

بررسی بهسازی خاک های دانه ای توسط رزین پلیمری نوین در شرایط دمایی مختلف

مصطفی صالحی^۱، البرز حاجیان نیا^۲، سید مهدی حجازی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

۲- استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

۳- استادیار دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان

:

M68.salehi@yahoo.com

خلاصه

خاک‌های مشکل آفرین به دلیل مشخصات فنی نامطلوب و یا دارا بودن مقادیر قابل توجهی رس یا لای، برای عملیات راهسازی نامرغوب محسوب می‌شوند. بهبود پارامترهای مقاومتی خاک‌های ریزدانه همواره مورد توجه مهندسين عمران بوده و هست. تسلیح خاک یکی از شاخه‌های ژئوتکنیک است که با اصول علمی، مواد و مصالح مناسب را برای تقویت خاک بکار گرفته و مشخصات مکانیکی و مهندسی خاک را در راستای نیازهای موجود اصلاح می‌کند. از جمله راهکارهای جدید برای بهبود خواص مقاومتی خاک، افزودن پلیمرهای مایع برای تثبیت آن می‌باشد. در این پژوهش، درصد وزنی بهینه رزین SBR نسبت به خاک و دمای آماده سازی نمونه‌ها در آزمایش CBR مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج افزایش ۸۰۰ درصدی ظرفیت باربری ماسه همراه با رزین SBR را نسبت به ماسه خالص نشان داد. در پایان، نتایج آزمایشگاهی با استفاده از روش ANOVA مورد تحلیل انجام گرفت که نشان دهنده مؤثر بودن فاکتور دما بطور قابل ملاحظه در افزایش مقاومت خاک گردیده است.

کلمات کلیدی: تثبیت خاک، خاک های دانه ای، رزین SBR، پلیمر مایع.

۱. مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت و کاهش زمینهای مساعد جهت ساخت و ساز و افزایش پروژه‌های عمرانی بر روی زمین های نرم و ضعیف، روشهای متفاوتی جهت تثبیت و بهسازی خاک به کار گرفته می‌شود [۱]. افزایش هزینه ی ساخت راه، سد، راه آهن و فرودگاه و به طور کلی سازه های خاکی با توجه به محدود بودن بودجه و سرعت اجرای کار سبب می گردد تا مهندسان برای جلوگیری از جابه جایی زیاد احجام از مصالح محلی، حداکثر استفاده را نمایند. تغییر عملکرد خاک به منظور اصلاح کاربرد مهندسی خاک، تثبیت خاک نامیده می شود. اصلاح یا تثبیت خاک به طور کلی برای دستیابی به افزایش مقاومت و خواص ژئوتکنیکی، افزایش توان باربری خاک، تغییر نفوذپذیری، کاهش درصد جذب آب، جلوگیری از تورم، پیش گیری از نشست، کاهش چسبندگی در خاک های با چسبندگی زیاد، افزایش چسبندگی در مورد خاک های با چسبندگی کم (ماسه بادی) انجام می گیرد [۲]. طراحان همواره برای اضافه کردن مقاومت خاک از فرآیندهای مکانیکی نظیر تراکم، زهکشی بوسیله چاه های زهکشی، تحکیم و فرآیند های شیمیایی نظیر اصلاح و بهسازی با استفاده از عناصر مسلح کننده استفاده نموده اند. تثبیت خاک یکی از راهکارهای مناسب برای بهره برداری و اجرای سریعتر پروژه های عمرانی می باشد [۳].

۱-۱ مروری بر سوابق تحقیق

در تحقیقات پیشین به بررسی تراکم خاک های تثبیت شده با چند نوع رزین پلیمری جدید و مقایسه هریک از آن ها با خاک تثبیت نشده پرداخته شده است. بنتی احمد و همکاران در سال ۲۰۱۳ بر روی خاک ریزدانه با رزین استایرن بوتادین رابر جهت بهبود خواص ژئوتکنیکی آن مطالعات آزمایشگاهی انجام دادند. آنها به مطالعه تاثیر رزین SBR بر روی پارامترهایی مانند مقاومت برشی و نفوذپذیری پرداختند. نتایج بدست آمده نشان داد

اضافه کردن ۲/۵ درصد SBR، به خاک منجر به افزایش ۱۷/۸ درصدی مقاومت خاک و کاهش ۷۱/۹ درصدی حد روانی و نیز کاهش شاخص خمیری به میزان ۱۳/۵ درصد می شود [۴].

لامیا ناجا و همکاران در سال ۲۰۱۳ بر روی نمونه های خاک مخلوط با درصد های مختلف رزین SBR (۲/۵، ۱/۲۵، ۵) نسبت به وزن خشک خاک را مورد آزمایش قرار دادند. آزمایش های تراکم و برش مستقیم را بر روی نمونه ها انجام دادند و از نتایج بدست آمده مشخص شد که حداکثر چگالی خاک GS^۱ و SM^۲ با افزایش مقدار SBR کاهش میابد. در حالی که برای خاک ML^۳ حداکثر وزن مخصوص خشک با افزایش SBR تا ۵ درصد افزایش میابد [۵].

در سال ۲۰۱۰ میلادی پژوهشی توسط هاژریبابا و Gullu در دانشگاه آلاسگا امریکا جهت بهبود ظرفیت باربری خاک های ریزدانه با اضافه کردن پلی پروپیلن و سنتتیک مایع انجام گرفت. تست CBR در شرایط انجماد و ذوب و نیز شرایط غیر انجماد انجام شد. نتایج برای نمونه غیر اشباع بهبود قابل توجهی در عملکرد CBR در نمونه های عمل آوری شده با پلی پروپیلن به همراه سنتتیک مایع نسبت به نمونه عمل آوری شده با پلی پروپیلن بدست داد. آزمایش تحت شرایط انجماد و ذوب برای نمونه غیر اشباع نشان داد اضافه کردن الیاف به همراه سنتتیک مایع بطور کلی در ارائه مقاومت در برابر آزمون انجماد و ذوب نسبت به سنتتیک مایع موفقیت آمیز بوده است [۶].

در پژوهشی که توسط آقای دکتر اعلائی و همکاران صورت گرفت، خاک ماسه ای با دانه بندی یکنواخت مورد استفاده قرار گرفت، بررسی ها نشان می دهند که کاربرد پلی وینیل استات در خاک، باعث می شود که رطوبت بیشتری در خاک نگه داشته شود. در این آزمایش ها پتانسیل حفظ آب حدود ۳۰٪ بهبود یافت. این نتایج بهبود در ساختار خاک بوسیله پلی وینیل استات را نشان می دهد [۷]. بقولی زاده و همکاران برای اولین بار در داخل کشور عملکرد رزین اوره فرمالدئید را در زمینه تثبیت خاک در قالب آزمایش CBR ارزیابی کردند. نتایج این پژوهش حاکی از افزایش چشمگیر ظرفیت باربری خاک با استفاده از ۰.۶ درصد وزنی رزین اوره فرمالدئید بوده است [۸]. آزمایشات ارزیابی هایی توسط ارتش آمریکا در فورت هود و فورت سیل روی کاهش گرد و خاک با استفاده از پلی وینیل اکریلیک انجام گرفت طبق اطلاعات منتشر شده طی سی روز پس از کاربرد این ماده در فورت هود، به طور موثر مقدار گرد و خاک دست کم ۵۰٪ نسبت به مصالح غیر عمل آوری شده کاهش یافت [۸].

۲. مواد مصرفی

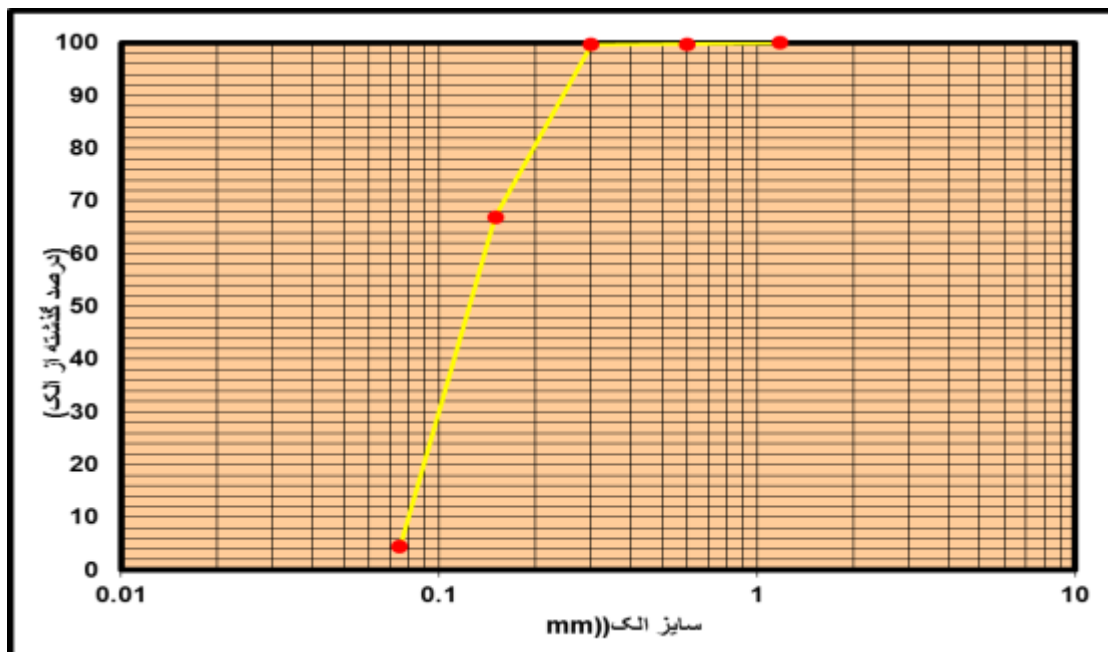
خاک مورد استفاده در این پژوهش یک نمونه ماسه با دانه بندی یکنواخت می باشد. این خاک از تپه های ماسه بادی واقع در کویر شمالی شهرستان آران و بیدگل در استان اصفهان (شکل ۱) تهیه شده که در جدول ۱ مشخصات فیزیکی ماسه آورده شده و منحنی دانه بندی ماسه مطابق نمودار ۱ می باشد.

- 1 - Gypseo Soil (GS)
- 2 - Silty sand soil (SM)
- 3 - Sandy silt soil (ML)



شکل ۱- محل نمونه برداری

جدول ۱- مشخصات فیزیکی ماسه	
مقدار	مشخصه فیزیکی
1.312	CU
0.96	CZ
0.73	هم ارز ماسه
NP	حدود اتربرگ
2.67	GS
SP	نوع خاک در طبقه بندی یونفاید
A-3	نوع خاک در طبقه بندی آشتو



نمودار ۱- منحنی دانه بندی ماسه

۱-۲ استایرن بوتادین رابر

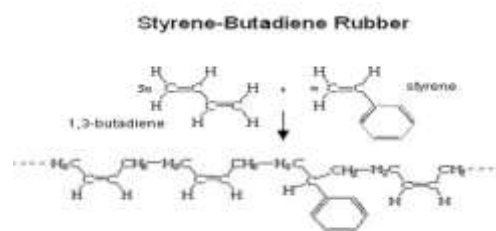
کوپلیمر (هم بسیار) استایرن و بوتادین به عنوان یک پلیمر متداول با کارایی های زیاد و بالا تعریف می شود و در دنیا پر مصرف ترین لاستیک به حساب می آید که به علت دارا بودن مواد اولیه تولید ارزان و فراوان دارای قیمت مناسبی است و به همین دلیل، بالاترین حجم تولید را نیز در صنعت لاستیک به خود اختصاص داده است. بالغ بر ۷۰٪ SBR^۱ تولیدی در صنعت تایر سازی به خصوص آج تایر، ۱۵٪ در قطعات مکانیکی و حدود ۱۰٪ به شکل شیرابه (لاتکس) مصرف می شود [۹].

این پلیمر دارای دمای انتقال شیشه ای (Tg^۲) بسیار متفاوت و منحصر به فردی است.

در این پژوهش از SBR-NL05 استفاده گردید. این ماده در مقدار ۰.۶ درصد بهینه نسبت به وزن خاک (W_{SBR}/W_S) مورد استفاده قرار گرفت. ماده غیر سمی و سازگار با محیط زیست می باشد و برای کاربرد در مناطق حساس از نظر زیست محیطی و نفوذ پذیری مناسب است.

۲-۱-۱-۱ دمای انتقال شیشه ای (TG)

زمانی که درجه حرارت واقعی (محیط) بیشتر از دمای انتقال شیشه ای پلیمر باشد انعطاف پذیر می شود و در صورتیکه درجه حرارت واقعی (محیط) نسبت به دمای انتقال شیشه ای کمتر باشد امکان سفت و شکننده شدن را دارد. این ماده غیر سمی و سازگار با محیط زیست می باشد. شکل ۲ فرمول شیمیایی استایرن بوتادین رابر را نشان می دهد.



شکل ۲- فرمول شیمیایی استایرن بوتادین رابر (SBR)

۳. آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR^۳)

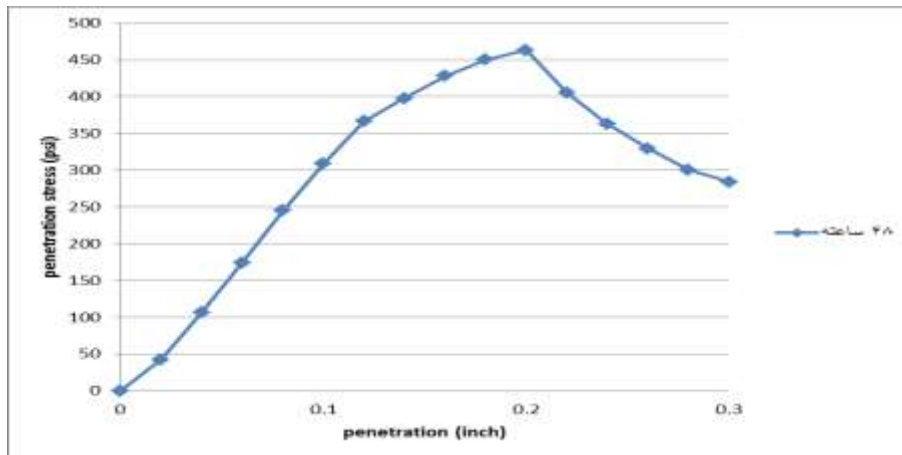
این روش برای ارزیابی قدرت باربری خاک بستر روسازی راه‌ها و فرودگاه‌ها و نیز تعیین قدرت باربری مصالح سنگی استفاده می شود. در این پژوهش از استاندارد (ASTM D698-B) جهت انجام آزمایشات استفاده شد. نمونه ها در یک قالب فلزی استوانه ای است با قطر داخلی ۰.۲۶ ± ۰.۰۶ اینچ و ارتفاع آن ۰.۱۶ ± ۰.۰۷ اینچ در ۳ لایه و ۵۶ ضربه تحت رطوبت بهینه متراکم می شوند [۷].

قبل از تهیه نمونه ها و انجام آزمایش CBR، آزمایش تراکم پراکنور استاندارد طبق استاندارد ASTM-D698-70 انجام گرفت. برای تهیه نمونه ابتدا مقدار درصد مورد نظر SBR نسبت به وزن خاک مورد استفاده را با آب مخلوط کرده و سپس به ماسه اضافه گردیده و در سه لایه مساوی در قالب ریخته شده و بطور کاملاً یکنواخت با چکش دستی به وزن ۵.۵ پوند کوبیده شد. سپس نمونه ها پس از سپری شدن زمان عمل آوری مختلف، تحت آزمایش قرار گرفتند که نتایج و نمودارهای آزمایشات در زیر ارائه شده است.

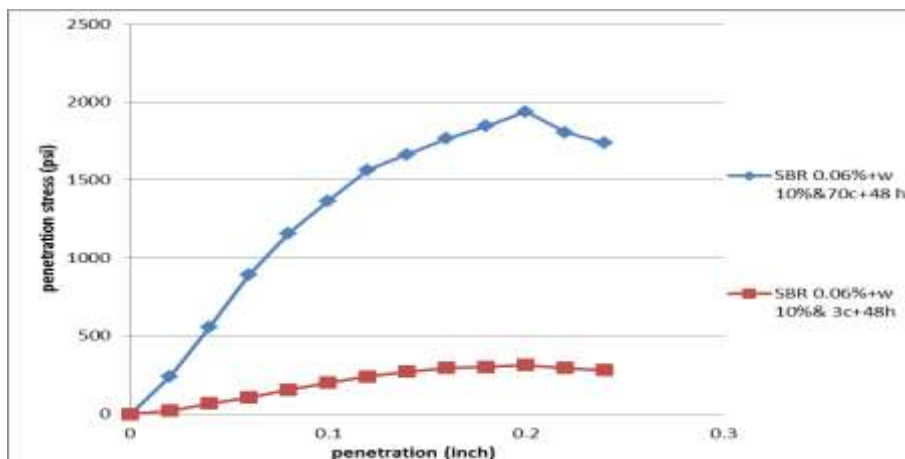
¹ - Styrene Butadiene Rubber
² - Glass transition temperature
³ - California Bearing Ratio

۱-۳ آزمایش CBR روی ماسه تثبیت شده با رزین SBR عمل آوری شده در گرمخانه و سرد خانه

تفاوت در ظرفیت باربری بعد از ساختن نمونه ها در قالب CBR برای شرایط دمایی برای گیرش مطالعه و بررسی شد. نمونه ها با درصد رزین بهینه به مدت ۴۸ ساعت در قالب بترتیب در دمای آزمایشگاه ، در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و دمای ۳ درجه سانتیگراد نگهداری و بلافاصله مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج در نمودار ۳ و ۲ آورده شده است. همچنین نتایج نهایی در جدول ۲ مده است.



نمودار ۲- منحنی نفوذ- تنش آزمایش CBR روی با ۰.۶ درصد SBR در زمان عمل آوری ۴۸ ساعت در دمای آزمایشگاه

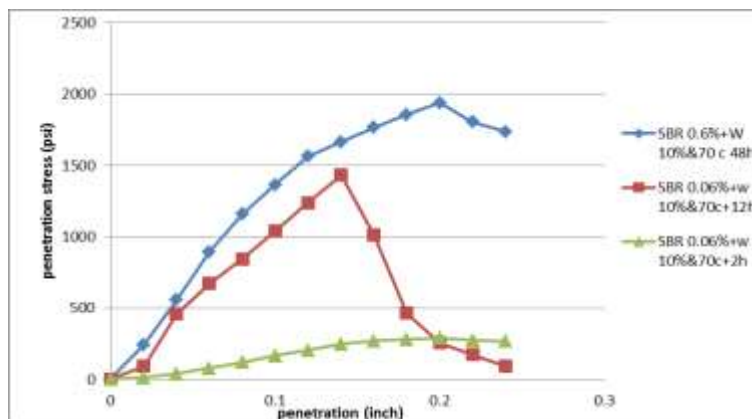


نمودار ۳- منحنی نفوذ- تنش ماسه با ۰.۶ درصد SBR در زمان عمل آوری ۴۸ ساعت در دو دمای مختلف

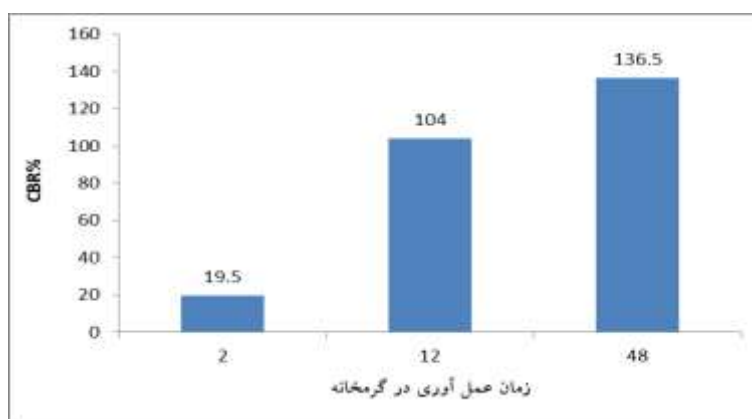
جدول ۲- نتایج آزمایش CBR روی ماسه با ۰.۶ درصد SBR در سه دمای مختلف

درصد نهایی CBR	دمای نمونه مورد آزمایش (سانتی گراد)	درصد SBR تحت زمان های عمل آوری ۴۸ ساعته
۱۳۶.۵٪	۷۰	۰/۶
۲۱٪	۳	۰/۶
۳۲٪	۳۲	۰/۶

با نگرش در نمودارهای بالا و تغییرات چشمگیر در مقدار CBR متوجه به تاثیر و تغییرات شدید عملکرد رزین در شرایط دمایی مختلف می شویم. بنابراین نمونه هایی با درصد رزین بهینه ۰.۶ درصد جهت قرار دادن در گرمخانه در زمان های مختلف (۲ ساعت، ۱۲ ساعت و ۴۸ ساعت) آماده گردید و بلافاصله پس از خارج کردن از گرمخانه مورد آزمایش قرار گرفتند که نتایج در نمودار ۴ و ۵ ارائه گردیده است.



نمودار ۴- منحنی نفوذ- تنش ماسه با ۰.۶ درصد SBR در زمان عمل آوری (۲، ۱۲ و ۴۸) ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد



نمودار ۵- منحنی مقایسه ای تأثیر زمان در مقدار CBR در نمونه های عمل آوری شده در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد

۴. نتیجه گیری

- دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و زمان های مختلف عمل آوری نشان دهنده پخت این رزین در طی زمان بیشتر و دمای بالاتر می باشد. هرچه زمان عمل آوری بیشتر شود مقدار ظرفیت باربری با توجه به از دست دادن رطوبت نمونه و پخت کامل رزین در دمای بالا نیز افزایش می یابد.
- مقایسه تاثیر دمای گیرش، برای دمای گرمخانه (۷۰ درجه سانتیگراد)، دمای سردخانه (۳ درجه سانتیگراد) انجام گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده نشان میدهد گیرش در گرمخانه مقاومت بالاتر و چشمگیری نسبت به گیرش در دمای آزمایشگاه و در سردخانه بدست می دهد. بطوریکه حدود ۸۰ درصد افزایش ظرفیت باربری نسبت به ماسه خالص را نشان داد. نتایج تحلیل توسط نرم افزار ANOVA نشان دهنده مؤثر بودن فاکتور دما در گیرش می باشد که در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- تحلیل نتایج تغییرات دما

Multiple Comparisons

Dependent Variable: CBR						
LSD						
(I) temp	(J) temp	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
3	32	-33.73122	134.30681	.803	-306.9805	239.5180
	90	-1165.78612*	134.30681	.000	-1439.0354	-892.5368
32	3	33.73122	134.30681	.803	-239.5180	306.9805
	90	-1132.05489*	134.30681	.000	-1405.3042	-858.8056
90	3	1165.78612*	134.30681	.000	892.5368	1439.0354
	32	1132.05489*	134.30681	.000	858.8056	1405.3042

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

۵. مراجع

۱. اعلائی، حامد، (۱۳۸۸)، "بررسی خصوصیات خاک تثبیت شده با مواد پلیمری"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد.
۲. بقولی زاده، امین، (۱۳۸۷)، "خاک های مشکل آفرین و روش های بهسازی خاک"، پایان نامه ی کارشناسی ارشد.، "دانشکده عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد
۳. پورحسینی رضا، (۱۳۸۹)، "اصلاح رفتار مقاومتی خاک با استفاده از الیاف طبیعی"، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران،، دانشگاه فردوسی مشهد، اردیبهشت
4. Benti ahmed, Fauziah, (2013), "Evaluation the Effects of Styrene Butadiene Rubber Addition as a New Soil Stabilizer on Geotechnical Properties, " Electronic Journal of Geotechnical Engineering vol. 18 p:735
5. Najah, Lamyaa, (2013), "Influence of Polymer on Properties of Soils, " Electronic Journal of Geotechnical Engineering vol. 18 p:1909

6. Hazirbaba, kenan, (2010), "California bearing ratio improvement and freez-thaw performenc of fine-grained soils treated with geofiber and synthetic fluid, "cold regions science and technology 63, p50–60.

۷. اعلایی، حامد، (۱۳۸۸)، "ارزیابی خواص مکانیکی خاک‌های تثبیت شده شیمیایی توسط مواد پلیمری"، دانشکده عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، اسفند

۸. بقولی زاده، امین، (۱۳۹۰)، "بررسی تغییرات نسبت باربری (CBR) خاک مسلح شده با استفاده از اوره فرمالدئید"، کنفرانس مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد. اردیبهشت

۹. رحیمی، اعظم، (۱۳۸۴)، "آشنائی با پلیمرها و کاربرد آنها"، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران