

تثبیت خاک محوطه عملیاتی اکتشاف و حفاری و جادهای دسترسی با استفاده از نانو پلیمرها

اسماعیل رادگهر^{۱*}، ناهید مومتمنی^۲

1 و * - نویسنده مسوول: کارشناس ارشد سازه های دریایی دانشگاه پلی تکنیک (امیرکبیر) Es_radgohar@yahoo.com

2- کارشناس ارشد، معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد تهران مرکز، N_motamani@yahoo.com

چکیده

توجه به اهمیت سرعت نصب و شروع بکار تجهیزات اکتشاف و یا حفاری در محیط میدانی و لزوم استفاده از مصالح کم هزینه و همچنین به صعب العبور بودن بسیاری از مناطق عملیاتی ایران لازم است که برای تثبیت خاک منطقه عملیاتی جهت استقرار ادوات اکتشاف، حفاری و یا نصب کانکسهای اسکان موقت به بررسی مصالح نوین موجود در این خصوص پرداخته شود. در این مطالعه از CBR +4 به عنوان عامل تثبیت کننده خاک استفاده شده است، در ایران یکی از مشکلات اصلی تثبیت خاکها در پروژه های وجود عامل رس و گرانی تثبیت این خاکهاست، که با استفاده از تکنولوژی نانو این نقیصه تبدیل به مزیت شده است، زیرا یکی از شرایط عمل کرد این نانو پلیمر وجود حداقل 15٪ رس در خاک است. با این شرایط علاوه بر ارزانی و سرعت عملیات اجرایی در مورد جادهها و فیلههای عملیاتی نیاز چندانی به روسازی و یا لایه روکش آسفالتی به جز در مواردی که اجبار در مورد لایه آسفالت وجود دارد نیست از همه مهمتر توانایی خود ترمیمی این لایه ها با استفاده از حرکت تجهیزات بر روی سطح رویی لایه تثبیت شده است.

CBR +4 ترکیبی از مشتقات سنتزی (thio) بوده و یک لایه حفاظتی روغنی روی سطح خاک و ذرات خاک رس را می پوشاند. این محصول حرکت پذیری یون و مبادله آنرا کاهش داده و همزمان با حذف نمودن جذب آب این مواد را آب گریز می نماید. در نتیجه ماده خاکی کمتر به رطوبت حساس بوده، باعث کارایی بیشتر و توان فشردگی و بهم پیوستن بهتر ذرات توسط تجهیزات و ماشین آلات عبوری میگردد. بهم پیوستن بهتر ذرات به معنی سایش بیشتر داخلی و بهبود ظرفیت باربری است. در این مقاله به پروژه های عملی آزمایشگاهی اشاره شده و مقایسه با نمونه اجرا شده در خارج از ایران پرداخته شده است

واژگان کلیدی: تجهیزات اکتشاف و حفاری، تثبیت خاک، نانو پلیمر، رس، مقاومت برشی، تراکم

Stabilized soil exploration and drilling operations area and access road using Nano-Polymers

Abstract

Due to the importance of fast installation and starting exploring or drilling equipment in the field and the importance of using low-cost materials and also rough roads in many areas of operations, it needs to stabilize the soil, for the instruments of exploration, drilling and temporary accommodation, are caused scientists study modern materials. In this article CBR+4 (kind of Nano-Polymer) is used as a stabilizer material in soil stabilization, in Iran one of the main problems in soil stabilization projects are expensive stabilizing factor and clay soils, when Nano-technology is used, this problem becomes the advantage because one of the condition for acting this polymer, we need more than 15 % clay in the soil. Furthermore inexpensive and fast operation for roads and fields and requiring little pavement or asphalt coating layer except in cases that there is obligation on the asphalt layer. Above all, self-healing ability of these layers using moving equipment on the upper surface layer is stabilized.

CBR 4+ combination of synthetic derivatives (thio) and a protective lubricated layer covers the surface of the soil and clay. The production limits and reduces ions' movement by absorbing water and produces a hydrophobic materials. As a result, the soil is less sensitive to moisture, leading to greater efficiency and better particle interlock is transmitted by machineries and equipment. The particles interlock means more interior soil capacity. In this article we referenced and compared with laboratory projects and practical projects have been implemented in deferent countries.

Keywords: exploring and drilling equipment, soil stabilization, Nano-Polymers, clay, compression

1- مقدمه

با توجه به سیاست اخیر شرکت ملی نفت ایران در تسریع عملیات اکتشاف و حفاری در میدانهای مشترک و با توجه به کمبود تجهیزات حفاری و یا اکتشافی لازم است که با سرعت دادن در استقرار تجهیزات برنامه زمانبندی را جلو انداخت و چون تثبیت خاکها جزء WBS¹ های اصلی مسیر بحرانی هر پروژه می باشد می توان با افزایش سرعت در این بخش نسبت به کوتاه کردن مسیر بحرانی اقدام نمود و در نهایت آزادسازی ادوات برای پروژه های دیگر اقدام نمود.

¹. Work breakdown structure

از تثبیت خاکها برای افزایش مقاومت و خواص پایداری آنها و افزایش چسبندگی استفاده می شود. با افزودن خاکستر و یا امولسیونهای آسفالتی که زیاد گران نیستند می توان این کار را انجام داد ولی این روش در انواع خاکها قابلیت استفاده ندارند. با این توصیف روشها و متد غیر معمولی هستند که برای تثبیت خاکها در دسترس قرار می گیرند، که فاکتورهای تجاری و اقتصادی نیز در آنها منظور شده است مثل امولسیونهای پلیمری آنزیمها و رزینهای گیاهی، سلیکاتها و ... که می تواند به صورت مایع یا مخلوط به خاکها اضافه شود.

افزودنیها به خاکهای لای و شنی مفید هستند خاکهای شنی مشکلات زیادی برای تثبیت دارند و نیازمند افزودنی ها و سیمانهای خاص برای اینکار هستند تا چسبندگی آنها تامین گردد و معمولا نسبت به خاکهای رسی محدودیت بیشتری دارند باید خاطر نشان کرد که امولسیونهای قیری دامنه زیادی برای استفاده دارند (طاحونی، 1375) [1]. ارتش امریکا در خصوص ارزش خاکها برای تثبیت با آنزیمها، اسیدها و... تحقیقات گستردهای را انجام داده است که با فعل و انفعالات شیمیایی انجام می شود.

تثبیت خاک با استفاده امولسیونهای پلیمری یک پروسه قوی است که با استفاده از امولسیونهای مایع انجام می شود، مقدار غلظت یا رقیق بودن امولسیونهای پلیمری باید طوری انتخاب شود که کیفیت مورد نظر حاصل شود. در موارد دیگر امولسیونهایی که بهترین عملکرد را داشته باشد و قابلیت پاشیده شدن توسط ماشین و یا ابزارهای دیگر را داشته باشد. باید خاطر نشان کرد که فیلد مخلوط کردن باید چنان باشد که نتایج آزمایشگاهی را اکتفا کند و در نهایت بهترین سناریو را برای تثبیت خاک ارائه کند. پلیمرهای سوپرجاذب آب ضمن بالا بردن ظرفیت نگهداری آب در خاکهای سبک می توانند مشکل نفوذ ناپذیری خاکهای سنگین و مشکل شویش سریع کودها و آلودگی آبهای زیرزمینی را نیز مرتفع کنند. این سوپرجاذبها از آنجا که با جذب سریع آب به میزان صدها برابر وزن خود به ژلی با دوام زیاد تبدیل می شوند، در کشاورزی و باغبانی، جنگلکاری، فضای سبز و نیز در تثبیت بیولوژیکی شنهای روان، کنترل فرسایش خاک و کویرزدایی و تثبیت زیر ساختهای راهسازی از جایگاه ویژه ای در دنیا برخوردار شده اند.

نتایج حاصل با آزمایش ^{1}CU چک می شود و با دیگر راه حلهای تثبیت مقایسه می شود و از آزمایشهای دیگر مثل تست کالیفرنیا ^{2}CBR یا سه محوری در حالت زهکشی نشده و یا زهکشی شده و مدل کردن در حالت خشک و تر به دست می آید.

2- تحقیقات پیشین

استفاده از نانو پلیمرهای برای تثبیت خاکها قدمت زیادی ندارد اما با توجه به سادگی استفاده به سرعت رو به گسترش است. (ویلیامز و همکاران، 2007) استفاده از ^{3}PMP (پلی اکریامید) که یک پلیمر است برای پد هلیکوپتر ب عنوان یکی از موارد استفاده از پلیمرها مطرح کردند (شکل 1) [2].

1. Consolidated Underlined

2. California Bearing test

3. Polyacrylamide



شکل-1: استفاده از PMP برای باند هلیکوپتر

با پیشرفت علم نانو در ایران نیز تحقیقات آزمایشگاهی و میدانی آغاز شد. تحقیق آزمایشگاهی انجام شده در مورد تثبیت خاک با نانوپلیمر CBR+4 برای راهسازی توسط (رادگهر و همکاران، 1388) [3] و اجرای قسمتی از اتوبان همت در تهران بعنوان طرح پایلوت توسط پژوهشگاه پلیمر و ستاد نانو از جمله این طرحها بود. دیگر نانو امولسیونها هم برای تثبیت خاکها استفاده می شوند اما برای همه آنها وجود ذرات ریزدانه خاک شبیه رس و لای لازم است.

(رادگهر و همکاران، 1388) در مقاله خود آورده که پلیمرها می تواند متشکل از مقدار زیادی موادشیمیایی باشد (استیرن، ژلی اتیلن، پلی ونیل و...) از مولکولهای وزین برای تثبیت خاک و از پلیمر های جاذب رطوبت برای مصارف کشاورزی استفاده میشود و چسبندگی خاک را زیاد می کنند انعطاف پذیری و مقاومت را نیز افزایش می دهد، پلیمرهای فوق جاذب موادی مثل پلی ونیل و یا اکریلیک دارند و باعث جذب زیاد آب می شود و مقاومت برشی خاک را زیاد می کنند [3]. (مهرداد شکریه و سنبلستان، 1386) اثر عوامل ساختاری بر خواص مکانیکی نانوکامپوزیت های پلیمر خاک رس را بررسی کردند [4].

(نیومن و همکاران، 2004) تحقیقات زیادی در خصوص استفاده از انواع پلیمرها و امولسیونهای پلیمری برای تثبیت خاکهای ریزدانه یا مخلوطهای زیر دانه انجام دادند. ترکیبات امولسیونی مثل آکریلیک ونیلین اسیتیک کopolymer¹، پلی اتیلن ونیلین اسیتیک کopolymer²، آکریلیک پلیمر³ و دیگر امولسیونهای پلیمری را بکار بردند و نتایج حاصل را ارائه کردند [5]. (نورهایت، 2006) نیز با استفاده از پلیمرها و امولسیونهای پلیمری با نسبت های متفاوت و با در نظر گرفتن رطوبت خاک آزمایشاتی را انجام داد [6].

تثبیت خاک فیلد نفتی آلبرتا⁴ در کانادا که در سال 2009 و با استفاده از نانوپلیمر CBR+4 انجام گرفت که بعنوان طرح اصلی در این مقاله در نظر گرفته شده است [7].

-
1. Acrylic vinyl acetate copolymer
 2. Polyethylene-vinyl acetate copolymer
 3. Acrylic polymer
 4. Alberta Canada

17-18
December 2015
AEBS

3- پیش زمینه

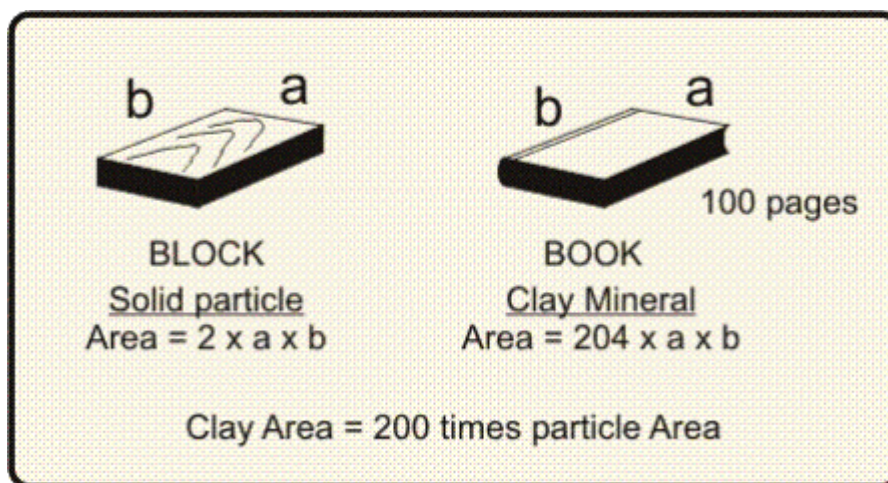
امولسیونهایی تثبیت کننده که به صورت تجاری در سطح وسیع مورد استفاده قرار می گیرند برای رنگها، ساختمانها و جاده سازی استفاده می شود و امولسیونهایی که برای تثبیت خاک مورد استفاده دارد اکثراً آسفالتی هستند و حاصل از مواد بازیافتی که به صورت سرد مخلوط می شود و برای پیاده روها و خیابانها استفاده می شوند. امولسیونهایی پلیمری یک نوع خاص از مواد هستند که از کارخانجات شیمیایی به دست می آید. این کارخانجات به صورت گسترده ای از مصنوعات و پلیمر های سنتز شده (PVC) استفاده می کنند و اکثراً در نقاشی و رنگها کاربرد دارند. امولسیونهای پلیمری بسیار متنوع هستند، ضد آلودگی، راحت تمیز می شوند و سازگار با محیط زیستند. این فرآوردهها دامنه زیادی از خصوصیات را دارا هستند و می توانند آنیونها و کاتیونهای خود را آزاد کنند و خاصیت اسیدی یا بازی داشته باشند. یک ماده پلیمری بین 40٪ تا 45٪ یونیزه است و بین 1 تا 2٪ ماده امولسیون ساز دارد و برای بالانس لازم است که در خاصی نیز آب داشته باشد.

این ذرات که با استفاده از خاصیت نانو اعمال شده بر روی آنها بشدت آب دوست هستند. نانو پلیمر سی بی ار سوپر(4+) فقط روی خاک رس موجود در خاک تاثیر می گذارد و این تاثیر به خاطر کوچک بودن سطح زیاد ذرات رس است.

خاک رس، بعد از مخلوط شدن با این پلیمر لایه هایی تشکیل می شوند که این لایه ها را می توان معادل ورقه ها کتاب روی هم در نظر گرفت. (شکل 1و2). [3]



شکل 1: ذرات رس بعد از جذب پلیمر



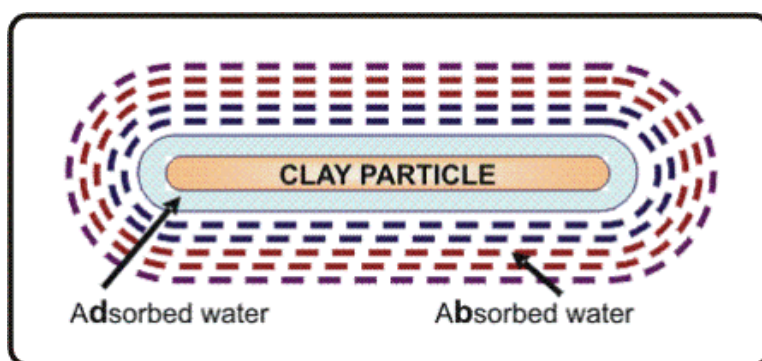
شکل 2: عملکرد ذرات رس

ذرات خاک رس معدنی بسیار کوچک بوده و تشکیل گردیده در مقایسه از تعدادی صفحات شبیه کتاب، این ماهیت کتابی خاک رس دارای سطح بینهایت بسیار زیاد بوده که باعث جذب یونهای فلزی می گردد که خود اینها مقدار فراوانی آب را



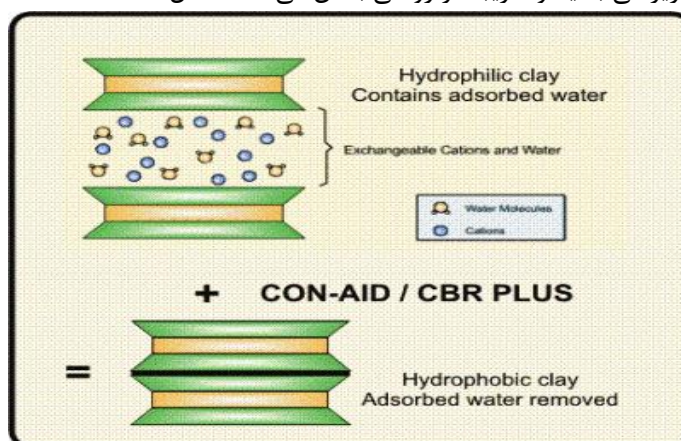
جذب مینماید (جاذبه‌های آب نامیده می شود). این جاذبه‌های آب بازهم آب جذب نموده باعث انبساط خاک رس گردیده و مقاومت خود را از دست می دهد. جاذبه‌های آب قویاً به سطح خاک رس پیوند خورده و به وسیله حرارت خورشید یا حرارت جدا نمی شوند و تنها مواد شیمیایی می تواند این کار را انجام دهد و این درست کاری است، نانو پلیمر سی بی ار سوپر(+4) انجام می دهد.

سی بی ار سوپر(+4) مولکولهای کامپلکس بوده و از دو جزء سر و دم تشکیل گردیده که سر آن ابدوس و دم آن آب گریز می باشند(شکل 3). [3]



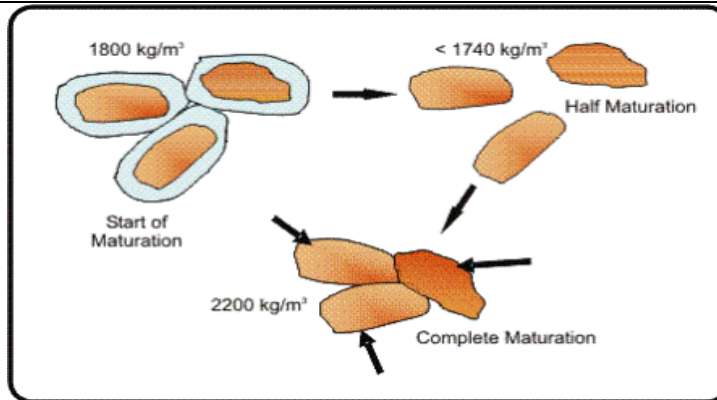
شکل 3: جذب آب توسط رس

این یونها خود را به سطح خاک رس چسبانده که یا آنها را جابجا یا دورون یونهای فلزی قفل می کند و جاذبه‌های آب را از بین برده و خاک رس را آب گریز می بماند و تقریباً اثر روغنی به آن می دهد(شکل 4). [3]



شکل 4: افزایش حجم ذرات رس

فرایند رساندن نانو پلیمر سی بی ار سوپر(+4) به تمام خاک رسهای موجود در خاک احتیاج به زمان معین بعنوان دروان سبزی دوره تکامل دارد. تاثیرات ایرامنت سی بی ار سوپر(+4) آنی نبوده و مقدار کمی تغییرات در خاک دیده می شود ولی در انتهای دوره تکامل (2 تا 4 هفته) خاک محکم و سخت می گردد(شکل 5). [3]

17-18
December 2015
AEBS

شکل 5: چسبیدن ذرات رس به هم

باید توجه داشت که وجود آب به حد رطوبت بهینه برای رساندن سی بی ار سوپر(4+) برای رسیدن به تمام خاک رسها مورد نیاز می باشد. کمبود آب باعث عقب افتادن فرایند گردیده و در نتیجه عمل تکامل را عقب می اندازد.

4- ذرات پلیمری خاکهای رس

واژه این محصول حاصل از نانو پرای تثبیت و تحکیم خاک رس موجود در جاده های روستای بدون پوشش آسفالت Unpaved road و در زیر سازی جاده های (Base) مورد استفاده قرار می گیرد. محصول سی بی ار سوپر (4+) با توجه به خاک مناطق ایران در آزمایشگاه مجهز مکانیک خاک در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران فرموله می گردد و پس از انجام آزمایشات CBR که نشان دهنده تثبیت خاک و مقاومت آن می باشد میزان مصرف آن تعیین می گردد.

سی بی ار سوپر (4+) محصولی ترکیبی از مشتقات سنتزی (thio) بوده و یک لایه حفاظتی روغنی روی سطح خاک و ذرات خاک رس را می پوشاند. این محصول حرکت پذیری یون و مبادله آنرا کاهش داده و همزمان با حذف نمودن جذب آب این مواد را آب گریز می نماید. در نتیجه ماده خاکی کمتر به رطوبت حساس بوده، باعث کارایی بیشتر و توان فشردگی و بهم پیوستن بهتر ذرات توسط تجهیزات و ماشین آلات عبوری می گردد. بهم پیوستن بهتر ذرات به معنی سایش بیشتر داخلی و بهبود ظرفیت باربری است.

سی بی ار سوپر (4+) موادی در محدوده ای از خاک رس تا ماسه بادی و مقداری شن را تیمار می نماید. مواد غیر چسبنده از قبیل ماسه، تنها زمانی می توانند تیمار شوند که آنها را با مواد مناسب با خاک رس مخلوط نمود.

در هم رفتن بهتر ذرات به معنی اصطکاک داخلی بیشتر و بهتر شدن ظرفیت مقاومت خاک مناسب بودن و موفقیت خاکی که قرار است با مواد سی بی ار سوپر(4+) تثبیت شود بستگی به وجود موارد ذیل دارد:

- مقدار خاک رس
- نوع خاک رس
- درصد ذرات ریز
- یونهای قابل تعویض

برای تایید موفقیت تثبیت خاک ضروری است که آزمایشات ذیل انجام پذیرد:

- آزمایش واکنش پذیری با مواد سی بی ار سوپر(4+)
- مقدار استفاده بر حسب لیتر بر متر مربع برای ضخامت لایه 150 میلی متری.

17-18
December 2015
AEBS

مقدار کمی نمونه خاک مورد مصرف که از الک مش 40 گذشته (± 200 گرم از خاک خشک حاصل الک مش 40) را در اختیار آزمایشگاه مکانیک خاک پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی قرار داده تا تست واکنش پذیری با مواد سی بی ار سوپر (+4) انجام دهند.

نتایج آزمایشگاه پس از تست واکنش پذیری با مواد سی بی ار سوپر (+4) اطلاعات ذیل را ارائه می نماید.

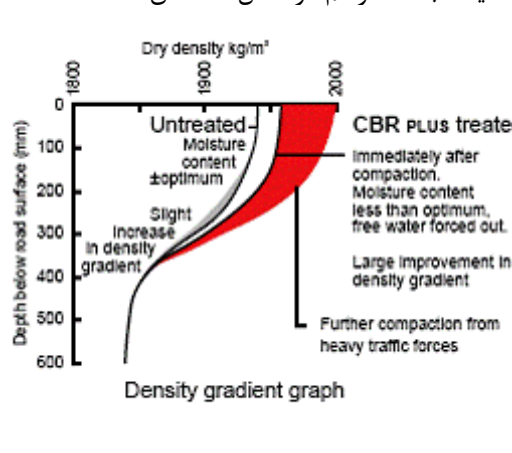
- مناسب بودن خاک با مواد سی بی ار سوپر (+4).
- مقدار استفاده بر حسب لیتر بر متر مربع برای ضخامت لایه 150 میلی متری.
- تست واکنش پذیری قابلیت یونهای قابل تعویض در محدوده خاک با اضافه نمودن تثبیت کننده خاک را می دهد.
- تست واکنش پذیری تخصصی بوده و در انحصار متخصص آزمایشگاه مکانیک خاک پژوهشگاه پلیمر ایران می باشد.

5- چگونگی کاربرد و عملکرد نانو ذرات پلیمری در خاکهای رس

مقدار تعیین شده از سی بی ار سوپر (+4) را در تانکر آب بریزید. محلول سوپر پلاست (+4) رقیق شده را بطور یکنواخت به وسیله آپاش در سطح خاک بکار برید، اضافه نمودن آب به منظور کسب خاک رطوبتی محتوی $\pm 1\%$ بهینه سی بی ار سوپر (+4) را با خاک مخلوط نموده و با برس به شکل نهایی در آورید.

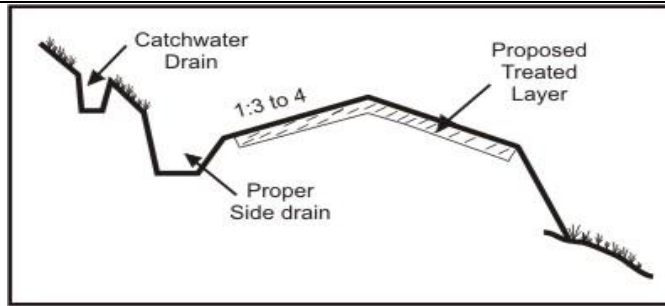
6- تراکم

تراکم کردن را با ماده در $\pm 1\%$ از محتوی مرطوب بهینه شروع کنید. محدودیت زمانی حداکثری بین کاربرد سی بی ار سوپر (+4) و شروع تراکم وجود ندارد. یک غلطک پاچه بزی ارتعاشی یا یک غلطک چرخ استوانه ای تراکم دهنده صاف برای تراکم اولیه کافی بوده و این قسمت با یک تراکم دهنده بادی کامل می گردد. ترافیک خودروها قسمت تیمار شده را بیشتر تراکم می بخشد. تفاوت قسمتهای مختلف یک جاده متراکم در شکل 6 نشان داده شده است.



شکل 6: لایه خاک در زمان مخلوط کردن مواد

با توجه به اینکه پلیمر مورد نظر نیازی به ترمیم ندارد ساختاری اجرایی ترانشه و سطح جاده در شکل 7 نشان داده شده است.

17-18
December 2015
AEBS

شکل 7: لایه خاک در یک برش عرضی جاده

7- نمونه پروژه اجرا شده

استفاده از نانوپلیمر CBR+4 در فیلد نفتی آلبرتا جهت تثبیت خاک:

محوطه کار سطح زمین با بیش از 26٪ خاک رس بود که تثبیت و استفاده از آن بخاطر تولید گرد و خاک در فصول خشک سال و یا چسبیده شدن خاک در فصول بارانی عملاً بسیار سخت بود. (شکل-8) وضعیت زمین را قبل از تثبیت خاک نشان میدهد.



شکل 8: وضعیت فیلد نفتی آلبرتا قبل از تثبیت خاک

با توجه به سرعت تثبیت خاک با استفاده از نانوپلیمرها محوطه (شکل-8) طی مدت 10 روز به حالت تقریباً مطلوب برای استقرار ادوات و نفرات رسید و بعد از سه هفته از شروع بکار تمام محوطه قابل استفاده و بهره برداری در حد مطلوب گردید (شکل-9).



شکل 9: وضعیت فیلد نفتی آلبرتا بعد از تثبیت خاک

8- نتایج استفاده از نانو پلیمرها

- صرفه جویی در هزینه- استفاده از خاک های محلی
- افزایش کارآیی ، صرفه جویی در وقت، کارکرد ماشین آلات و هزینه سوخت در زمان ساخت جاده
- افزایش بازدهی خاکها
- توسعه قابلیت آمد و شد و شرایط بهتر رانندگی در هوای بارانی
- کاهش گرد و غبار تا 90٪ و ایجاد شرایط امن تر رانندگی
- تیمار نمودن دائمی بوده و نیازی به تیمار نمودن مجدد سطح نمی باشد.
- ساخت جاده اقتصادی
- به روز رساندن جاده
- نگهداری از جاده های بدون آسفالت (جاده خاکی)
- ترمیم جاده های تخریب شده
- ساخت جاده ها

با توجه به وجود عامل رس در اکثر منطق عملیاتی نفتی و حتی غیر نفتی ایران، بعنوان یک عامل نامطلوب در تثبیت خاک، با استفاده از نانوپلیمر CBR+4 که برای فعالیت خود نیازمند حداقل 15٪ خاک رس است می تواند رس را به یک عامل سودمند تبدیل کرد و از هدر رفت هزینه ها برای تهیه، حمل و انتقال ذرات درشت دانه به سایت جلوگیری کرد.

منابع و مراجع

1. داس، براجا. ترجمه شاهپور طاحونی. "اصول مهندسی ژئوتکنیک: مکانیک خاک جلد 1". انتشارات پارس آیین، 1389.
2. William J. Orts." Use of Synthetic Polymers and Biopolymers for Soil Stabilization in Agricultural, Construction, and Military Applications" Journal Of Materials In Civil Engineering,,Asce. January 2007



3. رادگهر، اسماعیل و همکاران. " تثبیت خاک با استفاده از نانو پلیمرها " اولین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت زیر ساختها، دانشگاه تهران، 1388.
4. مهرداد شکرویه، محمود، سنبلستان، سید احسان. "اثر عوامل ساختاری بر خواص مکانیکی نانوکامپوزیتهای پلیمر خاک رس ". مجله علوم و تکنولوژی پلیمر سال بیستم شماره 2. صص 187-195. 1386
5. Newman.K. et al, " Emulsion polymers for soil stabilization". Atlantic City, New Jersey, USA, April 2004 considerations". University of Texas, Austin, TX.2004.
6. Nurhayat. D.et al, "Application of phosphor in soil stabilization", 2006.
7. <http://www.cbrplus.com/Technical.html>, Technical Info CBR plus North America. Ionic Soil Stabilization & Dust Control
- .8