دپو نمود و مصالح دیتایل فوقانی جایگزین شود.
۷. از مقایسه نتایج آزمایشگاهی و نتایج مدلسازی مشخص می شود که هر دو آنها جواب های همگرایی نسبت به یکدیگر دارند.

#### ۷- منابع

- ۱- FAO, ۱۹۷۷. "Irrigation canal lining", Agriculture Organization of United Nation, Rome
- ۲- USBR, ۱۹۷۱. "Lining for irrigation canals", Department of the interior, u. s. Bureau of Reclamation, Denver Col.