ارزیابی برخی مشخصات فیزیکی وشیمیایی خاکهای گچی ومقایسه آن با روشهای متداول استاندارد

حسن رحیمی ، سیاوش تاتلاری و امیر پویان نژادهاشمی

بترتیب استاد و دانشجویان سابق کارشناسی ارشد گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۷۶/۱۰/۱۷

خلاصه

در دهه های اخیر، تخریب سازه‌های آبی استقرار یافته بر روی خاکهای گچی، مشکلات قابل توجهی را درمقابل طراحان، سازندگان وبهره‌برداران ، بویژه در کشورهای واقع در منطقه خاورمیانه قرار داده است . در این تحقیق تلاش گردیده است که با توجه به سوابق مطالعات قبلی، رفتار خاکهای گچی در حرارتهای مختلف بررسی گردد و تاثیر درجه حرارت ($105\pm2^{\circ}C$) در تعیین رطوبت که به عنوان معیار رایج آزمایشهای شناسائی خاک، مورد قبول واقع شده مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین عدم توانایی روشهای تعیین دانه بندی مرسوم در توزیع اندازه ذرات خاکهای گچی نیز مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفته است .باتوجه به فراوانی خاکهای گچی در ایران، سه منطقه ساوه، اصفهان و شیراز جهت بررسی انتخاب گردیدند. نمونه های خاک این سه محل به ترتیب دارای (19-26%) ,(21-33%) و (28-34%)گچ بوده و براساس سیستم طبقه بندی یونیفاید درگروههای ML, SM, SC رده بندی شده اند. هدایت الکتریکی نمونه ها به ترتیب برابر 18.2,15.3,3.05(dS/m) بوده وکلیه آزمایشها دراین تحقیق مطابق بااستانداردASTM انجام‌پذیرفته‌است.نتایج آزمایشهای تعیین رطوبت، تراکم و حدود آتربرگ نشان می دهند که اعمال درجه حرارت و خشکانیدن در دمای معادل ($105\pm2^{\circ}C$) برای تعیین رطوبت واقعی خاک صحیح نمی باشد، زیرا امکان آزادسازی بخشی از آب تبلور از ترکیب گچ در این حرارت وجود دارد. در این رابطه ثابت شده است که برای تعیین دقیق رطوبت خاک لازم است نمونه ها در حرارت ($60\pm2^{\circ}C$) خشک شده و سپس برای حرارت ($105\pm2^{\circ}C$) تصحیح گردند. همچنین اندازه‌گیری درصد گچ خاک براساس کاهش آب تبلور در اثر حرارت می تواند به صورت موثری در آزمایشهای ژئوتکنیکی به کار گرفته شود. روشهای شیمیایی تعیین درصد گچ از قبیل رسوب گچ با استفاده از استون و یا بر مبنای اندازه‌گیری SO_4^{2-} طولانی بوده و محدودیتهایی نیز دارند. روش پوشش با سولفات باریم در دانه‌بندی خاکهای گچی می تواند مشکل فلکوله شدن و انحلال ذرات گچ را در آزمایش هیدرومتری بر طرف نماید.

واژه های کلیدی : خاک ، خاکهای گچی و آبشویی

مقدمه

خاکهای گچی در بیشتر کشورهای دارای اقلیم خشک و نیمه خشک گسترش یافته اند. این خاکها مناطق وسیعی از قاره‌آسیا، از جمله ایران، سوریه، عراق، چین، ازبکستان و قزاقستان را به مقدار قابل ملاحظه‌ای اشغال نموده‌اند. ساخت سازه‌های آبی ومشکلات اجرایی در اراضی گچی نسبتا" جدید بوده وتجربیات جهانی دراین زمینه کم می‌باشد. افزایش روز افزون جمعیت ولزوم استفاده از منابع جدید باعث گردیده که طرحهای بهره‌برداری از اراضی گچی در ۲۰

سال اخیر توسعه یابد. از جمله این طرحها می‌توان به پروژه‌های آبیاری وزهکشی، توسعه شبکه‌های ارتباطی (جاده‌ها، خطوط راه‌آهن و باندهای فرودگاه)، استخراج معادن ، ایجاد شهرکهای صنعتی وسیاحتی ، میادین نفت وگاز وغیره اشاره نمود.

وجود بلورهای گچ در خاک که دارای خواص فیزیکو شیمیایی ویژه‌ای است ، بر روی بعضی از روشهای اندازه‌گیری خصوصیات خاک از قبیل تعیین رطوبت ، تراکم ، حدود آتربرگ ، دانه بندی و غیره تاثیر دارد. روشهای آزمایشگاهی استاندارد شده متداول می‌تواند در تعیین خصوصیات خاکهای گچی منجر به نتایج کاملا" غیر منطقی گردد.

مشکل اساسی در تشریح خاکهای گچی به کمیت در آوردن ویا ارزیابی خصوصیات آنها بر اساس ملاکها و استانداردهای موجود می‌باشد. درمهندسی ژئوتکنیک تعریف و یا طبقه بندی کاملی در مورد خاکهای گچی وجود ندارد. برای مثال در طبقه بندیهای کاربردی از قبیل یونیفاید[1] وآشتو[2] کلاس و یا گروه خاصی برای خاکهای گچی ویابه طور کلی خاکهای دارای مواد قابل انحلال [3] ارائه نشده است .

در آزمایشهای شناسائی خاکهای گچی از قبیل تعیین رطوبت ، تراکم ، حدود آتربرگ و دانه بندی ، آزادشدن بخشی از آب تبلور گچ در حرارت ($105\pm2^{\circ}C$)، انحلال و شکستگی ذرات در حین دانه‌بندی به روش الک‌تر و فلکوله شدن ذرات گچ در حین آزمایش هیدرومتری مورد توجه قرار نگرفته است.

درمجموع جهت گنجانیدن خاکهای قابل انحلال در طبقه‌بندیهای کاربردی موجود ، ابتدا باید روشهای استانداردی برای ارزیابی این نوع خاکها تدوین گردد.

سوابق تحقیق :

اگر چه اولین مطالعات در خصوص مشکلات اجرایی سازه‌های آبی در خاکهای گچی مربوط به سالهای ۱۹۲۷ به بعداست ولی بیشتر این مطالعات به صورت موردی و پراکنده بوده و در آنها عمدتاً به مسائل خاکشناسی توجه شده است. از اوایل دهه هفتاد (۱۹۷۰) به بعد بهره‌برداری بهینه و رفع نواقص ساخت و اجرای پروژه‌ها در خاکهای گچی و تعیین روشهای آزمایشگاهی جهت مطالعه این نوع خاکها، به بحث روز محافل ومجامع علمی ومهندسی تبدیل گردید. از عمده‌ترین مقالات و کتب ارائه شده در خصوص تدوین روشهای آزمایشگاهی و مطالعه خاکهای گچی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- مطالعات آراکیلیان در مورد خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاکهای گچی: وی مشخصات مختلفی از جمله وزن مخصوص ، نسبت تخلخل و همچنین تعیین درصد رطوبت را مورد بررسی قرار داد . مطالعات وی نشان داد که این خاکها دارای وزن مخصوص کمتری نسبت به خاکهای مشابه بوده و طی فرآیند آبشویی وزن مخصوص آنها افزایش می‌یابد. همچنین این فرآیند باعث بالا رفتن نسبت تخلخل و به تبع آن نشست می‌شود که دراین رابطه نیز فرمولی ارائه کرد. در مورد تعیین درصد رطوبت این گونه خاکها نیز نشان داد که اعمال درجه حرارت $105^{\circ}C$ که بعنوان معیار کارهای مکانیک خاک است، در این گونه خاکها باعث ایجاد خطای فاحش می‌شود که در بخشهای بعدی به تفصیل آمده است (۳).

- مطالعات هورتا در مورد طبقه بندی و خصوصیات خاکهای گچی و آهکی: خاکهای گچی برای اولین بار تحت عنوان خاکهای سولفاته توسط کروپ درسال ۱۸۷۱ مطرح گردید و از آن به بعد طبقه‌بندیهای مختلفی برای اینگونه خاکها ارائه شد که اکثر آنها نیز مبنای خاکشناسی داشت. از جمله معدود افرادی که با طبقه‌بندی این گونه خاکها برخوردی مهندسی داشت هورتا بود، وی دو تیپ مختلف را برای اینگونه خاکها برگزید وآنها را در کلاسهای ماسه‌های گچی (SY) وسیلتهای گچی (MY) طبقه بندی نمود و به عوض حدود آتربرگ از هم ارز گچ کوچکتر از ۰/۴mm استفاده کرد(۷).

- مطالعات هس در خصوص دانه‌بندی خاکهای گچی: وجود گچ در خاک باعث ایجاد اشکال در پراکنش خاک می‌شود و در نتیجه دانه‌بندی اینگونه خاکها را به واسطه فلکوله شدن رس و سیلت با خطا روبرو می‌کند، هس نشان داد که در صورتی که از پوشش سولفات باریم روی ذرات گچ استفاده شود، مشکلات بالا از بین رفته وبه علاوه این پوشش را می‌توان بعد از انجام آزمایش به راحتی از بین برد و خاک را برای تعیین درصد گچ مورد استفاده قرار داد (۶).

- مطالعات نلسون و همکاران در مورد اندازه‌گیری گچ در

---

1 - Unified (طبقه بندی مشترک مهندسین نظامی ارتش و عمران آمریکا)

2- AASHTO (انجمن ادارات راه و حمل و نقل آمریکا)

3 - Saline soils

خاک: با توجه به مشکلات زیادی که روشهای معمول تعیین درصد گچ (بویژه روش استون) دارد، نلسون روشهایی را برای از بین بردن این تنگناها پیشنهاد کرد، از جمله روش حرارت دادن نمونه‌های خاک و تعیین درصد گچ بر اساس آب تبلور از دست رفته (۸)، و در روش دیگری که توسط وی پیشنهاد شد، گچ در ابتدا با آب کافی عصاره‌گیری شده وسپس به طریقه زلال سنجی با تیتراسیون در حضور الکترود سرب Pb^{2+} (پتانسیومتری) اندازه‌گیری میشود. این روش در حال حاضر در اکثر کشورهای جهان به صورت استاندارد در آمده است (۱).

- مجموعه مقالات گردآوری شده توسط FAO که تحت عنوان مدیریت خاکهای گچی منتشر گردیده است (۵).

باتوجه به موارد ذکر شده در مورد خصوصیات مختلف خاکهای گچی، می‌توان به کمبود تحقیقات در حال حاضر پی برد.

مواد و روشها

در این تحقیق برای انجام آزمایشها وبه منظور کنترل نتایج بدست آمده در آینده، نمونه‌ها از محل‌هایی تهیه گردید که در آنجا پروژه‌های آبیاری و زهکشی اجرا شده و یا در آینده احداث خواهند شد. در این راستا پس از بررسی گزارشهای موجود، سه محل به عنوان ایستگاههای مطالعاتی به شرح زیر انتخاب گردید:

- ایستگاه شماره ۱ - ساوه - پروژه آبیاری و زهکشی وفرقان و ساوه
- ایستگاه شماره ۲ - اصفهان - پروژه آبیاری و زهکشی نکوآباد
- ایستگاه شماره ۳ - شیراز - پروژه آبیاری و زهکشی قیر وکارزین

توزیع وگسترش گچ در پروفیل خاک سه ایستگاه فوق با یکدیگر متفاوت بوده‌است . شکل گسترش گچ در خاک ساوه عمدتاً به صورت مجتمع و رگه‌ای در ماتریکس خاک می‌باشد. گچ موجود در خاک اصفهان به صورت یکنواخت در داخل یک رگه ضخیم تشکیل یافته و مقاومت آن بسیار پائین می‌باشد. بطوریکه کلوخه‌های خاک در اثر اعمال فشار کمی، متلاشی می‌گردند. بلورهای گچ نمونه‌های خاک اصفهان و ساوه درشت بوده و عمدتاً دارای منشاء ژئوژنیک می‌باشند. نمونه خاک شیراز کاملاً متفاوت بوده و گچ موجود در لایه‌های فوقانی خاک در اثر آبیاری و بارندگی شسته شده و در اعماق ۳۰ الی ۵۰ سانتیمتری رسوب نموده‌اند. بلورهای گچ موجود در خاک ایستگاه شیراز بسیار ریز بوده و عمدتاً دارای منشاء پدوژنیک می‌باشند.

آزمایشهای انجام شده بر روی نمونه‌ها با هدف تعیین مشخصات عمومی، طبقه بندی و سایر شاخص های شناسائی خاک به شرح زیر می‌باشند:

- تجزیه کامل شیمیایی نمونه‌های خاک
- تعیین درصد گچ به روش استون

برای اندازه‌گیری مقدار گچ خاک، روشهای متعددی وجود دارد که به طور کلی می‌توان آنها را به پنج دسته تقسیم نمود(۱):

۱ - اندازه‌گیری گچ بر مبنای تعیین Ca^{2+}

۲ - اندازه‌گیری گچ بر مبنای مقدار SO_4^{2-}

۳ - اندازه‌گیری گچ بر اساس کاهش آب تبلور در اثر حرارت یا اشعه مادون قرمز

۴ - اندازه‌گیری گچ بر حسب هدایت الکتریکی و رسوب گچ به وسیله استون

۵ - شستشوی گچ

هرکدام از روشهای فوق دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشند. متداولترین روش در ایران روش استون می‌باشد.

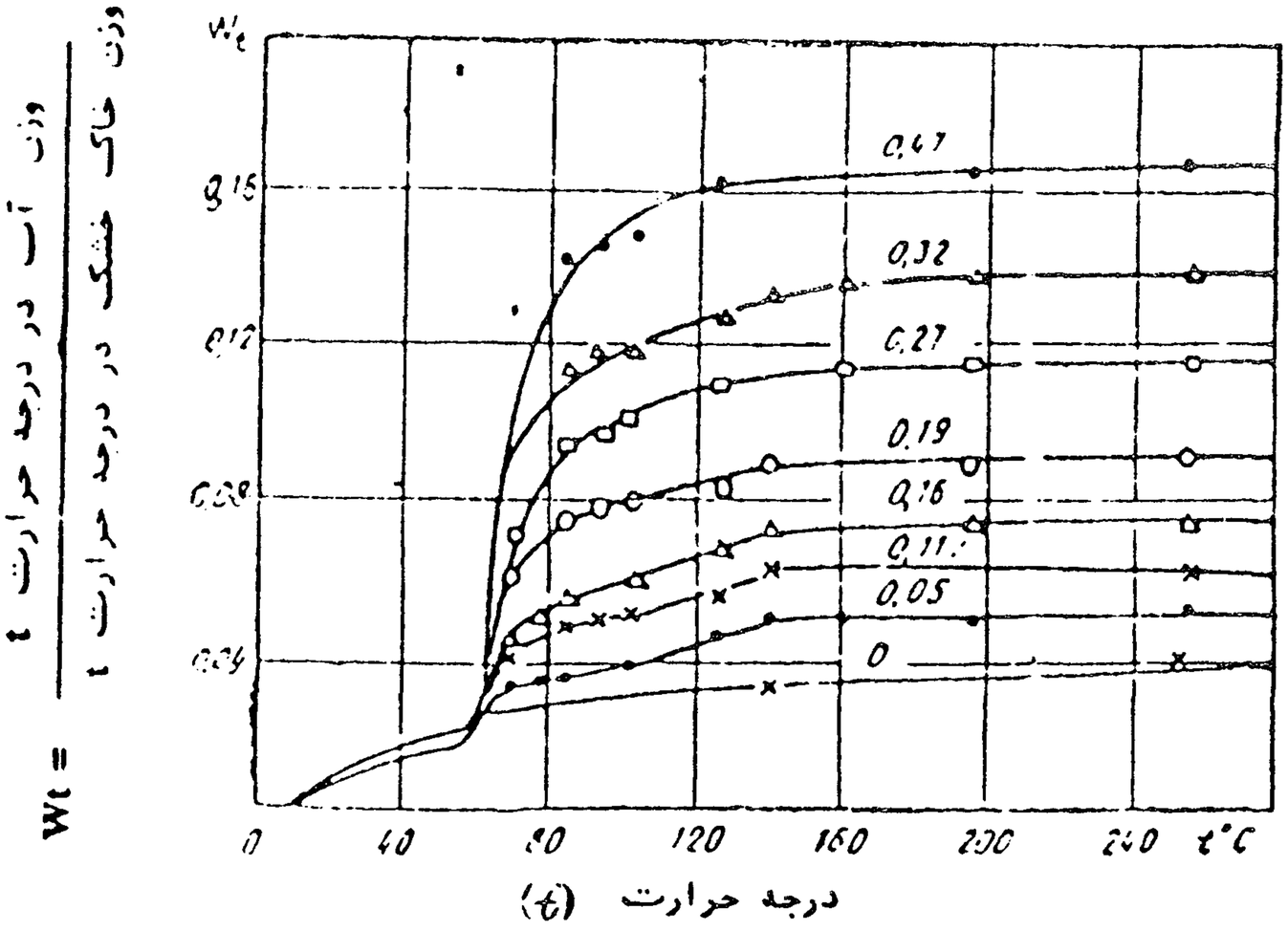
- آزمایش تعیین درصد رطوبت خاک ، بر اساس استاندارد ASTM D2216-71 و بررسی رفتار خاکهای گچی در حرارتهای مختلف (تا محدوده $280^{\circ}C$).

آراکیلیان خاکهای مختلف با درصدهای متفاوت گچ از صفر الی ۴۷ درصد را در معرض حرارتهایی تا ۲۸۰ درجه سانتی گراد قرار داد ومشخص نمود که کلیه نمونه ها تا ۶۰ درجه سانتی گراد مشابه یکدیگر عمل می‌نمایند (شکل شماره ۱) (۳).

از حرارت ($60^{\circ}C$) به بعد، براساس افزایش درصد گچ، مقدار رطوبت خاک افزایش می‌یابد. این افزایش مقدار رطوبت ، با توجه به اینکه در ابتدا کلیه نمونه ها تحت یک شرایط در هوا خشکانیده شده‌اند، مربوط به آب تبلور آزاد شده می‌باشد. براین اساس آراکیلیان روابط زیر را برای تعیین درصد رطوبت خاکهای گچی بر اساس نتایج بدست آمده از خشکانیدن در حرارت ($60\pm2^{\circ}C$) ارائه نموده است :

$$Wh=1.23\ Wh^{60} \qquad (۱)$$

$$W=W^{60}\left(\frac{1+1.23\ Wh}{1+\ Wh^{60}}\right)+\left(\frac{0.23Wh^{60}}{1+Wh^{60}}\right) \qquad (۲)$$



شکل ۱ - رابطه بین مقدار رطوبت خاکهای گچی بادرصدهای مختلف گچ و درجه حرارت خشکانیدن (۳).

که‌درآن :Wh :رطوبت هیگروسکوپیک ماسه‌ها ورسهای غیر گچی

Wh^{60}:رطوبت هیگروسکوپیک در حرارت (60 ±2 °C)

W^{60} :مقدار رطوبت خاک در حرارت (60 ±2 °C)

W : مقدار محاسبه شده رطوبت خاک گچی که مشابه رطوبت تعیین شده در حرارت (105±2 °C) و تحت شرایطی که آب تبلور هنوز باقی مانده است.

از آنجائیکه مقدار رطوبت هیگروسکوپیک خاکها در محدوده کوچکی تغییر می‌کند (برای مثال 0.01-0.02 برای ماسه و 0.03-0.04 برای بیشتر رسها) معادله های زیر را می توان به جای معادلات ۱ و۲ به کار برد:

$$W_{sand} = W^{60} 1.003 + 0.003 \quad (۳)$$

$$W_{clay} = W^{60} 1.007 + 0.007 \quad (۴)$$

- آزمایش استاندارد تراکم - پراکتور معمولی - بر اساس استاندارد ASTM D698-70

- آزمایش تعیین حدود آتربرگ (حدود روانی و خمیری) بر اساس استاندارد ASTM D423-66

- آزمایش دانه بندی به روش هیدرومتری بر اساس استاندارد ASTM D422-63.

تعیین بافت خاکهای گچی در صحرا و از طریق لمس به علت وجود بلورهای گچ در ابعاد شن و ماسه، موجب اشتباه در تعیین کلاس بافت خاک می شود. به همین دلیل تخمین بافت در صحرا معمولاً سبکتر از آزمایشگاه می باشد . همچنین تعیین بافت خاک در آزمایشگاه نیز با مشکلاتی توام است، از جمله انحلال ذرات ریز گچ و فلکوله شدن ذرات خاک. بواسطه حضور گچ از پراکندگی کامل ذرات رس در حین آزمایش هیدرومتری جلوگیری می شود و بدون ایجاد یک سوسپانسیون پایدار رس، تعیین بافت خاک غیرممکن است.

- آزمایش دانه‌بندی به روش پوشش با سولفات باریم (۶).

درحال حاضر روش استاندارد و مناسبی برای تعیین توزیع اندازه ذرات در خاکهای گچی وجود ندارد. روشهای پیشنهادی برای تعیین توزیع اندازه ذرات در خاکهای گچی به دو گروه عمده تقسیم می شوند. در گروه اول هدف حذف گچ، ازبافت خاک با استفاده از مواد شیمیایی مختلف بوده و پس از حذف گچ بافت خاک تعیین می‌شود. در روشهای گروه دوم، عقیده برآن است که انحلال گچ بطئی بوده و باید رفتار خاک با حضور گچ سنجیده شود و روی این اصل از ترکیبات مختلف شیمیایی برای تثبیت گچ استفاده می‌شود. به عبارت دیگر این مواد، غشایی نازک به دور ذرات گچ تشکیل داده و از انحلال آنها و یا فلکوله کردن ذرات جلوگیری می کنند(۱).

درمجموع روشهای گروه دوم برگروه اول رجحان دارد. زیرا در تعیین دانه‌بندی خاکهای حاوی گچ، نمونه‌ها باید شامل ذرات گچ به

عنوان اجزاء واقعی خاک باشند و گچ نباید به عنوان یک نمک محلول شستشو داده شود. چون این روش موجب می‌گردد که نتایج حاصله با شرایط فیزیکی واقعی خاک طبیعی ارتباطی نداشته باشد.

نتایج و بحث

دراین تحقیق کوشش گردید تا برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاکهای گچی و روشهای آزمایشگاهی استاندارد مرسوم در برخورد با این نوع خاکها مورد ارزیابی قرار گیرد. باتوجه به اینکه در ایران این موضوع به طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته و فقط در بعضی از گزارشها بطوراجمالی به اثرات منفی وجود گچ درخاک و نقش آن در تخریب پوششهای بتنی اشاره شده است، این تحقیق را باید بعنوان مقدمه‌ای بر بررسی مشکلات این نوع اراضی تلقی نموده و دستیابی به نتایج قطعی را در سلسله تحقیقات بعدی جستجو کرد.

تجزیه کامل شیمیایی نمونه‌های خاک:

در جدول شماره ۱ ، نتایج تجزیه کامل شیمیایی نمونه‌های خاک ایستگاههای مطالعاتی ارائه شده است. باتوجه به جدول مذکور ملاحظه می‌گردد که نمونه‌های خاک ایستگاههای شیراز و اصفهان به ترتیب دارای هدایت الکتریکی ۱۸/۲ و ۱۵/۳ dS/m بوده و جزو خاکهای با شوری متوسط تا زیاد طبقه‌بندی می‌گردند ولی نمونه خاک ساوه با هدایت الکتریکی ۳/۰۵ dS/m، فاقد شوری می‌باشد. همچنین درصد آهک نمونه‌های خاک در کلیه ایستگاهها تقریباً باهم برابر می‌باشند.

تعیین درصد گچ به روش استون :

دراین مطالعه، درصد گچ نمونه‌های دست نخورده با استفاده از روش استون بدست آمده است . دراین روش.ابتدا نمونه‌های خاک دست نخورده در غلظتهای 1/50, 1/100, 1/200, 1/250, 1/500 مورد آزمون قرار گرفت که در نهایت غلظتهای 1/200, 1/250 مناسبتر از بقیه تشخیص داده شد. در جدول شماره ۲ نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری گچ به روش استون ارائه شده است .

باتوجه به نتایج بدست آمده ملاحظه می‌گردد که محدوده تغییرات درصد گچ در نمونه‌های خاک متغیر بوده واین مسئله به سبب توزیع و پراکنش ناهمگن گچ در اینگونه اراضی است . همچنین در خاک یک منطقه ممکن است اشکال مختلفی از توزیع گچ مشاهده شود. بنابراین گمانه‌های شناسایی حفر شده در این نوع اراضی باید به لحاظ تعداد وعمق نسبت به استانداردهای پذیرفته شده، بیشتر باشد تاگسترش و جزئیات میزان گچ بهتر کنترل شود.

باتوجه به بررسیهای بعمل آمده، مشخص شد که روش استون در تعیین درصد گچ از دقت مناسبی برخوردار نمی‌باشد. زیرا مشکلاتی از قبیل . تشکیل زوجهای یونی، احتمال وجود سولفاتهای دیگر (سدیم و پتاسیم) که آنها نیز باگچ رسوب می‌نمایند، عدم انحلال و عصاره‌گیری کامل گچ از خاک، کاهش حلالیت گچ در حضور املاح دارای یونهای مشترک با گچ، وجود خطای تبادل وکاهش Ca^{2+} در مرحله عصاره‌گیری، باقیمانده استون در ساختمان گچ ، کاهش EC و از دست رفتن بخشی از رسوب به هنگام شستشو و سانتریفوژ کردن در حین آزمایش وجود دارد (۱).

آزمایش تعیین درصد رطوبت :

گچ[1] از نظر شیمیایی، سولفات کلسیم آبدار با فرمول ($CaSO_4, 2H_2O$) می‌باشد. در صورت افزایش حرارت، گچ آب تبلور خود را از دست داده وتبدیل به گچ نیمه آبدار[2] می گردد. آراکیلیان درجه حرارت شروع تبدیل گچ به گچ نیمه آبدار را برابر با (80-90 °C) معرفی کرده است. همچنین این درجه حرارت بسته به پراکندگی گچ، ترکیبات مینرالوژیکی خاک و مقدار مواد آلی می‌تواند از مقدار مذکور کمتر (65-70 °C) باشد (۳). با توجه به این مسئله و نتایج بدست آمده در این تحقیق مشخص گردید که آزمایش تعیین درصد رطوبت خاک در حرارت (105 °C) صحیح نمی‌باشد. زیرا در این حرارت بخشی از آب تبلور گچ آزاد شده و در محاسبات مربوطه جزو رطوبت خاک تلقی می‌گردد.

از توضیحات فوق مشخص می‌گردد که تعیین درصد رطوبت خاکهای گچی در حرارت (105 °C) ممکن است خطاهای غیر قابل کنترلی را در نتایج آزمایشهای مختلف از قبیل تراکم، حدود آتربرگ و غیره ایجاد نماید.

براین اساس نمونه‌های خاک ایستگاههای مطالعاتی در محدوده حرارتی تا ۲۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و مشخص گردید که تغییرات مقدار رطوبت کاملاً از نتایج مطالعات آراکیلیان تبعیت می‌کند (شکل شماره ۲). براساس نتایج بدست آمده، در مجموع روابط پیشنهادی آراکیلیان برای تعیین مقدار

1 - Gypsum

2- Bassanite

جدول ۱ - نتایج تجزیه شیمیایی خاک ایستگاههای مطالعاتی

ایستگاه	کاتیونها (me/l)					آنیونها (me/l)				$CaCO_3$	کربن	درصد
										(%)	آلی	اشباع
	EC(dS/m)	pH	K^{+1}	Mg^{+2}	Ca^{+2}	Na^{+1}	جمع	Cl^{-1}	CO_3^{-1}	HCO_3^{-1}	SO_4^{-2}	جمع	O.C	S.P
ساوه	۳/۰۵	۸/۱	۲۰/۰	۳۲۰/۰	۱۰۸۰/۰	۱۸۰/۰	۱۶۰۰	۳۲۰/۰	۱۲/۰	۵۴/۰	۱۰۴۰	۱۴۲۶	۰/۰۵	۵۰/۰
اصفهان	۱۵/۳	۸/۰	۷۰/۴	۴۷۸/۷	۱۴۹۲/۵	۱۶۰۵/	۳۶۴۷	۲۰۸۳/۸	۱۱/۳	۲۲/۵	۱۰۹۸/۲	۳۲۱۶	۰/۰۹	۷۱/۰
شیراز	۱۸/۲	۸/۴	۸۲/۰	۴۲۶/۱	۲۵۸۹/۶	۲۴۰۹/۰	۵۵۰۷	۲۱۳/۱	۱۶/۴	۵۷/۴	۳۶۰۵/۸	۳۸۹۳	۰/۲۰	۶۱/۰

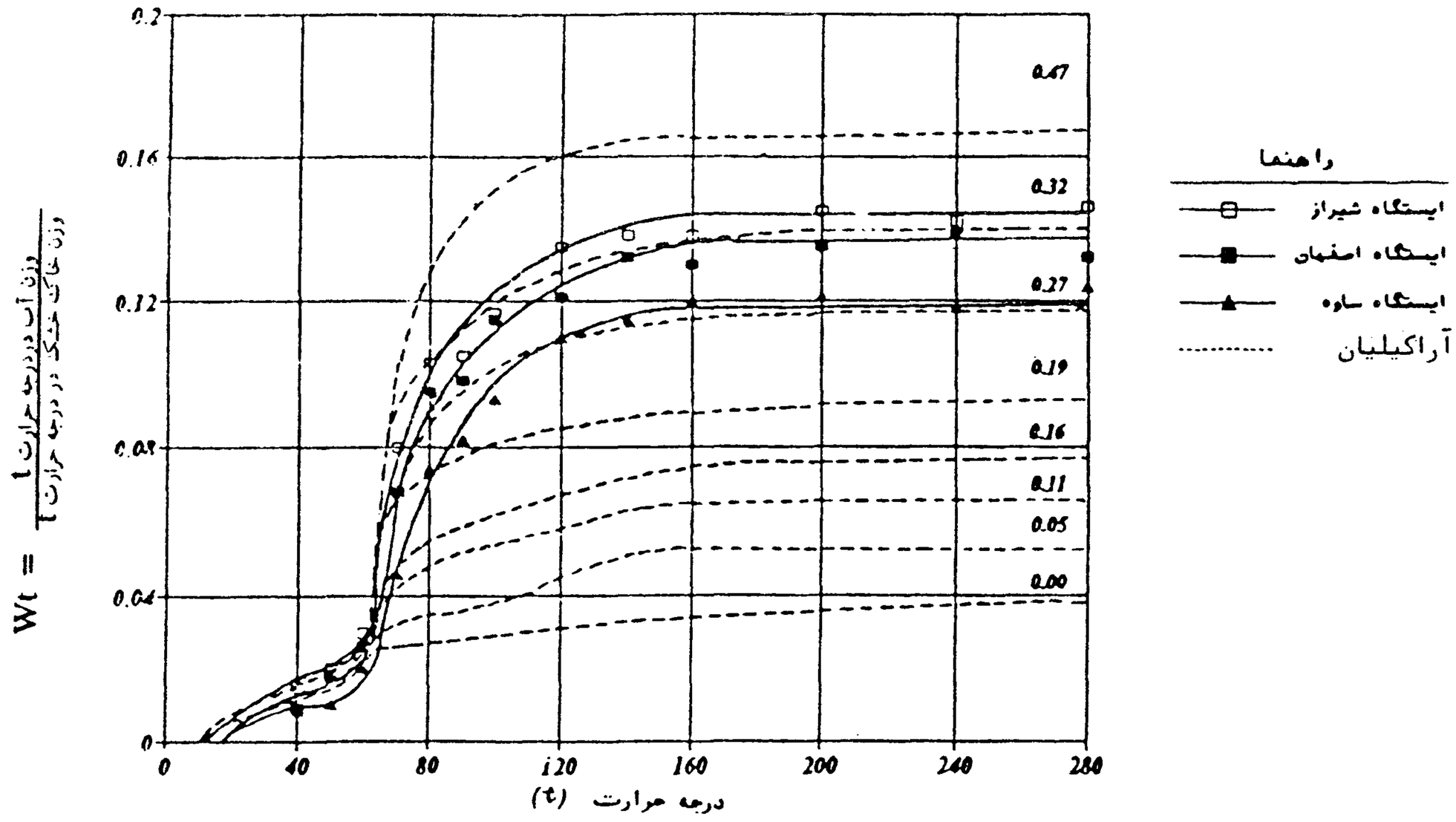
جدول ۲ - تعیین درصد گچ به روش استون برای سه نمونه از خاک ایستگاههای مطالعاتی

	غلظت	ساوه	اصفهان	شیراز
نمونه‌های خاک طبیعی دست نخورده	۱/۲۰۰	۲۱/۰	۲۵/۰	۲۷/۰
	۱/۲۵۰	۲۴/۰	۲۸/۰	۳۱/۰

ساوه محدوده تغییرات (۲۶-۱۹٪) در نمونه های دست نخورده (روش استون)

اصفهان محدوده تغییرات (۳۳-۲۱٪) در نمونه های دست نخورده (روش استون)

شیراز محدوده تغییرات (۳۴-۲۸٪) در نمونه های دست نخورده (روش استون)



شکل ۲ - رابطه حرارت و رطوبت در نمونه های خاک مورد مطالعه و انطباق آن بر نتایج مطالعات آراکیلیان

رطوبت در حرارت (60 °C) و تبدیل آن به (105 °C) در مطالعات ژئوتکنیکی مناسب تشخیص داده شد.

همچنین در قسمت تعیین درصد گچ به روش استون اشاره شد که یکی از روشهای تعیین درصد گچ براساس کاهش آب تبلور می‌باشد. بررسی شکل ۲ مشخص می‌سازد که باتوجه به مقدار گچ خاکهایی که توسط آراکیلیان مورد آزمایش قرار گرفته (بین ۰ تا ۴۷ درصد) و انطباق نتایج بدست آمده از آزمایش خاک ایستگاههای مطالعاتی، بر روی این نتایج، می‌توان به صورت تقریبی درصد گچ موجود در نمونه‌های خاک هر یک از ایستگاهها را برآورد نمود. براین اساس، مقادیر گچ بدست آمده از شکل شماره ۲ برای خاک ساوه ۲۷ درصد، خاک اصفهان کمتر از ۳۲ درصد و خاک شیراز بیشتر از ۳۲ درصد می‌باشد. بدین ترتیب ملاحظه می‌گردد که نتایج بدست آمده تا حدود زیادی به نتایج تعیین درصد گچ از روش استون نزدیک می‌باشد. باتوجه به این ویژگی برخی از محققین تلاش نموده‌اند که مقدار گچ خاک را براساس کاهش آب تبلور (۸) تعیین نمایند(۳ و ۱).

آزمایش تراکم:

در آزمایش تراکم بر اساس تاثیر حرارت بر روی خاکهای گچی دو تیمار به شرح زیر بر روی نمونه ها اعمال گردید:

- تیمار اول - آزمایش تراکم مطابق با استاندارد ASTM D698-70
- تیمار دوم - آزمایش تراکم مطابق با استاندارد تیماراول، ولی با این تفاوت که جهت تعیین مقدار رطوبت خاک از روابط آراکیلیان و حرارت (60 °C) و تبدیل آن به (105°C) استفاده شده است. نتایج آزمایشهای فوق در شکل ۳ ارائه شده است. باتوجه به شکل مذکور مشخص می‌گردد که تعیین مقدار رطوبت در حرارت (105 °C) خطایی در حدود ٦ الی ۸ درصد در مقدار رطوبت بهینه ایجاد نموده است. همچنین نمودارهای " دانسیته خشک - رطوبت " بدست آمده از تیمار اول عموماً منحنی های اشباع را قطع نموده‌اند. به عبارت دیگر نتایج بدست آمده از تیمار (105 °C) نشان می‌دهد که حداکثر دانسیته خشک در زمانی که رطوبت خاک نزدیک به اشباع و یا اشباع باشد، حاصل می‌گردد که این نتیجه تقریباً غیرقابل قبول می‌باشد. اختلاف رطوبت ٦ الی ۸ درصد در دو تیمار، مربوط به آب تبلور آزاد شده در حرارت (105 °C) می‌باشد. نتایج بدست آمده برای تیمار (60 °C) تبدیلی به (105 °C) با استفاده از رابطه آراکیلیان کاملاً منطقی بوده و طی بررسیهای بعمل آمده در آزمایشگاه، باتوجه به مقدار رطوبت اضافه شده به خاک این موضوع مورد تائید قرار گرفته است.

آزمایش حدود آتربرگ:

در آزمایش حدود آتربرگ براساس تاثیر درجه حرارت و انحلال ذرات گچ در اثر شستشو، سه تیمار به شرح زیر بروی نمونه‌ها اعمال گردید.

- تیمار اول - آزمایش حدود روانی و خمیری مطابق با استاندارد ASTM D423-66

- تیمار دوم - آزمایش حدود روانی و خمیری مطابق با استاندارد فوق، ولی با این اختلاف که برای تعیین رطوبت از رابطه تبدیلی آراکیلیان از (60 °C) به (105 °C) استفاده شده است (۳).

- تیمار سوم - آزمایش حدود روانی و خمیری کاملاً مشابه با تیمار دوم، ولی با این تفاوت که نمونه‌های خاک قبلاً به مدت ۶۰ روز تحت آبشویی قرار گرفته‌اند.

نتایج آزمایشهای فوق در شکل ۴ ارائه شده است. باتوجه به شکل مذکور مشخص می‌گردد که نتایج حاصل از تیمار اول با تیمار دوم همانند نتایج آزمایشهای تراکم اختلاف قابل ملاحظه دارند که این اختلاف مربوط به آزادسازی آب تبلور در حرارت (105 °C) می‌باشد. همچنین مقادیر نمایه خمیری [1] (IP) در حرارت (105 °C) بسیار بالا بدست آمده و این مقدار معمولاً برای خاکهایی با درصد رس بالا می‌باشد. برای مثال IP خاک اصفهان در تیمار (105 C), ۱۵/۲ درصدحاصل شده است. این مقدار IP بیانگر خاکی است با درصد رس بالا در صورتی که خاک اصفهان باتوجه به نتایج آزمایش دانه‌بندی حدود، ۶ درصد رس دارد. این موضوع ضرورت توجه به درجه حرارت خشکانیدن در (105 °C) و خطاهای ایجاد شده در اثر اعمال این درجه حرارت را نشان می‌دهد. همچنین در تیمار سوم، نمونه‌های خاک گچی به مدت ۶۰ روز تحت آبشویی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده برای حدود آتربرگ نمونه‌ها فوق نشان می‌دهد که پارامترهای مورد اندازه گیری تفاوت معنی‌داری ننموده‌اند.

آزمایش هیدرومتری:

آزمایش دانه‌بندی به روش هیدرومتری در مورد نمونه‌های خاک ایستگاههای مطالعاتی طبق استاندارد ASTM D422-63 انجام پذیرفت. ولی بعد از گذشت ۱۲۰ دقیقه از شروع آزمایش کلیه نمونه‌ها رسوب نمودند. این موضوع در شکل ۵ نشان داده شده است.

براین اساس روش پوشش با سولفات باریم به همراه روش پی‌پت به علت حذف مشکل فلکوله شدن و انحلال ذرات، جهت دانه‌بندی به کار گرفته شد (۱ و ۶).

با تلفیق نتایج بدست آمده از روش تجزیه مکانیکی به روش الک تر و روش پی پت با پوشش سولفات باریم به دور ذرات گچ، منحنی توزیع اندازه ذرات نمونه‌های خاک ایستگاههای مطالعاتی تهیه گردید که نتایج آن در شکل ۶ ارائه شده است.

طبقه بندی:

در طبقه‌بندیهای کاربردی از قبیل یونیفاید و آشتو مسائل مربوط به خاکهای دارای مواد قابل انحلال مانند خاکهای گچی در نظر گرفته نشده است. همچنین وجود ذرات گچ در ابعاد شن در خاکهای گچی می‌تواند خطاهای قابل توجه‌ای را در برآورد کلاس خاک در این نوع طبقه‌بندیها به وجود آورد. برای مثال خاکهای ایستگاههای مطالعاتی باتوجه به نتایج دانه‌بندی و حدود آتربرگ به ترتیب در کلاسهای زیر قرار می‌گیرند.

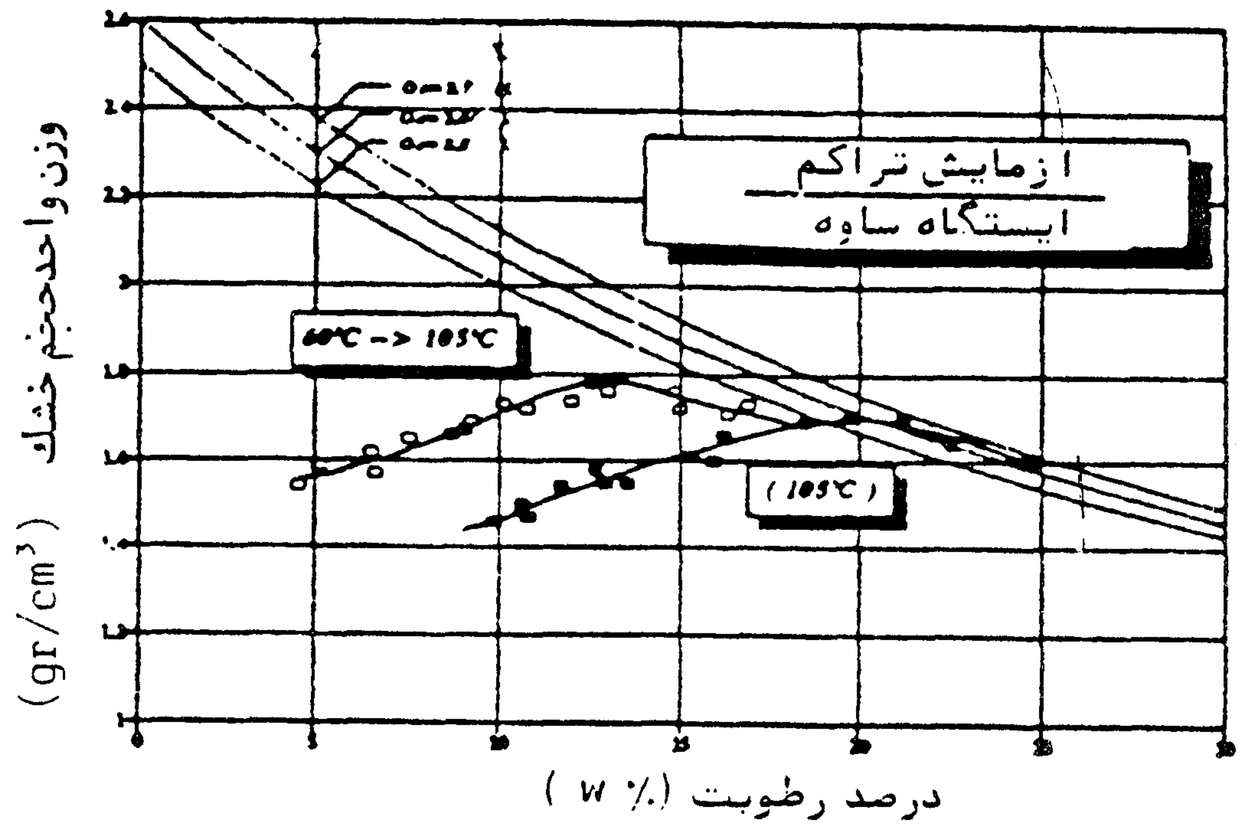
نام ایستگاه	طبقه‌بندی یونیفاید	طبقه‌بندی آشتو
ساوه	SC	A-1
اصفهان	SM	A-2
شیراز	ML	A-4

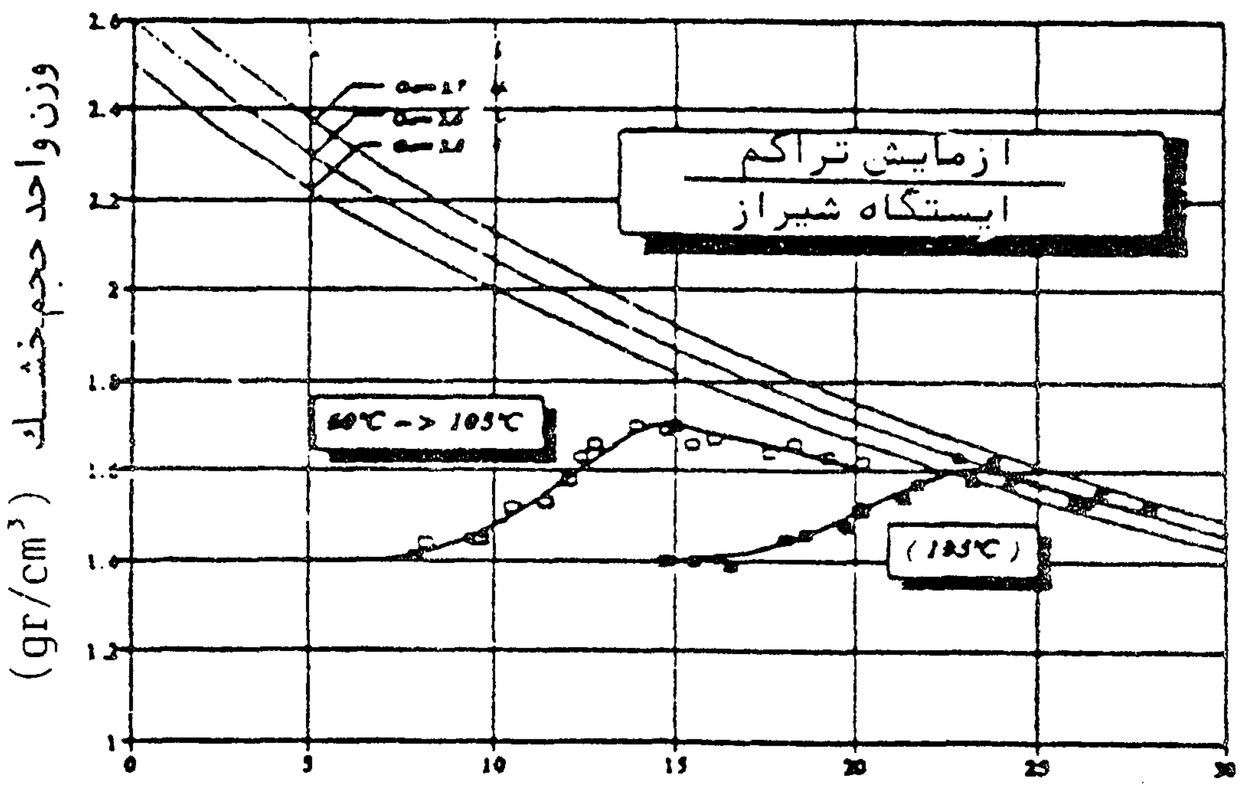
باتوجه به نتایج فوق مشاهده می‌گردد که خاکهای ایستگاههای ساوه و اصفهان از نظر پی‌سازه در درجه متوسط تا خوب قرار می‌گیرند. درحالی که خاک ایستگاههای فوق به دلیل وجود گچ و انحلال آن در بلندمدت نمی‌توانند ازنظر پی‌سازی دارای شرایط مناسبی باشد.

سپاسگزاری

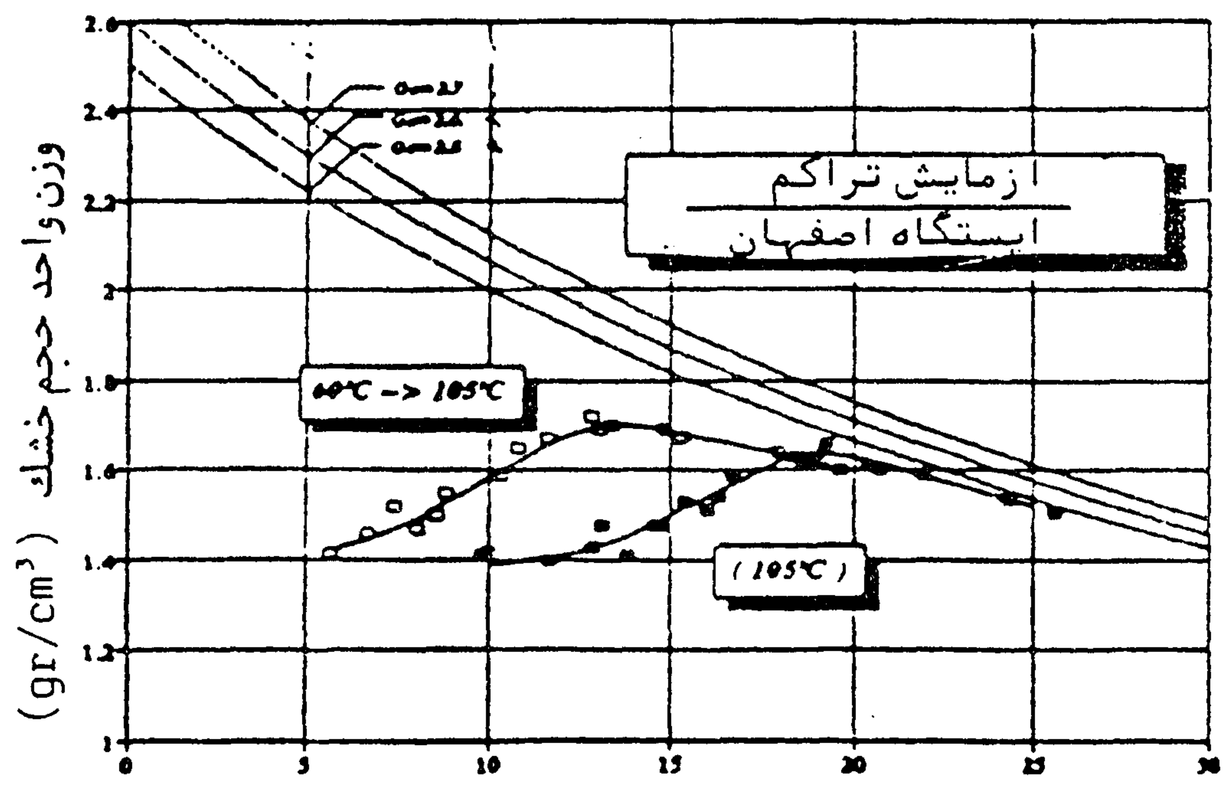
این مقاله که در برگیرنده نتایج بخشی از یک طرح تحقیقاتی گسترده می‌باشد، با مساعدتهای مالی و تدارکاتی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران و شورای تحقیقات آب وزارت نیرو به ثمر رسیده است. لذا مولفین وظیفه خود میدانند تا مراتب سپاس و قدردانی خود را نسبت به مسئولین محترم این دو موسسه اعلام دارند.

1 - Plasticity Index

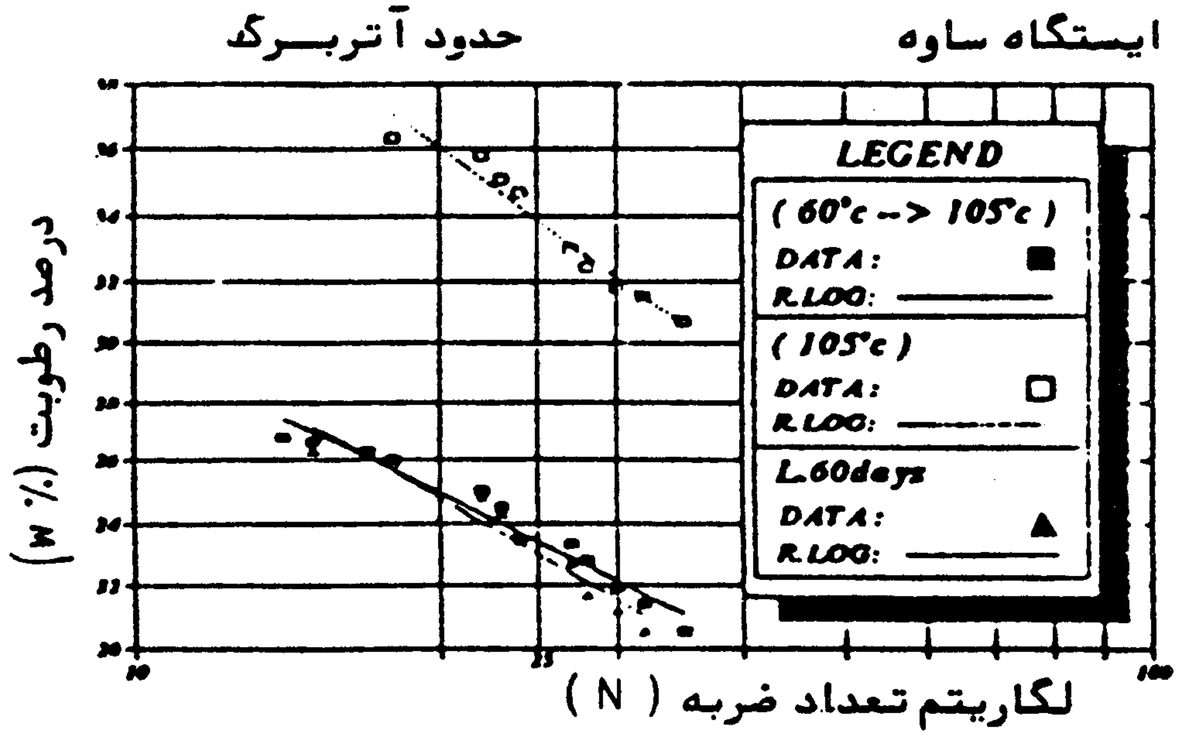


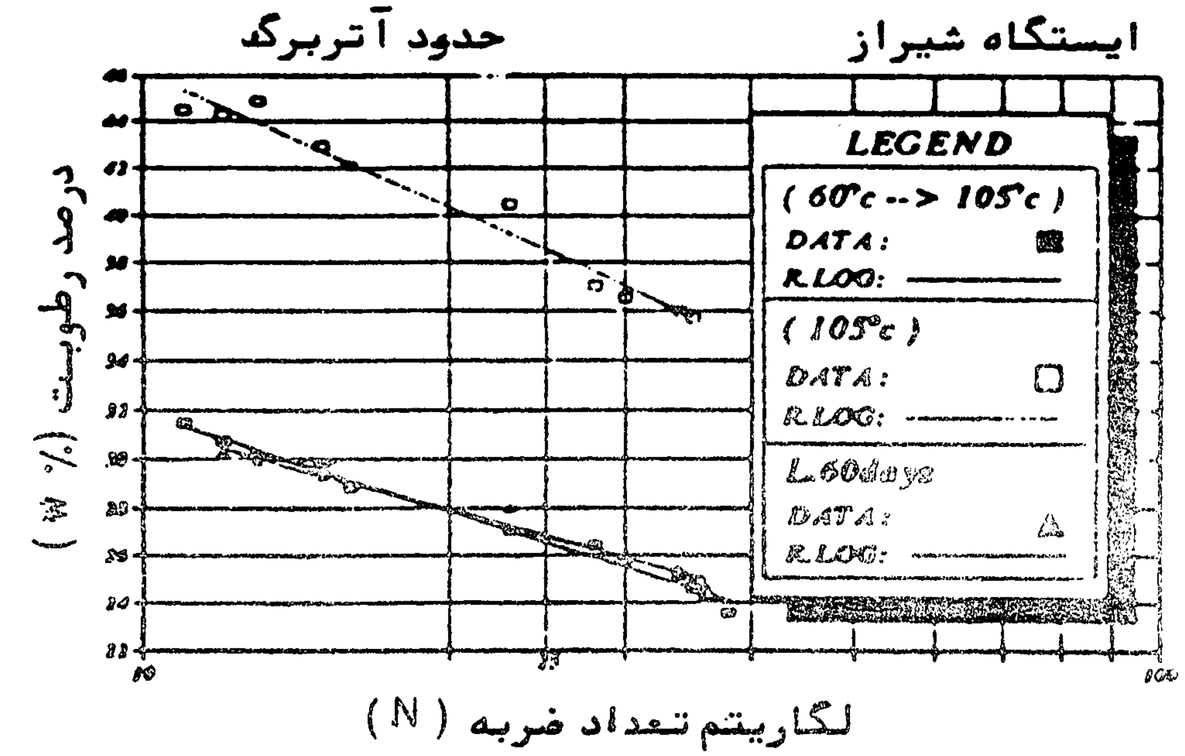


ایستگاه	حداکثر وزن واحد حجم خشک (gr/cm^3)		درصد رطوبت بهینه (٪)	
	(60C->105C)	(105 C)	(60C->105C)	(105 C)
ساوه	۱/۷۸	۱/۷۰	۱۳/۶	۱۹/۸
اصفهان	۱/۷۱	۱/۶۳	۱۳/۳	۱۹/۱
شیراز	۱/۶۹	۱/۶۰	۱۵/۰	۲۳/۰



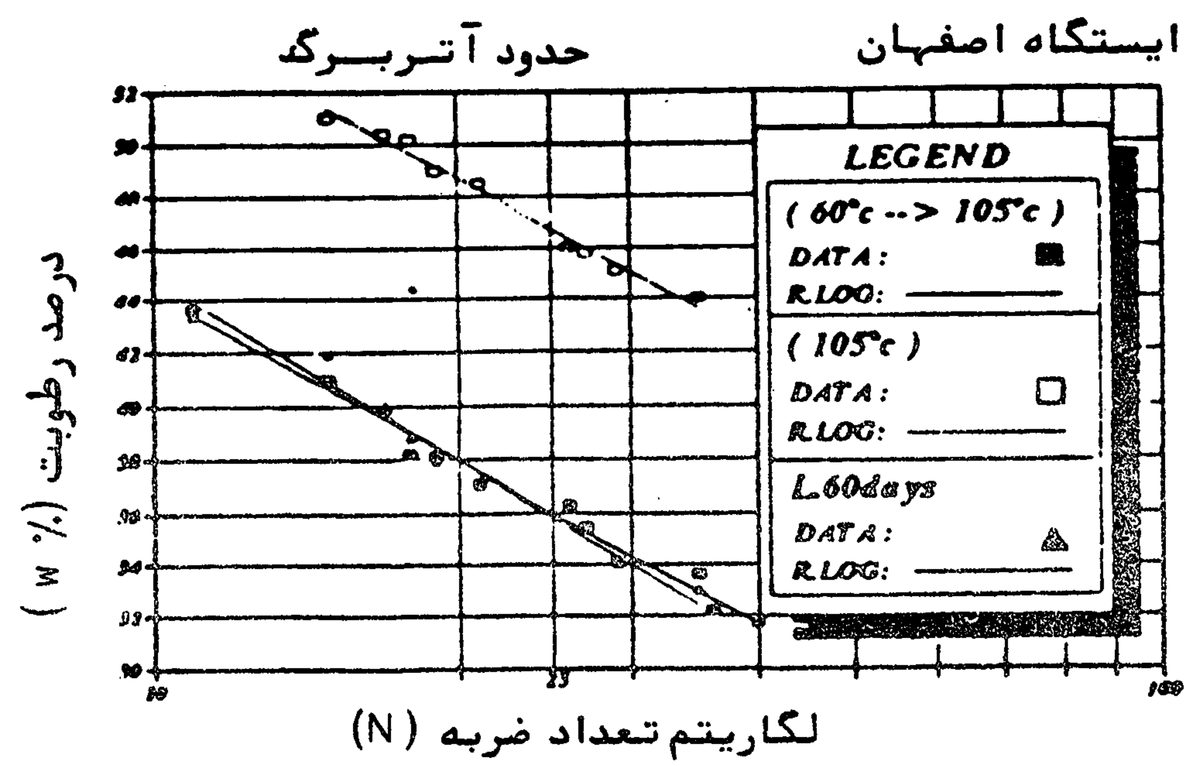
شکل ۳ - نتایج آزمایش تراکم و نمودارهای دانسیته خشک و رطوبت خاک ایستگاههای نمونه برداری



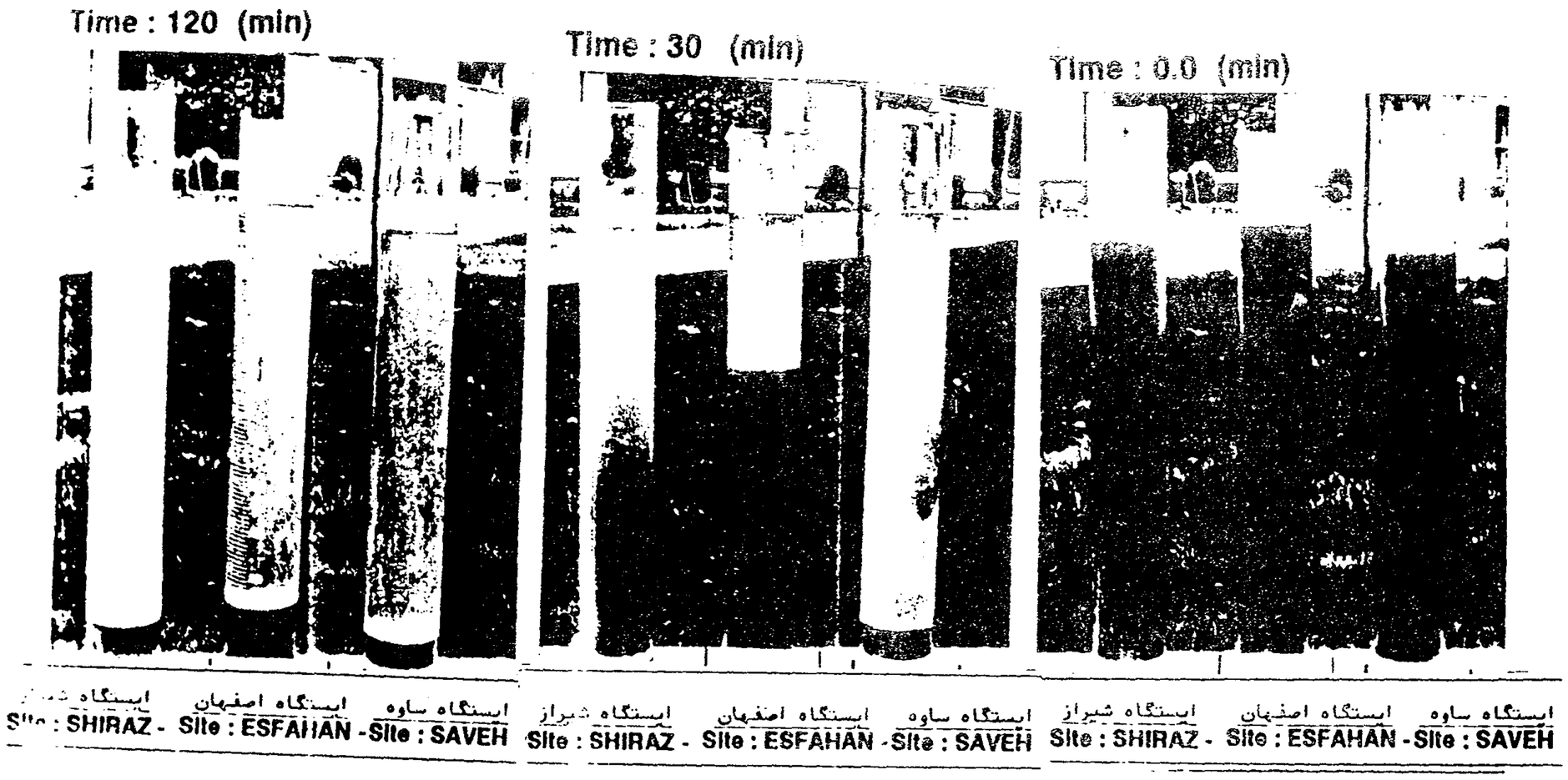


ایستگاه	(60 C> 105 C)				105 C				۶۰روزآبشوئی شده (60 C> 105 C)			
	LI	PI	Ip	Fi	LI	PI	Ip	Fi	LI	PI	Ip	Fi
ساوه	۲۳/۴	۱۷/۸	۵/۶	۱۶/۰-۰	۳۴/۰	۲۱/۳	۱۲/۷	۲۲/۱-۰	۲۳/۰	۱۷/۵	۵/۵	۱۸/۶-۰
اصفهان	۳۵/۹	۳۰/۷	۵/۲	۲۰/۹-۰	۴۶/۵	۳۱/۳	۱۵/۲	۲۲/۹-۰	۳۶/۱	۲۹/۸	۶/۳	۲۰/۹-۰
شیراز	۲۶/۵	۱۸/۴	۸/۱	۱۳/۴-۰	۳۸/۵	۲۷/۰	۱۱/۵	۱۹/۱-۰	۲۶/۷	۱۹/۰	۷/۷	۱۱/۳-۰

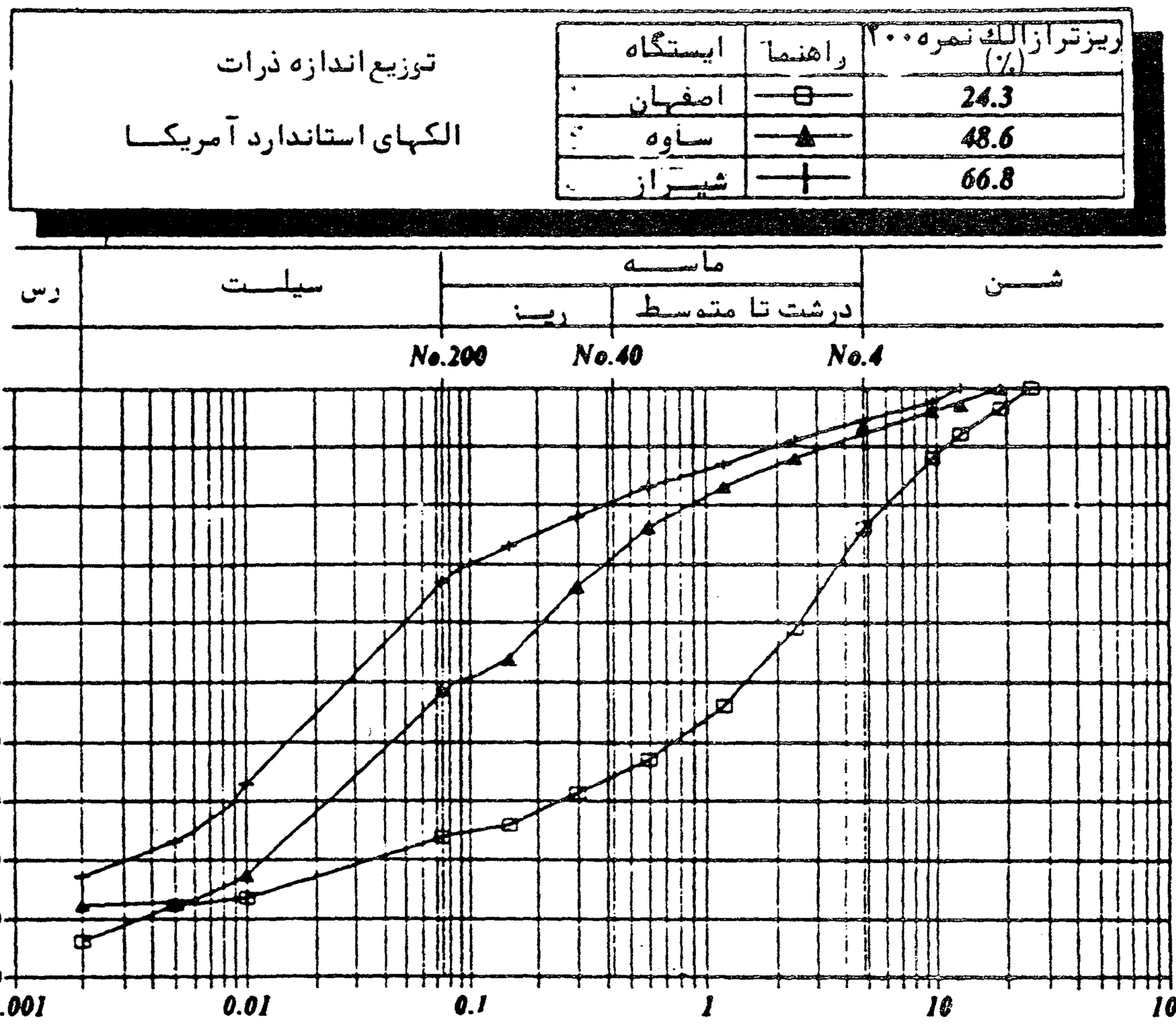
نمایه خمیری Ip نمایه روانی: Fi حد روانی : LI حدخمیری: PI



شکل ۴ - نتایج آزمایش حدود آتربرگ و منحنی های روانی خاکی ایستگاههای نمونه برداری



شکل ۵ - تاثیر ذرات گچ بر آزمایش هیدرومتری



شکل ۶ - توزیع اندازه ذرات نمونه های خاک ایستگاههای مطالعاتی (تلفیق روشهای الک تر و پوشش با سولفات باریم - پی پت)

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱ - تاتلاری، س. ۱۳۷۵، بررسی رفتار خاکهای گچی در مجاورت سازه‌های آبی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

2. AASHTO Standard. 1990. American Association of State Highway and Transportation Officials Classification.

3. Arakelyan, E. A. 1986. Characteristics of the determination of the physical properties of gypsum soils. Soil Mech. & Found. Eng. , Vol. 23 (1):27-29.

4. ASTM Standard. 1993. American Society for Testing Materials.

5. FAO. 1990. Management of gypsiferous soils. Soils Bulletin, No. 62 P(81).

6. Hesse, P. R. 1976. Particle size distribution in gypsic soils. Plant and Soil J., 44:241-247.

7. Horta, J. C. 1989. Carbonate and gypsum soils properties and classification. International Conference on Soil Mechanics & Foundation Eng. Rio de Janiro, Vol. 1:239-242.

8. Nelson, R. E., L. C. Klameth & W. D. Nettleton. 1978. Determining soil gypsum content and expressing properties of gypsiferous soils. Soil Sci. Soc. Am. J. Vol 42:659-661.

Investigation on some Physical and Chemical Characteristics of Gypsiferous Soils and Comprison with Common Standard Methods

H. RAHIMI, S. TATLARY AND A. P. NEJAD HASHEMI

Professor and Former Graduate Students, College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.

Accepted 7 Jan. 1998

SUMMARY

In the recent decades, destruction of hydraulic structures founded on gypsiferous soils, has created serious problems for designers, contractors, and operators, specially, in the Middle East Countries.In this research it has been tried to investigate the behaviour of gypsiferous soils with increasing temperature and to evaluate the effects of drying temperature at (105°C). Another objective of this study was to evaluate the suitability of the current partice on grain size analysis methods in gypsiferous soils. Since the gypsiferous soils are widely spread in Iran, three sites namely Saveh, Isfahan and Shiraz have been chosen for investigations.The soil samples taken from the above three sites had (19-26%), (21-32%) and (28-34%) gypsum content respectively and are classified in different groups of SC, SM and ML, according to the Unified Soil Classification System. The electrical conductivity of the samples were 18.2, 15.3 and 3.05 (dS/m) respectively and all of the tests accomplished according to the ASTM standards. Results of experiments for determinations of water content, compaction and Atterberg limits tests showed that the drying temperature of (105° C) for measurement of true water content of gypsiferous soils is incorrect, since the possibility of liberation of crystallized water from the gypsum composition is not considered. It was found that the water content of gypsiferous soils, must be determined by drying at the temperature of (60° C) and adjusted for (105 C).Determination of gypsum content based on liberation of crystallized water under varying temperature can be used in geotechnical tests. Chemical methods for determination of gypsum content such as measurement of SO_4^{-2} and precipitation with acetone have some limitations and takes longer time.Using coating of barium sulphate, in grain size analysis of gypsiferous soils, can prevent floculation and dissolution of gypsum particles in hydrometer test.

Key Words: Soil, Gypsiferous soils & Leaching