

فصل ۱۰

ترافیک

۱۰-۱- کلیات

ترافیک، یکی از مهمترین پارامترها در طراحی روسازی است. ترافیک عبوری در دوره طراحی در راه‌های موجود بر مبنای آمارگیری و آگاهی از روند رشد ترافیک در سال‌های قبل و جذب ترافیک (پروژه‌های بهسازی) و در راه‌های جدید با انجام مطالعات حمل و نقل، تخمین رشد ناشی از توسعه آتی و برآورد قابلیت جذب، پیش‌بینی می‌گردد. با تعیین حجم ترافیک، نوع وسایل نقلیه، وزن و نوع محور، می‌توان آنها را به وزن محور استاندارد یا محور مبنای طرح تبدیل کرد. تعیین پارامترهای زیر در مطالعات ترافیک ضروری است:

- حجم ترافیک عبوری در سال اول بهره‌برداری
- نوع وسایل نقلیه، نوع محور و وزن آنها
- نرخ رشد سالانه انواع وسایل نقلیه
- ضرایب هم‌ارز برای تبدیل انواع محورها با وزن‌های مختلف به محور استاندارد
- ضریب توزیع جهتی ترافیک
- ضریب توزیع ترافیک در خط طرح

۱۰-۲- حجم ترافیک

حجم ترافیک، عبارت از تعداد کل وسایل نقلیه‌ای است که از یک مقطع مشخص راه در زمان معینی عبور می‌نماید و به دو روش بصری و مکانیکی آمارگیری می‌شود. دوره‌های زمانی معمول برای شمارش تعداد ترافیک، سالیانه، روزانه یا ساعتی است. معمولاً در محاسبه طرح روسازی، متوسط ترافیک روزانه سالیانه ($AADT^1$) یا متوسط ترافیک روزانه (ADT^2) مبنا قرار می‌گیرد. چنانچه حجم ترافیک بر اساس سایر بازه‌های زمانی بدست آمده باشد، لازم است با اعمال ضرایب مناسب از مراجع معتبر و یا مطالعات مشاور به متوسط ترافیک روزانه سالیانه یا متوسط ترافیک روزانه تبدیل گردد. مهمترین عوامل در آمارگیری، مکان، زمان و بازه آن است. مکان شمارش وسایل نقلیه یا ایستگاه‌ها باید به گونه‌ای باشد که نتایج شمارش، گویای ترافیک عبوری از قطعه مورد نظر بوده و غیر واقعی نباشد. زمان و بازه شمارش نیز باید به گونه‌ای باشد که بر اساس نتایج شمارش بتوان به برآورد واقعی تعداد ترافیک در طول سال دست یافت.

برای تعیین حجم ترافیک در محورهای موجود از نتایج آمارگیری‌های ارائه شده توسط سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای استفاده می‌شود. در صورت فقدان آمار برای راه مورد نظر، مهندس مشاور در حداقل ۷ روزی که شرایط اجتماعی و محیطی خاص بر ترافیک محور تاثیر نداشته باشد، نسبت به آمارگیری اقدام نموده و آن را در طراحی لحاظ خواهد نمود. برای پیش‌بینی حجم ترافیک در راه‌های جدید، باید از نتایج مطالعات طرح هندسی استفاده شود.

۱۰-۳- نوع وسایل نقلیه، نوع محور و وزن آنها

شمارش تعداد انواع وسایل نقلیه به تفکیک نوع وسیله، تعداد محور و وزن آنها بسیار مهم است. در جدول (۱۰-۱) طبقه‌بندی وسایل نقلیه و مشخصات محورها و وزن آنها ارائه شده است.

در پروژه‌های بهسازی، نسبت پر و خالی بودن کامیون‌ها براساس آمارهای سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای و یا از طریق آمارگیری و بررسی‌های محلی تعیین می‌شود. در طرح‌های نوسازی نیز این نسبت بر اساس تجزیه و تحلیل آمار ترافیک عبوری و شرایط محلی محاسبه می‌شود. در هر حال، نسبت کامیون‌های خالی در محاسبات روستازی، نباید بیش از ۲۵ درصد کل کامیون‌ها منظور گردد. ضمن آنکه در راه‌های با مسیرهای رفت و برگشت مجزا، مشاور باید با بررسی‌های محلی، دقت لازم در جهت کامیون‌های پر و خالی را در مطالعات، مد نظر قرار دهد.

۱۰-۴- رشد سالانه انواع وسایل نقلیه

نرخ رشد وسایل نقلیه در دوره طرح بر اساس رشد ترافیک در دوره‌های گذشته و با در نظر گرفتن اثرات ناشی از توسعه‌های آتی و میزان ترافیک جذب شده از مناطق مجاور، بطور مجزا برای گروه‌های مختلف ترافیک از قبیل سبک و سنگین و یا باری و مسافری تعیین می‌گردد.

برای تعیین نرخ رشد ترافیک در راه‌های موجود از نتایج آمارگیری‌ها استفاده می‌شود. چنین آماری باید حداقل شامل یک دوره ۱۰ ساله از داده‌های ترافیکی باشد. استفاده از آمار در دوره‌های زمانی کوتاه‌تر، ممکن است نتایج گمراه کننده‌ای را ارائه دهد. برای پروژه‌های نوسازی باید از نتایج آمارگیری محورهای موجود در محدوده پروژه و با استفاده از مدل‌های مناسب پیش‌بینی سفر، نرخ رشد ترافیک و میزان ترافیک سال شروع طرح محاسبه شود. به هر حال چنانچه آمارگیری نتایجی با دامنه تغییرات زیاد داشته باشد و یا آمار لازم در دوره ۱۰ ساله وجود نداشته باشد، باید با بررسی طرح‌های توسعه منطقه‌ای و کشور همراه با ارائه دلایل و شواهد مورد نیاز نسبت به تعیین نرخ رشد ترافیک بر اساس شرایط واقعی اقدام شود.

برای تعیین نرخ رشد سالیانه ترافیک با استفاده از آمارهای موجود، از روش رگرسیون استفاده می‌شود. در این روش، پس از ترسیم نمودار لگاریتم تعداد وسیله نقلیه نسبت به زمان (برحسب سال)، بهترین خط برازش (ضریب همبستگی حداقل ۰/۸) مشخص و با استفاده از روش زیر، مقدار نرخ رشد سالیانه ترافیک (r) محاسبه می‌شود:

$$T_n = T_0(1+r)^n \quad (10-1)$$

$$\text{Log}T_n = \text{Log}T_0 + n\text{Log}(1+r)$$

$$\text{Log}T_0 = Y_0 \quad \text{Log}T_n = Y$$

$$A = \text{Log}(1+r)$$

$$Y = Y_0 + An$$

$$r = 10^A - 1$$

در این روابط، Y لگاریتم حجم ترافیک، n زمان برحسب تعداد سال، A شیب خط برازش و r نرخ رشد سالیانه ترافیک است. با در دست داشتن میزان ترافیک در سال اول بهره‌برداری طرح و ضرایب رشد سالانه وسایل نقلیه، میزان ترافیک در سال‌های آتی از رابطه (۱۰-۱) محاسبه می‌شود:

۱۰-۵- محور هم ارز

در این آیین‌نامه، اثرات ترافیک با استفاده از روش محور هم ارز در طرح روسازی لحاظ می‌شود. بطوریکه کل ترافیک عبوری از راه در دوره طرح با تعداد معینی از یک محور استاندارد با مشخصات و وزن معین (محور مبنای طرح)، جایگزین شده و اثر تعداد معادل محور مبنا (EAL^۳) در طراحی منظور می‌شود. معمولاً محور منفرد با وزن ۸/۲ تن (۸۰ KN) به عنوان محور مبنا در نظر گرفته می‌شود. برای تبدیل انواع مختلف محورها مانند محور منفرد، تاندم یا تریدم به محور مبنا، باید از ضریب بار محور هم ارز (EALF^۴) حاصل از روش‌های نظری یا تجربی استفاده شود. در روش تجربی با مقایسه خرابی حاصل از عبور محور مورد نظر با خرابی ایجاد شده توسط محور مبنا که معمولاً محور ۸/۲ تنی می‌باشد، معادل‌سازی انجام می‌گردد.



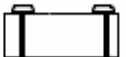
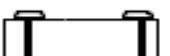

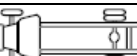




ضریب بار محور هم ارز، بستگی به نوع روسازی و مدل خرابی روسازی، ظرفیت سازه‌ای، ضخامت لایه‌ها و نشانه خدمت‌دهی نهایی دارد. ضرایبی که برای عدد سازه‌ای روسازی^۵ و نشانه خدمت‌دهی نهایی^۶ در این آیین‌نامه ارائه شده‌اند، حاصل نتایج آزمایشات مؤسسه آشتو هستند. این ضرایب در جداول (۱۰-۲) الی (۱۰-۱۰) ارائه شده است.

مهندس طراح باید در ابتدا و بر اساس تجربیات قبلی، با فرض عدد سازه‌ای اولیه برای روسازی، ضرایب بار هم ارز را از جداول مربوطه استخراج و محاسبات روسازی را انجام دهد. سپس در صورت مغایرت عدد سازه‌ای مفروض اولیه و نهایی، محاسبات را تکرار نماید.

در ردیف چهارم جدول (۱۰-۱۳)، نمونه‌ای از ضرایب بار محور هم‌ارز برای $SN = 5$ و $P_i = 3$ ارائه شده است.

2- Equivalent Axle Load
3- Equivalent Axle Load factor
4- Structural Number
5- Terminal Serviceability Index

جدول ۱۰-۱- طبقه‌بندی وسایل نقلیه و مشخصات محور و وزن آنها

وزن کل (تن)	محور عقب		محور وسط		محور جلو		آرایش چرخ‌ها	تعداد محور	نوع وسیله نقلیه
	وزن (تن)	نوع	وزن (تن)	نوع	وزن (تن)	نوع			
۲	۱	ساده			۱	ساده		۲	سواری
۳	۲	ساده			۱	ساده		۲	وانت
۶	۳	ساده			۳	ساده		۲	مینی بوس
۹	۶	ساده			۳	ساده		۲	اتوبوس
۱۵	۹	ساده			۶	ساده		۲	کامیون دو محور سبک
۱۹	۱۳	ساده			۶	ساده		۲	کامیون دو محور سنگین
۲۶	۲۰	مرکب			۶	ساده		۳	کامیون سه محور
۳۶	۱۰+۱۰	ساده	۱۰	ساده	۶	ساده		۴	تریلی ۴ محور
۳۲	۱۶	مرکب*	۱۰	ساده					
۴۰	۱۸	مرکب	۱۶	مرکب	۶	ساده		۵	تریلی پنج محور
۴۰	۲۴	مرکب	۱۰	ساده	۶	ساده		۵	تریلی پنج محور

- اگر فاصله محورهای وسط یا عقب کمتر از ۲ متر باشد، محور مرکب در نظر گرفته می‌شوند.
- از آنجاکه در آمار منتشره توسط سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، تعداد کامیون‌های دومحور و سه محور، مجموعاً داده شده است، مهندسین مشاور باید با بررسی‌های محلی، درصد هر یک از این کامیون‌ها را تعیین کند.

جدول ۱۰-۲- ضریب بار هم ارزی برای محور منفرد و $p_t = 2$

عدد ضخامت روسازی (SN)						بار محوری (تن)
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۰۰۳۸	۱
۰/۰۰۳۴۳۵	۰/۰۰۳۴۳۵	۰/۰۰۳۴۴	۰/۰۰۳۸۴۵	۰/۰۰۴۸۴۵	۰/۰۰۳۴۳۵	۲
۰/۰۱۵۱۵	۰/۰۱۵۷۶	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸۶۸۷	۰/۰۱۹۰۱۵	۰/۰۱۵۴۰۵	۳
۰/۰۴۸۲۷	۰/۰۵۰۶۸	۰/۰۵۴۳۲	۰/۰۵۸۱۴	۰/۰۵۵۵	۰/۰۴۸۴۵	۴
۰/۱۲۲۹۲	۰/۱۲۷۴۵	۰/۱۳۴۹۸	۰/۱۴۰۴۹	۰/۱۳۱۹۲	۰/۱۲۰۹	۵
۰/۲۶۹۰۶	۰/۲۷۵۶۸	۰/۲۸۶۵۴	۰/۲۹۱۳	۰/۲۷۶۰۱۵	۰/۲۶۳۴	۶
۰/۵۲۱۱	۰/۵۲۸۱	۰/۵۳۷۹	۰/۵۳۹۸۳	۰/۵۲۳۹	۰/۵۱۴۲۰	۷
۰/۹۲۷۲۸	۰/۹۲۸۵۴	۰/۹۳۰۱۶	۰/۹۳۰۳۴	۰/۹۲۷۶۴	۰/۹۲۶۰۲	۸
۱/۵۴۴۲	۱/۵۲۵۸	۱/۵۰۷۳	۱/۵۱۶۶	۱/۵۴۲۸	۱/۵۶	۹
۲/۴۳۷۵	۲/۳۷۶۲	۲/۳۳۵۵	۲/۳۷۷	۲/۴۶۹۵	۲/۵۲۱	۱۰
۳/۶۹۴۸	۳/۵۷۴۶	۳/۵۰۲۱	۳/۶۱۴	۳/۸۲	۳/۹۱	۱۱
۵/۳۹۰۱	۵/۱۷۲۵	۵/۰۸	۵/۳۱۷	۵/۶۹۳	۵/۸۶	۱۲
۷/۶۱۸۰	۷/۲۴۴۸	۷/۱۴۴۸	۷/۵۸۴	۸/۲۰۵۷۷	۸/۱۹	۱۳

جدول ۱۰-۳- ضریب بار هم ارزی برای محور تاندم و $p_t = 2$

عدد ضخامت روسازی (SN)						بار محوری (تن)
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۱۵۹۸	۰/۱۶۵	۰/۱۷۶	۰/۱۸۴۹	۰/۱۷۲۸	۰/۱۵۷	۱۰
۰/۳۵۸	۰/۳۶۷۴	۰/۳۸۲۴	۰/۳۸۹	۰/۳۶۸	۰/۳۵۰	۱۲
۰/۷۰۴	۰/۷۱۴	۰/۷۲۹	۰/۷۳۱	۰/۷۱	۰/۶۹۵	۱۴
۱/۲۶۸۴	۱/۲۷۲	۱/۲۷۲	۱/۲۷۲	۱/۲۶۸۴	۱/۲۶۴	۱۶
۲/۱۱۱	۲/۰۹۳	۲/۰۶۶	۲/۰۸۵	۲/۱۲۱	۲/۱۴۸	۱۸
۳/۳۴۵	۳/۲۷۳۵	۳/۲۱۲۵	۳/۲۶۴	۳/۳۹۷۵	۳/۴۵۹	۲۰
۵/۰۶۹۷	۴/۹۰۴	۴/۷۹۹	۴/۹۵۴	۵/۲۳۷	۵/۳۶	۲۲

جدول ۱۰-۴- ضریب بار هم ارزی برای محور تریدم و $p_t = 2$

عدد ضخامت روسازی (SN)						بار محوری (تن)
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۶۸۰۲	۰/۶۹۳	۰/۷۱۲۲	۰/۷۱۷۱	۰/۶۸۹	۰/۶۶۹	۲۰
۱/۰۳۶	۱/۰۴۷	۱/۰۶۱۴	۱/۰۶۲	۱/۰۴	۱/۰۲۵	۲۲
۱/۵۱۹۶	۱/۵۲۵	۱/۵۳۰۴	۱/۵۳۰۴	۱/۵۱۹۶	۱/۵۱۹	۲۴
۲/۱۵۹	۲/۱۴۶	۲/۱۲۹۵	۲/۱۳۶	۲/۱۶۲	۲/۱۷۶	۲۶

جدول ۱۰-۵- ضریب بار هم ارزی برای محور منفرد و $p_t = 2,5$

عدد ضخامت روسازی (SN)						بار محوری (تن)
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۰۰۷۶	۰/۰۰۰۶۶	۱
۰/۰۰۳۴۳	۰/۰۰۳۶۴	۰/۰۰۵۰۵	۰/۰۰۶۶۶	۰/۰۰۶۶۶	۰/۰۰۴۶۴	۲
۰/۰۱۵۷	۰/۰۱۷۳۸	۰/۰۲۱۶	۰/۰۲۷۴	۰/۰۲۶۲	۰/۰۱۷۴	۳
۰/۰۵۱۰۹	۰/۰۵۶۱	۰/۰۶۶	۰/۰۷۸۴	۰/۰۶۹۵	۰/۰۵	۴
۰/۱۲۸۹	۰/۱۳۹۵	۰/۱۵۸	۰/۱۷۴	۰/۱۵۰۹۶	۰/۱۲۳۹	۵
۰/۲۷۸۹	۰/۲۹۵	۰/۳۲۱۵	۰/۳۳۴۴	۰/۲۹۷۲	۰/۲۶۷۲	۶
۰/۵۳۱۴	۰/۵۴۸۷	۰/۵۷۲۳	۰/۵۷۶۲	۰/۵۴۰۹	۰/۵۱۶۷	۷
۰/۹۳۹۰	۰/۹۳۲۱	۰/۹۳۶۱	۰/۹۳۶۲	۰/۹۳۰۳	۰/۹۲۶۳	۸
۱/۵۰۷۳	۱/۴۷	۱/۴۳۳۵	۱/۴۵۲	۱/۵۲۵۸	۱/۵۶۲۷	۹
۲/۳۲۴	۲/۲۰۱	۲/۱۱	۲/۱۹۳	۲/۴۰۷	۲/۵۱	۱۰
۳/۴۲۴	۳/۱۶۵	۳/۰۲	۳/۲۴۵	۳/۶۸۱	۳/۸۹۹	۱۱
۴/۸۲۵	۴/۳۸۹	۴/۲۰۹	۴/۶۷	۵/۴۴۷۷	۵/۸۲	۱۲
۶/۵۸۵	۵/۹۲۵	۵/۷۳۸	۶/۵۶۵	۷/۸۱	۸/۴۲	۱۳

جدول ۱۰-۶- ضریب بار هم ارزی برای محور تاندم و $p_t = 2,5$

عدد ضخامت روسازی (SN)						بار محوری (تن)
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۱۶۷۹	۰/۱۸۲	۰/۲۰۹۱	۰/۲۳۱۱	۰/۱۹۹۸	۰/۱۶۱۷	۱۰
۰/۳۷۱۴۴	۰/۳۹۴۱	۰/۴۳۱۵	۰/۴۴۹۴	۰/۳۹۸۲۹	۰/۳۵۵۵	۱۲
۰/۷۲۰۴	۰/۷۴۴۵	۰/۷۷۸۵	۰/۷۸۳	۰/۷۳۲۸	۰/۶۹۸۸	۱۴
۱/۲۷۲	۱/۲۷۵۶	۱/۲۸۲۸	۱/۲۸۲۸	۱/۲۷۲	۱/۲۶۴	۱۶
۲/۰۷	۲/۰۲۱۱	۱/۹۷۵	۲/۰۰۲	۲/۰۹	۲/۱۳۸	۱۸
۳/۱۹۱۵	۳/۰۲	۲/۹۰۶	۳/۰۱	۳/۳۰۵۵	۳/۴۴۸	۲۰
۴/۶۹۱	۴/۳۴۵	۴/۱۴	۴/۴۴۸۹	۵/۰۴	۵/۳۸	۲۲

جدول ۱۰-۷- ضریب بار هم ارزی برای محور تریدم و $p_t = 2,5$

عدد ضخامت روسازی (SN)						بار محوری (تن)
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۶۹۹۳	۰/۷۳۰۲	۰/۷۷۶۱	۰/۷۸۷۸	۰/۷۲۱	۰/۶۷۳۲	۲۰
۱/۰۵۴۷	۱/۰۸۰۶	۱/۱۱۵۱	۱/۱۱۴۸	۱/۰۶۲۱	۱/۰۲۷۷	۲۲
۱/۵۲۵	۱/۵۳۳۸	۱/۵۴۱۲	۱/۵۴۱۲	۱/۵۲۵	۱/۵۱۹۶	۲۴
۲/۱۳۶	۲/۱۰۲	۲/۰۷۲۹	۲/۰۷۹	۲/۱۴۲۸	۲/۱۷۶۱	۲۶

جدول ۱۰-۸- ضریب بار هم ارزی برای محور منفرد و $p_i = 3$

عدد ضخامت روسازی (SN)						بار محوری (تن)
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۰۱۱۴	۰/۰۰۱۶۱	۰/۰۰۱۱۲	۱
۰/۰۰۳۶۴	۰/۰۰۴۰۵	۰/۰۰۶۸۷	۰/۰۱۰۵۱	۰/۰۱۲۵	۰/۰۰۶۰۵	۲
۰/۰۱۷۳۸	۰/۰۲۰۶۱	۰/۰۲۹۳	۰/۰۴۳۹	۰/۰۴۲۳	۰/۰۲۰۴۵	۳
۰/۰۵۵۳	۰/۰۶۵۰۱	۰/۰۸۶۵۷	۰/۱۱۶۰۸	۰/۰۹۵۴	۰/۰۵۴۲	۴
۰/۱۳۷۵۱	۰/۱۵۷۶۱	۰/۱۹۷۲۸	۰/۲۳۳	۰/۱۸۲۴۹	۰/۱۲۸	۵
۰/۲۹۳	۰/۳۲۳	۰/۳۷۶	۰/۴۰۲۶	۰/۳۲۸۳	۰/۲۷۱۵۸	۶
۰/۵۴۷۴	۰/۵۷۷۵	۰/۶۲۳	۰/۶۳۰	۰/۵۶۳۷	۰/۵۱۸	۷
۰/۹۳۱۹	۰/۹۳۷۱	۰/۹۴۴۷	۰/۹۴۵۱	۰/۹۳۴	۰/۹۲۶۹۲	۸
۱/۴۷	۱/۴۰۶	۱/۳۵	۱/۳۷۸	۱/۴۸۹	۱/۵۵۳۵	۹
۲/۱۸	۱/۹۸۵۷	۱/۸۴۴	۱/۹۷۸۲	۲/۳۱۶	۲/۵	۱۰
۳/۰۸۱۱	۲/۶۹۳	۲/۴۷۸	۲/۸۱۲	۳/۵۰۷	۳/۸۷	۱۱
۴/۱۶۰۷	۳/۵۲۳۲	۳/۲۷۵۵	۳/۹۳۳	۵/۱۴۳	۵/۷۸۲۲	۱۲
۵/۴۳۲	۴/۴۸	۴/۲۸	۵/۴۱۸	۷/۳۳۸	۸/۳۵۱	۱۳

جدول ۱۰-۹- ضریب بار هم ارزی برای محور تاندم و $p_i = 3$

عدد ضخامت روسازی (SN)						بار محوری (تن)
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۱۷۸	۰/۲۰۷۱	۰/۲۶۲۴	۰/۳۱۵۳	۰/۲۴۲۹	۰/۱۶۷۸	۱۰
۰/۳۹	۰/۴۳۳۲	۰/۵۰۷	۰/۵۴۶	۰/۴۴۰۸	۰/۳۶۱۵	۱۲
۰/۷۴۲۵	۰/۷۸۶۳	۰/۸۵۱	۰/۸۶۱	۰/۷۶۵	۰/۷۰۳	۱۴
۱/۲۷۵۶	۱/۲۸۶۴	۱/۲۹۷۲	۱/۲۹۷۲	۱/۲۸	۱/۲۶۸۴	۱۶
۲/۰۲	۱/۹۳۰۴	۱/۸۴۸	۱/۸۹۳۵	۲/۰۴۸	۲/۱۳۸	۱۸
۲/۹۹۶۵	۲/۷۳۱	۲/۵۳۸۵	۲/۷۲۳	۳/۱۸۳	۳/۴۲۸	۲۰
۴/۲۳	۳/۷	۳/۴۰۵	۳/۸۵	۴/۸۰۷	۵/۳۰۵	۲۲

جدول ۱۰-۱۰- ضریب بار هم ارزی برای محور تریدم و $p_i = 3$

عدد ضخامت روسازی (SN)						بار محوری (تن)
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۷۲۷۲	۰/۷۸۴۱	۰/۸۷۱۸	۰/۸۹۵۲	۰/۷۷۳۴	۰/۶۸۰۲	۲۰
۱/۰۷۸	۱/۱۲۶	۱/۱۸۹	۱/۱۸۹	۱/۰۹۴	۱/۰۳۴	۲۲
۱/۵۳۵۸	۱/۵۴۶۶	۱/۵۶۲۸	۱/۵۵۷۴	۱/۵۳۵۸	۱/۵۱۹۶	۲۴
۲/۱۰۲	۲/۰۴۶	۱/۹۸۹	۲/۰۱۳	۲/۱۱۲۸	۲/۱۷	۲۶

۱۰-۶- محاسبه تعداد کل محور هم ارز عبوری در دوره طرح

۱۰-۶-۱- تعیین ضریب رشد ترافیک

با در دست داشتن نرخ رشد سالانه ترافیک و دوره طرح روسازی بر حسب سال، ضرایب رشد ترافیک برای دوره‌های مختلف طرح از جدول (۱۰-۱۱) بدست می‌آید. این ضرایب بر حسب نرخ رشد سالانه و عمر طرح از رابطه (۱۰-۲) تعیین می‌شود:

$$\text{ضریب رشد ترافیک} = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad (10-2)$$

که در آن:

r = نرخ رشد سالیانه ترافیک

n = دوره طرح بر حسب سال

تعداد کل محور استاندارد عبوری در n سال دوره طرح از رابطه (۱۰-۳) تعیین می‌شود:

$$ESAL_n = EAL \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad (10-3)$$

که در آن:

$ESAL_n$ = تعداد کل ترافیک (یا محور های هم ارز) در n سال دوره طرح

EAL = تعداد کل ترافیک (یا محور استاندارد) در سال اول طرح.

۱۰-۶-۲- توزیع ترافیک در خط طرح

تعداد ترافیک یا تعداد محورهای استاندارد عبوری از خط طرح از رابطه (۱۰-۴) بدست می‌آید:

$$W = D_D \times D_L \times ESAL_n \quad (10-4)$$

که در آن:

W = تعداد کل محورهای استاندارد که در دوره طرح از خط طرح عبور می‌کنند.

D_D = ضریب توزیع ترافیک در هر جهت.

D_L = ضریب توزیع ترافیک در خط طرح می‌باشد که از جدول (۱۰-۱۲) می‌توان بعنوان راهنما استفاده نمود.

$ESAL_n$ = تعداد کل محورهای استاندارد عبوری در n سال دوره طرح.

جدول ۱۰-۱۱- ضرایب رشد ترافیک

نرخ رشد سالانه ترافیک برحسب درصد								عمر طرح (برحسب سال)
۱۰	۸	۷	۶	۵	۴	۲	۰	
۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱	۱
۲,۱۰	۲,۰۸	۲,۰۷	۲,۰۶	۲,۰۵	۲,۰۴	۲,۰۲	۲	۲
۳,۳۱	۳,۲۵	۳,۲۱	۳,۱۸	۳,۱۵	۳,۱۲	۳,۰۶	۳	۳
۴,۶۴	۴,۵۱	۴,۴۴	۴,۳۷	۴,۳۱	۴,۲۵	۴,۱۲	۴	۴
۶,۱۱	۵,۸۷	۵,۷۵	۵,۶۴	۵,۵۳	۵,۴۲	۵,۲۰	۵	۵
۷,۷۲	۷,۳۴	۷,۱۵	۶,۹۸	۶,۸۰	۶,۶۳	۶,۳۱	۶	۶
۹,۴۹	۸,۹۲	۸,۶۵	۸,۳۹	۸,۱۴	۷,۹۰	۷,۴۳	۷	۷
۱۱,۴۴	۱۰,۶۴	۱۰,۲۶	۹,۹۰	۹,۵۵	۹,۲۱	۸,۵۸	۸	۸
۱۳,۵۸	۱۲,۴۹	۱۱,۹۸	۱۱,۴۹	۱۱,۰۳	۱۰,۵۸	۹,۷۵	۹	۹
۱۵,۹۴	۱۴,۴۹	۱۳,۸۲	۱۳,۱۸	۱۲,۵۸	۱۲,۰۱	۱۰,۹۵	۱۰	۱۰
۱۸,۵۳	۱۶,۶۵	۱۵,۷۸	۱۴,۹۷	۱۴,۲۱	۱۳,۴۹	۱۲,۱۷	۱۱	۱۱
۲۱,۳۸	۱۸,۹۸	۱۷,۸۹	۱۶,۸۷	۱۵,۹۲	۱۵,۰۳	۱۳,۴۱	۱۲	۱۲
۲۴,۵۲	۲۱,۵۰	۲۰,۱۴	۱۸,۸۸	۱۷,۷۱	۱۶,۶۳	۱۴,۶۸	۱۳	۱۳
۲۷,۹۷	۲۴,۲۱	۲۲,۵۵	۲۱,۰۲	۱۹,۶۰	۱۸,۲۹	۱۵,۹۷	۱۴	۱۴
۳۱,۷۷	۲۷,۱۵	۲۵,۱۳	۲۳,۲۸	۲۱,۵۸	۲۰,۰۲	۱۷,۲۹	۱۵	۱۵
۳۵,۹۵	۳۰,۳۲	۲۷,۸۹	۲۵,۶۷	۲۳,۶۶	۲۱,۸۲	۱۸,۶۴	۱۶	۱۶
۴۰,۵۴	۳۳,۷۵	۳۰,۸۴	۲۸,۲۱	۲۵,۸۴	۲۳,۷۰	۲۰,۰۱	۱۷	۱۷
۴۵,۶۰	۳۷,۴۵	۳۴,۰۰	۳۰,۹۱	۲۸,۱۳	۲۵,۶۵	۲۱,۴۱	۱۸	۱۸
۵۱,۱۶	۴۱,۴۵	۳۷,۳۸	۳۳,۷۶	۳۰,۵۴	۲۷,۶۷	۲۲,۸۴	۱۹	۱۹
۵۷,۲۷	۴۵,۷۶	۴۱,۰۰	۳۶,۷۹	۳۳,۰۷	۲۹,۷۸	۲۴,۳۰	۲۰	۲۰
۹۸,۳۵	۷۳,۱۱	۶۳,۲۵	۵۴,۸۶	۴۷,۷۳	۴۱,۶۵	۳۲,۰۳	۲۵	۲۵
۱۶۴,۴۹	۱۱۳,۲۸	۹۴,۴۶	۷۹,۰۶	۶۶,۴۴	۵۶,۰۸	۴۰,۵۷	۳۰	۳۰
۲۷۱,۰۲	۱۷۲,۲۲	۱۳۸,۲۴	۱۱۱,۴۳	۹۰,۳۲	۷۳,۶۵	۴۹,۹۹	۳۵	۳۵

چنانچه آمارگیری بگونه‌ای باشد که ترافیک رفت و برگشتی (دو طرفه) را در برگیرد، باید از ضریب توزیع جهتی ترافیک (D_D) برای تعیین میزان ترافیک هر طرف استفاده شود. این ضریب معمولاً با فرض توزیع مساوی ترافیک در هر جهت، برابر $0/5$ می‌باشد. مگر آنکه آمار ترافیکی موجود و یا مطالعات مربوطه، خلاف این امر را نشان دهد که در این صورت مهندس مشاور بر مبنای داده‌های موجود، ضریب توزیع جهتی را برای پروژه تعیین خواهد نمود.

جدول ۱۰-۱۲- درصد عبوری از خط طرح^۷

تعداد خط در هر جهت	درصد عبوری از خط (D_L)
۱	۱۰۰
۲	۸۰-۱۰۰
۳	۶۰-۸۰
۴	۵۰-۷۵

۱۰-۶-۳- توزیع ترافیک در شانه‌های راه

در این آئین‌نامه، ترافیک عبوری از شانه‌ها بین ۲ تا ۷ درصد کل ترافیک پروژه منظور می‌گردد. استفاده از این دامنه، بستگی به درجه راه دارد که به ترتیب از میزان ۲ درصد برای آزادراه و بزرگراه تا ۷ درصد برای راه اصلی جدا نشده با دوخط عبور تغییر می‌کند. اگر مهندسین مشاور پیش‌بینی می‌کند که از شانه به عنوان خط عبور استفاده می‌شود، باید با آمارگیری و تحلیل، میزان ترافیک عبوری از شانه‌ها را تعیین نماید و روسازی شانه براساس آن ترافیک طرح شود.

۱۰-۶-۴- مراحل تعیین تعداد کل محور هم ارز

مراحل تعیین تعداد کل محور هم‌ارز به شرح زیر است:

- تعیین تعداد هر یک از انواع وسایط نقلیه، سواری، وانت، مینی‌بوس، اتوبوس، کامیون‌های دو محور، سه محور و چهار محور به بالا، نفتکش و غیره در سال اول طرح (ردیف اول جدول ۱۰-۱۳)
- تعیین نرخ رشد سالیانه هریک از وسایط نقلیه (یا وسایط نقلیه سبک و وسایط نقلیه سنگین) طبق روش گفته شده در بند (۱۰-۴) و محاسبه ضریب رشد ترافیک با توجه به دوره طرح از طریق رابطه (۲-۱۰) یا جدول (۱۱-۱۰) (ردیف دوم جدول ۱۰-۱۳)
- محاسبه تعداد کل ترافیک هر یک از وسایط نقلیه در دوره طرح با استفاده از ضریب رشد ترافیک (ردیف سوم جدول ۱۰-۱۳)
- استخراج ضرایب بار هم ارز هر یک از وسایط نقلیه از جداول (۲-۱۰) الی (۱۰-۱۰) (ردیف چهارم جدول ۱۰-۱۳)
- محاسبه تعداد محور استاندارد معادل هریک از وسایط نقلیه از حاصلضرب تعداد کل هریک از وسایط نقلیه در ضریب بار هم ارز (ردیف پنجم جدول ۱۰-۱۳)
- محاسبه جمع کل محورهای معادل استاندارد عبوری از مسیر در دوره طرح از طریق جمع ارقام ردیف پنجم (ردیف ششم جدول ۱۰-۱۳)

مثال:

متوسط ترافیک روزانه یک محور چهارخطه در سال اول طرح برابر ۲۰,۰۰۰ وسیله نقلیه در روز می‌باشد که میزان هر یک از وسایط نقلیه در جدول (۱۰-۱۳) و در زیر نام آنها قید شده است. اگر نرخ رشد سالانه برای گروه وسایط نقلیه سواری و وانت برابر ۶٪

۷- این جدول صرفاً جنبه راهنما داشته و مهندس طراح باید دلایل توجیهی انتخاب ضریب توزیع ترافیک در خط طرح پروژه مورد نظر را ارائه نماید.

و برای سایر گروه‌های وسایط نقلیه برابر ۴/۵٪ باشد، تعداد کل محورهای معادل برای دوره طرح ۲۰ ساله مطابق با روند ذکر شده در بند (۱۰-۶) در جدول (۱۰-۱۳) محاسبه شده است.

جدول ۱۰-۱۳- نمونه محاسبات تعداد محورهای استاندارد

برآورد تعداد محورهای استاندارد در خط طرح در دوره طرح ۲۰ ساله در محور									
ردیف	نوع وسیله نقلیه	سواری	وانت	مینی بوس	اتوبوس	انواع کامیون			
						۲ محور سبک	۳ محور	۴ محور	۲ محور سنگین
۱	حجم ترافیک در سال اول طرح	۴۰۱۵۰۰۰	۱۴۶۰۰۰۰	۲۱۹۰۰۰	۲۱۹۰۰۰	۵۸۴۰۰۰	۲۱۹۰۰۰	۳۶۵۰۰۰	۲۱۹۰۰۰
۲	ضریب رشد ترافیک (دوره طرح ۲۰ ساله)	۳۶/۷۹	۳۶/۷۹	۳۱/۳۷	۳۱/۳۷	۳۱/۳۷	۳۱/۳۷	۳۱/۳۷	۳۱/۳۷
۳	حجم ترافیک در مدت ۲۰ ساله طرح	۱۴۷۷۱۱۸۵۰	۵۳۷۱۳۴۰۰	۶۸۷۰۰۳۰	۶۸۷۰۰۳۰	۱۸۳۲۰۰۸۰	۶۸۷۰۰۳۰	۱۱۴۵۰۰۵۰	۶۸۷۰۰۳۰
۴	ضریب بار هم‌ارزی محور $Pt = 3$ و $SN = 5$	۰/۰۰۰۷۶	۰/۰۰۴۴۳	۰/۰۴۱۲۲	۰/۳۴۳۶۱	۴/۸۰۳	۱/۷۲۹	۳/۰۵۴	۳/۵۹۵
۵	جمع تعداد محور استاندارد در دوره طرح	۱۱۲۲۶۱	۲۳۷۹۵۱	۲۸۳۱۸۳	۲۳۶۰۶۱۱	۸۷۹۹۱۳۴۵	۱۱۸۷۸۲۸۲	۳۴۹۶۸۴۵۳	۲۴۶۹۷۷۵۸
۶	جمع کل تعداد محورهای استاندارد در دوره طرح	۱۶۲۵۲۹۸۴۴							
۷	تعداد کل محورهای استاندارد در خط طرح ($D_D = 0/5$ و $D_L = 0/9$)	۷۳۱۳۸۴۳۰							

* این جدول جنبه راهنما داشته و برای حل مثال آورده شده است.

فصل ۱۱

طرح روسازی راه

۱-۱۱- تعریف

سازه روسازی راه، یک سیستم چند لایه‌ای است که برای توزیع و انتقال بار متمرکز ترافیک به بستر روسازی طرح می‌شود. طراحی، شامل تعیین ضخامت کل سازه و هر یک از لایه‌های تشکیل دهنده آن و کیفیت مصالح مصرفی این ساختار است. این طراحی به گونه‌ای انجام می‌شود که روسازی آسفالتی در دوره طرح با قابلیت اطمینان معینی، آمد و شد راحت، مطمئن و ایمن در یک سطح هموار را تامین نماید. لذا نشانه خدمت‌دهی روسازی باید بعنوان معیار طراحی مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۱۱-۲- عوامل موثر در طرح روسازی

عوامل موثر در طرح روسازی راه‌های جدید و یا بازسازی کامل راه‌های قدیمی بشرح زیر می‌باشد:

۱-۱-۲-۱-۱- عمر روسازی

عمر روسازی شامل عمر طراحی و عمر بهره‌برداری به شرح زیر است:

۱-۱-۲-۱-۱-۱- عمر طراحی

دوره یا عمر طراحی، مدت زمانی است که روسازی دچار خرابی‌های عمده نشود. در برخی از موارد، طرح و اجرای روسازی بصورت مرحله‌ای از لحاظ اقتصادی، بیشتر مقرون به صرفه است. معمولاً طراحی به گونه‌ای تعیین می‌گردد که در طی این مدت، اجرای یک روکش برای آن پیش‌بینی شود. انتخاب این گزینه با در نظر گرفتن هزینه‌های نگهداری در دوران بهره‌برداری و هزینه‌های روکش بعدی صورت می‌گیرد. عمر طراحی برحسب اهمیت راه تعیین می‌شود. برای مثال عمر طراحی راه‌های آسفالتی با توجه به شرایط کلی نگهداری راه‌های کشور در جدول (۱-۱۱) نشان داده شده است.

جدول ۱-۱۱- عمر طراحی راه‌های آسفالتی

نوع راه	عمر طراحی - سال
بین شهری با ترافیک زیاد	۲۰ - ۲۵
بین شهری با ترافیک متوسط و کم	۱۵ - ۲۵

۱-۱-۲-۱-۲-۱-۱- عمر بهره‌برداری

عمر یا دوره بهره‌برداری، مدت زمانی است که روسازی اولیه بدون نیاز به روکش با کیفیت قابل قبول دوام آورد. زمان بین دو روکش را نیز عمر بهره‌برداری می‌نامند. در واقع این دوره شامل مدت زمانی است که روسازی از میزان خدمت‌دهی اولیه (P_i) به میزان خدمت‌دهی نهایی (P_f) برسد. عمر بهره‌برداری بر اساس تجربه‌های طراح و سیاست‌های کارفرما تعیین می‌شود و تابع نحوه و سیستم نگهداری راه است.

۱۱-۲-۲- ترافیک

برای طراحی یک راه، انواع، تعداد و وزن محورهای وسایل نقلیه‌ای که از خط طرح عبور می‌کند، برآورد می‌گردد. طراحی بر اساس برآورد تعداد کل محور ساده ۸/۲ تنی هم‌ارز برای عمر طراحی، انجام می‌شود. چگونگی محاسبه تعداد کل محور ساده ۸/۲ تنی در فصل دهم شرح داده شده است.

۱۱-۲-۳- سطح قابلیت اطمینان^۱ و انحراف معیار

در طراحی روسازی برای اطمینان از دوام آن و اعمال اثر تغییرات احتمالی تعداد ترافیک پیش‌بینی شده در عملکرد روسازی، سطح قابلیت اطمینان (R)، انحراف معیار کلی (S_o) و انحراف معیار نرمال (Z_R) در محاسبات منظور می‌شود. سطح قابلیت اطمینان، نشان می‌دهد که با چه درصد اطمینانی می‌توان انتظار داشت که روسازی طرح شده عملاً معادل عمر طراحی دوام آورد. مقادیر سطح قابلیت اطمینان و انحراف معیار نرمال مربوط به سطح قابلیت اطمینان مورد نظر برای انواع راه‌ها در جدول (۱۱-۲) نشان داده شده است.

انتخاب صحیح سطح قابلیت اطمینان و انحراف معیار کلی، جبران کننده کلیه تغییرات احتمالی در داده‌های مورد نظر برای طراحی است و لذا کاربرد ضرایب محافظه کارانه ضرورت ندارد و استفاده از مقادیر میانگین پارامترهای طراحی مانند M_R کفایت می‌کند. انتخاب سطح قابلیت اطمینان مناسب و انحراف معیار کلی به منزله در نظر گرفتن اثر تغییرات همه متغیرهای طراحی مربوط به پیش‌بینی ترافیک و عملکرد روسازی می‌باشد. با افزایش حجم ترافیک و انتظار عمومی از روسازی موجود، ریسک عملکرد نامناسب باید کاهش داده شود که این امر با استفاده از مقادیر بالای سطح قابلیت اطمینان، تحقق می‌یابد. در این آیین‌نامه برای آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها، کاربرد سطح قابلیت اطمینان ۹۰ درصد، برای راه‌های اصلی ۸۰ درصد و برای انحراف معیار کلی (S_o)، عدد ۰/۳۵ توصیه می‌شود.

جدول ۱۱-۲- سطح قابلیت اطمینان و انحراف معیار نرمال

نوع راه (برون شهری)	سطح قابلیت اطمینان (R)	انحراف معیار نرمال (Z_R)
آزادراه و بزرگراه	۸۰-۹۵	-۱/۶۴۵ تا -۰/۸۴۱
راه اصلی	۷۵-۹۵	-۱/۶۴۵ تا -۰/۶۷۴
راه فرعی درجه ۱	۷۰-۹۰	-۱/۲۸۲ تا -۰/۵۲۴
راه فرعی درجه ۲	۵۰-۸۰	-۰/۸۴۱ تا ۰

۱۱-۳- نشانه خدمت‌دهی و عملکرد روسازی

عملکرد کلی روسازی، شامل دو نوع عملکرد وظیفه‌ای و سازه‌ای است. عملکرد وظیفه‌ای، چگونگی خدمت‌دهی روسازی به استفاده‌کنندگان از راه، از نظر راحتی رانندگی و کیفیت سواری‌دهی است. عملکرد سازه‌ای روسازی به شرایط فیزیکی آن مانند بروز ترک و گسیختگی مربوط می‌شود که می‌تواند بر توانایی باربری سازه اثر بگذارد.

خدمت‌دهی یک روسازی به عنوان توانایی آن برای ارائه خدمت به ترافیکی که از آن استفاده می‌کند، تعریف می‌شود. این خدمت‌دهی برحسب نشانه خدمت‌دهی فعلی (PSI) بیان می‌شود. این نشانه با اندازه‌گیری ناهمواری و خرابی (ترک، لکه‌گیری و شیار) در یک زمان معین در طی عمر طراحی و بهره‌برداری روسازی تعیین می‌شود. ناهمواری، عامل غالب در تخمین نشانه خدمت‌دهی روسازی است. نشانه خدمت‌دهی از صفر (برای یک راه مطلقاً غیرقابل استفاده) تا پنج (برای یک راه بسیار عالی) تغییر می‌کند. برای طراحی روسازی، انتخاب نشانه خدمت‌دهی اولیه و نهایی ضرورت دارد. نشانه خدمت‌دهی در روزهای اولیه بهره‌برداری از راه، حداکثر است و بعد از مدتی که راه مورد استفاده قرار می‌گیرد، کاهش می‌یابد. اساسی‌ترین عواملی که در کاهش خدمت‌دهی روسازی تاثیر می‌گذارد، ترافیک و شرایط محیطی است. برای لحاظ کردن اثرات شرایط محیطی بر عملکرد روسازی در حالت رس‌های تورمزا یا بالآمدگی ناشی از یخبندان مصالح بستر روسازی، کاهش نشانه خدمت‌دهی روسازی از حاصل جمع اثرات فوق مطابق رابطه (۱-۱۱) بدست می‌آید. در صورت عدم وجود رس‌های تورمزا یا پدیده یخبندان، تغییر نشانه خدمت‌دهی روسازی، تنها ناشی از ترافیک خواهد بود.

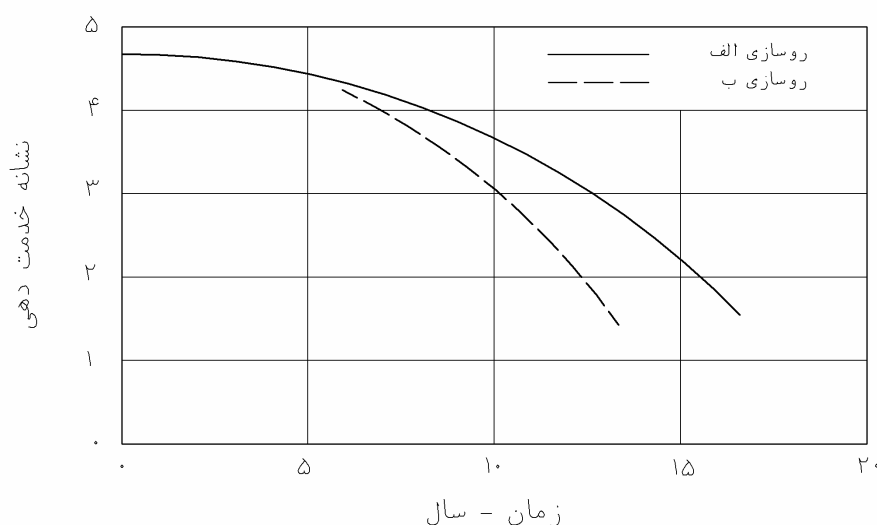
$$\Delta PSI_{SW/FH} = \Delta PSI_{SW} + \Delta PSI_{FH} \quad (1-11)$$

که در آن، ΔPSI_{SW} ، کاهش نشانه خدمت‌دهی ناشی از رس‌های تورمزا و ΔPSI_{FH} ، کاهش نشانه خدمت‌دهی ناشی از یخبندان روسازی می‌باشد

برای محاسبه میزان تاثیر کاهنده عامل ترافیک در نشانه خدمت‌دهی، مقدار کاهش خدمت‌دهی در اثر عوامل جوی از کل میزان کاهش خدمت‌دهی مطابق رابطه (۲-۱۱) کسر می‌شود.

$$\Delta PSI_{TR} = \Delta PSI - \Delta PSI_{FH/SW} \quad (2-11)$$

وضعیت روسازی بطور مداوم و با یک برنامه معین مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. شکل (۱-۱۱) منحنی نمایش تغییرات نشانه خدمت‌دهی دو نوع روسازی الف و ب برحسب زمان را نشان می‌دهد که آن را منحنی عملکرد روسازی می‌نامند.



شکل ۱-۱۱- منحنی عملکرد روسازی

در این آیین نامه، نشانه خدمت‌دهی اولیه روسازی‌های آسفالتی، حداکثر ۴/۲، نشانه خدمت‌دهی نهایی برای آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها قبل از بازسازی و یا روکش، برابر ۳، برای راه‌های اصلی، برابر ۲/۵ و برای راه‌های فرعی، برابر ۲ تعیین شده است. نشانه‌های افت معیار خدمت‌دهی، ناشی از آسیب‌های سطحی و سازه‌ای رویه آسفالتی است که به گونه‌های مختلف، نظیر ایجاد ناهمواری، انواع ترک‌ها و تغییر شکل‌ها، موجب تغییر مقاومت، دوام و توان باربری روسازی راه می‌گردد. این عوامل به دو طریق زیر بر خاک بستر و مصالح روسازی تاثیر می‌گذارد:

۱۱-۳-۱- تاثیر رطوبت

مقاومت خاک‌های ریزدانه و برخی خاک‌های درشت‌دانه با افزایش رطوبت و ایجاد شرایط اشباع کاهش می‌یابد. تاثیرات مخرب ناشی از افزایش رطوبت را می‌توان به کمک یکی از روش‌های متداول نظیر اصلاح مصالح، زهکشی، بالا بردن رقوم روسازی، استفاده از مواد تثبیت کننده نظیر آهک، سیمان، قیر و سایر افزودنی‌های شیمیایی حذف کرد. تراز آب زیرزمینی نباید از بستر روسازی راه، کمتر از ۱/۲ متر فاصله داشته باشد، در غیر این صورت باید سطح ایستایی را با حفر کانال‌های عمیق و نصب لوله‌های زهکشی و پرکردن روی آن با مصالح زهکشی پائین آورد. در این آیین نامه، تاثیرات زهکشی بطور مستقیم برحسب اثر رطوبت بر خاک بستر روسازی و مقاومت زیراساس و اساس، در نظر گرفته می‌شود.

زهکشی آب‌های آزاد موجود (در لایه‌های زیرسازی و روسازی) با زهکشی سطحی و زهکشی زیرزمینی انجام می‌پذیرد. لیکن آب‌های ناشی از خاصیت موئینگی را نمی‌توان مطابق فوق زهکشی نمود و تاثیرات این رطوبت را باید به لحاظ تاثیر آن بر خواص مصالح روسازی در طرح روسازی در نظر گرفت.

زهکشی آب آزاد می‌تواند با زهکشی آب بصورت عمودی یا جانبی از داخل لایه زهکش و اتصال به یک سیستم جمع کننده لوله‌ای و یا ترکیبی از این دو انجام گیرد. در طرح روسازی، اثر زهکشی با اصلاح ضرایب سازه‌ای لایه و با اعمال ضریب m_i در نظر گرفته می‌شود.

خاک‌های تورمزا (منبسط شونده) هنگامی که رطوبت جذب کند، تغییر حجم موضعی خواهند داشت. عموماً تورمزایی فقط برای خاک‌های ریزدانه نظیر رس‌ها و لای‌ها در نظر گرفته می‌شود. اما باید توجه داشت که همه رس‌ها یا لای‌ها، تورمزا نیستند. تاثیر خاک‌های تورمزای مصالح بستر روسازی موجب کاهش عمر بهره‌برداری روسازی می‌شود. چگونگی کاهش نشانه خدمت‌دهی روسازی برای خاک‌های تورمزا (ΔPSI_{sw}) در پیوست شماره یک این فصل ارائه گردیده است.

۱۱-۳-۲- تاثیر یخبندان

اثرات یخبندان، شامل بالآمدگی ناشی از یخبندان و کاهش باربری بستر روسازی در دوره ذوب یخ‌ها می‌باشد. بالآمدگی ناشی از یخبندان در فصل زمستان و ضعیف شدن خاک در طی فرآیند ذوب یخ در اوایل فصل بهار در کاهش دوام روسازی نقش تعیین کننده‌ای دارد. بالآمدگی ناشی از یخبندان در روسازی و زیرسازی راه، هنگامی بروز می‌کند که هر سه عامل زیر در یک پروژه حادث شود:

الف- هوای سرد با دمای زیر صفر

ب- وجود خاک‌های حساس در مقابل یخبندان (مصالح روسازی، مصالح زیر بستر روسازی و خاکریز)

ج- آب در دسترس (عمدتاً تراز آب زیرزمینی در عمق کمتر از سه متر)

چنانچه حتی یک عامل از سه عامل فوق در پروژه مورد طراحی وجود نداشته باشد، تاثیر یخبندان در نظر گرفته نمی‌شود.

منبع تامین آب در دسترس، معمولاً سطح آب زیرزمینی است که در عمق کمی از منطقه یخ زده قرار دارد. حرکت آب از سطح آب زیرزمینی به سمت بالا و بسوی منطقه یخ زده توسط خاصیت موئینگی خاک صورت می‌گیرد.

خاک‌های درشت‌دانه غیر یکنواخت ($C_u > 4$) اگر بیش از سه درصد وزنی، ذرات ریزتر از 0.075 میلیمتر داشته باشند، مستعد یخبندان می‌باشند. در حالیکه خاک‌های درشت‌دانه یکنواخت ($C_u < 4$) اگر دارای بیش از ده درصد ذرات ریزتر از 0.075 میلیمتر باشند، به یخبندان حساس خواهند بود. خاک‌های لای، مخلوط‌های لای‌دار (ماسه لای‌دار و رس لای‌دار) و ماسه‌های ریزدانه، مستعدترین خاک‌ها در برابر یخبندان می‌باشند.

حذف و کنترل بالا آمدگی ناشی از یخبندان، حداقل به انجام یکی از موارد زیر نیاز دارد:

۱- برداشتن خاک‌های موجود حساس به یخبندان تا عمق حدود عمق نفوذ یخبندان و جایگزینی با مصالح غیر حساس (پیوست

شماره ۲)

۲- حذف یا مسدود کردن منبع تامین آب تغذیه کننده رشد عدسی‌های یخی

۳- بالا آوردن رقوم خط پروژه

با توجه به توضیحات فوق، به منظور لحاظ بالا آمدگی ناشی از یخبندان در افت نشانه خدمت‌دهی روسازی (ΔPSI_{FH})، به

پیوست شماره ۳ مراجعه شود.

۱۱-۴- مشخصات فنی مصالح روسازی

در این آیین‌نامه، طرح روسازی راه برپایه تعیین ضریب برجهندگی مصالح روسازی (شامل لایه‌های غیر آسفالتی و آسفالتی)

استوار است.

در صورتیکه انجام آزمایش $T-307$ آشتو برای تعیین ضریب برجهندگی خاک بستر روسازی و ضریب ارتجاعی مصالح غیر

آسفالتی لایه‌های روسازی شامل زیر اساس و اساس و آزمایش $D-4123$ ای‌اس‌تی‌ام برای تعیین ضریب ارتجاعی آسفالت امکان

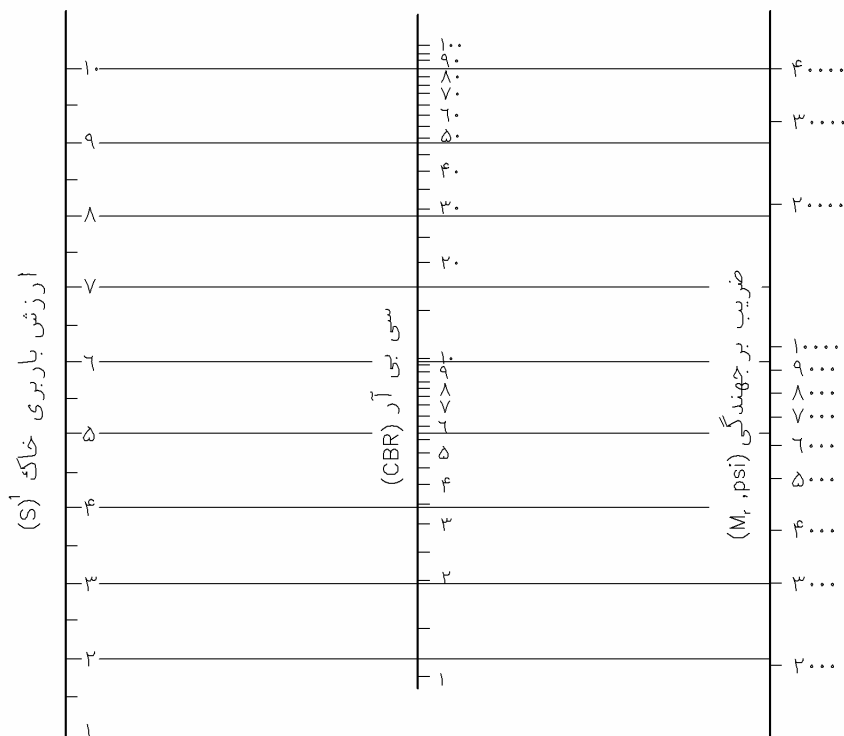
پذیر باشد، نتایج بدست آمده را می‌توان مستقیماً برای استفاده در طراحی و تعیین ضخامت لایه‌ها بکار برد. در غیر این صورت جهت

دست یابی به ضرایب مقاومتی فوق، برای خاک بستر روسازی و هر یک از لایه‌های روسازی بشرح زیر عمل می‌شود:

۱۱-۴-۱ - خاک بستر روسازی

مقاومت طرح خاک بستر روسازی برحسب ضریب برجهندگی با روش $T-307$ آشتو و یا سی بی آر با روش $D-1883$ ای اس تی ام (سه نقطه‌ای) و با تراکم $T-180$ و رعایت بند (۲-۴) از فصل دوم تعیین می‌شود. برای تبدیل سی بی آر به ضریب برجهندگی در صورتی که تعیین آن بطور مستقیم و با روش $T-307$ آشتو مقدور نباشد، می‌توان از شکل شماره (۱۱-۲) استفاده نمود.

برای تبدیل ضریب برجهندگی بدست آمده از شکل بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، می‌توان اعداد بدست آمده را در ضریب 0.07 ضرب کرد.



1- Soil Support Value

شکل ۱۱-۲ - نمودار تعیین ضریب برجهندگی خاک بستر روسازی با استفاده از مقادیر CBR

برای مصالح خاک بستر روسازی، آزمایش‌های تعیین ضریب برجهندگی (یا سی بی آر) بر روی نمونه‌های معرف با درصد رطوبتی مشابه با درصد رطوبت‌های فصلی انجام می‌شود. در شرایط آب و هوایی که خاک بستر روسازی در معرض دماهای زیر صفر قرار ندارد، آزمایش‌های تعیین ضریب برجهندگی در رطوبت‌های مختلف برای مشابه‌سازی تفاوت فصول مختلف تر (بارانی) و خشک انجام می‌شود. برای دوره‌های تر بهار و تر پاییزه، انجام آزمایش اضافی ضرورتی ندارد، مگر آنکه تفاوت قابل ملاحظه‌ای در میزان بارندگی طی بهار و پاییز وجود داشته باشد. اگر انجام آزمایش تعیین ضریب برجهندگی برای مشابه‌سازی شرایط ذوب یخ در بهار و شرایط یخ زده خاک در زمستان دشوار باشد، برای شرایط یخ‌زده، مقادیر کاربردی 1400 تا 3500 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع برای ضریب برجهندگی خاک بستر مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای شرایط ذوب یخ بهار، ضریب برجهندگی خاک ممکن است 20 تا 30

درصد ضریب برجهندگی در طی دوره زمانی تابستان و پائیز باشد. به منظور لحاظ تغییرات فصلی درصد رطوبت در مقاومت خاک بستر روسازی، ضریب برجهندگی موثر^۴ مورد استفاده قرار می‌گیرد. ضریب برجهندگی موثر خاک بستر، معادل اثر ترکیبی همه مقادیر ضریب برجهندگی فصلی خاک بستر است. مقادیر فصلی ضریب برجهندگی خاک بستر با استفاده از آزمایش تعیین ضریب برجهندگی بر روی نمونه‌های با شرایط رطوبتی مختلف، مشابه شرایطی که خاک بستر در طی بهره‌برداری تجربه می‌کند، تعیین می‌گردد.

برای محاسبه ضریب برجهندگی موثر خاک بستر، ابتدا سال به ماه‌ها و فواصل زمانی که مقادیر ضریب برجهندگی خاک بستر در آنها متفاوت است، تقسیم‌بندی می‌شود، سپس مقدار ضریب برجهندگی برای هر فاصله زمانی تعیین می‌شود. اگر کوتاه‌ترین زمان در این تقسیم‌بندی، دو هفته باشد، باید ماه را برحسب نصف ماه تقسیم‌بندی کرده و مقدار ضریب برجهندگی نظیر هر ۱۵ روز را تعیین نمود. تخمین میزان خرابی نسبی^۵ (U_f) مربوط به مقادیر ضریب برجهندگی در فصول مختلف مطابق رابطه (۳-۱۱) بدست می‌آید.

$$U_f = 2.47 \times 10^5 M_r^{-2.32} \quad (3-11)$$

برای مثال، میزان خرابی نسبی مربوط به بستر یک قطعه راه با ضریب برجهندگی طرح $M_r = 280 \text{ Kg/Cm}^2$ ، معادل ۰/۵۲ است. در مرحله بعد کلیه مقادیر U_f را با یکدیگر جمع و بر تعداد ماه‌ها یا هر فاصله زمانی مورد استفاده که ممکن است ۱۲ یا ۲۴ باشد، تقسیم می‌شود. بدین ترتیب متوسط میزان خرابی نسبی محاسبه می‌شود. ضریب برجهندگی موثر خاک بستر (M_R)، مقدار نظیر متوسط میزان خرابی نسبی است که از رابطه (۴-۱۱) بر حسب کیلوگرم بر سانتیمترمربع به دست می‌آید:

$$M_R = 210.9 \times \bar{U}_f^{-0.431} \quad (4-11)$$

روش محاسبه ضریب برجهندگی موثر خاک بستر روسازی در جدول (۳-۱۱) نشان داده شده است.

۱۱-۴-۲- مصالح زیراساس

مشخصات فنی مصالح زیراساس و حداقل سی بی آر آن در ۱۰۰ درصد تراکم آزمایشگاهی به روش $T-180$ آشتو که معادل ۳۰ درصد تعیین شده، در فصل سوم توضیح داده شده است. این رقم آنچنانکه در شکل (۳-۱۱) دیده می‌شود، معادل با ضریب ارتجاعی ۱۰۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. در شرایطی که سی بی آر مصالح مصرفی بیشتر از ۳۰ درصد باشد، می‌توان از ضریب ارتجاعی معادل آن که در شکل (۳-۱۱) نشان داده شده، استفاده کرد.

۱۱-۴-۳- مصالح اساس شکسته

مشخصات فنی مصالح اساس شکسته در فصل چهارم توضیح داده شده است. حداقل سی بی آر این مصالح در ۱۰۰ درصد تراکم آزمایشگاهی به روش $T-180$ آشتو، ۸۰ درصد تعیین گردیده که ضریب ارتجاعی معادل آن، ۱۹۶۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. در شرایطی که سی بی آر مصالح مصرفی با عدد ۸۰ درصد تفاوت داشته باشد، مقدار ضریب ارتجاعی نظیر را می‌توان از شکل (۴-۱۱) بدست آورد.

4- Effective resilient modulus

5- Relative Damage

جدول ۱۱-۳- تعیین ضریب برجهندگی موثر خاک بستر روسازی با استفاده از خرابی نسبی

ماه	ضریب برجهندگی خاک بستر kg/cm^2	خرابی نسبی
فروردین	۲۸۰	۰/۵۱۵
فروردین	۳۵۰	۰/۳۰۷
اردیبهشت	۳۵۰	۰/۳۰۷
اردیبهشت	۳۵۰	۰/۳۰۷
خرداد	۳۵۰	۰/۳۰۷
خرداد	۳۵۰	۰/۳۰۷
تیر	۳۵۰	۰/۳۰۷
تیر	۴۵۵	۰/۱۶۷
مرداد	۴۵۵	۰/۱۶۷
مرداد	۴۵۵	۰/۱۶۷
شهریور	۴۵۵	۰/۱۶۷
شهریور	۴۵۵	۰/۱۶۷
مهر	۴۵۵	۰/۱۶۷
مهر	۴۵۵	۰/۱۶۷
آبان	۳۵۰	۰/۳۰۷
آبان	۳۵۰	۰/۳۰۷
آذر	۳۵۰	۰/۳۰۷
آذر	۳۵۰	۰/۳۰۷
دی	۴۵۵	۰/۱۶۷
دی	۴۵۵	۰/۱۶۷
بهمن	۴۵۵	۰/۱۶۷
بهمن	۴۵۵	۰/۱۶۷
اسفند	۱۴۰۰	۰/۰۱۲
اسفند	۱۴۰۰	۰/۰۱۲

$$\sum U_f = 5.446$$

$$\bar{U}_f = \frac{\sum U_f}{24} = \frac{5.446}{24} = 0.227$$

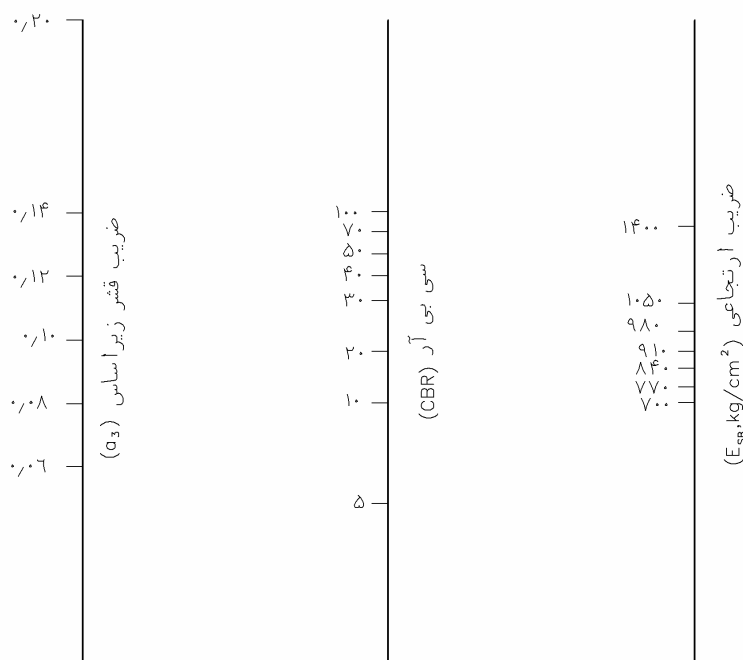
$$M_R = 210.9 \times (0.227)^{-0.431} = 400 \text{ kg / cm}^2$$

۱۱-۴-۴- مصالح اساس قیری

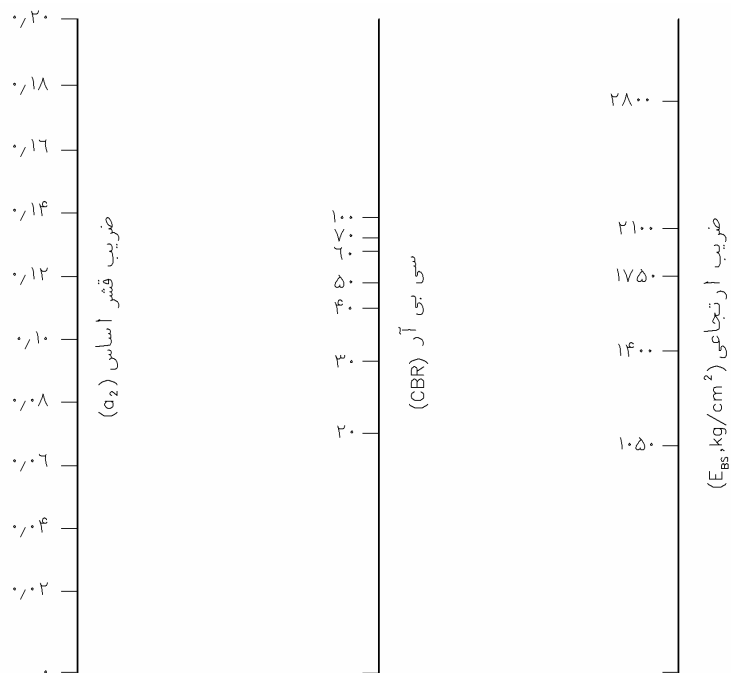
مشخصات فنی این مصالح در فصل نهم شرح داده شده است. با توجه به حداقل مقاومت مارشال این مصالح که ۸۰۰ کیلوگرم تعیین گردیده است، ضریب ارتجاعی معادل آن بر اساس شکل (۱۱-۵)، حدود ۲۶۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می‌شود.

۱۱-۴-۵- بتن آسفالتی آستر و رویه

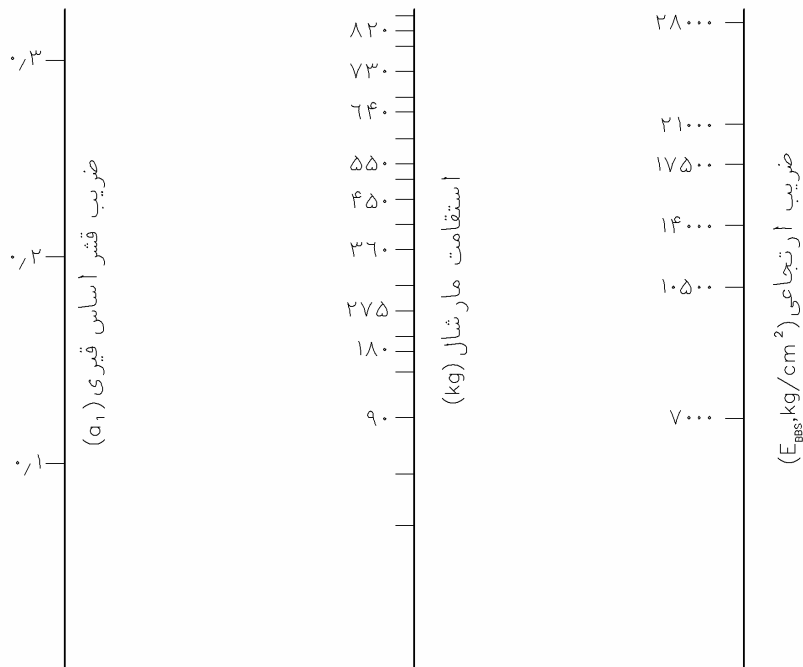
در این آیین‌نامه، ضریب ارتجاعی قشر بتن آسفالتی شامل آستر و رویه در ۲۰ درجه سانتیگراد، با آزمایش $D-4123$ ای‌اس‌تی‌ام حداکثر ۳۱۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع تعیین شده است (شکل ۱۱-۶). استفاده از بتن آسفالتی با ضریب ارتجاعی بیشتر، موجب افزایش حساسیت مخلوط آسفالتی در مقابل ترک‌های ناشی از تغییرات دمای محیط و ترک‌های خستگی می‌گردد.



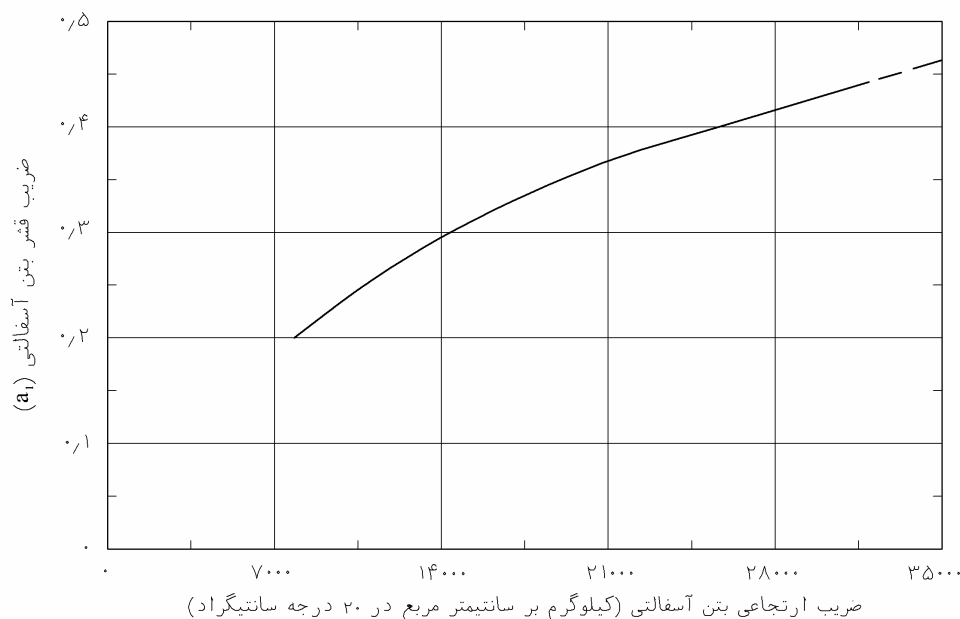
شکل ۱۱-۳- نمودار تعیین ضریب لایه زیراساس (a_2) بر حسب سی‌بی‌آر و ضریب ارتجاعی



شکل ۱۱-۴- نمودار تعیین ضریب لایه اساس (a_2) برحسب سی بی آر و ضریب ارتجاعی



شکل ۱۱-۵- نمودار تعیین ضریب قشر اساس قیری برحسب مقاومت مارشال و ضریب ارتجاعی



شکل ۱۱-۶- نمودار تعیین ضریب لایه بتن آسفالتی برحسب ضریب ارتجاعی

۱۱-۵- عدد سازه‌ای^۶ روسازی

این عدد تابع ترکیبی از متغیرها و داده‌های طرح، شامل ضریب برجهندگی موثر خاک بستر (M_R)، تعداد کل بارهای محوری ساده هم ارز $8/2$ تنی، نشانه خدمت‌دهی نهائی و سطح قابلیت اطمینان است. عدد سازه‌ای روسازی به ضخامت واقعی هر یک از لایه‌های تشکیل دهنده تبدیل می‌شود. در این تبدیل از ضرایب لایه‌ها استفاده می‌شود که در رابطه (۱۱-۵) نشان داده شده است.

$$SN = \frac{1}{2.5} (a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3) \quad (11-5)$$

که در آن:

SN = عدد سازه‌ای روسازی

a_1, a_2, a_3 = به ترتیب ضرایب لایه‌های قشر آسفالتی، اساس شکسته و زیراساس می‌باشد که در بند (۱۱-۶) تعریف شده است.

D_1, D_2, D_3 = ضخامت لایه‌های آسفالتی، اساس و زیراساس برحسب سانتیمتر

m_2, m_3 = به ترتیب ضرایب زهکشی لایه‌های زیراساس و اساس

هستند با حل رابطه (۱۱-۱۰) یا استفاده از نمودار این معادله که در شکل (۱۱-۷) ارائه شده است، عدد سازه‌ای روسازی تعیین

می‌گردد.

۶-۱۱- ضرایب لایه‌های^۷ قشرهای روسازی

برای تعیین ضخامت واقعی هر یک از لایه‌های روسازی، شامل بتن آسفالتی، اساس قیری، اساس شکسته و زیراساس، ضریبی تخصیص داده شده که ضریب لایه نامیده می‌شود. این ضریب، رابطه تجربی بین عدد سازه‌ای و ضخامت واقعی را بیان می‌کند. ضریب لایه در واقع معرف مقاومت و قدرت باربری ضخامت واحد لایه مورد نظر است که برای هر یک از قشرهای مختلف روسازی متفاوت می‌باشد. بین عدد سازه‌ای، ضریب لایه و ضخامت لایه‌های مختلف رابطه (۶-۱۱) برقرار است:

$$SN_i = \frac{a_i D_i}{2.5} \quad (6-11)$$

که در آن:

$$D_i = \text{ضخامت لایه برحسب سانتیمتر}$$

$$a_i = \text{ضریب لایه}$$

$$SN_i = \text{عدد سازه‌ای لایه } i \text{ ام}$$

برای لایه‌های اساس و زیراساس در این رابطه ضریب زهکشی لایه مطابق رابطه (۵-۱۱) لحاظ می‌شود.

ضرایب لایه‌های قشرهای مختلف روسازی عبارتند از:

۶-۱۱-۱- ضریب لایه زیراساس

ضریب لایه زیراساس، با توجه به قدرت باربری مصالح بر حسب سی بی آر یا ضریب ارتجاعی بیان می‌شود، این ضریب برای E_{SB} معادل 1050 kg/cm^2 ، بشرح بند (۲-۴-۱۱) معادل $a_3 = 0/11$ تعیین می‌گردد.

ضریب لایه زیراساس را می‌توان به تناسب تغییراتی که ممکن است در قدرت باربری آن ایجاد شود، از شکل (۳-۱۱) و یا رابطه (۷-۱۱) تعیین کرد.

$$a_3 = 0.227 \log_{10} \left(\frac{E_{SB}}{0.07} \right) - 0.839 \quad (7-11)$$

در این رابطه، E_{SB} بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.

۶-۱۱-۲- ضریب لایه اساس شکسته

ضریب لایه اساس شکسته با توجه به شرح بند (۳-۴-۱۱) یعنی سی بی آر ۸۰ درصد (معادل با ضریب ارتجاعی ۱۹۶۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) برابر ۰/۱۳ تعیین می‌شود.

ضریب a_2 را می‌توان از شکل (۴-۱۱) و یا از رابطه (۸-۱۱) بدست آورد.

$$a_2 = 0.249 \log_{10} \left(\frac{E_{BS}}{0.07} \right) - 0.977 \quad (8-11)$$

در رابطه بالا E_{BS} بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.

۱۱-۶-۳- ضریب لایه اساس قیری

ضریب لایه اساس قیری که مقاومت مارشال آن ۸۰۰ کیلوگرم تعیین شده است، بشرح شکل (۱۱-۵) برابر ۰/۳۲ منظور می‌گردد.

۱۱-۶-۴- ضریب لایه بتن آسفالتی

بشرح مشخصات فنی بتن آسفالتی در بند (۱۱-۴-۵)، ضریب لایه این مصالح برای ضریب ارتجاعی ۳۱۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، مطابق شکل (۱۱-۶)، برابر ۰/۴۴ است.

۱۱-۷- ضرایب زهکشی لایه‌های روسازی

زهکشی نامناسب و حضور آب اضافی در لایه‌های زیراساس و اساس، ضریب ارتجاعی این مصالح یعنی E_{SB} و E_{BS} (بندهای ۱۱-۴-۲ و ۱۱-۴-۳) را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد.

کیفیت زهکشی در این آئین‌نامه برای مصالح غیر آسفالتی روسازی (زیراساس و اساس تثبیت نشده) بر حسب مدت زمانی تعریف می‌شود که طی آن ۵۰ درصد آب آزاد این مصالح، زهکشی و تخلیه شود. با این تعریف، مصالح روسازی از نظر خاصیت زهکشی و سرعت خروج آب به پنج طبقه تقسیم می‌شود که در جدول (۱۱-۴) نشان داده شده است.

تأثیر میزان و کیفیت زهکشی با اعمال ضرایب اصلاحی m_i به ضریب لایه‌های زیراساس و اساس در رابطه اشاره شده در بند (۱۱-۵) انجام می‌گیرد که بشرح رابطه (۱۱-۹) نوشته می‌شود.

$$SN = \frac{1}{2.5} (a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3) \quad (۱۱-۹)$$

که در آن m_2 و m_3 به ترتیب ضریب زهکشی لایه‌های اساس و زیراساس است.

این ضرایب به عنوان تابعی از کیفیت زهکشی و درصد زمانی که رطوبت لایه‌های روسازی در طول عمر روسازی نزدیک به حالت اشباع باشد، در جدول (۱۱-۵) نشان داده شده است.

بدیهی است که میزان رطوبت، بستگی به میزان بارندگی سالانه و شرایط زهکشی سطحی دارد و درصدهای مختلف سه گانه جدول (۱۱-۵) شامل ۵ تا ۲۵ درصد، ۲۵-۵۰ درصد و بیشتر از ۲۵ درصد و ضرایب مربوط برای شرایط متفاوت زهکشی، به ترتیب برای مناطق گرم و خشک، معتدل و با بارندگی زیاد، قابل انطباق است.

در این آئین‌نامه، به منظور تعیین کیفیت زهکشی و انتخاب ضرایب اصلاحی m_i برای قشرهای زیراساس و اساس، به پیوست شماره ۵ مراجعه شود.

جدول ۱۱-۴- طبقه بندی مصالح از نظر خاصیت زهکشی

مدت زمان زهکشی	کیفیت زهکشی
دو ساعت	عالی
یک روز	خوب
یک هفته	قابل قبول
یک ماه	ضعیف
دفع نمی شود	خیلی ضعیف

جدول ۱۱-۵- ضرایب اصلاحی m_i برای قشرهای اساس و زیراساس

درصد زمانی که رطوبت مصالح در حدود اشباع است			کیفیت زهکشی	ردیف
بیشتر از ۲۵ درصد ^۱ (منطقه با بارندگی زیاد)	۲۵ - ۵ درصد ^۱ (منطقه معتدل)	تا ۵ درصد ^۱ (منطقه خشک)		
۱/۲	۱/۲ - ۱/۳	۱/۳ - ۱/۴	عالی	۱
۱/۰	۱ - ۱/۱۵	۱/۱۵ - ۱/۳۵	خوب	۲
۰/۸	۰/۸ - ۱/۰	۱/۰۵ - ۱/۲۵	قابل قبول	۳
۰/۶	۰/۶ - ۰/۸	۰/۸ - ۱/۱۵	ضعیف	۴
۰/۴	۰/۴ - ۰/۷۵	۰/۷۵ - ۱/۱۵	خیلی ضعیف	۵

۱- میزان بارندگی سالانه در این آئین نامه برای مناطق خشک، حداکثر ۲۵۰ میلیمتر، برای مناطق معتدل، بین ۵۰۰ - ۲۵۰ میلیمتر و مناطق با بارندگی زیاد، بیش از ۵۰۰ میلیمتر تعیین شده است.

۱۱-۸- محاسبه عدد سازه‌ای روسازی

عدد سازه‌ای روسازی را از شکل (۱۱-۷) و یا رابطه (۱۱-۱۰) می توان بدست آورد.

$$\log W_{8.2} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI_{TR}}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log \frac{M_R}{0.07} - 8.07 \quad (11-10)$$

که در آن:

SN = عدد سازه‌ای روسازی

$W_{8.2}$ = تعداد کل بارهای محوری ساده ۸/۲ تنی هم ارز پیش بینی شده در عمر روسازی

M_R = ضریب برجهندگی موثر خاک بستر روسازی، برحسب Kg/cm^2

Z_R = انحراف معیار نرمال

S_0 = انحراف معیار کلی پیش بینی ترافیک و عملکرد روسازی

ΔPSI_{TR} = افت نشانه خدمت‌دهی در اثر ترافیک

۹-۱۱- تعیین ضخامت لایه‌های روسازی

روسازی آسفالتی سازه‌ای چند لایه‌ای است. برای تعیین ضخامت آسفالت، اساس و زیراساس، عدد سازه‌ای روسازی بدست آمده از رابطه (۱۱-۱۰) را در رابطه (۱۱-۹) قرار می‌دهیم.

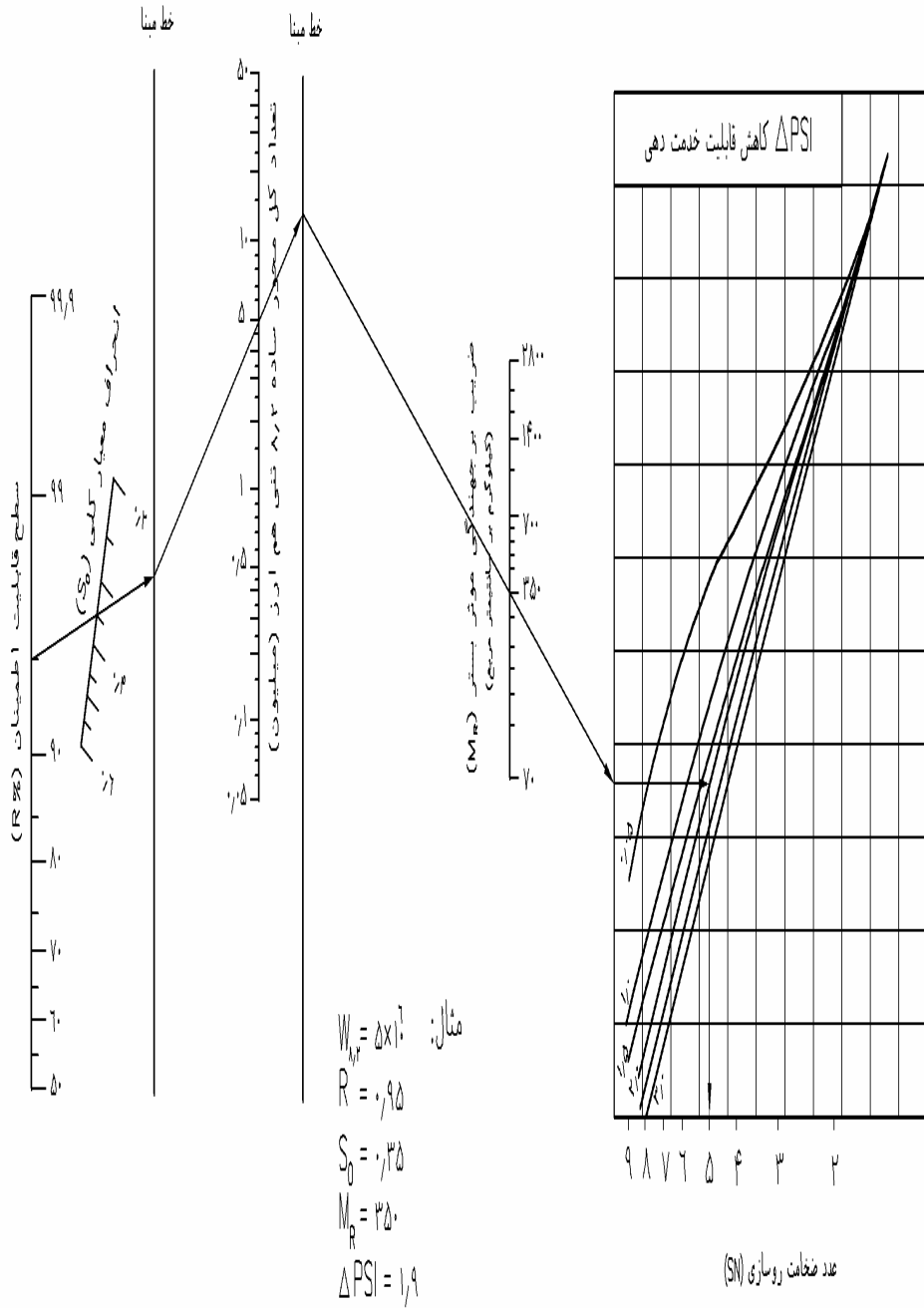
اعداد محاسبه شده برای ضخامت لایه‌ها به نزدیکترین سانتیمتر، تقریب می‌شود. در انتخاب ضخامت لایه‌ها، باید مسایل اجرایی احداث، نگهداری و ملاحظات اقتصادی مد نظر قرار گیرد. حداقل ضخامت اجرایی هر یک از لایه‌های روسازی برای تعداد کل ترافیک مربوطه در جدول (۱۱-۶) نشان داده شده است.

جدول ۱۱-۶- حداقل ضخامت اجرائی لایه‌های اساس و آسفالت

ترافیک برحسب بارهای محوری ساده ۸/۲ تنی هم ارز	حداقل ضخامت لایه بتن آسفالتی (سانتیمتر)	حداقل ضخامت لایه اساس سنگدانه‌ای (سانتیمتر)
کمتر از ۱۵۰۰۰۰	آسفالت سطحی دو لایه‌ای یا ۵	۱۰
۱۵۰۰۰۰ - ۵۰۰۰۰۰	۶	۱۰
۵۰۰۰۰۰ - ۲۰۰۰۰۰۰	۸	۱۵
۲۰۰۰۰۰۰ - ۷۰۰۰۰۰۰	۹	۱۵
بیشتر از ۷۰۰۰۰۰۰	۱۰	۱۵

۱۱-۹-۱- ملاحظات اقتصادی

از لحاظ اقتصادی، اگر نسبت هزینه لایه آسفالتی به لایه اساس، کمتر از نسبت ضرایب لایه‌ها ضرب در ضرایب زهکشی مربوطه باشد، شرایط بهینه موقعی تأمین می‌شود که کمترین ضخامت‌های جدول (۱۱-۶) برای لایه اساس مورد استفاده قرار گیرد. در این آیین‌نامه، توصیه می‌شود که ضخامت قشر اساس از ۱۰ سانتیمتر و قشر زیراساس از ۲۰ سانتیمتر کمتر نباشد. در شرایط یخبندان، ضخامت قشر زیراساس با توجه به محاسبات عمق نفوذ یخبندان افزایش می‌یابد.



شکل ۷-۱۱ - نمودار محاسبه عدد سازه‌ای روسازی

۱۱-۹-۲- طراحی مرحله‌ای

اگر مصالح خاک بستر روسازی، قابلیت تورم داشته باشد و یا تحلیل چرخه عمر (به پیوست شماره ۴ مراجعه شود) و ملاحظات اقتصادی و اجرایی اقتضاء نماید، طرح و اجرای مرحله‌ای روسازی ترجیح داده می‌شود. در طراحی مرحله‌ای روسازی، سطح قابلیت اطمینان هر مرحله از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$R = (R_{\text{کل}})^{\frac{1}{n}} \quad (11-11)$$

که در آن، n تعداد مراحل است که در نظر گرفته می‌شود. برای مثال اگر طراحی روسازی دو مرحله‌ای مورد نظر باشد و میزان سطح قابلیت اطمینان کل مورد نظر، $0/95$ باشد، قابلیت اطمینان هر مرحله باید $(0/95)^{\frac{1}{2}}$ یا $97/5$ درصد باشد.

۱۱-۹-۳- ضریب ارتجاعی مصالح زیراساس و اساس

ضریب ارتجاعی مصالح زیراساس و اساس با توجه به حداقل سی بی آر مشخص شده برای آنها بشرح بندهای (۱۱-۴-۲) و (۱۱-۴-۳)، به ترتیب 1050 و 1960 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع منظور شده است. وقتی که این ضرایب برای هر یک از این مصالح بیشتر از 2800 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد، عدد سازه‌ای SN را نمی‌توان به روش بند (۱۱-۸) بدست آورد. در چنین شرایطی، ضخامت مصالح روی لایه با ضرایب ارتجاعی بالا با توجه به مقادیر حداقل جدول (۱۱-۶) و مسائل اقتصادی انتخاب می‌شود.

تبصره: در برش‌های سنگی که کف برش‌ها دارای مقاومت کافی می‌باشد، یک لایه خاکریز از مصالح منتخب (خاک‌های A_1 یا A_2 آشتو) به ضخامت 15 سانتیمتر اجرا می‌شود. سپس روسازی بر اساس حداقل ضخامت اجرایی لایه‌های اساس و آسفالت (جدول ۱۱-۶) بر روی آن قرار داده می‌شود.

۱۱-۱۰- مثال محاسبه ضخامت روسازی

مطلوب است محاسبه ضخامت روسازی برای داده‌ها و شرایط زیر:

- ترافیک برحسب تعداد کل محور ساده $8/2$ هم ارز: $W_{8/2} = 2 \times 10^6$
- سطح قابلیت اطمینان طرح با فرض اجرای یک روکش در دوره طرح: $R = 0/9 \cdot 0/5 = 0/95$
- انحراف معیار نرمال Z_R که تابعی از R می‌باشد، از جدول (۱۱-۲): $-1/645$
- ضریب برجهندگی موثر خاک بستر روسازی: $M_R = 350 \text{ kg/cm}^2$
- انحراف معیار کلی مربوط به ترافیک و عملکرد طرح روسازی: $S_0 = 0/35$
- نشانه خدمت‌دهی اولیه: $P_0 = 4/2$
- نشانه خدمت‌دهی نهائی: $P_t = 2/5$
- افت نشانه خدمت‌دهی در عمر خدمت‌دهی: $\Delta PSI = 4/2 - 2/5 = 1/7$
- ضرایب لایه‌های روسازی: $a_3 = 0/11$ ، $a_2 = 0/13$ ، $a_1 = 0/44$

- ضرایب زهکشی لایه‌های زیراساس و اساس:
 $m_3 = 0/9$ $m_2 = 1/1$
 - ضریب ارتجاعی اساس: $E_{BS} = 1960 \text{ kg/cm}^2$ و ضریب ارتجاعی زیراساس: $E_{SB} = 1050 \text{ kg/cm}^2$ که به ترتیب معادل سی بی آر ۸۰ و ۳۰ درصد است.

با داده‌های فوق و استفاده از شکل (۷-۱۱) و یا حل رابطه (۱۰-۱۱) خواهیم داشت:

- عدد سازه‌ای کل روسازی (روی خاک بستر روسازی):
 $SN = 4/3$
 ضخامت اجزای متشکله روسازی با اعداد فوق با دو گزینه متفاوت زیر تعیین شده است:

۱۱-۱۰-۱- گزینه اول

روسازی از سه لایه زیراساس، اساس و آسفالت شامل آستر و رویه تشکیل شده است.

$$SN = \frac{1}{2.5} (a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3)$$

$$4/3 = (0/44 D_1 + 0/13 \times 1/1 \times D_2 + 0/11 \times 0/9 \times D_3) \div 2/5$$

$$D_2 = 30 \text{ cm}$$

$$D_3 = 20 \text{ cm}$$

$$4/3 = (0/44 D_1 + 0/13 \times 1/1 \times 20 + 0/11 \times 0/9 \times 30) \div 2/5$$

$$D_1 = 11/1 \text{ cm}$$

باتوجه به جدول (۶-۱۱) و ترافیک 2×10^6 ، حداقل ضخامت آسفالت ۱۲ سانتیمتر تعیین می‌شود.

۱۱-۱۰-۱- کنترل

عدد سازه‌ای کل روسازی برابر است با:

$$SN = \frac{a_1 D_1}{2/5} + \frac{a_2 m_2 D_2}{2/5} + \frac{a_3 m_3 D_3}{2/5}$$

$$SN = 2/11 + 1/14 + 1/186 = 4/4 \geq 4/3$$

کنترل محاسبات، نشان می‌دهد که عدد سازه‌ای کل روسازی محاسبه شده، با عدد $4/3$ بدست آمده، مطابقت دارد.

۱۱-۱۰-۲- گزینه دوم

روسازی از لایه‌های زیراساس، اساس و لایه آسفالتی شامل سه لایه اساس قیری، آستر و رویه تشکیل شده است. ضریب لایه اساس قیری با مقاومت مارشال ۸۰۰ کیلوگرم برابر $0/32$ تعیین می‌شود. در این گزینه، انتخاب ضخامت لایه اساس قیری باید به اندازه‌ای باشد که معادله زیر صادق باشد.

$$D_2 = 15$$

$$D_3 = 25$$

$$4/3 = \frac{1}{2/5} (0/44 D_1 + 0/32 D_2 + 15 \times 0/13 \times 1/1 + 25 \times 0/11 \times 0/9)$$

$$D = 7 \text{ cm}$$

با فرض

$$D_1 = 4 + 5 = 9 \text{ cm}$$

۱۱-۱۰-۳- نتیجه

ضخامت‌های گزینه اول و گزینه دوم در جدول (۷-۱۱) نشان داده شده است:

جدول ۷-۱۱- ضخامت لایه‌های روسازی

ضخامت (سانتیمتر) (گزینه ۲)	ضخامت (سانتیمتر) (گزینه ۱)	نوع لایه
$4 + 5 + 7 = 16$ (رویه، آستر، اساس قیری)	$5 + 7 = 12$ (آستر و رویه)	آسفالت
۱۵	۲۰	اساس
۲۵	۳۰	زیراساس
۵۶	۶۲	جمع

۱۱-۱۱- روسازی شانه راه

روسازی آسفالتی در شانه‌های راه به منظور افزایش ایمنی برای توقف وسایل نقلیه انجام می‌گیرد. از شانه راه در شرایط اضطراری برای عبور و مرور ترافیک و نیز خط عبور موقت وسایل نقلیه در جریان تعمیر و نگهداری راه استفاده می‌شود. لذا به منظور پیشگیری از خرابی‌های ناشی از عبور و مرور موقت و تصادفی از روی شانه راه، ضخامت روسازی را می‌توان با توجه به نوع، کیفیت مصالح غیر آسفالتی و ترافیک عبوری از شانه‌ها تعیین کرد. حداقل ضخامت آسفالت گرم شانه‌ها معادل ضخامت توپکای سواره رو و یک لایه بیندر زیر آن است.