بازیافت آسفالت تغییر شکل یافته و خراب با روش احیای عمیق (FDR) با استفاده از سیمان

سید جواد رجایی[۱]، عباس ارزانی [۲]، محمدرضا بازافکن[۳]

۱و۲-دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابرکوه
۳-عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابرکوه
s.javad.rajaee@gmail.com

چکیده

شبکه را ه های کشور نقش اساسی در زشد اقتصادی و تعیین شاخص های توسعه یافتگی دارد و هزینه سنگین اجرای راه های جدید و خسارتهای ناشی از خرابی راه های موجود و نقائص متعدد و روشهای متداول بهسازی متخصصین روسازی را بر آن داشته که در جهت اصلاح روشهای قبلی روشهای نوین توام با نوگرایی و لحاظ شرایط و مشخصات مطلوبتر از نظر زمان و هزینه و دوام و کیفیت و پارامترهای دیگرارائه نمایند.خرابی آسفالت در عمقهای متفاوت با ترکهای طولی و عرضی و سوسماری ناشی از بار اضافی ترافیک ناشی از انتقال چرخها و نوع مواد و مصالح تشکیل دهنده آسفالت و همچنین کیفیت مصالح و نوع اجرا لایه های زیرین آسفالت و نحوه نگهداری زمان بهره برداری می باشد.جهت اصلاح و ترمیم روشهای مختلف با توجه به منابع مالی می باشد. یکی از این روشها FDR است که آسفالت با توجه به عمق با استفاده از دستگاه WRتراش خورده به شکل مجزا و پودر در آمده و طبق طرح اختلاط با سیمان و آب مجددا پخش میگردد و با غلطکهای طرح کوبیده که این پایه جدید جهت آسفالت می باشد و نهایتا روکش آسفالت اجرا می گردد.

کلمات کلیدی: بازیافت آسفالت ،FDI،سیمان ، طرح اختلاط، رطوبت

۱– مقدمه

زمانی که سطح آسفالت های اجرا شده تغییرپذیرشده و خراب گردید (ترکهای طولی و عرضی به عرضها و طولهای مختلف) تعیین بهترین روش بازسازی می تواند دشوار باشد. یک پوشش آسفالتی ساده با یک روش "حفاری و پر کردن" می تواند ظاهر سطح آسفالت را بهبود بخشد، اما به ندرت می تواند مشکلات زیربنائی را اصلاح کند که در اولین گام شکست به بار می آورد و در طول یک دوره زمانی کوتاه، مشکلات قبلی مجدداً پدیدار می گردد. راه حل های طولانی مدت برای آسفالت های خراب و تغییرپذیر شامل روکش ساختاری ضخیم یا جابجایی کامل و جایگزینی سطح آسفالت و زیربنائی موجود می باشد. هر دو روش می تواند بسیار پر هزینه باشد و سنگدانه های دست نخورده را اتلاف نماید.

سومین انتخاب، بازیافت آسفالت تغییرشکل یافته و خراب با روش احیای عمیق (FDR) می باشد. که می تواند مزایای بازسازی را بدون هزینه های اصلی و با توجه به محیط زیست ارائه نماید. در این جریان، آسفالت فعلی را با استفاده از دستگاه WR تراشیده و با سیمان و درصد رطوبت مورد نیاز اختلاط و متراکم می نمایند. پایه جدید به علت تثبیت مواد سیمانی، کارکردی یکنواخت تر، قوی تر و طولانی تر از روکش اولیه خواهند داشت.

این روش مقرون به صرفه ترین روش می باشد چون مصالح اجرایی از بازیافت آسفات و لایه های زیرین آن بدست می آید. با این وجود، مزایای محیطی دیگری وجود دارد که در جریان FDR حائز اهمیت است:

- حفظ سنگدانه های جدیدی که باید در محل، جستجو و منتقل شود.
- از نظر زیست محیطی حفظ نواحی که جهت استخراج مواد اولیه و آسفالت از روکش خراب مورد استفاده قرار خواهد گرفت.
- کاهش آلودگی هوا، ازدحام ترافیک و خسارت رسیدن به جاده های اطراف به دلیل حمل و استفاده از مصالح جدید در پروژه و حمل و خارج کردن مواد قبلی از پروژه

FDR تحت شرایط زیر مناسب است:

- سطح آسفالت آسیب جدی دیده و نتوان با روکش های ساده بازسازی شود.

- لکه گیری و وصله کاری یا عمق کامل بیش از ۱۵ تا ۲۰ درصد از سطح روکش باشد.

آسیب جدی یا شکست پایه

یک مهندس می تواند دلایل شکستگی سطح آسفالت را با مشاهده انواع معایب به طور واضح بیان کند. برای مثال، ترک های طولی و عرضی و سوسماری، شکستگی های عمیق یا نشست لایه های زیرین سطح آسفالت، همگی علائمی از مشکلات پایه ای یا زیرساخت در آسفالت می باشند..

وصله کاری پر هزینه

اگرچه وصله کاری اغلب به حفظ جاده و قابل استفاده کردن آن کمک می کند اما این کار می تواند هزینه زیادی را در بر داشته باشد. در حقیقت، زمانیکه سطح وصله کاری با عمق کامل از ۱۵ تا ۲۰ درصد فراتر رود، محاسبات ساده ثابت می کند که استفاده از FDR کم هزینه تر از وصله کاری است. البته، محصول نهایی انجام شده با FDRدر جاده ای که بسیار وصله کاری شده است، مناسبتر است.

بررسی های ویژه در زمان استفاده از FDR

از آنجاییکه مصالح آسفالت بازیافتی از سطح آسفالت مرمت سازی شده با مواد زیربنایی جاده ترکیب می شود، ضخامت آسفالت مورد نظر نمی تواند از عمق مرمت سازی در یک فاصله طولی زیاد بیشتر باشد. در صورتیکه یک بخش طولانی از آسفالت ضخیم برای مرمت انتخاب شود، این لایه آسفالت می تواند کمی نرم تر باشد آسفالت باقیمانده در یک سطح قدیمی با مواد زیربنایی ترکیب و مرمت سازی می گردد.

بررسی دیگر در زمان ارزیابی FDR، وجود سنگ های درشت (با قطری بزرگتر از ۴ اینچ "۱۰۰ میلیمتر") در پایه یا زیر سطح می باشد. اگر این ماده در طول عمق مرمت سازی باشد، هزینه مرمت ممکن است بسیار بالا باشد زیرا پیمانکار باید ساختار پایین تر و دشوارتری را بررسی کند تا سنگ ها را خارج نماید.

۲- طراحی

۱-۲- انجام ارزیابی اولیه زمین

پس از اینکه جاده برای اجرای عملیاتFDR انتخاب گردید، ارزیابی زمینه ای باید انجام گردد تا تعیین شود که چه موادی در ساختار جاده فعلی به کار رفته است. علت اصلی ارزیابی زمین، تعیین موارد زیر است: ۱- ضخامت لایه های آسفالت ۲- نوع مواد هر لایه که با پایه مرمت سازی شده ترکیب می گردد.

در بسیاری از موارد، اطلاعات کمی در مورد مواد موجود در آسفالت و ضخامت لایه های موجود شناخته خواهد شد. بهترین روش جهت تعیین این اطلاعات، تعیین یک نمونه در مسیر جاده ای می باشد. تعداد دفعات گرفتن نمونه به تنوع آسفالت های موجود بستگی دارد. طبیعتاً اگر از جاده ای در هر ۲۰۰ متر نمونه گیری شود، اطلاعات مناسب ارائه می گردد. نمونه گیری معمولاً می تواند با استفاده از یک مته یا حفار برای آسفالت برای پایه و زیرساخت انجام شود.

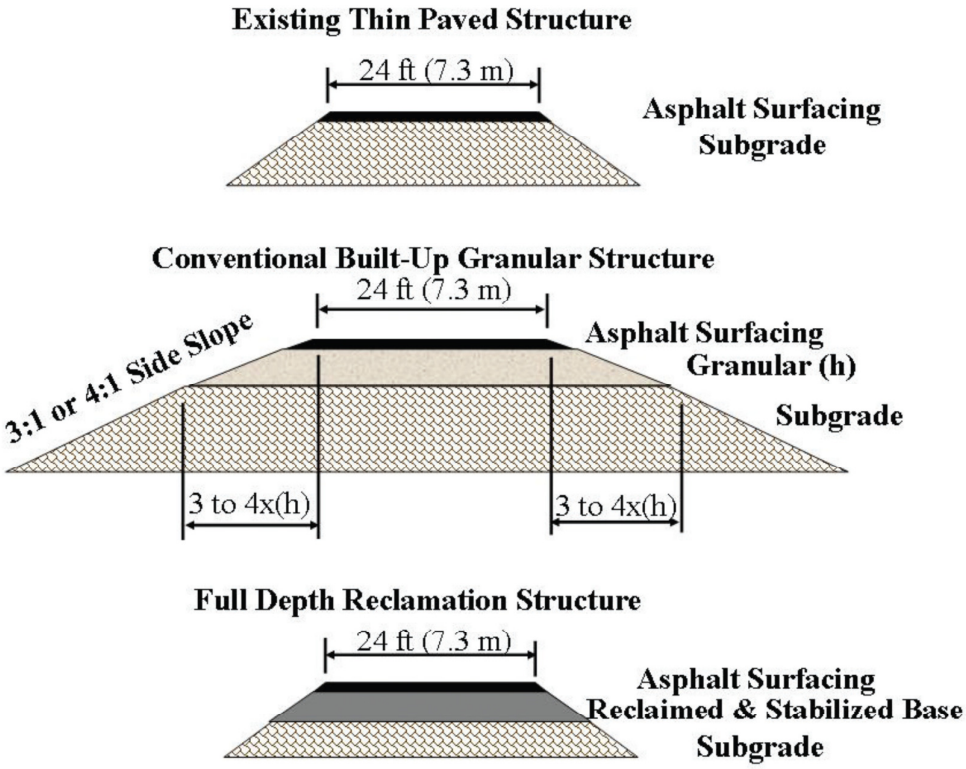
ضخامت لایه آسفالت در هر محل باید تعیین گردد. در صورتی که نمونه استوانه ای گرفته شود، از نظر بصری بررسی می شود تا وضعیت آسفالت و سایز سنگدانه ها تعیین گردد. حفاری زیر آسفالت با یک مته یا حفار نمونه گیری مواد پایه ای یا زیربنا را فراهم خواهد کرد. ضخامت لایه پایه و نوع سنگدانه ها باید مورد توجه قرار گیرد. همچنین، عمق سنگدانه و نوع مواد زیربنا باید ثبت شود.

یک نمونه از کرگیری آسفالت جاده از محل باید به آزمایشگاه به عنوان نمونه شاهد برگردد. در صورتیکه مواد در طول پروژه نسبتاً ثابت باشند، تنها یک محل باید جهت گردآوری نمونه آزمایشگاهی مورد نیاز باشد. اگر تفاوت قابل توجهی در مواد وجود داشته باشد، دومین طراحی ترکیب می تواند نیاز شود.

ساده ترین روش جهت دستیابی به نمونه آزمایشگاهی، حفاری یک "گودال آزمایشی" کوچک است. مثلا، یک سطح یک متر مربعی حفاری شده در عمق بخش پایه جدید پیشنهادی، به طور طبیعی موادی را به وجود خواهد آورد که جهت طراحی ترکیب ضروری است و زمانی که بی حفاظ گذاشته می شود، تصویر خوبی از آنچه در لایه های جداگانه به نظر می رسد، ارائه خواهد گردید. به طور طبیعی حدود ۴۵ کیلوگرم از مواد کافی است (که این می تواند در دو بسته ۵ گالنی "۱۹ لیتری" حمل شود). در صورتی که مواد آسفالت، پایه و زیرساخت بتواند به طور مجزا حفظ گردد، امکان ترکیب با نسبت های مختلف در آزمایشگاه فراهم می شود. برای مثال، اگر آسفالت موجود دارای ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) آسفالت و ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) پایه باشد، در

آزمایشگاه امکان ایجاد ترکیب ۵۰:۵۰ در آسفالت و پایه (برای ۶ اینچ "۱۵۰ میلیمتر" پایه تثبیت شده) و یا ترکیب ۳۳:۳۳:۳۳ آسفالت، پایه و زیر سطح (برای یک پایه ثابت "۲۲۵ میلیمتر") وجود دارد.

در جریان ارزیابی زمین، زمان بسیار خوبی جهت پرداختن به مطالعات زهکشی وجود دارد؛ در جاهایی که به آبروهایی جهت آب های زیرگذر نیاز است ویا هر گونه پیشنهادی جهت تغییر درجه یا شیب عبور صورت می گیرد. از آنجایی که مسیر جاده از پایه ایجاد می گردد، بهترین زمان برای تغییر دائمی مطلوب به وجود می آید.(تصویر ۱)



تصویر ۱

۲-۲ طراحی آسفالت

طراحی ضخامت آسفالت های مرمت سازی شده شبیه به طراحی ساختار آسفالت های جدید است. زیرا آسفالت از زیربنا ساخته میشود. در بیشتر جریانات طراحی، مهندس حق انتخاب یک "پایه سیمانی" (CTB) را برای ساختار آسفالت دارد. آسفالت مرمت سازی شده نیز به همین روش طراحی می گردد به طوری که ویژگی های پایه مرمت سازی شده همانند CTB است. برای مثال، مؤسسه آمریکایی حمل و نقل و بزرگراه ایالت (AASHTO) برای طراحی آسفالت از ضریب لایه ساختاری جهت مدلسازی مواد اولیه استفاده کرده است.

پایه جدید تثبیت شده سیمانی روشFDR به طور طبیعی عمقی بین ۱۵۰ میلیمتر تا ۳۰۰ میلیمتردارد. هر عمق پایه مرمت سازی شده که بیش از ۳۰۰ میلیمتر است در یک جابجایی به سختی متراکم می گردد و توصیه نمی گردد.

توانایی آسفالت در انتقال بار به قدرت ماده اصلی و عمق لایه بستگی دارد. یک آسفالت ضخامت کم اما قوی می تواند همین بار را به صورت یک آسفالتضخیم انتقال دهد اما پایه ضعیف تری دارد. با این وجود، باید از ترکیب قوی و ضخامت کم جلوگیری شود زیرا این آسفالت ممکن است سست و شکننده باشد و در نتیجه ترک های انعکاسی در ساختار آسفالت ایجاد گردد. زمان انتخاب ضخامت آسفالت های مرمت سازی شده، یک پایه ضخیمتر با قدرت کمتر باید در اولویت قرار گیرد.

۳-۲ طراحی ترکیبی

طراحی مقدار مناسب آب و سیمان برای ایجاد پایه ثابت نه تنها جهت دستیابی به محصول نهایی مناسب حائز اهمیت است، بلکه در کنترل کیفیت در طول جریان ساخت نیز اطلاعات مهمی را ارائه می نماید. نقش PCA، دست نوشته آزمایشگاهی سیمان - خاک، اطلاعات پیچیده ای در مورد محتوای سیمان، محتوای آب و تراکم مورد نیاز برای مواد تثبیت کننده سیمان ارائه می کند. تحقیقات نشان داده است که مواد تثبیت کننده سیمان قدرت و عملکرد بهتری در زمان سفت شدن مناسب دارند به طوری که تعیین چگالی تراکم نهایی مبنای جریان طراحی است.

میزان سفتی از طریق روش تست استاندارد بین المللی ASTM برای چگالی رطوبت (وزن واحد) در رابطه با ترکیبات سیمان - خاک (ASTM D558) ارائه می نماید. جریان تست از تراکم استاندارد شبیه به AS7MD698 برای خاک ها استفاده می کند.

(روش تست برای ویژگی های تراکم آزمایشگاهی خاک با استفاده از روش استاندارد [12400ft-lb/H3600KN.m/M3]).

روش تست ASTM D558 یک روش متداول (و همچنین ازان قیمت برای بیشتر ساختارهای تست های آزمایشگاهی است. این تست می تواند یا در آزمایشگاه و یا در محیط انجام شود و بیشترین چگالی خشک (وزن واحد) را برای ترکیب FDR تعیین کند و تأثیر محتوای رطوبت بر دستیابی به چگالی را مشخص نماید. شکل ۱-۲ یک منحنی تراکم متداول را از روش تست ASTM D558 نشان می دهد. در صورتی که ترکیب بیش از مرطوب باشد، رطوبت اضافی، ذرات را دور از هم قرار می دهد. محتوای رطوبت در جایی که بیشترین چگالی برای طراحی ترکیب و کنترل کیفیت زمین انتخاب می شود، "محتوای رطوبت بهینه" نامیده می شود.

مقدار آب در ترکیب، محتوای آب نامیده می شود و به عنوان وزن آب در ترکیب تعریف می گردد (که به صورت درصدی از مواد خشک بیان می گردد):

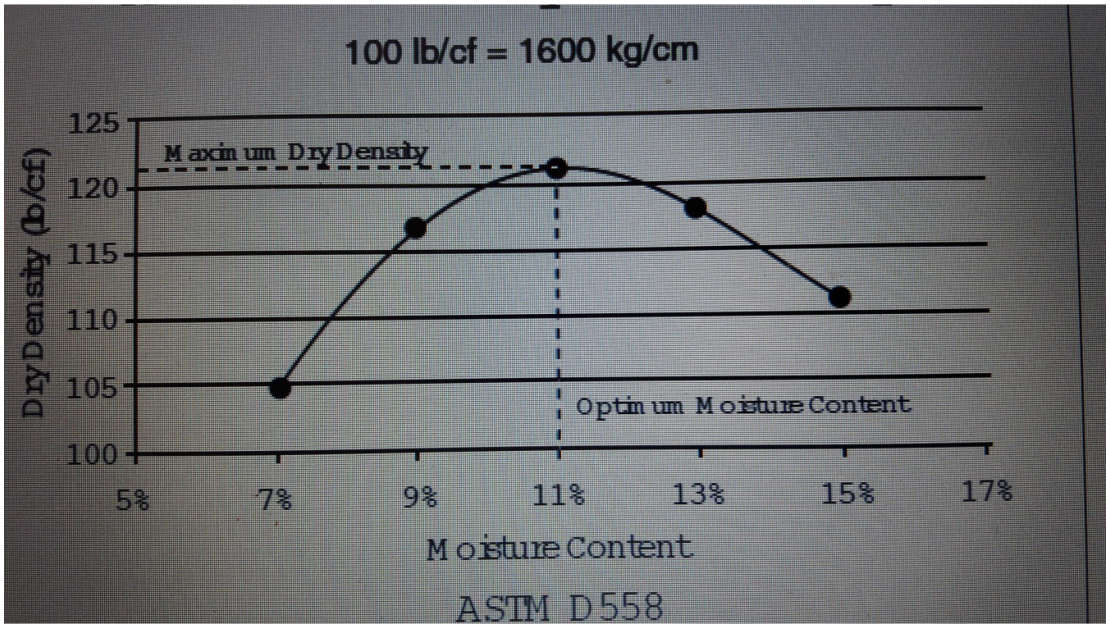
$$W\ (\%) \text{ محتوای آب} = \frac{\text{وزن آب در ترکیب}}{\text{وزن مواد } FDR \text{ خشک کوره}} \times ۱۰۰$$

محتوای سیمان برحسب وزن تنها براساس وزن خاک / سنگدانه خشک کوره (سیمان در بر گرفته نمی شود) است و به صورت زیر بیان می گردد:

$$C\ (\%) \text{ محتوای سیمان} = \frac{\text{وزن سیمان در ترکیب}}{\text{وزن سنگدانه خاک خشک کوره}} \times ۱۰۰$$

مقدار آب و سیمان مورد نیاز در ترکیب به قدرت خاص پروژه و درجه بندی ترکیب نهایی حاصل از پودرسازی آسفالت در طول جریان ساخت و ترکیب آن با مواد پایه بستگی دارد. ویژگی های خاص برای پودرسازی برای عبور ۱۰۰ درصدی از غربال ۳ اینچی (۷۵ میلیمتری)، عبور حداقل ۹۵ درصدی از غربال ۲ اینچی (۵۰ میلیمتری) و عبور حداقل ۵۵ درصدی از غربال شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) بیان می گردد. در صورتی که محتوای مواد بیشتر خاک با سنگدانه های ریز باشد، آب و سیمان بیشتری مورد نیاز خواهد بود زیرا مساحت سطحی ذرات ریزتر، بیشتر است.

گام بعدی جهت انجام تست تراکم - رطوبت، تعیین محتوای رطوبت برای مدلسازی نمونه های FDR با قدرت تراکم نامحدود (UCS) می باشد. از آنجایی که محتوای دقیق سیمان در این مرحله طراحی مشخص نیست، محتوای در نظر گرفته سیمان می تواند در انجام تست انتخاب شود. ، در دست نوشته آزمایشگاهی خاک و سیمان نقش PCR، می تواند جهت ارزیابی محتوای سیمان برای تست میزان رطوبت مورد استفاده قرار گیرد. محتوای سیمان در طول دامنه یک یا دو درصدی، تأثیر قابل توجهی بر این نتایج نخواهد داشت. با این وجود، زمانی که محتوای دقیق سیمان تثبیت می گردد، تست چگالی رطوبت باید با محتوای ثابت سیمان انجام شود تا عوامل کنترل برای ساخت زمین تعیین گردد.



تصویر ۲

یک سری از گروه های FDR، با استفاده از محتوای رطوبت بهینه از تست چگالی – رطوبت اولیه در محتواهای سیمانی مختلف تهیه می شوند به طوری که UCS را تعیین می کنند. به طور متداول سه محتوای سیمان انتخاب می گردد (برای مثال، ۳ و ۵ و ۷ درصد). چنین پیشنهاد می شود که حداقل دو نمونه برای هر محتوای سیمان تهیه شود. این گونه ها به مدت ۷ روز در محیط مرطوب قرار می گیرند و سپس براساس ASTM D1633، به روش تست استاندارد برای قدرت تراکم سیلندرهای سیمان – خاک مدلسازی شده، بررسی گردید. این دامنه ای از نتایجی را ارائه خواهد کرد که به تعیین محتوای سیمان نیاز دارد.

۲–۴ طراحی متعادل

پایه تثبیت شده باید به قدری قوی باشد که از آسفالت در شر ایط بار ترافیکی آینده و فعلی حمایت کافی را به عمل آورد. علاوه بر این، پایه تثبیت شده به حفظ شدید و دائمی نیاز دارد و می تواند بر تغییرات حجم یا فشار هیدرولیک ایجاد شده از طریق تغییرات ناشی از رطوبت، یخ زدگی و گداختن تأکید نماید که ممکن است به تدریج موجب ایجاد حفره های سیمانی گردد.

به طور کلی، محتوای سیمان که یک UCS ۷ روز بین ۲۱۰ الی ۲۸۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع ارائه خواهد کرد، در بیشتر کاربردهای FDR راضی کننده است.

قدرت های بالا در صورتی می تواند مورد نیاز باشد که مواد پایه در برابر رطوبت حساس باشند و یا اگر شرایط خاصی وجود داشته باشد که تضمین بیشتری بر حفظ قدرت صورت گیرد. علت اصلی جهت محدود کردن قدرت، حفظ پایه سیمانی تثبیت شده سیمانی است که بیش از حد شکننده می باشد. تجربه نشان داده است که قدرت بالا می تواند موجب ایجاد ترک های اضافی و تأیید بر سطح ما گردد. هدف، داشتن طراحی متعادل است که سیمان کافی را در آن به کار می برند تا پایه ثابت حاصل، بتی، دائمی و نسبتاً غیر قابل نفوذ باشد اما به قدری قوی که موجب دیگر مشکلات در آسفالت گردد.

۲–۵ تنظیم سنگدانه

در برخی موارد، محلول FDR در اولین اولولیت قرار دارد، اما آسفالت موجود و لایه های پایه، مقدار مناسبی از سنگدانه را برای پایه جدید فراهم نمی کند. این می تواند زمانی رخ دهد که ساختار آسفالت اولیه تحت طراحی قرار گیرد و یا اینکه شرایط ترافیک در طول چندین سال تغییر پیدا کند.

در این محلول، "تنظیم سنگدانه" می تواند در جایی ایجاد شود که سنگدانه دیگری بر سطح آسفالت قرار گیرد و سپس با پایه در طول جریان مرمت سازی ترکیب گردد.

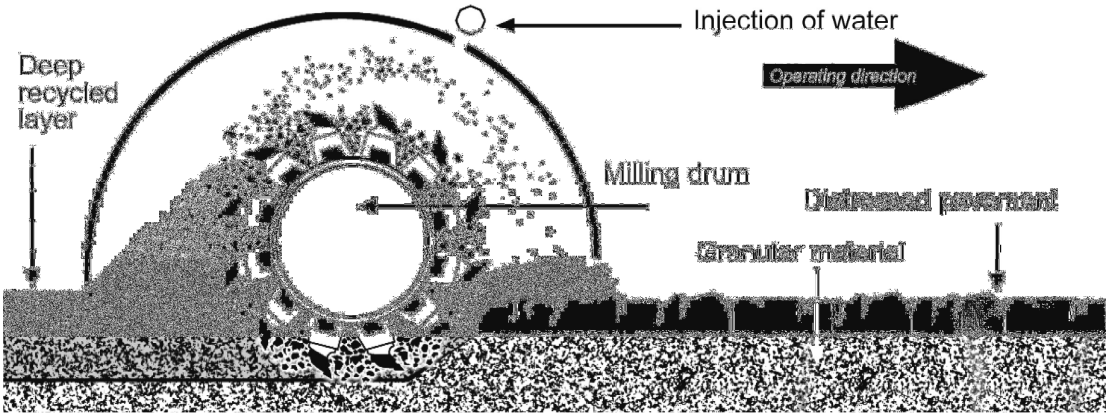
۳- ساخت

جریان ساخت FDR جریانی رو به جلو است. این جریان به تجهیزات زیر نیازمند است:

- پودرکننده / ترکیب کننده و - گریدر (صاف کننده) و - پخش کننده سیمان و - منبع آب و - غلطک

۱- پودر کردن

این جریان با پودر کردن آسفالت موجود آغاز می گردد عمق پودرسازی باید بیش از ضخامت آسفالت موجود باشد. مقدار RAP شامل لایه کلی بازیافتی با توجه به مواد پودر شده دستگاه صاف کننده جهت ساخت FDR می باشد، اما مقدار کلی آن به ندرت از ۸۰٪ فراتر می رود. علاوه بر این، پیمانکاران ترجیح می دهند که لایه های نازک آسفالت خراب قبلی را پودر کنند زیرا خاک یا سنگ های منفصل زیر آن به حفظ دندانه برش دستگاه کمک می کند که در نهایت تولید را افزایش و هزینه ها را کاهش می دهد. تجهیزات مدرن می تواند باعث پودر شدن عمیق بیش از ۱۸ اینچ (۴۵۰ میلیمتر) گردد، اما به سختی تراکمی با عمق ۱۲ اینچ (۳۰۰ میلیمتر) ایجاد می شود. اگر عمق پودرسازی مواد از ۱۲ اینچ (۳۰۰ میلیمتر) فراتر رود، این ماده باید جمع شود و در جاده متراکم گردد. جریان پودرسازی می تواند در نواحی شهری با زنجیر و شیاردار کردن، سوراخ کردن و کاورهای دریچه دار ایمن و مطمئن گردد. شیار و کاورهای دریچه دار و دیگر حائل ها، در زیر عمیق پودرسازی جابجا می شوند. ظروف چوبی یا استیل جهت پوشش دادن و حفاظت از این ساختارها در طول جریان کار استفاده می شود. در برخی موارد نادر، بیش از یک وسیله پودرسازی می تواند جهت ایجاد درجه بندی مورد نیاز، ضروری باشد.



تصویر ۳

تصویر۴

تصویر۵

۲- هموار کردن، شکل دادن و پهن کردن

زمانیکه در مسیر جاده ای پودر ریخته شد و آنها با هم مخلوط شدند، این ماده باید درجه بندی شود تا شکل دهی آنها به طور مطلوب صورت گیرد. در حین جریان، هموار کردن و پهن کردن، ممکن است برخی مواد پودر شده مورد نیاز باشد و به منظور ترک محل به منظور لایه سطحی آسفالت، هموار شود.زمانی که جاده مرمت سازی شده صاف شده، زمان مناسبی است که سطح آن، شیب و زهکشی جاده به بهترین شکل صورت گیرد زیرا پس از تثبیت، این بهبودها دائمی می گردند. اکنون زمان بسیار خوبی برای پهن کردن جاده است. تثبیت تمام مسیر جاده باعث ایجاد پایه یکنواخت جاده می شود که در مقایسه با جاده های پهن بدون مرمت سازی، شامل حمایت کمتری می شود. پس از صاف کردن و شکل دادن جاده معمولاً مواد پودر شده متراکم می شوند تا ترافیک در طول جریان ساخت اجرا شود و یکنواختی سطح سیمانی بعدی و عملکردهای ترکیبی بهبود یابد.

تصویر۶

تصویر۷

تصو.یر۸

۳- قرار دادن سیمان

سیمان معمولاً به روش کنترل شده ای از طریق تانک های پخش کننده که برای این کار طراحی شده اند، پخش می گردد. از قرار دادن سیمان به روشی غیر کنترل شده و تحت فشار باید جلوگیری به عمل آید. سیمان بیشتر به صورت خشک به کار می رود. اما می تواند به شکل آبکی نیز استفاده شود. بیشتر ویژگی های مربوط به کاربرد سیمان برحسب وزن در هر حوزه می باشد. مهمترین زمان برای کنترل غبار، وقتی است که سیمان بر روی زمین متراکم می شود. حائل های ویژه ای می تواند به کار رود تا میزان گرد و غبار در هنگام استفاده از سیمان به حداقل برسد. غیر از روزهایی که باد زیادی می وزرد، به نظر نمی رسد که غبار در هنگام پخش سیمان بر روی زمین مشکل ساز باشد.

در کاربرد سیمان های آبکی مهم است که سیمان به طور یکنواخت بر روی زمین پخش گردد، به طوری که چاله و یا برآمدگی ایجاد نشود.

تصویر۹

۴- ترکیب کردن

ترکیب کردن از طریق میکسر، یا با تزریق مقدار مناسب رطوبت در محفظه دستگاه، و یا ریختن آب بر روی زمین با یک تانکر آب در عملیاتی مجزا، صورت می گیرد. در هر مورد، دستیابی به مقدار صحیح رطوبت جهت ایجاد تراکم مورد نظر، حائز اهمیت است.

تصویر۱۰

۵- تراکم و درجه بندی نهایی

پس از اینکه مواد با هم مخلوط شوند، زمان متراکم سازی و ترکیب نهایی است. غلطک های مرتعش با چرخ های پهن یا غلطک های پر کننده منافذ می تواند جهت ایجاد تراکم اولیه با غلطک هایی با چرخ های پهن یا تایرهای بادی جهت تکمیل کار مورد استفاده قرار گیرد. زمانی که سیمان با آب ترکیب و ماده پایه پودر شد، بیشترین زمان جهت متراکم سازی ۲ ساعت است.

تصویر

۱۱

۶- مراقبت

مراقبت مناسب اهمیت ویژه ای در کیفیت محصول نهایی دارد. اگر پایه امکان خشک شدن داشته باشد، ترک هایی ایجاد خواهد شد و با گذشت زمان مستحکم تر می شوند. CTB باید رطوبت را حداقل ۷ روز پس از ایجاد تراکم حفظ کند. مراقبت مناسب می تواند با پاشیدن آب و یا کاربرد یک ترکیب یا غشای پوشش دهنده، صورت گیرد.

۷- روکش دار کردن

CTB که از جریان FDR حاصل می شود می تواند دو نوع روکش دار کردن آسفالت (برای مثال، ایجاد یک سطح نازک پوشش، آسفالت داغ و یا بتن) را در بر داشته باشد. روکش دار کردن می تواند به محض تثبیت شدن CTB (نه جریان یافتن آن) تحت ترافیک ساختاری به کار رود. زمان مورد نیاز برای این کار ی تواند از ۴ تا ۴۸ ساعت متغیر باشد.

ترافیک بر CTB، می تواند در چارچوب زمانی خاص قرار گیرد به طوری که استفاده مکرر کامیون های سنگین امکانپذیر نباشد. در بسیاری از موارد، در جاده های آرام، ترافیک باعث جریان یافتن بر پایه ای متراکم می شود تا وقتی که پروژه آماده راه اضافی شود.

در شرایطی که ترافیک سنگین وجود دارد، بیش از ۷ روز وقت لازم است تا از استحکام مناسب پایه اطمینان حاصل شود.

۸- کنترل ترافیک

جریان FDR می تواند تحت ترافیک انجام شود. ترافیک در جاده های کم رفت و آمد معمولاً امکان یک طرفه شدن خیابان را فراهم می کند در جایی که ساخت وساز در طرف دیگر جاده انجام شود. ترافیک توسط پرسنل راهسازی کنترل می شود. در برخی پروژه ها، امکان عبور وسایل نقلیه بر CTB تکمیل شده قبل از روکش دار کردن وجود دارد.در برخی دیگر از پروژه ها، تا اتمام روکش دار کردن جاده اجازه عبور و مرور وسایل نقلیه داده نمی شود.

در پروژه هایی با حجم ترافیکی بالا، مراقبت سطحی بر عملکردهای CTB جدید همانند پوشش مراقبتی بسیار خوب است و امکان عبور و مرور بر روی جاده تا وقتی که مسیر آماده روکش دار شدن شود، فراهم می شود.

۹- ترک خوردن انعکاسی

مواد سیمانی در هنگام مراقبت به طور طبیعی منقبض خواهند شد. ترک های حاصل در پایه، با آسفالت هایی که به طور مناسب طراحی شده اند و جریانات مناسب ساخت و ساز، تأثیر قابل توجهی بر عملکرد آسفالت خواهد داشت. در برخی موارد، ترک های بزرگتر در لایه پایه می تواند موجب تراکم فشار شود و ترک ها می توانند از پایه به سطح منتقل شوند. این عمل به طور طبیعی بر سختی آسفالت تأثیر دارد، اما ممکن است بر ظاهر کلی آن نیز تأثیرگذار باشد.

معمولاً جریانات مناسب ساخت و ساز، فنون به حداقل رسیدن میزان ترک ها و حفظ پوشش ها، در صورت لزوم، می تواند شرایط مراقبت های قابل توجه و مفید را به علت جلوگیری از ایجاد ترک به حداقل برساند .

تکنیک های جدیدتری از قبیل ریز کردن ترک ها یا استفاده از جذب فشار درون لایه، بسیار موفقیت آمیز است. یک مراقبت مناسب و طراحی شده CTB به طور معمول چندین لایه آسفالت را در بر می گیرد و آن را طی چندین دهه از خدمات مراقبتی بی نیاز می سازد.

۴- مراحل اجرای طرح توسط تیم کارفرما و و مشاور پیمانکار

۱- توضیحات: مرمت سازی عمقی (FDR) با سیمان شامل پودرسازی و ترکیب با آسفالت فعلی عمقی ویژه و مواد زیربنایی با سیمان و آب جهت ایجاد پایه ای متراکم، سخت و سیمانی می گردد. این کار می تواند براساس این ویژگی ها مناسب، ترکیبی، جایگزینی، متراکم و قابل مراقبت باشد و بخش های خطی، درجه بندی شده، نازک و متداول نشان داده شده در نقشه را در بر گیرد.

۲- تعریف پروژه و طرح

۳- - تعهدات

۳-۱- شرایط تعهدات: پیمانکار باید موارد زیر را حداقل ۳۰ روز قبل از شروع هر تولید FDR به مهندس تسلیم نماید:

۳-۱-۱- گواهینامه ها: گواهینامه هایی جهت تأیید سیمان پرتلند و مواد سیمانی مکمل در صورتی که مورد نیاز مهندس باشد.

۳-۱-۲- ویژگی ها - داده های شرکت سازنده و ویژگی های تجهیزات شامل ظرفیت مورد استفاده در ترکیب کردن و متراکم نمودن FDR

۳-۱-۳- طراحی ترکیب پیشنهادی FDR: در صورتی که طراحی ترکیب پیشنهادی توسط پیمانکار انجام شود و یا اینکه تغییرات پیشنهادی جهت طراحی ترکیب پیشنهاد گردد، باید جهت تصویب حداقل دو هفته قبل از ساخت FDR به مهندس تسلیم گردد. این طراحی ترکیبی باید شامل جزئیات درجه بندی سنگدانه / خاک، مواد سیمانی، قدرت تراکم و رطوبت مورد نیاز و تراکم ایجاد شده در طول جریان متراکم سازی شود.

۴- مواد

۴-۱- آسفالت بازیافتی، مواد زیربنایی و پایه شامل آسفالت بازیافتی فعلی، مواد سخت پایه ای موجود، و یا مواد زیربنایی می شود. سنگدانه پایه و مواد زیربنایی شامل ریشه ها، خاک های سطحی یا هر ماده زائد برای واکنش آن با سیمان می گردد. توزیع ذره در ماده پردازش شده، ۱۰۰٪ غربال ۳ اینچی (۷۵ میلیمتر)، حداقل ۹۵٪ غربال ۲ اینچی (۵۰ میلیمتر) و حداقل ۵۵٪ غربال شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) است.

۴-۲- سیمان پرتلند، با جدیدترین سیمان های پرتلند (ASTM C150 یا AASHTO M85) و یا سیمان های ترکیبی هیدرولیک (AASHTO M240 یا ASTM C1157 و ASTM C595) ترکیب می گردد.

۴-۳- آب، جدا از مواد زیان آور است که باعث سختی مواد سیمانی می گردد که باید مطابق طرح اختلاط مشاور باشد.

۴-۴- پوزولان، در صورت استفاده شامل خاکستر آهک، دوده و فوم سیلیکا می شود که با ویژگی های مناسب دنبال می گردد (AASHTO M295، ASTM C618 برای خاکستر؛ AASHTO M302، ASTM C989 برای دوده و ASTM C1240، AASHTO M307 برای فوم سیلیکا).

۴-۵- ترکیبات مراقبتی. ترکیبات مراقبتی با بهترین ویژگی های آسفالت امولسیون دنبال می شود (ASTM D977، AASHTO M140) یا ترکیبات شکل گیری روکش مایع برای بتن (AASHTO M148، ASTM C309).

۴-۶- جوهر خشک کن ماسه ای. ماسه برای جلوگیری از انتخاب مواد مراقبتی، تمیز، خشک و غیر پلاستیکی می باشد.

۵- تجهیزات

۵-۱- توضیحات: FDR می تواند با هر دستگاه یا ترکیبی از ماشین آلات یا تجهیزاتی به وجود آید که محصولات راضی کننده ای را در برابر شرایط پودرسازی، سیمان و آب، ترکیب کردن، متراکم سازی، تکمیل و مراقبت در این ویژگی ها ایجاد کند.

۵-۲- روش های ترکیبی: ترکیب با استفاده از ترکیب تک محوری یا چند محوری در محل انجام می شود.

۵-۳- متناسب سازی سیمان: دستگاه پهن کننده سیمان برای ترکیب در محل قادر به توزیع یکنواخت سیمان به نسبت های خاص می باشد. سیمان می تواند به شکل خشک یا آبکی اضافه شود. اگر به شکل آبکی باشد، میکسر آبکی و تجهیزات پخش کننده قادر به توزیع کامل سیمان و آب و حفظ یکنواختی آن، بدون جداسازی از طریق جایگزینی سیمان آبکی می باشد.

۵-۴- کاربرد آب: آب می تواند از طریق میکسر یا تانکرهای آب مجهز به شیرهای فشار قوی به کار رود.

۵-۵- تراکم: ماده پردازش شده با یک یا چند ترکیب از موارد زیر متراکم می گردد: غلطک حفاری، غلطک تایر لاستیکی، غلطک چرخ فلزی، غلطک مرتعش یا متراکم کننده با صفحه مرتعش.

۶- شرایط ساخت

۶-۱- کلیات

۶-۱-۱ تهیه زیربنا.

قبل از اینکه پردازش FDR آغاز گردد، این منطقه از نظر زیربنایی چنانچه در نقشه نشان داده شود یا توسط مهندس کنترل گردد، پردازش می گردد. در طول این جریان، هر ماده یا سنگدانه / خاک نامناسب تغییر می کند و با مواد قابل قبول جایگزین می گردد. هر حفره، چاله یا ساختار دیگر از خسارت قبل از پردازش حفاظت می کند. ماده زیربنایی ثابت می شود و می تواند بدون پردازش یا تنظیم بعدی، تجهیزات ساخت و ساز و ترکیب ماده FDR قادر گردد.زیربنای حاصل یا نرم تصحیح می گردد و قبل از پردازش ساختاری تثبیت می گردد.

۶-۱-۲- ترکیب و جایگزینی

پردازش FDR در زمان یخ زدن خاک / سنگدانه یا زیربنا یا زمانی که درجه حرات به زیر 40°F(4°C) برسد، پیشنهاد نمی شود. رطوبت در ماده پایه در زمان کاربرد سیمان از کیفیتی که امکان ترکیب یکنواخت و محدود آسفالت پودرسازی شده، ماده پایه و زیربنایی و سیمان در طول جریان ترکیب عملکردها فراتر می رود و در طول ۲٪ از بهترین محتوای رطوبت برای ماده پردازش شده در آغاز جریان تراکم ایجاد خواهد شد.

عملکرد کاربرد سیمان، ترکیب، هموارسازی، متراکم سازی در طول ۲ ساعت از شروع ترکیب تکمیل را ادامه می یابد. هر ماده پردازش شده ای که متراکم نبوده است و تکمیل نشده است، به مدت بیش از ۳۰ دقیقه توزیع نشده است.

۶-۲- پودرسازی / ترکیب

۶-۲-۱- تهیه

سطح آسفالت قبل از ترکیب به طوریکه با سیمان و آب ترکیب شود و برای چگالی مورد نیاز پیشنهاد و مستقیماً توسط مهندس کنترل می گردد. این ماده در محل خود و شرایط سطحی، قبل از آغاز فاز نهایی ساختاری، به تصویب میرسد.

۶-۲-۲- پودرسازی

قبل از به کارگیری سیمان، پودرسازی یا تیغ زنی اولیه می‌تواند برای عمق کامل ترکیب سازی مورد نیاز باشد. تیغ زنی یا پودرسازی اولیه برای شرایط زیر مورد نیاز است:

۱- زمانی که ماده پردازش شده بیش از ۳٪ از محتوای رطوبت بالاتر یا پایین تر باشد. زمانی که ماده ای زیر بهترین مقدار رطوبت باشد، آب اضافه خواهد شد. ماده قبل از پودرسازی روکش داده می شود و به طور مناسب در انتهای روز و یا زمانی که پیش بینی باران شده است، زهکشی می گردد.

۲- در کاربردهای سیمانی آبکی، پودرسازی اولیه جهت ارائه روشی برای توزیع یکنواخت بر ماده پردازش شده بدون جریان یافتن یا ایجاد حفره اضافه انجام می شود.

۶-۲-۳- کاربرد سیمان

کیفیت سیمان به طور یکنواخت به کار می رود، به طوری که گرد و غبار به حداقل می رسد و برای مهندس راضی کننده است. اگر سیمان به صورت آبکی به کار رود، زمان اولین تماس آب با سیمان جهت کاربرد در خاک / سنگدانه نباید از ۶۰ دقیقه فراتر رود. جایگزینی سیمان بر خاک / سنگدانه جهت شروع ترکیب نباید بیش از ۳۰ دقیقه به طول انجامد.

۶-۲-۴- ترکیب

ترکیب باید تا حد ممکن درست پس از پخش شدن سیمان، صورت گیرد و تا وقتی که ترکیب کاملاً یکنواخت شود، ادامه یابد. ماده ترکیب شده با شرایط درجه بندی زیر روبرو می باشد:

۱- ترکیب نهایی (سطح قیراندود، پایه گرانولی و خاک زیربنایی) به شکلی پودرسازی می شود که ۱۰۰ ٪ از غربال ۳ اینچی (۷۵ میلیمتری)، حداقل ۹۵٪ از غربال ۲ اینچی (۵۰ میلیمتری) و حداقل ۵۵٪ از غربال شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) عبور می کند. مواد دیگری می تواند به روی آن افزوده شود و یا از ماده زیربنایی کم شود تا درجه بندی ترکیبی را که شامل طراحی ترکیبی ماده می شود، بهبود بخشد.

۲- تست پودرسازی نهایی در نتیجه عملیات ترکیبی سازی انجام می شود. ترکیب سازی تا وقتی ادامه می یابد که محصول از نظر رنگ یکنواخت شود، با شرایط درجه بندی روبرو شود و محتوای رطوبت مورد نیاز از طریق آن تعیین گردد. تمام عملیات هموارسازی سیمان، کاربرد آب و ترکیب آنها در آسفالت پودرسازی شده یکنواخت، خاک / سنگدانه، سیمان و ترکیب آب برای عمق و عرض کامل طراحی ایجاد می گردد.

۶-۳- متراکم سازی

ماده پردازش شده به طور یکنواخت متراکم می گردد تا حداقل ۹۸٪ از بیشترین ماده متراکم خشک براساس تغییر متوسط هیچ تست بدون تست جداگانه و زیر ۹۶٪ خواهد بود. تراکم زمین در ماده FDR متراکم می تواند از طریق ۱- روش هسته ای به شیوه انتقال مستقیم (ASTM D2922، AASHTO T310)؛ ۲- روش سنگ مخروطی یا ۳- روش بالون پلاستیکی تعیین گردد. بیشترین رطوبت و حداکثر تراکم خشک قبل از شروع ساخت و ساز و همچنین قبل و در طول جریان ساخت از طریق تست تراکم رطوبت تعیین می گردد.

در آغاز تراکم، محتوای رطوبت در طول ۲٪ از رطوبت بهینه خوهد بود. هیچ بخش متقاطعی به مدت بیش از ۳۰ دقیقه در طول جریان ساخت باقی نمی ماند. تمام عملیات متراکم سازی باید طی ۲ ساعت از آغاز کار تا ترکیب سازی، تکمیل گردد.

۶-۴- تکمیل

زمانی که متراکم سازی نزدیک به اتمام است، سطح ماده FDR به صورت خطوطی خاص، درجه بندی شده و بخش های متقاطع شکل می گیرد. در صورت لزوم و یا اگر نیاز باشد، این سطح توسط مهندس کمی هموار می گردد و یا تجهیزات یا دستگاه های متراکم سازی از روی آنها عبور می کند. سپس، متراکم سازی تا زمانی ادامه می یابد که سطح یکنواختی ایجاد شود. در طول این جریان اتمام، رطوبت سطح به وسیله پاشیدن آب بر روی آن به وسیله دستگاهی خاص که از روی سطح عبور نمی کند، مرطوب نگه داشته می شود.

۶-۵- مراقبت

بخش های نهایی FDR که توسط دستگاه مورد استفاده جهت ساخت بخش های به هم متصل شده عبور می کنند به روشی که از ایجاد خسارت، تغییر شکل دائمی یا بر هم زدن شکل تکمیلی کار جلوگیری شود، صورت می گیرد.

پس از تکمیل عملیات نهایی، این سطح با استفاده از قیر یا دیگر پوشش های تثبیت کننده، تحت مراقبت قرار می گیرد و رطوبت آن به طور مستمر به مدت ۷ روز با اسپری آبی که از روی آسفالت FDR عبور نکند، ادامه می یابد. در صورتی که ماده حفظ کننده به کار رود، این ماده باید تا حد امکان استفاده شود، اما بیش از ۲۴ ساعت پس از تکمیل کار مورد استفاده قرار نگیرد. سطح باید به طور مستمر قبل از به کارگیری ماده حفظ کننده مربطوب شود.

سطح پایه FDR باید برای ماده حفاظت کننده قیراندود جدا از ماود خطرزای دیگر متراکم سازی شود و دارای رطوبت کافی جهت جلوگیری از نفوذ اضافی مواد قیراندود باشد. ماده قیراندود باید به طور یکنواخت بر روی سطح پایه FDR تکمیل شده پخش شود. سرعت دقیق و دمای کاربرد پوشش کامل، بدون جریان افتادن مواد، توسط مهندس کنترل می گردد.

لازم به ذکر است که تجهیزات و دیگر وسایل ترافیکی بایدجهت استفاده از سطح قیراندود شده به میزان کافی از برداشتن قیر جلوگیری کنند و از پوشش دادن جوهر خشک کن ماسه ای قبل از چنین کاربردهایی، استفاده نمایند.

حفاظت مناسب در برابر یخ زدگی برای پایه FDR به مدت حداقل ۷ روز پس از ساخت آن باید توسط مهندس صورت گیرد.

۶-۶- ترافیک

بخش های کامل پایه FDR می تواند بلافاصله به ترافیک سطحی کم سرعت و تجهیزات ساخت و ساز، با ارائه مواد مراقبتی و عملکردهای مراقبتی در برابر رطوبت ارائه گردد و باید FDR به قدر کافی پایدار باشد که دچار پیوند خوره یا تغییر شکل دائمی نشود. این بخش را می توان پس از دریافت

ترکیب یا سطح مناسب پایه FDR باز کرد. اگر مراقبت های مستمر در برابر رطوبت محیط در سطح متراکم شده طی ۷ روز با مراقبت و رطوبت صورت گیرد، پایه FDR می تواند پس از دوره ۷ روزه مرطوب سازی باز شود و پایه FDR به منظور جلوگیری از پیوند نخورده یا تغییر شکل دائمی به اندازه کافی سفت شود.

۶-۷- رویه

لایه های آسفالت بعدی (بتن آسفالتی، قیراندود کردن سطح یا بتن سیمانی پرتلند) می تواند پس از اتمام کار جایگزین شود. به طوری که پایه FDR جهت ایجاد تجهیزات ساخت و ساز مناسب بدون ترک خوردگی یا عدم پیوند خوردگی به قدر کافی محافظت گردد.

۶-۸- محافظت

پیمانکار پایه FDR را در شرایطی خوب حفظ می کند تا وقتیکه کار به اتمام برسد و پذیرفته شود. چنین حفاظتی توسط پیمانکار مجرب صورت می گیرد. حفاظت شامل تعمیرات فوری هر گونه شکستگی است که رخ می دهد. در صورت لزوم، باید این ماده با عمق کامل، برش عمودی، با استفاده از مواد سیمان تازه یا بتن جایگزین گردد. هیچ وصله کاری سطحی نباید انجام شود.

۷- بازرسی و تست

۷-۱- توضیحات:

مهندس با کمک دستیاران خود، بازرسی ها و تست هایی جهت اطمینان از عملکرد کار خود انجام می دهد. این بازرسی ها و تست ها شامل موارد زیر می شود، اما محدود به آنها نیست:

۱- دستیابی به نمونه های تست پایه FDR و ترکیبات جداگانه در تمام درجات پردازش و پس از تکمیل.

۲- مشاهده عملکرد تمام تجهیزات مورد استفاده در جریان کار. تنها این مورد، ماشین ها و روش ها با شرایطی روبرو هستند که پیمانکار از آنها استفاده کند، مگر اینکه مهندس به آنها اجازه داده باشد.

تمام تست های مواد و یا ترکیبات جداگانه، صورت می گیرد مگر اینکه ماده دیگری در جریان کار، براساس کاربرد ASTM یا ویژگی های AASHTO مورد استفاده قرار گرفته شده باشد.

۸- ارزیابی و پرداخت هزینه

۸-۱- ارزیابی: این کار به صورت زیر ارزیابی می شود:

۱- برحسب متر مربع از پایه FDR کامل و پذیرفته شده در زمانی که خطوط، درجات و بخش های متقاطع خاصی همانند آنچه بر روی نقشه مشخص شده بود.

۲- برحسب تن سیمان، طبق پایه FDR براساس دستورالعمل های هندسی.

۸-۲- پرداخت. هزینه این کار براساس قرارداد برحسب قیمت واحد متر مربع از پایه FDR پرداخت خواهد شد و قیمت واحد هر تن سیمان در مقدار بکار رفته براساس طرح محاسبه می گردد. چنین مبلغی تا وقتی ادامه می یابد که بازپرداخت کامل برای تمام کارهای مورد نیاز جهت اتمام دوره پایه FDR صورت گیرد که شامل هزینه آب، مراقبت، بازرسی و تست های کمکی و تمام عملیات های اتفاقی دیگر می شود.

۹- نتیجه گیری

اصولا روشهای متداول فعلی جهت ترمیم آسفالت تراشیدن آسفالت و برداشتن لایه بیس و اجرای مجدد بیس و لایه آسفالت می باشد که مصالح قبلی هیچگونه استفاده ای نمیشود و مصالح جدید طبق طرح مجددا استفاده میشود که بسیار هزینه بر می باشد با استفاده از این روش مصالح موجود برداشته

شده و درجا با سیمان ترکیب و اجرا می گردد به عنوان پایه و بستر مقاومتر و نهایتا آسفالت اجرا میگردد که عمر بسیار بالاتر خواهد داشت. اخیرا نحوه ترکیب بیس با سیمان به عنوان تثبیت بیس با سیمان و بوجود آوردن پایه و بستر مقاوم زیر آسفالت در دست بررسی و اجرا می باش

۱۰– مراجع

ASTM بین المللی (ASTM) با تصمیمات مؤسسه آمریکایی، مأموران رسمی حمل و نقل و بزرگراه دولتی (AASHTO): ASTM.

C150 – مخصوص سیمان پرتلند (AASHTO M85)

C309 – مخصوص ترکیبات شکل دهنده روکش برای مراقبت از سیمان (AASHTO M148)

C595 – مخصوص سیمان های هیدرولیک ترکیبی (AASHTO M240)

C618 – مخصوص خاکستر ذغال سنگ و یوزولان طبیعی آهکی جهت استفاده در بتن (AASHTO M295)

C989 – مخصوص خاکستر کوره بخار گرانول خاکی جهت استفاده در بتن و شفته (AASHTO M302)

C1157 – ویژگی عملکردی برای سیمان هیدرولیک (AASHTO M240)

C1240 – مخصوص فوم سیلیکای مورد استفاده در ترکیبات سیمانی (AASHTO M307)

D558 – نسبت های چگالی – رطوبت (وزن واحد) در ترکیبات سیمانی (AASHTO T132)

D977 – مخصوص آسفالت امولسیون شده (AASHTO M140)

D1556 – چگالی و وزن واحد خاک در محل از طریق روش مخروط – ماسه (AASHTO T191)

D2167 – چگالی و وزن واحد خاک در محل از طریق روش بالن پلاستیکی

D2922 – چگالی خاک و سنگدانه – خاک در محل از طریق روش هسته ای (عمق زیاد) (AASHTO T310)