بررسی عملکرد مواد نفتی و پلیمری در تثبیت خاک های سست و روان

اسماعیل معصومی، کاوه استاد علی عسکری *
*نویسنده مسئول Kaveh_oaa2001@yahoo.com

چکیده

با توجه به اهمیت مواد نفتی و پلیمری در تثبیت خاک، در این پژوهش به بررسی عملکرد مواد پلیمری و مقایسه آنان پرداخته شده است. از مواد نفتی می توان به نقش قیر در تثبیت خاک و از مواد پلیمری به رزین های پلیمری همچون پلی وینیل الکل و پلی وینیل استات و هم چنین از الیاف مصنوعی پلی پروپیلن اشاره کرد.کف قیر یکی از مواد تثبیت کننده است، که با اضافه کردن آب به قیر داغ بدست می آید، و برای دامنه وسیعی از مصالح سنگی قابل کاربرد است. همچنین تاثیر رزین های پلیمری نیز توانسته است باربری خاک های سست را افزایش دهد. الیاف پلیمری به علت ماندگاری بالا و همچنین اجرای آسان و عدم ایجاد مشکل در شرایط اشباع بسیار مورد توجه مهندسین عمران قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: تثبیت خاک، قیر،مواد شیمیایی نوین، رزین های پلیمری، CBR

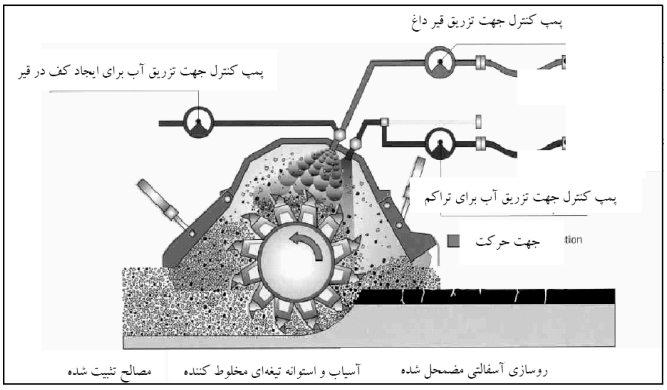
۱- مقدمه:

با توجه به رشد چشم گیر مواد شیمیایی جدید بخصوص مواد پلیمری در اجرای پروژه های عمرانی و اهمیت و تاثیر این مواد جدید در تثبیت خاک های ضعیف، اخیرا علم شیمی و پلیمر را به علم عمران نزدیک کرده است. استفاده از مواد همچون قیر در تثبیت خاک های روان و سست و استفاده از رزینهای پلیمری نشان دهنده این مسئله می باشد که تاثیر این مواد بر روی پروژه های عمرانی بسیار زیاد شده است. هر روسازی در دوره زمانی خاصی نیاز به بهسازی دارد، که باید گزینه مناسب جهت بهسازی، با توجه به شرایط آن جاده انتخاب شود یکی از این گزینه های بهسازی اجرای روکش است. از مهمترین مشکلات آن محدود بودن مصالح مرغوب و کارخانه های آسفالت است که منجر به افزایش هزینه های حمل و نقل مصالح به محل پروژه گشته است. امروزه با پیشرفت تکنولوژی ماشین آلات بازیافت سرد، این مشکلات را تا انداز ه ای می توان به حداقل رساند.

۲- مواد مورد بررسی:

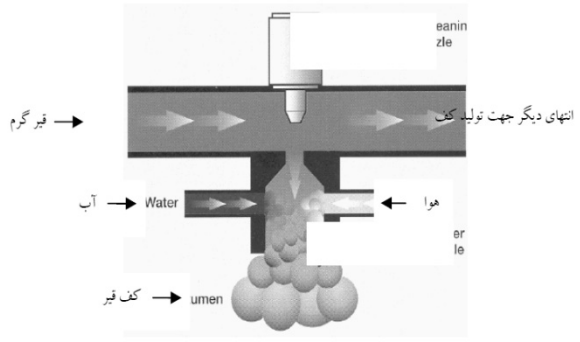
۲-۱- کف قیر:

شکل (۱) سیستم داخلی ماشین مدرن بازیافت سرد را نشان می دهد. در این سیستم روسازی آسفالت مضمحل شده (روسازی که نیاز به روکش دارد) به اساس تثبیت شده با کف قیر تبدیل می شود. بر روی اساس تثبیت شده با کف قیر، یک لایه آسفالت حفاظتی به ضخامت ۳ سانتی متر (البته به حجم ترافیک عبوری بستگی دارد)، به جای اجرای روکش، می ریزند. این مساله هزینه های حمل و نقل مصالح را کاهش می دهد[۱].



شکل ۱- سیستم آسیاب و پخش کف قیر، جهت تبدیل روسازی مضمحل شده به اساس تثبیت شده

کف قیر زمانی به وجود می آید، که مقدار کمی آب به قیر داغ اضافه شود. با تزریق آب به قیر داغ، مطابق شکل۲ قیر بصورت بخاری که حاوی هزاران بخار قیر ریز است در می آید و بواسطه آن قیر به راحتی اطراف سنگدانه های سرد را اندود کرده و چسبندگی بین مصالح را بالا می برد[۲].



شکل ۲- فرایند تولید کف قیر

این روش را برای خیابانهای تهران و سایر شهرهای ایران براحتی می توان اجرا کرد. برای خیابانهایی که ازلحاظ بهسازی نیاز به روکش دارند با این روش براحتی می توان روسازی آسفالت مضمحل شده را به اساس تثبیت شده با کف قیر تبدیل کرده و یک لایه آسفالت حفاظتی روی آن اجرا نمود.

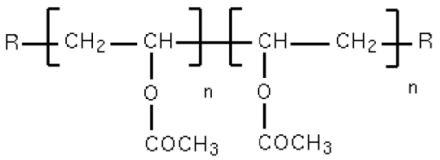
فواید استفاده از کف قیر:

- سهولت کاربرد: همانند امولسیون قیر ،کف قیر را می توان با متصل نمودن مخزن قیر و محفظه تولید کف، به ماشین بازیافت کننده در تثبیت مصالح بازیافت شده استفاده کرد[۱].
- روسازی مقاوم و انعطاف پذیر: مصالح تثبیت شده با کف قیر، حاوی ملات انعطاف پذیری هستند که تکه های درشت را به هم می چسباند. بنابراین خصوصیات خوبی از نظر مقاومت در مقابل تغییر شکل و خستگی دارند. مثلاً مصالح تثبیت شده با سیمان از خصوصیات خستگی پایینی برخوردار هستند[۱].
- هزینه: کف قیر، از قیر با میزان نفوذ استاندارد بدست می آید. بنابراین هزینه ساخت کارخانه ای نخواهد داشت. مصالح تثبیت شده با کف قیر نسبت به مصالح تثبیت شده با امولسیون قیر از هزینه کمتری برخوردار هستند[۱].
- سرعت حصول مقاومت: مصالح تثبیت شده با کف قیر نسبت به مصالح تثبیت شده با سیمان سریعتر بر روی ترافیک بازگشایی می شوند[۱].
- اثر محیطی بسیار کم : در طی فرآیند عمل آوری، مواد فرار و بخار شدنی از مخلوط متصاعد نمی شود[۱].
- اجرا در شرایط بد آب و هوایی: تثبیت لایه های روسازی را می توان با استفاده از کف قیر در شرایط بد آب و هوایی، مانند هوای سرد یا بارندگی سبک، بدون تاثیر منفی بر قابلیت کار یا کیفیت نهایی لایه، اجرا نمود[۱].

ولی جهت تثبیت خاک با توجه به مشکلات زیست محیطی و هزینه سوخت از این مواد نمی توان بهره برد و از مواد دیگر مانند PVA و PVAc که مشخصات آن در جدول ۱ و ۲ و فرمول شمیایی آن در شکل های ۳ و۴ قابل مشاهده است، می توان استفاده نمود.

۲-۲- رزین پلی وینیل استات (PVA):

پلی وینیل استات یک ماده پلیمری است که از پلیمراسیون رادیکالهای آزاد وینیل با منشا مونومر وینیل استات بدست می آید. این ماده برای اولین بار توسط فریتز کالاته در آلمان در سال ۱۹۱۲ کشف و ساخته شد. این ماده در تجارت و صنعت با نام اختصاری PVAc شناخته می شود. فورمولاسیون PVAc در شکل ۳ نشان داده شده است[۳].



شکل ۳ – فرمولاسیون پلی وینیل استات

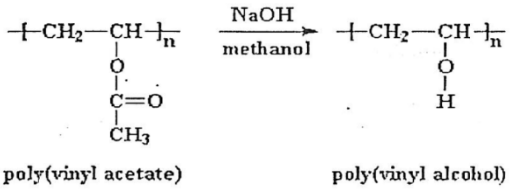
جدول ۱- خصوصیات پلی وینیل استات (PVAc) [۵]

شکل ظاهری	سفید و مرطوب
چگالی در ۲۵ درجه سانتیگراد (gr/cm^3)	۱/۱۹
PH	۴-۶
ویسکوزیته (Pas)	در دما و وزن مولکولی مختلف متفاوت است
اندازه ذرات(میکرون)	۰/۱-۳
حجم مخصوص در دمای ۲۸ درجه (L/Kg)	۰/۸۴
دمای تجزیه (درجه سانتیگراد)	۱۵۰
مدول کشسانی(GPa)	۱/۲۷۵-۲/۲۵۶
استحکام کششی (MPa)	۲۹/۴-۴۹

تحقیقات بیشتر نشان داد که کاربرد این ماده چسبناک، سبب ارتقای ساختار خاک، افزایش نفوذ آب و ازدیاد استحکام دانه بندی خاک می گردد و به طور خلاصه، کاربرد این ماده سبب جلوگیری از فرسایش ناشی از اثر آب و باد می شود [۴].

۲-۳- رزین پلی وینیل الکل (PVA):

پلی وینیل الکل که نام اختصاری آن PVA می باشد، در سال ۱۹۲۴ توسط هرمان و هانل با هیدرولیز پلی وینیل استات در متانول با حضور هیدروکسید پتاسیوم ساخته شد. گروه استات با جایگزینی استرس با متانول در حضور هیدروکسید سدیم آبدار هیدرولیز و پلی وینیل الکل بوجود می آید. در شکل ۴ فرمولاسیون پلی وینیل الکل نشان داده شده است. پلی وینیل الکل ماده ای بی بو، نیمه شفاف یا مات و دارای بلورهای سفید یا کرم رنگ می باشد. ساختار مولکولی آن بی آرایش است که حالت آن بلوری می باشد. با درجه هیدرولیز کامل باعث انحلال پذیری آن فقط در دمای بیشتر از ۸۵ درجه سانتی گراد می شود. دارای مقاومت و سختی بالا است و خصوصیات مقاومتی آن به مقدار رطوبت بستگی دارد که افزایش آن باعث کاهش مقاومت کششی آن می شود. برخی مشخصات آن در جدول ۳ آمده است[۶]،[۷]. از خصوصیات این ماده می توان به غیر سمی بودن، عدم خورندگی، عدم آلوده کنندگی آب اشاره کرد[۸]،[۹]. در سال ۱۹۷۴ سفانسون طی تحقیقاتی با استفاده از پلی وینیل الکل خاک لوم ماسه ای ریز دانه را بدون هیچ اثر زیان بار بر محیط زیست و رشد گیاهان تثبیت نمود[۱۰].



شکل ۴ – فرمول شیمیایی پلی وینیل الکل[۶]

جدول ۲ – خصوصیات پلی وینیل الکل (PVA) [۷]

شکل ظاهری	بلورهای سفید رنگ
چگالی غیر متبلور(gr/cm^3)	۱/۲۶
چگالی متبلور(gr/cm^3)	۱/۳۵
PHدر محلول ۵ درصد	۵-۶/۵
PHدر محلول آب دار	خنثی یا کمی اسیدی
ویسکوزیته(m.Pas)	۲۸±۴
نتقطه ذوب (درجه سانتیگراد)	۱۸۰-۱۹۰
وزن مولکولی (gr/mol)	۳۰-۳۶/۳

۲-۴- الیاف:

الیاف مورد استفاده جهت تسلیح، الیاف پلی پروپیلن با اندازه های ۱۲میلیمتری و درصدهای وزنی ۰/۰۵و ۰/۱ و ۰/۱۵و ۰/۲۵ مورد بررسی قرار گرفت. مشخصات الیاف مذکور در جدول ۳ ارائه شده است.

شکل ۵- الیاف پلی پروپیلن مصرفی

جدول ۳- مشخصات الیاف مورد استفاده

مشخصات	مقدار
رنگ ظاهری	سفید
وزن مخصوص(g/cm3)	۱
قطر(میکرن)	۲۳
مقاومت کششی(MPa)	۴۰۰
محدوده ذوب (0^c)	۱۶۰-۱۶۵
مقاومت در برابر اسیدها و قلیاها	بالا
مقاومت در برابر نمک	بالا

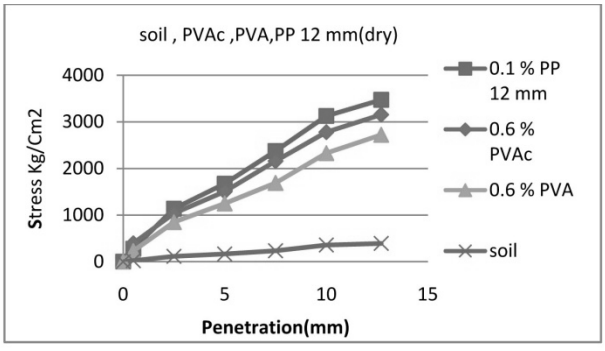
۲- ۵- خاک:

خاک مورد بررسی در این پژوهش از خاک ماسه ای سیلتی در شهر اصفهان انتخاب شده است که مشخصات آن در جدول ۴ بیان شده است. خاک ترکیب شده با الیاف و رزین در تست آزمایشگاهی CBR مورد بررسی قرار گرفت که در شکل های ۶ ، ۷ ، ۸ و۹ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاکی عملکرد بسیار عالی این مواد در تثبیت خاک داشته است.

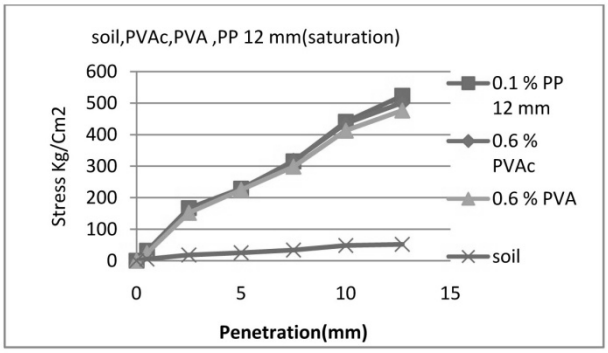
جدول ۴- مشخصات خاک مورد آزمایش

مشخصات	مقدار	استاندارد
نوع خاک	(A-2-4)	AASHTO
طبقه بندی	SM بر حسب طبقه بندی یونیفاید	ASTM-D2487
جنس ذرات	ماسه سیلتی	
چگالی توده ویژه	۲/۹۴ گرم برسانتیمتر مربع	ASTM 854
حد روانی	٪۳۴/۶۷	
حد خمیری	٪۲۷/۰۴	ASTM-D4318

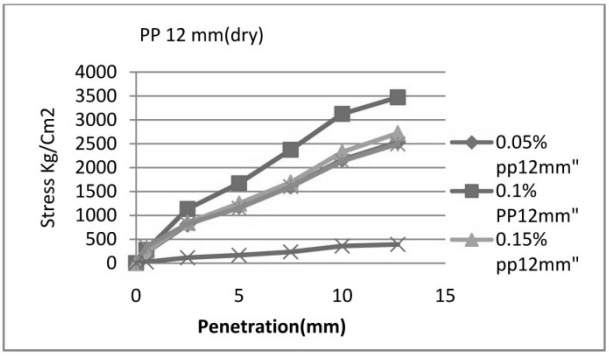
۳- تحلیل های آزمایشگاهی:



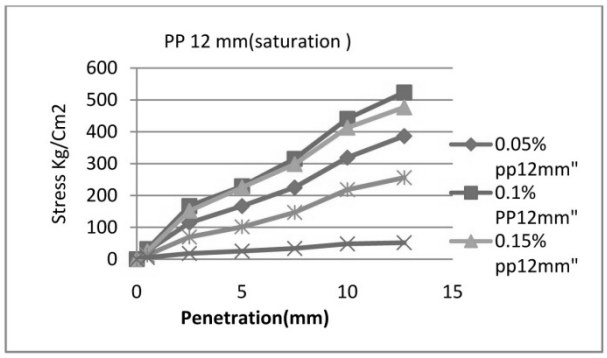
شکل ۶- منحنی نفوذ – فشار آزمایش CBR نمونه الیاف و رزین در حالت خشک



شکل ۷- منحنی نفوذ – فشار آزمایش CBR نمونه الیاف و رزین در حالت اشباع



شکل ۸- منحنی نفوذ – فشار آزمایش CBR نمونه الیاف در حالت خشک



شکل ۹- منحنی نفوذ – فشار آزمایش CBR نمونه الیاف در حالت اشباع

۴- نتیجه گیری:

- در پروسه بازیافت سرد با افزودن مقدار کمی ماده تثبیت کننده به مصالح بازیافت شده، مقاومت های مورد نیاز را که با هزینه های کمی همراه است، جبران می کنند. کف قیر یک نوع ماده تثبیت کننده است که با اضافه کردن مقدار کمی آب به قیر داغ بدست می آید. با تزریق آب به قیر داغ، حجم قیر بطور موقت افزایش یافته (حدودا ۱۵برابر) و ویسکوزیته آن به میزان زیادی کاهش می یابد. در این حالت قیر ماده کاملاً مناسبی جهت مخلوط نمودن با سنگدانه سرد و مرطوب (نظیر مصالح بازیافت شده) می باشد. میزان آب اضافه شده به قیر، با توجه به مشخصات کف (نیم عمر و نسبت انبساط) بدست می آید. در هنگام تثبیت مصالح با کف قیر، در صورت کم بودن میزان(۰/۵الی ۲ درصد) سیمان به آن اضافه می کنند. جهت اطمینان از مقدار ریزدانه، قبل از تثبیت لایه مضمحل شده با کف قیر، نمونه گیری از چند قسمت قطعه لازم است. برای یک روسازی آسفالتی مضمحل شده، گزینه بهسازی مصالح تثبیت شده با کف قیر نسبت به سایر تثبیت کننده ها از ضخامت لایه روسازی کمتر و هزینه پایینتری برخوردار هستند. این روش برای خیابانهایی که از خرابی های سازه ای و افت و خیزهای زیاد برخوردار هستند، گزینه بهسازی مناسبی نسبت به اجرای روکش می باشد. اکثر شهرهای ایران، بخصوص شهر تهران با این مساله روبرو است. لذا با این روش به راحتی می توان با هزینه کم، روسازی آسفالت مضمحل شده را به اساس تثبیت شده با کف قیر تبدیل کرده و یک لایه آسفالت حفاظتی روی آن اجرا نمود[۱و۱۱].

- از آزمایشات CBR انجام شده بر روی ماسه می توان نتیجه گرفت که رزینهای پلیمری و الیاف پلیمری در خاک بسیار خوب عمل می کنند و می توان از این مواد به جای فراورده های نفتی که خود مشکلات محیط زیستی را دارا می باشد، استفاده برد. استفاده آسان یکی از نقاط مثبت آن در انتخاب این گونه مواد به جای مواد سنتی گذشته می باشد.

منابع:

[1]. Wirtgen Cold Recycling Manual, Publication 1998 by Wirtgen GmbH, 1998.

[2]. Chui-Te Chiu, Ming-Yung Huang, A Study on Properties of Foamed Asphalt Treated Mixes,[online] available at: http://www.wsdot.wa.gov/ppsc/research/TRB-Special/TRB2003-000747.pdf, July 2002.

[3]. J.Croweley, D.Bell,B.K.Holtwieshe.,"Environmentally-favorable erosion control with a polyvinyl Acetate-based formulation "American Chemical Society.www.kiwipower.com/pdf/Qei-Article.pdf.,pp.1806-1810,1988

[4]. M.Lahalih, G.Hovakeemian, Development of Novel Polymeric Soil Stabilizers, INd. Eng. Chem. Res.27 (1988),pp1806 – 1810

[5]. http://en.Wikipedia.org/polyvinyl acetate and urea-formaldahed.

[6]. J.A.Brydso PLASTICS MATERIALS,Seventh edition,Butterworth-Heinemann 1999

[7]. S.K.Saxena, Poly vinyl Alcohol (PVA) ,Chemical and Technical Assessment (CTA), (2004) ,ppl-3,

[8]. W.J.Orts, A.R.Espinosa, R.E.Sojka,G .M .Glenn, S.H.Imam,K.Erlacher, J.S.Pedersen., Use of Synthetic Polymers and Biopolymers for soil stabilization in aricultural , construction ,and military applications JOURNAL OF MATERIALS IN CIVIL ENGINEERING@ASCE,(2007), pp.55-66

[9]. .Mukhopadhyay ,P .R .Gajri , Rachhpal-Singh, K.L.Khera.,"Erosion and crust management in coarse-tetured soils with an Acrylic-based soil conditioner", Arid Soil Res.Rehabil. 1.1,(1997) , pp.367-374.

[10]. M.Lahalih , G.Hovakeemian.,"Development of Novel Polymeric soil stabilizers 1nd.Eng .Chem. Res. 27,(1988) pp.1806-1810.

[11]. Chui-Te Chiu, Ming-Yung Huang, A Study on Properties of Foamed Asphalt Treated Mixes,[online] available at: http://www.wsdot.wa.gov/ppsc/research/TRB-Special/TRB2003-000747.pdf, July 2002