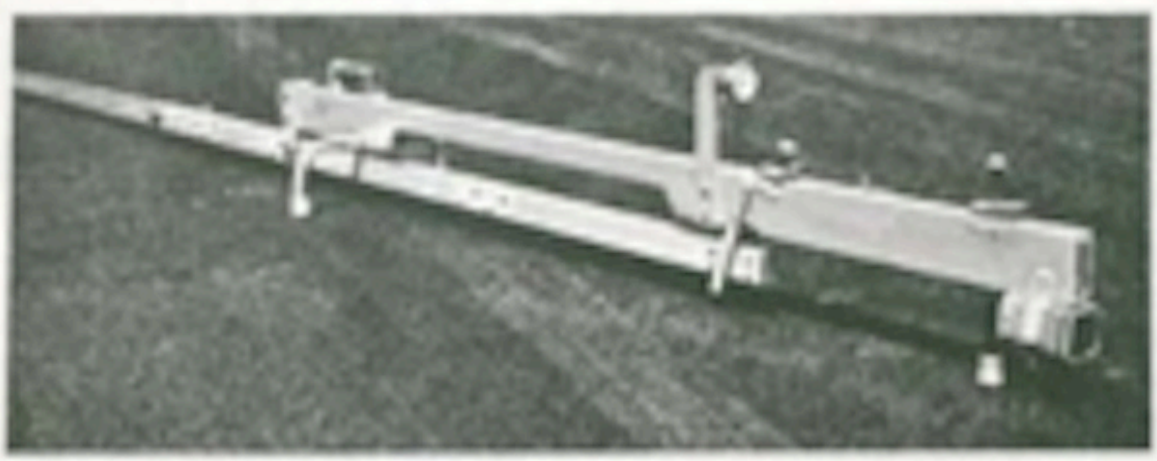
انتشارات دانشگاه فردوسی (مشهد) شماره ۱۱۱

روکشهای آسفالتی
و
بهسازی روسازیها

از انتشارات : موسسه اسفالت



ترجمه
عباس خواجه کرمالدین
عباس طاهری

بسم الله الرحمن الرحيم

انتشارات دانشگاه فردوسی (مشهد) شماره ۱۱۱

روکشهای آسفالتی
و
بهسازی روسازیها

از انتشارات : موسسهٔ آسفالت

ترجمهٔ
عباس خواجه کرم‌الدین
عباس طاهری

مشخصات :

روکشهای آسفالتی و بهسازی روسازیها

از انتشارات : مؤسسهٔ آسفالت

ترجمهٔ : عباس خواجه کرم‌الدین عباس طاهری

ناشر : انتشارات دانشگاه فردوسی (مشهد)

تیراژ : ۲۰۰۰ نسخه

تاریخ انتشار : بهار ۱۳۶۸

چاپ : مؤسسهٔ چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی (مشهد)

قیمت : ۶۱۰ ریال

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیش گفتار	
قسمت اول : ارزیابی ، طرح و اجرا	
خلاصه قسمت اول	۵
فصل اول : طرح و برنامه‌ریزی	۷
فصل دوم : ارزیابی وضعیت سطحی روسازی	۱۱
فصل سوم : ارزیابی سازه‌ای روسازی	۱۷
الف : روش تحلیل اجزای روسازی	۲۰
ب : روش تحلیل افت و خیز روسازی	۳۵
فصل چهارم : طرح روکشهای آسفالتی	۴۱
الف : مرمت خرابیهای سطحی در روسازیهای آسفالتی	۴۱
ب : مرمت خرابیهای بنیادی (سازه‌ای)	۴۴
ج : طرح روکش برای روسازیهای آسفالتی	۴۵
د : طرح روکش آسفالتی برای روسازیهای بتنی	۵۱
هـ : طرح تعریض روسازی و شانه‌ها	۵۴
فصل پنجم : بهسازی وضعیت هندسی راهها	۵۷
فصل ششم : روشهای اجرایی	۶۳
الف : روکشهای هموارکننده سطح و روکشهای تقویتی	۶۳

عنوان	صفحه

ب : تعریض ۶۸

قسمت دوم : مشخصات و روشهای انجام آزمایشها

فصل هفتم : روش تعیین " درجه خدمت حاضر " روسازیها ۷۵

فصل هشتم : محاسبه خطای پراکندگی و مقدار میانگین اندازه‌گیریها ۸۰

فصل نهم : روش اندازه‌گیری ناهمواری سطح روسازی ۸۵

فصل دهم : تعیین محلهای نمونه‌برداری و آزمایش به‌روش انتخاب تصادفی ۹۳

فصل یازدهم : روش اندازه‌گیری افت و خیز برگشت‌پذیر روسازی بوسیله تیر بنکلمن ۱۰۵

فصل دوازدهم : روش تعیین درجه حرارت متوسط روسازی ۱۱۱

فصل سیزدهم : نحوه اجرای عملیات شکستن و درجا محکم کردن روسازیهای بتن سیمانی ۱۱۵

مقدمه مترجمین :

راههای ارتباطی یک کشور به‌منزله رگهای حیات اقتصادی آن هستند . هر چقدر شبکه این راهها طولانی‌تر و گسترده‌تر باشد جریان اقتصاد آن کشور روان‌تر خواهد بود .اما هزینه احداث راه و مدت زمان اجرای آن نیز زیاد است . لذا باید سعی کرد بهترین و بیشترین بهره‌برداری از این سرمایه‌گذاری صورت گیرد . برای رسیدن به‌این هدف حفظ و نگهداری ، تعمیر و مرمت و بهسازی راهها از اهمیت زیادی برخوردار است .

با توجه به‌اهمیت این موضوع و کمبود کتاب فارسی در این زمینه تصمیم به‌ترجمه این کتاب‌گردید . علت انتخاب این کتاب این است که مطالب آن بصورت عملی و به‌زبانی‌ساده همراه با مثالهای متعدد ارائه گردیده که استفاده از آن هم برای دانشجویان وهم‌برای‌سایر طراحان و مجریان مرتبط با کارهای راهسازی‌ساده می‌باشد .این کتاب یکی‌از نشریات‌مؤسسه اسفالت است . در این کتاب روشهای تعمیر و مرمت و بهسازی انواع روسازی‌های اسفالتی و بتنی و طرح روکشهای آسفالتی بحث شده است . کتاب شامل دوقسمت است . قسمت اول مشتمل بر شش فصل به‌بیان روشهای ارزیابی، طرح و اجرای روسازی‌ها اختصاص دارد .قسمت دوم دارای هفت فصل است و در مورد روش انجام آزمایشها و مشخصات آنها می‌باشد .امید است این تلاش مورد استفاده علاقه‌مندان قرار گیرد .

در خاتمه از زحمات آقایان دکتر امیر محمد طباطبایی که در ترجمه کتاب و آقایان دکتر اسماعیل آیتی و محمد جاودانی‌که‌به‌ترتیب در ویرایش علمی و ادبی کتاب ما را یاری نموده‌اند تشکر می‌نمائیم و از کلیه صاحبنظران تقاضا داریم مارا از راهنمایی‌های خویش بی‌بهره نگذارند .

عباس خواجه کرم‌الدین

عباس طاهری

پیشگفتار

در ماه ژوئن سال ۱۹۶۸ نمایندگان "انجمن آمریکایی صاحب‌منصبان راه و ترابری" در یک کنگره مربوط به "برنامه‌ریزی راهها برای سالهای بعداز ۱۹۷۵ "به‌مرمت و بهسازی هزاران کیلومتر راه خارج از استاندارد تأکید داشتند . تخمین آنها براین بود که در فاصله زمانی سالهای ۱۹۶۵ تا ۱۹۷۵ تعداد وسایل‌نقلیه موتوری به‌دوبرابر افزایش خواهدیافت . مسؤولین مربوطه در سی‌سال پیش رقم ۳۱ وسیله نقلیه به‌ازای هرکیلومتر از راههای ایالتی را بر آورد کرده بودندکه این رقم در سال ۱۹۶۶ به ۸۴ وسیله نقلیه رسید . آنها تخمین زدندکه‌درسال ۱۹۸۵ دراثر رشد آمدوشد ، تعداد وسایل نقلیه به‌ازاء هرکیلومتر راه ، ۱۳۴ عدد خواهدشد. این مسأله خاص ایالات متحده آمریکا نیست و رشد و افزایش ترافیک‌در تمام‌کشورهای جهان وجود دارد .برای بررسی مسأله باید به‌این نکته توجه داشت که صدها کیلومتر از هزاران کیلومتر راه دوخطه برون‌شهری که قبلا" احداث شده دارای عرض روسازی شده کمتر از ۷/۳ متر است که این عرض برای راههای دوخطه جدید کافی نیست .

این بدان‌معنی‌است که ظرفیت راههای دوخطه موجود را باید با یک برنامه در حال پیشرفت افزایش داد تا هماهنگی‌کامل با رشدافزایش یابنده تعداد وسایل نقلیه‌داشته‌باشد .

مؤسسه آسفالت با مشارکت در توجه و علاقه "انجمن آمریکایی صاحب‌منصبان راه و ترابری " نسبت به‌آینده ، این کتاب را به‌عنوان یک راهنما برای مهندسینی که باید برنامه فوق‌را طرح و به‌اجرا بگذارند تهیه کرده است .بعضی از روشهایی که در این کتاب مطرح شده بخصوص روش ارزیابی وضعیت سازه‌ای (فصل سوم)و طراحی روکشهای‌آسفالتی (فصل‌چهارم) ممکن است تا حدودی نامأنوس جلوه کند . هرچند این روشها جدید هستند ولی اغلب‌متکی بر پیشرفته‌ترین روشهای تحلیلی‌وبهترین تفکرات مهندسی در مورد بهسازی روسازیها بنا

شده‌اند .

کتاب دیگری از نشریات مؤسسه آسفالت در زمینه طرح روکش تحت عنوان "روش ساده شده طراحی روکشهای آسفالتی برای راههای با ترافیک سبک و متوسط" (IS-139) نیز موجود است .آن کتاب جهت طراحی روکشهای آسفالتی راههایی است که آمد و شد روزانه آنها کمتر از ۱۰۰ وسیله نقلیه سنگین باشد . برای راههایی‌که آمد و شد وسایل‌نقلیه سنگین در آنها بیشتر از رقم فوق باشد باید از کتاب حاضر کمک گرفت .

مؤسسه آسفالت تعداد دیگری نشریه در مورد طرح ، اجرا و مرمت انواع مختلف روسازیهای آسفالتی منتشر کرده است . که به‌بعضی از آنها در متن کتاب اشاره شده است .

مؤسسه آسفالت

قسمت اول

ارزیابی، طرح و اجرا

خلاصـــه :

ارزیابی و طراحی جهت بهسازی راهها

مطالبی که در زیر ارائه شده خلاصه عملیاتی است ، برای بهسازی راههایی که تکافوی نیازهای فعلی را ندارد .

۱ ــ *طرح هندسی راه برای نیازهای فعلی مناسب بوده ولی سطح راه ناهموار است .*

الف : با توجه به‌فصل دوم شرایط سطحی روسازی را مورد ارزیابی قرار دهید .

ب : اگر ارزیابی مشخص نمود که تدابیر اصلاحی لازم است با توجه به‌فصل سوم شرایط سازه‌ای (باربری) روسازی را مورد ارزیابی قرار دهید .

ج : اگر ارزیابی سازه‌ای روسازی بیانگرتکافوی قدرت باربری آن بود باتوجه به‌فصل‌چهارم یک لایه روکش را جهت هموارکردن سطح ، طرح و اجرا نمایید .

د : اگر ارزیابی‌سازه‌ای بیانگر نیاز تقویت روسازی بود با توجه به‌فصل سوم یکی‌ازدوروش تحلیل لایه‌های روسازی و یا افت و خیز روسازی را به‌کار ببرید .

و : از نتایج به‌دست‌آمده از بند " د " و با توجه به‌فصل چهارم مرمتهای لازم وضخامت روکش را به‌دست آورید .

۲ ــ *طرح هندسی راه و وضعیت سطح روسازی مناسب بوده ولی خرابیهای بنیادی‌در آن دیده می‌شود .*

الف : با توجه به‌فصل سوم ، شرایط سازه‌ای روسازی را مورد ارزیابی قرار دهید .

ب : با توجه به‌فصل سوم ، یکی از دو روش تحلیل‌لایه‌های‌روسازی ویاتحلیل‌افت‌وخیزآن‌را به‌کار ببرید .

ج : از نتایج ارزیابی بند "الف" و " ب " و با توجه به‌فصل چهارم‌مرمتهای بنیادی‌لازم

و ضخامت روکش را معین کنید .

۳ ــ *طرح هندسی راه مناسب و سطح راه هموار است و خرابیهای سازه‌ای چشمگیری در روسازی وجود ندارد اما لازم است تا زمانی‌که روسازی احتیاج به‌روکش دارد تخمین زده شود .*

الف : شرایط سازه‌ای را با توجه به‌فصل سوم مورد ارزیابی قرار دهید .

ب : با توجه به‌فصل سوم یکی از دو روش تحلیل اجزای روسازی و یا تحلیل افت‌خیز را به‌کار ببرید .

ج : از نتایج بندهای "الف" و "ب" و با توجه به‌فصل سوم زمانی را که روسازی‌احتیاج به‌روکش خواهد داشت پیش بینی کنید .

۴ ــ *طرح هندسی راه جوابگوی نیازهای فعلی ترافیک نیست .*

الف : با توجه به‌فصل پنجم ، وضعیت هندسی روسازی را مورد ارزیابی قرار داده و آن‌را با استانداردهای موجود مقایسه کنید .

ب : شرایط سطحی روسازی را با توجه به‌فصل دوم مورد ارزیابی قرار دهید .

ج : اگر ارزیابی بند "ب" مشخص نمود که تدابیر اصلاحی لازم است با توجه به فصل سوم، شرایط سازه‌ای روسازی را مورد ارزیابی قرار دهید .

د : اگر قدرت باربری روسازی کافی بود یک لایه روکش هموارکننده لازم است .

و : اگر ارزیابی شرایط سازه‌ای روسازی تأکید بر تقویت روسازی داشت ، با توجه به فصل سوم یکی‌از دو روش تحلیل لایه‌های روسازی و یا تحلیل افت و خیزآن‌را به‌کاربرید .

هـ : با استفاده از نتایج ارزیابی شرایط هندسی و وضعیت روسازی و با توجه به‌فصلهای چهارم و پنجم ، طراحی مناسب را مانند یک راه تازه احداث انجام دهید . در این طراحی باید سعی شود تا حد امکان از مسیر موجود استفاده شود .

فصل اول

طرح و برنامه‌ریزی

۱ ــ ۱ هدف کتاب

جهت رفع نیازهای وسایل‌نقلیه موتوری ، سیستمهای روسازی راهها و خیابانهاهمواره در حال پیشرفت بوده است ، اما هنوز رشد سریع وسایل نقلیه خیلی بیش از طول راههای ساخته شده جدیدی است که برای تکافوی آنها احداث می‌شود . در حال حاضرتعداد زیادی از وسایل نقلیه بر روی راههایی آمد و شد می‌کنند که روسازی آنها برای این حجم و وزن آمد و شد طراحی نشده است . قوسهای با شعاع کم ، شیبهای تند با فواصل دیدکم ،قوسهای قائم کوتاه و عرض کم سواره از نقایص هندسی راه هستند که ظرفیت و امنیت راههارا محدود می‌سازد .

به‌علاوه بسیاری‌از روسازیها به‌دلایل گوناگون احتیاج به‌تقویت و تعدادی دیگراحتیاج به‌بهبود وضعیت سطح خود دارند . لذا هدف این کتاب مطرح‌کردن یک راه حل اقتصادی جهت رفع نقایص و مقاوم ساختن این راهها و خیابانها با بتن آسفالتی است .

۱ ــ ۲ مطالب کتاب

در این کتاب پیشنهادهایی در مورد بهسازی وضعیت هندسی و سازه‌ای جهت‌افزایش ظرفیت آمد و شد و قابلیت باربری و ایمنی راههای موجود ارائه شده است .

در مورد روسازی فرودگاهها و پارکینگها در این کتاب مطالبی ارائه نشده اما بسیاری از روشهای ذکر شده در مورد آنها نیز قابل کاربرد است .

فصلهای بعدی کتاب شامل مطالب زیر است :

روشهای بررسی وضعیت روسازیها (فصول ۲ و ۳)
روشهای ارزیابی قدرت باربری روسازیها (فصل ۳)
روشهای طرح ضخامت روکشهای آسفالتی (فصل ۴)
اطلاعاتی در مورد طرح تعریض روسازیهای آسفالتی و شانه‌ها (فصل ۴)
روشهای اصلاح طرح هندسی راهها (فصل ۵)
اطلاعاتی در مورد اجرای روکشهای آسفالتی ، شانه‌ها ،تعریض روسازی وغیره (فصل ۶)
روشهای آزمایش و مشخصات آنها (فصول ۷ تا ۱۳)

۱ ـ ۳ فواید بهسازی راهها

طول زیادی از راههای‌جدید را بوسیله حفظ قسمت اعظم سرمایه‌گذاری اولیه توسط بهسازی می‌توان با هزینه کمتر احداث کرد . سایر امتیازات بهسازی و مرمت راهها به‌شرح زیر است :

بازسازی یک راه‌قدیمی ازنظر هزینه ،صرف‌زمان و مدت‌استفاده به‌مراتب نسبت‌به‌احداث راه جدید برتری دارد.

راهی که بهسازی آن خوب طراحی و اجرا شده باشد . روسازی قویتری دارد ،بنابراین مخارج تعمیرات و نگهداری بعدی آن نسبت به‌یک راه جدید کمتر است .

۱ ـ ۴ برنامه ریزی جهت بهسازی راهها :

یک برنامه‌ریزی اصولی‌کلید اصلی موفقیت در انجام کاراست .ارزیابی وضعیت‌هندسی و سازه‌ای راهها اولین گام طرح و برنامه ریزی جهت مرمت آنهاست . حتی در صورتیکه یک راه تکافوی خدمت در حال حاضررا نیز داشته باشد بایدوضعیت آن در فاصله زمانهای‌معین مورد ارزیابی قرار گیرد تا جریان تغییراتی که ممکن است در کارآیی آن در آینده‌اثربگذارد مشخص شود . چنین برنامه‌ای ایجاب می‌کند که وضعیت کلیه راهها همیشه ثبت‌و ضبط‌گردد بدین ترتیب مسائل بوجود آمده را می‌توان ردیابی نمود و عملیات اصلاحی بموقع ودرست را براساس سودمندترین و مؤثرترین مبانی آن انجام داد .این ارزیابی باید در مورد کلیه راههای موجود بوده و شامل عوامل هندسی و وضعیت سطحی و تکافوی سازه‌ای آنها برای

حال و آینده باشد . وضعیت هندسی راهها توسط نقشه‌های راه ، بررسیهای محلی ،عکسهای هوایی و یا مجموعه عملیات‌فوق قابل ارزیابی‌است .ارزیابی وضعیت سطحی روسازیهامعمولا" با بررسیهای محلی انجام‌پذیراست هرچند که ازطریق عکسهای هوایی نیزمی‌توان به‌وضعیت سطحی‌روسازی پی‌برد .تکافوی‌سازه‌ای‌را می‌توان‌بامطالعه‌وضعیت‌سطحی‌ولایه‌های‌تشکیل‌دهنده روسازی و یا اندازه‌گیری افت و خیز آن ارزیابی کرد . برای تعیین قابلیت خدمت در حال حاضر و یا در یک دوره زمانی معین یک راه ، هرسه ارزیابی سطحی ، سازه‌ای و هندسی باید انجام گیرد .وقتی که از قبل یک قضاوت آگاهانه برای مسایلی که موردنیاز است صورت گیرد اقتصادی‌ترین طرحهای بهسازی را می‌توان به‌مرحله اجرا درآورد .

توجه:

بسیاری ازمتغیرهایی‌که‌در ارزیابی و طراحی روسازیها تأثیر دارند مانع از تحلیل و جواب دقیق مسئله هستند .بدین منظور مانند بسیاری دیگر از مسائل فنی قضاوت مهندسی را باید با نتایج حاصل از روشهای ارائه شده در این کتاب همراه ساخت .

فصل دوم

ارزیابی وضعیت سطحی روسازیها

۲ ــ ۱ بررسی وضعیت سطحی روسازی

هرچند ارزیابی وضعیت سطحی روسازیها اطلاعات ارزشمند و ضروری را به‌دست می‌دهد اما این بررسی برای طرح روکش کافی نیست. ارزیابی وضعیت سطحی روسازیها برای قضاوت در مورد قابلیت خدمت یک راه در زمان حال و یا برای مقاصد زیر است:

ــ مشخص‌نمودن نیاز راه به‌ارزیابی سازه‌ای

ــ مشخص نمودن دلایل احتمالی خرابیهای سطحی و قسمتهای لغزنده

ــ مشخص نمودن نیاز و در اولویت قراردادن مرمتها و یا اصلاحات اساسیتر.

ــ ثبت روند تغییرات وضعیت روسازی جهت پیش‌بینی عمر باقیمانده آن و زمان‌بندی کارهای آینده.

بررسی وضعیت سطحی روسازیها با یک مطالعه در مورد کلیه قابلیتهای خدمت آن به‌نیازهای حاضر آغاز می‌گردد. بررسی وضعیت روسازی شامل یک یا چند عمل زیر است:

ــ یک درجه‌بندی صحیح از قابلیت رانندگی در راه در سرعتهای معمولی.

ــ اندازه‌گیری ناهمواریهای روسازی.

ــ تعیین خرابیهای روسازی شامل ثبت موقعیت و وسعت خرابیها بوسیله عکس، نقشه و یا هردو. (تمام جزئیات باید ثبت شده و عکسها و کروکیها نیز برای تأکید بر مشاهدات پیوست گردند).

۲ ـ ۲ قابلیت خدمت حاضر

بسیاری از استفاده کنندگان از راه ، در مورد سازهٔ آن ، مسایل اندکی را می‌دانند . برای آنها معیارخوبی یک راه میزان خدمت و قابلیت رانندگی راحت در زمان استفاده از آن است . باتوجه به‌مطالب‌فوق مهندسین بخش آزمایشات‌راه مؤسسه "اشتو" روشی‌را بر اساس آنچه که خود "قابلیت خدمت حاضر" نامیده بودند جهت ارزیابی وضعیت سطحی روسازیها بوجودآوردند . "قابلیت خدمت حاضر" عبارت است از قابلیت یک قطعهٔ بخصوص‌ازروسازی در یک زمان خاص که از نظر استفاده کنندگان مختلف از راه هموار ورانندگی درآن دریک ترافیک وسایل سبک و سنگین راحت باشد .

روش ارزیابی به‌نام "درجه خدمت حاضر" نامگذاری شده است . در این روش تعدادی از أفراد ارزیاب در یک قطعه خاص روسازی رانندگی کرده و نظر خودرا در مورد راحتی رانندگی و قابلیت‌خدمت قطعه مورد نظر ابراز داشتند . با مطالعه بیشتر در مورد روش‌درجه خدمت حاضر مهندسین روشهای دیگری با استفاده از وسایل مکانیکی برای ارزیابی‌وضعیت سطحی روسازیها بوجود آوردند .

متخصصین علم آمار با تحلیل آماری و تلفیق آن با نظریات افراد و اندازه‌گیریهای انجام‌شده روی سطح راه رابطه‌ای را برای ارزیابی یک قطعه روسازی انعطاف‌پذیر بصورت‌زیر ارائه نمودند :

$$PSI = ۵/۰۳ - ۱۹۱ \log(۱ + \overline{SV}) - ۱/۳۸ \left(\frac{\overline{RD}}{۲/۵}\right)^{۲} - ۰/۰۱ \times \sqrt{\frac{C}{۰/۳} + \frac{P}{۰/۹}}$$

که در آن :

PSI : نشانه خدمت حاضر روسازی ، $\overline{SV}$: متوسط تغییرات شیب در مسیر دو چرخ

$\overline{RD}$: مقدار متوسط گودی مسیر چرخها برحسب سانتی‌متر است که با استفاده از یک شمشه ۱/۲ متری اندازه‌گیری شده باشد ، C : میزان ترکهای مهم سطح روسازی‌برحسب متر در نود متر مربع و P میزان لکه‌گیریهای سطح‌روسازی برحسب مترمربع در هرنود مترمربع است . در صورتیکه درجه خدمت‌حاضر و یا نشانه خدمت حاضر یک روسازی بصورت مداوم اندازه‌گیری شده باشد می‌توان از آنها جهت تعیین منحنی عملکرد روسازی استفاده نمود .

۲ ـ ۳ درجه خدمت حاضر (PSR)

درجه خدمت‌حاضر روسازی برای‌مهندس فقط به‌عنوان‌یک‌راهنماست ، بدین‌معنی‌که‌تنها

مشخص می‌کند که یک روسازی احتیاج به‌مرمت دارد یا خیر و در طراحی روکش کاربردی‌ندارد. بااین‌وجود هنوزاین عدد یک‌ابزارمهم برای‌ارزیابی وضعیت راهها‌ست .درجه‌خدمت حاضرعددی است‌بین ۱تا ۵ که عدد پنج‌برای بهترین‌وضعیت‌روسازی و عدد یک برای بدترین‌حالت آن به‌کار برده می‌شود .درجه خدمت حاضر در دست مهندس ،معیاری است برای این‌که‌مطالعات با جزئیات بیشتر را ادامه داده و یا به‌آینده موکول نماید . به‌تجربه ثابت شده است‌که‌وقتی درجه خدمت حاضر در محدوده اعداد ۲ تا ۲/۵ باشد انجام تدابیر اصلاحی الزامی‌است .

درجه خدمت حاضررا باید به‌عنوان اولین گام درارزیابی وضعیت‌روسازی تلقی نمود . اگر منحنی نمایش تغییرات درجه خدمت حاضر بر حسب زمان ، برای قطعات مختلف راه ــ که به‌نظر می‌رسد عملکردهای متفاوت داشته باشند ــ رسم شود ، منحنی " نشانه خدمت حاضرــ زمان " راه به‌دست می‌آید . با استفاده از این منحنی می‌توان زمانی را که‌بایداصلاح و مرمت روسازی صورت بگیرد پیش بینی نمود*.

به‌عــلاوه مقــایسه‌منحنی عملکرد روسازی با تغییرات حجم آمدوشد و مشاهده معایب زه‌کشی و یا سایر عواملی که نقاط ضعف در راه بوجود آورده‌اند می‌توانند ما را در برنامه ــ ریزیهای نگهداری برای آینده کمک نمایند .

روشهای تعیین نشانه خدمت حاضر با جزئیات لازم در فصل هفتم ارائه شده است .

۲ ــ ۴ ارزیابی بوسیله اندازه‌گیری ناهمواریهای سطح

مطالعات بیانگر این مسأله است که اندازه‌گیری ناهمواری سطح ممکن است به‌عنوان‌راه حل ثانوی در کنار درجه خدمت PSR به‌عنوان اولین‌گام در ارزیابی کافی‌بودن روسازیهـا به‌کار رود .

همانطوری که ذکر شد نشانه خدمت حاضر یک روسازی از تلفیق میانگین درجه خدمت حاضر و اندازه‌گیری ناهمواریهای سطح به‌وسیله‌مطالعات‌آماری‌به‌دست می‌آید . باید توجه داشت‌که اندازه‌گیری ناهمواریها نیزبه‌تنهایی (بدون تبدیل‌آن به‌نشانه خدمت حاضر PSI) اطلاعات مفیدی به‌دست می‌دهد .

ناهمواریهای سطح با روشهای مختلف و با وسایل متفاوتی که به‌بعضی از آنها در زیر اشاره شده اندازه‌گیری می‌شود .

---

* این مسأله همیشه صادق نیست چون به‌دلایل مختلف ممکن است خرابی روسازیهـــا به‌صورت ناگهانی و غیرمنتظره صورت بگیرد .

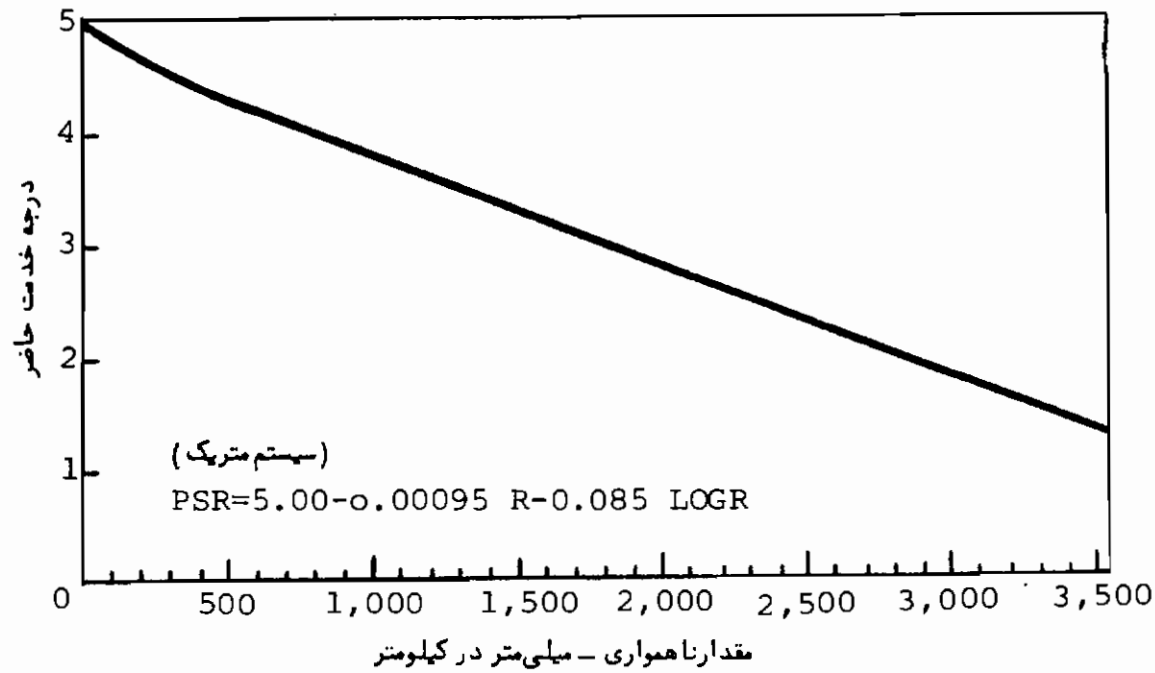
ـ *ناهمواری‌سنج* که این‌وسیله ناهمواریهای سطح روسازی را بصورت جمع شونده ثبت می‌کند . ناهمواری‌سنج "اداره راه فدرال" یک نمونه از این وسایل است . نتایج به‌دست‌آمده‌از این اندازه‌گیری‌را باید برای تعیین‌حدود ناهمواری با نتایج‌بررسیهای نظری تلفیق نمود .

ـ دستگاههای سنجش نیمرخ طولی‌که بوسیله یک‌ماشین دیگری یدک‌کشیده می‌شوند و در آنها تغییرات شیب روسازی در جهت حرکت چرخها ثبت و رسم می‌شود نتایج این اندازه‌گیری نیز باید با نتایج بررسیهای نظری تلفیق شود .

ـ دستگاههایی که برروی وسیله سوار می‌شوند سیستم کارشان به‌این شکل است که ناهمواری سطح راه نیرویی را بر یک چرخ اعمال می‌کند که‌این نیرو یک شتاب‌سنج را به‌عکس‌العمل وا می‌دارد . بزرگی شتاب اندازه‌گیری‌شده به‌اثر ناهمواری راه بر روی مسافرین‌و یا بار داخل وسیله قابل تبدیل است .

مؤسسه‌آسفالت درمیان کلیه وسایل فوق ،ناهمواری‌سنج "اداره راه فدرال" را به‌دلیل مزایای زیر پیشنهاد می‌نماید :

کارکردن با آن ساده و سریع است ، نتایج آن معمولا" بدون تناقض است و استحکام‌آن زیاد است .



شکل ۲ـ۱ منحنی درجه خدمت حاضر ـ مقدار ناهمواری

از شکل ۲ــ۱ و یا رابطه زیر می‌توان درجه خدمت حاضر و یا نشانه خدمت حاضر را برحسب نتایج حاصل از ناهمواری‌سنج به‌دست آورد .

PSR یا PSI = ۵/۰۰ - ۰/۰۰۰۹۵ R — ۰/۰۸۵ log R

که در آن R : مقدار به‌دست آمده از اندازه‌گیری ناهمواری برحسب میلی‌متر در کیلومتر است .

فصل سوم

ارزیابی وضعیت سازه‌ای روسازی

۳ ـ ۱ ارزیابی تکافوی سازه‌ای

بنا به‌تعریف ، تکافوی سازه‌ای عبارت است از قابلیت تحمل وزن آمدوشد یک روسازی بدون این که خرابیهای عمده بنیادی در آن بوجود بیاید . درصورتی که مصالح مناسب با ضخامت کافی و اجرای صحیح در یک روسازی به‌کار رفته باشند تنشهای ناشی از وزن‌ترافیک در خاک بستر و یا لایه‌های روسازی از حد معینی تجاوز نکرده و در نتیجه وضعیت سازه‌ای راه مناسب است .

هدف از ارزیابی سازه‌ای ،تعیین وضعیت فعلی روسازی و پیش‌بینی عمرمفیدآن باتوجه به‌آمدوشد موجود در آن است . هنگامی‌که بررسی فوق بیانگر عدم تکافوی سازه‌ای روسازی است نتایج آن یک ابزار مهم جهت طراحی اصلاحات لازم برای بازدهی روسازی طی یک دوره زمانی معین درآینده است .عدم تکافوی سازه‌ای دربسیاری از روسازیها به‌دلایل‌متعدد پیش می‌آید که مهمترین آنها به‌شرح زیر است :

ـ حجم و وزن آمدوشد معمولا"خیلی سریعتر ازآنچه در طراحی اولیه پیش‌بینی شده افزایش یافته و در نتیجه از عمر مفید روسازی کم می‌شود .

ـ خواص بسیاری از مصالح روسازی در شرایط بهره‌برداری تغییر پیدا می‌کند ، این مسأله موجب کاهش تأثیر مصالح در سازهٔ راه شده و در نتیجه از عمرمفید روسازی کم می‌شود .

ـ بسیاری از روسازیها قبل از بوجودآمدن روشهای جدید طراحی که درآنها مقاومت خاک بستر ، مقاومت لایه‌های مختلف روسازی و آمد و شد عوامل اصلی‌درنظر

گرفته می‌شونـد طرح شده‌اند که ممکن است با شرایط فعلی روسازی سازگار نباشد .

روشهای ارزیابی به‌دوصورت کلی انجام می‌گیرد . اولین روش تحلیل اجزای روسـازی است که در آن از مقاومت خاک بستر ، لایه‌های روسازی و بارگذاری ترافیک برای طراحی استفاده می‌شود .این روش درست مانند همان چیزی‌است که برای طرح‌روسازی یک راه جدید به‌کار می‌رود با این تفاوت که مقاومت و ضخامت لایه‌های موجود باید با ضخامت یک‌قشربتن آسفالتی معادل جایگزین شود .دومین روش به‌نام تحلیل افت و خیز روسازی است که درآن افت و خیز روسازی اندازه‌گیری شده و با توجه به‌ترافیک مورد تحلیل قرار می‌گیرد.این روش نسبتا" جدید است و مزیت عمده آن این است که عکس‌العمل روسازی را در مقابل بارهـای ناشی از آمدوشد درمحل تعیین می‌کند .دربعضی‌موارد ترجیح داده می‌شود که قبل‌ازقضاوت نـهایی هردو روش فوق به‌کار برده شود .

۳ ـ ۲ بررسی وضعیت خرابیها برای ارزیابی تکافوی سازه‌ای

با وجود این که ارزیابی وضعیت سطحی روسازی مشخص کند که برای احیای خدمت ـ پذیری روسازی احتیاج به‌مرمت آن است ، قبل ازطرح بـهسازی بایدتحقیقات جامعتری‌صورت پذیرد . قدم بعدی بررسی وضعیت روسازی برای بررسی تکافوی سازه‌ای آن است .

بررسی وضعیت روسازی در این مرحله نسبت به‌آنچه که در مورد وضعیت سطحی روسازیـها و تعیین درجه خدمت حاضر بیان شد شامل جزئیات بیشتری است . در این‌بررسی موقعیت دقیق و نحوه گسترش و تعداد دفعات خرابیها به‌دقت ثبت می‌شوند .

هنوز یک روش منحصر و جامع برای ارزیابی تکافوی سازه‌ای روسازیـها ارائه نشده‌است. در سراسر جهان روشهای مختلفی وجود دارد و به‌طور کلی هرروش منطقی و اصولی‌رامی‌توان به‌کار برد . (برای اطلاعات بیشتر به‌دومقاله زیر رجوع شود*) .

اگر نتایج این بررسی مشخص نماید که روسازی از نظر مقاومت کافی‌است و مدت‌زمانی‌که روسازی باید در این وضع باقی بماند مطرح نباشد می‌توان مطالعات را دراین مرحله متوقف

1- Highway Research Board "pavement condition surveys' Special Report 30,1957.

2 - Highway Research Board "A Method for Rating the Conditi of flexible pavements" Highway Research Correlation service circular 476 Aug 1962.

کرده و به‌طرح یک لایه روکش آسفالتی نازک جهت هموارکردن سطح اکتفا نمود .اما اگر نتایج بررسیها حاکی از عدم کفایت سازه‌ای سیستم روسازی باشد و یا این که لازم باشد بدانیم تا چه‌زمانی روسازی مزبوربدون تقویت قادربه‌خدمت‌پذیری است ،برای به‌دست‌آوردن‌اطلاعات طراحی باید مطالعات را ادامه داد . مرحله بعدی بررسیها تحلیل اجزاء و یا تحلیل افت و خیز روسازی است که در این فصل آن را شرح می‌دهیم .

۳ ــ ۳ نمونه‌برداری

اگر بررسی روسازی نشان دهد که احتیاج به‌مطالعات بیشتر است و درصورتی‌که تصمیم به‌نمونه‌برداری از خاک بستر و لایه‌های روسازی و یا اندازه‌گیری افت و خیز باشد ،باید محل نمونه‌گیریها را از قبل مشخص کرد . برای یک ارزیابی مناسب باید راه را به‌قطعات با شرایط یکسان و یا نزدیک بهم تقسیم‌بندی کرده و سپس محل نمونه‌ها را باید در هریک از قطعات انتخاب نمود .

خرابیهای موضعی‌را باید از الگوی کلی نمونه‌برداری خارج کرده و برای آنهاآزمایشات مستقل جهت تعمیرات جداگانه انجام داد . با اتخاذ روش فوق لازم نیست که روکش تمام مسیر را برای بدترین وضعیت روسازی طراحی کرد . انتخاب محلهایی که نتایج حاصل‌از آن دور از واقعیت نبوده و به‌اندازه‌کافی دقیق باشد مستلزم به‌کارگیری‌روشهای مخصوصی‌است . روشهای متفاوتی برای به‌دست‌آوردن نمونه‌هایی که نماینده واقعی راه باشندوجود دارد که یکی ازآنها " روش نمونه‌گیری از خاک بستر و مخلوطهای‌آسفالتی " انجمن‌آمریکایی آزمایش و مصالح (ASTM) به‌شماره (D ۹۷۹ و D ۴۲۰) و یا روش مشابه "اشتو" با شماره (T ۱۶۸ یا T ۸۶) است . باید توجه داشت که صرفنظر از روشهای به‌کارگیری شده قضاوت مهندسی هم یک عامل مهم در نحوه نمونه‌گیری است .

۳ ــ ۴ نمونه برداری تصادفی

روش نمونه‌برداری بصورت تصادفی هنوزیکی از بهترین‌روشهای ارائه شده‌دراین‌زمینه است . بوسیله این روش محل نمونه‌برداری طوری انتخاب می‌شود که شانس قرارگرفتن تمام نقاط در انتخاب یکسان است . با استفاده از جدول اعداد تصادفی ، چون انتخاب کاملا" مبتنی بر شانس است معمولا" نتایج غلط به‌دست نمی‌آید .

یکی دیگر از مزایای روش نمونه‌برداری تصادفی که براساس علم آمار بنا شده این‌است

که احتمالا" مخارج کمتری در بر خواهد داشت . جزئیات این روش در فصل دهم شرح داده شده است .

الف : روش تحلیل اجزای روسازی

۳ ـ ۵ ارزیابی بوسیله تحلیل اجزای روسازی

وقتی ارزیابی سازه‌ای به‌این مسأله منتج شود که روسازی احتیاج به‌تقویت دارد یک روکش آسفالتی باید طراحی شود . روش طراحی براین فرض استوار است که لایه‌های قدیم و جدید روسازی تشکیل یک سازه مرکب را می‌دهند که در مقابل شرایط جدید پایداری می‌کند. در بعضی موارد ممکن است روسازی قدیم آنقدر ضعیف باشد که راه حل شخم‌زدن ، اختلاط و دوباره کوبیدن لایه‌ها و طراحی یک روسازی جدید اقتصادی‌تر باشد یا به‌ندرت ،برای‌حفظ رقوم جاده ،ممکن است لازم باشد روکش قدیمی‌را جمع‌کرده و یک روکش‌جدید طراحی‌نمود . بنابراین باید لایه‌های روسازی قدیم را قبل از طرح روکش از نظر کیفیت و ضخامت دقیقا" مشخص نمود .

۳ ـ ۶ تحلیل خاک بستر

همچنان‌که برای طراحی یک روسازی جدید دانستن مقاومت خاک بستر یکی‌ازضروریات طرح است ، در مورد یک راه قدیمی‌که احتیاج به‌تقویت دارد نیز مقاومت خاک بستریک‌عامل مهم برای طرح ضخامت روکش آسفالتی است مگر این که یک تحلیل افت و خیز برروی راه انجام گیرد . حتی وقتی مقاومت خاک بستر که در ابتدای‌احداث‌راه‌اندازه‌گیری شده موجود باشد بازهم مهندس طراح برای اطمینان از آن که شرایط خاک در طول عمر راه تغییر نکرده باشد و همچنین کنترل اعداد اولیه ، باید آزمایشاتی انجام دهد ، بدین منظور تهیه یک نمونه در هر ۴۵۰ متر توصیه می‌شود .

در صورتی که اطلاعی ازمقاومت خاک بستر اصلی در دسترس نباشد باید آن رااندازه گرفت . نحوه کار به‌این ترتیب است که ابتدا خاکهای موجود در طول مسیر از روی نقشه‌های شناسائی خاک که ممکن است از قبل وجود داشته و یا جدیدا" تهیه شود به‌واحدهای‌مختلف تقسیم‌بندی شده و با توجه به‌روشهای آماری در هریک از این واحدها به‌تعداد کافی نمونه‌برداری می‌شود (حداقل سه نمونه در هرواحد) .اطلاعات بیشتر درمورد شناسایی و آزمایش

خاکها در یکی از نشریات مؤسسه آسفالت (MS-10) موجود است. پس‌ازمراحل‌فوق اولین گام جمع‌آوری نمونه‌ها جهت کنترل و یا تعیین مقاومت خاک است که براساس‌آن ضخامت کلی روسازی لازم به‌دست می‌آید. برای به‌دست آوردن نتایج صحیح باید محل نمونه‌ها به‌روش تصادفی انتخاب گردند، در صورتی‌که در چند نقطه از روسازی قدیم برای دسترسی به‌خاک بستر اقدام به‌خاکبرداری شود می‌توان آزمایشهای وزن مخصوص در محل و رطوبت خاک را انجام داده و نتایج ارزشمندی به‌دست آورد. در آزمایشگاه برروی خاک بستر آزمایشهای نشانه باربری کالیفرنیا (CBR) اشباع و یا مقدار (R) انجام می‌شود. (به MS-10 مراجعه کنید). پس از این که مقاومت هریک از نمونه‌ها تعیین شد باید مقاومت طرح خاک بستر را مشخص کرد. طبق تعریف مقاومت طرح خاک بستر عبارت است از مقاومتی که حدودا" هشتادو پنج درصد نمونه‌های خاک دارای مقاومتی بیشتر و یا مساوی باآن باشند که مراحل محاسبه آن به‌شرح زیر است:

۱ ــ مقاومت تمام نمونه‌ها از روی مقدار آنها مرتب شود.

۲ ــ ازکوچکترین عدد شروع شده و برای هرکدام ازآنها درصدی از نمونه‌هاکه‌مقاومت آنها بزرگتر و یا مساوی آن است. محاسبه گردد.

۳ ــ نتایج برروی یک نمودار که روی محور طولهای آن مقاومت خاک بستر و در محور عرضها درصدهای محاسبه شده در گام ۲ ثبت می‌شود مشخص شده و بهترین منحنی که از نقاط فوق می‌توان گذراند رسم شود.

۴ ــ از روی منحنی فوق مقاومت خاک بستر با توجه به‌هشتاد و پنج درصد روی محور عرضها خوانده شود. این عدد همان مقاومت طرح خاک بستر است.

مثال:

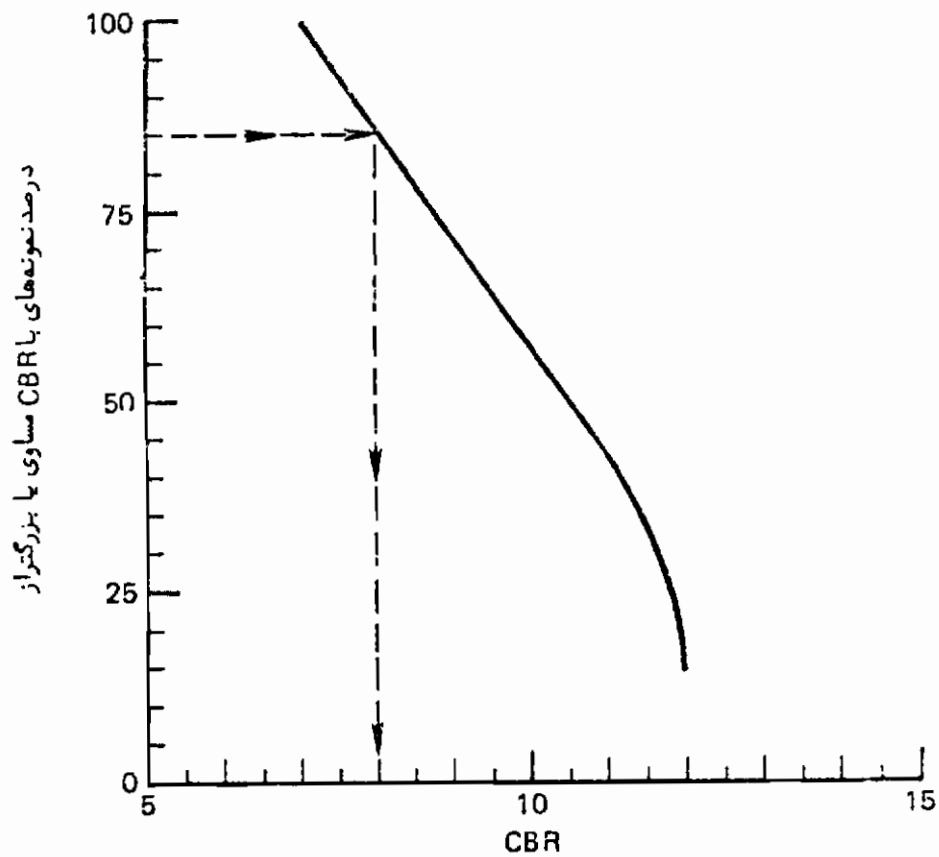
مقادیر داده شده در زیر، نتایج آزمایش تعیین ضریب CBR بر روی هفت نمونه خاک به‌دست آمده از یک واحد طرح است: (۱۱ و ۹و۱۱ و ۸و ۱۲ و ۷ و ۹)، مقاومت طرح خاک بستر را به‌دست آورید.

۱ ــ ۱۲ و ۱۱ و ۱۱ و ۹ و ۹ و ۸ و ۷ = CBR

۲ ــ محاسبه درصدها طبق جدول زیر

CBR	تعداد نمونه‌های با CBR مساوی یا بزرگتر از	درصد تعداد نمونه‌های با CBR مساوی یا بزرگتر از
۷	۷	$(\frac{۷}{۷})\times ۱۰۰=۱۰۰$
۸	۶	$(\frac{۶}{۷})\times ۱۰۰=۸۵/۷$
۹	—	—
۹	۵	$(\frac{۵}{۷})\times ۱۰۰=۷۱/۴$
۱۱	—	—
۱۱	۳	$(\frac{۳}{۷})\times ۱۰۰=۴۲/۹$
۱۲	۱	$(\frac{۱}{۷})\times ۱۰۰=۱۴/۳$

۳ ــ رسم منحنی مطابق شکل زیر:



۴ ــ مقاومت طرح خاک بستر: CBR =۸

در مورد مناطقی که دارای مقاومتی کمتراز مقاومت طرح هستند بایدتوجه‌خاصی‌مبذول

داشت . برای مشخص‌شدن وسعت هریک‌از مناطق ضعیف‌باید نمونه‌های‌اضافی تهیه وآزمایش کرد . ممکن است این مناطق احتیاج به‌افزایش ضخامت داشته باشند . باید توجه داشت که نتایج آزمایشهای فوق نباید در محاسبه مقاومت طرح دخالت کند .

۳ ــ ۷ تحلیل ضخامت روسازی

لایه‌های روسازی را باید طوری مورد ارزیابی قرار داد که بتوان برای هریک از لایه‌ها یک ضخامت مؤثر یافت تا کفایت وضع فعلی روسازی را مشخص نماید . ضخامت مؤثر یک روسازی عبارت است از ضخامت یک روسازی تمام آسفالتی که از نظر طرح معادل روسازی موجود باشد . اگر تقویت روسازی مورد نظر باشد برای طراحی مجدد روسازی‌ازاین‌ضخامت مؤثر می‌توان به‌عنوان یک قسمت عمده از ضخامت کل استفاده کرد . برای تعیین ضخامت مؤثر (T_e) باید با استفاده از ضرایب تبدیل (جدول ۳ــ۱) هریک از لایه‌های روسازی را به‌یک لایه بتن آسفالتی تبدیل کرد .

در صورتی که مشخصات اولیه و اصلی لایه‌ها در دسترس نباشد و یا این که احتیاج به اطلاعات کاملتری باشد باید از لایه‌های مختلف ، نمونه‌برداری و آزمایش کرد تا ضخامت و مشخصات آنها به‌دست آید . لایه‌هایی که در هنگام روسازی راه به‌عنوان اساس شنی به کار رفته‌اند ممکن است کیفیتی پایینتر از مصالح زیر اساس و یا خاک اصلاح‌شده داشته باشند ، چون احتمال این که در طول زمان دانه‌بندی‌آنهابهم خورده باشد وجود دارد . لایه‌های بتن آسفالتی را نیز باید برای مشخص شدن وضعیت بافت مخلوط‌آسفالت و ضخامت آن مورد آزمایش قرار داد .

دالهای بتنی را نیز باید برای مشخص شدن وضعیت دال و ضخامت و تکیه‌گاه آن‌مورد بررسی قرار داد . مسایلی که در بررسی وضعیت دالهای بتنی باید به‌آنها توجه داشت عبارتند از ترکها ، جابجاشدن درزها ، خردشدگیها ، پدیده‌آبکشی در درزها و حرکت دال زیر آمدوشد .

ارزیابی وضعیت لایه‌های بتن آسفالتی و بتن سیمانی یک بررسی کاملا" نظری است و مقدار قابل توجهی به‌تجربه شخص ارزیاب بستگی دارد .

هنگامی‌که نوع و وضعیت لایه‌ها مشخص شد ضرایب تبدیل مناسب از جدول (۳ ــ ۱) انتخاب شده و ضخامت مؤثر برای آنها تعیین می‌شود . ضخامت مؤثر (T_e) هر لایه از حاصل ضرب ضخامت لایه در ضریب تبدیل به دست می‌آید و ضخامت مؤثر کل روسازی عبارت است از حاصل جمع ضخامت مؤثر کل لایه‌ها .اطلاعات کافی در مورد

جدول ۳ـ۱ ضرایب تبدیل ضخامت لایه‌های روسازی موجود به‌ضخامت مؤثر (T_e) (این ضرایب فقط در بررسی وضعیت روسازیها جهت طرح روکش قابل استفاده است ودرهیچ مورد نباید برای طراحی نوسازی استفاده شود) .

طبقه‌بندی مصالح	شرایط و جنس لایه روسازی	ضریب تبدیل
۱	خاک بستر روسازی در حالت طبیعی	۰
۲	الف ـ لایه کوبیده و متراکم خاک بستر ـ مصالح‌شنی دارای‌رس و لای ولی با دامنه خمیری‌کمتراز ۱۰ ب ـ لایه خاک بستر اصلاح‌شده با آهک با دامنه خمیری بیشتر از ۱۰	۰/۲ـ۰
۳	الف ـ لایه اساس و یا زیر اساس شنی با دانه‌بندی خوب و مقداری ریزدانه خمیری با CBR بیشتر از۲۰ ،ضریب ۰/۲ برای دانه خمیری ۶ وکمتر ازآن و ضریب ۰/۳ برای دامنه خمیری بیشتر از۶ بکار می‌رود . ب ـ لایه‌های اساس و زیراساس اصلاح شده‌باسیمان با دامنه خمیری کمتراز ۱۰	۰/۳ـ۰/۲
۴	الف ـ رو به‌آسفالتی با ترکهای ریز و کمی نشست در مسیر چرخها . ب ـ رویه آسفالت مخلوط در محل بدون ترک ، بدون قیرزدگی و باکمی نشست‌درمسیر چرخها ج ـ اساس تثبیت‌شده با قیر د ـ رویه بتنی که پایدار بوده وزیر آن به‌خوبی پر شده باشد و همراه‌بامقداری ترک بطوری‌که‌ابعاد هیچکدام از قطعات کمتراز ۰/۸۲ متر مربع نباشد .	۰/۹ـ۰/۷
۵	الف ـ لایه آسفالتی‌بدون ترک‌خوردگی بامقدارخیلی کم نشست در مسیر چرخها . ب ـ رویه‌بتنی بدون ترک و پایدارکه زیرآن‌بخوبی پر شده باشد . ج ـ رویه بتنی که زیر رویه آسفالتی قرار گرفته، پایدار بوده و ترکهای کوچک‌انعکاسی روی رویه آسفالتی بوجود آورده باشد .	۱/۰ـ۰/۹

تأثیر نوع مصالح در ضرایب تبدیل وجود ندارد .

ضرایب تبدیل جدول ۳ــ۱ که شامل اغلب مصالح روسازی می‌شود بر مبنای تجربی و نتایج آزمایشهای کارگاهی به‌دست آمده و تا تاریخ چاپ این کتاب به‌عنوان بهترین‌وسیله تخمین وضعیت لایه‌های روسازی شناخته می‌شود .

۳ ــ ۸ تحلیل آمد و شد

تحلیل آمدوشد که شامل مطالعه حجم ، ترکیب و وزن محورهاست یکی از قسمتهای اساسی تعیین کفایت یک روسازی و طراحی روکش می‌باشد . به‌علاوه مطالعه آمد و شد برای ارزیابی وضعیت هندسی راه و اصلاحات لازم نیز به‌کار می‌رود . روش تحلیل آمدوشد برای مقاصد ارزیابی مانند همانی است که برای احداث یک راه جدید به‌کار می‌رود با این تفاوت که در این مورد وجود راه قدیمی برای تخمین واقعی ترافیک یک عامل بسیار مفید است . آخرین مطالعات قابل دسترسی که قبلاً" صورت گرفته در صورتی که تغییرات قابل‌توجهی‌در تعداد آمدوشد بوجود نیامده باشد ، برای تحلیل مناسب است ولی اگر مطالعات قبلی‌باآمد و شد فعلی راه مطابقت نداشته باشد یک سری بررسیهای جدید لازم است .این‌مطالعات‌آمد و شد اساس محاسبه عدد ترافیک طرح (DTN) است که برای تصمیم‌گیری در مورد کفایت ضخامت‌روسازی به‌کار می‌رود .یک روش ساده و تقریبی محاسبه عدد ترافیک طرح که در نمودارهای تعیین ضخامت روسازیها به‌کار می‌رود در زیر شرح داده شده است . (روش‌تقریبا" دقیقتری در ضمیمه یک از نشریات مؤسسه آسفالت MS-1 ذکر شده است) .

۱ ــ بوسیله شمارش ترافیک ،تعداد متوسط روزانه وسایل نقلیه در هردوجهت راه را که در سال اول عمر روسازی مرمت شده‌انتظار می‌رود تخمین بزنید ، به‌این رقم ترافیک روزانه اولیه (IDT) می‌گویند .

۲ ــ تعداد متوسط روزانه وسایل نقلیه سنگین*را در یک خط‌از راه (خط‌طرح) به‌وسیله رابطه زیر تخمین بزنید .

$$\text{تعداد وسایل نقلیه سنگین} = (\text{IDT}) \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100}$$

که درآن A : درصد وسایل نقلیه سنگین درخط‌طرح (به‌قسمت الف نگاه کنید) و B :درصد وسایل نقلیه سنگین در کل جریان آمدوشد است . (به‌قسمت ب نگاه کنید) .

---

* وسایل نقلیه سنگین معمولاً دارای دو محور با شش چرخ یا بیشتر می‌باشند .

الف ــ درصد وسایل نقلیه سنگین در یک خط(خط طرح) از جدول ۳ــ ۲ و اطلاعات زیر تخمین زده می‌شود .معمولا" وسایل نقلیه سنگین در خطوط کناری راه رفت و آمد می‌کنند و باید آمدوشد در هردوجهت راه را مساوی منظور داشت .البته در این موضوع مواردا استثناء هم وجود دارد مانندراههای دسترسی به‌معادن‌که کامیونها درخط برگشت خالی بازمی‌گردند تجربه ثابت کرده است که در راههای چندخطه بیش از ۸۰ درصد کامیونهای سنگین در خطوط کناری آمدوشد می‌کنند .

ب ــ درصد وسایل نقلیه سنگین در کل آمدوشد باید با توجه به‌شمارش و طبقه‌بندی ترافیک تخمین زده شود . در مواردی که اطلاعات فوق در دست نباشد باید از داده‌های جدول ۳ــ۳ استفاده کرد .

جدول ۳ــ۲ درصد وسایل نقلیه سنگین در خط طرح (دردوجهت)

تعداد خطوط آمدوشد (در هردوجهت)	درصد وسایل نقلیه سنگین در خط طرح
۲	۵۰
۴	۴۵ (۳۵–۴۸)
۶ و بیشتر	۴۰ (۲۵–۴۸)

۳ ــ متوسط وزن ناخالص وسایل نقلیه سنگین را بوسیله داده‌های مطالعات توزینی تخمین بزنید . در صورتی که داده‌های فوق موجود نباشد از جدول ۳ــ۳ استفاده کنید .

۴ ــ وزن مجاز محور ساده را که بوسیله قوانین محلی و یا استانی مقررشده است معین کنید .

۵ ــ با توجه به‌اطلاعات فوق عدد ترافیک اولیه (ITN) را از نمودار شکل ۳ــ۱ بروش زیر پیدا کنید .

الف ــ وزن متوسط ناخالص وسایل نقلیه سنگین را روی خط D مشخص کنید .

ب ــ تعدادمتوسط روزانه وسایل نقلیه سنگین در خط طرح راروی‌خط C مشخص‌کنید.

ج ــ نقاط مشخص شده روی خطوط D و C را با یک خط مستقیم بهم وصل کرده و آن را امتداد دهید تا خط B را قطع کند .

جدول ۳ــ۳ حدود تخمینی درصد وسایل‌نقلیه سنگین و متوسط وزن آنها

نوع راه	درصد وسایل نقلیه سنگین	متوسط وزن ناخالص (تن)
خیابانهای شهری	۵ یا کمتر	۶/۸–۱۱/۳
آزاد راهها		
اصلی	۱۵–۵	۹/۱–۱۳/۶
سراسری	۱۰–۵	۱۵/۹–۲۰/۴
راههای برون‌شهری	۱۵ یا کمتر	۶/۸–۱۱/۳
آزادراههای درون‌شهری		
اصلی	۲۰–۵	۱۳/۶–۱۸/۱
سراسری	۲۵–۱۰	۱۵/۹–۲۰/۴

(جدول فوق ویژهٔ ایالات متحده آمریکاست و ممالک دیگر باید ارقام دیگررا متناسب با وضعیت خود به‌کار ببرند).

د ــ وزن مجاز محور ساده را روی خط E مشخص کرده و ازآنجا خط مستقیمی به‌نقطه واقع بر خط B وصل کنید، این خط را امتداد دهید تا نقطه‌ای را روی خط A قطع کند.

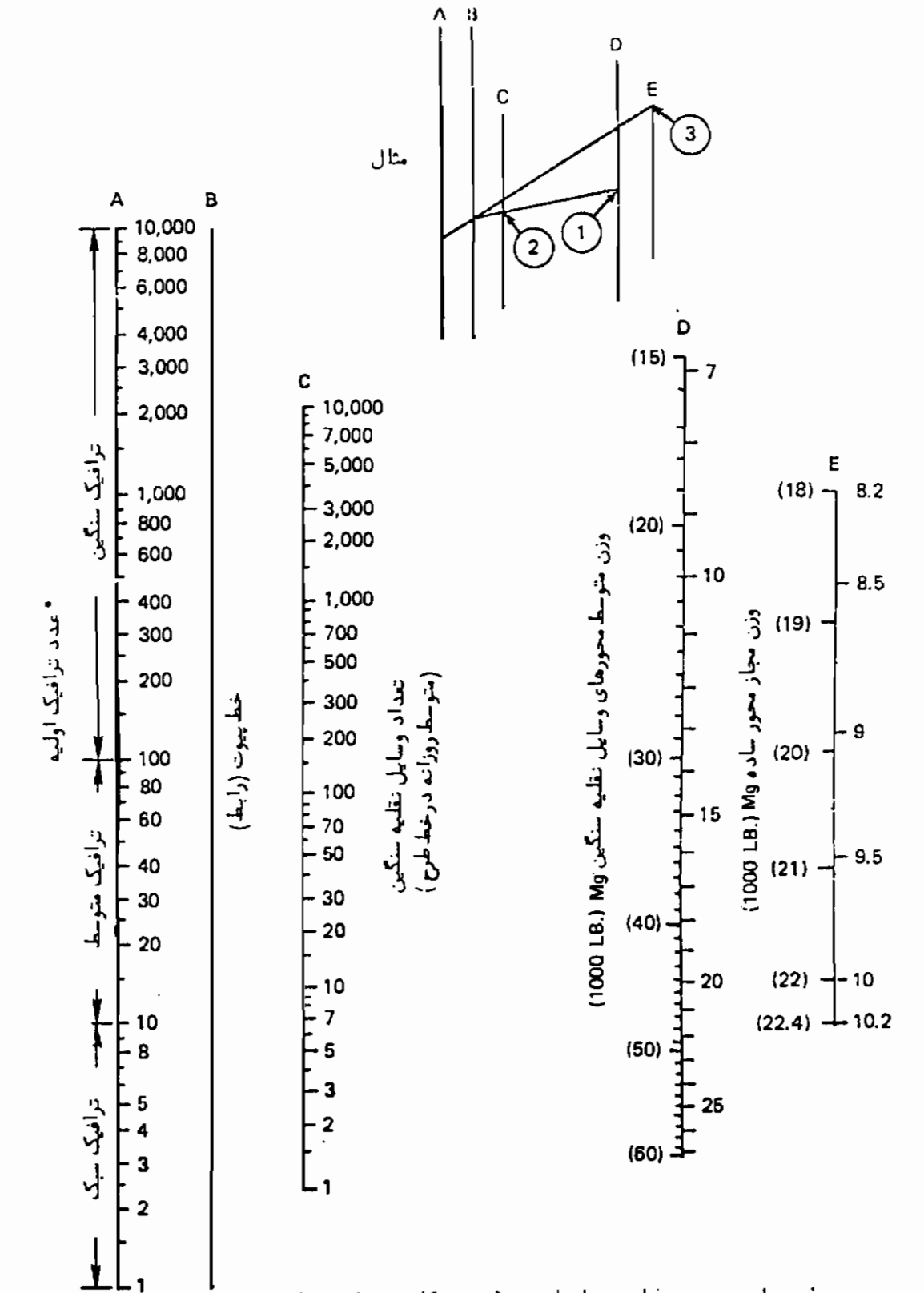
و ــ نقطه، به‌دست‌آمده در مرحله "د" عدد ترافیک اولیه (ITN) است.

وقتی که (ITN) به‌دست آمده عدد ۱۰ و یا کمتر بوده و یا وضعیت راه طوری باشد که اتومبیل‌ها و کامیونهای سبک زیادی در آن‌تردد کنند بایدعدد ترافیک‌اولیه رابااستفاده از شکل ۳ــ۲ تصحیح کرد.

۶ ــ دوره طرح (n) را مشخص کنید.

۷ ــ نرخ رشد سالیانه ترافیک را تخمین بزنید (r)، در حال حاضر نرخ سالانه رشد ترافیک در ایالات متحده آمریکا رقمی بین ۳ تا ۵ درصد است. در بقیه‌کشورها به‌خصوص کشورهای اروپایی این ضریب از ۵ درصد بیشتر است*.

* در ایران باید عدد مناسب را منظور داشت.



توجه: چنانچه IDT اتومبیلهای سواری و کامیونهای سبک نسبتاً زیاد باشد ممکن است لازم باشد INT اصلاح شود. به شکل ۳-۲ مراجعه شود

شکل ۳-۱ نمودار تحلیل ترافیک

۸ ــ ضریب تصحیح عدد اولیه ترافیک را از جدول ۳ــ۴ با توجه به‌دوره طرح انتخاب شده به‌دست آورید .

۹ ــ با ضرب (ITN) در ضریب تصحیح فوق عدد ترافیک طرح را به‌دست آورید . (به‌پاورقی صفحه نگاه کنید) .

$$\text{ضریب تصحیح} = \frac{(1+r)^n - 1}{20r}$$

که در آن r : نرخ رشد سالیانه ترافیک n : دوره طرح برحسب سال است .

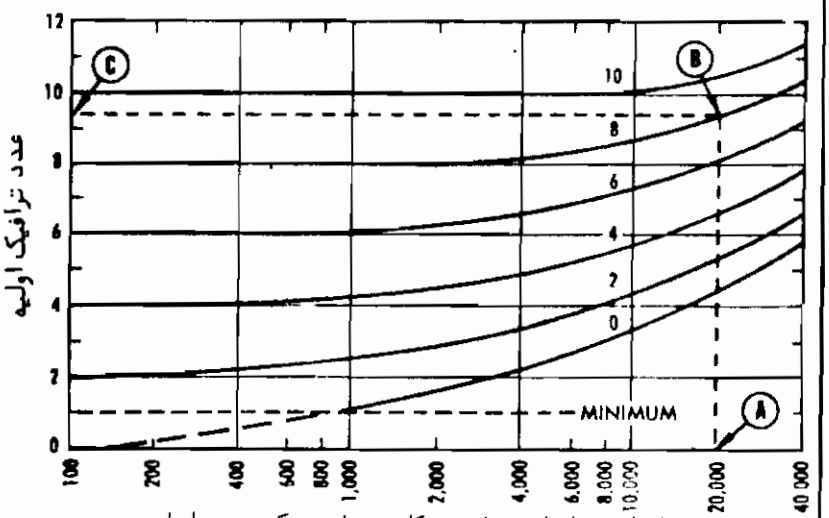
جدول ۳ــ۳ ضریب تصحیح عدد اولیه ترافیک

دوره طرح (n)	نرخ رشد سالیانه ترافیک (r)					
	۰	۲	۴	۶	۸	۱۰
۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
۲	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
۴	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۳
۶	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۳۹
۸	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۵۰	۰/۵۳	۰/۵۷
۱۰	۰/۵	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۶۶	۰/۷۲	۰/۸۰
۱۲	۰/۶	۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۸۴	۰/۹۵	۱/۰۷
۱۴	۰/۷	۰/۸۰	۰/۹۲	۱/۰۵	۱/۲۱	۱/۴۰
۱۶	۰/۸	۰/۹۳	۱/۰۹	۱/۲۸	۱/۵۲	۱/۸۰
۱۸	۰/۹	۱/۰۷	۱/۲۸	۱/۵۵	۱/۸۷	۲/۲۸
۲۰	۱/۰	۱/۲۱	۱/۴۹	۱/۸۴	۲/۲۹	۲/۸۶
۲۵	۱/۲۵	۱/۶۰	۲/۰۸	۲/۷۴	۳/۶۶	۴/۹۲
۳۰	۱/۵۰	۲/۰۳	۲/۸۰	۳/۹۵	۵/۶۶	۸/۲۲
۳۵	۱/۷۵	۲/۵	۳/۶۸	۵/۵۷	۸/۶۲	۱۳/۵۵

توجه : نمودارهای طرح که در فصل چهارم ارائه شده براساس دوره طرح بیست ساله است . برای مواقعی که دوره طرح غیر از بیست سال است باید برای کم یا زیادترشدن محور ۸/۲ ←

بایدتوجه‌داشت‌که‌رشد تعداد و وزن وسایل نقلیه سنگین بخصوص در راههایی‌که حجم آمدوشد این وسائل زیاد است خیلی سریعتراز رشد کل وسایل نقلیه است . برای این گونه راهها باید ضریب رشد را با توجه به‌وزن وسایل نقلیه سنگین مورد مطالعه قرار داد .

توجه:
جداول ۳–۲ و ۳–۴ و نمودارهای ۳–۱ و ۳–۲ براساس اطلاعات ترافیکی در ایالات‌متحده آمریکا بنا شده‌اند . این مقادیربرای‌سایرکشورها ممکن‌است‌مقدارمتفاوت‌باشند.



شکل ۳–۲ نمودارتصحیح عددترافیک اولیه با توجه به‌حجم اتومبیلهای‌سواری و کامیونهای سبک .

مثال: تعداد خودروهای سواری و کامیونهای‌سبک در خط طرح = ۲۰۰۰۰ (نقطه A)و ITN (براساس وسایل نقلیه سنگین) =۸ (نقطه B)ITN اصلاح شده‌معادل ۹/۵است. (نقطه C)

تنی هم‌عرض اصلاحاتی صورت داد . این تصحیح با ضرب ITN در یک ضریب مناسب از جدول ۳–۲ حاصل می‌شود . DTN حاصل تعداد متوسط روزانه محور ۸/۲ تنی هم عرض‌برای دوره طرح فوق است .

مثـال :

داده‌ها : برای یک راه دو خط که روزانه ۱۲۰۰ وسیله نقلیه در آن آمد و شد می‌کنند نرخ رشد سالیانه ترافیک ۳% و بار مجاز محور ساده ۸/۲ تن است متوسط وزن با بار کامیونهای سنگین ۱۳/۶ تن ، توزیع آمدوشد وسایل نقلیه سنگین در هردو خط مساوی و تعداد وسایل سنگین ۱۰% کل ترافیک تخمین زده می‌شود . عدد ترافیک طرح را برای یک دوره طرح چهار ساله پیدا کنید .

۱ ــ IDT = ۱۲۰۰ وسیله در روز

۲ ــ تعداد وسایل نقلیه سنگین : $۱۲۰۰ \times \frac{۵۰}{۱۰۰} \times \frac{۱۰}{۱۰۰} = ۶۰$

۳ ــ وزن متوسط وسایل نقلیه سنگین : ۱۳/۶ تن

۴ ــ وزن مجاز محور ساده : ۸/۲ تن

۵ ــ عدد ترافیک اولیه (ITN) : ۲۵

۶ ــ دوره طرح : ۴ سال

۷ ــ نرخ رشد سالیانه ترافیک : ۳%

۸ ــ ضریب تصحیح عدد اولیه ترافیک : $\frac{۰/۲۱+۰/۲۱}{۲} = ۰/۲۱$

۹ ــ عدد ترافیک طرح : ۵ یا $DTN = ۲۵ \times ۰/۲۱ = ۵/۲۵$

۳ ــ ۹ ارزیابی تکافوی سازه‌ای

با دردست داشتن مقاومت خاک بستر ، عدد ترافیک طرح (DTN) و ضخامت مؤثر روسازی می‌توان وضعیت سازه‌ای یک روسازی موجود را مورد ارزیابی قرار داد .

ارزیابی وضعیت سازه‌ای یک روسازی موجود برای یکی از دو منظور زیرصورت می‌گیرد :

الف ــ محاسبه ضخامت روکش تقویتی لازم برای تحمل بارهای ناشی از ترافیک پیش‌بینی‌شده در مدت زمان طرح .

ب ــ پیش‌بینی زمانیکه در آینده باید روسازی را روکش کرد .

در فصل چهارم راجع به‌تعیین ضخامت روکش به‌تفصیل شرح داده شده است و در اینجا روش تخمین عمر روسازی بیان می‌شود . باید توجه داشت که از تخمین عمر باقیمانده روسازی تنها به‌عنوان یک راهنما ، استفاده می‌شود و هیچگاه نمی‌توان آن را یک پیش‌بینی حتمی تلقی کرد . با وجودی که عوامل زیادی در عدم دقت تخمین عمر روسازی

مؤثرند اما پیش‌بینی عمر روسازی یک ابزار مفید برای برنامه‌ریزی کارهای آینده است. بخصوص اگر عملیات ارزیابی روسازی هردو یا سه‌سال یک بار انجام شود هم می‌توان پیش‌بینیها را کنترل کرد و هم این که عملکرد روسازی را مشخص نمود. روش پیش‌بینی‌زمان اجرای روکش به‌شرح زیر است:

۱ ــ مقاومت طرح خاک بستر را مطابق آنچه در بخش ۳ــ۶ بیان شد تعیین کنید.

۲ ــ ضخامت مؤثر روسازی (T_e) را مطابق بخش ۳ــ۷ به‌دست آورید.

۳ ــ عدد ترافیک اولیه (ITN) را با توجه به‌بخش ۳ــ۸ تعیین کنید.

۴ ــ با توجه به‌نمودارشکل ۴ــ۱ یا ۴ــ۲ باداشتن مقاومت‌طرح خاک بستر و $T_e=T_n$ عدد ترافیک طرح (DTN) را به‌دست آورید. (DTN تصحیح شده).

۵ ــ DTN را بر ITN تقسیم کنید تا ضریب تصحیح ITN به‌دست آید.

۶ ــ نرخ رشد ترافیک را با توجه به‌بخش ۳ــ۸ تخمین بزنید.

۷ ــ ازجدول ۳ــ۴ با توجه به‌ضریب تصحیح ITN و نرخ رشد سالیانه ترافیک دورهٔ طرح را به‌دست آورید. این دورهٔ طرح بیانگر زمانی است که باید روسازی را روکش کرد.

مثال:

داده‌ها: برای یک‌راه اصلی تعداد متوسط روزانه وسایل‌نقلیه ۸۷۰۰ است‌که ۱۵٪ آن کامیونهای سنگین با وزن متوسط ۱۸/۱ تن می‌باشد. توزیع جهتی آمد و شد وسایل نقلیه سنگین ۵۰٪ تخمین زده می‌شود. ضریب رشد سالیانه ترافیک ۲٪ و وزن مجاز محور ساده به ۱۰/۲ تن محدود شده است.

روسازی موجود از لایه‌های زیر تشکیل شده است: ۷/۵ سانتی‌متر بتن آسفالتی با شرایط‌خوب، ۲۵/۵سانتی‌متر اساس، سنگ شکسته خوب دانه‌بندی شده و ۱۵ سانتی‌مترزیر اساس شنی سالم، زمانی را که راه باید روکش شود پیش‌بینی کنید.

۱ ــ CBR طرح خاک بستر= ۸ (به‌مثال بخش ۳ــ۶ نگاه کنید)

۲ ــ ضخامت مؤثر (T_e) =

ضخامت موثر (T_e) (mm)	X ضریب تبدیل (جدول ۳–۱)	ضخامت لایه‌های روسازی (mm)
۷۵	۱/۰	۷۵
۱۰۲	۰/۴	۲۲۵
۱۵۰	۰/۲۵	۱۵۰
جمع T_e=۲۱۵		

۳ ــ عدد ترافیک اولیه (ITN) : ۱۰۰۰ (بخش ۳–۸)

۴ ــ DTN اصلاح‌شده : از شکل ۴–۱ با توجه به CBR=۸ و T_e = ۲۱۵ mm عدد ترافیک طرح معادل ۴۰۰ به‌دست می‌آید .

۵ ــ ضریب تصحیح DTN : $\frac{DTN}{ITN} = \frac{۴۰۰}{۱۰۰۰} = ۰/۴$

۶ ــ نرخ رشد ترافیک : ۰/۴

۷ ــ زمان باقیمانده تا لزوم روکش‌کردن روسازی : ۷ سال (از جدول ۳–۴)

ب : روش تحلیل افت و خیز روسازی

توجه : این روش فقط برای روسازیهای بتن آسفالتی قابل استفاده است

۳ ــ ۱۰ ارزیابی بوسیلهٔ تحلیل افت و خیز روسازی

مقدار افت و خیز موجود در روسازی بیانگر توانایی روسازی در تحمل بارهای ترافیک است . از تحقیقات انجام‌شده در مناطق متعدد آمریکای شمالی ارتباط بین بار چرخها ،افت وخیز برگشت‌پذیر روسازی و تکرار بارگذاریها به‌دست‌آمده است . با استفاده از این روابط افت‌وخیز برگشت‌پذیر تحت یک باراستاندارد اندازه‌گیری شده و از آن برای ارزیابی‌وضعیت سازه‌ای روسازیها و عملیات اصلاحی لازم استفاده می‌شود .برای انجام این بررسیها مقدار آماری افت‌وخیز باید اندازه‌گیری‌شده و آمد و شد واقعی مورد تجزیه تحلیل قرار گیرد .

در روشی که در این کتاب شرح داده می‌شود افت‌وخیز روسازی بوسیلهٔ تیر بنکلمن

اندازه‌گیری‌می‌شود (فصل یازدهم) در این‌روش ابتدا واحد طرح مورد مطالعه را بر اساس مطالعات وضعیت روسازی به‌قسمتهای با شرایط یکسان تقسیم نموده و سپس در هرقسمت افت وخیز روسازی درمسیر چرخ‌کناری حداقل در ده‌نقطه اندازه‌گیری‌می‌شود .می‌توان‌اندازه‌گیری را حداقل در ده تا دوازده نقطه در هر کیلومتر و به‌روش اعداد تصادفی انجام داد .

چنین روشی در فصل دهم ارائه شده است . مقدار آماری افت‌وخیز عبارت است از متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده به‌علاوه دوبرابر خطای پراکندگی که در ضرایبی به‌منظور در نظرگرفتن درجه حرارت لایه آسفالتی و زمان بحرانی سال ضرب و تصحیح شده است . این مقدار تقریبا" از ۹۷% تمام اندازه‌گیریها بزرگتر است . برای نقاطی که افت و خیزی بیشتراز مقدار فوق را نشان می‌دهند باید تدابیر خاصی را مبذول داشت . باید دراطراف نقاط فوق اندازه‌گیریهای اضافی انجام داد تا وسعت مناطق ضعیف مشخص شود . در این مناطق ممکن است احتیاج به‌لکه‌گیری و یا افزایش موضعی ضخامت باشد تا تکیه‌گاه یکنواختی برای کل قطعه موردنظر بوجود آورد . افت‌وخیزهایی‌که در این مناطق اندازه‌گیری می‌شود بایداز محاسبات مربوط به‌مقدار آماری افت‌وخیز حذف شوند .

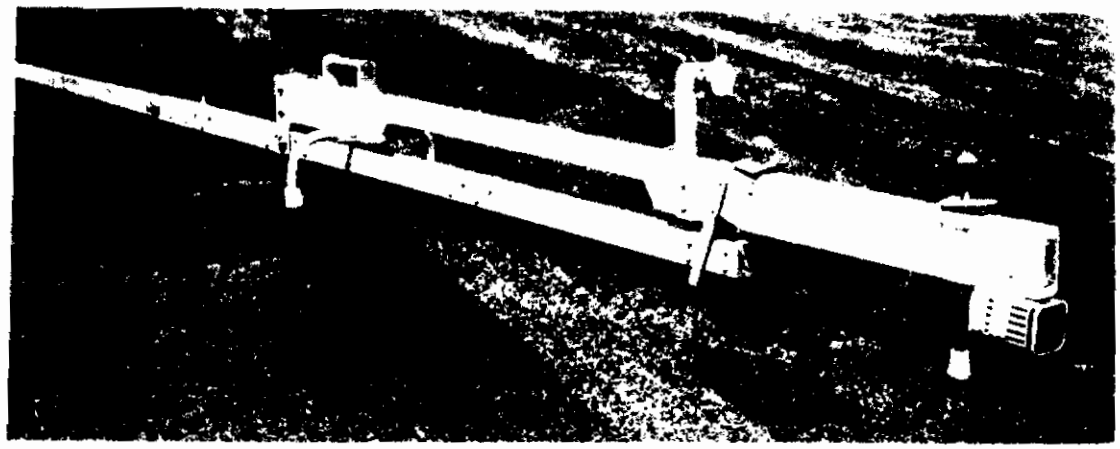
۳ ــ ۱۱ تجزیه و تحلیل آمدوشد

در روش اندازه‌گیری افت و خیز جهت ارزیابی وضعیت روسازی ،برای تجزیه و تحلیل ترافیک باید عدد ترافیک طرح (DTN) را مطابق آنچه در بخش ۳ــ۸ آمده معین کرد .

۳ ــ ۱۲ روش اندازه‌گیری افت‌وخیز روسازی

این روش که برای محاسبه افت‌وخیز روسازی تحت اثر یک بار استاندار به‌کار می‌رود بر اساس استفاده از تیر بنکلمن استوار است . این وسیله که تصویر آن در شکل ۳ ــ ۳ نشان داده شده است تشکیل شده از یک تیر بار یک متحرک بطول حدود ۳/۶۶ متر که به‌یک تیر ثابت کوتاهتر متصل می‌شود .نحوهٔ استفاده‌از تیر بنکلمن به‌این‌ترتیب است‌که ابتدا انتهای تیر متحرک در وسط چرخهای زوج یک محور ساده با وزن مورد نظر قرار داده شده و درجه افت‌وخیز سنج بر روی عدد صفر تنظیم می‌شود . سپس وسیله نقلیه با سرعت خیلی‌کم به‌طرف جلو حرکت کرده و پس از آن که به‌اندازه کافی دور گردید مقدار بالاآمدن نقطه مورد نظر توسط افت‌وخیزسنج اندازه‌گیری می‌شود . (افت‌وخیز برگشت‌پذیر عبارت است از تغییر مکان به‌طرف بالای یک سطح پس از باربرداری از آن)

یکی دیگر ازوسایل اندازه‌گیری افت و خیز روسازیها که‌کاربرد زیادی دارد داینافلکت است . داینافلکت یک وسیلهٔ الکترومکانیکی است که نیرویی دینامیکی با مشخصات معین را بر نقطه‌ای از روسازی وارد کرده و میزان افت‌وخیز در تعدادی نقاط به‌فواصل مختلف‌ازنقطه اثر نیرو اندازه‌گیری می‌شود .با استفاده‌از روابط‌آماری نتایج به‌دست‌آمده توسط داینافلکت به‌مقادیر هم‌عرض افت‌وخیز تیر بنکلمن تبدیل شده که رابطه‌آن در فصل یازدهم ارائه‌شده است .



شکل ۳-۳ – تیر بنکلمن

۳ – ۱۳ مقدار آماری افت‌وخیز برگشت‌پذیر

وقتی‌که اندازه‌گیریهای افت‌وخیز روسازی تکمیل شد اندازه‌های ثبت‌شده برای محاسبه مقدار آماری افت‌وخیز به‌کارمی‌رود . این مقدار عبارت است‌از میانگین اندازه‌گیریها‌به‌علاوه دو برابر خطای پراکندگی که حاصل در ضریب تصحیح درجه حرارت لایه‌آسفالتی و ضریب دوره بحرانی سال ضرب می‌شود .

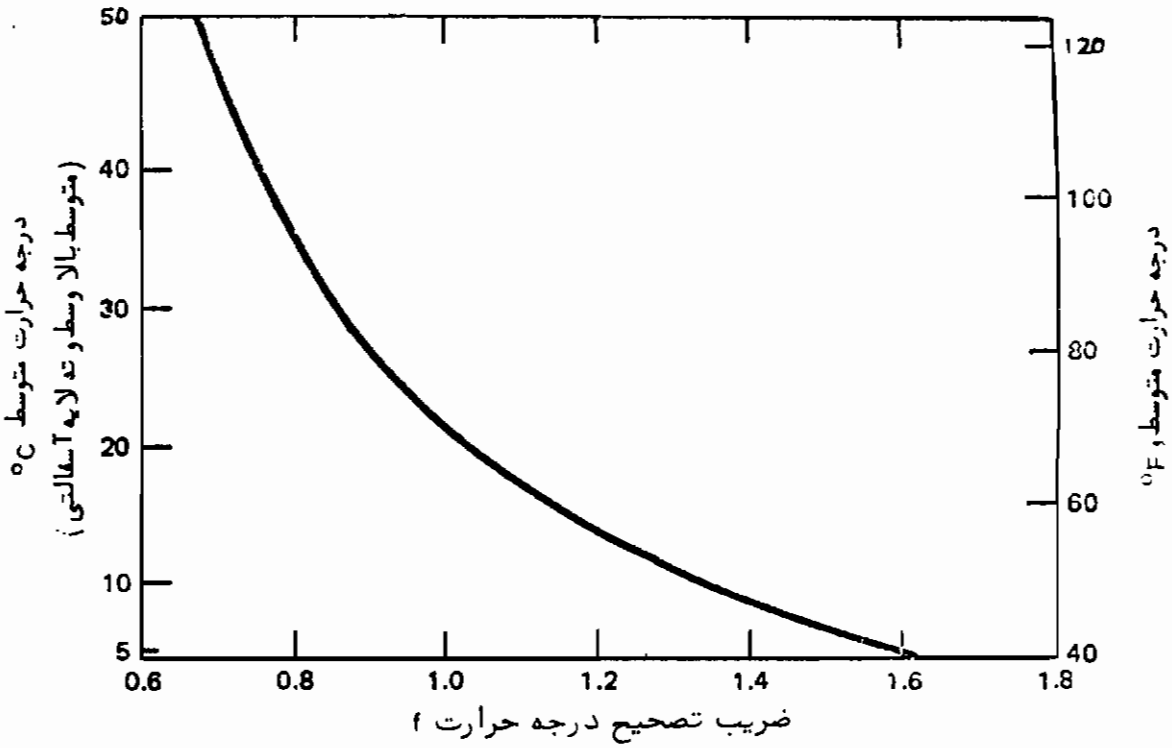
$$\text{مقدار آماری افت و خیز} = (\bar{X} + ۲\ S)\,fc$$

که درآن $\bar{X}$: میانگین افت‌وخیزهای‌اندازه‌گیری‌شده ، S : خطای پراکندگی‌افت‌و خیزهای اندازه‌گیری شده ، f : ضریب تصحیح درجه حرارت (از شکل ۳–۴) و c : ضریب تصحیح مقاومت خاک برای‌دورهٔ بحرانی سال(ضریب $c = ۱$ است درصورتی‌که آزمایشها دربحرانی‌ترین وقت سال انجام شود) .

خطای پراکندگی : خطای پراکندگی (S) با توجه به‌تعداد ده یا بیشتر اندازه‌گیریها

از روشی که در فصل هشتم شرح داده شده به‌دست می‌آید . برای محاسبهٔ خطای پراکندگی در حالی که تعداد اندازه‌گیریها کمتراز ده باشد هم در فصل مزبور روشی ارائه شده است .

ضریب تصحیح درجهٔ حرارت : روش اندازه‌گیری درجه حرارت متوسط لایه‌آسفالتی در فصل دوازدهم ارائه شده است و ضریب تصحیح درجه حرارت از شکل ۳ـ۴ به‌دست می‌آید.



شکل ۳ـ۴ ضریب تصحیح درجه حرارت جهت اندازه‌گیری افت‌وخیز بوسیله تیر بنکلمن .

ضریب تصحیح *برای مقاومت خاک در زمان بحرانی* : چون بعضی از مناطق در برخی از مواقع سال و یا در سالهای مختلف از نظر عملکرد روسازی حالت بحرانی‌تری دارند باید ضریب تصحیح فوق را اعمال نمود . (زمان بحرانی عبارت است از آن مقطع زمانی‌که در آن روسازی در اثر بارهای سنگین تمایل زیادی به‌تخریب دارد) . باید توجه داشت که مقدار آماری افت‌وخیز را باید در بحرانی‌ترین شرایط به‌دست آورد . در اینجا سه‌روش برای‌تعیین ضریب تصحیح زمان بحرانی پیشنهاد می‌شود .

الف : اندازه‌گیریها را در بحرانی‌ترین زمان انجام دهید .

ب : در یک روسازی مشابه باشرایط‌آب و هوایی یکسان وخاک بسترمشابه مقدار افت

وخیز روسازی درطول سال به‌طور مداوم اندازه‌گیری شود . نسبت افت‌وخیز در بحرانی‌ترین شرایط به‌افت‌وخیز در شرایط‌آزمایش ضریب C است .

ج : در زمان مورد نظر مقدار افت‌وخیز را اندازه‌گیری کنید و با قضاوت مهندسی ضریب فوق را اعمال نمایید .

مثـال :

مقدار آماری افت‌وخیز: $(\bar{X} + 2S)fc$

$\bar{X}$ = ۰/۸۱ میلی‌متر (به‌مثال فصل هشتم نگاه کنید)

s = ۰/۱ میلی‌متر

f = ۰/۸۶ (به‌مثال فصل دوازده و شکل ۳ــ۴ نگاه کنید)

c = ۱/۰ (آزمایش در زمان بحرانی صورت گرفته)

مقدارآماری افت‌وخیز : (۰/۸۱+۰/۲)×۰/۸۶×۱/۰=۰/۸۷ میلی‌متر

۳ ــ ۱۴ ارزیابی تکافوی سازه‌ای

با استفاده از عدد ترافیک اولیه (ITN) و مقدارآماری افت‌وخیز برگشت‌پذیرمی‌توان ضخامت روکش تقویتی لازم را به‌دست آورد و یا این که مشخص نمود چه مدت به‌زمان روکش کردن روسازی باقی مانده است . روش محاسبه ضخامت روکش در فصل چهارم شرح داده شده است و در اینجا روش تخمین عمر روسازی به‌شرح زیر ارائه می‌شود :

۱ ــ عدد ترافیک اولیه (ITN) را معین کنید .

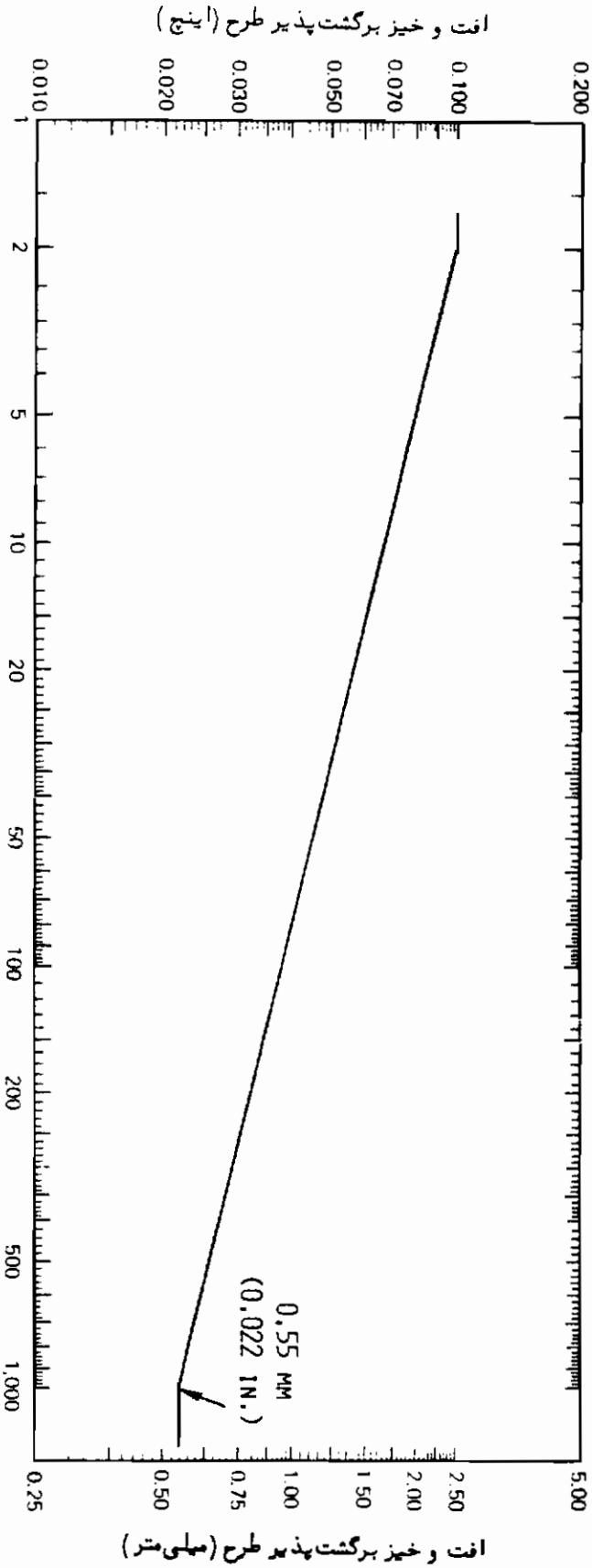
۲ ــ مقدارآماری و افت‌وخیز برگشت‌پذیر روسازی را محاسبه کنید .

۳ ــ با توجه به‌نمودارشکل۳ــ۵ و با جایگزینی مقدارآماری افت وخیز بجای‌افت‌وخیز طرح عدد ترافیک طرح (DTN) اصلاح شده را به‌دست آورید .

۴ ــ ازتقسیم (DTN) بر (ITN)ضریب تصحیح عددترافیک اولیه را به‌دست آورید .

۵ ــ ضریب رشد ترافیک را معین کنید .

۶ ــ با ضریب تصحیح شده (ITN) از جدول ۳ــ۴ و ستون مربوط به‌نرخ رشد ترافیک دوره طرح را به‌دست آورید . در صورت لزوم از درون‌یابی استفاده کنید . دوره طرح‌به‌دست آمده عبارت از مدت زمانی است که به‌روکش‌کردن روسازی باقی مانده .



شکل ۳ — ۵ نمودار افت و خیز برگشت‌پذیر طرح

مثـــال :

یک راه دوخطه درون شهری دارای مشخصات زیر است : تعداد متوسط ۳۰۰۰۰ وسیله نقلیه در روز که ۱۰٪ آنها وسایل نقلیه سنگین با وزن متوسط ۱۳/۶ تن بوده و توزیع آمد و شد وسایل سنگین‌در دوجهت یکسان است . نرخ رشد سالیانه ترافیک ۳٪ و بار مجاز محـور ساده ۸/۲ تن است با استفاده از نتایج اندازه‌گیری افت‌وخیز (مثال بخش ۳ــ۱۳) به‌وسیله تیر بنکلمن مدت زمانی را که به‌روکش‌کردن روسازی باقی مانده است ، تخمین بزنید .

۱ ــ عدد ترافیک اولیه (ITN) : ۱۲۰۰ (بخش ۳ــ۸)

۲ ــ مقدار آماری افت و خیز : ۰/۸۷ میلی‌متر (مثال بخش ۳ــ۱۳)

۳ ــ (DTN) تصحیح شده : ۱۶۸ (از شکل ۳ــ۵)

۴ ــ ضریب تصحیح (ITN) : $\frac{DTN}{ITN}=\frac{۱۶۸}{۱۲۰۰}=۰/۱۴$

۵ ــ نرخ رشد ترافیک :۳٪

۶ ــ زمان باقیمانده به‌روکش : سه سال (از جدول ۳ــ۴)

فصل چهارم

طراحی روکشهای آسفالتی

۴ – ۱ روکشها

روکشهای آسفالتی به‌منظور مرمت خرابیهای بنیادی (سازه‌ای) و خرابیهای سطحی انجام می‌گیرد. وضعیت موجود روسازی و تخمین آمدوشد آتی دوعامل تعیین‌کننده‌ضخامت روکش است. خرابیهای سطحی روسازیهای آسفالتی معمولا" با اجرای یک قشر نازک بتن آسفالتی‌که ضخامت آن‌از روی تجربه به‌دست‌می‌آید قابل اصلاح است. اما درموردخرابیهای بنیادی ضخامت روکش باید طراحی گردد به‌طوری که روسازی مرمت شده عملکردی مشابه‌یک روسازی کاملا" جدید در همان محل داشته باشد.

دراین فصل روشهای مرمت‌هردونوع خرابی‌فوق توسط روکشهای‌آسفالتی‌ارائه‌می‌گردد. روشهای مرمت خرابیهای موضعی در یکی دیگر از نشریات این مؤسسه(MS - 16)موجود است.

الف: مرمت خرابیهای سطحی در روسازیهای آسفالتی

۴ – ۲ نیاز به‌تجدید روکش

هرچند ممکن است که ارزیابی یک روسازی آسفالتی تکافوی سازه‌ای روسازی‌را برای‌یک دورهٔ زمانی مشخص نماید اما شرایط سطح روسازی ممکن است نیاز به‌تجدید روکش‌را ایجاب کند. در بسیاری‌از موارد یک لایه نازک روکش ممکن‌است عملکرد خوب روسازی را طولانی‌تر کرده و باعث هموارشدن راه و ایجاد امنیت بیشتر برای استفاده کنندگان از آن گردد. همچنین اغلب یک لایه نازک روکش بر روی سطوح صاف و هموار روسازیهایی که احتیاج

به‌تعریض و یا اصلاح پروفیل طولی و عرضی دارند اجرا می‌شود. مورد دیگری که از روکشهای نازک آسفالتی استفاده می‌شود اجرای آنها بر روی راههایی است که در برنامه مرحله‌ای بهسازی چندبین‌بار لکه‌گیری شده‌اند.

برخی از دلایل عمدهٔ دیگربه‌غیراز عدم کفایت باربری که ممکن است اجرای روکش را ایجاب کنند عبارتنداز: نفوذپذیری زیاد روسازی، جداشدن دانه‌ها، زبری سطح، تغییر-شکل‌دادن پروفیل عرضی و سطوح لغزنده.

۴ ــ ۳ نفوذپذیری و جداشدن دانه‌ها

علل نفوذپذیری زیاد و جداشدن دانه‌ها معمولاً" مشابه بوده و عبارتند از: وجود درشت‌دانه‌های بیش ازحد در مخلوط آسفالتی، کمبود میزان قیر مصرفی در مخلوط آسفالتی و یا تراکم غیرکافی مصالح آسفالتی. هرکدام ازاین علل ممکن است بر قدرت‌باربری‌روسازی تأثیر گذارند ولی معمولاً" در آن حدی نیستند که خرابیهای بنیادی را ناشی شوند. مرمت اساسی روسازیهای نفوذپذیر و آنهایی که دانه‌های جداشده دارند نیز مشابه بوده و عبارت است از اجرای یک لایه نازک روکش که در ضمن سطح را نیز آب‌بندی می‌کند.

۴ ــ ۴ ناهمواری

علل ناهمواریهای سطح معمولاً" عبارتنداز: نشستها، جداشدن دانه‌ها، موج‌برداشتنها شکستگیها، خردشدگیها و خرابیهای مشابه دیگر.

خرابیهای بنیادی موضعی‌را باید مرمت‌کرده و روی‌آنها یک لایه هموارکننده ریخته و سپس اقدام به‌پخش یک قشر نازک روکش نمود.

۴ ــ ۵ تغییرشکل دادن پروفیل عرضی روسازی

تغییرشکل‌دادن پروفیل‌عرضی‌به‌تنهایی می‌تواند عملکرد روسازی را ضعیف کند اصلاح پروفیل عرضی معمولاً" شامل پخش یک لایه اصلاح‌کننده و به‌دنبال آن پخش یک لایه روکش است. اندازهٔ بزرگترین دانه مخلوطهایی که برای لایه‌اصلاح‌کننده به‌کار می‌رود باید طوری انتخاب شودکه امکان‌کاهش تدریجی ضخامت درنقاط بلند روسازی وجود داشته‌باشد. لایهٔ اصلاح‌کننده باید طوری طرح و اجرا شود که زیر لایهٔ رویه، سطحی هموار و صاف‌بوجود

آورد .

۴ ــ ۶ لغزنده‌بودن سطح

برای مرمت روسازیهایی که سطح آنها لغزنده است باید از مصالحی استفاده کرد که از سر خوردن وسیلهٔ نقلیه بر روی آنها جلوگیری شود .

برای این منظور باید از مخلوطهای ماسه و قیری که به‌طور مناسب طراحی شده باشند و یا از بتن آسفالتی با دانه‌بندی ریز و مصالح سخت و مقاوم استفاده کرد . در بعضی موارد استفاده از آسفالت سطحی و اندود آب‌بندی (اسلاری سیل) هم نتایج مؤثری دارد . در صورتی‌که سطح راه قیرزده باشد، باید قبل‌ازاجرای‌روکش آسفالت چندین‌بار اقدام به‌پخش ماسه و یا مصالح ریزداغ نمود تا قیر اضافی روی سطح راه خشک و محو شود . در مواقعی که مقدار قیرزدگی کم باشد استفاده از یک لایه آسفالت حفاظتی ساخته شده در کارخانه و یا اندود آب‌بندی (سیل کت)دانه‌داری که دانه‌ها خاصیت جذب قیر زیاد داشته باشند و یا بتن آسفالتی با درصد قیر کم‌راه حل کافی و مناسبی‌است . باید توجه داشت‌که پس ازانجام کلیه تدابیر فوق اجرای یک لایه روکش برای جلوگیری از جداشدن دانه‌هاضروری‌است. برای جمع‌کردن قیر اضافی می‌توان از ماشین‌آلات مخصوص استفاده کرد و یا در مواردی که مقدار قیررو زده خیلی زیاد است باید اقدام به‌جمع‌آوری کل لایه آسفالتی کرد .

برای اطلاعات بیشتر در مورد مرمت رویه‌های قیرزده به‌نشریه (MS-16) مؤسسه آسفالت مراجعه کنید .

۴ ــ ۷ انتخاب نوع مخلوط‌آسفالتی قشر رویه

مصالح قشر رویه باید طوری‌انتخاب شوند که اجرای آن در ضخامتهای‌نازک‌امکان‌پذیر بوده ، فضاهای خالی سطح را پر کرده ، یک سطح غیرقابل نفوذ و مقاوم دربرابرلغزش بوجود آورند. این مصالح در ضمن بایدبه‌اندازهٔ‌کافی درمقابل سایش ناشی از ترافیک مقاوم‌باشند .

مصالحی که خواسته‌های فوق‌را برآورده‌کنند عبارتنداز :بتن آسفالتی که بعد بزرگترین دانه‌های آن کوچک باشد ، مخلوط ماسه قیر گرم ، و اندودهای آب‌بندی . مشخصات فنی بتن آسفالتی و مخلوطهای ماسه قیر در نشریه (SS-1) و اندود آب‌بندی در نشریه (MS-13) مؤسسه آسفالت با جزئیات کامل ارائه شده است .

بتن آسفالتی‌ریزدانه و مخلوطهای ماسه‌و قیررا می‌توان درقشرهای نازک تا ۱۳میلی‌متر

نیز اجراء نمود . (به‌نشریه MISC-68-3 مؤسسه آسفالت مراجعه کنید) چون مخلوطهای فوق وقتی درست طرح و اجرا شده باشند عمر بهره‌برداری زیادی دارند از آنها به عنوان قشر رویه روکش راههایی‌استفاده می‌شودکه ترافیک زیادی دارند از این مصالح کمتربه‌عنوان لایه هموارکننده استفاده می‌شود . سطح حاصل از این مصالح بسیار مناسب و زیبا می‌باشد . اندودهای آب‌بندی مثل سیل کتها و یا اسلاری سیلها بیشتر در راههای با حجم ترافیک پایین قابل استفاده‌اند .از لایه‌های آسفالتی زبر با دانه‌بندی باز می‌توان برای اجتناب از پدیدهٔ هیدروپلانینگ* و پاشیدن آب از زیر لاستیکها و همچنین برای ایجاد یک سطح غیر ـ لغزنده استفاده کرد . سطح زیر این لایه‌های آسفالتی باید غیرقابل نفوذ و تقریبا" هموار باشد . این لایه‌ها معمولا" به‌ضخامت ۲۰ تا ۲۵ میلی‌متر اجرا می‌شوند و علاوه بر این که با حداقل مصالح ، سطح غیر لغزنده‌ای را بوجود می‌آورند قادرند ناهمواریهای ناچیز سطح‌راه را نیز هموار کرده و کیفیت رانندگی را بر روی روسازیهایی که از نظر سازه‌ای بی‌عیب‌هستند بالا ببرند .توصیه‌ها و جزئیات طرح و اجرای لایه‌های آسفالتی‌زبر با دانه‌بندی بازدرنشریه (CL - 10) انستیو آسفالت ارائه شده است .

ب : مرمت خرابیهای بنیادی(سازه‌ای)

۴ ـ ۸ روکشهای تقویتی

مرمت خرابیهای بنیادی احتیاج به‌ضخامت معین از یک لایه‌روکش آسفالتی دارد ، به‌طوری‌که روکش فوق ، روسازی راه را برای ترافیک پیش‌بینی شده در یک دوره طرح معین تقویت نماید . این کار می‌تواند فقط با اجرای یک لایه روکش انجام‌پذیرد و یا این که جزئی از یک برنامهٔ جامع بهسازی راه باشد . طرح روکش را می‌توان برای یک دوره کامل‌طرح‌بیست ساله و یا در صورتی که تصمیم به‌بهسازی روسازی در چند مرحله باشد در زمانهای کوتاهتر انجام داد .

در تمام موارد فوق روکش آسفالتی به‌عنوان جزئی از کل روسازی راه طرح می‌شود به‌طوری که ضخامت ،مقاومت و مشخصات آن جوابگوی نیازهای یک راه تازه تأسیس شده‌مشابه

---

* هیدروپلانینگ : این پدیده در روسازیهایی بوجود می‌آید که سطح رویه آنها صاف بوده و در مواقع بارندگی که سطح راه خیس است اتومبیلهایی که با سرعت زیاد حرکت می‌کنند بر روی یک فیلم نازک آب حرکت کرده و تماس با سطح رویه ندارند .

درهمان محل باشد .برای پخش یکنواخت تنشها و عملکرد واحدروکش و روسازی قدیم اجرای یک لایه اندود سطحی که روکش را به‌روسازی قدیم می‌چسباند ضروری است .

۴ ــ ۹ طرح و اجرای روکش در چند مرحله

روشهای طراحی ارائه شده در این فصل را می‌توان برای طرح روکشها در چند مرحله به‌کار برد . با انتخاب یک دوره طرح کوتاه مثلا" دو و یا پنج ساله برای نوبت اول روکش و اجرای آن پس از چندسال دیگر قبل از این که حجم و وزن ترافیک از ظرفیت باربری راه بیشتر شود باید مراحله دوم روکش را آغاز نمود . عملکرد روسازی را باید هردوسال یک‌بار ارزیابی نمود تا زمان روکش دوم پیش‌بینی شود . روشهای اندازه‌گیری افت‌وخیز روسازیها را می‌توان در هردو مرحله اول و دوم روکش برای هرنوع روسازی به‌کار برد .

ج : *طرح روکش برای روسازیهای آسفالتی*

۴ ــ ۱۰ طرح روکش

با توجه به‌داده‌هایی‌که از روشهای ارزیابی روسازیها (فصل سوم)به‌دست می‌آیدهمراه با روشهایی که در دوبخش زیر ارائه شده است می‌توان ضخامت‌روکش را به‌دست آورد .

۴ ــ ۱۱ طرح روکش با استفاده از تجزیه و تحلیل لایه‌های روسازی

برای به‌دست‌آوردن ضخامت روکش مراحل زیر را انجام دهید :

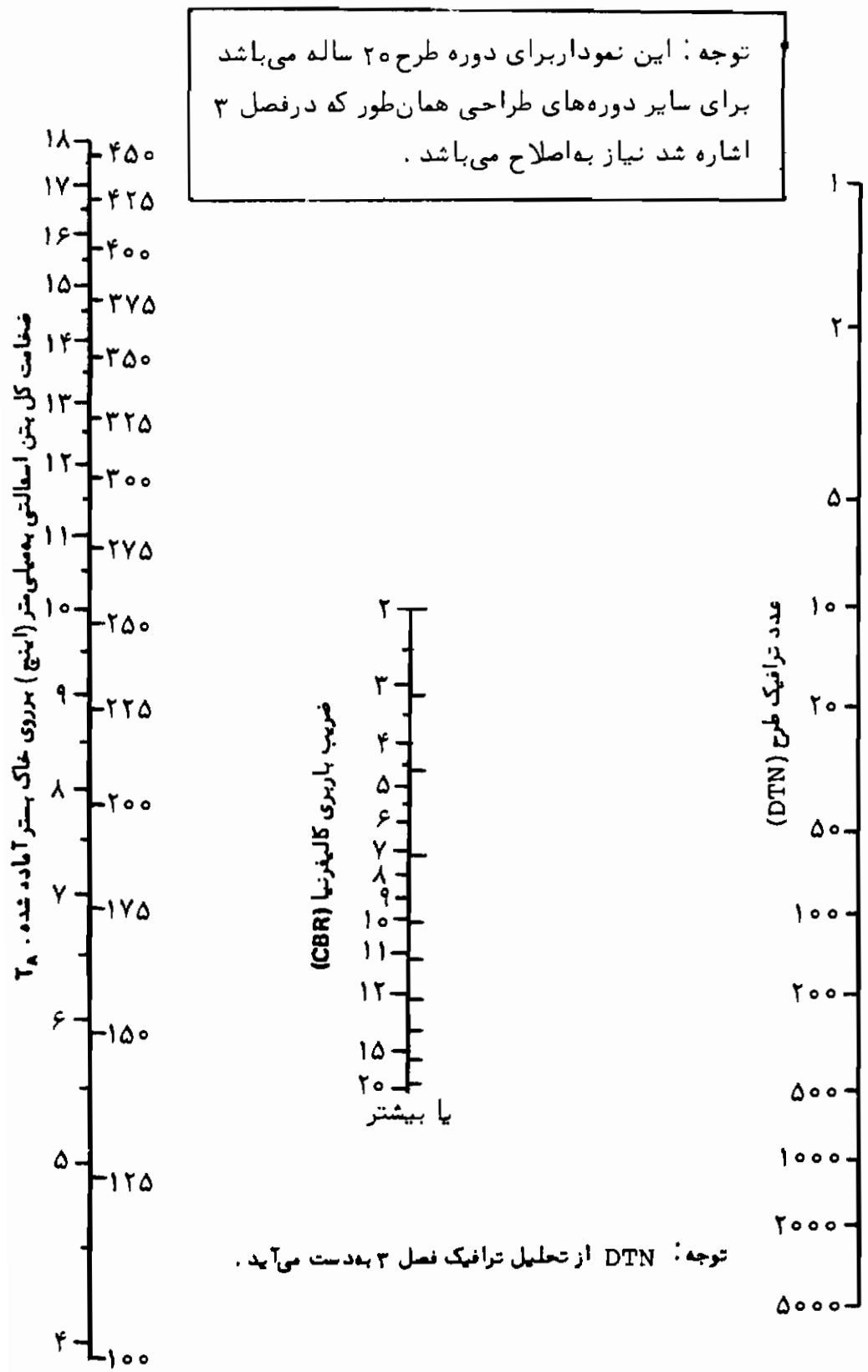
۱ ــ مقاومت طرح خاک بستر را معین کنید .

۲ ــ عدد ترافیک اولیه (ITN) را مشخص کنید .

۳ ــ با توجه به‌دوره طرح ضریب تصحیح را پیدا کرده و نرخ رشد سالیانه ترافیک را تخمین بزنید .

۴ ــ عدد اولیه ترافیک را در ضریب تصحیح ضرب کنید تا عدد ترافیک طرح (DTN) به‌دست آید .

۵ ــ با توجه به‌نمودارهای طرح شکل ۴ــ۱ و یا ۴ــ۲ ضخامت روسازی تمام آسفالتی را به‌دست آورید (T_a)



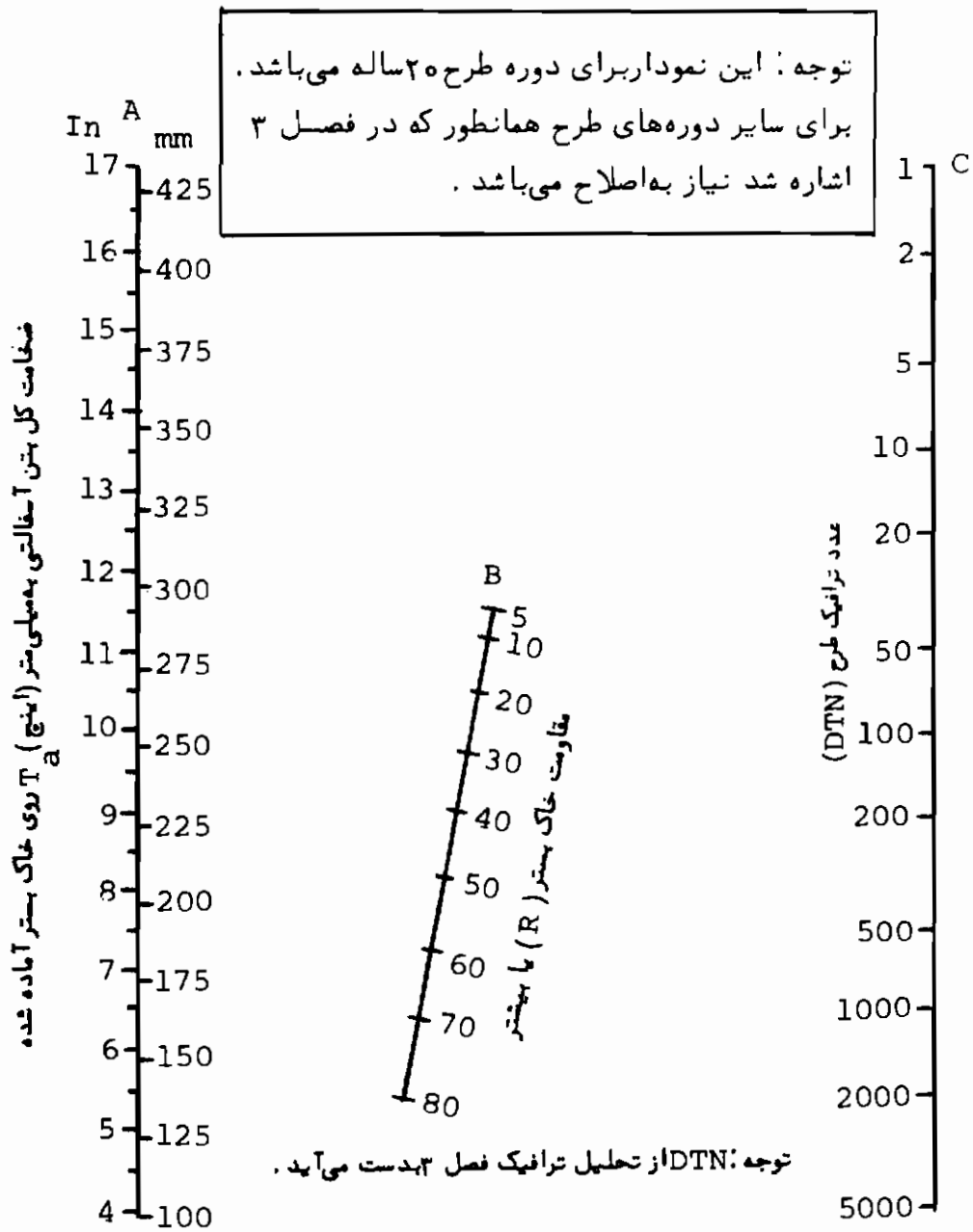
شکل ۴–۱ نمودار طرح ضخامت روسازیهای آسفالتی با استفاده از خاک بستر و یا آزمایش صفحه بارگذاری

۶ ـ ضخامت مؤثر روسازی موجود را معین کنید (T_e) .

۷ ـ ضخامت روکش لازم : $T_a - T_e$

مثـال :

در یک راه درون‌شهری دوخطه تعداد متوسط روزانه وسایل نقلیه ۴۰۰۰ است که ۱۰% آن وسایل نقلیه سنگین با وزن ناخالص متوسط ۱۳/۶ تن است . وزن مجاز محور ساده ۸/۲



شکل ۴ـ۲ نمودار طرح ضخامت روسازیهای آسفالتی با استفاده از مقـاومـت خاک بستر (R)

تن و نرخ رشد سالیانـه‌ترافیک ۴% است .روسازی موجود تشکیل شده از ۷/۵ سانتی‌متربتن آسفالتی و ۲۰ سانتی‌متر اساس شکسته ، شرایط کلی روسازی برای وضع فعلی‌مناسب‌است ولی ارزیابیها نشان می‌دهد که برای تحمل رشد ترافیک در آینده تقویت روسـازی لازم است . ضخامت روکش لازم را برای یک دوره طرح بیست‌ساله و همچنین برای یک دورهٔ پنج‌ساله جهت اجرای مرحله‌ای روکش محاسبه کنید .

دوره طرح بیست ساله

۱ ـ مقاومت طرح خاک بستر: CBR =۵ (تحلیل خاک بستر، فصل سوم)

۲ ـ عدد ترافیک اولیه (ITN):

الف ـ ترافیک روزانه اولیه: ۴۰۰۰ وسیله نقلیه

ب ـ تعداد وسایل نقلیه سنگین در خط طرح: ۴۰۰۰×۰/۵×۰/۱=۲۰۰

ج ـ وزن متوسط وسایل نقلیه سنگین: ۱۳/۶ تن

د ـ وزن محور ساده مجاز: ۸/۲ تن

هـ ـ عدد ترافیک اولیه: با توجه به‌شکل(۳ـ۱)=۹۰

۳ ـ ضریب تصحیح عدد ترافیک اولیه:

الف ـ دورهٔ طرح ۲۰ ساله

ب ـ نرخ رشد ترافیک : ۴%

ج ـ ضریب تصحیح: با توجه به(جدول ۳ـ۴) =۱/۴۹

۴ ـ عدد ترافیک طرح (DTN): ۹۰×۱/۴۹=۱۳۴

۵ ـ ضخامت روسازی تمام آسفالتی: سانتی‌متر ۲۴= T_a

۶ ـ ضخامت مؤثر T_e=14

۷ ـ ضخامت روکش آسفالتی: سانتی‌متر ۱۰=۱۴ـ۲۴= $T_a - T_e$

ضخامت مؤثر (T_e) = (Cm)	ضریب تبدیل (جدول ۳ـ۱)	×	ضخامت لایه‌های روسـازی (Cm)
۶	۰/۸		۷/۵
۸	۰/۴		۲۰/۰
جمع ۱۴			

دوره طرح پنج ساله

۱ ــ مقاومت طرح خاک بستر: CBR=۵
۲ ــ عدد ترافیک اولیه (ITN): ۹۰
۳ ــ ضریب تصحیح عدد ترافیک اولیه :
الف ــ دوره طرح: ۵ سال
ب ــ نرخ رشد ترافیک: ۴%
ج ــ ضریب تصحیح: (از جدول ۳ــ۴) = ۰/۲۷
۴ ــ عدد ترافیک طرح (DTN): ۹۰×۰/۲۷=۲۴
۵ ــ ضخامت روسازی تمام آسفالتی: سانتی‌متر T_a=۲۰
۶ ــ ضخامت مؤثر: سانتی‌متر T_e=۱۴ (مانند دوره طرح ۲۰ ساله)
۷ ــ ضخامت روکش آسفالتی لازم: سانتی‌متر T_a-T_e=۲۰ــ۱۴=۶

۴ ــ ۱۲ طرح روکش به‌روش تحلیل افت‌وخیز روسازی

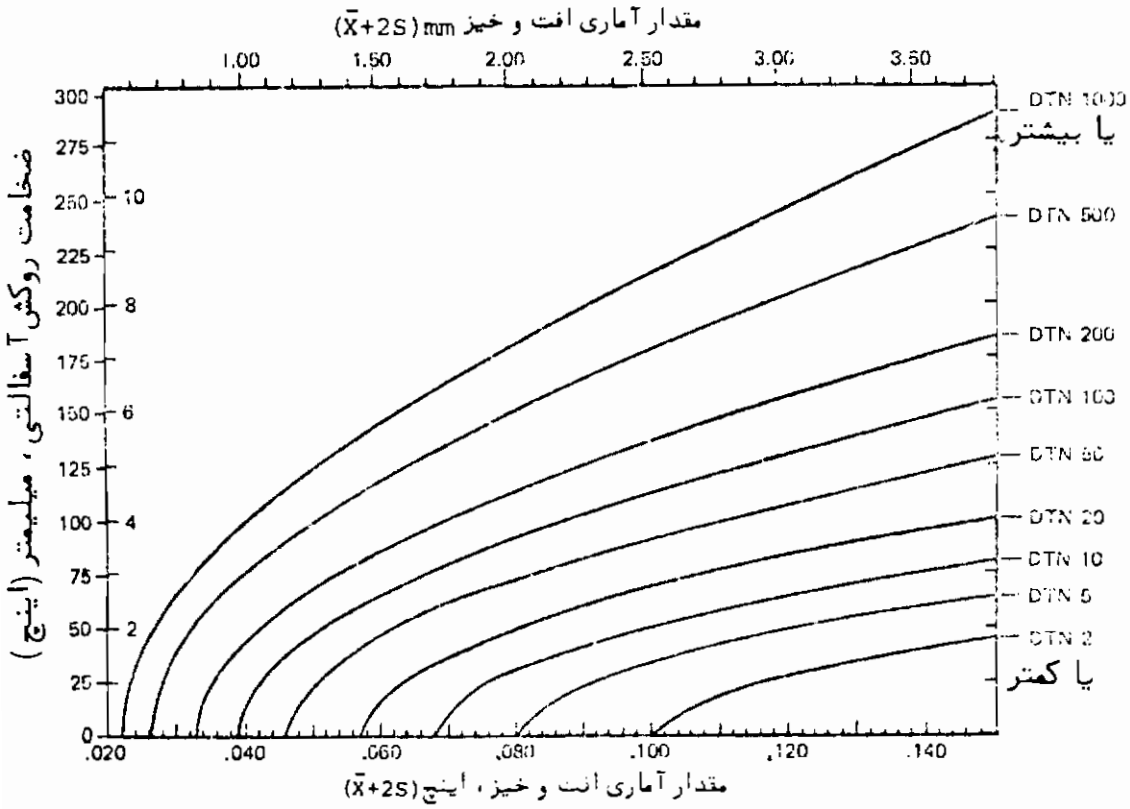
برای محاسبه ضخامت روکش مراحل زیر را طی کنید.
۱ ــ مقدار آماری افت و خیز روسازی را محاسبه کنید.
۲ ــ عدد ترافیک اولیه (ITN) را مشخص کنید.
۳ ــ ضریب تصحیح عدد ترافیک اولیه را با توجه به‌دوره طرح* و نرخ رشد سالیانه ترافیک پیدا کنید.
۴ ــ از حاصل‌ضرب ضریب تصحیح در عدد ترافیک اولیه، عدد ترافیک طرح (DTN) را به‌دست آورید.
۵ ــ با توجه به‌مقدار آماری افت و خیز و عدد ترافیک طرح از نمودار شکل ۴ــ۳ ضخامت روکش را پیدا کنید.

---

* در برنامه مرحله‌ای روکش کردن طراحی باید شامل ضخامت کل روکش برای یک دوره طرح ۲۰ ساله، ضخامت روکش درمرحله اول اجرای آن و دوره طرح‌اولیه آن باشد. برای‌تعیین زمان مرحله دوم اجرای روکش وضعیت روسازی باید هردوسال یک بار بررسی گردد. دوره طرح اولیه روکش نباید بیش از ۵ سال باشد.

مثال :

در یک آزاد راه چهارخطه درون‌شهری تعداد متوسط روزانه وسایل نقلیه ۱۶۰۰۰ است که ۱۵٪ آنها وسایل نقلیه سنگین با وزن ناخالص متوسط ۱۴/۵ تن می‌باشد . تخمین زده می‌شود که ۴۵٪ وسایل سنگین از خط طرح عبور کنند . نرخ رشد سالیانه ترافیک ۵٪ و وزن مجاز محور ساده ۸/۲ تن است ، در سطح روسازی ترکهایی بوجود آمده و افت و خیز زیاد طرح روکش را ایجاب می‌کند . ضخامت روکش را برای یک دوره طرح بیست ساله وبرای نوبت اول (پنج‌ساله) یک برنامهٔ مرحله‌ای‌بهسازی محاسبه کنید .



شکل ۴ــ۳ نمودار طرح ضخامت روکش آسفالتی با توجه به‌افت‌وخیز روسازی

۱ ــ مقدار آماری افت و خیز= fc ($\bar{X}$ + S)

(حدس زده می‌شود) c = ۱/۲۵ و f = ۰/۸۸ و S = ۰/۱ mm و $\bar{X}$ = ۱/۵۵ mm

مقدار آماری افت‌وخیز = (۱/۵۵+۰/۲) × ۰/۸۸ × ۱/۲۵ = ۱/۹۳

۲ ــ عدد ترافیک اولیه : ۵۹۰

۳ ــ ضریب تصحیح عدد ترافیک اولیه (ITN)

الف ـ برای دوره طرح ۵ ساله : ۰/۲۸

ب ـ برای دوره طرح ۲۰ ساله : ۱/۶۷

۴ ـ عدد ترافیک طرح (DTN)

الف ـ برای دوره طرح ۵ ساله : ۱۶۵=۰/۲۸×۵۹۰

ب ـ برای دوره طرح ۲۰ ساله : ۹۸۵=۱/۶۷×۵۹۰

۵ ـ ضخامت روکش

الف ـ برای دوره طرح ۵ ساله : میلی‌متر ۱۰۰

ب ـ برای دوره طرح ۲۰ ساله : میلی‌متر ۱۷۰

د : *طرح روکش آسفالتی برای روسازیهای بتنی*

آزمایشهایی که توسط " اتحادیه مهندسین ارتش آمریکا " بر روی روسازی فرودگاهها و توسط "اشتو" بر روسازی راهها انجام گرفته نشان می‌دهد که اجرای روکشهای آسفالتی با ضخامت کافی بر روی روسازیهای بتنی باعث افزایش قدرت باربری آنها می‌گردد . ضخامت روکش لازم را از همان روش تحلیل لایه‌های روسازی می‌توان به‌دست آورد . روسازیهای صلب دارای مسائلی خاص خود مانند ترکها ، درزها ، دالهای ناپایدار و شکسته هستندکه باید در طرح توجه خاصی به‌آنها مبذول داشت . برای مرمت این خرابیها روشهای خاصی از افزایش حداقل ضخامت تا شکستن دالهای آسیب‌دیده به‌قطعات کوچکتر به‌کار می‌رود .

وقتی یک روسازی صلب غیرمسلح دارای دالهای ناپایدار و جابجا شده باشد یاآب زیر آنها جمع شده و بیرون پاشیده می‌شود و یا این که دالها شکسته شده باشند باید روسازی‌را در قطعات کوچکتر شکست و این قطعات را بوسیله غلتک زنی در داخل بستر دال با توجه به‌آنچه در فصل سیزدهم آمده است محکم نمود . (این روش در مورد روسازیهای بتن مسلح پیشنهاد نمی‌شود) .

در بعضی موارد ممکن است قبل از اجرای‌روکش زیر دال را بوسیله قیر با درجهٔ نرمی زیاد آب‌بندی و پر کرد .اطلاعات بیشتر در این مورد در نشریه (CL - 13) مؤسسهٔ آسفالت ارائه شده است .

درزها و ترکها در روسازیهای صلب معمولا"بصورت ترکهای‌انعکاسی در روکش آسفالتی نمایان می‌شوند که جلوگیری و یا به‌حداقل‌رساندن بروز این ترکها در قشر رویه ازمسائل‌مهم طراحی روکش است . ترکهای انعکاسی باعث نفوذ آبهای سطحی شده و پیوستگی سطح روکش را از بین می‌برند و در نتیجه باعث کاهش مقاومت آن می‌گردند . لذا در صورت بروز باید

برای نگهداری روسازی مانند ترکها و درزهایی که در رویه‌های اصلی ظاهر می‌شوندآب‌بندی گردند .

مؤثرترین روش به‌حداقل رساندن ترکهای‌انعکاسی ،خردکردن دالها به‌قطعات‌کوچکتر (حدود ۶۰×۶۰ سانتی‌متر) و نشاندن آنها در لایهٔ زیرین است . روشهای انجام این کار در فصل سیزدهم آمده است . روش دیگر برای جلوگیری و یا به‌تعویق انداختن بروز این ترکها این است که در هیچ حالت ضخامت روکش از ۱۱/۵ و در مواقعی که خاک بستر ضعیف است از ۱۸ سانتی‌متر کمترنباشد . اغلب اتفاق می‌افتدکه ضخامت لازم برای تکافوی سازه‌ای یک روسازی کمتراز ضخامت لازم برای حداقل کردن ترکهای انعکاسی می‌باشد ،دراین صورت مهندس طراح باید مقایسه اقتصادی کرده و از بین مخارج اولیه زیاد هزینهٔ نگهداری کم و برعکس یکی را انتخاب نماید .

روش طراحی‌که‌دراینجاارائه شده‌است‌برای تعیین ضخامت روکش دریک دوره کامل‌طرح بیست‌ساله و یا عملیات مرحله‌ای روکش قابل کاربرد است .

۴ ــ ۱۴ طرح روکش به‌روش تحلیل لایه‌های روسازی صلب

برای تعیین ضخامت روکش یک روسازی صلب‌مراحل زیر را طی کنید .

۱ ــ مقاومت طرح خاک بستر را به‌دست آورید .

۲ ــ عدد ترافیک اولیه (ITN) را تعیین کنید .

۳ ــ ضریب تصحیح ITN را به‌دست آورید .

۴ ــ از حاصل‌ضرب عدد ترافیک اولیه در ضریب تصحیح ، عدد ترافیک طرح (DTN) را به‌دست آورید .

۵ ــ با استفاده‌از نمودارهای طرح شکلهای۴ــ۱ یا ۴ــ۲ ضخامت روسازی تمام‌آسفالتی را به‌دست آورید .

۶ ــ ضخامت مؤثر روسازی موجود (T_e)را تعیین کنید . ضرایب تبدیل باید براساس وضعیت دال بعداز این که برای اجرای روکش آماده شدند انتخاب گردد . (به‌عنوان مثال دالهای شکسته و در جا نشسته و یا آنهایی که زیرآنها آب‌بندی و پر شده است .)

۷ ــ ضخامت روکش‌آسفالتی لازم : $T_a - T_e$

مثـــال :

در یک راه دو خطه درون شهری با روسازی بتنی تعداد متوسط‌روزانه وسایـل نقلیـه

۸۰۰۰ است که ۱۲/۵% آنها کامیونهای سنگین با وزن ناخالص متوسط ۱۵/۹ تن می‌باشد. ۵۰% وسایل سنگین در خط طرح عبور کرده، نرخ رشد سالیانه ترافیک ۵% و وزن مجاز محور ساده ۱۰/۲ تن است. روسازی موجود شامل ۲۰ سانتی‌متر رویه بتنی ترک خورده و جابجا شده و ۱۰ سانتی‌متر زیر اساس شن و ماسه‌ای است. برای یک دورهٔ طرح ۵ ساله ضخامت روکش آسفالتی لازم را بدست آورید.

۱ ــ مقاومت طرح خاک بستر. برحسب مقاومت(R) =۴۸

۲ ــ عدد ترافیک اولیه (ITN)

الف ــ ترافیک روزانه اولیه: ۸۰۰۰

ب ــ تعداد وسایل سنگین در خط طرح: ۸۰۰۰×۰/۵×۰/۱۲۵=۵۰۰

ج ــ متوسط وزن ناخالص کامیونهای سنگین: ۱۵/۹ تن

د ــ وزن مجاز محور ساده: ۱۰/۲ تن

هـ ــ عدد ترافیک اولیه (ITN): با توجه به (شکل ۳ــ۲) = ۶۲۵

۳ ــ ضریب تصحیح عدد ترافیک اولیه:

الف ــ دوره طرح: ۵ سال

ب ــ نرخ رشد سالیانه ترافیک: ۵%

ج ــ ضریب تصحیح: ۰/۲۸

۴ ــ عدد ترافیک طرح (DTN): ۶۲۵×۰/۲۸=۱۷۵

۵ ــ ضخامت روسازی تمام آسفالتی: سانتی‌متر ۲۰=T_a

۶ ــ ضخامت مؤثر (T_e=۱۲/۵)

۷ ــ ضخامت روکش آسفالتی لازم: سانتی‌متر ۷/۵=۱۲/۵ــ۲۰= $T_a - T_e$

ضخامت مؤثر (T_e) = (Cm)	ضریب تبدیل (جدول ۳ــ۱)	×	ضخامت لایه‌های روسازی (Cm)
۱۰	۰/۵*		۲۰
۲/۵	۰/۲۵		۱۰
جمع ۱۲/۵			

* دالی که شکسته شده وبه‌وسیله غلتکهای چرخ لاستیکی سنگین به‌خوبی روی لایه‌زیراساس محکم شده باشد.

هـ ـ طرح تعریض روسازی و شانه‌ها

۴ ـ ۱۵ تعریض روسازی

طرح قسمت تعریضی یک روسازی دقیقا" مشابه همان چیزی است که در طراحی یک روسازی جدید درهمان محل انجام می‌شود . همزمان با طرح تعریض باید روسازی قدیم را نیز مورد ارزیابی قرار داد که آیا احتیاج به‌تقویت دارد یا خیر . پس از تعریض روسازی یک لایهٔ نازک روکش باید روی هردو قسمت قدیم و جدید اجرا شود تا یک سطح یکنواخت به دست آید .

برای نوارهای باریک تعریض روسازیها صلب که عرض آنها یک‌متر و یاکمترباشد ضخامت روسازی آسفالتی (T_a)را می‌توان معادل ضخامت رویه بتنی موجود به‌علاوه ضخامت روکش لازم انتخاب کرد . باید توجه داشت که روش فوق فقط برای روسازیهای بتنی بوده و برای روسازیهای آسفالتی قابل کاربرد نیست . هنگامی‌که عرض نوار تعریض بیشتر از یک متر باشد باید طراحی جدید انجام شود .

از آنجائی که طرح تعریض روسازیها اغلب " در ترانشه‌هایی که زه‌کشی نمی‌شوند اجرا می‌شود باید در موردزه‌کشی لایه‌های دانه‌ای روسازی موجودبویژه در گودترین نقطه‌قوسهای قائم تدابیر خاصی به‌کار برد .طرح و اجرای این زه‌کشها در نشریه (MS-15)موسسه آسفالت ارائه شده است .ضخامت بار بر قسمت تعریضی باید کاملا" از بتن آسفالتی و یااساس‌تثبیت شده با قیر ساخته شود .

۴ ـ ۱۶ طرح شانه‌ها

در راههای پرترافیک اصلی و سراسری بهترین روسازی برای‌شانه‌ها طرح تمام‌آسفالتی است . با این روش اجرا می‌توان شانه‌ها را مستقیما" روی خاک بستر آماده شده احداث‌کرده. و ضمنا" اگر در آینده احتیاج به‌تعریض روسازی باشد می‌توان از شانه‌ها به‌عنوان یک قسمت بار بر روسازی استفاده کرد . شانه‌های آسفالتی راه در کنترل رطوبت خاک بستر نقش مهمی دارند چون آبهای سطحی را به‌سمتی دورتر از خطوط سواره‌رو هدایت کرده و به‌علاوه وقتی بر روی خاکهای ریزدانه قرارمی‌گیرند و رود آب به‌داخل خاک‌بستر را به‌تعویق می‌اندازند .

تعیین ضخامت تمام آسفالتی روسازی شانه‌ها (T_a) مانند طرح یک روسازی جدید در همان محل‌است .در یک دورهٔ طرح بیست ساله و یاکمتردرنظرگرفتن‌عدد ترافیک طرح (DTN) ۱ و یا حداقل ۱۰ سانتی متر بتن آسفالتی برای طرح شانه‌ها پیشنهاد می‌شود .

در مورد انواع دیگر راهها که حجم ترافیک کمتری دارند باید طرحهای مختلف ارائه شود و آن که از نظر اقتصادی با صرفه‌تر است انتخاب گردد . به‌عنوان مثال یک لایهٔ تمام آسفالتی را می‌توان با یک لایه اساس دانه‌ای تثبیت نشده که روی آن لایه آسفالتی مشابه قسمت سواره‌رو ریخته می‌شود و یا برای ترافیکهای کم با یک لایه اساس و یک قشر آسفالت سطحی ، مقایسه کرد . برای انجام چنین مقایسه‌ای از روشهای موجود در این کتاب می‌توان استفاده‌کرد مثلا"ضخامت لایه اساس لازم برابر است‌با ضخامت روسازی تمام آسفالتی‌منهای ضخامت رویه (حداقل ۲/۵ سانتی‌متر پیشنهاد می‌شود) که در اعداد زیر ضرب شده‌باشند .

الف ــ برای لایه اساس تثبیت نشده با کیفیت بالا : ۲/۰

ب ــ برای لایه اساس تثبیت نشده با کیفیت‌پایین : ۲/۷

معیار کیفیت بالا و پایین مصالح براساس جدول زیر است :

آزمایش	کیفیت بالا	کیفیت پایین
CBR حداقل	۱۰۰	۲۰
یا حداقل مقاومت (R)	۸۰	۵۵
حداکثر حد روانی	۲۵	۲۵
حداکثر نشانه خمیری	غیرخمیری	۶
حداقل ارزش ماسه‌ای (SE)	۵۰	۲۵
حداکثر درصد رد شده از الک شماره ۲۰۰	۷	۱۲

۴ ــ ۱۷ زه‌کشی

مسأله زه‌کشی در بهسازی راهها مانند راههای جدید از مهمترین مسائل طراحی می‌باشد وقتی بهسازی راه شامل اجرای یک لایه روکش برای هموارکردن سطح باشد ، تغییر سیستم زه‌کشی لزومی ندارد اما در صورتی که خرابیهای سطح روسازی ناشی از ضعف سیستم زه‌کشی باشد یک سری مطالعات کامل و اساسی برای مرمت راه لازم است . همچنین وقتی بهسازی‌راه شامل تعریض شانه‌ها و اضافه کردن تعداد خطوط است باید سیستم زه‌کشی راه را مورد مطالعه و در صورت لزوم تغییر داد .

هنگامی که‌مناطق وسیعی از زمینهای اطراف راه روسازی شده باشند و همچنین گسترش شهرهای اطراف راه ممکن است شرایطی را از نظر جریان آبهای سطحی بوجودآورندکه‌سیستم زه‌کشی راه موجود تکافوی تخلیه آن را نداشته باشد . در این صورت خاک بستر اشباع شده و در روسازی خرابی بوجود می‌آید . بنابراین در مواردی به‌جز اجرای یک لایه نازک روکش هرنوع عملیات بهسازی دیگری در راه صورت گیرد باید ارزیابی دقیق زه‌کشها به‌عنوان یکی از قسمتهای طرح و مطالعات‌بهسازی انجام‌شود . مسایل زیر را باید درارزیابی سیستم‌زه‌کشی یک راه مشخص نمود .

۱ ــ آیا طرح اولیه سیستم زه‌کشی راه تکافوی وضع فعلی را دارد ؟

۲ ــ چه تغییراتی باید در طرح داد تا قسمتهایی از سیستم که ممکن است خرابیهای سازه‌ای ناشی از ضعف آنها باشد اصلاح گردند ؟

۳ ــ در صورتی‌که طرح سیستم زه‌کشی در هنگام نوسازی راه مناسب بوده آیا تغییراتی در وضع سازه‌ای و یا محیطی بوجود آمده تا باعث لزوم تغییر سیستم شود .

۴ ــ آیا در وضعیت زمینهای مجاور راه تغییراتی داده شده و یا داده خواهد شد که باعث تغییر جریان آبهای سطحی و در نتیجه عدم تکافوی سیستم زه‌کشی موجود گردد یا خیر ؟

در یکی از نشریات مؤ سسه آسفالت (MS-15) به‌سؤالات بالا پاسخ داده شده و روشهای مرمت معایب زه‌کشها در هرنوع راهی ارائه شده است .

ازآنجایی که طرح و اجرای صحیح بتن آسفالتی یک سطح غیرقابل نفوذ را بوجود می‌آورد در جاهایی‌که‌روسازی تمام آسفالتی است وجود زه‌کشهای جانبی ضرورتی ندارد با وجود این زه‌کشهای جانبی‌را باید درخاکبرداریها ،نقاط‌گود و درفواصل مناسب در شیبهای طولانی به‌کار برد . در لایه‌های اساس دانه‌ای معمولا" زه‌کشهای جانبی و طولی در فواصل معینی اجرا می‌شوند .

فصل پنجم

بهسازی وضعیت هندسی راهها

۵ ـ ۱ تکافوی هندسی

راههای قدیمی معمولا" برای ترافیک و سرعت کمتری از آنچه امروزه لازم است ساخته شده‌اند . اگر ارزیابی وضع هندسی یک راه مشخص کند که به‌دلیل عرض کم ، قوسهای تند ، فواصل دید کوتاه و یا اشکالات دیگر راه قادر به‌جوابگویی ترافیک جدید نیست باید معایب آن را برطرف نمود . در تمام موارد فوق می‌توان از بتن آسفالتی برای تعریض ، اصلاح‌مسیر ، اصلاح مقطع عرضی و شانه‌های هرنوع روسازی استفاده کرد .

به‌عنوان قسمتی از ارزیابیها باید پارامترهای زیر را با استانداردهای موجود مقایسه کرد :

عرض خطها ، عرض شانه‌ها ، ابعاد زه‌کشهای سطحی و عمقی ، عرض حریم ، شیبها ، هندسه مسیر ، فواصل دید و مقاطع عرضی .

استانداردها معمولا" با توجه به‌نوع راه متفاوت بوده و بستگی به‌حجم و نوع ترافیک دارند . به‌عنوان مثال‌آیین‌نامه" اشتو" در مورد راههای اصلی بین شهری می‌باشد . در سایر موارد نیز می‌توان آیین نامه مورد نظر را به‌دست آورد .

در این فصل روشهای ارزیابی و اصلاح معایب هندسی راهها به‌اختصارارائه‌شده‌است .

۵ ـ ۲ تعریض روسازی

بررسی عرضها : برای بررسی‌عرضهای روسازی باید پارامترهای زیر را بااستانداردهای

انتخاب‌شده مقایسه کرد .

الف ــ تعداد و عرض خطهای سواره‌رو .

ب ــ عرض روسازی شده .

ج ــ خطهای اضافی برای دورزدن ترافیک و کاهش سرعت .

د ــ خطوط شتاب‌گیری .

هـ ــ خطوط اضافی برای وسایل کندرو

و ــ عرض شانه‌ها

ز ــ ابعاد قنوها ، جدولها ، پلها و آب‌روها .

ح ــ عرض و وضعیت حریم راه .

اصلاح عرض: روسازیهای خیلی باریک‌را باید برای تطابق‌آنها بااستانداردهای‌جدید عریض‌کرد . تعریض راهها ممکن است از اضافه‌کردن چندین سانتی‌متر به‌یک طرف راه تا اضافه‌کردن چندین خط عبور به‌یک یا دوطرف راه انجام گیرد . به‌علاوه وقتی حجم ترافیک بالا است باید خطوط شتاب‌گیری و کاهش سرعت در تقاطعها احداث شود .

تعریض راهها به‌دونوع مستقل از هم تقسیم می‌شود :تعریض متعادل و تعریض غیر متعادل

تعریض متعادل‌عبارت است‌از اجرای دوباندبا عرض مساوی دردوطرف روسازی قدیمی

تعریض نامتعادل عبارت است از اجرای یک باند با عرض یکنواخت در یک سمت راه و یا دو باند با عرضهای متغیر در یک یا دوطرف راه قدیمی .

تعریض با عرضهای متغیر معمولا" برای اصلاح مسیر به‌کار می‌رود . همزمان با تعریض روسازی بایداصلاحات لازم‌را برروی شانه‌ها ،قنوها و سایرضمائم‌راه مطابق با استانداردهای جاری انجام داد . (در مورد ضمائم به‌قسمت ۵ــ۶ مراجعه کنید) .

۵ ــ ۳ هندسه مسیر

ارزیابی هندسی مسیر: بهترین روش قضاوت در مورد هندسه مسیر مطالعه نقشه‌های اجرایی راه‌است با این وجود بررسیهای‌محلی و نقشه‌برداری مجددنیز ضروری‌است .قوسهای افقی و قائم را باید بوسیلهٔ نقشه‌ها و یا نقشه‌برداری در محل مورد بررسی قرار داد . در بررسیهای محلی باید کلیهٔ موانعی را که بر روی فواصل دید اثر می‌گذارند مشخص و یاد ــ داشت نمود ، همچنین باید محدودیتهای حریم راه و امکان اضافه کردن احتمالی‌آن را مورد مطالعه قرار داد . وقتی اطلاعات فوق به‌دست آمد محل و اندازهٔ معایب هندسی راه معلوم شده و مشخص می‌شودکه آیا می‌توان‌راه موجود را با بهسازی به‌استانداردهای موردنظررساند

و یا این که باید اقدام به‌احداث یک مسیر جدید کرد .

اصلاح مسیر افقی : اصلاحات جزئی لازم درمسیر را می‌توان با ساختن باندهای تعریض در محلهای مناسب انجام داد . باندهای تعریض باید در محلهایی قرار گیرند که حداکثر اصلاحات لازم را مطابق با محدودیتهای حریم انجام دهند . برای این منظور معمولا" لازم است که باند تعریض را در یک طرف راه و در قسمتهای دیگر مسیر در سمت دیگر اجرا نمود. در اصلاح قوسها معمولا" عرض باند تعریض متغیر است ، لیکن هرجا که عملی باشد باید از باند تعریض با عرض یکنواخت استفاده کرد تا طرح تقویت سازه‌ای و عملیات اجرایی‌ساده‌تر باشد . قسمتهای‌کوچکی از روسازی قدیم که خارج از مسیر جدید قرار گرفته باشندرا می‌توان به‌شانه‌ها متصل کرد . در مواقعی‌که اصلاحات بزرگ بر روی مسیر لازم باشد تغییر محل کلی قسمتهایی از روسازی اجتناب‌ناپذیر است و در این صورت می‌توان قسمتهای حذف شده را به‌راه جدید وصل کرده و از آنها به‌عنوان پارکینگ و استراحتگاه استفاده کرد .

اصلاح مسیر قائم : دربعضی راهها بهسازی مسیر قائم برای اصلاح فواصل دیدوشیبها لازم است . برای بالاآوردن نقاط‌گود و رساندن آنها به‌تراز موردنظر می‌توان از لایه‌های گوه‌ای شکل استفاده‌کرد . برای این منظورباید از اساس تثبیت شده با قیر و یا بتن‌آسفالتی استفاده کرد ، چون در صورت به‌کاربردن مصالح دانه‌ای تثبیت‌نشده محلی‌برای تجمع آب بین دوسطح نفوذناپذیربوجود می‌آید .حداکثر ضخامت‌مقطع گوه‌ای‌شکل را معمولا" ازمقایسه اقتصادی آن با مخارج تراشیدن آسفالت قدیمی ، پرکردن با خاک بستر و روسازی مجدد تعیین می‌کنند .

در اصلاحات بزرگتر مسیر قائم معمولا" یا باید مقاطع خاکبرداری را عمیقتر کرده و یا این که نقاط‌گودرا به‌مقدار قابل توجهی بالا آورد .در این گونه موارد یا باید روسازی قدیم را خرد کرده و به‌عنوان قسمتی از روسازی جدید مورد استفاده قرار داد و یا این که آن را به‌کلی برداشت . روسازی شیبهای تغییریافته در خاکریزها و یا خاکبرداریها را که از مصالح جدید تشکیل شده‌اند باید با توجه به‌خاک بستر جدید طراحی کرد .

۵ ــ ۴ مقاطع عرضی

ارزیابی مقطع عرضی : مقاطع عرضی را باید در کل طول راه مورد ارزیابی ،درفواصل حداکثر ۳۰ متری برداشت کرد . این برداشت شامل روسازی ، شانه‌ها ، قنوها ، جداول و وضعیت حریم راه است . خصوصیات کلیهٔ قسمتهای فوق باید با استاندارد موردنظر مقایسه و معایب آنها دقیقا" مشخص شود .

اصلاح مقاطع عرضی: مرمت مقاطع عرضی روسازی موجود باید طوری باشد که شیب عرضی آسفالت، شانه‌ها و مشخصات قنوها یا سایر تأسیسات زه‌کشی راه با استانداردهای موجود مطابقت کند.

ممکن است در خیلی از موارد تصمیم گرفته شود که یک راه دو خطه تبدیل به‌یک راه چهارخطه گردد. در این صورت باید شیبهای عرضی را از شیب دوطرفه به‌شیب یک طرفه تغییر داد که این عمل با به‌کاربردن لایه‌های گوه‌ای شکل بر روی یک خط از روسازی قدیم امکان پذیر است. به‌مقاطع عرضی در شیبها خصوصا" هنگامی که مقطع دارای جدول و آبرو باشد، باید توجه خاصی داشت. مصالح به‌کار رفته در این نوع اصلاحات بتن آسفالتی و یا دیگر مخلوطهای ساخته شده در کارخانه است که جزئیات استفاده از آنها در نشریه (MS-16) مؤسسه آسفالت ارائه شده است.

۵ ـ ۵ شانه‌ها

شانه‌های آسفالتی ایمنی خوبی از خود نشان داده و در ضمن به‌عنوان یک تکیه‌گاه جانبی برای افزایش قدرت باربری روسازی عمل می‌نمایند. در اضافه‌کردن شانه‌ها برای قسمتهای تعریض شده روسازی باید ازروسازی تمام آسفالتی ازهمان نوعی که در طرح‌تعریض استفاده شده مستقیما" بر روی خاک بستر آماده شده استفاده کرد. برای جزئیات طرح و ضخامت این لایه‌ها به‌فصل چهارم بخش طراحی شانه‌ها مراجعه کنید.

۵ ـ ۶ ضمائم راه

کاربرد روزافزون قیر در راه‌سازی باعث ازدیاد ضمائمی از راه شد که درآنها از انواع مخلوطهای قیری استفاده می‌شود بعضی از این ساختمانها عبارتنداز: جداول، قنوها، موانع کوچک و شیروانیها.

جداول: استفاده از جداول آسفالتی امروزه به‌طور وسیعی در راهها و خیابانها رواج پیدا کرده است زیرا ساختن آنها سریع، ساده و ارزان بوده و در مقابل املاح یخ‌وذوب‌برف مقاومند.

کانالهای آسفالتی (گوترها): این کانالهای آسفالتی عبارتند از یک آبراهه کم‌عمق به‌موازات راه و در لبه‌های روسازی و یا شانه‌ها که معمولا" شیب آنها با شیب روسازی یکسان است و بصورت یک کانال گودشده و یا با استفاده از جداول به‌عنوان مانع برای هدایت

آبهای سطحی به‌محل‌خروجی‌ساخته می‌شوند . کانالهای آسفالتی معمولا" بجای کانالهای کناری در راههای شهری و یا در مقاطع خاکبرداری جهت جلوگیری از فرسایش در راههای برون شهری به‌کار می‌روند .

موانع : در بسیاری از راههای چند خطه‌ای که آمدوشد آنها کنترل می‌شود و یا آزاد راههای سراسری موانع آسفالتی برروی لبه خارجی شانه‌های روسازی‌شده و درمقاطع خاکریزی جهت جلوگیری از فرسایش شیبها ساخته می‌شوند وسیل روهای آسفالتی آب‌سطحی‌جمع شده را به‌پایین خاکریز هدایت می‌کنند .

قنوها : قنوها به‌موازات راه و درپای خاکریزهای راههای برون شهری و یادرراههای با خطوط دوگانه جدا از هم در فاصله بین دو خط ساخته می‌شوند . ابعاد این قنوها باید به‌اندازه کافی بوده و شیب آنها ملایم باشد به‌طوری که پوشش گیاهی برای محافظت از آن کافی باشد . (به نشریه IS-161 مؤسسه آسفالت مراجعه کنید) .

در مقاطع خاکبرداری غالبا" قنوها بالا و در دو انتهای خاکبرداری احداث می‌شوند تا از فرسایش و لغزش ترانشه‌ها جلوگیری به‌عمل آورند . همراه با قنوها از سیل‌روها هم باید استفاده کرد .ابعاد و شکل این سیل‌روها بایدطوری باشد که شدیدترین بارندگی را به‌آرامی و بدون سرریزکردن تخلیه نماید .

در بعضی موارد ممکن است لازم باشد قنوهای بزرگ آب بارندگی را به‌مناطق کاملا" دورتراز حریم‌راه هدایت‌کننده .در این گونه مواردباید قنوها را با بتن آسفالتی‌کم‌اقتصادی نیز می‌باشد روکاری نمود تا از عمل فرسایش جلوگیری نماید .

روسازی شیروانیها : عمل روسازی شیروانی‌ها هم در مقاطع خاکبرداری و هم در خاکریزها انجام می‌شود در ترانشه‌ها باید روسازی را با فاصلهٔ معینی از بالای قنو انجام داد تا از فرسایش و لغزش جلوگیری کند . این روسازی گرچه ضخامت آن با ضخامت دیواره قنو متفاوت است می‌تواند به‌عنوان دیواره خارجی قنو به‌کار رود .

فصل ششم

روشهای اجرایی

الف : روکشهای هموارکننده سطح و روکشهای تقویتی

۶ ـ ۱ آماده‌کردن روسازی برای اجرای روکش

ضخامت روکشها معمولا" برای شرایط کمی بدتر از وضع متوسط روسازی طراحی می‌شود چه اگر ضخامت روکش بر اساس تقویت خرابیهای موضعی طرح شود روکش فوق برای بقیه قسمتهای راه بیش طراحی شده بوده و مستلزم مخارج اضافی است . بنابراین نقاط ضعیف را باید قبل از اجرای روکش با اعمال روشهای مناسب تا حد امکان تقویت نمود تا یک بستر یکنواخت برای روکش ایجاد شود . انجام صحیح و دقیق این عملیات قبل‌از روکشهای‌هموار کننده و یا تقویتی موجب اجرای صحیح روکشها و بازدهی حداکثر آنها خواهد شد .

از آنجایی که روشهای آماده‌سازی بستر روکش بسته به‌انواع روسازی متفاوت است بنابراین برای هرکدام از آنها در زیر بحث جداگانه‌ای ارائه شده است .

۶ ـ ۲ آماده‌کردن روسازیهای آسفالتی

مرمتهای موضعی : تمام نقاط ضعیف را باید با لکه‌گیریهای مناسب مرمت کرد . وسعت مناطق ضعیف با افت‌وخیز زیاد را می‌توان به‌سادگی با استفاده از تیر بنکلمن معین‌کرد . قبل از انجام مرمتها باید بوسیله‌تیر بنکلمن درتعداد کافی ازنقاط ضعیف افت‌وخیز برگشت‌پذیر را اندازه‌گیری‌کرد به‌طوری‌که وسعت کل منطقه ضعیف مشخص می‌شود . نقاط ضعیف رامی‌توان

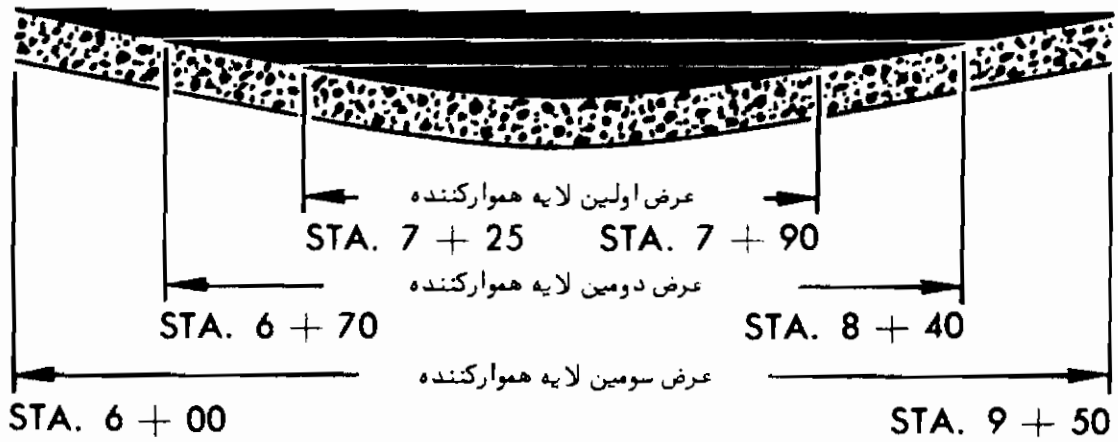
از مقایسه مقدار افت‌وخیز آن با مقدار افت‌وخیز متوسط بقیه قسمتهای روسازی تعیین نمود. لکه‌گیری خرابیهای بنیادی باید با استفاده از یک لایه بتن آسفالتی طرح و اجرا شود تا مطمئن شد که این نقطه ضعیف به‌اندازه روسازی اطراف خود تقویت شده است. اجرای صحیح لکه‌گیری مانند جادادن و کوبیدن کافی آسفالت در لکه‌ها باعث بوجود آمدن یک بستر یکنواخت و عملکرد خوب روکش خواهد شد. برای جزئیات روش لکه‌گیری خرابیهای بنیادی به نشریه (MS-16) مؤسسه آسفالت مراجعه کنید.

هموارکردن سطح: هنگامی‌که سطح روسازی دارای پستی و بلندی است باید از یک‌لایه هموارکننده استفاده کرد. عملیات هموارکردن سطح را بخصوص هنگامی‌که ضخامت روکش کم است حتما" باید انجام داد. پرکردن گودیها قسمتی از عملیات هموارکردن و ترازبندی است در صورتی که عمق گودیها بین ۷/۵ تا ۱۵ سانتی‌متر باشد باید از دو لایه بتن آسفالتی استفاده کرد. اگر ضخامت بیش از ۱۵ سانتی‌متر باشد عملیات پرکردن باید در چند لایه که ضخامت هرکدام حداکثر ۷/۵ سانتی‌متر است انجام گیرد. در مواقعی‌که از چند لایه برای پرکردن گودی استفاده می‌شود، لایه اول باید کوتاهترین طول را داشته باشد، روشهای صحیح و غیر صحیح پرکردن در شکل ۶ـ۱ نشان داده شده است.

شکل ۶ـ۱ روشهای درست و غلط پرکردن گودیها

اگر از روش غلط نشان داده شده در شکل استفاده شود به‌دلیل مشکل اجرایی، صفر کردن ضخامت در ابتدا و انتهای هرلایه امکان‌پذیر نبوده و در این نقاط برآمدگیهایی بوجود می‌آید که برروی روکش نهایی نیز منعکس می‌شود. بنابراین وقتی عمق گودیها ضرورت اجرای چند لایه‌ای را ایجاد نماید مهندس طراح باید جزئیات صحیح نحوهٔ اجرا، مانند شکل ۶ـ۲ را به‌پیمانکار ارائه دهد تا مجری قادر باشد محلهای شروع و توقف حرکت ماشینهای پخش

آسفالت و یا گریدر را در هر مرحله به‌دقت معین کند . شکل ۶ــ۳ یک نمونه از اجرای کاهش شیب عرضی را بوسیلهٔ لایه‌های بتن آسفالتی نشان می‌دهد ، برای اطلاعات بیشتر در مورد هموارکردن سطوح به‌نشریه (MS-16) مؤسسه آسفالت مراجعه کنید .



شکل ۶ــ۲ مشخص کردن ابتدا و انتهای لایه‌های مختلف هموارکننده

شکل ۶ــ۳ روش صحیح کاستن شیب عرضی روسازیها

تمیزکردن و اندود سطحی : وقتی اجرای مرمتهای موضعی پایان یافت باید کل‌سطحی را که روکش می‌شود تمیز کرده و برای اطمینان از چسبیدن روکش به‌آن اقدام به‌اجرای یک اندود سطحی قیری نمود . عدم پخش یکنواخت اندود سطحی باعث‌لیزخوردن روکش‌روی راه می‌شود . جزئیات عملیات اندودکاری در نشریه (MS-8) مؤسسه آسفالت ارائه شده است .

اندود آب‌بندی و پرکننده با امولسیون قیر (اسلاری سیل) : اگر در سطح روسازی قدیمی مناطق وسیع ترک خورده وجود داشته باشد اما روسازی از نظر سازه‌ای‌سالم‌باشد ، در این صورت قبل از اجرای روکش می‌توان از اندود آب‌بندی با امولسیون قیر استفاده کرد . این مصالح ترکهای بزرگ را پر کرده و سطح رادرمقابل‌نفوذ آب و هوا آب‌بندی می‌کند . در صورتی که اجرای این اندود در زمان کوتاهی قبل از روکش انجام شده و تمیزباشد احتیاج به‌پخش اندود سطحی نیست . روشهای طرح واجرای‌اندودهای آب‌بندی با امولسیون قیر در نشریه (MS-13) مؤسسه آسفالت ارائه شده است .

۶ ـ ۳ آماده‌کردن روسازیهای بتنی برای اجرای روکش آسفالتی

عملیات لازم برای آماده‌سازی: آماده‌کردن روسازیهای بتنی برای اجرای روکش روی آنها باید در نهایت‌دقت انجام شود تا ازایجاد خرابیهای بعدی در روکش‌جلوگیری به‌عمل آید. آماده‌سازی این گونه روسازیها شامل یک یا چند عمل زیر است که جزئیات بیشتر آنها در مراجعی که مقابل هریک نوشته شده ارائه شده است.

ـ اندودکردن و پرکردن و زیردالها برای ایجاد یک بستر یکنواخت. (CL-16)

ـ شکستن دالها به‌قطعات‌کوچکتر و نشاندن آنها برروی بستر بوسیله غلتکهای سنگین (فصل سیزدهم).

ـ ایجاد ترک در دالهایی که در جای خود محکم‌نیستند و ثابت‌کردن‌آنها برروی‌بستر بوسیله غلتکهای سنگین. (فصل سیزدهم).

ـ برداشتن و تعویض مناطقی که تخریب شده‌اند. (MS-16)

ـ لکه‌گیری مناطق خردشده و جداشده. (MS-16)

ـ آب‌بندی ترکها برای جلوگیری از نفوذ آبهای زیر دال به‌روکش(MS-16)

بعداز اعمال فوق در صورتی که دال بتنی حالت پایداری پیدا کرده باشد باید قبل‌از روکش روی آن را تمیز کرده و اقدام به‌پخش اندود سطحی نمود.

آماده‌کردن درزهای روسازی بتنی: به‌تجربه ثابت شده است که روکشهای آسفالتی که بر روی درزهای غیرتمیز و آماده‌نشدهٔ روسازیهای بتنی اجرا شده‌اند مشکلات متعددی بوجود آورده است. وقتی آسفالت داغ بر روی درزها ریخته می‌شود درزها آب را به سمت خود کشیده و یا به‌صورت کانالی برای آبهای زیر روسازی در می‌آیند. دلیل این عمل‌مکشی است که معمولا"بلافاصله پس از اولین‌مرحله غلتک‌زنی روکش صورت می‌گیردکه دراین صورت در پایان کار روزانه ترکهای انعکاسی بر روی روکش مشاهده خواهد شد. مورد دیگری که ممکن است در درزها بوجود بیاید حالتی است که مواد پرکننده و آب‌بندی داخل‌درز بیش از حد بوده و یا این که مثل باند فرودگاهها از دونوع مصالح تشکیل‌شده باشد. این حالت ممکن است باعث لغزش آسفالت داغ شده که در نتیجه آن در روکش ترکهای انعکاسی‌بوجود می‌آید. در هردوحالت درزها را باید مطابق با توصیه‌های نشریه (MS-16) مؤسسه آسفالت قبل از اجرای روکش تمیز و آماده کرد.

کاهش ترکهای انعکاسی: ترکهای انعکاسی ناشی از حرکات افقی و قائم روسازی بتنی است که در اثر تغییرات درجه حرارت و رطوبت منقبض و منبسط می‌شود. ترافیک، حرکات زمین و کم‌شدن زیادرطوبت خاک بسترنیز از عوامل بروز ترکهای‌انعکاسی هستند. به‌کارگیری

یکی از سه‌روش زیر در مورد آماده‌سازی روسازیهای بتنی احتمال بروز ترکهای انعکاسی را کاهش می‌دهد . روش اول به‌عنوان مؤثرترین روش پیشنهاد می‌شود .

۱ ــ شکستن هرکدام از دالها و تبدیل آنها به‌قطعات کوچک (بزرگترین بعد هر قطعه حدود ۶/ه متر) و نشاندن کامل آنها بر روی خاک بستر و یا لایه زیر اساس با استفاده از غلتکهای چرخ لاستیکی (روش ج فصل سیزدهم) تأثیر تغییرات درجه حرارت را کاهش داده و یک بستر یکنواخت برای روکش ایجاد می‌کند . با انجام این عمل ضخامت روکش افزایش می‌یابد اما در عوض ترکهای انعکاسی به‌حداقل رسیده ، عملکرد روکش بهتر شده و مخارج تعمیرات آتی‌کاهش می‌یابد .این روش برای برنامهٔ مرحله‌ای روکش کردن بسیارمناسب‌است . در کشورهای اروپایی با خردکردن دالها و استفاده از آنها به‌عنوان لایه‌های اساس و زیر اساس روکش توانسته‌اند تا حدودی زیادی از شدت ترکهای انعکاسی بکاهند .

۲ ــ شکستن هرکدام از دالها و تبدیل آنها به‌قطعاتی که بتوان آنها را به‌اندازه‌کافی بر روی لایهٔ زیرین محکم کرد . (روشهای الف و ب ــ فصل سیزدهم) با این عمل حرکات دالها به‌حداقل رسیده ، افت و خیز را در درزها و ترکها کاهش داده تا حدودی تغییرات درجه حرارت را بی‌اثر ساخته و برای روکش یک بستر یکنواخت ایجاد می‌کند . از این روش در برنامه مرحله‌ای روکش کردن استفاده می‌شود .

۳ ــ اضافه‌کردن ضخامت روکش و پرکردن و اندودکردن زیر دالهای بتنی بدون‌این‌که احتیاجی به‌خردکردن آنها باشد نیز عملکرد خوبی نشان می‌دهد ، به‌طوری که بروزترکهای انعکاسی را به‌تأخیر می‌اندازد . به‌تجربه ثابت شده که اگر ضخامت روکش کمتر از ۱۱/۵ سانتی‌متر باشد ترکهای انعکاسی به‌سرعت‌نمایان می‌شود ولی درضخامتهای بین ۱۸ تا ۲۵/۵ سانتی‌متر سرویس‌دهی روکش مناسب بوده اما بروز ترکها هم قابل انتظار است .

ترکیبی از یک لایه بتن آسفالتی با دانه‌بندی باز برای جلوگیری از بروز ترکها و یک لایه بتن آسفالتی میانی با دانه‌بندی پرویک لایه رویه نیز برای کاهش‌ترکهای‌انعکاسی به‌طور موفقیت‌آمیزی مورد استفاده قرار گرفته‌اند . روشهای طرح و اجرای یک سیستم روکش با استفاده از یک لایه برای جلوگیری از بروز ترک در نشریه (CL-16) مؤسسه آسفالت ارائه شده است .

۶ ــ ۴ مشخصات فنی و روش اجرای روکش

وقتی آماده‌سازی روسازی قدیمی پایان یافت باید بلافاصله عملیات پخش لایه‌های روکش را انجام‌داد معمولاً" از مخلوطهای (A ۳) ، (A ۴) ، (A ۵) ، و یا (A ۶)که‌مشخصات

آنها در استاندارد (D1663-ASTM) برای طرح مخلوطهای آسفالتی گرم آمده است برای روکشها استفاده می‌شود . گاهی اوقات ممکن است لازم باشد از مخلوطهای A ۲ ، A ۷ و A ۸ استفاده شود . از آیین نامه‌های مشابه نیز در صورتی که استفاده از آنها عملکرد خوبی را نشان داده باشد می‌توان استفاده کرد . مشخصات انتخابی باید طوری باشد که نوع ترافیک ضخامت لایه‌ها و دردسترس بودن مصالح را نیز در نظر بگیرد . مشخصات مخلوطهای آسفالتی در نشریات (SS-1) و (MISC-683) مؤسسه آسفالت به‌تفصیل شرح داده شده است . روشهای اجرایی روکشها دقیقا" مانند اجرای دیگر مخلوطهای آسفالتی است بنابر این توصیه‌ها و روشهای ارائه شده در نشریه (MS-8) مؤسسه آسفالت را می‌توان برای هر دونوع روکش هموارکننده و یا تقویتی به‌کار برد .

ب : تعریض

۶ ــ ۵ تعریض

مصالح و روشهای اجرایی قسمتهای تعریضی ، مانند همانهایی است که در دیگر روسازیهای آسفالتی به‌کار می‌رود . فقط وسایل و ماشین‌آلات لازم برای حالتی که عرض باند تعریض کمتر از ۳ متر باشد متفاوت است . در جاهایی که عرض تعریض کم است از ماشین‌آلات مخصوص حفر کانالها برای کندن جای روسازی قسمت تعریضی به‌عمق و عرض معینی استفاده می‌شود . این عمل را باید در صورت امکان پس از اجرای لایه هموارکننده روسازی قدیمی انجام داد تا ضخامت قسمت تعریضی یکنواخت باشد . از ماشینهای پخش کن خودرو و کوچک و یا وسایلی که به‌فی‌نی شرهای معمولی و گریدرها متصل می‌شود برای بخش مخلوطهای آسفالتی استفاده می‌شود استفاده از این وسایل برای مواردی است که عرض باند تعریض کمتر از ۳ متر باشد. برای متراکم کردن لایه‌های آسفالتی باندهای کم عرض از غلتکهای لرزنده و یا غلتکهای مخصوص کوبیدن کانالها استفاده می‌شود . در مواقعی که باید یک لایه روکش جدید روی هر دوقسمت قدیم و تعریض شده اجرا شود در صورتی که بتوان کل ضخامت قسمت تعریضی را در یک لایه اجرا نمود به‌طوری که سطح آن پس از کوبیدن حدود ۱۳ mm بالاتر از سطح روسازی قدیمی باشد می‌توان از غلتکهای معمولی استفاده نمود .

۶ ــ ۶ آمادن کردن بستر

بستر قسمتهای تعریضی باید با همان دقتی که در مورد بستر یک راه جدید اعمال

می‌شود آماده‌سازی گردد . بستر قسمتهای تعریضی را باید قبل از پخش آسفالت هموار کرده و به‌اندازه کافی متراکم کرد . وقتی که بستر قسمت تعریضی بر روی شانه‌های راه قدیمی واقع می‌شود معمولا" احتیاج به‌کوبیدن مجدد آنها نیست. برای روشهای آماده‌سازی بستر باندهای تعریضی که شامل یک خط کامل و یا بیشتر هستند به‌نشریه (MS-1) مؤسسه آسفالت مراجعه کنید .

۶ ــ ۷ زه‌کشی

در صورتی که در روسازی قدیمی از یک لایه اساس دانه‌ای استفاده شده باشد در زیر قسمت تعریضی باید زه‌کشهایی تهیه کرد تا آب موجود در لایهٔ اساس را تخلیه‌کند . برای طرح و اجرای زه‌کشهای زیرسطحی به‌نشریه (MS-15) مؤسسه آسفالت مراجعه‌کنید . روشهای ارائه‌شده در این‌نشریه برای روسازیهای بتنی نیز قابل کاربرد است .

۶ ــ ۸ آماده‌کردن سطوح قائم

در تمام کارهای آسفالتی سطوح قائم روسازی ،جدولها ، کانالها و آدم‌روها و سایر سطوح تماس را باید بوسیلهٔ پاشیدن و یا مالیدن یک قشر اندود امولسیون قیر مثل ۱ــ RS ۲ــ RS ، ۱ــCRS ، ۲ــCRS و یا قیرهای مایع مثل ۲۵۰ــ RC آب‌بندی نمود . اندودهای سطوح قائم روسازی‌را باید از گرد و غبار محفوظ داشت بدین‌منظور بهترین موقع اجرای آنها مدت زمان کوتاهی قبل از اجرای آسفالت است .

۶ ــ ۹ پخش‌کردن مخلوطها

برای پخش مخلوط لایه‌های زیرین و رویه ماشینهای پخش کن باید طوری قرار گرفته باشند که عرض قسمت تعریضی را در بر گرفته باشد . حداقل ضخامت لایه‌های زیرین باید دوبرابر اندازه‌بزرگترین دانه‌های موجود درمخلوط بوده و حداکثر ضخامت‌باید به‌اندازه‌ای باشد که بتوان آن را در یک لایه پخش و به‌اندازهٔ کافی متراکم نمود . قسمت رویه را باید در یک لایه پخش و کوبید . سطح رویه قسمت تعریض شده باید با سطح روسازی قدیمی کاملا" جفت شود .جزئیات بیشتر پخش مخلوطهای آسفالتی در نشریه (MS-8) مؤسسه آسفالت ارائه شده است .

۶ ـ ۱۰ متراکم‌کردن مخلوطهای آسفالتی

مخلوط پخش‌شده را باید بلافاصله متراکم کرد برای عرضهای ۱/۸ متر و یا بیشتر غلتکهای چرخ‌آهنی تاندم و غلتکهای چرخ‌لاستیکی بادی به‌کار می‌رود ولی برای عرضهای کمتر از ۱/۸ متر باید از غلتکهای مخصوص کوبیدن کانالها و یا غلتکهای لرزنده استفاده کرد . طبق توصیه مؤسسه آسفالت در هرقسمت پخش‌شده آسفالت باید دربین ۵ آزمایش حداقل وزن مخصوص ۹۵% و میانگین آنها بیشتر از ۹۷% وزن مخصوص متوسط ۶ نمونه آزمایشگاهی باشد .جزئیات تراکم مخلوطهای آسفالتی و حدود مطلوب آن در نشریه (SS-1) مؤسسه آسفالت آمده است .

۶ ـ ۱۱ ابنیه ضمیمه :

جداول : اغلب جداول آسفالتی بوسیلهٔ دستگاههای اتوماتیک جدول‌زنی جرا می‌شوند . این دستگاهها قادرند جدولهایی را جهت لبهٔ خیابانها ،جداکننده‌های ترافیک و پارکینگها به‌طور خودکار و بدون احتیاج به‌قالب در هرشکل و اندازه و در خطوط مستقیم و منحنی پخش و متراکم نمایند برای اطلاع از نحوه اجرا و مشخصات جدولهای آسفالتی به نشریه (SS-3) مؤسسه آسفالت مراجعه کنید .

کانالهای آسفالتی : این کانالها را نیز می‌توان مانند جدولها بدون احتیاج به‌قالب در هرشکل و اندازه با ماشینهای مخصوص اجرا نمود . اجرای یکسره این کانالها با جدولها نیز امکان‌پذیر است .

موانع : موانع شانه‌ها را نیز می‌توان بوسیله قالبهای لغزنده مشابه آنچه برای جدولها به‌کار می‌رود و با همان دانه‌بندی مخلوط آسفالتی ساخت .

قنوها : مخلوط آسفالتی قنوها معمولا" همان مخلوط لایه رویه سطح روسازی ولی با درصد قیر و ماده پرکننده معدنی (فیلر) اضافه تر است تا آب‌بندی و دوام آن افزایش یابد درصد قیر و فیلر اضافی باعث افت استحکام مخلوط می‌شود که مشکل چندانی ایجاد نمی‌کند و در عوض روسازی را در مقابل ترک خوردگی در اثر نشستهای جزئی مقاوم می‌سازد .

کوبیدن مخلوطهای آسفالتی در قنوها و سیل‌روها معمولا" بوسیلهٔ غلکتهای دستی ، قالبهای لغزنده سنگین ، کفشکهای لرزنده و.یا غلتکهایی که بوسیلهٔ کابل کنترل می‌شوند صورت می‌گیرد .

روسازی شیروانیها : شرط اصلی در روسازی شیبها علاوه بر ترکیب متراکم مخلوط

آسفالتی و درصد قیربالا ایجاد یک مهارمحکم برای غیرقابل نفوذساختن آب از زیرلبه‌های شیروانی است . در روسازی شیروانیها باید سوراخهای تخلیه‌کننده آب را برای کاهش فشار هیدرواستاتیک تعبیه کرد .

روسازی شیروانی خاکریزها برای محافظت در برابر فرسایش است . برای ساختن این روسازیها از مخلوطهای آسفالتی با دانه‌بندی باز و درصد قیر بالا استفاده‌می‌کنند .استفاده از دانه‌بندی باز منجر به از دست‌رفتن رطوبت خاکریز می‌شود . ساختن سوراخهای تخلیه آب و زه‌کشها نیز جهت کاهش فشار هیدرواستاتیک لازم است .

کوبیدن روسازی شیروانیها بوسیله‌غلتکهای دستی ،قالبهای لغزنده‌سنگین ،غلکتهایی که با کابل کنترل می‌شوند و یا با کفشکهای لرزنده‌کوچک صورت می‌گیرد . برای اطلاعات بیشتر در مورد مخلوطهای آسفالتی روسازی شیروانیها ، وسایل و روشهای اجرایی آنها به‌نشریه(MS-12)موءسسه آسفالت مراجعه کنید .

قسمت دوم

مشخصات و روشهای انجام آزمایشها

فصل هفتم

روش تعیین درجه خدمت حاضر روسازیها *

۷ ـ ۱ انتخاب اعضای گروه ارزیاب

گروه ارزیاب باید شامل پنج‌نفر باشد که همهٔ آنها هدف از ارزیابی روسازی را بخوبی درک کرده باشند.+ درصورت امکان باید این گروه پنج‌نفری، بایک‌گروه‌ده و یا پانزده نفری از مهندسین بوسیلهٔ یک آزمایش تجربی ساده مقایسه شوند.

در این آزمایش مقدماتی باید حدود ۱۰ قطعه از روسازیها را که طول هرکدام حدود ۶۱۰ متر بوده و ظاهری تقریبا"مشابه یکدیگرداشته باشندانتخاب کرد. ترجیحا"این‌قطعات باید در یک مدار بسته واقع باشند تا تمام قطعات روسازی را بتوان در ساعات کم رانندگی مورد ارزیابی قرار داد. ابتدا و انتهای هریک از این قطعه‌ها را باید با علامت‌گذاری روی سطح روسازی مشخص نمود. درجه‌خدمت حاضر (PSR)این روسازیها باید از "خیلی‌ضعیف" تا "خیلی خوب" درجه‌بندی شوند.

هرکدام از اعضای گروه مهندسین و گروه پنج‌نفره باید برای ارزیابی روسازی‌ازفرمهای

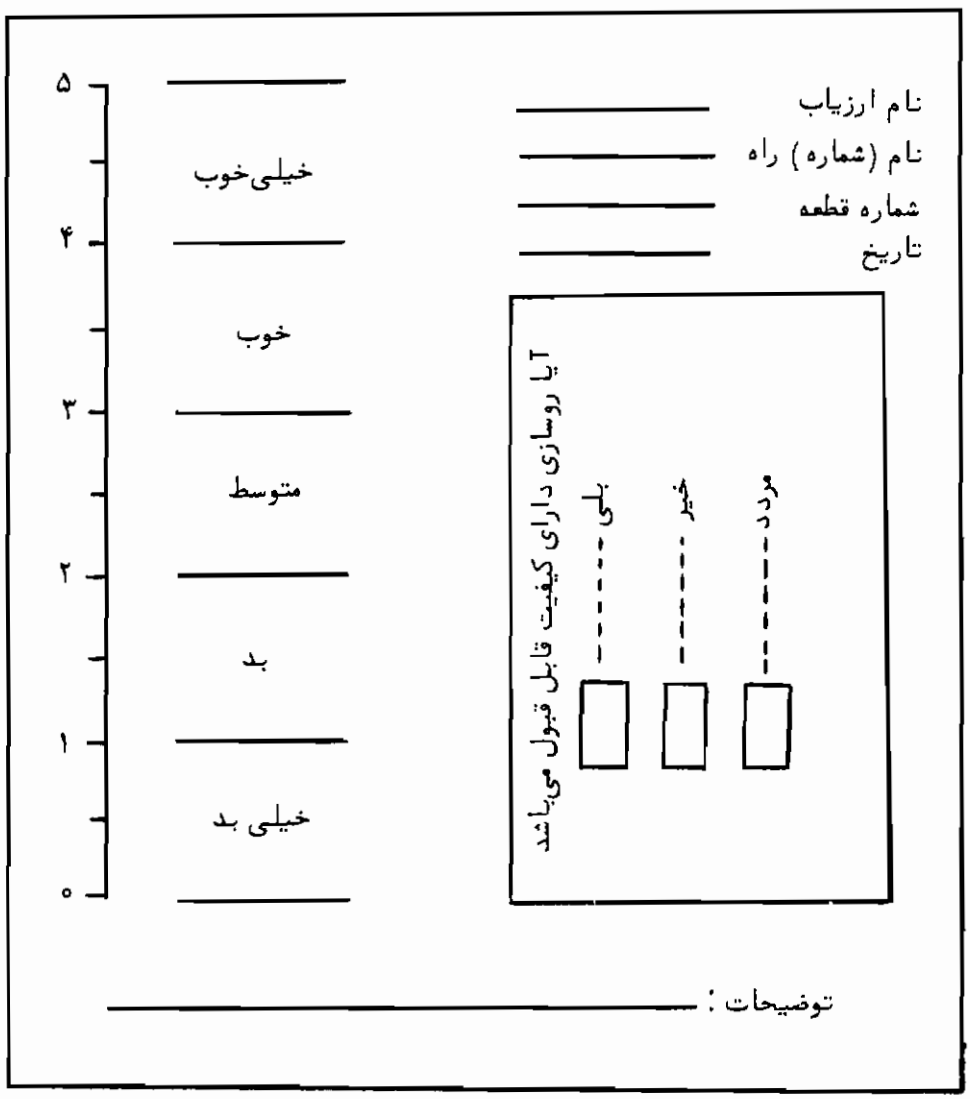
---

* این‌روش براساس روش ارائه شده در "راهنمای طرح روسازیهای اسفالتی و بتنی‌درکانادا" از انجمن راههای کانادا می‌باشد که در آزمایشهای "اشو" بهبود داده شده است.

+ گرچه در این روش برای کسب بهترین نتایج باید حداقل پنج‌نفر ارزیاب در گروه باشند اما حتی با دونفر ارزیاب با تجربه می‌توان نتایج قابل قبولی به‌دست آورد. با وجود این که ارزیابی هرقسمت توسط افراد گروه به‌طور جداگانه صورت می‌گیرد اما احتمال‌خطا با کاهش افراد گروه افزایش می‌یابد.

مخصوص شکل (۷ـ۱) استفاده نمایند. کلیهٔ اعضای هردو گروه قبل از شروع عملیات باید کاملا" در مورد هدف آزمایش توجیه شده باشند.

پس از این که کلیه ارزیابیها صورت گرفت باید نتایج را ثبت کرده و مقادیر متوسط و احتمال درستی را برای هریک از دو گروه محاسبه نمود. مقادیر متوسط ارزیابیهای هریک از دو گروه را باید با یکدیگر مقایسه و در صورتی‌که اختلاف میانگینها کمتر از ۰/۳ بوده و یا این‌که منحنیهای احتمال درستی هردو گروه نزدیک یکدیگر باشد صلاحیت گروه پنج نفره تایید می‌شود. اعضای گروه پنج‌نفره باید آزمایش فوق را تکرارکنند تا تواناییهای آنها برای به‌دست‌آوردن نتایج مشابه ارزیابی گردد. به‌افراد این گروه نباید اجازه داد تا فرمهای ارزیابی اولیه خود و نتایج آزمایش اول را مشاهده کنند.



شکل ۷ـ۱ فرم مخصوص ارزیابی درجه خدمت حاضر (PSR)

در دومین دفعه آزمایش اختلاف ارزیابی هریک از مهندسین با دفعهٔ اول نباید بیشتر از ۰/۳ باشد . در هرقطعه اختلاف میانگین نتایج گروه پنج‌نفره در دو آزمایش حتی از این مقدار هم باید کمتر باشد . برای هرقطعه از روسازی در صورتی که اختلافهای فردی کمتر از ۱ یا ۱/۵ باشد نتایج ارزیابیها قابل قبول می‌باشد . درصورتی که افراد گروه پنج‌نفره تجربه کافی داشته باشند و در مورد روش و هدف ارزیابی توجیه شده باشند . مشکلی در راه کسب معیارهای فوق وجود نخواهد داشت .

در صورتی که گروه پنج‌نفره هماهنگ نبوده و یا این که میانگین ارزیابی آنها با گروه مهندسین اختلاف زیادی داشته باشد باید حداقل یک یا دو نفر مهندس جایگزین افراد گروه گردند .

۷ ــ ۲ مقررات ارزیابی

ارزیابی قابلیت خدمت حاضر روسازیها مقررات ثابتی دارد . روشی که به‌کار می‌رود مبتنی بر نظریهٔ مهندسینی است که در طول زندگی عادی خود چندین کیلومتر رانندگی کرده و از راههای خوب و بد تجربه‌ای به‌دست آورده‌اند . نظریه این افراد پس از رانندگی بر روی روسازیهای موردنظر بیانگر خدمت حاضر است . قوانین کلی ارزیابی به‌شرح زیر است :

۱ ــ روسازی موردنظر باید به‌عنوان یک آزاد راه درون‌شهری که دارای ترافیک زیاد ، تند ، سبک و سنگین است مورد ارزیابی قرار گیرد .

۲ ــ فرد ارزیاب باید روسازی را در حال حاضر در نظر بگیرد و حتی اگر اطمینان کامل داشته باشد که روسازی در آینده نزدیک خراب می‌شود ، بازهم باید وضعیت فعلی آن را ارزیابی کند .

۳ ــ ارزیابی باید براین اساس استوار باشد که راه دارای حجم زیاد ترافیک سبک و سنگین در کلیه شرایط جوی است .

۴ ــ مشخصه‌های طرح هندسی راه (مثل مسیر ــ عرض شانه‌ها ، عرض سواره رو و . . . .) را نباید در ارزیابی منظور داشت . حتی اگر طرح هندسی هرقطعه برای یک ترافیک مخلوط و سنگین کافی باشد ارزیابی باید صورت گیرد .

۵ ــ لغزنده‌بودن سطح روسازی را نباید در ارزیابی منظور داشت .

۶ ــ مسایلی را که در درجه اول افراد ارزیاب باید در نظر داشته باشند عبارت از پستی و بلندی سطح ، چاله‌ها ، موجهای طولی و عرضی است . گودیهایی که ناشی از نشست کلی خاکریز راه است نباید در ارزیابی افراد در نظر گرفته شود .

۷ ــ از معایبی نظیر نشست پشت پلها و آب‌روها و ناهمواریهای تقاطع راه و راه آهن باید صرف‌نظر شود .

۸ ــ در ارزیابی روسازی ، فرد ارزیاب باید پرسشهای زیر را نزد خود مطرح کند . در صورتی‌که این قطعه‌از روسازی در یک راه‌اصلی واقع می‌شد تا چه اندازه می‌توانست‌نیازهای یک چنین راهی را برآورده نماید ؟ " کیفیت این روسازی در صورتی‌که هشت‌ساعت متوالی روی آن رانندگی شود چگونه است ؟ " و " تمایل یک راننده برای هشتصد کیلومتر رانندگی روی این راه تا چه اندازه است ؟ "

۹ ــ در ارزیابی روسازی راههای فرعی و محلی هم مقررات فوق صادق است . با این وجود فرد ارزیاب همیشه باید نوع راه موردمطالعه را در نظر داشته باشد تا بتواند پرسش " آیا کیفیت‌روسازی قابل قبول‌است ؟ " را پاسخ دهد . (در این‌روش با مطالعه نتایج‌می‌توان دریافت که آیا برای راههای مختلف کیفیت قابل قبول روسازی متفاوت است) .

۱۰ــ هنگامی که قطعات متعددی از روسازیهای مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرند فرد ارزیاب باید درجه خدمت هرقطعه را به‌طور مستقل تعیین نماید و به‌فرمهایی که برای روسازیهای قبلی پر کرده توجهی نداشته باشد . فرد ارزیاب نباید در مورد وضعیت روسازی و درجه‌ای که به‌هرقطعه داده با افراد دیگر مشورت کرده و یا این که توصیه‌ای بپذیرد .

ارزیابی افراد باید به‌طور عمده براساس کیفیت رانندگی بر روی راه باشد . با وجود این عواملی که احتمالا" اثر قابل توجهی روی کیفیت ارزیابی دارند ، شیارهای عمیق و تا اندازه‌ای ترکها و لکه‌های موجود در روسازی است . این عوامل نباید اثر ذهنی در ارزیابی فرد داشته باشند ، بلکه فرد ارزیاب باید عقیده کلی خود را در باره روسازی و تأثیری که عملکرد روسازی در حال حاضر بر روی رانندگی او می‌گذارد را در نظر داشته باشد .

۷ ــ ۳ روش ارزیابی

یک نمونه‌از فرم مخصوص ارزیابی‌که عقیده‌افراد ارزیاب‌را درمورد یک‌روسازی‌خیلی‌ضعیف تا خیلی خوب با مقیاس عددی صفر تا ۵ روی آن ثبت می‌کنند در شکل ۷ــ۱ نشان داده شده است . برای ارزیابی هرقطعه از روسازی و برای هرکدام از افراد ، یکی از این فرمها لازم است . در هرفرم فرد ارزیاب باید نام خود ، تاریخ ارزیابی ، شماره راه و شماره قطعه مورد نظر را ذکر کند . بلافاصله پس از اتمام رانندگی در هر قطعه فرد ارزیاب باید نظر خود را بر مقیاس عمودی‌که روی فرم مخصوص وجوددارد علامت‌گذاری نماید .می‌توان به‌جای‌علامت گذاری روی مقیاس فوق عدد مربوطه را به‌حروف و یا ارقام در روی فرم یادداشت کرد .

برای علامت‌گذاری لازم نیست اعداد دقیق در نظر گرفته شوند . به‌عنوان مثال شخص ارزیاب نباید علامت‌گذاری را براساس عدد ۳/۲ انجام دهد ، بلکه باید وضعیت روسازی را با توجه به‌کلمات توصیفی و با اعداد صحیح مشخص نماید .

پس از مشخص‌کردن درجهٔ ارزیابی باید به‌پرسش " کیفیت روسازی قابل قبول است یا خیر؟ " با کلمه آری ، خیر و یا ممتنع پاسخ داده شود . فرد ارزیاب باید پرسش فوق‌را بدون در نظرگرفتن عددی که برای درجه خدمت حاضر منظور داشته جواب دهد و جواب او باید مبتنی بر ارزیابی کلی او از وضعیت روسازی باشد . در این صورت ممکن است فرد ارزیاب‌در دو مورد جداگانه ،یک روسازی که با عدد ۲/۶ ارزیابی شده را غیر قابل قبول و یک‌روسازی دیگر را با عدد ۲/۴ قابل قبول منظور نماید . چنین تضادهایی معمولا" در اثر کم بودن متغیرهای ارزیابی‌بوجود می‌آید ولی اثرآنها با متوسط‌گیری و توزیع عقاید اصلاح وسرشکن می‌شود . در مواردی که تعداد زیادی راه دوخطه در مجاور هم قرار دارند ارزیابی‌را می‌توان با رانندگی در یک جهت هرقطعه با سرعتهای مجاز محلی انجام داد .از تکرار رانندگی‌روی هرقطعه باید اجتناب شود . تعداد ماشینهایی که هر گروه ارزیاب از آن‌استفاده‌می‌کنندباید دو یا بیشتر باشد به‌طوری‌که از هر ماشین بیش از چهارنفر و یا ترجیحا"دو یا سه‌نفراستفاده نکنند .

۷ ــ ۴ نتایج

برای هرقطعه از روسازی مورد مطالعه نتایج ارزیابی باید به‌صورت زیر گزارش شود :

$$PSR= \bar{X} = \frac{\Sigma x}{n}$$

که درآن x مقادیر عددی ارزیابی هریک از افراد گروه و n تعدادافراد ارزیاب است .

فصل هشتم

محاسبهٔ خطای پراکندگی و مقدار میانگین اندازه‌گیریها

۸ ـ ۱ محاسبهٔ خطای پراکندگی

خطای پراکندگی عبارت است از ریشه دوم متوسط مجذور انحرافات نسبت به میانگین اندازه‌گیریها. با استفاده‌ازمراحل و رابطهٔ زیر می‌توان خطای پراکندگی را به‌سادگی محاسبه نمود. این رابطهٔ طوری است که استفاده از آن توسط ماشینهای حساب دستی و حسابگرهای الکترونیکی به‌سهولت امکان‌پذیر است.

$$s = \sqrt{\frac{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}{n(n-1)}}$$

که در آن: S= خطای پراکندگی، x= مقدار عددی هر اندازه‌گیری و n= تعداد آزمایشها است.

گام ۱ـ مجموع مقادیر آزمایشها را محاسبه کنید: (Σx)

گام ۲ـ مجموع مربعات مقادیر آزمایشها را به‌دست آورید: (Σx^2)

گام ۳ـ مقدار (Σx^2) را در تعداد آزمایشها (n) ضرب کنید.

گام ۴ـ مربع Σx را محاسبه کنید.

گام ۵ـ تفاضل $n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2$ را به‌دست آورید.

گام ۶ـ عدد به‌دست‌آمده در گام ۵ را به $n(n-1)$ تقسیم‌کنید.

گام ۷ـ ریشه دوم عدد به‌دست آمده از گام ۶ را پیدا کنید.

$\sqrt{\frac{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}{n(n-1)}}$ خطای پراکندگی به‌دست می‌آید .

مثـــال :

داده‌ها : از آزمایش اندازه‌گیری افت و خیز برگشت‌پذیر روسازی نتایج زیر بـــه دست آمده است :

X = ۰/۷۶۲۰	mm
X = ۰/۷۱۱۲	"
X = ۰/۷۶۲۰	"
X = ۰/۰۱۶۰	"
X = ۰/۸۱۲۸	"
X = ۰/۸۱۲۸	"
X = ۰/۰۱۶۰	"
X = ۰/۷۶۲۰	"
X = ۰/۷۱۱۲	"
X = ۰/۷۶۲۰	"
Σx = ۸/۱۲۸۰ mm	

گام ۱ : Σx = ۸/۱۲۸۰ mm

گام ۲ :

Σx^2 = ۰/۵۸۰۶	mm^2
" = ۰/۵۰۵۸	"
" = ۰/۵۸۰۶	"
" = ۱/۰۳۲۳	"
" = ۰/۶۶۰۶	"
" = ۰/۶۶۰۶	"
" = ۱/۰۳۲۳	"
" = ۰/۵۸۰۶	"
" = ۰/۵۰۵۸	"
" = ۰/۵۸۰۶	"
۶/۷۱۹۸	mm^2

گام ۳: $n(\Sigma x^2) = ۱۰ \times ۶/۷۱۹۸ = ۶۷/۱۹۸ \text{ mm}$

گام ۴: $(\Sigma x^2) = (۸/۱۲۸)^۲ = ۶۶/۰۶ \text{ mm}$

گام ۵: $n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2 = ۶۷/۱۹۸ - ۶۶/۰۶ = ۱/۱۳۸ \text{ mm}$

گام ۶: $\frac{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}{n(n-1)} = \frac{۱/۱۳۸}{۱۰(۱۰-۱)} = ۰/۰۱۲۶ \text{ mm}$

گام ۷: $\sqrt{\frac{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{۰/۰۱۲۶} = ۰/۱۱۲$

خطای پراکندگی $s = 0.1 \text{ mm}$

۸ ــ ۲ تخمین مقدار تقریبی خطای پراکندگی

اگر تعداد آزمایشها زیاد نباشد (کمتراز ۱۰) مقدار خطای پراکندگی را می‌توان از یکی از دو رابطهٔ زیر به‌دست آورد.

$$S_e = \frac{R}{d} \qquad S_e = Rm$$

که در آنها: S_e = مقدار تخمینی خطای پراکندگی، R = اختلاف بین بزرگترین و کوچکترین مقدار اندازه‌گیریها و m و d = ضرایبی هستندکه از جدول ۸ــ۱ به‌دست می‌آیند.

جدول ۸ــ۱ ضرایب لازم برای تخمین خطای پراکندگی

تعداد آزمایشها	ضریب d	ضریب m
۲	۱/۱۲۸۴	۰/۸۸۶۲
۳	۱/۶۹۲۶	۰/۵۹۰۸
۴	۲/۰۵۸۸	۰/۴۸۵۷
۵	۲/۳۲۵۹	۰/۴۲۹۹
۶	۲/۵۳۴۴	۰/۳۹۴۶
۷	۲/۷۰۴۴	۰/۳۶۹۸
۸	۲/۸۴۷۲	۰/۳۵۱۲
۹	۲/۹۷۰۰	۰/۳۳۶۹
۱۰	۳/۰۷۷۵	۰/۳۲۴۹

مثـــال :

داده‌ها : مقادیر به‌دست‌آمده از یک سری آزمایش CBR بر روی خاک بستـــر به‌شـــرح زیر است :

CBR=۱۵و۱۲و۱۰و۱۳و۱۲و۱۲و۱۴و۷و۱۳

با استفاده از دامنهٔ تغییرات CBR خطای پراکندگی را تخمین بزنید .

۱ ــ دامنه تغییرات : ۸=۷–۱۵

۲ ــ خطای پراکندگی تخمینی :

$$s_e = \frac{R}{d} = \frac{۱۵-۷}{۲/۹۷۰۰} = \frac{۸}{۲/۹۷۰۰} = ۲/۷$$

یا $s_e = Rm = (۱۵-۷)\,۰/۳۳۶۹ = ۸\times ۰/۳۳۶۹ = ۲/۷$

۸ ــ ۳ محاسبه میانگین

میانگین آزمایشها با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید .

$$\overline{x} = \frac{\Sigma x}{n}$$

که‌در آن : $\overline{x}$ = میانگین‌اندازه‌گیریها ، Σx مجموع‌اندازه‌گیری‌هاو n =تعدادانداز‌ه‌گیریها است .

مثـــال :

مقادیر به‌دست‌آمده از آزمایش CBR بر روی خاک بستر به‌شرح زیر است :

CBR = ۱۵ و ۱۲ و ۱۰ و ۱۳ و ۱۲ و ۱۲ و ۱۴ و ۷ و ۱۳

$\Sigma x = ۱۰۸$

$$\overline{x} = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{۱۰۸}{۹} = ۱۲$$

فصل نهم

روش اندازه‌گیری ناهمواری سطح روسازی

۹ ــ ۱ ناهمواری سنج

ناهمواری‌سنج تشکیل شده از یک تریلر مستطیل شکل تک چرخ (شکل ۹ــ۱) که به‌وسیله یک سواری و یا کامیون سبک کشیده می‌شود . تریلر کاملا" از نظر دینامیکی در حال تعادل می‌باشد به‌طوری‌که هرگونه اثر حاصل از حرکت ماشین حذف می‌گردد . در این وسیله‌حرکات قائم محور چرخ نسبت به‌قاب سنگین فلزی تریلر جمع شده و ثبت می‌گردد که بدین وسیله ناهمواریهای‌سطح روسازی نسبت‌به‌یک سطح مبنا که همان‌قاب فلزی است‌اندازه‌گیری‌می‌شود .

قسمتهای عمده ناهمواری‌سنج و عملکرد هریک از آنها به‌طور خلاصه به‌شرح زیراست :

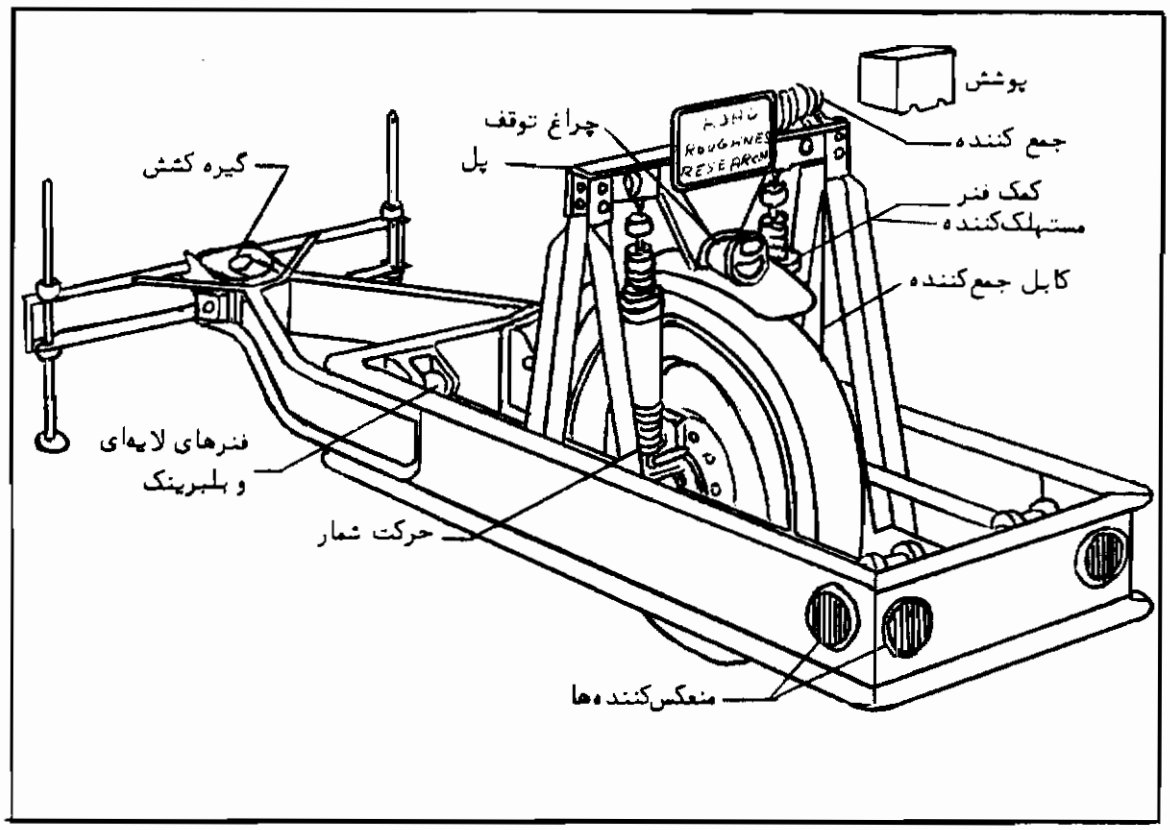
۱ ــ سیستم مستهلک‌کننده ــ کار این سیستم جلوگیری از نوسان جرم تریلردرفرکانس طبیعی خود است .

۲ ــ فنرهای لایه‌ای و بلبرینگ ــ تکیه‌گاه قاب تریلر یک جفت فنر یک لایه با بلبرینگ است .این سیستم از استهلاکی که ناشی از اصطکاک داخلی فنرها و بست آنهاست‌ودر وسایل مشابه به‌وفور یافت می‌شود جلوگیری می‌کند .

۳ ــ چرخ و لاستیک تریلر ــ چرخ تریلر یک صفحهٔ توپر با طوقهٔ استاندارد است و لاستیکها باید صاف بوده و تحمل بار استاتیکی معادل ۲۶۳ کیلوگرم را داشته باشند .

۴ ــ دور شمارــ دورشمار چرخ تشکیل شده از یک میکروسوئیچ که بوسیله دستگاهی‌که حرکت دورانی‌را به‌حرکت خطی تبدیل‌می‌کند و در توپی چرخ تریلر واقع‌است به‌کارانداخته شده و به‌ازای هردور گردش چرخ یک مدار الکتریکی را بازو بسته می‌کند .اپراتور ناهمواری‌ــ سنج بوسیلهٔ این دستگاه می‌تواند طول قسمتی از روسازی را که مورد آزمایش قرار گرفته

اندازه‌گیری کند و در صورتی که همراه با یک زمان‌سنج مورد استفاده قرار گیرد سرعت ناهمواری سنج نیز قابل کنترل است .



شکل ۹ـ۱ ناهمواری‌سنج

۵ ـ گیره کشش ـ گیره‌ای که جهت کشیدن دستگاه ناهمواری‌سنج به‌کار می‌رود طوری است که تریلر را در محل صحیح خود نگه می‌دارد و اما به‌کمک یک چهار شاخ گاردان آزادی حرکت‌تریلی در صفحات افقی و قائم تأمین می‌گردد .

۶ ـ واحد جمع‌کننده ـ یک‌جمع‌کننده مکانیکی حرکت متناوب قائم محور دستگاه را به‌حرکت نوسانی دورانی تبدیل می‌کند و این حرکت به‌وسیلهٔ یک کلاچ به‌یک حرکت‌دورانی یک جهته تبدیل می‌شود .دراثر این حرکات‌دورانی و به‌کمک یک‌میکروسویچ مداریک‌شمارشگر بازوبسته می‌شود و باین ترتیب مجموع این حرکات دورانی ثبت می‌شود .

۹ ـ ۲ وسیله نقلیه یدک‌کش

کار اصلی این وسیله یدک‌کشیدن دستگاه ناهمواری‌سنج در مسیر انتخابی در طول راه

با سرعت ثابت است . واحد تریلر طوری طراحی شده که نوع وسیلهٔ یدک‌کش تأثیر چندانی بر عملکرد آن ندارد ، به‌این دلیل است که انتخاب نوع یدک کش مهم نمی‌باشد .

۹ ــ ۳ روش کار ناهمواری‌سنج

۱ ــ استفاده موفقیت‌آمیز از دستگاه ناهمواری‌سنج بستگی زیادی به‌افراد مسؤول آن دارد . هرچند که برای اپراتور و راننده آموزشهای تکنیکی خاصی لازم نیست اما بهتر است که هردو افرادی آشنا با وسایل مکانیکی و قادر به‌کار با دستگاه فوق باشند .

۲ ــ چون اثرات آمدوشد وسایل نقلیه معمولاً بر روی مسیر عبورچرخها نمایان می‌شود بنابراین اندازه‌گیری با دستگاه ناهمواری‌سنج نیز معمولاً باید در محور تقریبی این مسیر انجام شود . به‌دلیل این‌که ممکن است مسیرهای مختلف عبور چرخ در روسازی ناهمواریهای مختلفی داشته باشد . بنابراین ممکن است که لازم باشد در بیش از یکی از این مسیرها آزمایش ناهمواری‌سنج را انجام داد .

۳ ــ انتخاب تعداد مسیرهای چرخ و تعداد دفعات آزمایش در هر مسیر باید طوری باشد که نتایج اندازه‌گیری‌ها بتواند نشان دهنده وضعیت ناهمواری یک خط عبور باشد . به‌علاوه برای هرقسمت مورد آزمایش باید یادداشتهایی را تهیه کرد که بتواند وضعیت ناهمواری روسازی و کلیه شرایطی را که در ناهمواری روسازی تأثیر می‌گذارد مشخص نماید .

۴ ــ در هر مسیر چرخ معمولاً ۲ تا ۳ بار عبور ناهمواری‌سنج برای حصول یک نتیجهٔ دقیق کافی است . به‌طور کلی اگر نتایج چندبار آزمایش تکراری در طول یک مسیر ناهموار اختلافی حدود ۲٪ با میانگین اندازه‌گیریها داشته باشد قابل قبول است اما اگر اختلافها بیش از حد فوق باشد باید دستگاه را مورد بازدید قرار داد تا نقص فنی در آن بوجود نیامده باشد .

۵ ــ برای یک مسیر طولانی مورد آزمایش توصیه می‌شود که در فواصل هر ۰/۸ کیلومتر مقادیر جمع شده ناهمواری ثبت شود . وقتی آزمایش در مسیرهای کوتاهتر انجام می‌شود بهتر است تعداد آزمایشات تکراری را بیشتر کرد تا دقت نتایج آزمایش افزایش یابد . وقتی که چندقطعه از یک‌راه با طولهای مختلف برای آزمایش موردنظر هستند بهتر است که‌ازعلامتهای کنار راه در ابتدا و انتهای هرقطعه استفاده شود . به‌طور کلی در تمام موارد نشانهٔ ناهمواری را باید برحسب میلی‌متر در کیلومتر اندازه‌گیری و گزارش کرد .

۶ــ سرعت استاندارد کاربا ناهمواری‌سنج ۳۲ کیلومتردرساعت بارواداری ۰/۸ ± کیلومتردر ساعت است . چون تغییرات سرعت وسیله یدک‌کش تأثیر قابل توجهی در بزرگی مقادیر

ناهمواری دارد بنابراین رعایت دقیق سرعت و رواداری فوق بسیار مهم است. سرعت سنجها و مسافت پیماهای معمولی دقت کافی را برای این کار ندارند و باید دقیقا "انگ‌شوند، حرکت شمار چرخ تریلر بهمراه زمان‌سنج که شرح آن رفت وسیلهٔ مناسبی جهت کنترل سرعت حرکت دستگاه است . حرکت دستگاه در سرعت km/h ۳۲ دو حسن دارد . یکی این‌که‌راننده بهتر می‌تواند مسیر چرخها را دنبال‌کند و دیگر این‌که اپراتور دستگاه فرصت کافی برای‌یادداشت برداری دارد .

۷ ــ برای کسب نتایج صحیح لازم است هرروز قبل از شروع کار حداقل یک مسیر ۱۶ کیلومتری برای گرم‌شدن دستگاه طی شود .

۹ ــ ۴ نتایج

قبل از شروع آزمایش باید تعداد دورهای چرخ را برای هرقطعه محاسبه و در فرمهایی که نمونهٔ آنها در شکلهای ۹ــ۲ ، ۹ــ۳ یا ۹ــ۴ آمده ثبت کرد . ناهمواریهای جمع شده باید برحسب میلی‌متر در انتهای هر قطعه قراءت و در ستون مربوطهٔ فرم مخصوص ثبت شود . مجموع میلی‌مترهای ناهمواری هرقطعه‌از تفاضل قراءت درپایان آن‌قطعه و قراءت قطعهٔ ماقبل آن بدست می‌آید . ناهمواری سطح هرقطعه که بصورت میلی‌متر در کیلومتر گزارش می‌شود از تقسیم مجموع میلی‌مترهای ناهمواری هرقطعه به‌طول‌آن بدست‌می‌آید . مثلا" برای‌قطعه‌ای به‌طول ۰/۴ کیلومتر که مجموع ناهمواری اندازه‌گیری شده آن ۶۳۵ میل‌متر است . ناهمواری سطح روسازی بصورت $\frac{۶۳۵}{۰/۴}$ = ۱۵۸۷ میلی‌متر در کیلومتر گزارش می‌شود .

شرایط خاص مثل تقاطع راه با راه‌آهن ، نشستهای پشت پلها و آبروها را نباید در آزمایش ناهمواری منظورداشت . برای بدست‌آوردن درجهٔ خدمت حاضر و یا نشانهٔ خدمت حاضر روسازی می‌توان از شکل ۲ــ۱ و یا رابطهٔ زیر استفاده کرد .

$$PSR \text{ یا } PSI = ۵/۰ - ۰/۰۰۰۹۵ \; R - ۰/۰۸۵ \; Log \; R$$

که در آن : R = مقدار ناهمواری برحسب میلی‌متر در کیلومتر است .

فرم الف

صفحه ــــ از ــــ

راه : ــــــــــــــــــــ تاریخ : ــــــــــــــــــــ ، ۱۳

ــــــــــــــــــــ زمان : ــــــــــــــــــــ تا ــــــــــــــــــــ

ــــــــــــــــــــ وضعیت جوی : ــــــــــــــــــــ درجه‌حرارت‌هوا °c ــــــــــــــــــــ

اپراتور ــــــــــــــــــــ راننده ــــــــــــــــــــ روغن‌کمک‌فنر : ــــــــــــــــــــ درجه‌حرارت‌روغن °c ــــــــــــــــــــ

شماره‌ناهمواری‌سنج ــــــــــــــــــــ فشارباد چرخ kpa ــــــــــــــــــــ (PSI) ــــــــــــــــــــ

وسیله‌یدک‌کش ــــــــــــــــــــ سرعت اسمی ، km/h ــــــــــــــــــــ (mph) ــــــــــــــــــــ

توضیح	km	تعداد دورهای چرخ	کل ناهمواری mm	ناهمواری هر قطعه mm	نشانه ناهمواری mm/km

این فرم برای اندازه‌گیری ناهمواری در مسیرهای طولانی بدون قطع ترافیک استفاده می‌شود .

تعداد دورهای چرخ در هرقطعه محاسبه می‌شود و قبل از شروع آزمایش در ستون سوم ثبت می‌شود ،مجموع ناهمواری در انتهای هرقطعه محاسبه‌شده و درستون چهارم یادداشت می‌شود. ناهمواری هرقطعه‌ازتفاضل مجموع ناهمواری‌درانتهای دوقطعه‌به‌دست می‌آید نشانه ناهمواری حاصل تقسیم ناهمواری در هرقطعه بر طول آن است . کل زمان اندازه‌گیری نیز یادداشت می‌شود .

شکل ۹ــ۲ فرم اندازه‌گیری ناهمواری در مسیرهای طویل

فرم ب

صفحه ــ از ــ

راه : ــــــــــــــــــــ تاریخ : ــــــــــــــــــــ ، ۱۳

ــــــــــــــــــــ زمان : ــــــــــــ تا ــــــــــــ

ــــــــــــــــــــ وضعیت جوی : ــــــــــ درجه‌حرارت هوا C° ــــــ

اپراتور ــــــــــ راننده ــــــ روغن‌کمک‌فنر ــــــــــ درجه‌حرارت روغن C° ــــــ

شماره ناهمواری‌سنج ــــــــــ فشار باد چرخ Kpa ــــــــــ (PSI) ــــــــــ

وسیله یدک‌کش ــــــــــ سرعت اسمی km/h ــــــــــ (mph) ــــــــــ

ایستگاه	طول قطعه متر	زمان	کل ناهمواری mm	ناهمواری هرقطعه mm	نشانه ناهمواری mm/Km

ــــــــ این فرم نمونه اصلاح شده فرم الف می‌باشد و برای اندازه‌گیری ــــــــ
ــــــــ ناهمواری مسیرهای طولانی که از قطعاتی با طولهای متفاوت ــــــــ
ــــــــ تشکیل شده‌است استفاده می‌شود . در این موارد بهتر است ــــــــ
ــــــــ از علامت‌های کنار راه استفاده شود . ــــــــ

شکل ۹ ــ ۳ فرم اندازه‌گیری ناهمواری برای قطعاتی با طولهای متفاوت

فرم ج

صفحه ــــ از ــــ

راه : ــــــــــــــــــــ تاریخ : ــــــــــــــــــــ ، ۱۳

ــــــــــــــــــــ زمان : ــــــــــــــــــــ تا ــــــــــــــــــــ

ــــــــــــــــــــ وضعیت جوی : ــــــــــــــــــــ درجه‌حرارت هوا C° ــــــــــــــــــــ

اپراتور ــــــــــــــــــــ راننده ــــــــــــــــــــ روغن کمک فنر ــــــــــــــــــــ درجه‌حرارت روغن C° ــــــــــــــــــــ

شماره ناهمواری‌سنج ــــــــــــــــــــ فشار باد چرخ Kpa ــــــــــــــــــــ (P.S.I) ــــــــــــــــــــ

وسیله یدک‌کش ــــــــــــــــــــ سرعت اسمی Km/h ــــــــــــــــــــ (mph) ــــــــــــــــــــ

شماره آزمایش	طول قطعه، متر	تعداد دورهای چرخ	زمان	ناهمواری هرقطعه mm	ملاحظات

این فرم برای اندازه‌گیری ناهمواری در تعداد دفعات متوالی در مسیرهای کوتاه می‌باشد .

کل ناهمواری (mm) هرقطعه :

متوسط ناهمواری (mm) هرقطعه :

نشانه ناهمواری (mm/km) :

شکل ۹ــ۴ فرم اندازه‌گیری تکراری ناهمواری در یک مسیر کوتاه

فصل دهم

تعیین محلهای نمونه‌برداری و آزمایش به‌روش انتخاب تصادفی

۱۰ ــ ۱ روش انتخاب محلهای نمونه‌گیری

اعداد تصادفی که در جدول ۱۰ــ۱ آمده برای روشهای کلی نمونه‌برداری قابل استفاده است . برای استفاده از این جدول در انتخاب محلهای نمونه‌گیری و یا آزمایش افت و خیز بوسیلهٔ تیر بنکلمن باید مراحل زیر را گام به‌گام انجام داد .

۱ ــ طول راه را به‌قطعاتی که مرزهای آنها مناطق تغییر وضعیت روسازی است تقسیم کنید .

۲ ــ با انتخاب حداکثر میانگین فواصل طولی لازم بین محلهای نمونه‌برداری (یا آزمایش افت و خیز) و تقسیم طول قطعه به‌آن ، تعداد نمونه‌های لازم در هرقطعه را به‌دست آورید .

۳ ــ بیست و هشت عدد کارت کوچک که روی آنها اعداد ۱ تا ۲۸ ثبت شده باشد را تهیه و داخل ظرفی بریزید و از میان آنها یکی را بیرون بیاورید .

۴ ــ ستون مربوط به‌شماره‌ای را که از داخل ظرف بیرون آمده از جدول ۱۰ــ۱ انتخاب کرده و در زیر ستون A آن ستون تمام اعدادی را که مساوی و یا کوچکتر از تعداد لازم نمونه‌ها در طول قطعه است مشخص کنید .

۵ ــ طول کل قطعه را در اعداد اعشاری زیر ستون B که مقابل اعداد انتخابی زیر ستون A است ضرب کرده و با کیلومتر ابتدای قطعه جمع کنید تا موقعیت نقاط مورد آزمایش مشخص شود .

۶ ــ عرض کل روسازی را در اعداد زیر ستون C که مقابل اعداد انتخابی زیر ستون A

است ضرب کنید تا فاصله نقاط مورد آزمایش از لبهٔ سمت چپ روسازی مشخص شود . باید توجه داشت که این قسمت در آزمایش با تیر بنکلمن کاربردی ندارد ، چون در این آزمایش کلیهٔ نقاط در فاصلهٔ ۰/۶ تا ۱/۰ متر از لبه‌های خارجی روسازی واقع است .

مثال :

داده‌ها : در یک قطعه راه با رویه آسفالتی قدیمی به‌طول ۵۰۳۰ متر و عرض روسازی ۶ متر که کیلومتر ابتدا و انتهای آن ۱+۰۰۰ و ۶+۰۳۰ است بررسی وضعیت سازه‌ای روسازی نشان می‌دهد که از ابتدای قطعه با کیلومتر ۱۸+۸۹۰ ترکهای کوچک و از کیلومتر ۸۹۰ + ۲ تا ۳۰+۲۶۲ ترکهای موزاییکی بزرگ‌وجود دارد .از کیلومتر ۲۶۲ + ۴ تا انتهای‌قطعه‌وضعیت مشابه قسمت اول راه است .

۱ ــ برای نمونه‌گیری ، راه مورد مطالعه را باید به‌سه‌قطعه به‌شرح زیر تقسیم کرد :

قطعه ۱ : از کیلومتر ۱+۰۰۰ الی ۲+۸۹۰
قطعه ۲ : " ۲+۸۹۰ " ۴+۲۶۲
قطعه ۳ : " ۴+۲۶۲ " ۶+۰۳۰

۲ ــ متوسط فواصل مطلوب نمونه‌گیری خاک بستر در قسمتی که وضعیت روسازی بهتر است ۵۰۰ متر با حداقل سه‌نمونه در هرقطعه و در قسمتی که روسازی وضع بدتری دارد ۳۰۰ متربا حداقل ۵ نمونه درهرقطعه است .بنابراین تعداد نمونه‌ها در هرقطعه به‌شرح‌زیراست :

قطعه ۱ : $\frac{۱۸۹۰}{۵۰۰}=۳/۸=۴$ نقطه

قطعه ۲ : $\frac{۱۳۷۰}{۳۰۰}=۴/۵=۵$ نقطه (حداقل)

قطعه ۳ : $\frac{۱۷۷۰}{۵۰۰}=۳/۵=۴$ نقطه

۳ ــ اعداد ۲۳ و ۱۶ و ۱۵ که به‌قید قرعه از میان ۲۸ شماره انتخاب شده‌اند معرف ستونهایی هستند که در جدول ۱۰ــ۱ آمده و برای هرکدام از قطعات قابل استفاده است .

۴ ــ برای قطعه ۱ اعداد انتخاب شده از ستون ۲۳ به‌شرح زیر است :

ستون A	ستون B	ستون C
۴	۰/۵۱۵	۰/۹۹۳
۳	۰/۰۵۳	۰/۲۵۶
۲	۰/۶۲۳	۰/۲۷۱
۱	۰/۹۳۷	۰/۷۱۴

برای قطعه ۲ از ستون ۱۶

ستون A	ستون B	ستون C
۵	۰/۱۴۷	۰/۸۶۴
۴	۰/۵۱۶	۰/۳۹۶
۳	۰/۵۴۸	۰/۶۸۸
۲	۰/۷۳۹	۰/۲۹۸
۱	۰/۳۳۱	۰/۹۲۵

برای قطعه ۳ از ستون ۱۵

ستون A	ستون B	ستون C
۴	۰/۹۵۱	۰/۴۸۲
۳	۰/۵۲۳	۰/۵۱۹
۲	۰/۹۷۷	۰/۱۷۲
۱	۰/۱۳۹	۰/۲۳۰

۵ ــ طول قطعه ۱ = ۱۸۹۰ متر

کیلومتر نقاط نمونه‌برداری	= کیلومتر ابتدای قطعه	+ فاصله‌ازابتدای قطعه (متر)	= ستون	B × طول(قطعه) ۱ متر
۱ + ۹۷۳	۱ + ۰۰۰	۹۷۳	۰/۵۱۵	۱۸۹۰
۱ + ۱۰۰	۱ + ۰۰۰	۱۰۰	۰/۰۵۳	۱۸۹۰
۲ + ۱۷۷	۱ + ۰۰۰	۱۱۷۷	۰/۶۲۳	۱۸۹۰
۲ + ۷۷۱	۱ +۰۰	۱۷۷۱	۰/۹۳۷	۱۸۹۰

طول قطعه ۲ = ۱۳۷۲ متر

کیلومتر نقاط نمونه‌برداری	= کیلومتر ابتدای قطعه	+ فاصله‌ازابتدای قطعه (متر)	= ستون	B × طول(قطعه) ۱ متر
۳ + ۰۹۲	۲ + ۸۹۰	۲۰۲	۰/۱۴۷	۱۳۷۲
۳ + ۵۹۸	۲ + ۸۹۰	۷۰۸	۰/۵۱۶	۱۳۷۲
۳ + ۶۴۲	۲ + ۸۹۰	۷۵۲	۰/۵۴۸	۱۳۷۲
۳ + ۹۰۴	۲ + ۸۹۰	۱۰۱۴	۰/۷۳۹	۱۳۷۲
۳ + ۳۴۴	۲ + ۸۹۰	۴۵۴	۰/۳۳۱	۱۳۷۲

طول قطعه ۳ : ۱۷۶۸ متر

کیلومتر نقاط نمونه‌برداری	= کیلومتر ابتدای قطعه	+ فاصله‌ازابتدای قطعه (متر)	= ستون	B × طول(قطعه) ۱ متر
۵ + ۹۴۳	۴ + ۲۶۲	۱۶۸۱	۰/۹۵۱	۱۷۶۸
۵ + ۱۸۷	۴ + ۲۶۲	۹۲۵	۰/۵۲۳	۱۷۶۸
۵ + ۹۸۹	۴ + ۲۶۲	۱۷۲۷	۰/۹۷۷	۱۷۶۸
۴ + ۵۰۸	۴ + ۲۶۲	۲۴۶	۰/۱۳۹	۱۷۶۸

۶ ــ قطعه ۱ : عرض کل روسازی = ۶ متر

فاصله نقاط نمونه‌برداری از لبه سمت چپ روسازی (متر)	= ستون	C	×	عرض روسازی (متر)
۵/۹	۰/۹۹۳			۶
۱/۵	۰/۲۵۶			۶
۱/۶	۰/۲۷۱			۶
۴/۳	۰/۷۱۴			۶

طعه ۲ : عرض کل روسازی = ۶ متر

فاصله نقاط نمونه‌برداری از لبه سمت چپ روسازی (متر)	= ستون	C	×	عرض روسازی (متر)
۵/۲	۰/۸۶۴			۶
۲/۴	۰/۳۹۶			۶
۴/۱	۰/۶۸۸			۶
۱/۸	۰/۲۹۸			۶
۵/۶	۰/۹۲۵			۶

طعه ۳: عرض کل روسازی = ۶ متر

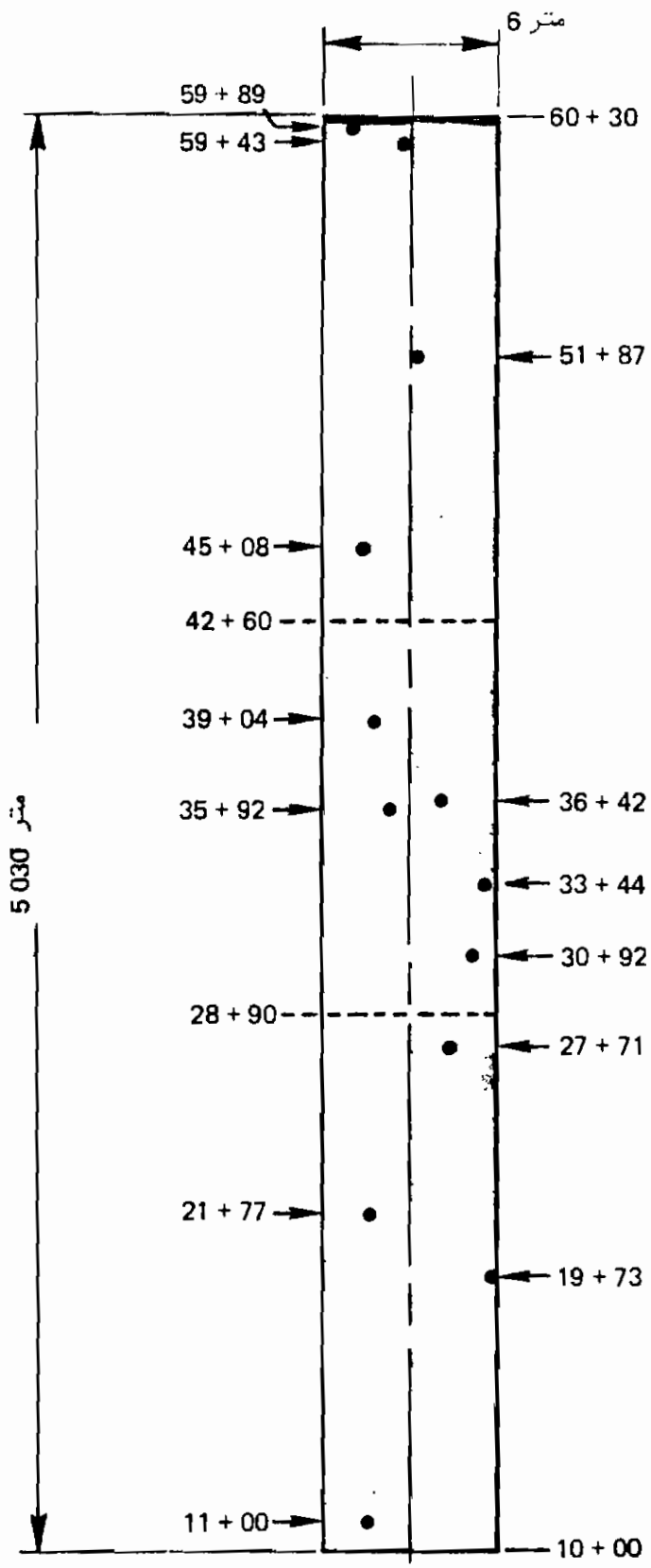
فاصله نقاط نمونه‌برداری از لبه سمت چپ روسازی (متر)	= ستون	C	×	عرض روسازی (متر)
۲/۹	۰/۴۸۲			۶
۳/۱	۰/۵۱۹			۶
۱/۰	۰/۱۷۲			۶
۱/۴	۰/۲۳۰			۶

۷ ــ موقعیت نقاط نمونه برداری

	کیلومتر	فاصله از لبه سمت چپ روسازی (متر)
	۱ + ۱۰۰	۱/۵
قطعه ۱	۱ + ۹۷۳	۵/۹
	۲ + ۱۷۷	۱/۶
	۲ + ۷۷۱	۴/۳
	۳ + ۰۹۲	۵/۲
	۳ + ۳۴۴	۵/۶
قطعه ۲	۳ + ۵۹۸	۲/۴
	۳ + ۶۴۲	۴/۱
	۳ + ۹۰۴	۱/۸
	۴ + ۵۰۸	۱/۴
قطعه ۳	۵ + ۱۸۷	۳/۱
	۵ + ۹۴۳	۲/۹
	۵ + ۹۸۹	۱/۰

نقاط نمونه‌برداری فوق در شکل ۱۰ــ۱ نشان داده شده است .

۸ ــ چون قطعات ۱ و ۳ شرایط یکسانی از نظر خرابی دارند می‌توان برای ارزیابی نمونه‌های این دوقطعه را با یکدیگر ادغام کرد .



شکل ۱۰ــ۱ محل نقاط نمونه‌برداری

جدول ۱۰ ـ ۱ اعداد تصادفی برای روش کلی نمونه‌برداری

ستون ۱			ستون ۲			ستون ۳			ستون ۴			ستون ۵			ستون ۶			ستون ۷		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	.033	.576	05	.048	.879	21	.013	.220	18	.089	.716	17	.024	.863	30	.030	.901	12	.029	.386
21	.101	.300	17	.074	.156	30	.036	.853	10	.102	.330	24	.060	.032	21	.096	.198	18	.112	.284
23	.129	.916	18	.102	.191	10	.052	.746	14	.111	.925	26	.074	.639	10	.100	.161	20	.114	.848
30	.158	.434	06	.105	.257	25	.061	.954	28	.127	.840	07	.167	.512	29	.133	.388	03	.121	.656
24	.177	.397	28	.179	.447	29	.062	.507	24	.132	.271	28	.194	.776	24	.138	.062	13	.178	.640
11	.202	.271	26	.187	.844	18	.087	.887	19	.285	.899	03	.219	.166	20	.168	.564	22	.209	.421
16	.204	.012	04	.188	.482	24	.105	.849	01	.326	.037	29	.264	.284	22	.232	.953	16	.221	.311
08	.208	.418	02	.208	.577	07	.139	.159	30	.334	.938	11	.282	.262	14	.259	.217	29	.235	.356
19	.211	.798	03	.214	.402	01	.175	.641	22	.405	.295	14	.379	.994	01	.275	.195	28	.264	.941
29	.233	.070	07	.245	.080	23	.196	.873	05	.421	.282	13	.394	.405	06	.277	.475	11	.287	.199
07	.260	.073	15	.248	.831	26	.240	.981	13	.451	.212	06	.410	.157	02	.296	.497	02	.336	.992
17	.262	.308	29	.261	.087	14	.255	.374	02	.461	.023	15	.438	.700	26	.311	.144	15	.393	.488
25	.271	.180	30	.302	.883	06	.310	.043	06	.487	.539	22	.453	.635	05	.351	.141	19	.437	.655
06	.302	.672	21	.318	.088	11	.316	.653	08	.497	.396	21	.472	.824	17	.370	.811	24	.466	.773
01	.409	.406	11	.376	.936	13	.324	.585	25	.503	.893	05	.488	.118	09	.388	.484	14	.531	.014
13	.507	.693	14	.430	.814	12	.351	.275	15	.594	.603	01	.525	.222	04	.410	.073	09	.562	.678
02	.575	.654	27	.438	.676	20	.371	.535	27	.620	.894	12	.561	.980	25	.471	.530	06	.601	.675
18	.591	.318	08	.467	.205	08	.409	.495	21	.629	.841	08	.652	.508	13	.486	.779	10	.612	.859
20	.610	.821	09	.474	.138	16	.445	.740	17	.691	.583	18	.668	.271	15	.515	.867	26	.673	.112
12	.631	.597	10	.492	.474	03	.494	.929	09	.708	.689	30	.736	.634	23	.567	.798	23	.738	.770
27	.651	.281	13	.499	.892	27	.543	.387	07	.709	.012	02	.763	.253	11	.618	.502	21	.753	.614
04	.661	.953	19	.511	.520	17	.625	.171	11	.714	.049	23	.804	.140	28	.636	.148	30	.758	.851
22	.692	.089	23	.591	.770	02	.699	.073	23	.720	.695	25	.828	.425	27	.650	.741	27	.765	.563
05	.779	.346	20	.604	.730	19	.702	.934	03	.748	.413	10	.843	.627	16	.711	.508	07	.780	.534
09	.787	.173	24	.654	.330	22	.816	.802	20	.781	.603	16	.858	.849	19	.778	.812	04	.818	.187
10	.818	.837	12	.728	.523	04	.838	.166	26	.830	.384	04	.903	.327	07	.804	.675	17	.837	.353
14	.895	.631	16	.753	.344	15	.904	.116	04	.843	.002	09	.912	.382	08	.806	.952	05	.854	.818
26	.912	.376	01	.806	.134	28	.969	.742	12	.884	.582	27	.935	.162	18	.841	.414	01	.867	.133
28	.920	.163	22	.878	.884	09	.974	.046	29	.926	.700	20	.970	.582	12	.918	.114	08	.915	.538
03	.945	.140	25	.939	.162	05	.977	.494	16	.951	.601	19	.973	.327	03	.992	.399	25	.975	.584

ادامه جدول ۱۰ ــ۱ اعداد تصادفی برای روش کلی نمونه‌برداری

ستون ۸			ستون ۹			ستون ۱۰			ستون ۱۱			ستون ۱۲			ستون ۱۳			ستون ۱۴		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
09	.042	.071	14	.061	.935	26	.038	.023	27	.074	.779	16	.073	.987	03	.033	.091	26	.035	.175
17	.141	.411	02	.065	.097	30	.066	.371	06	.084	.396	23	.078	.056	07	.047	.391	17	.089	.363
02	.143	.221	03	.094	.228	27	.073	.876	24	.098	.524	17	.096	.076	28	.064	.113	10	.149	.681
05	.162	.899	16	.122	.945	09	.095	.568	10	.133	.919	04	.153	.163	12	.066	.360	28	.238	.075
03	.285	.016	18	.158	.430	05	.180	.741	15	.187	.079	10	.254	.834	26	.076	.552	13	.244	.767
28	.291	.034	25	.193	.469	12	.200	.851	17	.227	.767	06	.284	.628	30	.087	.101	24	.262	.366
08	.369	.557	24	.224	.572	13	.259	.327	20	.236	.571	12	.305	.616	02	.127	.187	08	.264	.651
01	.436	.386	10	.225	.223	21	.264	.681	01	.245	.988	25	.319	.901	06	.144	.068	18	.285	.311
20	.450	.289	09	.233	.838	17	.283	.645	04	.317	.291	01	.320	.212	25	.202	.674	02	.340	.131
18	.455	.789	20	.290	.120	23	.363	.063	29	.350	.911	08	.416	.372	01	.247	.025	29	.353	.478
23	.488	.715	01	.297	.242	20	.364	.366	26	.380	.104	13	.432	.556	23	.253	.323	06	.359	.270
14	.496	.276	11	.337	.760	16	.395	.363	28	.425	.864	02	.489	.827	24	.320	.651	20	.387	.248
15	.503	.342	19	.389	.064	02	.423	.540	22	.487	.526	29	.503	.787	10	.328	.365	14	.392	.694
04	.515	.693	13	.411	.474	08	.432	.736	05	.552	.511	15	.518	.717	27	.338	.412	03	.408	.077
16	.532	.112	20	.447	.893	10	.476	.468	14	.564	.357	28	.524	.998	13	.356	.991	27	.440	.280
22	.557	.357	22	.478	.321	03	.508	.774	11	.572	.306	03	.542	.352	16	.401	.792	22	.461	.830
11	.559	.620	29	.481	.993	01	.601	.417	21	.594	.197	19	.585	.462	17	.423	.117	16	.527	.003
12	.650	.216	27	.562	.403	22	.687	.917	09	.607	.524	05	.695	.111	21	.481	.838	30	.531	.486
21	.672	.320	04	.566	.179	29	.697	.862	19	.650	.572	07	.733	.838	08	.560	.401	25	.678	.360
13	.709	.273	08	.603	.758	11	.701	.605	18	.664	.101	11	.744	.948	19	.564	.190	21	.725	.014
07	.745	.687	15	.632	.927	07	.728	.498	25	.674	.428	18	.793	.748	05	.571	.054	05	.797	.595
30	.780	.285	06	.707	.107	14	.745	.679	02	.697	.674	27	.802	.967	18	.587	.584	15	.801	.927
19	.845	.097	28	.737	.161	24	.819	.444	03	.767	.928	21	.826	.487	15	.604	.145	12	.836	.294
26	.846	.366	17	.846	.130	15	.840	.823	16	.809	.529	24	.835	.832	11	.641	.298	04	.854	.982
29	.861	.307	07	.874	.491	25	.863	.568	30	.838	.294	26	.855	.142	22	.672	.156	11	.884	.928
25	.906	.874	05	.880	.828	06	.878	.215	13	.845	.470	14	.861	.462	20	.674	.887	19	.886	.832
24	.919	.809	23	.931	.659	18	.930	.601	08	.855	.524	20	.874	.625	14	.752	.881	07	.929	.932
10	.952	.555	26	.960	.365	04	.954	.827	07	.867	.718	30	.929	.056	09	.774	.560	09	.932	.206
06	.961	.504	21	.978	.194	28	.963	.004	12	.881	.722	09	.935	.582	29	.921	.752	01	.970	.692
27	.969	.811	12	.982	.183	19	.988	.020	23	.937	.872	22	.947	.797	04	.959	.099	23	.973	.082

ادامه جدول ۱۰ـ۱ اعداد تصادفی برای روش کلی نمونه‌برداری

ستون ۱۵			ستون ۱۶			ستون ۱۷			ستون ۱۸			ستون ۱۹			ستون ۲۰			ستون ۲۱		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	.023	.979	19	.062	.588	13	.045	.004	25	.027	.290	12	.052	.075	20	.030	.881	01	.010	.946
11	.118	.465	25	.080	.218	18	.086	.878	06	.057	.571	30	.075	.493	12	.034	.291	10	.014	.939
07	.134	.172	09	.131	.295	26	.126	.990	26	.059	.026	28	.120	.341	22	.043	.893	09	.032	.346
01	.139	.230	18	.136	.381	12	.128	.661	07	.105	.176	27	.145	.689	28	.143	.073	06	.093	.180
16	.145	.122	05	.147	.864	30	.146	.337	18	.107	.358	02	.209	.957	03	.150	.937	15	.151	.012
20	.165	.520	12	.158	.365	05	.169	.470	22	.128	.827	26	.272	.818	04	.154	.867	16	.185	.455
06	.185	.481	28	.214	.184	21	.244	.433	23	.156	.440	22	.299	.317	19	.158	.359	07	.227	.277
09	.211	.316	14	.215	.757	23	.270	.849	15	.171	.157	18	.306	.475	29	.304	.615	02	.304	.400
14	.248	.348	13	.224	.846	25	.274	.407	08	.220	.097	20	.311	.653	06	.369	.633	30	.316	.074
25	.249	.890	15	.227	.809	10	.290	.925	20	.252	.066	15	.348	.156	18	.390	.536	18	.328	.799
13	.252	.577	11	.280	.898	01	.323	.490	04	.268	.576	16	.381	.710	17	.403	.392	20	.352	.288
30	.273	.088	01	.331	.925	24	.352	.291	14	.275	.302	01	.411	.607	23	.404	.182	26	.371	.216
18	.277	.689	10	.399	.992	15	.361	.155	11	.297	.589	13	.417	.715	01	.415	.457	19	.448	.754
22	.372	.958	30	.417	.787	29	.374	.882	01	.358	.305	21	.472	.484	07	.437	.696	13	.487	.598
10	.461	.075	08	.439	.921	08	.432	.139	09	.412	.089	04	.478	.885	24	.446	.546	12	.546	.640
28	.519	.536	20	.472	.484	04	.467	.266	16	.429	.834	25	.479	.080	26	.485	.768	24	.550	.038
17	.520	.090	24	.498	.712	22	.508	.880	10	.491	.203	11	.566	.104	15	.511	.313	03	.604	.780
03	.523	.519	04	.516	.396	27	.632	.191	28	.542	.306	10	.576	.659	10	.517	.290	22	.621	.930
26	.573	.502	03	.548	.688	16	.661	.836	12	.563	.091	29	.665	.397	30	.556	.853	21	.629	.154
19	.634	.206	23	.597	.508	19	.675	.629	02	.593	.321	19	.739	.298	25	.561	.837	11	.634	.908
24	.635	.810	21	.681	.114	14	.680	.890	30	.692	.198	14	.749	.759	09	.574	.599	05	.696	.459
21	.679	.841	02	.739	.298	28	.714	.508	19	.705	.445	08	.756	.919	13	.613	.762	23	.710	.078
27	.712	.366	29	.792	.038	06	.719	.441	24	.709	.717	07	.798	.183	11	.698	.783	29	.726	.585
05	.780	.497	22	.829	.324	09	.735	.040	13	.820	.739	23	.834	.647	14	.715	.179	17	.749	.916
23	.861	.106	17	.834	.647	17	.741	.906	05	.848	.866	06	.837	.978	16	.770	.128	04	.802	.186
12	.865	.377	16	.909	.608	11	.747	.205	27	.867	.633	03	.849	.964	08	.815	.385	14	.835	.319
29	.882	.635	06	.914	.420	20	.850	.047	03	.883	.333	24	.851	.109	05	.872	.490	08	.870	.546
08	.902	.020	27	.958	.856	02	.859	.356	17	.900	.443	05	.859	.935	21	.885	.999	28	.871	.539
04	.951	.482	26	.981	.976	07	.870	.612	21	.914	.483	17	.863	.220	02	.958	.177	25	.971	.369
02	.977	.172	07	.983	.624	03	.916	.463	29	.950	.753	09	.863	.147	27	.961	.980	27	.984	.252

ادامه جدول ۱۰–۱ اعداد تصادفی برای روش کلی نمونه‌برداری

ستون ۲۲			ستون ۲۳			ستون ۲۴			ستون ۲۵			ستون ۲۶			ستون ۲۷			ستون ۲۸		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
12	.051	.032	26	.051	.187	08	.015	.521	02	.039	.005	16	.026	.102	21	.050	.952	29	.042	.039
11	.068	.980	03	.053	.256	16	.068	.994	16	.061	.599	01	.033	.886	17	.085	.403	07	.105	.293
17	.089	.309	29	.100	.159	11	.118	.400	26	.068	.054	04	.088	.686	10	.141	.624	25	.115	.420
01	.091	.371	13	.102	.465	21	.124	.565	11	.073	.812	22	.090	.602	05	.154	.157	09	.126	.612
10	.100	.709	24	.110	.316	18	.153	.158	07	.123	.649	13	.114	.614	06	.164	.841	10	.205	.144
30	.121	.744	18	.114	.300	17	.190	.159	05	.126	.658	20	.136	.576	07	.197	.013	03	.210	.054
02	.166	.056	11	.123	.208	26	.192	.676	14	.161	.189	05	.138	.228	16	.215	.363	23	.234	.533
23	.179	.529	09	.138	.182	01	.237	.030	18	.166	.040	10	.216	.565	08	.222	.520	13	.266	.799
21	.187	.051	06	.194	.115	12	.283	.077	28	.248	.171	02	.233	.610	13	.269	.477	20	.305	.603
22	.205	.543	22	.234	.480	03	.286	.318	06	.255	.117	07	.278	.357	02	.288	.012	05	.372	.223
28	.230	.688	20	.274	.107	10	.317	.734	15	.261	.928	30	.405	.273	25	.333	.633	26	.385	.111
19	.243	.001	21	.331	.292	05	.337	.844	10	.301	.811	06	.421	.807	28	.348	.710	30	.422	.315
27	.267	.990	08	.346	.085	25	.441	.336	24	.363	.025	12	.426	.583	20	.362	.961	17	.453	.783
15	.283	.440	27	.382	.979	27	.469	.786	22	.378	.792	08	.471	.708	14	.511	.989	02	.460	.916
16	.352	.089	07	.387	.865	24	.473	.237	27	.379	.959	18	.473	.738	26	.540	.903	27	.461	.841
03	.377	.648	28	.411	.776	20	.475	.761	19	.420	.557	19	.510	.207	27	.587	.643	14	.483	.095
06	.397	.769	16	.444	.999	06	.557	.001	21	.467	.943	03	.512	.329	12	.603	.745	12	.507	.375
09	.409	.428	04	.515	.993	07	.610	.238	17	.494	.225	15	.640	.329	29	.619	.895	28	.509	.748
14	.465	.406	17	.518	.827	09	.617	.041	09	.620	.081	09	.665	.354	23	.623	.333	21	.583	.804
13	.499	.651	05	.539	.620	13	.641	.648	30	.623	.106	14	.680	.884	22	.624	.076	22	.587	.993
04	.539	.972	02	.623	.271	22	.664	.291	03	.625	.777	26	.703	.622	18	.670	.904	16	.689	.339
18	.560	.747	30	.637	.374	04	.668	.856	08	.651	.790	29	.739	.394	11	.711	.253	06	.727	.298
26	.575	.892	14	.714	.364	19	.717	.232	12	.715	.599	25	.759	.386	01	.790	.392	04	.731	.814
29	.756	.712	15	.730	.107	02	.776	.504	23	.782	.093	24	.803	.602	04	.813	.611	08	.807	.983
20	.760	.920	19	.771	.552	29	.777	.548	20	.810	.371	27	.842	.491	19	.843	.732	15	.833	.757
05	.847	.925	23	.780	.662	14	.823	.223	01	.841	.726	21	.870	.435	03	.844	.511	19	.896	.464
25	.872	.891	10	.924	.888	23	.848	.264	29	.862	.009	28	.906	.367	30	.858	.299	18	.916	.384
24	.874	.135	12	.929	.204	30	.892	.817	25	.891	.873	23	.948	.367	09	.929	.199	01	.948	.610
08	.911	.215	01	.937	.714	28	.943	.190	04	.917	.264	11	.956	.142	24	.931	.263	11	.976	.799
07	.946	.065	25	.974	.398	15	.975	.962	13	.958	.990	17	.993	.989	15	.939	.947	24	.978	.633

فصل یازدهم

روش اندازه‌گیری افت و خیز برگشت‌پذیر روسازی بوسیله تیر بنکلمن

۱۱ ــ ۱ کلیات

این روش وسیله‌ای است برای اندازه‌گیری افت و خیز برگشت‌پذیر استاتیکی یک نقطه از روسازی آسفالتی تحت اثر بار ناشی از وزن یک کامیون ،که در آن مقدار بار، ابعاد ،فشار با دوفاصله بین لاستیکها مقدار استانداردی است .

۱۱ ــ ۲ وسایل لازم

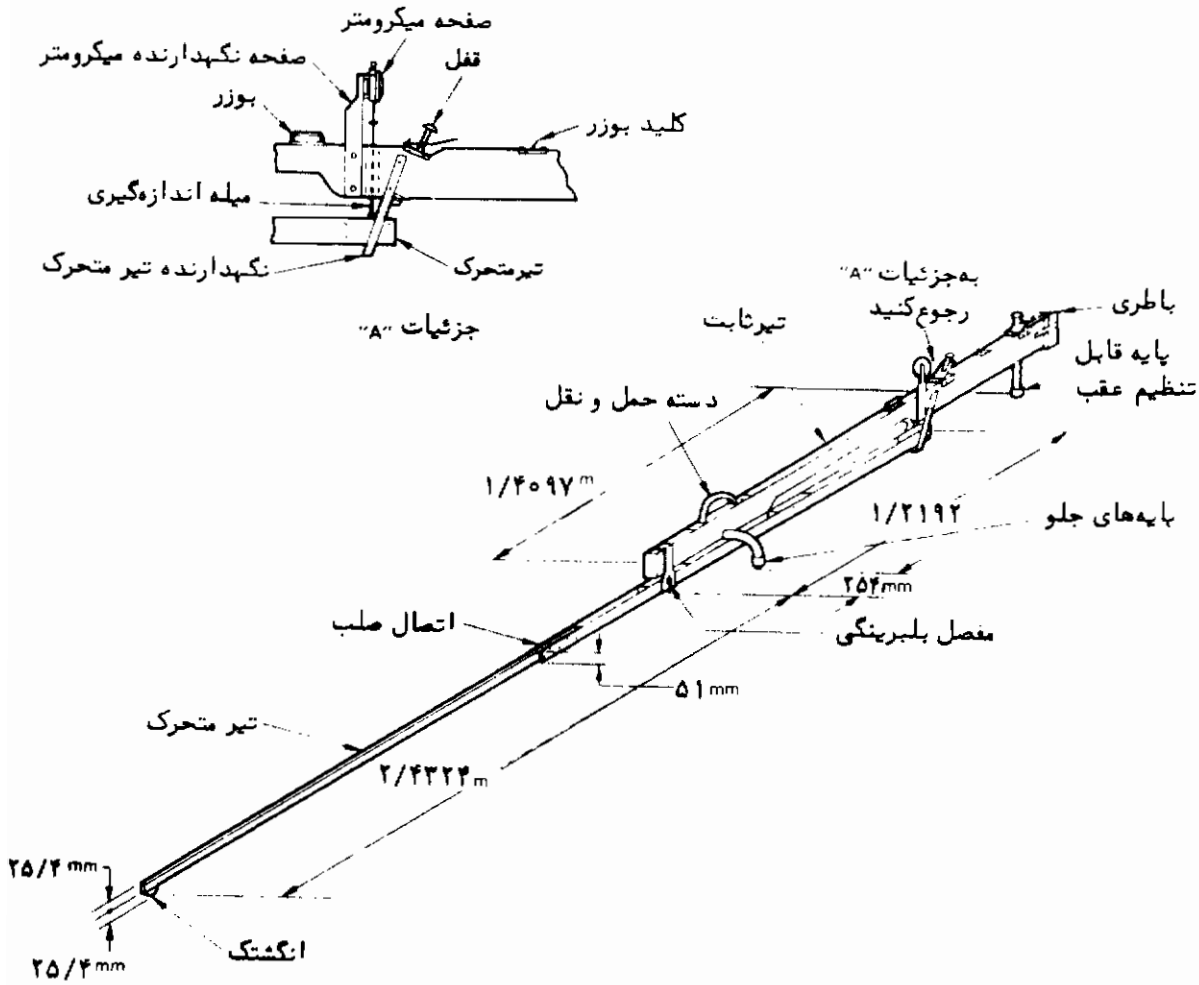
وسایل اساسی لازم جهت انجام آزمایش به‌شرح زیر است :

۱ ــ یک تیر بنکلمن مطابق شکل ۱۱ــ۱ که ابعاد و مشخصات آن در شکل آمده است .

۲ ــ یک‌کامیون ۴/۵ تن به‌عنوان‌بار که باید باری‌معادل۸/۲ تن را به‌صورت مساوی بر روی دوجفت چرخ‌های زوج محور عقب وارد کند . فاصله دوچرخ زوج محور عقب‌حداقل باید ۵۱ mm باشد . ابعاد لاستیکهای مزبور باید ۲۰×۱۰/۰۰،۱۲الا وفشارباد داخل آنها ۵۵۲ کیلو پاسکال باشد . چرخها باید دارای تیوب بوده عاجدار باشند .

۳ ــ اندازه‌گیر فشار باد لاستیکها

۴ ــ یک سیم ترموکوپل آهن ــ کنستانتان و یک پتانسیومتر حرارتی .(هروسیلهٔ دیگری که نتایج حاصل از آن در اندازه‌گیری درجه حرارت سطح مشابه دستگاه فوق باشد نیز قابل کاربرد است) .



شکل ۱۱ــ۱ تیر بنکلمن

۱۱ ــ ۳ روش کار

۱ ــ نقطهٔ موردنظر را باید از قبل مشخص و روی سطح راه علامت‌گذاری کرد (آزمایش معمولاً فقط در خط کناری روسازی انجام می‌گیرد) در صورتی که عرض خط کمتراز ۳/۳۵متر باشد نقاط مورد آزمایش را باید در فاصلهٔ ۰/۶ متر از لبهٔ خط انتخاب کرد . فاصلهٔ مزبور در خطهای با عرض ۳/۳۵ متر و بیشتر . باید ۰/۹ متر انتخاب شود .

۲ ــ وسط یک جفت چرخ زوج کامیون را روی نقطه موردنظر قرار دهید . (تا شعاع ۷/۵ سانتی‌متری نقطه هم مورد قبول است .

۳ ــ تیر متحرک دستگاه بنکلمن را بین دوچرخ قرار داده و انتهای آن را بر روی‌نقطه موردنظر بگذارید .

۴ ــ بین قفل تیررا برداشته و پایه‌های جلو را طوری تنظیم نمایید که درجه میکرومتر تقریبا" ۱۳ میلی‌متر حرکت را نشان دهد .

۵ ــ بوزر را روی تیر به‌کار انداخته و قراءت اولیه اندازه‌گیر را یادداشت نمایید .

۶ ــ بلافاصله پس از ثبت قراءت اندازه‌گیر ،کامیون را به‌آهستگی حدود ۹ متر به‌سمت جلو برانید .

۷ ــ قراءت نهایی اندازه‌گیر را ثبت کنید . هنگامی‌که حرکت عقربه متوقف شد بوزر را از کار بیندازید . در این مرحله ممکن است حرکت عقربه پس از یک مکث کوتاه ازسرگرفته شود ولی قراءت اندازه‌گیر لزومی ندارد .

۸ ــ درجهٔ حرارت* سطح روسازی را به‌روش زیر اندازه‌گیری کنید . (روشهای دیگری هم ممکن است به‌کار روند . به‌بند چهارم ۱۱ــ۲ نگاه کنید) .

الف ــ در نقطه‌ای که نباید فاصلهٔ آن کمتراز ۲/۵ سانتی‌متر از لبهٔ روسازی باشدیک سوراخ کوچک به‌قطر و عمق ۳ میلی‌متر در روسازی ایجاد نمایید .

ب ــ سوراخ را با قیر پر کرده و سیم ترموکوپل را که انتهای آن به‌طول ۵ میلی‌متر با زاویهٔ قائم خم شده است به‌اندازه ۳ میلی‌متر داخل سوراخ فرو کنید .

ج ــ درجهٔ حرارت را به‌وسیلهٔ یک پتانسیومتر حرارت قراءت کنید . در این مرحله درجهٔ حرارت هوا را نیز ثبت کنید .

۹ ــ فشار باد لاسیتکها را روزی یک بار کنترل کنید و در صورت لزوم مقدارآن را اصلاح کرده و به ۵۵۲ کیلو پاسکال برسانید .

۱۰ــ ضخامت‌لایهٔ آسفالتی‌را با دقت ۲۵ میلی‌متر بوسیلهٔ حفاری و یا از روی‌نقشه‌های موجود تعیین کرده و نوع و وضعیت لایه‌های دیگر را معین نمایید . مثلا" " لایه اساس شن و ماسه‌ای مرطوب " و یا " زیر اساس دانه‌ای اشباع شده که مقداری از لای خاک بستر درآن مخلوط شده است . "

۱۱ ــ ۴ محاسبات

تفاضل قراءت نهایی و قراءت اولیه اندازه‌گیر را به‌دست آورید . افت و خیز کلی روسازی معادل دوبرابر تفاضل فوق است . (نسبت ۲ به ۱ معمولا" در تیر بنکلمن به‌کار رفته است . ممکن است مدلهای دیگری با نسبتهای متفاوت ساخته شده باشند) .

---

* معمولا" اندازه‌گیری درجه حرارت در هریک ساعت کافی است . اندازه‌گیری‌باید درمحلی انجام بگیرد که در همان لحظه آزمایش افت و خیز انجام می‌شود .

۱۱ ـ ۵ گزارش

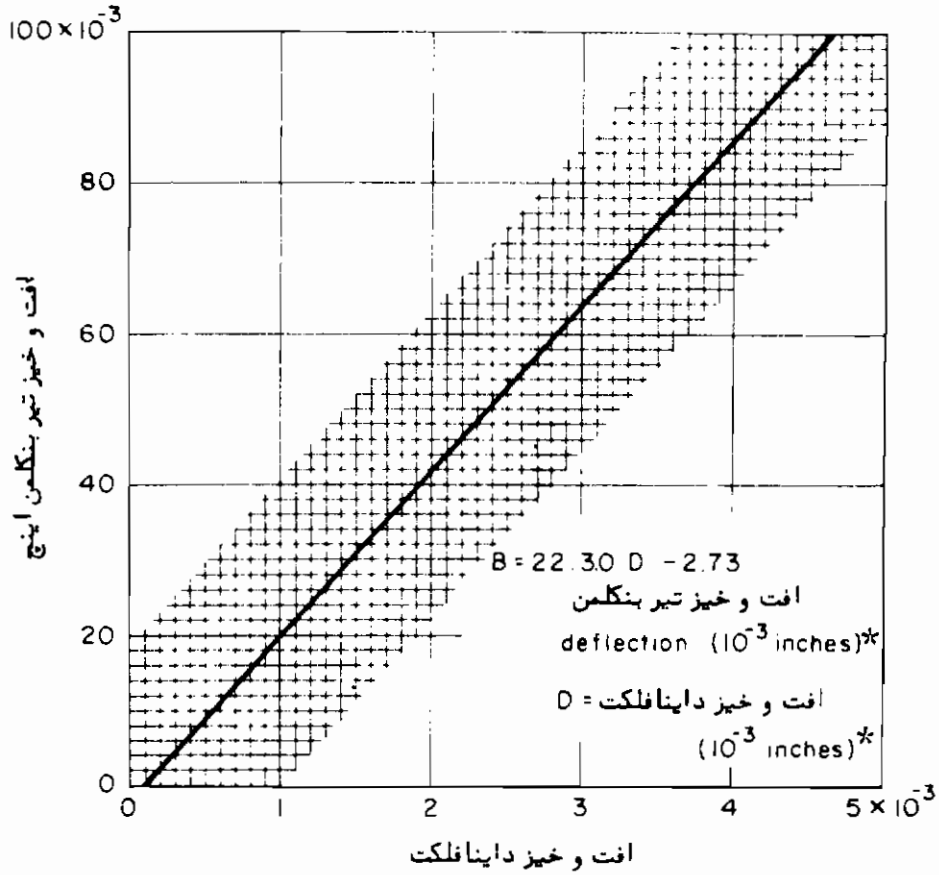
گزارش آزمایش باید شامل موارد زیر باشد :

- مکان آزمایش
- افت و خیز برگشت‌پذیر روسازی
- درجه حرارت سطح روسازی
- درجهٔ حرارت هوا
- ضخامت آسفالت

۱۱ ـ ۶ رابطه تقریبی بین افت و خیزهای اندازه‌گیری‌شده بوسیله تیر بنکلمن و داینافلکت

نتیجهٔ مطالعات متعدد برای نسبت‌دادن نتایج افت و خیز داینافلکت با افت و خیز تیر بنکلمن در شکل ۱۱ـ۲ آمده است . در مقادیر کم افت و خیز نتایج هردو آزمایش کاملا" به‌یکدیگر نزدیک است . (در محدودهٔ ۰/۵ تا ۱/۰ میلی‌متر خیز تیر بنکلمن) با توجه به‌این که در مقادیر بالای افت و خیز پراکندگیهایی در مقدار افت و خیز وجود دارد در مواقعی که تصمیم‌گیریها براساس تبدیل نتایج این دو آزمایش به‌یکدیگر است باید توجه خاص مبذول داشته و از قضاوت مهندسی استفاده کرد . توصیه می‌شود در این گونه موارد برای برقرارکردن ارتباط بین دو افت و خیز عوامل تبدیلی را به‌کار برد که منعکس‌کننده وضعیت محلی نقطهٔ مورد آزمایش باشد .

وقتی که افت و خیزها با استفاده از داینافلکت اندازه‌گیری شده باشد باید هریک از آنها را با توجه به‌شکل ۱۱ـ۲ به‌افت و خیز معادل تیر بنکلمن تبدیل کرده و از آن برای محاسبهٔ مقدار آماری افت و خیز برگشت‌پذیر روسازی با توجه به‌آنچه در فصل سوم گفته شد استفاده کرد .



شکل ۱۱ــ۲ تبدیل نتایج آزمایش با تیر بنکلمن و دایناافلکت به یکدیگر

فصل دوازدهم

روش تعیین درجه حرارت متوسط روسازی

۱۲ ـ ۱ تعریف و هدف

درجهٔ حرارت متوسط یک روسازی آسفالتی عبارت است از میانگین درجه حرارت سطح وسط و انتهای ضخامت آسفالت روسازی. این قسمت آسفالتی ممکن است در چند لایه بوده و یا این که لایه‌ها در زمانهای مختلف اجرا شده باشند.

هدف از تعیین درجه حرارت متوسط روسازی استفاده از آن جهت پیدا کردن یک ضریب تصحیح حرارت است که برای اصلاح مقادیر افت و خیز روسازی نسبت به یک درجهٔ حرارت استاندارد $^{\circ}$C (۲۱) به‌کار می‌رود.

۱۲ ـ ۲ اطلاعات لازم

برای تعیین درجه حرارت پنج عامل اساسی به‌شرح زیر لازم است:

۱ ـ محل منطقه مورد آزمایش: جهت مشخص شدن ایستگاه هواشناسی که اطلاعات لازم را باید از آنجا به‌دست آورد.

۲ ـ زمان آزمایش: جهت مشخص شدن زمانی‌که بایداطلاعات مربوطه به‌درجهٔ حرارت روسازی را به‌دست آورد.

۳ ـ حداکثر و حداقل درجه حرارت هوا: که پنج روز قبل از انجام آزمایش لازم‌است تا روند تغییرات درجه حرارت در منطقه مورد آزمایش به‌دست آید.

۴ ـ درجه حرارت سطح روسازی که در زمان آزمایش اندازه‌گیری می‌شود.

۵ ـ ضخامت لایه آسفالتی: که برای انتخاب منحنی مناسب در نمودارهای تعیین

درجهٔ حرارت متوسط به‌کار می‌رود .

کلیهٔ اطلاعات فوق بجز مـــورد شماره ۳ باید در زمان آزمایش با تیر بنکلمـن ثبت شود روند تغییرات درجهٔ حرارت هو را پنج روز قبل از آزمایش می‌توان به‌یکی از سه روش زیر تعیین کرد .

۱ ــ درجه حرارت هوا در هر ساعت از پنج روز قبل از هر آزمایش را باید در نزدیکی نقاط مورد آزمایش ثبت کرده و از روی آن حداقل و حداکثر درجه حرارت را به‌دست آورد .

۲ ــ حداکثر و حداقل درجه‌حرارت هرروزه‌را می‌توان ازنزدیکترین ایستگاه‌هواشناسی که شرایط‌آب و هوایی آن کاملا" مطابق نقطه مورد آزمایش باشد به‌دست آورد .

۳ ــ حداکثر و حداقل درجه حرارت هرکدام از روزها را می‌توان از روی نشریاتـــی که آمار درجه حرارت را چاپ می‌کنند تعیین کرد . این حالت عملی‌ترین روش برای مواقعـــی است که دسترسی به‌نتایج آزمایش افت و خیز سریعا" لازم است .

پس از به‌دست‌آوردن حداکثر و حداقل درجه حرارت پنج روز قبل از آزمایش باید ده عدد فوق را با یکدیگرجمع کرده و میانگین آنها را محاسبه نمود . این مقدار میانگین‌بـهمراه درجه حرارت سطح روسازی برای تخمین درجه حرارت لایه آسفالتی در هرعمق به‌کارمی‌رود درجهٔ حرارت سطح روسازی را باید در حین آزمایش افت و خیز همراه با تاریـخ و ساعـت اندازه‌گیری ثبت کرد .

۱۲ ــ ۳ تعیین درجه حرارت متوسط روسازی

"دپارتمان راهسازی کنتاکی"* سه عامل درجه حرارت سطح روسازی با روند تغییرات درجه حرارت هوا و درجه حرارت روسازی در هر عمق را به‌یکدیگر ارتباط داده که خلاصـه آن بصورت نمودارشکل ۱۲ــ۱** نشان داده شده‌است . اولین گام پیداکردن درجه حـرارت

---

* An Evaluation of Temperature Disttribution within Asphalt Pavements and its Relatlonship to pavement Deflection" HPR-L(3), part II; KYHPR-64-20, by H.F. Southgate, Kentucky Department of Highways Research Report, Divlsion of Research, Lexlngton.

** این چارت از گزارش علمی بالا به‌دست آمده است و متوسط ده چارت دیگر می‌باشـد . از این چارت فقط می‌توان برای طرح روکش استفاده نمود .

در هر عمق لایه آسفالتی ، محاسبه مجموع میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت هوا در طی پنج روز قبل ازآزمایش با درجه حرارت سطح روسازی است‌که بوسیلهٔ آن از نمودارشکل ۱۲ــ۱ می‌توان درجهٔ حرارت متوسط روسازی را به‌شرح زیر تعیین کرد .

الف ــ ضخامت روسازی را معین کنید .

ب ــ برروی محور افقی نمودارمقدار درجه حرارت‌اصلاح شده* سطح آسفالت‌رامشخص کرده و یک خط عمودی رسم کنید تا منحنی ضخامت مربوطه را قطع کند و از روی محور قائم درجهٔ حرارت مربوط به‌انتها و یا وسط لایه را پیدا کنید . در صورت لزوم برای ضخامتهایی که منحنی آنها در نمودار موجود نیست می‌توان از درون‌یابی استفاده کرد .

ج ــ از میانگین درجات حرارت سطح ، وسط و انتهای لایه درجهٔ حرارت متوسط لایه آسفالتی را به‌دست آورید .

د ــ از درجه حرارت متوسط لایه آسفالتی می‌توان در شکل ۳ــ۴ (برای ضخامتهای کمتراز ۱۰ سانتی‌متر) و یا در شکل ۳ــ۵ (برای ضخامتهای بیشتر از ۱۰ سانتی‌متر) استفاده کرد کرد .

مثال :

داده‌ها : در یک روسازی لایه بتن آسفالتی به‌ضخامت ۱۰ سانتی‌متر ، و درجهٔ حرارت سطح $31^{\circ}C$ ($88^{\circ}F$)و میانگین درجه‌حرارت پنج‌روز قبل ازآزمایش $22^{\circ}C$ ($71^{\circ}F$) است. درجه حرارت اصلاح شده سطح روسازی $70/5^{\circ}C$ ($159^{\circ}F$) است . (درجه حرارت سطح به‌علاوه میانگین درجهٔ حرارت پنج روزه) . درجه حرارت متوسط رویه را معین کنید .

۱ ــ درجه حرارت سطحی : $31^{\circ}C$ ($88^{\circ}F$)

۲ ــ درجه حرارت در عمق ۵ سانتی‌متری (وسط عمق لایه) : ۳۰ ($86^{\circ}F$)(ازشکل ۱۲ــ۱)

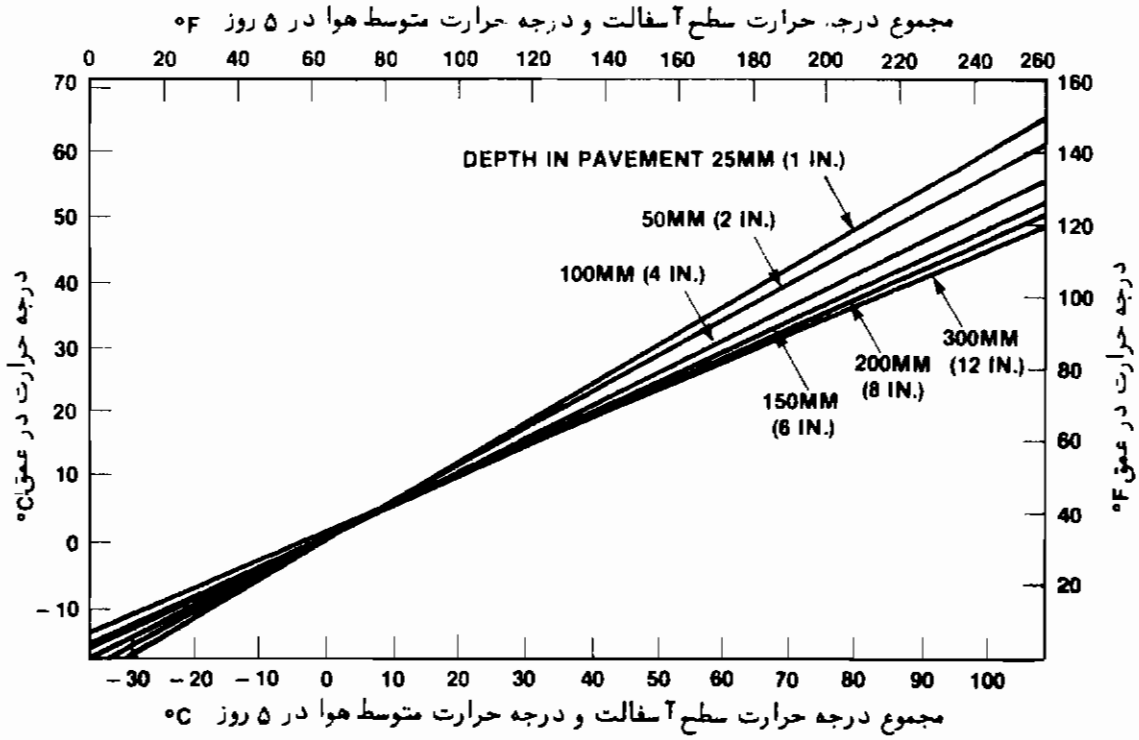
۳ ــ درجه حرارت‌درعمق ۱۰سانتی‌متر : $27^{\circ}C$ ($81^{\circ}F$) (از شکل ۱۲ــ۱)

۴ ــ درجه حرارت متوسط روسازی : $\frac{31+30\times27}{3}=29^{\circ}C(81^{\circ}F)$

(با استفاده از این درجه حرارت می‌توان ضریب اصلاح درجه حرارت ، f ،رااز شکل ۳ــ۴ به‌دست آورد .)

---

* از درجه حرارت اصلاح‌شده سطح روسازی باید برحسب‌درجه‌فارنهایت ($^{\circ}F$) در این چارت استفاده نمود .



شکل ۱۲–۱ نمودار تعیین درجه حرارت متوسط روسازی

فصل سیزدهم

نحوه اجرای عملیات شکستن و درجانشاندن روسازیهای بتن سیمانی

۱۳ ـ ۱ کلیات

شکستن و در جا نشاندن روسازیهای بتن سیمانی شامل ایجاد ترکهایی در روسازی و در جا نشاندن قطعات ایجادشده در بستر بوسیله غلتک زنی است .

۱۳ ـ ۲ ماشین‌آلات لازم

۱ ـ ماشین مجهز به‌یک وزنه‌که در حدود ۵۰۰ کیلوگرم وزن داشته و از ارتفاعی‌حدود ۱/۲ متر سقوط‌کند . وزنه باید عمل سقوط را بر روی یک ریل انجام دهد تا دقیقا" بر نقطه موردنظر فرود آید .

هر ماشین یا وسیلهٔ دیگری‌که نتیجهٔ‌کارآن‌مشابه وسیلهٔ فوق باشد در صورت تائید مهندس ناظر قابل استفاده است .

۲ ـ یک غلتک تک محوره چرخ لاستیکی‌حداقل ۴۵ تنی‌که بوسیله‌ماشین دیگری‌کشیده می‌شود .غلتکهایی‌که‌نتایج‌عملشان مشابه غلتک فوق باشد درصورت تائید مهندس ناظرقابل استفاده است .

۱۳ ـ ۳ شکستن و در جا نشاندن

عمل شکستن و در جا نشاندن دالها باید بر اساس یکی از روشهای زیر مطابق آنچه

در نقشه‌های اجرایی آمده است انجام شود :

روش الف ــ در این روش ابتدا یک بار سطح روسازی غلتک زده می‌شود تا دالهایی که زیر بار حرکت می‌کنند مشخص شوند . سرعت حرکت غلکتها نباید از پنج کیلومتر در ساعت تجاوز کند . در حین عمل غلتک زنی باید یک نفر در پشت سر غلکتها حرکت‌کرده و دالهایی را که زیر بار حرکت می‌کنند با زدن رنگ روی آنها مشخص نماید . علامت باید تا حد امکان نزدیک به‌محل نقطه دوران دال باشد . پس از این مرحله باید ماشین حامل وزنه را در محلهای انتخاب‌شده از قبل در عرض روسازی حرکت داد تا یک ترک مشهود در آن بوجود بیاید ، ارتفاع سقوط وزنه را باید طوری تنظیم نمود تا ترکهاایجادشوند بدون‌این‌که باعث خردشدن دال شود . بتنهای خردشده و گردوخاک ایجادشده را باید بلافاصله‌ازروی سطح راه پاک کرد . پس از ایجاد ترک در دالها عمل غلتک‌زنی را باید تا زمانی‌که قطعات شکسته شده کاملا" در داخل اساس و یا زیراساس قرار گرفته و ثابت شدند ادامه داد . مسیر حرکت غلتک و تعداد دفعات عبورآن باید با نظر مهندس ناظر باشد .

روش ب ــ در این روش نیز باید بوسیلهٔ سقوط وزنه ترکهایی در دال ایجاد شود . ترکهای عرضی مزبور باید قابل رؤیت بوده و در فاصلهٔ ۱/۲ متری هر درز ایجادشود .ترک ایجادشده باید از محور راه‌شروع شده و تا فاصله‌ای حدود ۰/۹ متر ازلبه‌های روسازی‌ادامه داشته باشد . ارتفاع سقوط وزنه را باید طوری تنظیم کرد که خردشدن دال به‌حداقل‌برسد . بتنهای خردشده و گردو خاک ایجاد شده را باید بلافاصله از سطح راه پاک کرد .

پس از شکستن دالها ، عمل غلتک زنی را باید تا زمانی که قطعات شکسته شده کاملا " در داخل اساس و یا زیراساس قرار گرفته و ثابت شدند ادامه داد . مسیر حرکت غلتک و تعداد دفعات عبورآن باید با نظر مهندس ناظر باشد .

روش ج ــ در این روش باید با سقوط وزنه بر روی کل سطح روسازی بتنی ترکهایی به فاصلهٔ ۰/۶ تا ۰/۹ متر از یکدیگر ایجاد کرد . تکه‌های خردشده و گرد و غبار ایجاد شده‌را باید بلافاصله از روی سطح راه پاک کرد .

عمل غلتک زنی بر روی روسازی ترک خورده را باید تا زمانی که قطعات شکسته شده کاملا" در اساس یا زیر اساس قرار گرفته و ثابت شدند ادامه داد .مسیر حرکت غلتک و تعداد دفعات عبورآن باید با نظر مهندس ناظر باشد .

۱۳ ــ ۴ روش اندازه‌گیری

کاری که مبنای پرداخت هزینهٔ عملیات است عبارت است از تعداد کیلومترهائی‌که

دال بتنی در تمام عرض خود شکسته و در بستر محکم شده باشد . تعداد کیلومترها باید در طول محور راه اندازه‌گیری شوند .

۱۳ ــ ۵ معیار پرداخت

پولی که به‌پیمانکار پرداخت می‌شود براساس بهای واحد انجام هریک از روشهای فوق در تعداد کیلومترهایی است که مطابق نقشه‌های اجرایی شکسته و در بستر محکم شده‌باشند.

در مبلغ قرارداد هزینه‌های تهیه ماشین‌آلات ، نیروی انسانی ، تجهیز آزمایشگاه به‌علاوه تأمین و هدایت ترافیک منظور شده است .

در صورتی که درحین اجرای عملیات به‌تشخیص مهندس ناظر در نقاطی علاوه‌برآنچه که در نقشه‌ها آمده احتیاج به‌اجرای عملیات فوق باشد معیار پرداخت هزینه این عملیات همان واحد بهای موجود در قرارداد است و اضافه بهایی به‌آن تعلق نخواهد گرفت .

نکات قابل‌توجه مهندسین مسؤول

۱ ــ عمل غلتک زنی‌را معمولا" باید در زمانی انجام داد که خاک بستر رطوبت‌زیادی نداشته باشد زیرا در غیر این صورت نشستن یکنواخت دال بر روی بستر امکان‌پذیر نبوده و یا تغییر مکانهای زیادی بوجود می‌آید .

۲ ــ در مناطقی که عملیات شکستن و در جا نشاندن دال بتنی انجام‌شده‌باشد ،باید در فاصلهٔ زمانی دوروز پس از اتمام عملیات با حداقل یک لایه آسفالتی روکش شود .

۳ ــ در مواقعی که در راه در دست تعمیر آمد و شدبرقرار باشد باید اقدامات ایمنی و هدایت ترافیک را به‌نحو احسن انجام داد .

۴ ــ عملیات اجرایی و استقرار ماشین آلات همیشه باید در یک خط از راه بوده تا عملیات ایجاد ترک ، تمیزکردن و در جا نشاندن به‌طول کامل انجام شود .

۵ ــ قبل از اجرای روکش در یک قطعه باید عملیات شکستن و در جا نشاندن و تمیزکاری در تمام عرض راه انجام گرفته باشد .

۶ ــ عبورکلیهٔ ماشین آلات بخصوص غلتکهای سنگین ازروی پلها و آب‌روهای موجود در راه باید با مطالعهٔ تحمل باربری‌سازه‌های فوق باشد تا بار اضافی به‌آنها وارد نشود . عملیات غلتک‌زنی باید درفاصلهٔ ۳ متری این گونه سازه‌ها متوقف‌شده و ازغلتکهای‌سبکتری استفاده شود ، مگر این که‌مطالعات سازه‌ای نشان دهد که عبور غلتکهای سنگین از روی‌آنها خسارتی به‌بار نخواهد آورد .

واژنامه

A	
AASHTO(American Society of State Highway & Transportation officials)	اشتو (انجمن آمریکائی صاحب‌منصبان راه و ترابری)
Alligator Crack	ترک موزائیکی (پوست سوسماری)
Asphalt Concrete	بتن آسفالتی
Asphalt Finishing Machine	ماشین پخش آسفالت ــ فی‌نی‌شر
Asphalt Surface Treatment	آسفالت سطحی
B	
Benkelman Beam	تیر بنکلمن
Bleeding	روزدن قیر
Breakdown Rolling	غلطک زنی اولیه
C	
Cam	وسیلـه‌ای که حرکت دورانی را به‌حرکت خطی تبدیل می‌کند (بادامک)
Calibration	انگ
California Bearing Rotio(CBR)	نسبت باربری کالیفرنیا
Conversion Factor	ضریب تبدیل
Corrugation	مـوج

D

Damping System	سیستم مستهلک‌کننده
Dense Graded	دانه‌بندی توپر
Design Traffie Number	عدد ترافیک طرح
Design period	دوره طرح
Dike	مانع
Ditch	قنو
Dynaflect	داینافلکت

E

Effective Thickness	ضخامت موٴثر

F

Flexible Pavement	روسازی انعطاف‌پذیر
Full-Depth Ashalt Pavement	روسازی تمام آسفالتی

H

Hot - Mix Asphalt	آسفالت گرم
Hydroplanning	به‌زیرنویس صفحه ۴۴ نگاه کنید

I

Initial Daily Traffic	ترافیک روزانه اولیه
Initial Traffic Number	عدد ترافیک اولیه
Leaf Spring	فنر لایه‌ای

O

Odometre	مسافت پیما
Open-Graded	دانه‌بندی توخالی (باز)
Over-Designed	بیش طراحی شده
Overlay	روکش

P

Patching	لکه‌گیری
Performance	عملکرد
Pneumatic-Tired Roller	غلطک چرخ لاستیکی
Present Serviceability index	نشانه خدمت حاضر

Present Serviceability Rating	درجه، خدمت حاضر
Prime Coat	اندود نفوذی
R	
Random	تصادفی ــ(اتفاقی)
Ravelling	جداشدن دانه‌ها
Rebound Deflection	افت و خیز برگشت‌پذیر
Reflection Crack	ترک انعکاسی
Regression Analysis	مطالعات آماری
Rigid Pavement	روسازی صلب
Right of way	حریم راه
Rolling Terrain	مناطق تپه‌ها ماهور
Rutting	شیار ــ گودی
S	
Sand Equivalent	هم‌ارز ماسه
Scarlfing	شخم زدن
Seal Coat	اندود آب‌بندی
Serviceability	قابلیت خدمت
Shoo Type Vibratory Compactors	کفشک‌های لرزنده
Slope Variance	اختلاف شیب
Stability	استحکام
Stage construction	اجرای مرحله‌ای
Standard Deviation	خطای پراکندگی
Subsurface Drainage	زهکشی عمقی
Surface course	لایه رویه
T	
Tack Coat	اندود سطحی
Tolerance	رواداری
Transverse crack	ترک عرضی
Turnpike	راهی که ورود وخروج به‌آن کنترل‌شده‌است

U

Universal joint	چهار شاخه کاردان

W

Wheel Path	مسیر چرخها

Ferdowsi University of Mashhad

Publication No: *111*

ASPHALT OVERLAYS AND PAVEMENT REHABILITATION

PAVEMENT

THE ASPHALT INSTITUTE

MANUAL SERIES NO. 17 (MS-17)

TRANSLATED By:

A. KHAJEHKARAMODDIN

A. TAHERI

1990