مجله تحقیقات آب و خاک ایران (41) 2، 1389 (256-251)

بررسی تأثیر وجود گچ و آبشویی آن بر ویژگی های مقاومتی خاک رسی

سمانه کارگر[1]*، علی رییسی[2] و حسن رحیمی[3]

[1] کارشناس ارشد سازه های آبی، [2] استادیار، [3] استاد گروه آبیاری و آبادانی، دانشکده آب وخاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

(تاریخ دریافت: 1388/6/28- تاریخ تصویب: 1389/3/22)

چکیده

یکی از عمده ترین مشکلات عملیات ساختمانی، جلوگیری از هرگونه تغییر شکل نامتعارف در پی سازه ها می باشد که اغلب می تواند منجر به تخریب سازه گردد. در این تحقیق تلاش گردیده است تا ویژگی های مقاومتی خاک رسی گچی و همچنین تأثیر آبشویی گچ از خاک بر نشست و مقاومت آن مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور نمونه های مصنوعاً گچی شده با درصدهای مختلف گچ، تهیه و آزمایش های متنوعی از قبیل تعیین حدود آتربرگ، تراکم، نشست تحت بار ثابت در حالت معمولی و همراه با آبشویی و تعیین مقاومت روی نمونه ها انجام شد. نتایج نشان دادند که افزایش مقدار گچ در کاهش حدود آتربرگ، وزن واحد حجم خشک، مقاومت و افزایش نشست نقش مهمی را دارا می باشد. از طرفی آشکار شد که آبشویی فاکتوری بسیار مهم در نشست های بعدی و کاهش مقاومت این خاک می باشد. بنابراین وجود گچ می تواند یکی از پارامترهای مهم مهندسی در عملیات ساخت سازه های هیدرولیکی محسوب گردد.

واژه های کلیدی: خاک گچی، مقاومت، آبشویی، نشست، وزن واحد حجم خشک

مقدمه

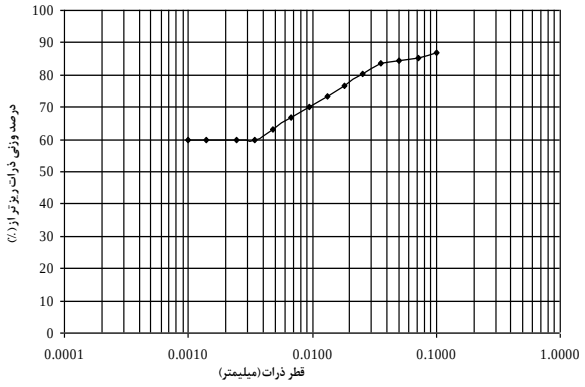
خاک های گچی در مناطق مختلف جهان از جمله خاورمیانه به ویژه در کشورهای ایران، اردن و ... بطور گسترده پراکنده می‌باشند. با توجه به گسترش اراضی گچی در ایران و توسعه پروژه های سد سازی و شبکه های آبیاری و زهکشی در این نوع خاک ها، ضرورت بررسی تأثیر وجود گچ و مقدار آن بر مشخصات خاک و نحوه عملکرد این خاک ها با گذشت زمان و نیز تأثیر آبشویی گچ از خاک بر ویژگی های آن، به منظور جلوگیری از هرگونه تخریب احتمالی در سازه ها احساس می شود. در ایران این موضوع مورد بررسی قرار نگرفته است و تنها در برخی گزارش ها به طور اجمالی به اثرات منفی وجود گچ در خاک و نقش ان در تخریب پوشش بتنی کانال ها اشاره شده است. در سطح بین المللی نیز تحقیقات اندکی انجام شده است که به برخی ار آنها اشاره می گردد. Akpokodje (1985) پس از تحقیق روی خاکهای گچی نتیجه گیری نمود که وجود تقریباً 20٪ گچ در خاکها، ویژگی های ژئوتکنیکی آنها را تحت تأثیر قرار می دهد و موجب می شود که توزیع اندازه ذرات و حدود آتربرگ که از جمله عوامل مورد نیاز برای طبقه بندی خاکها محسوب می شوند، مقادیر واقعی خود را نشان ندهند (Akpokodje, 1985). Petrukhin (1993) نشان داد وجود گچ در خاک نه تنها بر ساختمان خاک بلکه بر تخلخل آن نیز تأثیرگذار است که این امر به نوبه خود بر ویژگیهای مکانیکی و نفوذپذیری خاک اثر می گذارد. گچ خمیرایی خاکهای رسی را به طرز قابل ملاحظه ای تغییر می دهد و افزایش آن همواره سبب کاهش حد خمیری و شاخص خمیری خاک می شود (Petrukhin, 1993). Bjerrum تأثیر آبشویی نمک های محلول را بر مقاومت برشی نوعی خاک رسی با روش برش پره بررسی و نتیجه گیری نمود که مقاومت برشی زهکشی نشده در نمونه آبشویی شده 50٪ مقاومت برشی نمونه آبشویی نشده می باشد (Razouki and kuttah, 2007). Torrance آزمایش برش مستقیم را روی یک نوع خاک رسی گچی انجام داد و دریافت که مقاومت برشی نمونه آبشویی شده کمتر از نمونه مشابه آن که حاوی مقدار زیاد گچ است، میباشد (Razouki and Kuttah, 2007). Razouki and Kuttah (2007) تأثیر آبشویی بلند مدت بر پارامترهای مقاومت برشی یک خاک رسی گچی را بررسی کرده و نتیجه گیری نمودند که با افزایش مدت زمان آبشویی گچ، پارامترهای مقاومت برشی کاهش چشمگیری پیدا می کنند (Razouki and Kuttah, 2007). Razouki et al. (2008) آزمایش CBR را روی خاک رسی که حاوی 35٪ گچ بود انجام داده و نمونهها را با مدت زمانهای مختلف آبشویی نمودند. نتایج بدست آمده پس از آبشویی نمونه ها نشان دهنده کاهش عدد CBR بودند. آنها توصیه نمودند که اگر چنین خاک

* پست الکترونیک مکاتبه کننده: s_kargar2006@yahoo.com

هایی برای احداث سازه های خاکی و یا به عنوان مواد پرکننده در یک سازه استفاده می شوند، نباید در تماس با آب قرار گیرند (Razouki et al., 2008). در این تحقیق کوشش بر آنست تا ویژگی های مقاومتی خاک گچی به صورت دقیق مورد بررسی قرار گیرد و تأثیر وجود گچ و آبشویی آن بر این ویژگیها تعیین گردد.

2. روش انجام تحقیق

برای انجام این کار تحقیقاتی یک نوع خاک رسی فاقد گچ از منطقه مغان تهیه گردید. در ابتدا به منظور تعیین برخی ویژگی های عمومی این خاک، آزمایش های شناسایی شامل آزمایش دانه‌بندی (ASTM-D422)، تعیین حدود آتربرگ (ASTM-D423,424)، تراکم(ASTM-D698) و تحکیم (ASTM-D2435) بر روی آنها انجام شد. منحنی دانه بندی خاک در شکل (1) نشان داده شده است. مقدار رس خاک تقریباً ٪ 62 و حد روانی (LL) و حد خمیری (PL) آن به ترتیب برابر با ٪75/5 و ٪ 33 می باشند. نتایج دانه بندی و حدود آتربرگ نشان دادند که این خاک، خاکی رسی با پلاستیسیته بالا می باشد که مطابق با طبقه بندی سیستم یونیفاید در گروه خاک های CH قرار می گیرد. نتایج آزمایش های تراکم و تحکیم در جدول (1) نشان داده شده است. به منظور بررسی تأثیر گچ بر تغییرات ویژگی های فیزیکی و مقاومتی خاک رسی مورد مطالعه، این خاک توسط پودر سنگ گچ طبیعی مصنوعاً گچی شد. انجام آزمایش تعیین درصد گچ به روش استون نشان داد که مقدار گچ سنگ گچ های تهیه شده برابر با 65 درصد می باشد. این سنگ گچها پودر شده و از الک شماره 40 عبور داده شدند. نمونه های مصنوعاً گچی شده از اختلاط خاک با درصدهای مختلف گچ (5، 10، 15، 20، 30 و 40 درصد) بدست آمدند. به منظور ارزیابی تأثیر گچ بر خواص فیزیکی و مکانیکی خاک، آزمایش های مختلفی مطابق استاندارد ASTM روی نمونه های مصنوعاً گچی شده انجام گردید که عبارتند از:



شکل 1- منحنی دانه بندی خاک رسی مورد مطالعه

جدول 1- برخی ویژگی های خاک رسی مورد مطالعه

وزن واحد حجم خشک ماکزیمم (kN/m^3)	رطوبت بهینه (درصد)	فشار پیش تحکیمی (kPa)
15/1	24/8	319

الف) آزمایش حدود آتربرگ (ASTM-D423,424)- آزمایش تعیین حدود روانی و خمیری برای نمونههای مصنوعاً گچی شده انجام شد. در نمونه غیر گچی حرارت خشکانیدن نمونه 105 درجه سانتیگراد بود اما به دلیل آزاد شدن آب تبلور گچ در این درجه حرارت، برای نمونه های گچی حرارت خشکانیدن نمونه ها 60 درجه سانتیگراد منظور گردید. رطوبت بدست آمده در این دما با استفاده از رابطه (1) (Petrukhin, 1993) به رطوبت مربوط به حرارت 105 درجه سانتیگراد تبدیل شد.

$$w_{clay} = 1.007 w_{60} + 0.007 \quad (1)$$

ب) آزمایش تراکم (ASTM-D698)– آزمایش تراکم روی نمونههای مصنوعاً گچی شده انجام شد تا اینکه تأثیر گچ بر رطوبت بهینه و وزن واحد حجم خشک معین گردد. به علاوه از آنجا که سایر آزمایش ها مانند تک محوری و CBR نیازمند آماده سازی نمونه خاک با مقدار رطوبت و وزن واحد حجم معین می باشند، بنابراین انجام آزمایش تراکم ضروری می باشد.

ج) آبشویی- به منظور بررسی تأثیر گچ بر فرآیند نشست خاک رسی، ابتدا نمونه های مصنوعاً گچی شده در رطوبتی که دو درصد کمتر از رطوبت بهینه بود، متراکم شدند. سپس از خاکهای متراکم شده نمونه هایی تهیه و فشار پیش تحکیمی آنها توسط آزمایش تحکیم تعیین شد. پس از آن، مجدداً نمونه هایی گچی با همان مقدار رطوبت تهیه و هر یک از نمونه ها به مدت 24 ساعت با همان مقدار رطوبت در دستگاه تحکیم قرار گرفتند و براساس فشار پیش تحکیمی خاک رس که در ابتدای آزمایش ها انجام گرفته بود، بارگذاری شدند و تغییر شکل (نشست) نمونه ها در اولین لحظه بارگذاری و 24 ساعت پس از آن ثبت گردید. به منظور کنترل رطوبت نمونه ها، قبل از گذاشتن سنگ های متخلخل در بالا و پایین نمونه های قرار گرفته در دستگاه تحکیم، آنها به مدت 24 ساعت در خاکی با مقدار رطوبت برابر با رطوبت نمونه ها قرار گرفتند تا تبادل رطوبت بین نمونه ها و سنگ های متخلخل رخ نداده و رطوبت نمونه ها ثابت بماند. پس از 24 ساعت و قرائت عدد گیج که نشان دهنده نشست اولیه بود، آب به نمونه ها اضافه گردید تا اینکه مستغرق شدند. هر 24 ساعت آب موجود در دستگاه تعویض شده و آب تازه به آن اضافه می شد تا اینکه آب توسط گچ اشباع نشود. به مدت ده روز هر 24 ساعت عدد گیج که در

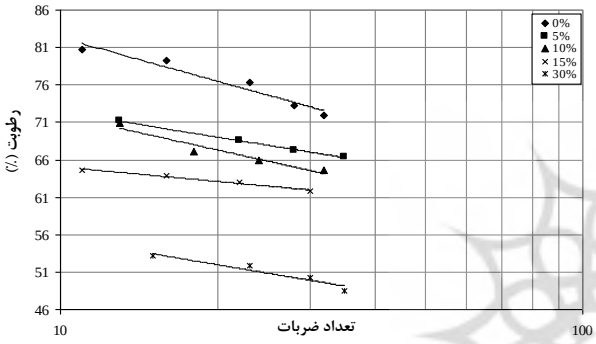
واقع نشان دهنده نشست ناشی از آبشویی بود، قرائت و ثبت می شد.

د) آزمایش تک محوری- هدف از انجام این آزمایش تعیین مقاومت نمونه های گچی شده قبل و بعد از آبشویی میباشد. برای انجام این آزمایش نمونهها در رطوبت 2 درصد کمتر از بهینه متراکم و تهیه شده و آزمایش تک محوری روی این نمونه ها انجام شد. نمونه های تهیه شده، مکعب شکل و به ابعاد چهار سانتیمتر بودند. دلیل تهیه نمونههای مکعب شکل به جای استوانه ای این بود که چون در مرحله بعد نیاز به تهیه نمونه های آبشویی شده بود، ممکن بود نمونه های استوانه ای شکل در حالت آبشویی شده با کمترین فشار ترک خورده و گسیخته شوند. در مرحله بعدی مجدداً نمونه ها با همان شرایط مذکور تهیه و سپس به مدت یک هفته آبشویی شدند. به منظور انجام آبشویی نمونهها، بر روی تمامی وجوه آنها یک لایه کاغذ صافی و سپس یک لایه ژئوتکستایل قرار داده شد و به منظور جلوگیری از تغییر شکل و ثابت ماندن شکل اولیه نمونه ها، بر روی هر یک از وجوه آنها یک قطعه چوب قرار داده شد. سپس این نمونه ها یک هفته در آب قرار گرفت و پس از گذشت این زمان از آب خارج و پوشش اطراف آنها برداشته و حدود دو ساعت در هوای آزاد ماندند تا آب اضافی آنها خارج شود. سپس آزمایش تک محوری روی نمونههای آبشویی شده انجام شد تا تأثیر آبشویی گچ از خاک بر مقاومت آن تعیین شود.

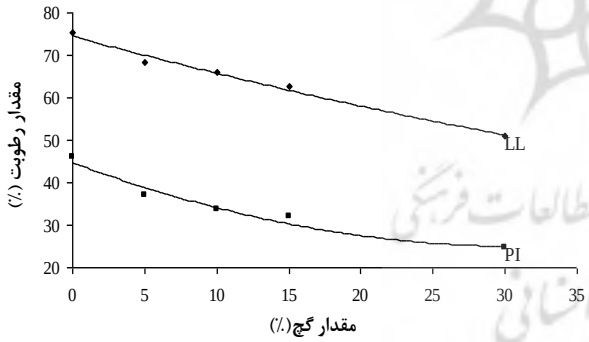
ه) آزمایش CBR– نتایج این آزمایش برای طبقه بندی مناسب بودن خاک برای پی و زیر سازی جاده ها مورد استفاده قرار می گیرد. آزمایش CBR در دو حالت آبشویی نشده و آبشویی شده انجام شد. نمونه ها در قالب CBR و با رطوبت 2 درصد کمتر از بهینه متراکم و تحت آزمایش قرار گرفتند. به منظور بررسی تأثیر آبشویی گچ از خاک بر مقاومت، مجدداً نمونه ها با همان شرایط، در قالب CBR تهیه شدند. سپس یک صفحه متخلخل و سربارهای قالب بر روی آن قرار گرفتند. آنگاه قالب CBR و ضمائم آن به مدت یک هفته آبشویی شدند و سپس آزمایش CBR روی آنها انجام شد.

نتایج و بحث

الف) آزمایش حدود آتربرگ- براساس نتایج بدست آمده از آزمایش تعیین حدود آتربرگ انجام شده بر روی نمونه های مصنوعاً گچی شده که در شکل (2) نشان داده شده است، مشاهده می شود که وجود گچ در خاک موجب کاهش خمیرایی آن می شود. وجود یون های کلسیم دوظرفیتی حاصل از گچ، موجب کاهش بار منفی و در نتیجه کاهش چسبندگی می گردد. تأثیر گچ بر کاهش حد روانی بیشتر از حد خمیری می باشد که این نتیجه گیری با نتایج بدست آمده توسط Petrukhin (1993) مطابقت دارد. شکل (3) تأثیر گچ بر ویژگی های خمیری خاک رسی مورد مطالعه را نشان میدهد. با توجه به این شکل و همچنین شکل (2) مشخص می شود که با افزایش مقدار گچ، حد روانی و به طور کل خمیرایی خاک کاهش می یابد. می توان گفت که تبادل یونی موجب افزایش فولکوله شدن کانی های رسی و تغییر در خواص خمیرایی آن می شود به طوریکه بین کانی های محلول رس با یون کلسیم فعل و انفعالاتی رخ می‌دهد که موجب تشکیل کلسیم سیلیکا هیدرات و ترکیبات کلسیم آلومینات هیدرات می گردد که این ترکیبات خواص خمیرایی خاک را تغییر می دهند.



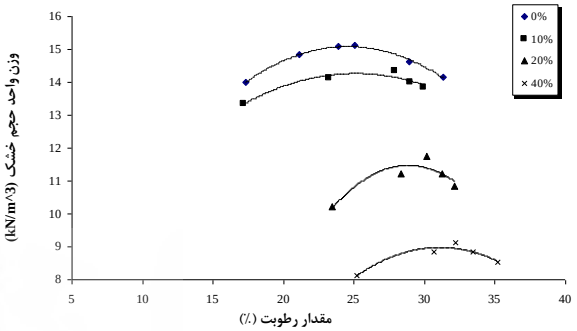
شکل 2- منحنی حد روانی نمونه های مصنوعاً گچی شده



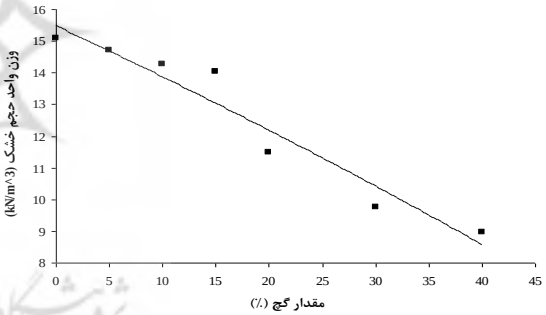
شکل 3- تأثیر گچ بر خمیرایی خاک رسی مصنوعاً گچی شده

ب) آزمایش تراکم- نتایج آزمایش تراکم برای نمونه های غیر گچی و مصنوعاً گچی شده در شکل (4) نشان داده شده است. مشاهده می شود که به طور کلی با افزایش مقدار گچ، وزن واحد حجم خشک خاک کاهش می یابد. بنابراین می توان نتیجه گیری نمود که وجود گچ در خاک موجب کاهش وزن واحد حجم خشک آن و در نتیجه پوک شدن خاک می شود. تأثیر گچ بر وزن واحد حجم خشک خاک رسی تحت آزمایش در شکل (5) نشان داده شده است. مشاهده می شود که هر چه مقدار گچ افزایش میابد، وزن واحد حجم خشک کاهش پیدا میکند. از آنجاییکه وزن مخصوص ذرات جامد (Gs) خاک تحت آزمایش در آزمایشگاه برابر با 2/65 (gr/cm^3) و برای گچ

(gr/cm^3) 2/32 تعیین گردیده است و چون گچ با خاک مخلوط شده است، در حقیقت یک جایگزینی در یک حجم ثابت یعنی بین ذرات جامد خاک و گچ صورت می پذیرد به طوریکه ذرات جامد سبک (گچ) جایگزین ذرات سنگین (خاک) می شود و به همین دلیل در آزمایش تراکم با افزایش درصد گچ، کاهش چشمگیری در وزن واحد حجم به وجود می آید. بنابراین وجود گچ در خاک موجب پوک شدن آن می شود که این امر خود منجر به افزایش نشست و کاهش مقاومت آن می گردد که نتایج آزمایشهای تعیین نشست و مقاومت نیز این موضوع را تأیید می نمایند.

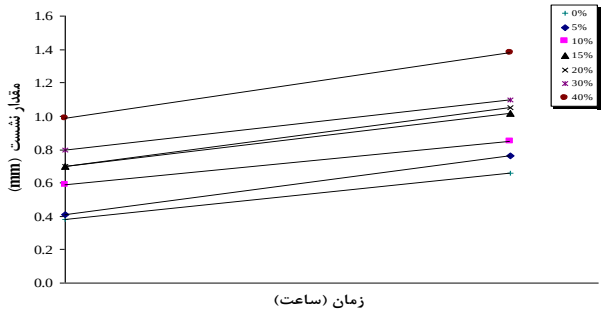


شکل 4- منحنی تراکم نمونه های مصنوعاً گچی شده (دمای خشک کردن 105 درجه سانتیگراد)

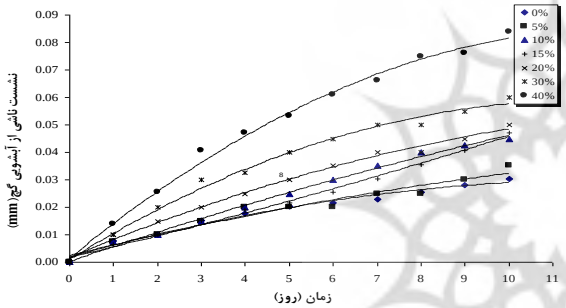


شکل 5- تأثیر گچ بر وزن واحد حجم خشک خاک رسی مصنوعاًگچی شده

ج) آبشویی- با توجه به فشار پیش تحکیمی حاصله از آزمایش تحکیم، نمونه ها در این دستگاه تحت این فشار معین قرار گرفتند. پس از تعیین نشست اولیه آنها در طی 24 ساعت، با پر نمودن جام دستگاه تحکیم، نمونه ها بشویی شدند و طی این فرآیند در نمونه های با مقاددیر گچ مختلف نشستی صورت پذیرفت که قطعا این نشست بر اثر آبشویی حاصل شده است. نتایج این آزمایش ها در شکل های (6) و (7) ارائه شده اند. همانطور که از شکل (6) مشخص می باشد، با افزایش مقدار گچ، مقدار نشست اولیه خاک نیز افزایش می یابد. وجود گچ در خاک موجب می شود که بین ذرات انفصالی به وجود آید و همچنین چسبندگی و خمیرایی آنها کم شود. بنابراین تحت یک تنش معین، فضاهایی از خاک که توسط گچ پر شده اند، موجب نشست ان می شوند و بالتبع هر چه مقدار گچ بیشتر باشد، نشست خاک تحت این تنش معین نیز بیشترخواهد بود. در واقع وجود گچ در خاک موجب ایجاد فضاهای بیشتر و بزرگتری بین ذرات خاک رسی می شود که این امر منجر به خروج آسانتر آب از بین ذرات خاک می شود. به همین دلیل با افزایش مقدار گچ نشست خاک تحت یک تنش معین بیشتر می شود. شکل (7) نشست ناشی از آبشویی گچ از خاک را نشان می دهد. مشاهده می گردد که مقدار نشست با گذشت زمان افزایش پیدا کرده و همچنین مقدار نشست ناشی از آبشویی این خاک ها با افزایش مقدار گچ، زیاد می شود. در واقع با آبشویی گچ از خاک فضاهای خالی ایجاد می شوند که وجود آنها موجب نشست می شود.

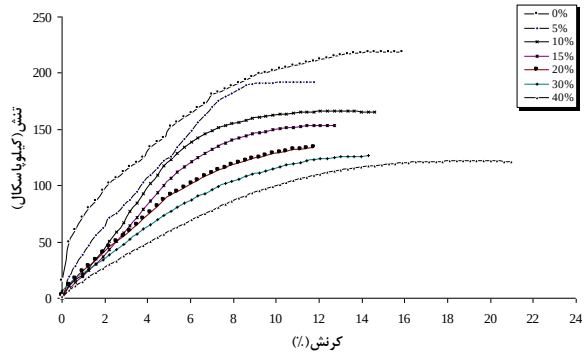


شکل6- نشست نمونه های مصنوعاًگچی شده در حالت آبشویی نشده

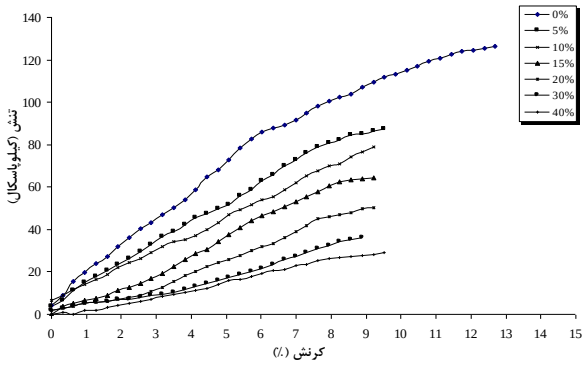


شکل 7- نشست نمونه های مصنوعاًگچی شده در حالت آبشویی شده

د) آزمایش تک محوری- نتایج آزمایش تک محوری انجام شده بر روی نمونه ها به صورت منحنی های تنش- کرنش در شکلهای (8) و (9) به ترتیب برای حالت های قبل و بعد از آبشویی نشان داده شده است. با توجه به نتایج مشاهده می شود که با افزایش مقدار گچ خاک، مقاومت آن کاهش پیدا می کند. این نتیجهگیری با یافتههای Petrukhin (1993) نیز مطابقت دارد. همچنین مقدار تنش حداکثر در حالت آبشویی شده کمتر از حالت آبشویی نشده می باشد که به دلیل ایجاد منافذ و حفرات بیشتر در خاک می باشد.

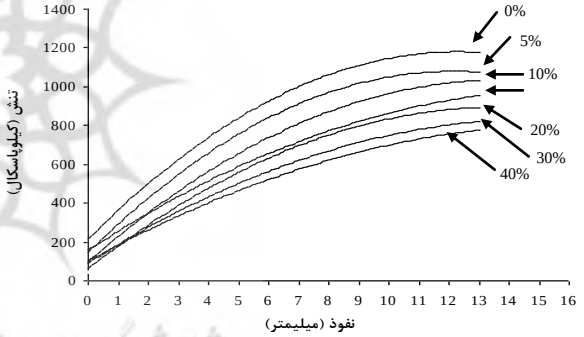


شکل 8- نتایج آزمایش تک محوری روی نمونه های مصنوعاً گچی شده (قبل از آبشویی)

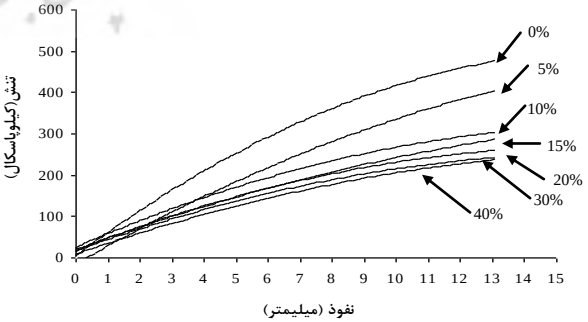


شکل 9- نتایج آزمایش تک محوری روی نمونه های مصنوعاً گچی شده (پس از آبشویی)

ه) آزمایش CBR– نتایج آزمایش CBR به صورت منحنی هایی ترسیم شده است که در آن مقدار نفوذ (میلیمتر) در محور افقی و تنش (کیلوپاسکال) در محور قائم قرار دارند که در شکل های (10) و (11) نشان داده شده اند. باز هم مشاهده می شود که برای تمامی نمونه ها چه در حالت آبشویی نشده و چه آبشویی شده، با افزایش مقدار گچ از مقاومت نمونهها کاسته می شود که این نتیجه گیری با یافته های Razouki (2008) مطابقت می نماید.



شکل 10- نتایج آزمایش CBR روی نمونه های مصنوعاً گچی شده (قبل از آبشویی)

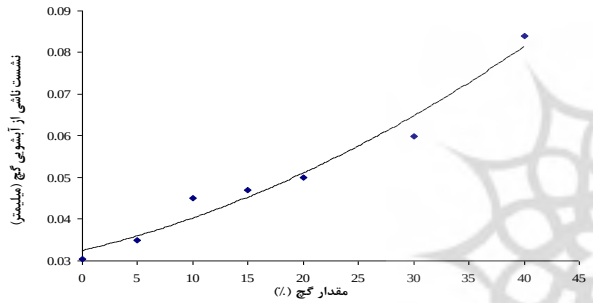


شکل 11- نتایج آزمایش CBR روی نمونه های مصنوعاً گچی شده (پس از آبشویی)

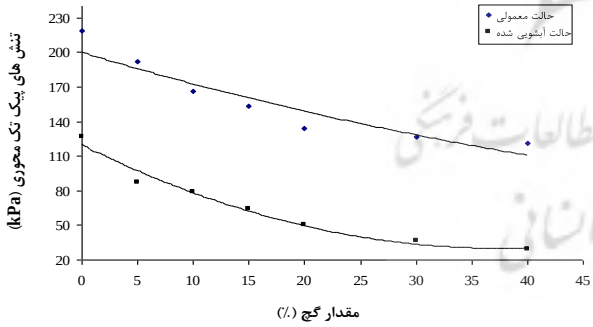
نتیجه گیری کلی

همانطور که در بخش قبل نشان داده شد، وجود گچ در خاک بر ویژگی های فیزیکی و مکانیکی خاک رسی تأثیر گذار می باشد. در ادامه نتایج بدست آمده مورد بحث قرار گرفته اند.

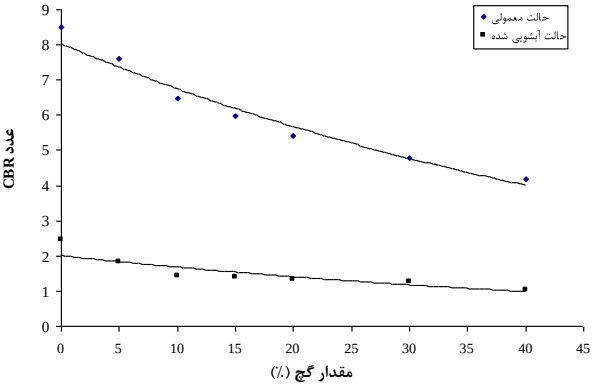
شکل های (12) تا (14) نتایج عمل آبشویی گچ را در خصوص اثر آن بر نشست، مقاومت تک محوری و مقاومت CBR خاک رسی نشان می دهند. مشاهده می شود که نمونه های گچی دارای مقاومت و عدد CBR بسیار کمتر ولیکن نشست بیشتری نسبت به حالت معمولی (آبشویی نشده) می باشد و این اختلاف با افزایش مقدار گچ بیشتر می گردد. میتوان گفت که طی عمل آبشویی، ذرات گچ به مرور زمان از توده خاک خارج می شوند به طوریکه این عمل موجب پدیدار شدن حفراتی در جسم خاک میگردد و وجود این تخلخل بسیار بالا موجب روند افزایشی نشست و کاهش مقاومت می گردد. کاهش وزن واحد حجم توده خاک پس از عمل آبشویی در مقایسه با حالت اولیه (قبل از آبشویی) نشان دهنده انجام عمل آبشویی و خروج ذرات گچ از خاک می باشد. این موضوع در شکل (15) نشان داده شده است.



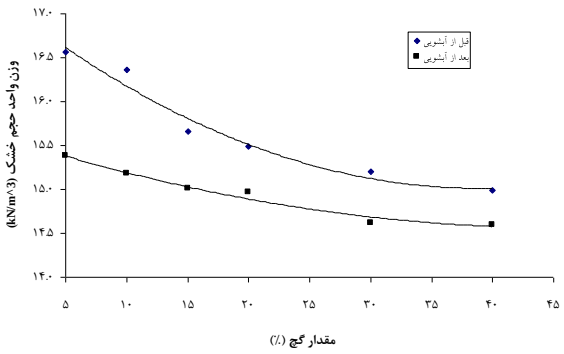
شکل12- رابطه مقدار گچ و نشست ناشی از آبشویی نمونه های مصنوعاً گچی شده



شکل 13- تأثیر گچ برمقاومت تک محوری خاک رسی مصنوعاًگچی شده



شکل 14- رابطه مقدار گچ و عدد CBR نمونه های مصنوعاًگچی شده



شکل 15- وزن واحد حجم خشک نمونه ها قبل و بعد از آبشویی

دراین تحقیق کوشش گردید تا مشخصات فیزیکی و مکانیکی یک نوع خاک رسی غیرگچی که به طور مصنوعی گچی شد، بررسی شده و تأثیر گچ بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی به ویژه مقاومت خاک مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. نتایج بدست آمده از مجموعه آزمایشهای انجام شده روی خاک مصنوعاً گچی شده را می توان به شرح زیر بیان نمود:

وجود گچ در خاک موجب کاهش دامنه خمیرایی آن می‌گردد. همچنین وجود گچ در خاک، وزن واحد حجم خشک آن را که از آزمایش تراکم بدست می آید، کاهش می دهد.

مقاومت خاک مصنوعاً گچی شده در مقایسه با خاک معمولی، با افزایش درصد گچ کاهش می یابد و این کاهش مقاومت با عمل آبشویی سیر بسیار نزولی به خود می گیرد و از طرفی عمل آبشویی نیز موجب افزایش نشست های زیاد خاک تحت سربار معین می شود و این نشست به مرور زمان که عمل آبشویی صورت می پذیرد، افزایش می یابد.

با توجه به نتایج بدست آمده از تعیین نشست ناشی از آبشویی گچ، نتیجه گیری می شود که وجود گچ در خاک نمی تواند موجب تخریب سریع سازه گردد. نتایج این تحقیق در ارتباط با نشست خاک گچی پس از آبشویی گچ از آن نشان داد که پس از ده روز آبشویی و تحت تنش معین، مقدار نشست خاک قابل توجه نمی باشد. بنابراین رفتارهای ناشی از آبشویی و انحلال گچ در بلندمدت رخ می دهد.

در نهایت می توان نتیجه گیری نمود که وجود گچ در خاک می تواند به عنوان عاملی خطرناک در نشست و تغییرشکل سازه های آبی و کاهش مقاومت آنها در برابر تنش های وارده محسوب گردد. آبشویی گچ از خاک هرچند که ممکن است تأثیر مخرب خود را در کوتاه مدت نشان ندهد، اما پدیدهای خطرناک برای سازه ها می باشد.

REFERENCES

Akpokodje Enuvie G., " The engineering classification of some Australian arid zone soils", Bulletin of Engineering, 1985.

Petrukhin V. P.," *Construction of structures on saline soils* ", A.A.Balkema pub, 1993.

Razouki S. S , Kuttah D.*," STRENGTH EROSION OF A FINE-GRAINED GYPSIFEROUS SOIL DURING SOAKING* ", The Arabian Journal for Science and Engineering, Vol.32, No.1B, April.2007, pp. 147-152.

Razouki S. S , Kuttah, Al-Damluji, Nashat.," *Using gypsiferous soil for embankments in hot desert areas* ", Thomas Telford Journals (Construction Materials), Vol.161, No.2, 2008, pp. 63-71.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی