



ما مصمم هستیم تا کلیه آموخته هایمان را در اختیار مجریان سازندگی، دانشجویان و دانش پژوهان برجسته کشور قرار دهیم و معتقدیم که با این عمل، درسازندگی های آتی که توسط شماتو انمندان بوجود خواهد آمد شریک خواهیم بود.

شما نیز با بکارگیری علوم تان، ایران را سرفرازتر کنید
مدیریت سایت ماکزیم تکنیک

این مجموعه، خلاصه پرداری از مقالات برجسته متعهدان به سازندگی و پیشرفت ایران سرفراز است. مطالبی در این سایت به

چاپ خواهد رسید که نظر اتسان به تجربه برای کارشناسان این مجموعه اثبات شده باشد.

پیشگفتار:

مشکلات ساخت کانالهای آبیاری بسیار زیاد و متفاوت میباشد و شناخت مشکلات قبل از اجرای عملیات باعث موفقیت و بهره وری از سرمایه، نیروی انسانی و... میگردد. متأسفانه باوجود مقالات بسیار در این زمینه، هنوز مشاهده میشود که در ساخت کانالهای آبیاری و زهکشی بسیاری از مشکلات قابل پیش بینی، رعایت نکست و هزینه های بسیار هنگفتی جهت این پی توجهی طراحان یا پیمانکاران، توسط دولت پرداخت میگردد.

خاک، مشکلات، راهکارها

باقی و طبقه بندی خاک کانالهای مسئله دار /

بر اساس آزمایشات فیزیکی انجام شده، خاک منطقه عموماً از رسوبات ریزبافت چلته ای از نوع رس ولای یا مخلوط آنها و بندرت از میان لایه های پالترهای ماسه ای تشکیل یافته است. خصوصیت خمیرایی بطور کلی در حد کم بوده و در هیچ یک از نمونه های مورد آزمایش شده در نقاطی که عمل تورم در خاک، بعد از عملیات بتن ریزی مشاهده شده است، به حد روانی بیشتر از ۴۰٪ برخوردار نشده است. طبقه بندی خاک منطقه با توجه به منحنی های دانه بندی و حدود اتر برگ بدست آمده عموماً CL و بعضاً ML یا CL-ML با پلاستیسیته پایین بوده و مقدار ماسه موجود در نمونه ها، بسته به دوری و نزدیکی به سواحل رودخانه های منطقه یا نزدیکی به مادرهای متروکه متغیر میباشد.

میزان فعالیت خاک کانالهای مسئله دار /

بمنظور تعیین پتانسیل فعالیت خاک و تعیین شاخص خمیرایی / با استفاده از مقدار درصد رس موجود در نمونه ها و دامنه خمیری، از معیارها و ضوابط توصیه شده موجود استفاده شده است.

تورم پذیری خاک کانالهای مسئله دار /

بر اساس معیارها، ضوابط و آزمایشات انجام شده در مجموع، برخی از خاکهای منطقه خورستان با فعالیت کم تا متوسط (و در محدوده ای از متوسط بیشتر) ارزیابی گردیده است و پتانسیل تورم پذیری آن نیز در گروه کم و بعضاً تا متوسط (و در نقاط اشاره شده تا بیشتر از متوسط) قرار میگیرد. بر اساس همین معیار در صورت تغییر رطوبت خاک از حالت خشک تا اشباع میتوان انتظار داشت تا تغییر حجمی معادل حدود ۸٪ (و در نقاط یاد شده مقداری بیشتر) در خاک بوقوع پیوندد که توجه به این

امرحاضر تاکید و اهمیت بسیار زیاد است.

میزان رطوبت اولیه خاک و پتانسیل تورم پذیری و همچنین میزان تراکم نسبی و مقدار سربار از عوامل تعیین کننده میباشند. افزایش میزان تراکم نسبی و کاهش مقدار سربار، افزایش پتانسیل تورم پذیری را به همراه دارند. تراکم پذیری خاک با توجه به بافت آن (رسی، لای) نسبتاً خوب بوده و خاک متراکم شده از مقاومت پرشی قابل قبولی جهت تأمین استحکام شیب خاکریزها (۵/۱) برخوردار میباشند. بررسی های متعدد صحرایی هیچگونه علایمی را که در پر کمبود مقاومت پرشی و در نتیجه ایجاد لغزش یا چابایی پرشی در خاکریزها باشد نشان نمیدهد. نفوذ پذیری خاک کم در حدود (۰/۰۰۰۰۰) cm در ثانیه و یا کمتر است.

ارائه راهکارهای مناسب:

عواملی که موجب تشدید پتانسیل تورم میگردند را میتوان در دو عامل زیر جستجو کرد:

الف) تراکم نسبی زیاد خاک پس از خاک کوبی

ب) خشک شدن و کاهش شدید رطوبت خاکریز باعث گرمای شدید در منطقه و فاصله زمانی طولانی بین احداث کانال با زمان بهره برداری و آب اندازی کانال که سبب تشدید تورم زایی میگردد.

مشکلات احداث کانالهای آبیاری در خاکهای نامتعارف:

خاکها مشکل آفرین عبارتند از ۱- خاکهای تورم زا ۲- خاکهای واگرا ۳- خاکهای روانگرا ۴- خاکهای رمپنده ۵- خاکهای انخلال پذیر ۶- خاکهای ناپایدار ۷- خاکهای آلی و ضعیف

در طراحی واحداث کانالهای آبیاری بر روی هر یک از خاکهای فوق الذکر ممکن است مسایل و مشکلات متعددی در حین ساخت و یا بهره برداری حاصل گردد که نهایتاً منجر به تخریب موضعی یا انهدام کامل سازه خواهد شد. این امر تاکنون در بسیاری از شبکه های مدرن آبیاری و زهکشی ساخته شده در ایران و جهان مشکلات فراوانی را ایجاد نموده است. جهت آشنایی با خاکهای مشکل آفرین بهتر است مشخصات فنی عمومی، روشهای تشخیص، عوارض تخریب و روشهای مقابله با آنها آشنا شویم.

خاکهای متورم شونده:

ماهیت پدیده تورم /

خاکهای متورم شونده خاکهایی هستند که به سبب جذب آب از یاد حجم یافته و اصطلاحاً متورم میشوند. فشار ناشی از تورم این خاکها میتواند موجب خرابی کامل ساختمانهای سبک، تغییر پوشش کانالهای آبیاری، کف سازه ها و غیره گردد. این نوع خرابی ها در بسیاری از پروژه ها در ایران و سایر کشورها گزارش شده است.

بهترین تعریف از پدیده تورم عبارت از واکنش فیزیکوشیمیایی خاک و محیط است که مقدار تورم در آن بستگی به شدت نیروهای جاذبه و دافعه فیزیکی و شیمیایی دارد. مقدار تورم یک خاک بستگی به نوع کانی های رسی و پیوندهای مولکولی موجود در آن دارد. در حال حاضر کانیهای موتموریلونیت بعنوان متورم شونده ترین نوع کانی های رسی در مقایسه با ایلیت، کائولینیت و... شناخته شده اند. علاوه بر این ساختمان توده رس، ساختمان شبکه بلوری و ظرفیت تبادل کاتیونی نیز در بروز پدیده تورم نقش بسزایی ایفا مینماید. هرچه ذرات خام انبوه تر و متراکم تر باشند، پتانسیل تورم پذیری آن بیشتر میگردد.

تا کنون ۲ فرضیه برای پدیده تورم مطرح شده است:

الف) در یک رس کاملاً خشک، کاتیونها به شدت جذب سطحی رویه رس با قطب منفی میگردند. ماژاد کاتیونهایی که برای خنثی کردن بار الکتریکی رس موجود است بصورت نهشته های املح یافت میشوند. (این کاتیونها تمایل دارند از سطح رس دور شوند زیرا سطح رس قبلاً توسط کاتیونهایی که با منفی را خنثی کرده اند پوشیده شده است از طرف دیگر کاتیونهای چسبیده به سطح ذرات رس هم میخامند به تبعیت از قانون اسمز از سطح دور شده و غلظت کاتیونی یکنواختی را در اطراف ذره رس پدید آورند این پدیده موجب دورگشتن ذرات رس از یکدیگر و آب جذب شده حجم کلی خاک را افزایش میدهد.

ب) پدیده تورم صرفاً با استفاده از تئوری اسمزی که تنها نیروی بین ذرات را فشار اسمزی میداند، تعریف شده است. تورم رسهای ایلیت و مونت موریلونیت در اثر فشار اسمزی در لایه یون جذب شده بوجود می آید. اگر خاک تحت فشار قرار گیرد فاصله بین ذرات رس کاهش یافته و آب با فشار خارج میشود. بر اثر خروج آب، غلظت یون بین ذرات افزایش یافته و موجب افزایش فشار اسمزی میگردد. این افزایش فشار تا مرحله تعادل با فشار خارجی ادامه مییابد. با کاهش فشار خارجی، آب بین ذرات به سهپ فشار اسمزی زیاد، تحت مکش واقع شده به آب منفذی اضافه میشود تا غلظت یونهای بین ذرات کم گردد. با ادامه جذب آب فاصله بین ذرات افزایش مییابد تا فشار اسمزی بین آنها کم شده و بهالت تعادل برسد. جذب آب به این طریق موجب تورم میگردد.

روشهای شناسایی خاک متورم شونده /

روش دقیق و موثر شناسایی خاکهای متورم شونده اساساً بر مبنای آزمایشهای آزمایشگاهی استوار است معهذاً برخی از مشاهدات صحرائی میتواند در تشخیص سریع این خاکها موثر باشد. بطور کلی خاکهای متورم شونده دارای بافت نسبتاً ریز تا بسیار ریز با خمیری متوسط تا زیاد میباشد و سختی این خاکها در حالت خشک بسیار زیاد است پگونه ای که یک قطعه کلوخ خاک متورم شونده در حالت خشک بسیار محکم بوده و به زحمت خرد میشود پراثر تماس این خاکها با تیغه های برنده در صحرا، سطح پراق و صیقلی حاصل میگردد از آنجاکه تورم و انقباض مانند دوروی یک سکه هستند لذاهرخاکی که در شرایط خشکی علائم انقباض و ترک خوردگی از خود پروژدهد، دارای قابلیت تورم زایی بیشتر میباشد. برای شناسایی خاکهای متورم شونده تا کنون روشهای آزمایشگاهی مستقیم و غیرمستقیم بسیاری ابداع و پیشنهاد شده است. از جمله روشهای آزمایشگاهی غیر مستقیم میتوان استفاده از نمایه های شناسایی را نام برد. در زمینه آزمایشگاهی مستقیم شناسایی خاکهای متورم شونده تا کنون دو روش توسط سازمان ASTM (در این روش از دستگاه اودومتر استفاده میکنند و بر اساس قراردادن نمونه خاک مورد نظر در آن، اعمال مقداری سربار و اشباع نمونه و اندازه گیری مقدار تغییر شکل قائم و نهایتاً محاسبه درصد تورم، استفاده میشود) و انجمن بین المللی مهندسی مکانیک خاک و پی (مشابه روش اول است و تنها تفاوت آن شیوه مترکم نمودن نمونه خاک است) پیشنهاد گردیده است. عدد فعالیت خاک (قبلاً اعلام کردید) از رابطه زیر بدست می آید:

$$A = \frac{pi}{\% < 0.002^{mm}}$$

هرچه این عدد بزرگتر باشد پتانسیل تغییر حجم پذیری و در نتیجه تورم و انقباض پذیری خاک

پالتر خواهد بود. این عدد برای کانیهای مختلف غیر فعال و نیمه فعال رس نظیر مسکویت، کانولینیت و ایلیت به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۴ و ۰/۹ و برای کانی فعال مونت موریلونیت در حالت متعارف بین ۱ تا ۱/۲۵ بوده و در شرایط وجود مقدار زیاد کاتیون سدیم

در خاک، ممکن است تا ارقام پیشتر از ۴ و حتی ۶ نیز برسد. فرمول بدست آوردن تورم آزاد و فشار تورم خاک چنین است:

$$S_p = \frac{F}{A} \quad S_f = \frac{\Delta H}{H_i} \times 100$$

که در آن Sf = تورم آزاد (%), ΔH = تغییرات ضخامت نمونه, H_i = ضخامت اولیه نمونه

S_p = فشار تورم خاک, F = مقدار بار اعمال شده, A = سطح مقطع حلقه تورم

چگونگی ایجاد خسارت /

از آنجا که تورم حاصله در پستر کانال موجب تغییرات حجم خاک در پشت پوشش کانال و خاکریز اطراف آن میگردد، لذا این تغییر حجم در روی پوشش بصورت بروز ترکهای طولی در امتداد محور کانال و یا چابچایی و یا آزدگی پلوکهای بتن نمایان میگردد. خسارت در روی خاکریز کانالها نیز عموماً بصورت ایجاد یک یا چند ردیف ترکهای طولی در روی تاج خاکریز و در امتداد موازی محور طولی خاکریز در محدوده تغییرات رطوبتی بروز مینماید.

روشهای کنترل تورم /

استفاده از خاکها پادانه بندی درشت و فاقد مقدار قابل توجه ذرات ریزدانه.

استفاده از خاکهای ریزدانه با خمیرایی متوسط تا کم.

کاهش میزان تراکم خاک.

افزایش رطوبت خاک.

عایق بندی رطوبتی پوشش کانال بمنظور جلوگیری از تغییرات رطوبتی خاک پستر.

اطلاع خاکهای ریزدانه با خمیرایی زیاد با کمک مواد اصلاح کننده مانند آهک، گچ، ...

عدم استفاده از پوششهای سخت مانند بتن، سنگ، آجر و ...

تعویض خاک در شرایطی که انجام هیچیک از روشهای فوق از نظر فنی و اقتصادی عملی نباشد.

خاکهای واگرا؛

ماهیت پدیده واگرایی /

واگرایی پدیده ای است که طی آن خاکهای رسی در مجاورت آب چسبندگی خود را از دست داده و یکدیگر را دفع میکنند. دلایلی اصلی

فرسایش رسها پراثر پدیده واگرایی قرونی نیروی دافعه بین ذرات پر نیروی جاذبه بین آنها میباشد.

اگر خاک رس بتدریج خشک شود کاتیونها بشدت جذب سطح ذرات کانیهای رسی میشوند و ماژاد کاتیونها بصورت املاح رسوب

مینمایند چنانچه خاک مذکور مجدداً در مجاورت آب قرار گیرد، املاح ته نشین شده در آب، حل میشوند و کاتیونها جذب شده

تحت اثر دو نیروی مخالف، یعنی نیروی اسمزی از یک سو و جاذبه الکتریکی ذره رس از سوی دیگر، توزیع ویژه ای در اطراف ذره

رس مینمایند. کاتیونها بعلت اینکه دارای بار منفی هستند از سطح ذرات رس رانده میشوند پدین لحاظ فراوانی

آنیونها در نزدیکی سطح ذرات رس به کمترین مقدار خود میرسد و با پیشتر شدن فاصله از سطح، فراوانی آنها پیشتر میشود. یک

ذره رس با بار منفی و توزیع کاتیونها در اطراف آن به لایه دوگانه موسوم است. منشأ خصوصیات خمیری خاکهای رسی

و وجود همین لایه در اطراف لایه رس میباشد. چنانچه بر آیند نیروهای بین ذره ای، دافعه باشد شکل ساختمانی ذرات خاک از نوع

واگرا و اگر بر آید نیروها چاذبه باشد شکل ساختمانی ذرات خاک از نوع مجتمع یا غیرواگرا خواهد بود. در خاکهای واگرا پراثر مجاورت با آب، نیروهای چاذبه بین ذرات از بین رفته و در نتیجه ذرات خاک به سهولت، حتی با نیروی کم ناشی از حرکت بسیار آرام آب از یکدیگر دور میشوند درحالیکه در خاکهای رسی غیرواگرا پراثر تماس آب با خاک نیروی چاذبه بین ذرات از بین نرفته و برای فرسایش و شسته شدن نیاز به سرعت جریان آب بسیار زیادتر میباشد.

مهمترین عامل موثر بر پدیدده واگرایی غلظت یون سدیم در آب منفذی خاک و تک ظرفیتی بودن کاتیون مذکور میباشد. خاکهای حاوی املاح کلسیم، منیزیم و آلومینیوم بدلیل بیشتر بودن ظرفیت کاتیونها و کاهش نیروهای دافعه، واگرا نیستند. کاتیون پتاسیم نیز تک ظرفیتی است اما بدلیل کوچک یون شعاع هیدراته نقش قابل توجهی در افزایش نیروهای نیروهای دافعه ندارد و لذا خطر ساز نمیشد. از نظر نوع کانی نیز مونت موریلونیت در صورت جذب یونهای سدیم در میان لایه های میانی، دارای بیشترین پتانسیل واگرایی میباشد. وجود کانیهای غیرفعال مانند کاتولینیت در خاک از پتانسیل واگرایی آن می کاهد.

روشهای تشخیص خاکهای واگرا /

این روشها به دو دسته فیزیکی و شیمیایی تقسیم میشود. در بخش فیزیکی میتوان آزمایشهای کرامپ، هیدرومتری دوگانه و پین هول را نام برد. روشهای شیمیایی که اساسا وجود مقدار نسبی و غلظت کاتیونها را در خاک مورد ارزیابی قرار میدهند نیز خود در شکل های مختلفی توصیه شده است.

روش کرامپ

در این روش قطعه کوچکی از خاک با رطوبت حدود ۶۰٪ رطوبت حد خمیری به بعد تقریبی ۵ (mm) تهیه و به آرامی درون یک بشر حاوی ۲۵۰ mL آب مقطر قرار میگردد و پس از گذشت زمان ۱۵ دقیقه شدت وانکس آن نسبت به آب مورد ارزیابی قرار گرفته و واگرایی آن به شرح زیر ارزیابی میگردد

چنانچه هیچگونه فرسایش یا کدورت آب مشاهده نگردد، غیرواگرا میباشد.

اگر کدری مختصری در رنگ آب و پیرامون نمونه مشاهده شود، وانکس واگرایی ضعیف ارزیابی میگردد.

در صورتی که کدری آب در حد متوسط و بیشتر از حالت قبل باشد، واگرایی متوسط است.

واگر آب پیرامون نمونه کاملاً کدر و گل آلود شده و ذرات خاک کاملاً پناور شوند، وانکس شدید و خاک واگرا نامیده میشود

روش هیدرومتری دوگانه /

نسبت واگرایی در این روش از :: درصد ذرات کوچکتر از ۰/۰۰۵ mm (۵ میکرون) در آزمایش دوم :: تقسیم بر :: درصد ذرات کوچکتر از ۰/۰۰۵ mm (۵ میکرون) در آزمایش اول ::، حاصل x ۱۰۰ پدست می آید. آزمایش اول با استفاده از مواد شیمیایی و آزمایش دوم بدون استفاده از مواد شیمیایی صورت میگردد.

چنانچه نسبت واگرایی بیشتر از ۵۰٪ باشد، خاک دارای پتانسیل واگرایی میباشد و اگر این رقم بیشتر از ۳۵٪ باشد، خاک احتمالاً واگرا میباشد.

روش پین هول با استفاده از دستگاه مخصوص صورت میگردد.

چگونگی ایجاد خسارت /

معمولاً فرم اصلی پروژکسارت در کانالهای آبیاری احداث شده بر روی خاکهای واگرا، فرسایش و مهاجرت شدید ذرات خاک از بستر پوشش کانال و یا روی تاج خاکریز، خالی شدن پوشش های سخت پعلت عدو وجود تکیه گاه میباشند. در کانالهای دارای پوشش بتنی به واسطه ایجاد فضاها برای بزرگ ناشی از فرسایش خاک و اگر قطعات بتنی دچار ترک خوردگی شدید در جهات مختلف گردیده و بعضاً جابجایی یا لغزش یک قطعه از پوشش نسبت به قطعات مجاور مشاهده میشود. بطور کلی تخریب و ترک خوردگی قطعات بتنی عموماً موضعی و متناسب با محل ایجاد حفره فرسایش میباشند.

روشهای کنترل واگرایی /

پدیده واگرایی عموماً به مشخصات شیمیایی خاک وابسته است و در بسیاری از مراجع عدم استفاده از خاکهای واگرا در رابطه با سازه های آبی مورد توصیه قرار گرفته است. معهودا در شرایطی که استفاده از این خاک پعلت عدم دسترسی به مصالح مناسبتر یا عدم وجود توجیه اقتصادی الزامی باشد میتوان از روشهای زیر برای تثبیت خاک استفاده نمود.

- استفاده از آهک / افزایش یک تا ۵٪ وزنی آهک هیدراته به خاک رس و اگر، موجب جایگزینی کاتیونهای کلسیم بجای سدیم خاک گردیده و علاوه بر کاهش خاصیت خمیری، پتانسیل واگرایی آن را نیز کاهش میدهد.

- استفاده از سولفات آلومینیوم / افزایش ۵ تا ۱۰٪ وزنی سولفات آلومینیوم به خاک، علاوه بر افزایش مقاومت در برابر آب شستگی، باعث کاهش پتانسیل تورم پذیری و افزایش مقاومت برشی خاک نیز میگردد. قابلیت انحلال سولفات آلومینیوم در آب بسیار بیشتر از آهک است به علاوه اثرات منفی زیست محیطی افزایش سولفات آلومینیوم کمتر از آهک است. البته ایراد اساسی آن، هزینه بالا و ایجاد اسیدیته بیشتر در محیط است که میتواند از نظر رشد گیاه یک خاصیت منفی تلقی گردد.

- استفاده از گچ / افزودن گچ آبدار به خاک باعث مجتمع شدن ذرات رس و کاهش پتانسیل واگرایی میشود و عمل آن جایگزینی یونهای کلسیم بجای سدیم میباشد. مقدار گچ مورد نیاز باید متناسب با مشخصات شیمیایی خاک تعیین گردد. در این روش نیز پعلت قابلیت انحلال نسبتاً کمتر گچ در آب، عمل اختلاط و تاثیر گچ ممکن است با اشکالاتی همراه باشد.

- استفاده از سیمان پرتلند / افزایش مقدار یکم سیمان به خاک بستر (۸ تا ۴٪) میتواند جایگزینی یونهای کلسیم آزاد موجود در سیمان پرتلند و نیز با ایجاد خاصیت چسبندگی ناشی از هیدراتاسیون سیمان، ذرات رس و اگر ابرپنجوبی تثبیت نموده و خاصیت فرسایش پذیری آن را به میزان قابل ملاحظه ای کاهش دهد، بگونه ای که مخلوط های خاک سیمان حاصله پنجوبی قادر به تحمل جریان آب با سرعتهای ۲ متر بر ثانیه نیز بوده است.

- استفاده از فیلتر / استفاده از فیلتر مناسب میتواند احتمال وقوع فرسایش و آبشستگی در خاکهای واگرا را بسیار کاهش دهد این فیلترها از خروج و مهاجرت ذرات رس و اگر از محیط جلوگیری نموده و تدریجاً خاک و اگر را تثبیت مینماید.

ماهیت پدیده روانگرایی:

روانگرایی پدیده ای است که بر اثر افزایش ناگهانی فشار آب منفذی، کاهش تنش موثر ذرات خاک و در نتیجه کاهش شدید مقاومت برشی حاصل میشود که نهایتاً میتواند موجب تخریب و انهدام موضعی یا کامل سازه مستقر بر روی خاک گردد. این پدیده بویژه در خاکهای غیر چسبنده نسبتاً ریز اشباع و غیر مترکم که خاک دارای نفوذپذیری نسبتاً کم بوده و پخش فشار آب منفذی ناشی از شوک یا لرزشهای ناگهانی حادث شده بر اثر زلزله یا سایر عوامل در آنها امکان پذیر نمی باشد، از اهمیت زیادی برخوردار است. در خاکهای غیر چسبنده که در آنها چسبندگی برابر صفر باشد، کل مقاومت برشی تابع تنش موثر ذرات بوده

و چنانچه فشار آب منقذی شدیداً افزایش یابد، ممکن است این مقدار با تنش کل برابر، و تنش موثر را به صفر کاهش دهد که در این صورت مقاومت پرشی خاک به سمت صفر میل نموده و خاک مانند مایعات به حالت روان در آمده و موجب تخریب سازه های اجرایی روی آن میگردد.

روشهای تشخیص خاکهای روانگرایی /

اصولاً تشخیص پتانسیل روانگرایی پرمپنای ارزیابی عوامل (۱) دانه بندی خاک (۲) تراکم خاک و (۳) شرایط اشباع میباشد. خاکهای ماسه ای نسبتاً ریز و سست با طبقه بندی SP، SM-SP و یا SM در شرایط اشباع و با نبودن سفره آب زیرزمینی دارای بیشترین پتانسیل روانگرایی در صورت وقوع ضربات ارتعاشی شدید میباشد.

چگونگی ایجاد خسارت /

از آنجا که پدیده روانگرایی مقاومت پرشی خاک به سمت صفر میل نموده و خاک حالت روان پیدا میکند، لذا عارضه خسارت عموماً بصورت فرو رفتن سازه در خاک، تغییر شکلهای بسیار شدید پستروانهدام سازه میباشد. معیاداً همانطور که اشاره شد چگونگی بروز خسارت به طبیعت سازه (سنجینی) و شدت روانگرایی نیز بستگی دارد. در رابطه با پستروانهدامهای آبیاری ممکن است عوارضی چون لغزش، ریزش و فرونشستی مشاهده گردد.

روشهای کنترل روانگرایی /

در رابطه با کانالهای آبیاری، در صورتی که پدیده روانگرایی مسبب دراری خاکهای با پتانسیل روانگرایی به دلیل ممکن نباشد، روشهای افزایش تراکم خاک و تثبیت آن قابل طرح است.

- افزایش تراکم خاک / پتانسیل روانگرایی با میزان تراکم طبیعی خاک رابطه معکوس داشته و با افزایش تراکم، کاهش مییابد. به همین علت در مسیرهایی که خاکهای حساس به روانگرایی با تراکم نسبتاً کم وجود دارد میتوان تراکم خاک را درجا افزایش داد.

- تثبیت خاک / با افزودن مواد چسبنده به خاک، میتوان تثبیت اینگونه خاکها را افزایش داد. تزریق در خاک بکمه دوغ آب سیمان، بنتونیت یا سایر انواع رسهای مناسب، امولسیون قیر، رزین ها و سایر مواد شیمیایی روش مناسبی برای تثبیت اینگونه خاکها محسوب میگردد.

خاکهای رمپنده:

ماهیت پدیده رمپندگی /

رمپنده یعنی بطور ناگهانی خراب شدن. در رابطه با خاک این واژه برای بیان حالتی بکار برده میشود در رابطه با خاک این واژه برای بیان حالتی بکار برده میشود که ساختمان طبیعی خاک بنا به علی بطور ناگهانی در هم فرو میریزد و به اصطلاح دچار تخریب میشود در نتیجه آن سطح خاک دچار نشست ناگهانی شده و ممکن است به سازه های احداث شده بر روی اینگونه خاکها خسارت سنگینی وارد شود. وقوع این پدیده مختص خاکهایی است که دارای ساختمان متخلخل و ذرات با اتصال ضعیف میباشد. بطور اخص خاکهای سیلتی و ماسه خیلی ریز با ساختمان لانه زنبوری دارای این ویژگی میباشد.

پدیده رمبندگی فرآیندی است که طی آن وپراثر جذب آب توسط ذرات خاک، نیروهای ملکولی بین ذرات طی مکانیزم های متفاوتی نظیر نرم شدگی، از بین رفتن نیروی مویینگی بین ذرات، حذف نیروی مکش پراثر اشباع شدن و یا قرونی تنش برشی نسبت به مقاومت و غیره از بین می رود. بطور کلی هرگاه دو شرط زیر برقرار باشد پدیده رمبندگی وجود دارد:

- اول اینکه خاک دارای ساختمانی باز و حاوی خلل و فرج قابل ملاحظه باشد. در این حالت ساختمان خاک پگونه ای است که درون آن حفرات متعددی وجود داشته و اطراف این حفرات توسط ذرات بهم چسبیده خاک احاطه شده و در حالت خشک کاملاً پایدار و مقاوم می باشد اما پراثر تماس با آب یا فشار پیش از حد معین اتصال ذرات از بین رفته و ساختمان خاک بطور ناگهانی فرو می ریزد.

- دومین شرط برای وقوع پدیده رمبندگی، اشباع نبودن و نیمه پایدار بودن ساختمان آن است که در این حالت پایداری ظاهری خاک میتواند ناشی از کشش مویینگی بین ذرات ریز دانه غیر چسبیده و غیر اشباع و یا در اثر عوامل سیمان کننده نظیر ذرات رسی، سیلتی، املاح کربنات کلسیم یا اکسیدهای آهن باشد. احداث سازه های آبی از جمله کانالها، روی اینگونه خاکها، موجب اشباع شدن خاک و از بین رفتن خاصیت سیمانی بین ذرات، تخریب ساختمان خاک و در نتیجه ایجاد پدیده رمبندگی میگردد.

روشهای شناسایی خاکهای رمبنده /

با انجام آزمایشات (۱) ارزیابی دانه بندی خاک و (۲) ارزیابی تراکم خاک در جا، میتوان خاکهای رمبنده را شناسایی نمود. بطور کلی خاکهای رمبنده دارای دانسیته طبیعی کم تا خیلی کم بوده و تشخیص آن بسیار راحت است. این گونه خاکها به رطوبت زیاد تراکم حساسیت زیادی دارد.

روشهای کنترل رمبندگی /

برای کنترل رمبندگی و اصلاح آن لازم است ساختمان سست ذرات خاک قبل از احداث سازه فروریخته شده و پس از اطمینان از ایجاد بستری مترکم، احداث سازه آغاز گردد. جهت انجام این کار ابتدا باید بستری کانال را در مسیر مورد نظر برای مدتی به حالت غرقاب در آورد و پس از اطمینان از اشباع لایه خاک رمبنده، یکمک غلطک آندامترکم ساخت.

خاکهای انحلال پذیر:

ماهیت پدیده انحلال پذیری /

وجود مواد انحلال پذیر نظیر نمک طعام و گچ موجب میگردد تا پراثر تماس اینگونه خاکها با آب، مواد مذکور در آب حل شده و قسمتی از ذرات جامد موجود در توده خاک ضمن انحلال خارج شوند این پدیده در صورت تداوم می تواند موجب افزایش تخلخل و پوک شدن خاک گردد و نهایتاً با ایجاد نشستهای قابل ملاحظه، تخریب ساختمان خاک را موجب شود. از آنجا که در حال حاضر مقدار قابل توجهی از اراضی ایران حاوی گچ می باشد، این امر موجب بروز خساراتی در رابطه با سازه های آبی گردیده است. گچ در صورت تماس با آب و پراثر فرایند انحلال از محیط خاک خارج شده و ضمن افزایش تخلخل، باعث ایجاد تخریب در سازه های موجود بر اینگونه خاکها میگردد. مشکل دیگر این نوع خاکها آن است انحلال و خروج ذرات جامد گچ موجب چایگزین شدن آن با ذرات آب و در نتیجه افزایش رطوبت خاک میگردد که این امر نیز خود باعث کاهش مقاومت برشی خاک میگردد. حلالیت گچ در آب حدود ۹ گرم در لیتر است و سرعت انحلال آن به میزان زیاد به سرعت جریان و نفوذ پذیری محیط متخلخل بستگی دارد. پارامتر بیشتر شدن

باقث خاک و کاهش سرعت نفوذ آب، سرعت انحلال گچ پمیزان قابل توجهی کاهش مییابد بر این اساس خاکهای درشت بافت تر نظیر ماسه در صورت وجود گچ دارای خطر آب شستگی بیشتری نسبت به خاکهای رسی یا رسی سیلتی حاوی گچ میباشند.

روشهای تشخیص خاکهای گچی /

بطور کلی گچ بشکل سولفات کلسیم آبدار و در فرمهای بلوری مختلف در خاکها تظاهر مییابد و مقدار آن در خاک گچی ممکن است از حدود کمتر از ۵٪ تا بیشتر از ۵۰٪ وزن خاک تجاوز نماید. در صحرا میتوان یکمک تشخیص دانه ها یا بلورهای سفید رنگ متبلور در خاک و بررسی دقیقتر آنها توسط ذره بین، نوع اینگونه خاک را مشخص نمود. گاهی اوقات ممکن است دانه های سفید موجود در خاک آهکی بوده و با گچ اشتباه گردند که در این حالت با کمک معطل اسید کلریدریک رقیق میتوان به سهولت ذرات آهکی را تشخیص داد.

خاکهای ماسه ای ناپایدار؛

ماهیت پدید آمده ناپایداری ماسه ها و چگونگی ایجاد خسارت /

خاک ماسه ای ناپایدار از نظر سازه های آبی به خاکهایی اطلاق میشود که در تماس با آب جاری شدیداً و با سرعت فرسایش یافته و از محیط خارج میشوند. این خاکها میتواند نوعی خاک واکرا ولی با ماهیت فیزیکی باشد چرا که فرسایش و مهاجرت ذرات خاک صرفاً بر اثر عدم چسبندگی و ریز بودن ذرات انجام میشود. این خاکها دارای دانه بندی محدودی میباشد و شامل ماسه تمیز متوسط تا ریز با دانه بندی یکمواخت میباشد که در اصطلاح متداول عموماً ماسه پادی نامیده میشود. این خاکها علاوه بر دانه بندی ریز و فقدان چسبندگی، عموماً بدلیل ماهیت و شیوه انتقال و رسوب گذاری از تراکم ناچیزی نیز برخوردار میباشد و همین امر پتانسیل فرسایش پذیری آنها را در مقابل جریان آب بشدت افزایش میدهد. در صورت وجود این خاکها در بستر کانالهای آبیاری، جریان آب نشست یافته به پشت پوشش بتنی موجب شناور شدن، مهاجرت و در نتیجه فرسایش شدید گردیده و در نهایت حفرة های بزرگی در زیر پوشش بتنی حاصل میشود. با بزرگتر شدن حفرات ایجاد شده، قطعات بتنی پوشش کانال تکیه گاه خود را از دست داده، نهایتاً به دلیل مسلح نبودن دچار ترک خوردگی و خرد شدگی میگردد.

روشهای تشخیص ماسه های ناپایدار /

اگر پیش از طراحی و اجرای یک شبکه آبیاری شرایط زمین شناسی سطحی منطقه مورد بررسی دقیق قرار گیرد، وجود و گسترش خاکهای ماسه ای ناپایدار به سهولت قابل مطالعه و پیش بینی است.

روشهای اصلاح خاکهای ماسه ای ناپایدار /

در صورت تشخیص وجود لایه های ماسه ای در مسیر کانالهای آبیاری میتوان با اتخاذ یکی از روشهای زیر به مقابله با مشکل پرداخت:

- تعویض مسیر برای احراز از برخورد با خاکهای مذکور

- تعویض خاک پستری

- تثبیت خاک پستری با روش اختلاط با مصالح ریزدانه مرغوب

- تثبیت خاک پستری با روش تریق دوغاب سیمان، امولسیون قیر، بنتونیت، رزین و سایر مواد شیمیایی

خاکهای آلی و ضعیف:

این گروه از خاکها بدلیل شرایط ذاتی خود دارای مشکل میباشند. معمولاً خاکهای حاوی مقدار قابل توجه مواد آلی، به دلیل فساد پذیری این مواد پوک و نشست پذیری شدید دارای رفتار غیر قابل پیش بینی بوده و اصولاً قابل اعتماد برای احداث سازه های آبیاری نمی باشند. خاکهایی که حاوی بیشتر از ۲ تا ۵٪ مواد آلی باشند، اصولاً برای احداث سازه ها از جمله کانالهای آبیاری مناسب تلقی نمی گردند. سایر خاکهای ضعیف نیز شامل خاکهای پالایی، اراضی لجن زار و خاکهای ریزدانه حاوی رطوبت زیاد میباشند که عموماً از مقاومت پرشی بسیار کم و نشست پذیری خیلی زیاد برخوردارند به همین دلیل این خاکها در شیبهای متداول برای احداث کانالهای آبیاری (۵/۱) پایدار نبوده و عموماً دچار لغزش یا ریزش میشوند. لذا بطور کلی احداث کانالهای

آبیاری در این نوع خاکها همواره با مشکلات اجرایی و بهره برداری فراوانی مواجه خواهد بود.

تشخیص خاکهای آلی و ضعیف در حین مطالعات ژئوتکنیک به سهولت و با کمک آزمایشهای متعارف قابل انجام است. برای اجرای کانالهای آبیاری در خاکهای ضعیف، ممکن است تا لازم گردد تا یک یا چند مورد از روشهای زیر اجرا گردند:

- تعویض مسیر
- پایین انداختن سطح آب و خشکانیدن خاک پستر
- تعویض خاک
- اصلاح و تثبیت خاک با کمک روشن اختلاط با مصالح مناسب

ساخت کانالهای آبیاری در خاکهای گچ دار، محدودیتها و راه حلها:

در این قسمت به بررسی سازه ها در خاکهای حاوی گچ پرداخته میشود. از آنجا که طراحان سازه ها اهمیت چندانی به وجود گچ نمیدهند لذا بررسی این موضوع اهمیت فراوانی دارد.

گذشته از آنکه کم و کیف گچ موجود در خاک بر این پارامترها موثر است بایستی به عوامل مهم دیگری نیز اشاره نمود که از آن جمله اند:

- نوع و غلظت کاتیونهای موجود در خاک
- نوع و غلظت کاتیونهای موجود در آب منفذی و یا آبی که توسط پدیده نشست به خاک وارد خواهد شد.
- درجه اشباع خاک
- درصد تراکم خاک
- درصد تحکیم خاک
- وضعیت تنشهای اعمالی بر خاک و گرا دیان هیدرولیکی اعمالی بر آن
- PH خاک و آب موجود در آن

مشکلات ساخت سازه ها در خاکهای گچ دار:

در اغلب موارد وجود گچ در خاک موجب مشکلات عمده ای در ساخت سازه ها بر روی اینگونه خاکها و نیز کاهش عمر مفید آنها میگردد. ترمیم خاکهای سدیمی جهت اهداف کشاورزی صورت میگیرد (بصورت اضافه کردن گچ به خاک). اگر در خاک کربنات سدیم

وجود داشته باشد (که بدترین حالت گلیاییت در خاکهای گلیایی است) واکنش شیمیایی انجام میشود، سدیم از خاک خارج شده و کربنات کلسیم جایگزین آن میشود.

از دیدگاه مهندسی سازه، بیش از ۴٪ گچ در خاک عمدتاً سبب تخریبهای سازه ای خواهند شد.

این نکته دارای اهمیت است که در اکثر تحقیقات بعمل آمده وجود یون کلسیم و جایگزین شدن آن بجای سدیم موجود در کانی های خاک بعنوان راه حلی جهت کاهش پتانسیل تورم یا انقباضی خاک مثبت ارزیابی شده است لیکن در گچ $CaSO_4$ که یون کلسیم نیز وجود دارد، بعلاوه امکان انحلال آن در آب، خطر پوک شدن خاک و سست شدن ذرات خاک بوجود می آید و در اینگونه خاکها پالایندن Ca به تنهایی بیاتکر بهتر بودن شرایط خاک نمیباشد.

تأثیر PH

اینکه تغییرات PH روی نفوذپذیری خاک موثر است یا خیر، بستگی به پارامترهایی همچون کانی های تشکیل دهنده خاک، ساختار فیزیکی آن، کم و کیف مواد شیمیایی موجود در خاک و آب پین ذرات آن و نیز آب عبورکننده از خاک. . . دارد. با این حال برای یک خاک با مشخصه های ثابت که تنها PH آن تغییر یابد این نتیجه حاصل میگردد «از آنجا که خاکهای کچی عموماً $PH > 8$ دارند لذا افزایش PH سبب افزایش حد خمیری، افزایش حد روانی و افزایش نفوذپذیری میگردد».

ملاحظه شده است که در یک خاک رس با افزایش PH از ۷ تا ۱۱ (ممکن است حد خمیری ۲۵٪ و حد روانی ۵٪ و نفوذپذیری از ۰ تا ۲۲٪ افزایش یابد). (البته در این قسمت پارامترهای دیگر در نظر گرفته نشده است). ذکر این نکته ضروری است که تغییرات PH در خاک میتواند ناشی از پارش پارانهایی اسیدی باشد. (قریب به ۵٪ حجم نفت در تصفیه خانه ها به گاز SO_2 تبدیل میشود. هنگام پارتدگی در پراکاتالیزور مناسبی همچون رعد و برق، گاز SO

با آب موجود در هوا واکنش شیمیایی انجام داده و به اسیدسولفوریک تبدیل میشود و یا CO_2 ، CO ناشی از سوخت مواد فسیلی در هوای سرد سریعاً به بخار آب تبدیل شده و آنگاه با آب واکنش نشان داده و اسید بوجود می آورد). ممکن است پارانهایی حاوی اینگونه اسیدها دارای PH برابر ۶ و حتی ۵/۵ باشد بنابراین نتیجه میگیریم که اولین پارش های سالیانه میتواند در PH خاک مناطق مختلفی از خوزستان تأثیرگذار باشد.

کانی های خاک:

گرچه مسلم است که کانپهای تشکیل دهنده خاک بر رفتار آن تأثیر مستقیم دارند ولی تا بحال هیچ رابطه دقیقی بین نوع کانپها، درصد گچ و مشخصه های اساسی خاک ارایه نشده است.

سرعت انحلال:

اگر حفرات خاک یا درزهای موجود در سنگ گچ در تحت گرا دیان هیدرولیکی ثابت قرار گیرند انحلال گچ موجود آغاز شده و در رسول مسیپر جریان آب موجب افزایش حفرات یا درزها گردیده و این افزایش از قسمت ورودی پسمت خروجی کاهش می یابد. همچنین در طول مسیپر جریان آب در جاهایی که ژپیس خالص باشد، افزایش قطر نسبت به نقاط اطراف پیشتر خواهد بود. در حالت آب غیر اشباع، گسترش درزه بغیر از درزه هایی که عرض کمتر از $mm \cdot 0.1$ دارند رخ نمیدهد. این درحالتی است که درزه ها در حالت آب اشباع از یون سولفات کلسیم، افزایش آبگذری از خود نشان میدهند. سرعت انحلال گچ در آب تابع متغیرهای

زیادی است. (دریک آزمایش، با عبور جریان از نمونه و عبور مجدد آب رد شده از نمونه به سیستم و ثبت تغییرات غلظت ماده حل شده، میتوان میزان انحلال را بدست آورد. هرچه سطح انحلال و سرعت جریان آب بیشتر شود مقدار انحلال بیشتر میشود.)

مقدار EC و تناسب آن با درصد گچ موجود در خاک:

بطور کلی با افزایش غلظت سولفات کلسیم، مقدار EC نیز افزایش می یابد.

اشکال مختلف تخریبهای ناشی از وجود گچ در خاک:

- در مناطقی که سطح آبهای زیرزمینی بالاست و یا به علت جریان آب، خاک پیرامون سازه اشباع میگردد. با انجام واکنشهای شیمیایی بین آب، گچ و خاک، سولفاتهای جدیدی تولید می شوند که سبب تشدید تخریبهای شیمیایی در بتن میگردد.

- در اثر اشباع شدن خاک، کاتالیزور مناسب آب سبب افزایش فعل و انفعالات شیمیایی بین کاتیونهای موجود در خاک میگردد. بسته به نوع و کمیت املاح خاک یا املاح معطول در آب بین منافذ خاک یا آب در حال جریان از خاک، می توان انتظار واکنشهای متفاوتی داشت. مثلاً در صورتی که آب خالص در خاک جریان یابد یا سبب اشباع آن شود، خطر حل شدن گچ در خاک بیشتر خواهد بود اما اگر آب حاوی املاح زیادی باشد تبادل کاتیونی به سختی صورت میگیرد و در نتیجه حل شدن گچ در آب بسیار کمتر خواهد بود. در هر حال نوع دوم تخریب بواسطه گچ، بعلاوه حل شدن گچ در آب و خارج شدن آن از محیط انجام میشود که این خود موجب افزایش تخلخل خاک و متعاقباً پوک شدن، کاهش مقاومت پرسی، افزایش نشست پذیری و در کل ضعیف استراکچر (ساختمان) خاک میگردد.

- اثرات مکانیکی ایجاد سوراخ و گودال در خاکهای مجاور سازه ها؛ این اثرات بیشتر از اثرات شیمیایی ناشی از انحلال گچ در آب موجود در خاک میباشد و این بعلاوه استمرار تخریبهای شیمیایی و نهایتاً تبدیل آنها به تخریبهای فیزیکی و متمرکز میباشد.

- بالا زدگی پوشش بتنی در شیب چداره کانالها که بعلاوه مرطوب شدن و در نتیجه افزایش حجم خاک گچ در خشک صورت میگردد

- ایجاد نشستهای موضعی در زیر پوشش بتنی کانالها و در نتیجه فرورفتگی پوشش بتنی و ایجاد ترک در سطح بتن که نهایتاً موجب افزایش نفوذ آب بدرون خاک میگردد که با افزایش وسعت اینگونه تخریبها ممکن است حفره هایی در زیر پوشش بتنی در کف یا چداره کانالهای آبیاری و یا خاک پشت کانال و یا حتی در کنار پی سایر سازه ها ایجاد شود. این حفره ها میتواند محل متمرکز آب و افزایش انحلال گچ و نهایتاً تخریبهای وسیع آینده باشند.

- ایجاد ترکهای طولی یا عرضی در مقطع کانالهای بتنی؛ اکثر ترکهای طولی بتن کانالها در خط مرکزی خاک خشک و اشباع به وقوع میپیوندند و این به تغییر فشار اعمالی بر پوشش بتنی از سوی خاک دارد چرا که در خاک اشباع بعلاوه انحلال گچ، تخلخل خاک و نهایتاً پوکی آن افزایش یافته و نشست پذیری آن نسبت به خاک خشک افزایش یافته و باربری آن کاهش می یابد.

- تخریب کامل مقطع؛

۱- عملکرد نامطلوب تاسیسات هیدرولیکی همچون سیفون ها، کالورتها، کیپ شدن آشغال گیرها و... سبب بالا آمدن آب از آنها شده، حجم قابل توجهی از آب وارد خاک میگردد. اگر ورود آب به خاک با شدت جریان آب (بصورت چوبیاری چه در سطح و چه در عمق) همراه باشد، امکان انحلال سریع گچ در آب و شسته شدن خاک افزایش مییابد. با شسته شدن خاک، شیار ایجاد شده در محل تراوش، عمیق تر شده و لایه های جدیدتری از خاک گچ دار در معرض خطر انحلال و شسته شدن قرار میگیرد. اگر جریان آب قطع نشده و سرعت انحلال گچ زیاد بوده و حجم قابل توجهی از خاک حاوی گچ در حال انحلال باشد و روند خارج شدن خاک از سایت میتواند به قدری سریع باشد که موجب تخلیه عمده خاک پارگردد. بنابراین سازه ای متکی به اینگونه خاکها دچار شکست سازه ای و نهایتاً تخریب موضعی و سرانجام تخریب کامل میگردد توجه شود که آشفته شدن جریان آب در خاکها باعث بهم ریختن بافت خاک و چسبایی ذرات توده ای خاک شده و شرایط قانون داری نقص میگردد.

۲- فرار آب از درز پین پانلها بعلاوه عدم آب بندی مناسب آنها و عبور آب از ترکهای ایجاد شده در سطوح بتنی کاتالها باعث تمرکز تراوش آب گردیده و میتواند روند تخریبی مورد اشاره را بوجود آورد.

روش های کاهش پتانسیل تخریب سازه ها:

بدون شک جهت انحلال گچ در خاک باید آب وجود داشته باشد. لذا کلیه روشهای ترمیم خاک گچ دار دربرگیرنده کاهش امکان دسترسی آب به خاک و حتی المقدور ایجاد لایه نفوذناپذیر پین آب و خاک میباشند. نفوذ آبهای سطحی به خاک، وجود و حرکت آبهای زیرزمینی و هرچه خالص تر بودن اینگونه آبها میتواند پتانسیل انحلال را افزایش دهد.

روشهای کاهش پتانسیل تخریب سازه بر روی خاک گچ دار شامل ۴ دسته کلی میباشند:

الف- تعویض خاک ب- ترمیم خاک ج- تثبیت خاک د- استفاده از غشاء نفوذناپذیر و یکبارگیری شکردهای مهندسی

تعویض خاک /

چایگزین کردن خاک مناسب با نفوذپذیری کم بجای لایه های سطحی خاک گچ دار خصوصاً در مناطقی که سطح آب زیرزمینی پایین بوده و زهکشهای مناسب برای جمع آوری آبهای سطحی بوجود آید، بسیار مناسب خواهد بود. البته استفاده از این روش در سازه های خطی مفید خواهد بود. تعویض خاک با پستی تارسیدن به خاکهای خوب و مناسب صورت پذیرد. عمق عملی تعویض معمولاً ۵۰ تا ۱۰۰ cm است. استفاده از این راهکار جهت ساختن سازه های متمرکز بعلاوه بالا بودن میزان نشستهای تحکیمی توصیه نمی شود.

تثبیت خاک /

- تثبیت خاک با سولفات آلومینیوم با درصد ۱۰/۱ الی ۶/۱٪ : خصوصاً یکی از راههای عملی ولی گران قیمت است که سبب چایگزینی کاتیون پاترفیت بالاتر بجای سدیم در خاک میگردد. اگر طبیعت خاک گچ دار به گونه ای باشد که وجود توام SO₄ و Na باعث ضعف هایی در خاک شده باشد با حذف Na میتوان شاهد بهبود خواص خاک بود.

- استفاده از شیره آهک با درصد وزنی ۱ الی ۴٪ :

- استفاده از آهک : در اثر اختلاط رس با آهک، ذرات رس تمایل به چفت شدن با یکدیگر و تشکیل ذرات بزرگتر دارند. این فرایند سبب کاهش حد روانی و نشانه خمیری و افزایش حد خمیری حد انقباض و کارایی خاک گردیده و در کل خواص مقاومتی خاک بهبود می یابد. تجربه نشان میدهد که رسهای کلسیم دار به راحتی با اضافه کردن سیمان پایداری میشوند لیکن رسهایی که دارای یونهای سدیم و هیدروژن بیشتری هستند و طبیعت توری دارند، با آهک بهتر تثبیت میگردند.

- استفاده از سیمان : تثبیت با سیمان برای رسهایی که حد روانی کمتر از ۴۵ تا ۵۰ و نشانی خمیری کمتر از ۲۵ داشته باشند، عملکرد بهتری دارند.

استفاده از غشاهای نفوذناپذیر :

- استفاده از الیاف کشتی مانند ساقه برنج، شلتوک و... در خاکهای رس سبب کاهش وزن مخصوص خشک شده همچون درصد تورم نمونه ها را کاهش میدهد.

- استفاده از غشاهای نفوذناپذیر و شکردهای مهندسی : توصیه های استفاده از این روش عبارتند از :
 ۱- قرار دادن کانالها تا حد ممکن در پخش (بجای خاکریزی) و خارج کردن خاکهای مازاد تا حد امکان
 ۲- مسیر کانالهای پرسی (کات) که برای کانال طازی در نظر گرفته شده است باید مقدما مرطوب شوند
 ۳- کلیه حفرة ها و گودالهای موجود در خاک با یستی با مصالح مناسب پر شوند. در صورت ساخت سازه ای هیدرولیکی که امکان نفوذ آب به خاک بیشتر است بهتر است مخلوطی از سیمان و ملات رس و یا شفته آهک مورد استفاده قرار گیرد.
 ۴- پوشش نفوذناپذیر میتواند از نوع PVC, Polymeric، پلی اتیلن، رتومپران، رتوکمپوزیت... بتن مسلح پیش ساخته، بتن غیر مسلح لایننگ و... باشد.

۵- استفاده از سیمانهایی که تری کلسیم آلومینات کمتری دارند (تیپ ۵)

۶- کاهش سطح آبهای زیرزمینی نیز راهی مفید جهت کاهش پتانسیل تخریب ساختار خاک میباشد. در مناطقی که سطح آبهای زیرزمینی بالا است با جایگزینی سولفاتهای جدید، تخریب بتن سازه سریعتر صورت میگیرد لذا تعبیه زهکشهای مناسب یا تخلیه آبهای زیرزمینی به هر روش ممکن بسیار مهم خواهد بود.

بطور خلاصه در خصوص مشکلات و راه حلهای مربوط به گچ موجود در خاک را میتوان به صورت زیر بیان نمود :

- مقدار گچ که نشین شده با میزان واقعی گچ در خاک تطبیقت نمی نماید.

- میزان خسارت وارده با مقدار گچ در خاک در تناسب نمی باشد.

- ظاهرا شکل گچ موجود در خاک پودری یا پلورمانند و نحوه پخش آن بصورت متمرکز یا مخلوط یا با خاک، از عوامل مهم پتانسیل تخریب بشمار میروند.

- اثرات مکانیکی تولید حفرة و گودال در کانالهایی که در خاکهای گچ دار ساخته شده اند پیش از اثرات شیمیایی ناشی از انحلال مواد در آبهای مورد آبیاری میباشد.

- فعالیت انیدریت بیشتر از ریپس است.

- اگر در سایت گنگومرا بارگه هایی از ریپس یا انیدریت داشته باشیم خطر شکست سنگ فراوان خواهد بود.

افزایش درصد سیمان از صفر به ۵٪ سبب رشد EC از ۵ به ۴۰ میکروموس خواهد شد در حالیکه افزایش درصد روغن سوخته از صفر به ۱۰٪ مقدار EC را از ۱۰ به ۳۰ میکروموس ترقی میدهد. لیکن افزایش آهک از ۰ به ۷٪ سبب کاهش EC از ۴۰ به ۱۰ میکروموس میشود. درصد راج و کج تاثیر چندانی بر تغییرات EC نخواهد داشت.

تغییرات درصد کج از ۰ به ۲۰٪ تاثیر قابل ملاحظه ای بر میزان PH نداشته است. روغن و راج نیز تاثیر قابل توجهی بر PH نداشته اما افزایش درصد سیمان از ۰ به ۱۰٪ در میزان PH از ۷/۵ به ۱۲/۵ تاثیر ممتد میبندد. همین تغییر PH با افزایش آهک از ۰ به ۷٪ صورت گرفته است.

آهک تاثیر مهمی بر تغییر pi داشته و تنها افزودن آن سبب کاهش pi از ۱۲ به ۰ شده است این نرخ کاهش برای افزودن سیمان در محدوده بالای ۴٪ رخ داده است اما در اثر افزایش سیمان از ۰ به ۴٪ pi از ۰ به ۴ کاهش یافته است. سایر مصالح تاثیر مهمی بر تعیین pi نداشته است.

حساسیت تغییر مقدار کاتیونهای اصلی به سیمان و روغن محدود شده است. افزایش روغن از صفر تا ۷/۵٪ مقدار کاتیونهای اصلی را از ۵۰ به ۳۲۵ میلی گرم در لیتر افزایش داده است.

زاویه اصطکاک داخلی به تغییر میزان کج حساسیت مهمی نشان نداده و با افزایش درصد کج کاهش قابل توجهی در مقدار ضریب چسبندگی ملاحظه نشده است. افزایش راج از ۰ تا ۷/۵٪ سبب افزایش ضریب چسبندگی از ۵ به ۹ شده است. تغییرات کج و روغن سوخته کاهش بسیار اندکی بر ضریب چسبندگی اعمال نموده اند.

افزایش کج از ۰ تا ۵٪ سبب افزایش زاویه اصطکاک داخلی از ۳۵ تا ۵۰ درجه گردیده است یعنی در صورت عدم امکان انحلال کج در آب حضور کج سبب افزایش مقاومت برشی خاک گردیده است. روغن سوخته و سولفات آلومینیوم تاثیر اندکی بر زاویه اصطکاک دارند. البته تاثیر سولفات آلومینیوم (راج) اندکی محسوس تر بوده بنحوی که وجود ۷/۵٪ آن سبب کاهش زاویه اصطکاک از ۵۵ به ۴۸ درجه گردیده است.

آزمایش برش مستقیم بر روی نمونه هایی که در درصد رطوبت پهنه مترکم شده اند صورت گرفته است. در کل میتوان نتیجه گرفت که افزودن حدود ۲٪ آهک سبب بهبود مقاومت برشی خاک شده است در حالیکه برای تامین همان بهبود توسط سیمان به حدود ۵٪ سیمان تپ یک نیاز خواهیم داشت.

نهایتاً افزودن (۳٪ آهک همراه با افزودن حداکثر ۷٪ روغن سوخته خودرو (ماشین)) به خاک کج دار سبب بهبود خواص آن جهت ساخت کانالهای آبیاری شده است این نوع طرح اختلاط گذشته از اجرایی بودن و صرفه اقتصادی داشتن موجب کاهش نفوذپذیری خاک و بهبود خواص مقاومتی آن میگردد.

نتیجه گیری :

جهت ساخت کانالهای آبیاری موارد ذیل باید مد نظر کارشناسان و طراحان محترم قرار گیرد تا بهترین کانالهای آبیاری در ایران پزرگ ساخته شود.

شناخت خاک جهت ساخت سازه های بتنی بسیار پر اهمیت است. تجربی که خاک میتواند برای کانالهای آبیاری و سازه های بتنی ایجاد کند، بسیار گسترده و خوشبختانه قابل پیشگیری میباشد. غافل شدن از دانه بندی خاکها، بی توجهی به جهت حرکت آبهای زیر زمینی، بررسی نکردن دقیق ساختمان خاکها، در نظر نگرفتن لایه های مختلف خاک در کنار یکدیگر و نشناختن

عملکرد هر لایه، اختلاط غلط و سلیقه ای خاکها جهت استفاده در بزم کانال، پکارگیری غلط شفته آهک در موارد مورد نیاز، در نظر نگرفتن مواد آلی موجود در خاکها، پی توجهی به گیاهان موجود در خاکهای مورد استفاده در بزم کانال و همچنین ریشه های درختان، پکارگیری غلط از لوله های لترال و پارپاکان، ایجاد نکردن بستری مناسب در زیر سازه ها برای حرکت آب، عدم اطلاع از چگونگی قرار گرفتن بتن بر روی خاکهای مختلف، عدم توجه به نوع گسلهای موجود در اطراف سازه های در دست احداث و نیروهای فشاری و کششی گسلها، ایجاد تراکم های یکنواخت خاکریزها در کل مسیر کانالهای آبیاری بدون توجه به وضعیت شیب و خاک منطقه، تخلیه پی رویه و غیر کارشناسانه آپهای زیرزمینی موجود در مسیر کانالهای آبیاری، پی توجهی به اختلاط بتن و خاکهای موجود در مصالح شن و ماسه، ایجاد درز انبساط بدون توجه به مکان ماکزیمم تنش خاک، خالی گذاشتن محدوده لاینینگ شده برای مدت طولانی و دهها مورد دیگر عواملی برای تخریب تدریجی کانالهای آبیاری و سازه های مربوطه میباشد.

مواردی که نیاز است متخصصین پیشتر به آن پیرواژند، در خصوص رفتار لایه های مختلف خاک نسبت به یکدیگر، خصوصاً در مقابل جریان آب میباشد. طبق تجربه بدست آمده، هرکجا که لایه های طبیعی خاک متنوع تر باشد و حد اقل یکی از آن لایه ها از رس تشکیل شده باشد، لاینینگهای واقع شده در آن محدوده در خطر ترکهای عمیق و شکستن قرار میگیرند. برخی از لایه ها (لایه A) به راحتی آب را از خود عبور میدهند و در صورتی که در مجاورت این لایه، یک لایه تورم زا با قابلیت جذب آب زیاد قرار گیرد، لایه A فشرده شده و هر سازه های که روی آن بنا شده باشد به راحتی مورد تهدید قرار میگیرد.

مطلب دیگری که کلیه مشاوران و پیمانکاران باید مد نظر داشته باشند این است که در مناطقی که درصد خاک رس زیاد است و حداقل یک دوم کانال در قسمت کات قرار میگیرد، و در صورتی که سطح آب زیر زمینی بالا است، نباید حد فاصل بین تخلیه کامل آب زیر زمینی با عملیات لاینینگ پیشتر از ۴۸ ساعت بطول انجامد. تجربه پیش از ۱۷ کیلومتر لاینینگ این مطلب را برای اینچنان ثابت نموده است که در صورتی که این فاصله از مرز ۷۲ ساعت بگذرد، بدلیل کارکرد وسایل سنگین در کف کانال، رس ها به هم فشرده شده و پس از اجرای لاینینگ و رها کردن آپهای زیر زمینی به حال خود و بالا آمدن آن، رس ها آب را جذب کرده و عمل تورم صورت میگیرد. قدرت این رس ها جهت تخریب کانال بسیار بالا بوده و در نقاطی شاهد شکستن کات اف نیز بوده ام.

تغییر سرعت آب در لایه های مختلف خاک نیز باید مد نظر باشد و در صورت پی توجهی به این امر شاهد ترک و شکست لاینینگ خصوصاً در قسمت کف کانال خواهیم بود.

با رعایت نکات مهم وارزشمند اساتید و مهندسی که از مقالات تشات در این پروژه استفاده شده است، یقیناً شاهد بهبود سطح کیفی ساخت کانالهای آبیاری خواهیم بود.

به امید روزی که بتوانیم دست در دست هم داده و با پکارگیری تمامی علوم کسب شده و با بهره گیری از اساتید برجسته ایران و با در نظر گرفتن تجارب بسیار مفید وارزشمند مهندسیین کارکشته، ایرانی آباد و سر سبز داشته باشیم.

در صورتی که تمایل دارید تا مقالات و مطالب علمیتان در این سایت قرار گیرد با مدیریت سایت تماس بگیرید

موفق باشید

فرزین نجفی پور