

گفتاری بر راه سازی و مفاهیم آن

حسن صفرزاده^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۳ تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸

چکیده

عملیات اصلی راه سازی عبارتند از ساخت اساس، زیراساس و روسازی. جدول کاری و نصب علائم راهنمایی و رانندگی هم در ساخت بسیاری از راه ها اجرا می شود. راه سازی، روسازی راه و مهندسی ترابری از جمله تخصص های مهم یک مهندس عمران، شناخت طرح و محاسبه^۲ زیرسازی و روسازی راه است. بدین منظور، درس های یاد شده برای فراگیری مطلبی نظیر طراحی و اجرای راه ها شامل مسیریابی، عملیات خاکی، مشخصه ها و طرح هندسی راه ها در مسیرهای افقی و قائم، مشخصه های فنی انواع مصالح راه و لایه های مختلف روسازی آن، همچنین روش های طرح و اجرای روسازی های شنی و آسفالتی و نیز شبکه هاب حمل و نقل زمینی، دریایی و هوایی و برنامه ریزی ها و مدیریت های حمل و نقل ارائه می شوند.

واژگان کلیدی

راه سازی، ابعاد فنی، شهرداری

۱. کارشناس ارشد عمران (safaramir_1391@yahoo.com).

مقدمه

سال ها قبل، انسان به این کشف مهم و ارزنده نائل آمد و دریافت که وقتی مواد سیلیسی بسیار ریز با آهک مخلوط می شود، سیمان های دارای خواص هیدرولیکی تولید می نماید. یک نوع از این مواد، خاکستر آتشفشانی تحکیم یافته یا توف بود که در حوالی پوزولی ایتالیا پیدا شد. پس از آن، واژه پوزولان به هر نوع ماده ای با خاصیت مشابه فوق صرف نظر از منشأ زمین شناسی آن، اطلاق گردید.

ASTM-C618 پوزولان را به این صورت تعریف می کند: «ماده سیلیسی یا سیلیسی آلومیناتی که به خودی خود ارزش چسبندگی ندارد، اما به شکل ذرات بسیار ریز و در مجاورت رطوبت با درجات حرارت معمولی با هیدروکسید کلسیم واکنش شیمیایی داشته و ترکیباتی را به وجود می آورد که خاصیت سیمانی و چسبندگی دارد.» بنابراین، پوزولان یک ماده طبیعی یا مصنوعی است که حاوی سیلیس فعال است. لازم است که ماده پوزولانی به شکل پودر شده باشد، زیرا فقط در این صورت سیلیس می تواند در حضور آب با آهک (که بر اثر هیدراتاسیون سیمان پرتلند ایجاد می گردد) سیلیکات های کلسیم پایدار را که دارای خواص چسبندگی اند، تشکیل دهند. ضمناً در بررسی کلی پوزولون ها باید متذکر شد که سیلیس آنها باید بی شکل (آمورف) باشد، زیرا قابلیت ایجاد واکنش سیلیس متبلور بسیار کم است. سیمان پرتلند پوزولانی به مخلوط های توأم آسیاب شده یا مخلوط شده سیمان پرتلند و مواد پوزولانی اطلاق می گردد. غالباً مواد پوزولانی از سیمان پرتلندی که جایگزین آن می شوند ارزانترند.

ولی امتیاز عمده آنها در هیدراتاسیون کند و بنابراین، روند توسعه حرارت کم نهفته است. در ساختمان های انبوه بتنی این امر اهمیت زیادی دارد و دقیقاً در این نوع ساختمان هاست که غالباً سیمان پرتلند پوزولانی با جایگزینی بخشی از سیمان پرتلند با مواد پوزولانی مصرف می شود. همچنین سیمان های پرتلند پوزولانی در برابر حمله سولفات ها و بعضی دیگر از عوامل مخرب مقاومت خوبی از خود نشان می دهند. این امر به دلیل واکنش پوزولانی است که مقدار کمتری آهک به جا می گذارد تا به خارج راه یابد و نیز نفوذپذیری بتن را کاهش می دهد. لیکن مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن تا سنین بعدی که واکنش عمده پوزولانی تخلخل خمیر سیمان را کاهش داده است، نمی تواند ایجاد شود. باید به خاطر داشت که آثار خوب و بد مواد پوزولانی بسیار متغیرند و بدین جهت توصیه می شود که هر ماده پوزولانی آزمایش نشده ای در ترکیب با سیمان و سنگدانه هایی که در ساختمان واقعی مصرف خواهند شد، مورد آزمایش قرار گیرد. به علت کنش آهسته پوزولان ها باید عمل آوردن پیوسته مرطوب و دمای عمل آوردن مناسب برای مدتی بیشتر از آنچه به طور معمول لازم است، فراهم شود.

تعاریف و مفاهیم فنی راهسازی

به نوعی آسفالت حفاظتی با ضخامت کم اطلاق می گردد که به منظور بهبود راه آسفالت (اعم از آسفالت گرم یا آسفالت سطحی یا انواع دیگر آسفالت) و نیز غیر قابلنفوذ نمودن آن در مقابل نزولات جوی نظیر برف و باران و غیره

بکار برده می شود. سیککت شامل پخش یک لایه قیر مخلوط با امولسیون قیر توأم با مصالح و با بدون پخش مصالح باشد.

پریمکت:

اندود نفوذی به منظور آماده نمودن سطح راه شنی جهت بخش قشر آسفالت انجام می گردد قیر پریمکت که در سطح راه شنی پخش می گردد در داخل خلل و فرج آن نفوذ نموده و علاوه بر تحکیم سطح راه شنی سبب تسهیل چسبندگی قشر آسفالت به بدنه راه می گردد.

تک کت:

پخش یک لایه بسیار نازک امولسیون قیر روی سطح آسفالتی یا بتنی به منظور آغشته نمودن سطوح مزبور و ایجاد و چسبندگی با قشر آسفالتی که متعاقباً روی آن پخش می شود اندود سطحی و یا تک کت نامیده می شوند.

لکه گیری:

هر گاه در راهها بر اثر فشار ترافیکی و خرابی جسم راه آسفالت سطح راه خراب شده و یا به شکل موزائیکی درآمده باشد بوسله دستگاه کاتر آسفالتهای خراب شده را بصورتشکلهای منظم خارج نموده و چنانچه زیرسازی نیز دچار آسیب دیدگی شده بود نسبت بهاصلاح آن نیز اقدام می کنیم سپس سک لایه تک کت ریخته و با آسفالت مرغوب رویه رامرمت می نمائیم.

حریم راه:

با توجه بیه نوع راهی که طراحی و احداث گردد حریم در نظر گرفته می شود. منظور ازحریم مقدار زمینی است که از دو طرف راه برای مقاصد خاصی اختصاص می یابد این مقاصدرا می توان بطور خلاصه بشرح ذیل ذکر نمود:

۱- ایجاد میدان دید وسیعتر برای رانندگان

۲- ایجاد تسهیلات جهت تعریض راه در آینده با توجه به افزایش ترافیک

۳- جلوگیری یا کاهش خطرات ناشی از انحراف خودروها از جاده ((با جلوگیری از احداثساختمان با هر گونه بنا در حریم))

گاردریل:

نوعی جدا کننده که از جنس ورق گالوانیزه برای حفاظ در راهها استفاده می شود کهدر اتوبانها، نقاط پرتگاه، گردنه ها و قوسها نصب می شود تا از تصادفات و اتفاقاتناگوار در هنگام رانندگی جلوگیری شده یا عوارض آنها کمتر شود.

نیوجرسی:

نوعی جدا کننده بتنی می باشد که در ارتفاع مختفل از قبیل یک یا دو متری ساخته میشود که در بزرگراه ها جهت جلوگیری از دور زدنها و خلاف رانندگان متخلف و ایجادامنیت و جلوگیری از اتفاقات ناگوار و تصادفات و در بعضی موارد ورود و خروج و هدایتترافیک و جلوگیری از نور چراغهای روبرو ایجاد می شود.

چشم گربه ای:

همانگونه که خط کشی در هنگام روز و شب راننده را در مسیر حرکت راهنمایی نموده و به او در انتخاب خط مسیر ایمن کمک می کند، چشم گربه ای نیز که در انواع مختلفی ساخته می شود وظیفه هدایت راننده را در خطوط مختلف ترافیکی ((لاینها ترافیکی)) را در شب بعهده دارد. چشم گربه ایها خصوصاً در قوسها، محل پیاده روها و جاده های داراچند خط ترافیکی کاربرد گسترده ای دارند. چشم گربه ایها با بازتابش نور چراغهای خودرو در شب رؤیت شده و راننده را در مسیرایمن هدایت میکنند.

زهکشی و درواسیون:

نفوذ آب به لایه های زیر سازی موجب تخریب راه می گردد بنابراین همواره تلاش میشود تا از نفوذ آبهای سطحی به زیرسازی جلوگیری شود برای تحقق این امر روشهای مختلفی وجود دارد که به کمک آنها آب را از لایه دفع یا از نزدیک شدن آبهای جاری به راهجلوگیری می کنند زهکشی و درواسیون از جمله این روشهاست.

آسفالت رودمیکس:

از اختلاط مصالح سنگی با قیر مایع در سطح آماده شده را بدون گرم کردن مصالح سنگی ساخته می شود از مزایای این نوع مخلوط استفاده از مصالح سنگی در کنار راه ریسه یادر نزدیکی های انبار شده می باشد مصالح سنگی آسفالت مخلوط باید از سنگ یا شن شکستهها شن و ماسه رودخانه ای و یا مخلوطی از آن دو تهیه شده باشد این مصالح بایستی سخت، مقاوم و تمیز باشند که بوسیله مخلوط کننده ای نظیر گریدر و یا لودر و یا هر وسیله مناسب دیگر در کنار راه تهیه می شود.

آسفالت گرم:

عبارت است از مخلوطهای مصالح سنگی با قیر خالص که در کارخانه آسفالت با درجهحرارت معین طبق مشخصات تهیه و با توجه به فاصله حمل مشخص که مجاز می باشد آماده شدهو بوسیله فینیش بر روی سطح راه پخش و کوبیده می شود.

بیندر:

بیندر بتن آسفالتی می باشد که با سنگ شکسته از مصالح رودخانه ای یا کوهی تهیه میشود و مصالح سنگی آن دارای دانه بندی ۰-۲۵ میلی متر و ۰-۱۹ میلی متر می باشد بیندربصورت یک لایه طبق ابعاد و ضخامت هایی که در نقشه مشخص شده بر روی سطوح آماده شدهراه پخش می گردد البته در مواردی که ضخامت قشر آسفالت زیاد باشد با توجه به دانهبندی انتخاب شده ممکن است در یک لایه یا بیشتر اجرا شود. ضمناً لایه بیندر بر اساسطراحی روسازی جاده محاسبه و مشخص می گردد.

توپکا:

بتن آسفالتی است که از مصالح رودخانه ای یا مصالح سنگ کوهی تهیه می شود و مصالحسنگی آن دارای دانه بندی ۰-۱۹ میلی متر می باشد و جهت پوشش لایه نهائی بتن آسفالتبکار می رود که به آن اصطلاحاً رویه می گویند و ضخامت این لایه را بر اساس طراحی و سازه محاسبه و مشخص می گردد.

بیس:

بیس قشری است که مصالح سنگی و یا مخلوطی از مصالح سنگی و مواد چسبیده با مشخصات فنی معین و به ضخامت محاسبه شده می باشد که بر روی بستر ۰-۵۰ میلی متر و ۰-۳۸ میلی متر و ۰-۲۵ میلی متر می باشد که حداقل ۵۰٪ مصالح ماند هروی الک شماره ۴ باید شکسته و ارزشماسه ای آن بیشتر از ۳۵ باشد این قشر باید قابلیت تحمل بار محوری و همچنین زهکشی راه را داشته باشد.

ساب بیس:

ساب بیس قشری از مصالح سنگی با مشخصات فنی معین و به ضخامت محاسبه شده می باشد که بر روی بستر روسازی راه بمنظور تحمل بارهای وارده از جانب قشر اساس قرار می گیرند این قشر معمولاً اولین لایه از ساختمان روسازی را تشکیل می دهد.

و ضخامت آن نیز بر اساس طراحی روسازی راه محاسبه و تعیین می گردد. مصالح آن دارای دانه بندی ۰-۵۰ میلی متر و ۰-۴۸ میلی متر و ۰-۲۵ میلی متر می باشد.

ردایلینگ:

به نوعی قیر پاشی سطح راههای شنی اطلاق می گردد که بمنظور تحکیم و تثبیت سطح شنیراه و نیز غبار نشانی بکار برده می شود راههای شنی که به این روش قیر پاشی می شوند پس از مدتی سطح شنی آنها مبدل به یک سطح پایدار گردیده که در برابر نفوذ آب مقاوم می باشد قیرهای مورد مصرف آن عبارتند از ۷۰-۷۰ MC و ۲۵۰-۷۰ MC و ۲۵۰-۷۰ SC.

سیستم کامپیوتری رهیابی ماشین آلات راهسازی

امروزه صنعت عمران در حال عبور از یک گذرگاه تکاملی است. دیدگاه این صنعت اکنون بر فرایندهای اصلی متمرکز شده است. هدف از این نوع نگرش این است که مشخص گردد در کدام فرایندهای عمرانی پیشرفتهای مطلوبی تحقق یافته و در کدام حوزه ها نیاز به بهبود و تقویت از دو دیدگاه فناوری و فرایندها احساس می گردد.

در حال حاضر پس از عبور این صنعت از یک فرایند گام به گام با عنوان «بهبود مستمر فرایندها» می توان اذعان نمود که:

- ماشین آلات عمرانی کنونی از سرعت، امنیت، کارایی و آسایش افزونتری برخوردار هستند.

- ابزارهای نقشه برداری امروزی دقت بالاتری نسبت به ابزارهای قدیمی دارند.

- اکثر نقشه ها و طراحی های مهندسی به کمک رایانه انجام می گیرد.

اما متأسفانه بسیاری از روشهای اجرایی کنونی همچنان وابسته به فرایندهای سنتی بوده و از کاربردهای وسیع فن آوری در عصر اطلاعات بی بهره هستند.

به عنوان مثال در اکثر پروژه های عمرانی فرایندها همچنان وا بسته به نقشه برداری دستی و فرایندهای پیکه گذاری سایت هستند. از آنجا که چیدن پیکه های عملیات تسطیح در سایت، ساعاتی از عملیات عمرانی را به خود اختصاص می دهد و همچنین به دلیل بالا بودن احتمال وجود خطا و اشتباه و دوباره کاری در این نوع روشهای اجرایی، اتلاف زمانی، افزایش هزینه ها و کاهش راندمان تولید معمول است.

در یک فرایند آماده سازی و تسطیح اراضی در حالت عادی فعالیتهایی که صورت می گیرد عبارتند از: نقشه برداری، طراحی، برآورد، جانمایی، تسطیح و عملیات روکش و آسفالت.

در روش سنتی پس از اجرای عملیات نقشه برداری، اطلاعات بدست آمده از سایت مورد بررسی و تجزیه و تحلیل گرفته سپس سایت توسط پیکه ها شبکه بندی می شود. گاهی اوقات عملیات شبکه بندی چندین بار باید تکرار و اصلاح گردد. در این مرحله اپراتور باید ماشین را بین پیکه ها حرکت داده و تراز را حدس بزند. در بسیاری از موارد پیکه ها بین ۸ تا ۱۰ متر از هم فاصله دارند و هرچه مهارت اپراتور کمتر باشد، تعداد رفت و برگشت های بیشتری برای اتمام کار نیاز است. عملیات تراز نهایی به روش سنتی کار بسیار دشواری بوده و نیازمند اپراتور بسیار ماهر است. در این روشها همچنین مجبور به بکارگیری حداکثر توان فیزیکی نیروهای کاری هستیم.

اما مسلماً روش بهتری برای انجام این عملیات وجود دارد. بکارگیری فن آوری اطلاعات (IT) در این صنعت تحول چشمگیری را برای بهبود روشهای اجرایی، افزایش راندمان تولید و کاهش هزینه ها ایجاد نموده است.

استفاده از سیستم CAES به عنوان یکی از انواع موقعیت یاب های جهانی (GPS[2]) بر روی ماشین آلات راهسازی، موجب تسهیل و تسریع در اجرای عملیات عمرانی گردیده است.

معرفی سیستم CAES

CAES (سیستم ماهواره ای رهایی ماشین آلات راهسازی)، یکی از انواع موقعیت یابهای جهانی (GPS) است. این ابزار بطور اخص در صنایع معدن و دفن زباله و بطور عام در فرایند تسطیح مربوط به پروژه های مختلف عمرانی از جمله ساخت جاده و بزرگراه، خطوط راه آهن، باند فرودگاه، ساختمان سازی و ... مورد استفاده قرار می گیرد. سیستم CAES بر روی دوزرها، موتور گریدرها، اسکرپرها و بیل های مکانیکی قابل نصب است.

توسط این سیستم امکان اندازه گیری میزان تراکم در عملیات دفن زباله همچنین تشخیص تفاوت بین ماده معدنی و کانی فراهم می گردد.

CAES ابزاری الکترونیکی برای بهبود فرایند تولید است. این ابزار به ماشین این قابلیت را داده تا در هنگام جابجایی مواد، به دقت از محل نقشه برداری نموده و در کلیه مراحل عملیاتی، میزان تراز و شیب مناسب را کنترل نماید. همچنین

این سیستم اپراتور را قادر می سازد تا به سهولت تشخیص دهد برای دستیابی به شیب و تراز مطلوب، چه قسمتی از زمین باید برداشته و چه قسمتی باید پر شود و به چه میزان.

از طریق این سیستم اپراتور می تواند به سرعت پیشرفت عملیات را پیگیری نموده و با مقایسه آن با نقشه مورد نظر، تغییرات لازم را اعمال نماید.

با بکارگیری این ابزار، دیگر نیازی به پیکه های تراز در نقشه برداری محل نبوده، همچنین دوباره کاری ها کاهش یافته و ضرورت حضور نقشه برداران در حوزه حرکت ماشین حذف می گردد.

صفحه نمایش بزرگ و کیفیت مناسب نمایش این سیستم، همچنین امکان فعال نمودن صفحه از طریق تماس دست و استفاده از رنگهای کد بندی شده در صفحه نمایش، کاربرد آن را آسان نموده بطوریکه اپراتور به سهولت قادر به کنترل عملیات تسطیح و شیب بندی در هر شرایط آب و هوایی و هر زمان از شبانه روز خواهد گردید.

در صفحه نمایش داخل کابین همچنین موانع موجود در سایت کاری و مرحله پیشرفت عملیاتی قابل نمایش هستند. سپس نتایج عملیاتی از طریق امواج رادیویی با پهنای باند وسیع به دفتر سایت ارسال می گردند و در آنجا این نتایج به گزارشات مطلوبی برای کنترل میزان تولید بر اساس پارامترهای نوع ماشین، نوع عملیات، شیف کاری و اپراتور تبدیل می گردند.

سهولت اپراتوری سیستم

انتقال و ظهور سریع و به هنگام بر روی صفحه نمایش قابل تنظیم، امکان تطبیق سریع میزان پیشرفت با نقشه مورد نظر را فراهم می نماید. از دیگر فواید این روش آن است که تفسیر نقشه های الکترونیکی سهل تر از برآورد از طریق پیکه ها و پرچمهای تراز سایت بوده همچنین میزان دقت عملکرد با تغییر شرایط دید کاهش نمی یابد.

در صورت ایجاب هرگونه تغییر در طرح ضمن کار، اپراتور می تواند بدون حدس و گمان و یا هرگونه کمک خارجی، شیب و تراز جدید را انتخاب نماید. این سیستم موجب بهبود کارایی اپراتورها با هر سطح مهارتی خواهد شد.

شبکه اطلاعاتی

در سیستم CAES اطلاعات به هنگام عملیات تولید در یک شبکه اطلاعاتی شامل ماشینها، اپراتورها، مهندسان و مدیریت پروژه مبادله می گردد. مهندسین می توانند بطور لحظه ای از طریق یک نرم افزار تحت Windows از پیشرفت کار مطلع گردیده و لحظه به لحظه پیشرفت اپراتور را با نقشه مورد نظر مقایسه نمایند. این نرم افزار همچنین امکان گزارش گیری بر مبنای فاکتورهای کلیدی عملیاتی از قبیل میزان کارایی هر اپراتور، حجم ماده جابجا شده، زمان هر سیکل کاری و ... را برای مهندسان فراهم می نماید.

این فاکتورها تصویری واقعی از میزان تولید ایجاد نموده و فرصتی را برای بهبود مداوم عملیات فراهم می آورند.

اجزاء سیستم

این سیستم متشکل از بخشهای ذیل است:

۱. یک مجموعه سخت افزاری که بر روی ماشین نصب می شود شامل:

۱. گیرنده فرستنده رادیویی

۲. آنتن

۳. پردازشگر

۲. یک مجموعه نرم افزاری شامل:

۱. نرم افزار METS manager که در محیط Windows NT اجرا شده و مدیریت شبکه رادیویی را انجام می دهد.

این نرم افزار می تواند اطلاعات خروجی از یک نرم افزار مهندسی را به عنوان داده های ورودی دریافت نموده و پردازش کند. همچنین انتقال اطلاعات بین سایت و دفتر از طریق این نرم افزار صورت می گیرد.

۲. نرم افزار CAES office: این نرم افزار لحظه به لحظه عملیات ماشین را پایش نموده و با نقشه مرجع مقایسه می کند.

۳. شبکه بی سیم: اطلاعات به صورت سیگنال از طریق آنتن GPS در یک شبکه ماهواره ای انتقال می یابد. فرکانس امواج ۴۵۰ و یا ۹۰۰ مگاهرتز با پهنای باند وسیع بوده و سرعت انتقال اطلاعات بسیار بالا است.

۴. ایستگاه مرجع GPS: به منظور سنجش مختصات هر نقطه از زمین توسط موقعیت یاب جهانی، ایستگاهی به عنوان مرجع انتخاب و مختصات نقاط نسبت به آن سنجیده می شود.

مزایای کاربرد CAES

* دقت و یکنواختی عملیات:

به دلیل کنترل تراز توسط ماشین در کل اجرای عملیات، کار طاق فرسای تخمین توسط اپراتور در فاصله بین پیکه های تراز که احتمال خطا و دوباره کاری در آنها بالا بوده حذف گردیده و درصد دقت و یکنواختی تراز در کل سطح عملیاتی افزایش می یابد.

* افزایش راندمان تولید:

راندمان تولید و سود حاصله در شرایط استفاده از این سیستم به دلایل متعدد افزایش می یابد. صرفه جویی در زمان به دلیل حذف زمان بیکاری ماشین در هنگام کنترل تراز توسط تیم نقشه برداری، یکی از علل مهم افزایش تولید است.

* کاهش مواد جابجاشده:

مزیت مهم دیگر، جابجایی حجم صحیحی از ماده در مرتبه اول است که باعث صرفه جویی در هزینه می شود.

* ایمنی بیشتر:

به دلیل عدم نیاز به نیروی انسانی برای کنترل تراز در کنار ماشین، ایمنی در سایت کاری افزایش می یابد.

* کاهش نیروی انسانی مورد نیاز

* اجرای عملیات در شب

* کاربرد بهینه ماشین و کاهش هزینه ها

به طور کلی کاربرد این سیستم در حدود ۹۰ درصد کاهش هزینه ها را در نقشه برداری و هزینه های پیکه گذاری، ۶۶ درصد در کنترل تراز و ۳۰ الی ۵۰ درصد کاهش هزینه را به دلیل بهبود تولید به دنبال خواهد داشت.

حفاظتهای ایمنی کنار جاده

یک راه ایمن شامل محدوده ای ایمن و عاری از اشیا و نقاط خطرناک برای عبور راه بر اساس سرعت، حجم عبور و شرایط هندسی محل می باشد که برای دستیابی به این امر، ایجاد یک محدوده حفاظت شده ایمن با توجه به ضوابط و معیارهای استاندارد ایمنی در کنار راه و مسیر اصلی، امری حیاتی و ضروری است تا وسیله نقلیه منحرف شده از مسیر اصلی، بتواند در محدوده های با امنیت مناسب متوقف شود و یا به مسیر اصلی باز گردد. پس از تعیین محدوده حفاظت شده و مرزهای آن در گام بعدی، باید موانع و نقاط خطر را در این محدوده معین کرد و سپس جهت ایمن سازی آن اقدام نمود. در این راستا گزینه های زیر در دسترس هستند:

۱. برداشتن عامل خطر یا طراحی مجدد شیب به گونه ای که قابل پیمایش باشد.
 ۲. جابجا کردن عامل خطر به نقطه ای که احتمال تصادم کمتری وجود دارد، مانند بالای شیب، پشت حفاظتهای ایمنی، پشت دیواره ها
 ۳. کاهش شدت برخورد با عامل خطر با استفاده از یک وسیله شکست پذیر
 ۴. جهت دهی دوباره به وسیله نقلیه توسط سپر کردن عامل خطر با یک حفاظ طولی یا ضربه گیر
 ۵. دادن آگاهی لازم به راننده ها از وجود خطر توسط تابلو و علائم هشدار دهنده.
- سیستمهای ایمنی ترایک جاده ها در اصل جهت جلوگیری از تصادف شدید زنجیره ای، جلوگیری از عبور وسایل نقلیه از حفاظتهای میانی سرعت گیری از وسایل نقلیه منحرف شده و جهت دهی دوباره به آنها طراحی شده است. استانداردهای سیستمهای ایمنی ترافیک موجود با استانداردهای جدید تطبیق نمی کند. علاوه بر این، تغییر وارتقاء دادن بر اساس هر استاندارد جدید مقرون به صرفه اقتصادی نمی باشد. تأسیسات قدیمی را باید نسبت به استانداردهای جدید مورد بازبینی قرار داده و آنهایی که مقرون به صرفه هستند ارتقاء داد. همچنین در مواردی که امکان تعمیر و بازسازی وجود دارد در صورت سازگاری باید سیستمهای ایمنی ترافیک را همزمان به استانداردهای مطلوب رسانید. از میان آنها می توان از حفاظتهای کناری و میانی، ضربه گیرها، استفاده از پایه های قابل شکست برای علائم کنار جاده و چراغهای راهنمایی را نام برد.

- حفاظتها جهت کاهش شدت تصادفات وسایل نقلیه منحرف شده از مسیر اصلی بکار گرفته می شوند، بدین صورت که وسیله نقلیه انحرافی را از شیبهای تند خاکنیز کنار جاده یا موانع ثابت دور کرده و انرژی جنبشی آنرا زایل می کنند. به هر جهت این امر زمانی مفید است که برخورد با حفاظ از برخورد با موانع ثابت کنار جاده یا پرت شدن از

شیب موجود، خطر کمتری در بر داشته باشد. بنابر این حفاظهای ایمنی را تنها زمانی باید نصب کرد که از افزایش ایمنی راه اطمینان داشته باشیم.

- ضربه گیر یا زایل کننده انرژی تصادم، وسیله محافظتی است که مانع از برخورد مستقیم وسیله نقلیه منحرف شده با اجسام سخت و موانع جاده ای می گردد. این ویژگی با کم کردن تدریجی سرعت خودرو و کاهش انرژی جنبشی آن و گاهی اوقات با تغییر دادن جهت خودروی منحرف شده از امتدادی که منجر به تصادم می شود و تبدیل آن به یک توقف ایمن، بدست می آید. برا یا اجسام سختی که جای ثابتی در مسیر دارند (همچون پایه پلها تیرهای برق، ...) که نمی توان با استفاده از برخورد وسایل نقلیه با آنها جلوگیری کرد، می توان از ضربه گیرها، استفاده نمود.

موانع کنار راه:

اشیاء بسیاری در کنار راه قرار دارند که می توانند سبب روز خطر شوند. بعضی از آنها همچون درختان موانعی طبیعی هستند و مابقی تجهیزاتی هستند که توسط نهادهای مختلف در کنار راه قرار داده شده اند. از جمله وسایل خطر آفرین در کنار راه را می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. ستونهای برق: معمولاً شبکه های انتقال برق به موازات مسیرهای حمل و نقل جاده ای قرار دارند و پایه های آنها اغلب کلا صلب طراحی می شوند. این دسته از پایه ها مانع خطر ناک محسوب شده و باید از قرار گیری آنها در محدوده بازیابی ممانعت به عمل آید.
۲. پایه های تابلو ها و علائم راهنمایی: گاهی اوقات تابلو ها به گونه ای نسب می شوند که پایه آنها کاملاً در محدوده بازیابی واقع شده است. چنانچه پایه این تابلوها قابل شکست طراحی نشده باشند، این پایه ها مانع صلب محسوب شده و بایستی از منطقه بازیابی خارج شوند.
۳. درختان: هر درخت با قطر بیش از ۱۰ سانتیمتر و با فاصله کمتر از ۱۵ متر مانع ثابت به حساب می آید.
۴. ستونها، پایه های جانبی ساختمانها و پلها
۵. سمت قابل رویت دیوار حائل
۶. آبروهای عرضی و طولی

محدوده بازیابی:

در مجاورت جاده مکانی عاری از موانع باید وجود داشته باشد تا وسایل نقلیه منحرف شده از مسیر اصلی بتوانند مسیر خود را بازیابی کنند. تحقیقات نشان دهنده این واقعیت است که در جاده های پر سرعت، در ۸۰٪ موارد یک کناره ۶ متری در لبه جاده برای بازیابی وسایل نقلیه منحرف شده مناسب است. حداقل عرض محدوده بازیابی ۹ متر تعیین می شود. با این وصف در بیشتر بزرگراههای متعارف به علت سرعت پایین تر و حجم کمتر، به علت موارد زیست محیطی، مهندسی یا اقتصادی، تأمین چنین عرضی امکان پذیر نیست و در چنین مواردی معمولاً یک فضای خالی ۶ متری در اکثر

جاده ها به صرفه تر است. طراح باید موارد مثل حجم، سرعت، وضع آب وهوا، توسعه جانبی، شیب وموارد زیست محیطی را در طراحی محدوده بازیابی در نظر بگیرد.

عرض مطلوب محدوده حفاظت شده به چگونگی خارج شدن وسایل نقلیه از راه وسرعت آنها و نیز حجم ترافیک وابسته است. هر چه حجم ترافیک زیادتتر باشد احتمال خروج وسایل نقلیه از مسیر بیشتر بوده و لزوم طراحی مناسب محدوده بازیابی بیش از پیش خواهد بود.

روشهای ایمن کردن محدوده بازیابی:

- قابل شکست کردن موانع: اگر اشیایی مانند پایه های تابلو ها قابل جابجایی نباشند باید آنها را شکست پذیر ساخت. وسیله استاندارد شکست پذیری عبارت است از یک پایه با سه نقطه اتکای مثلی که دارای سه بلت می باشد و در هنگام تصادف این بلت ها از پایه خارج می شوند و باعث می شود که تابلو بشکند.
- سپر کردن جلوی موانع: چنانچه از بین بردن، جابجا کردن یا قابل شکست کردن موانع عملی نباشد، آنها را باید به نحوی پوشش داد. کل سیستمهای پوششی نیز مانند مانع ثابت بشمار می آیند. اینکار از حادثه جلوگیری نمی کند اما ضرر برخورد را تضعیف می کند و صدمه کمتری بر جای می گذارد.
- حفاظهای طولی مانند گارد ریل، نیوجرسی و نرده های پلها برای بازگرداندن وسیله نقلیه منحرف شده به مسیر اصلی می باشند و باید از نظر استحکام سازه های و امنیت سرنشینان آزمایشهای لازم صورت پذیرفته شده باشد.
- ضربه گیرها برای کم کردن سرعت وسیله نقلیه به هنگام تصادفات طراحی شده اند. هنگامی که وسیله نقلیه به ضربه گیر ها برخورد می کند، انرژی جنبشی خود را به تدریج از دست داده واین انرژی برای خارج کردن آب از سوراخها، فشردن اجسام، پره کردن آهن، تکان دادن شن یا هل دادن یک کابل آهنی در محلهای کنترل شده ای صرف میشود. ضربه گیرها معمولا برای اجسام کوچک از قبیل ستونها پایه ها و تابلو های کناره راه و ... طراحی می شوند.

حفاظهای ایمنی:

حفاظهای ایمنی یکی از متداولترین سیستمهای ایمنی در جاده ها می باشند. نقش حفاظهای ایمنی به مسیر برگرداندن وسایل نقلیه و جلوگیری از پرت شدن به دره ها و یا برخورد با خاکریزهای شیبدار، اشیاء ثابت جاده و از بین بردن وجذب انرژی حرکتی وسیله نقلیه منحرف شده می باشد. با این وصف حفاظهای ایمنی تنها زمانی کارار و توجیه پذیرند که صدمه برخورد با خاکریز و اشیاء ثابت و یا پرت شدن به دره بیش از صدمه برخورد با حفاظ باشد، از این رو حفاظ ها باید تنها در جایی نصب شوند که اطمینان در کمتر کردن صدمه سبب به شرایط بدون حفاظ وجود داشته باشد و ضمنا بررسی هایی باید صورت پذیرد که تا حد امکان از سایر روشهای کاهش خطر همچون صاف کردن خاکریزهای شیبدار، دقت زیاد در محل ساخت جاده، از بین بردن یا جابجا کردن اجسام غیر شکست پذیر یا انعطاف پذیر ساختن آنها استفاده شود. در این حالات مخارج از بین بردن یا جابجایی اشیاء با کاهش تصادفات یا کاهش هزینه نگهداری

جبران می شود. گاهی اوقات در مواردی چنانچه از حفاظها استفاده شود خطر تصادم بیشتر می شود. از حفاظهای ایمنی نباید برای کاربرد های نادر ست مانند بستن جاده ها و... استفاده کرد. انولع تأکید شده حفاظها ایمنی عبارتند از:

- حفاظ فلزی

- حفاظ بتنی

به هنگام حفاظت در برابر موانع ثابت ونیز خاکریزها، به ویژه در قسمتهایی که احتمال عبور آب از عرض مسیر وجود دارد از حفاظهای فلزی به دو گونه انعطاف پذیر ونیمه صلب تقسیم می شوند که گونه انعطاف پذیر آن از ۱,۵ تا ۵,۱ متر تغییر شکل می یابد.

جهت کاهش تأخیر وسایل نقلیه موتوری به علت مسدود شدن مسیر یا مواردی که نیاز به یک حفاظ ضد ضربه وجود دارد ویا کاهش در معرض صدمه قرار گیری پرسنل وکارکنان راهداری مورد نظر است بجای حفاظهای فلزی از انواع بتنی آن استفاده می شود. حفاظ بتنی معمولاً به رو سازی قلاب میشود. برای این منظور قسمتی از بعضی از انواع این حفاظ در زمین قرار داده می شود و بعضی هم با پایه یا میلگرد به زمین مهار می شوند که در انواع جدید آن قطعات حفاظ بتنی به یکدیگر متصل شده و بدون اتصال به زمین در جای خود مستقر می شوند.

(۱) حفاظهای فلزی:

اشیای ثابتی که در محدوده بازیابی راهها واقع می شوند و قابل جابجایی نبوده و امکان برداشتن آنها موجود نباشد، توسط حفاظهای ایمنی تحت پوشش قرار گیرند. بعضی اوقات موانع در خارج از محدوده بازیابی واقع می شوند ودر این حالت و اوقاتی که پایه موانع قابل شکست یا انعطاف پذیر است، استفاده از حفاظ ضرورتی ندارد.

فاصله حفاظهای فلزی تا مانع یا ناحیه خطر باید از مقدار حداکثر تغییر شکل حفاظ بر اثر ضربه بیشتر در نظر گرفته شود و چنانچه امکان رعایت این فاصله وجود نداشته باشد باید با رعایت تمهیداتی حفاظ را در نزدیکی مانع محکم تر ساخت تا پس از تغییر شکل به متع برخورد ننماید. این امر با افزایش تعداد پایه های حفاظ در محل مورد نظر و یا با استفاده از پروفیلهای محکم تر یا روی هم افتاده، قابل دستیابی است.

به طور کلی حفاظ های فلزی تا مانع یا ناحیه خطر با ید از مقدار حداکثر تغییر شکل حفاظ بر اثر ضربه بیشتر در نظر گرفته شود و چنانچه امکان رعایت فاصله وجود نداشته باشد باید با رعایت تمهیداتی حفاظ را در نزدیکی مانع محکم تر ساخت تا پس از تغییر شکل به مانع برخورد ننماید. این امر با افزایش تعداد پایه های حفاظ در محل مورد نظر و یا با استفاده از پروفیل های محکم تر یا روی هم افتاده قابل دسترسی می باشد.

بطور کلی حفاظهای فلزی برای پوشش اشیا ثابت در شهرها استفاده نمی شوند و دلیل این امر، سرعت کمتر، وسایل نقلیه پارک شده، تیرهای برق و امثال آن می باشد. بعلاوه درختان منفرد، پایه های تابلو، چراغها و تجهیزات نیز معمولاً در فضای درون شهری با حفاظ سپر نمی شوند چون این عمل منجر به ضریب مانع بزرگتر و هزینه بیشتر می شود.

۲) حفاظهای بتنی:

حفاظ بتنی از رده صلب به شمار آمده و در اثر ضربه تغییر شکل پیدا نمی کند بلکه انرژی برخورد در زوایای کم، توسط سیستم تعلیق وسیله نقلیه و در زوایای بزرگ توسط جابجا شدن و له شدن ورق فلزی بدنه وسیله نقلیه، مستهلک می شود. این حفاظ هزینه نگهداری کمی داشته و در هنگام فعالیت های مختلف تعمیر و نگهداری، تردد وسایل نقلیه مختل نمی شود و کارگران راهداری با حجم و سرعت بالای ترافیک مواجه نمی شوند.

این نوع از حفاظ کمترین میزان تصادفات گزارش شده را داراست چون بسیاری از وسایل نقلیه در تصادفات با زاویه کم، پس از برخورد به آن به مسیر اصلی باز می گردند و نهایتاً نیازی به جمع آوری تکه های کوچک و بزرگ خرد شده در اثر تصادف وجود ندارد.

اقدامات کم هزینه مهندسی و تشدید قوانین در ارتقاء سطح ایمنی جاده ها

عوامل انسانی، جاده ای و نقص وسایل نقلیه به تنهایی و یا با هم موجب ایجاد تصادفات می گردند. یکی از روشهای کاهش تصادفات و بهبود وضعیت ایمنی جاده ها، پیاده سازی اقدامات کم هزینه مهندسی و نیز تغییر رفتار رانندگان می باشد. به عنوان مثال تخمین زده می شود که در اتحادیه اروپا، با تغییر رفتار رانندگان و در نتیجه استفاده دو برابر از کمربند ایمنی، تعداد تلفات به میزان قابل توجهی کاهش پیدا کرده است. در این مقاله نقش اقدامات کم هزینه مهندسی و تغییر رفتار رانندگان بر اثر تشدید قوانین در ارتقاء سطح ایمنی جاده ها بررسی می گردد. این بررسی بر روی یکی از جاده های کشور پرتغال که دارای ۱۷۰ کیلومتر طول و ترافیک آن ۴۴۰۰ تا ۱۰۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت می باشد، صورت گرفته است. اداره راه پرتغال در این جاده در گام اول برای ارتقاء مشخصات راه، اقدامات کم هزینه مهندسی انجام داد. سپس اداره پلیس در گام دوم برای ارتقاء رفتار رانندگان، از اعمال قانون و تشدید قوانین استفاده کرد.

۲_ اقدامات کم هزینه مهندسی:

عمده ترین نوع تصادفات در این جاده ها عبارت بودند از:

□ انحراف از مسیر

□ تصادفات از روبرو

□ تصادفات در نزدیکی تقاطع های هم سطح

□ تصادفات در خطوط کندرو

علت این تصادفات عبارت بودند از:

□ سرعت غیر مجاز

□ سبقت غیر مجاز

علت سبقت ها و سرعت غیر مجاز، افزایش حجم ترافیک بوده.

اداره راه پرتغال به منظور کاهش تصادفات درصدد ساخت یک راه دو خطه بوده. ولی با این وجود قبل از احداث این راه، از اقدامات کم هزینه مهندسی استفاده کرد. این اقدامات به سه بخش زیر تقسیم می شوند:

□ ارتقای توان مانورهای ترافیکی شامل سبقت گیری، تغییر خط و... از طریق تغییر شرایط محیطی راه و انجام اقداماتی که بر رفتار راننده تأثیر دارد.

□ بالا بردن سطح ایمنی ترافیک در محل تقاطع های غیر همسطح از طریق افزایش دید در تقاطع ها و اطمینان از هماهنگی و قابل پیش بینی بودن مانورهای ترافیک ورودیها و خروجیها

□ ارتقاء و بهبود مانورهای در قسمتهای بحرانی راه از طریق ایجاد خط سبقت که باعث افزایش فرصتهای لازم برای انجام سبقت های مجاز می گردد.

در بخش اول اقدامات زیر انجام شد:

□ بهبود شرایط ذهکشی جاده ها

□ تأمین فاصله دید مناسب از طریق حذف موانع دید مانند درختان و تصحیح خاکبرداری در ترانشه ها

□ تعریف حداکثر سرعت جدید برای مسیر (۹۰ کیلومتر بر ساعت)

□ خط کشی برجسته به جای خط کشی های معمولی در لبه سواره رو ها و نصب علائم اطلاع رسانی مربوطه

□ جلوگیری و ممانعت از امکان سبقت گیری در نواحی خطر ناک

□ استفاده از علائم هشدار دهنده در محور راه و نواحی سبقت ممنوع به عنوان مثال با استفاده از شبرنگها

□ استفاده از علائم مناسب در قوسها با استفاده از معیارها و ضوابط یکسان و نیز استفاده از اندود قیری با سطح زبر مانند

اسلاری سیلها در قوسها با شعاع کمتر از ۳۰۰ متر

□ به کارگیری علائم اجباری در خصوص روشن بودن اجباری چراغها و نیز نمایش اتمام ناحیه اجباری برای روشن بودن چراغها

دومین بخش اقدامات با هدف ارتقاء و بهبود سطح ایمنی تقاطع ها غیر همسطح انجام شد. اکثر این اقدامات در داخل قوسهای افقی یا در نزدیک قوسها و یا در میانه راه بعد شروع قوس یعنی جایی که راننده به طور ناگهانی تغییر منتظره با قوسها مواجه می شود، انجام شد. علاوه بر این به علت نبودن خط کشی و علائم افقی مناسب در سطح راه، خط کاهش سرعت به صورت یک خط اضافی برای سبقت گیری مورد استفاده قرار گرفت. این مجموعه شامل موارد زیر بود:

□ نصب جدا کننده های پلاستیکی در محور راهها که با توجه به شعاع قوس فاصله آنها کاهش می یابد. در این حالت راننده دید بهتری نسبت به میانه راه و شروع قوس پیدا می کند. و احساس ناامنی برای وی پیش نمی آید. این تسلیه به عنوان یک ابزار قوی برای جلوگیری از سبقت عمل می نماید.

□ تجهیز خطوط کاهش سرعت به علائم و فلاشهای مناسب در سطح راه

بخش سوم اقدامات شامل موارد زیر بود:

- نصب علائم بازدارنده در خطوط سر بالایی با عنوان «ناحیه سبقت ممنوع برای کامیونها» و اعمال قانون حداقل فاصله ۵۰ متر بین کامیونها در این ناحیه به منظور جلوگیری از تشکیل صف کامیونها از طریق تغییر تابلوها و علائم موجود.

اعمال و تشدید قوانین:

اقدامات قانونی به دو صورت زیر تغییر کرد:

- خطای دستگاههای اندازه گیری حذف یا به حداقل رسید (به عنوان مثال خطای دستگاههای اندازه گیری سرعت)
 - فعالیت نیروهای پلیس در چهار هفته اول تا ۷۵ درصد افزایش و سپس مقدار این افزایش به ۲۵ درصد رسید.
 - فعالیت پلیس با گشت های هلیکوپتر، عکس برداری اتوماتیک و کنترل از راه دور و نیز وسایل نقلیه استتار شده و مجهز به دوربین تصویربرداری تکمیل شد. تعداد گشتهای همزمان در راه از ۹ گشت در روز به ۱۶ واحد گشت در روز (در چهار هفته اول) رسید. همچنین به طور متوسط ۵۲۰ راننده در روز مورد بررسی قرار گرفت، در نتیجه به طور متوسط ۵۷ راننده در روز جریمه و به دادگاه احضار می شدند. همچنین ۳٫۵ درصد از بازرسی های سرعت منجر به تعقیب شد.
- از طرفی موارد زیر نیز مورد کنترل و بررسی قرار گرفت:

□ مصرف الکل توسط راننده

□ وزن مجاز وسیله نقلیه

□ صحت عملکرد کیلومتر شمارها

□ بازرسی چراغ وسایل نقلیه

۴_ رفتار رانندگان:

تأثیر اقدامات مذکور در بندهای ۲ و ۳ فوق، بر روی رفتار رانندگان و نیز میزان تصادفات به صورت یک مطالعه مقایسه ای، مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، پارامترهای ترافیکی و رفتار رانندگان در سه مرحله مورد سنجش قرار گرفت.

این مراحل عبارتند از:

□ قبل از انجام اقدامات اصلاحی

□ سه ماه پس از اجرای طرحهای اصلاحی در این مطالعه پنج متغیر ترافیکی مورد تحلیل قرار گرفت که این متغیرها عبارت بودند از:

□ جریان ساعتی ترافیک

□ سرعت لحظه ای

□ سرفاصله زمانی

□ فاصله چراغهای جلو تا لبه سمت راست خط عبور

□ وضعیت روشن و خاموش بودن چراغها

اقدامات اصلاحی باعث کاهش سرعت در هنگام شب و در قوسهای با شعاع کم شد ولی سرعتها در ساعات روشنائی روز برای کامیونها و سواری ها در همان حد قبلی باقی می ماند. این اقدامات باعث شد که در شرایط محدودیت دید، رانندگان درک بیشتری نسبت به محیط اطراف راه و شرایط دشوار مسیر داشته باشند.

اقدامات اصلاحی باعث کاهش محسوس در سرعت مطلوب قوسها شد. (سرعت مطلوب در قوس سرعتی است که راننده در شرایط جریان آزاد ترافیک با توجه به درک خود از محیط اطراف راه، در قوس انتخاب می کند و در این سرعت احساس امنیت می نماید) مقدار کاهش سرعت ۵ تا ۱۱ کیلومتر بود. این اقدامات باعث تمایل بیشتر رانندگان برای حفظ فاصله مجاز بین وسایل نقلیه شد. همچنین تعداد حرکت وسایل نقلیه در شانه راه کمتر شد. علاوه بر موارد فوق فاصله چرخ جلو اتومبیلها تا لبه باند سواره رو افزایش یافت. ولی در مسیر های مستقیم تغییر مهمی در سرعت مشاهده نشد.

همچنین این مطالعه نشان داد که رانندگان وسایل نقلیه سنگین در فاصله نزدیکتری نسبت به قوس افقی اقدام به کاهش سرعت می کنند.

اعمال قوانین، باعث کاهش بیشتر در سرعت مطلوب رانندگان در مسیر های طولانی گردید به طوری که کاهش سرعت مذکور در مقایسه با سایر راههای کشور پرتغال کاملاً محسوس بود. تغییر در قوانین سبقت کامیونها و اعمال حداقل فاصله قانونی بین کامیونهای متوالی در قسمتهای سرازیری راه همواره با خطوط اضافی تأثیر چندانی در عملکرد رانندگان وسایل نقلیه سنگین که باعث ایجاد صف می شدند، ایجاد نکرد. درصد کامیونهایی که فاصله آنها کمتر از ۵۰ متر تا کامیون جلویی بود تغییر چندانی نسبت به قبل از به کار گیری اقدامات و بعد از به کار گیری اقدامات نداشت. قبل از پیاده سازی اقدامات اصلاحی، فقط درصد کمی از رانندگان (صفر تا یازده درصد) چراغهای وسیله نقلیه خود را روشن می کردند ولی بعد از نصب علائم این درصد به رقم بالای ۹۰ درصد افزایش یافت.

تصادفات:

در این جاده با اینکه تصادفات در مقایسه با سایر جاده های پرتغال کم نبود ولی شدت تصادفات در مقایسه با سایر جاده ها زیاد بود. در این جاده در طی سال ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۵، انحراف از راه (انحراف به چپ و یا خروج از جاده) معادل ۴۱ درصد تصادفات ثبت شده و تعداد برخورد از روبرو معادل ۲۲ درصد کل تصادفات بود. همچنین بیش از ۵۲ درصد تلفات در اثر برخورد از روبرو و ۱۷ درصد آن به دلیل انحراف از مسیر بود.

در سال ۱۹۹۸، ۳۳۶ مورد تصادف ثبت شد که ۲۶ نفر کشته و ۲۸ نفر مصدوم شدند. در حالی که یک سال بعد از انجام اقدامات اصلاحی و در سال ۱۹۹۹ تعداد تصادفات ۳۰۶ عدد بوده به طوری که ۲۴ نفر کشته و ۲۸ نفر مصدوم شدند. به نظر میرسد که تعداد تصادفات منجر به جرح از شروع اقدامات اصلاحی و شروع اعمال قانون در یک سطح نسبتاً ثابتی باقی مانده است. همچنین ریسک تصادفات با افزایش AADT در سال ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹ تا حدی کاهش یافته است.

همچنین به طور کلی می توان گفت تلفات جانی به ازای هر صد میلیون وسیله نقلیه در هر کیلومتر کاهش قابل ملاحظه ای داشته است.

این تحقیق که برای یکی از جاده های کشور پرتغال انجام شد، نشان داد که انجام اقدامات کم هزینه مهندسی و اعمال قوانین از طریق نیروی پلیس باعث کاهش ریسک تصادفات و تعداد مرگ و میر می شود.

استفاده از الیاف در آسفالت

امروزه راه یکی از عوامل مهم در ارتباط و انتقال مسافران و بارها می باشد و از عوامل مهم روز است که بحث های بسیاری دارد و کنفرانسهای مختلفی در رابطه با آن برگزار می شود.

در راه های با آمد و شد زیاد، در رویه راه از مصالح قیری یا سیمانی استفاده می شود. که در اثر اعمال بار این نوع رویه ها دچار تغییر شکلهایی می شود که باعث ایجاد تنشهای کششی افقی در لایه روسازی می شود که اگر این تنشها از میزان استقامت کششی مصالح بیشتر باشد باعث ایجاد ترک می گردد.

یکی از روشهای مهم برای کاهش و کنترل عرض ترکهای حاصل از کشش مستقیم استفاده از الیاف است. به منظور ایجاد شرایط ایزوتروپ و به منظور ایجاد سیستمی که بتواند در تمام جهات به طور تقریباً یکنواخت سبب افزایش نرمی شده و مقاومت کششی را نیز حفظ کند، استفاده از رشته های نازک و کوتاه که به صورت تصادفی در تمام جهات در آسفالت توزیع شود. روش مناسبی به نظر می رسد. این رشته نازک، الیاف نامیده می شوند که دارای انواع و شکلهای مختلف بوده و کاربردهای متعددی دارند. از جمله آنها الیاف فولادی، پلیمری، شیشه ای و ... می باشد.

ترکها در آسفالت:

الف) ترک موزاییکی (پوست ماری - سوسماری):

این ترک به علت داشتن شباهت به پوست بدن سوسمار به این نام شناخته شده است. این خرابی با ترک خوردن تمام و یا قسمتی از سطح رویه آسفالتی به شکل نسبتاً کوچک چند ضلعی ظاهر می شود که با تکرار بار گذاری بر وسعت آن افزوده می شود.

علت به وجود آمدن این نوع ترکها تغییر شکل یا خستگی بیش از حد در اثر بار گذاری بر روی لایه ها می باشد و معمولاً در روسازیهای که بر روی لایه های اساس و زیر اساس که تراکم کافی نداشته و یا خاکهایی که دارای تغییر شکل زیاد و مقاومت کم می باشند ایجاد می شوند.

ب) ترک برشی (کناری):

این ترکها به موازات محور طولی راه و به فاصله کمی از روسازی بوجود می آیند این نوع ترکها ممکن است علاوه بر ترکهای طولی دارای ترکهای عرضی نیز باشند که معمولاً یک یا چند ترک طولی را قطع کرده و به روسازی منتهی می گردد.

علت بوجود آمدن این ترکها میتواند فقدان پایداری و استقامت برشی خاک یا مصالح کناره های روسازی باشد که عدم تراکم محل کنده شده و عبور وسایل نقلیه به فاصله کم از محل کنده شده باعث تغییر شکل جانبی خاک و ایجاد ترک می شود.

(ج) ترکهای انقباضی:

این ترک در اثر تغییر حجم و جمع شدن رویه در اثر افت دمای محیط می باشد که معمولاً عرضی بوده و گاهی به شکل مجموعه ای از ترکهای به هم پیوسته که قطعات بزرگی را تشکیل می دهند وجود دارند تفاوت بین این ترک و ترک موزاییکی این است که در این ترک سطح رویه به قسمتهای بزرگتری تقسیم شده و در گوشه ها تیزتر می باشد. علت بوجود آمدن این ترکها استفاده قیر سفت در منطقه آب و هوایی خاص می باشد.

(د) ترکهای بین دو خط:

این ترکها همان درزهای طولی بین خطوط راه هستند که به دلیل اجرای غیر هم زمان رویه آسفالتی خطوط مجاور بوجود می آیند که به علت اجرای نادرست رویه درز آنها باز مانده و با ورود آب شاهد خرابی بیشتری خواهیم بود همچنین این خرابی بین خط کناری و شانه آسفالتی راه ممکن است بوجود آید. (و) ترکهای انعکاسی:

این ترکها در سطح روکش آسفالتی و در محل ترکهایی که در سطح روسازی قدیمی بوده بوجود می آید، که علت آن حرکات قائم و افقی لایه واقع در زیر روکش آسفالتی است. (ی) ترکهای هلالی:

این ترکها در مسیر حرکت وسایل نقلیه به علت وارد شدن نیروهای شدید افقی (ترمز کردن) در سطح رویه آسفالتی بوجود می آید که علت آن میتوان فقدان چسبندگی بین لایه رویه آسفالتی و لایه زیرین آن باشد. مواد افزودنی و تأثیر آن در آسفالت: مهمترین فواید مواد افزودنی:

(۱) کاهش قیمت (۲) کم شدن ضخامت لایه های آسفالتی (۳) کم شدن مرمت های روزمره و طولانی شدن فواصل بین بهسازی رویه های آسفالتی (۴) بالا رفتن فشار مجاز آسفالت (۵) بکار گرفتن تولیدات جدید صنعتی و وسایل جدید در تولید و اجراء (۶) بکار گرفتن ضایعات صنایع و بهداشت محیط زیست تقسیم بندی مواد افزودنی:

۱- پرکننده ها (Fillers) ۲- مواد جایگزین شونده (Extenders) ۳- مواد رشته ای یا الیاف (Fibers) ۴- اکسید کننده ها (Oxidants) و اکسید شونده ها (Anti oxidants) ۵- مشتقات نفتی یا هیدروکربن ها (Hydrocarbons) ۶- اتصال دهنده ها (Anti strips) ۷- لاستیکها و پلاستیکها یا پلیمرها (Polymers)

آسفالت الیافی:

تولید آسفالت الیافی:

افزایش نسبت ظاهری (l/d) موجب تجمع و درگیری رشته های الیافی در یکدیگر می گردد برای مخلوط یکنواخت، نسبت ظاهری حداکثر به عدد ۱۰۰ محدود می شود.

چنانچه درصد حجمی الیاف از ۲ درصد افزایش یابد مشکلاتی در کیفیت آسفالت پدید می آید.

خصوصیات فیزیکی مصالح

$$U = 0.35 \text{ آسفالت}$$

$$U = 0.35 \text{ خاک}$$

تواتر بارگذاری 5HZ و در دمای 20C

ضریب سختی مخلوط آسفالت ماکاوامی مترکم $3.1 \times 10^9 \text{ (pa)}$

ضریب سختی مخلوط رولد آسفالت $3.5 \times 10^9 \text{ (pa)}$

معیار خستگی

ضریب سختی مخلوط آسفالت ماکاوامی مترکم (با قیر 100)

$$\text{LogNf} = -9.38 - (4.16 \text{LogEr}) \quad (۱)$$

ضریب سختی مخلوط رولد آسفالت (با قیر 50)

$$\text{LogNf} = -9.38 - (4.16 \text{LogEr}) \quad (۲)$$

Er کرنش کششی در زیر لایه آسفالت تحت بار چرخ استاندارد

Nf عمر طراحی (مجموع بارهای محور معادل استاندارد)

مزایای آسفالت الیافی:

- مقاومت در مقابل تورق، سایش و هوازگی سطح

- مقاومت زیاد در مقابل تنش های خستگی

- مقاومت بسیار عالی در مقابل ضربه

- قابلیت کششی عالی (ظرفیت زیاد تغییر شکل نسبی)

- قابلیت باربری زیاد بعد از ترک خوردگی

- مقاومت کششی، خمشی و برشی زیاد

- طاقت خیلی زیاد

قابلیت انعطافی که آسفالت الیافی دارد، همانند خواص مواد پلاستیکی باعث می شود که آسفالت الیافی گسیختگی

ناگهانی نداشته باشد. از آنجا که الیاف فولادی در جسم آسفالت به طور سه بعدی به بیان بهتر چند بعدی پراکنده می

شود. در صورت تشکیل یک ترک، در جهات مختلف، الیاف اتصالاتی را به وجود می آورد و از گسترش ترک جلوگیری می نماید. بنابراین، رشته های الیاف به طور فعال در محدود کردن عرض ترکها وارد عمل شده و به تشکیل ریز ترکهای زیاد همکاری می نماید و در نتیجه قابلیت بهربرداری آسفالت را افزایش می دهد. این مورد به ویژه در دال های مهار شده، همانند روسازیهای آسفالتی که در آنها اصطکاک بستر مانع انقباض و انبساط می شود، شدیداً به چشم می خورد.

شایان ذکر است که عملکرد الیاف فولادی و بهبود خواص مکانیکی در آسفالت، به عوامل زیادی از قبیل طرح اختلاط جنس الیاف، مقدار الیاف، شکل الیاف، نسبت ظاهری (l/d) و ... وابسته است.

کاربریهای آسفالت الیافی:

باند فرودگاه و راهسازی

یک باند مناسب برای فرود هواپیما و مقابله با شرایط جوی و اثر ضربه ایجاب مینماید که باند پرواز نرم پر طاقت و ضربه پذیر باشد لذا بکاربری الیاف در رویه باند فرودگاه بسیار مناسب می باشد.

در طرح جاده ها و بزرگراهای پر ترافیک جایگزینی الیاف بسیار مقرون به صرفه و اقتصادی خواهد بود زیرا موجب کاهش ضخامت آسفالت ریزی، کاهش عرض ترکهای ناشی از جمع شدگی و کنترل عرض ترکهای انقباضی و انبساطی می شود. همچنین موجب افزایش مقاومت روسازی در برابر ضربه، خستگی و کاهش آثار مخرب عوامل جوی می باشد ضمن اینکه در پلها و عرشه اسکله ها موجب کاهش بار مرده به علت کم شدن ضخامت دال، جلوگیری از تغییر شکل رویه و کاهش تنشهای حرارتی و مقاومت در برابر خوردگی و فرسودگی خواهد شد.

الیاف فولادی:

از پر مصرفترین و بهترین نوع الیاف، الیاف فولادی است که به دلیل شکل پذیری، تأمین گیرداری در جسم آسفالت و مقاومت کششی مطلوب، نظر اکثر طراحان را به خود جلب کرده است. از آنجا که در ایران الیاف فولادی تولید و یا وارد نمی شوند، اغلب مهندسان و مشاوران از این فن آوری بی اطلاع و یا کم اطلاع بوده و همچنین به دلیل مشکلات تهیه آن، از قبیل ارزبری، هزینه حمل، حقوق گمرکی و ... در ردیف کالاهای گران قیمت به حساب می آید و اقتصادی نیست. برای رفع این مشکل مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، اقدام به ساخت نوعی الیاف فولادی موجدار نموده که از مفتول های داخلی ساخته شده است.

الیاف فولادی به طور تصادفی در تمام جهات آسفالت پخش می کنند.

با استفاده از الیاف فولادی می توان ترکهای حاصل از کشش مستقیم را کنترل کرد. زیرا پس از ترک خوردن آسفالت، سریعاً الیاف به عنوان پل ارتباطی بین دو قطعه جدا شده عمل کرده و نیروهای کششی را انتقال می دهند و یکپارچگی قطعه تضمین می گردد. به همین جهت تعداد ترکها در آسفالت افزایش یافته ولی طول، عرض و عمق آنها بشدت تقلیل می یابد.

الف) خواص الیاف فولادی:

۱) شکل الیاف

شکل الیاف یکی از پارامترهای موثر در کیفیت آسفالت الیافی است. به عنوان مثال، مقاومت خمشی مشخص را میتوان با افزودن یک درصد الیاف با انتهای خمیده در مقایسه با 1.5 درصد الیاف ساده به دست آورد. یعنی حدود 50 درصد در مقدار الیاف صرفه جویی می شود.

همچنین سطح زیر منحنی بار، تغییر شکل در الیاف قلابدار بسیار بیشتر خواهد بود که نشانه جذب انرژی بیشتر است.

۲) نسبت ظاهری الیاف

نسبت ظاهری و یا نسبت طول به قطر الیاف یکی از پارامترهای مهم در عملکرد الیاف محسوب می شود به طوری که وقتی الیاف در مخلوط آسفالت تحت بار قرار می گیرند، چنانچه طول الیاف از طول بحرانی LC کمتر باشد. به دلیل از دست دادن خاصیت پیوستگی از مخلوط جدا شده و بیرون کشیده می شود و چنانچه طول الیاف از طول بحرانی بیشتر باشد، الیاف به حد جاری شدن می رسد و گسیخته می شود. برای حالتی که طول الیاف برابر طول بحرانی باشد، تنش کششی الیاف (σ_f) و مقاومت برشی (τ) حاصل از تعادل نیروها بدین صورت است

$$\sigma_f / \tau = 2 \cdot L_c / d \quad (۳)$$

چنانچه رابطه فوق نشان می دهد تنش مقاوم الیاف و در نتیجه مقاومت پذیری آن، رابطه مستقیمی با نسبت ظاهری دارد و لیکن باید توجه داشت که افزایش نسبت ظاهری موجب کاهش کارایی و توده شدن الیاف و افت کیفیت آسفالت می شود، لذا با استفاده از آزمایشهای تجربی می توان نسبت ظاهری بهینه را به دست آورد.

۳) شیوه قرارگیری الیاف:

نحوه جایگیری الیاف در محور ترک برای انتقال نیرو در سطح ترک بسیار موثر است و الیاف عمود بر سطح ترک بیشترین کارایی را خواهد داشت. البته جایگیری الیاف در آسفالت به صورت کاملاً تصادفی است که در روسازی راه و فرودگاه ها لازم است الیاف در دو بعد طول و عرض و به موازات محور افقی که در واقع در جهت تنش های کششی وارده می باشد توزیع باید گردد.

(شکل ۳) نحوه قرار گرفتن الیاف در آسفالت

۴) ضریب ارتجاعی الیاف:

در ترکیبهای تحت بار، هر اندازه که ضریب ارتجاعی بیشتر باشد، تنشی که مخلوط تحمل می کند بیشتر است و این امر در صورتی امکان پذیر است که بین الیاف و آسفالت پیوستگی وجود داشته باشد. قابل ذکر است هر چه ضریب ارتجاعی الیاف بالاتر باشد ظرفیت باربری مقطع بیشتر می باشد.

ب) مقاومت استاتیکی الیاف فولادی:

مقاومت فشاری:

از آنجا که آسفالت فشار پذیر است و دستیابی به مقاومت فشاری مشخص با تغییر در طرح اختلاط مقدور است، استفاده از الیاف بهبود این خاصیت نخواهد بود ولی ذکر است الیاف فولادی مقاومت فشاری آسفالت را افزایش می دهد. مقاومت کششی:

با توجه به اینکه آسفالت در کشش ضعیف است چنانچه الیاف فولادی به طور پیوسته و در جهت اعمال تنشهای کششی قرار گیرند، مقاومت کششی آسفالت را می افزاید و این در صورتی است که الیاف آسفالتی کاملاً اتفاقی و به صورت رندم در آسفالت قرار می گیرد. البته مقدار دقیق افزایش مقاومت به شکل، نوع، اندازه و سایر مشخصات الیاف بستگی دارد.

مقاومت خمشی:

الیاف فولادی اثر قابل توجهی در مقاومت خمشی آسفالت دارد. مقاومت کششی مصالح آسفالتی در دمای 20c برای مدت بارگذاری برابر 50 میلی ثانیه (سرعت 90km /hr) تقریباً بین 21- 35kg/cm² مقاومت برشی:

الیاف فولادی اثر قابل توجهی در مقاومت برشی آسفالت دارد.

مقاومت خستگی:

الیاف فولادی اثر قابل توجهی در مقاومت خستگی دارد. خستگی آسفالت و جاده به دلیل اثرات ناشی از افزایش زیانهای رطوبتی به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. لایه های ضخیم آسفالت در حالت کنترل تنش و لایه های نازک آسفالت در حالت کنترل کرنش تحت افزایش دما شکنندگی لایه نازک کمتر شده و باعث افزایش عمر خستگی ولی در حالت تنش ثابت کرنش در ادامه بارگذاری افزایش می یابد با افزایش دما کاهش عمر خستگی را داریم. مقاومت دینامیکی:

الیاف فولادی اثر قابل توجهی در مقاومت دینامیکی آسفالت دارد.

مقاومت ساییدگی:

الیاف فولادی اثر قابل توجهی در مقاومت ساییدگی آسفالت دارد.

ژئو گریدها:

ژئو گریدها موادی شبکه مانند هستند که دارای سوراخهای بزرگ است. فاصله بین سوراخهای در حدود ۱ تا ۱۰ سانتی متر (فاصله بین الیاف طول و عرض) است. انواع ژئو گریدهای موجود در دنیا:

1-tensarcorp

2- tenaxcorp

3-paragrids

4- tiragrids

5-fortral

6-maxtrex

7-stratagrid

8-othergrids

از میان این ژئوگریدها پنج نوع در ایران موجود می باشد. این نوع ژئوگریدها ساخت کشور آلمان است و در دو نوع Fortrac و Hatelit ساخته می شوند که نوع اول برای مسلح کردن خاک و نوع دوم برای مسلح کردن آسفالت بکار می رود.

هر دو نوع ژئوگرید از الیاف تابیده شده پلی استر سخت بافته می شوند و در محل اتصال به هم وصل می شوند و یک پوشش کلرید پلی وینیل (P.V.C) یا مواد قیری در نهایت داده می شود از کاربردهای این نوع ژئوگریدها در ایران می توان مسلح کردن آسفالت پل فولادی نصر، کالج و صدر را نام برد که از نوع Hatelit برای این کارها استفاده شده است و از نوع Fortrac برای احداث دیوار حائل پارک نمایشگاه تهران استفاده شده است. مسلح کردن لایه اساسی جاده ها با روکش آسفالتی:

در جاده های با روکش آسفالت اگر بخواهند ژئو گرید را در قسمت اساس استفاده نمایند تحقیقات نشان داده است که باید ژئوگرید را در قسمت میانی لایه اساس قرار داد. البته گرافهایی در این زمینه وجود دارد که با داشتن ضخامت غیر مسلح لایه خاکریز می توان ضخامت مسلح شده با نوع خاص ژئوگرید را بدست آورد. البته این گرافها برای همه انواع ژئوگریدها موجود نیست.

– مسلح کردن قسمت اساسی جاده ها بدون روکش آسفالت:

کاربرد عمده ژئوگرید در مسلح کردن خاکهای نرم یا فشرده بستر برای جاده های سنگدانه ای بدون روکش آسفالتی است. در این مورد نیز موفقیتهایی دیده شده است، از جمله مسلح کردن خاک باعث افزایش مقاومت باربری خاکریز اساس، توزیع بهتر بار در خاک و کنترل ترک در خاک می شود.

(زمانیکه اختلاف لایه ها قبل از مسلح و بعد از مسلح کردن در مقایسه با هزینه نصب و اجراء ژئوگرید بیشتر باشد بهتر است از ژئوگرید استفاده شود.)

– فواید ژئوگرید ها:

۱- کاهش ضخامت لایه خاکریز در جاده ها

۲- باعث افزایش عمر و دوام آسفالت و خاکریز در مقابل عوامل محیطی و بارگذاری می شود

– کاربردهای ژئوگرید:

- ۱- زیر مصالح شن و ماسه در جاده های پوشش نشده
 - ۲- زیر بازالت در ساختمان راه آهن
 - ۳- زیر مصالح سربار یا سازه های خاکی
 - ۴- مسلح سازی خاکریزها یا سدهای خاکی
 - ۵- تعمیر خرابی شیروانیها
 - ۶- به عنوان گابیون در ساختمان دیوارها
 - ۷- به عنوان گابیون در سازه های کنترل فرسایش
 - ۸- به عنوان گابیون در جانب پلها
 - ۹- به عنوان صفحات گیردار برای سطوح دیوار حائل
 - ۱۰- به عنوان آسفالت مسلح در روسازی راه
 - ۱۱- به عنوان مسلح کردن بتن در کارهای گوناگون
 - ۱۲- برای مسلح کردن قسمتهای سنگ ترک دار
 - ۱۳- برای مسلح کردن قسمتهای بتن ترک دار
 - ۱۴- land fill برای مسلح کردن جهت توسعه عمودی و جانبی
 - ۱۵- land fill برای مسلح کردن پوشش به عنوان مسلح کننده روکش
 - ۱۶- land fill به عنوان لایه های ۳ بعدی برای افزایش ظرفیت باربری
 - ۱۷- به عنوان لایه های ۳ بعدی برای خاکریزهای روی خاکهای نرم
 - ۱۸- برای پایداری جمع آوری کننده سنگی لجن، به عنوان مسلح کننده
- از همه این مطالب می توان این چنین نتیجه گیری کرد که استفاده از الیاف در آسفالت هزینه اقتصادی کمتری خواهد داشت و با توجه به نیاز کشور در زمینه های راه و باندهای فرودگاه، استفاده از آسفالت های الیافی و ایجاد کارخانه های تولید آسفالت های الیافی پیش ساخته کمک شایانی هم در اقتصاد کشور و هم زمینه های ایجاد اشتغال را فراهم خواهد کرد. این در شرایطی است که الیاف در داخل کشور تولید شود.
- در ضمن استفاده از الیاف در آسفالت باعث افزایش عمر مفید ودوام آسفالت و خاکریز در مقابل عوامل محیطی و بار گذاری می شود، که در زمان طولانی این باعث صرف هزینه کمتری خواهد شد.

روکش آسفالت خیابان ها

عوامل موثر در انتخاب نوع آسفالت چیست؟

نوع روکش و آسفالت را می توان به سادگی با توجه به حجم ترافیک شهری در خیابان و نوع خاک انتخاب نمود اما گاهی انتخاب روکش آسفالت آنقدر پیچیده می شود که باید با توجه به تحقیقات و پژوهش های سنگین صورت گرفته

و فاکتورهای مهم و وزن مانند چرخه هزینه زندگی انتخاب کرد. هر گاه که در انتخاب از متدولوژی استفاده شود باید سبک انتخاب شده عینی، منطقی، علنی، قابل توضیح و مهم تر از همه این که بهترین معیار برای پرداخت کننده مالیات را در بر داشته باشد.

بسیاری از آژانس های سازنده بزرگراه های ایالات متحده امریکا درصددند تا روند روکش کردن خیابان ها را مورد بررسی و بازبینی قرار دهند تا نسب به رعایت اصول و الگوهای آسفالت کاری مطمئن شوند. در برخی از ایالات تصمیم گیری در این خصوص فقط بر عهده سازمان مرکزی است و در برخی دیگر به سازمان ها و ادارات زیر مجموعه نیز تفیذ اختیار شده است.

روکش کردن خیابان ها کاری بسیار دشوارتر از آسفالت کردن مسیر درب منزل تا پارکینگ اتومبیلتان است؛ اما آسفالت کردن خیابان ها با این نوع آسفالت بسیار متفاوت است چرا که آسفالت مطلوب می بایست در برابر ترافیک و عبور و مرور سنگین اتومبیل ها و بدی شرایط آب و هوایی بسیار مقاوم بوده و از نظر همواری به گونه ای باشد که بتوان بر روی آن هاکی بازی کرد.

همچنین اگر عمل آسفالت کردن خیابان ها به خوبی صورت گرفته و از آن به خوبی محافظت شود جذابیت خاصی را به خیابان ها و خانه ها و مغازه ها می بخشد. به همین جهت است که طراحان و مهندسين با استفاده از خلاقیت خود تغییرات جالبی را در رنگ و الگوی آسفالت کاری پدید آورده اند. باید از آسفالت خیابان ها طوری محافظت شود که در زمستان ها در اثر برف و یخبندان آسیبی نیند و در تابستان هم آلودگی و کثیفی بر آن تاثیر گذار نباشد. اگر آسفالت این گونه باشد بدیعی است که مقرون به صرفه، بادوام و دائمی خواهد بود و همچنین نگهداری از آن نیز راحت تر می باشد. برای تحقق این امر سه فاکتور اساسی وجود دارد که عبارتند از:

(۱) طراحی مناسب

(۲) استفاده از مصالح و مواد مرغوب

(۳) اجرای صحیح عملیات ساخت و زیرسازی و مهمتر از آن نظارت صحیح

تاثیر طراحی مناسب چیست؟

اگر طراحی دقیق و مناسب باشد می توان گفت که خیابان آسفالت شده تا ۲۰ سال به همان صورت اولیه و بدون مشکل باقی می ماند.

شالوده: جاده از زمین و خاک درست شده است پس می بایست کار زیرسازی آن را با استفاده از مواد جامد شروع کرد. *زیرسازی خیابان می بایست هموار، قرص و محکم باشد و در بستر حمل و نقل شهری واقع شود. به هیچ عنوان استفاده از تن ماهی های گیاهی و حیوانی و خاک های سطحی در زیرسازی تجویز نمی گردد.

*حدود ۶ تا ۸ میلیمتر از سطح بالایی زیرسازی باید با سنگ ریزه های زبر و در عین حال متراکم پر شود.

* برای عریض سازی و زیرسازی دوباره خیابان باید مجدداً عملیات زیرسازی با سنگ ریزه ها صورت گیرد تا زه کشی محل اجرا با اطمینان بیشتری انجام شود.

روکش کردن: آنچه می بینیم و به نظر مناسب می آید ملزوماً مطلوب نیست. به عنوان مثال اگر روکش خیابان در نظر صاف و هموار می آید دلیل بر مطلوب بودن و مناسب بودن آن نیست. در واقع آنچه فاکتور اصلی در مطلوب بودن آسفالت مد نظر است تراکم و ضخامت آسفالت اجرایی است.

* راههای ورودی و اختصاصی به کمترین تراکم ضخامت یعنی چیز در حدود ۵۰ میلیمتر آسفالت مخلوط گرم نیازمند است.

* ضخامت هر لایه آسفالت معمولاً سه چهارم ضخامت آسفالت نرم و مخلوط و گرم است. پیمانکار می بایست در قراردادش میزان ضخامت و تراکم روکش را بطور دقیق ذکر کند تا ابهامات در این مورد از بین رفته و از هر گونه کارشکنی ممانعت به عمل آید.

* برای اینکه دوام آسفالت بیشتر شود بهتر است که ۵۰ میلیمتر به زیرسازی و ۴۰ میلیمتر به لایه های رویی و سطح خیابان اختصاص یابد.

زه کشی: هنگامیکه آب بر آسفالت ها جاری می شوند و از مسیر خانه ها روان شده و از زیر سازی آسفالت عبور می کنند، تهدید کننده است.

* روکش خیابان ها باید دارای شیب باشد_ در شیب گذاری گذاشتن شیب یک چهارم اینچ در هر ۳۰/۵ معمول است. ۲ سانتی متر متر برای هر یک متر عرض
زه کشی زیر زمینی لزومی ندارد.

* برای هر ۳۰ متر از خیابان ارتفاع شیب می بایست ۴۶۰ میلیمتر باشد.

* زه کشی باید از ساختمان ها فاصله داشته باشد و نباید اجازه داد تا آب در لبه آسفالت خیابان جمع شود.

جمع بندی

* در خیابان ها که نیروی زیادی بر آن وارد نمی شود همان آسفالت HMA سنتی مناسب است. در بیشتر موارد HL-8 مخلوط برای زیرسازی (به اندازه ۱۹ میل متر (این قبیل خیابان ها استعمال می شود. در زیرسازی جاده های خارج از شهر و پارکینگ ها می توان از) HL-3 به اندازه ۱۲/۵ میلیمتر) برای بخش های سطحی استفاده نمود. برخی عقیده دارند که استفاده از HL-3 و یا HL-3A به اندازه ۱۲/۵ میلی متر) به روکش و آسفالت دوام بیشتری می بخشد.

* مطمئن شوید که پیمانکار پروژه آسفالت را از تولید کنندگان مجاز و معتبر تهیه کرده است تا از کیفیت پروژه کاسته نشود.

* زیرسازی می بایست هموار و محکم باشد. پیمانکار باید مناطقی که خاک سست و نرم دارند را با مواد متراکم و چگال جایگزین سازد این مورد نقش تعیین کننده ای دارد.

*در مناطقی که خانه های جدیدی ساخته شده اول مطمئن شوید که دیگر زمین نشست نمی کند شاید لازم باشد برای اطمینان از این امر چندین ماه منتظر بمانید.

*سنگ ریزه هایی که در شالوده به کار می رود باید طوری ریخته شود که ضخامت در همه جا یکسان باشد.
*در بخش زیرین آسفالت از گیاه کش ها استفاده کنید تا اگر احیانا آسفالت در آینده ترک برداشت در آنجا گیاه روئیده نشود و آسفالت متلاشی نگردد.

*باید آسفالت در درجه حرارت مناسب قرار گیرد. اگر حرارت داده شده بیش از حد باشد (که در این حالت دود آبی رنگی از روی آسفالت متصاعد می شود) سطح آسفالت پس از مدت کوتاهی ترک بر می دارد و آسفالت زودتر از مدت مقرر سخت و سفت می شود. (بنابر این یکی از مواردی که باید مد نظر قرار داد و نظارت صحیحی بر آن داشت کنترل درجه حرارت آسفالت میباشد)

*پیمانکار نباید در یک برجستگی بیش از ۵ سانتی متر آسفالت مخلوط گرم بریزد.

*پیمانکار نباید بصورت دستی خیابان را آسفالت کند.

*استفاده از غلتک و عملیات متراکم سازی آسفالت باید از همان ابتدای کار صورت گیرد تا آسفالت در جای خود قرار گرفته و متراکم شود و تا زمانی که تمامی نقاط ناهموار پوشانده شود ادامه می یابد

منابع و مآخذ

- ریگین، چارلز، ۱۳۹۲، روشهای تطبیقی فراسوی راهبردهای کمی و کیفی، مترجم؛ محمد فاضلی، انتشارات آگه، تهران.

روانشادنیاء، مهدی، ۱۳۹۷، ارزیابی امکان تدوین سیستم اولویت بندی طرحهای عمرانی با استفاده از مهندسی ارزش، اولین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، تهران.

- Los, Marc and Christian Lardinois, Combinatorial Programming, Statistical Optimization and the Optimal Transportation Network Problem, Transportation Research Board, 168 (2), (1982).

- Schriber, Thomas J. An Introduction to Simulation Using GPSS/H, John Wiley & Sons, New York 1990

- Banks, Jerry & John Carson, Getting Started with GPSS/H, Wolverine Software Corporation, Virginia 1989 .- Henriksen, James & O.R.C. Crain, GPSS/H Reference Manual, Wolverine Software Corporation, Virginia (1989).