

ارائه ضوابط پیشنهادی کسربها و جرائم آزمایشگاهی مصالح ماسه آسفالت منطبق بر بخشنامه ۷۷۳ جهت اعمال در پروژه های راهسازی و راهداری

مقاله علمی - پژوهشی

* محمد علی تقی زاده (نویسنده مسئول)، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه بعثت کرمان، ایران

عارف صانعی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه بعثت کرمان، ایران

محمدرضا زراعتی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

نوید ندیمی، دانشیار، بخش مهندسی عمران، دانشکده فنی - مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [MohammadAli.Taghizadeh@iau.ac.ir](mailto: MohammadAli.Taghizadeh@iau.ac.ir)

دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۸ - پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۲

صفحه ۱۹۲-۱۷۳

چکیده

با نگاهی به دستورالعمل ارزیابی کیفیت و مشخصات فنی عملیات اجرا شده ابلاغی سال ۱۳۹۸ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان ضابطه ۷۷۳ و جداول منضم به آن مشخص می‌شود که آئتم ماسه آسفالت علیرغم داشتن بالاترین بهای واحد در فهرس بهای راه و باند فرودگاه و بالاخص راهداری نسبت به سایر آئتم‌های بتن آسفالتی همچون بیندر و توپکا و علیرغم داشتن معیارها و مشخصه‌های پذیرش مختلف (همچون دانه‌بندی و درصد قیر و استحکام و شکستگی و درصد فضای خالی و نسبت فیلر به قیر مؤثر و تراکم) متأسفانه فاقد هرگونه معیار کنترلی و ارزیابی بوده و با عنایت به لزوم افزایش سطح کیفی جاده‌ها و ارتقا عملکرد ایمنی و تأمین حداکثری منافع دولت در مقام قیاس با تخصیص محدود بودجه پروژه‌های عمرانی ضرورت تعریف و پیش‌بینی ضوابط کنترلی و ضرایب پرداختی در این حوزه اجتناب‌ناپذیر است. لذا در این راستا سعی گردیده است تا در تحقیق پیش‌رو ضمن استناد به معیارهای مندرج در آیین‌نامه‌ها و نشریات حاکم بر نظام فنی و اجرایی کشور و انطباق آن با خط‌مشی نظری و شیوه محاسباتی جداول نشریه ۷۷۳ فقدان این خلأ بخشنامه‌ای جبران گردیده و زمینه‌ها و پیش‌نیازهای هر چه بیشتر جهت افزایش کارایی و اثربخشی در بهسازی‌ها و بهبود طول عمر ترمیم خرابی‌ها و رفاه نسبی جامعه مصرف‌کننده از جاده‌های سطح کشور حاصل گردد. لازم به ذکر است که پیشنهاد طرح و ارائه ضریب پرداخت و جرایم کنترلی ماسه آسفالت با عنایت به حساسیت و اهمیت آن از یک سو و عدم وجود چنین ضابطه‌ای تاکنون در کشور برای اولین بار در سطح نظام فنی و اجرایی ارائه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ماسه آسفالت، ضابطه ۷۷۳، فهرست بهای راه و باند فرودگاه، فهرست بها راهداری، نشریه ۱۰۱

۱-مقدمه

مارشال ماسه آسفالت در مقایسه با مقاومت سایر مخلوط‌های آسفالت گرم و بتن آسفالتی که دانه‌بندی درشت‌تر از ماسه دارند کمتر است، جدول ۱ (به استناد جدول ۲۰-۱۴ نشریه ۱۰۱)، لذا موارد مصرف آن باید به تناسب مقاومت مارشال و سایر ویژگی‌های آن و رابطه آن‌ها با انواع ترافیک سبک، متوسط و سنگین، انتخاب شود. دستورالعمل ضوابط محاسبه کسر بهای

بر اساس تعریف نشریه ۱۰۱ مشخصات فنی عمومی راه تجدید نظر دوم ماسه آسفالت از اختلاط ماسه طبیعی شسته یا ماسه شکسته یا مخلوطی از این دو با قیر خالص تهیه می‌شود. این مخلوط آسفالتی را می‌توان در قشرهایی به ضخامت حداقل ۱۵ میلی‌متر پخش و اجرا کرد یا از آن به عنوان قشر تسطیح در رویه‌های قدیمی و قبل از روکش استفاده نمود. چون مقاومت

پیش فرض و فلسفه وجودی جرایم آزمایشگاهی در بخش بیندر و توپکا، در صورت وجود و پیش بینی جرایم آزمایشگاهی در بخش ماسه آسفالت هم شاهد بهبود و افزایش کیفیت اجرا خواهیم بود و هم با توجه به گران بودن قیر مصرفی و مصالح از هدر رفت آن‌ها جلوگیری به عمل می‌آید.

از این رو کنترل و تدقیق عملکرد عواملی همچون نحوه تولید و پخت و حمل و اجرای آن با گریدر یا فینیشر و نیز تجربه و عملکرد عوامل انسانی نیز در هر چه بهتر شدن این قشر آسفالتی مؤثر می‌باشد. بنابراین اتخاذ تدابیر فنی و ابلاغ صحیح دستورکارهای علمی و تخصصی و لحاظ نمودن کامل ضوابط اجرایی و بخشنامه‌ایی نقش مستقیمی در کاهش هزینه پروژه‌های عمرانی از یک سو و افزایش کیفیت و بهره‌وری خدمت‌پذیری سطح جاده‌های کشور از سوی دیگر خواهد داشت. با توجه به بودجه محدود دولت و عدم تخصیص کامل اعتبارات بالادست در حوزه پروژه‌های دارایی‌های سرمایه‌ایی یا همان پروژه‌های عمرانی پیگیری تا عملیاتی شدن این امر اهمیت دو چندانی هم برای دولت و هم برای پیمانکاران پیدا می‌کند. مطابق عنوان ماسه آسفالت این مصالح از ۲ بخش ماسه و قیر تشکیل شده است که در این بخش به برخی از تعاریف و مشخصات اولیه این محصول پرکاربرد بر اساس توضیحات و جداول نشریه ۱۰۱ با موضوع مشخصات فنی عمومی راه - تجدید نظر دوم و نشریه ۲۳۴ با موضوع آیین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران - تجدید نظر اول اشاره می‌گردد. طبق تعریف بند ۳-۲-۴ و ۳-۳-۲۰-۳ نشریه ۱۰۱ مصالح سنگی ریزدانه یا ماسه به عنوان مصالحی شناخته می‌شود که کاملاً از الک شماره ۴ (۷۵ میلی‌متر) عبور کرده و بر روی الک شماره ۲۰۰ (۷۵ میکرون) باقی بماند. الک شماره ۸ (۲،۳۶ میلی‌متر) یک الک کلیدی در مصالح ریزدانه است که برای دانه‌بندی مخلوط آسفالت بکار می‌رود. دو نوع کلی سنگدانه ریز وجود دارد: ۱- شکسته (تولیدی) ۲- طبیعی. در کنار نام ماسه، مصالحی تحت عنوان فیلر نیز وجود دارد انتخاب نوع آن، مقدار مصرف و دانه بندی آن در انواع بتن آسفالتی، اهمیت ویژه ای دارد. در صورتی که از شکستن سنگدانه‌ها به مقدار کافی فیلر (عمدتاً رد شده از الک ۲۰۰) به دست نیاید بایستی فیلر جداگانه تهیه و در کارخانه آسفالت از طریق سیلوی جداگانه به مصالح اضافه شود.

عملیات راهسازی وزارت راه و شهرسازی (راه و ترابری سابق) به عنوان اولین ضابطه جرایم آزمایشگاهی کشور در سال ۱۳۸۴ ابلاغ گردید. در این ضابطه و در بخش آسفالت، ۱۰ معیار عدول از مشخصات به شرح ذیل درج شده است: مقدار قیر، دانه‌بندی، درصد کوبیدگی، استحکام آسفالت، درصد فضای خالی آسفالت، درصد شکستگی مصالح سنگی، ارزش ماسه‌ای مخلوط مصالح مصرفی، نسبت مقاومت کششی نمونه اشباع به نمونه خشک، نسبت درصد وزنی فیلر به قیر مؤثر و دامنه خمیری فیلر.

متأسفانه در این ضابطه نیز صرفاً به ۳ قشر توپکا و بیندر و اساس قیری پرداخته شده است و ضریب کسر بهایی برای قشر ماسه آسفالت در نظر گرفته نشده است. ضابطه ۷۷۳ نیز که پس از سال‌ها خلأ بخشنامه‌ایی برای سایر دستگاه‌های اجرایی به جز زیرمجموعه وزارت راه و شهرسازی همچون شهرداری‌ها، بنیاد مسکن، فرمانداری و نوسازی مدارس و ... که نیازمند به بخشنامه کسر بهای جرائم آزمایشگاهی بوده‌اند نیز در سال ۹۸ ابلاغ گردید به بحث ماسه آسفالت و نحوه ارزیابی و کنترل کیفی آن بر اساس شاخص‌ها و جداول و رواداری‌های مندرج در نشریه ۱۰۱ پرداخته است. هدف از این تحقیق بررسی نبود ضابطه‌ای مستند برای مخلوط‌های ماسه آسفالتی با توجه به حدود تعیین شده در نشریه ۱۰۱ (تجدید نظر دوم) است. با توجه به اشاره ضابطه ۷۷۳ در بند ۲-۱ استفاده کاربردی ضابطه و اشاره به اعمال این ضابطه به عملیات آسفالت و نبود ضابطه جرائم برای ماسه آسفالت یک کمبود حس می‌شود که باید با توجه به نشریه ۱۰۱ که مشخصات ماسه آسفالت را ارائه نموده است در اعمال یک حدود دانه‌بندی و همچنین مقاومت در ضابطه ۷۷۳ یک سرفصل بعنوان جرائم ماسه آسفالت اضافه شود.

چنانچه ماسه آسفالت به عنوان قشر آسفالتی استفاده شود، تجاوز از حد ۱۸ درصد فضای خالی به شرح جدول ۲ (به استناد جدول ۲۰-۱۸ نشریه ۱۰۱) مشروط بر آنکه سایر ارزش‌های آن با مشخصات منطبق باشد، بلامانع است. هرچند که در فهرست‌بها و مشخصات فنی عمومی فهرست بها به صراحت از ماسه آسفالت نامبرده است لکن نبود ضابطه‌ای برای کسر جرایم ماسه آسفالت خسارت‌های زیادی به دولت وارد می‌نماید. از طرفی باعث عدم توجه پیمانکاران به رعایت دقیق حدود دانه‌بندی و هدر رفت مصرف قیر می‌شود که در نهایت همه این کمبودها و عدم شفافیت‌ها منجر به کار با کیفیت نامرغوب می‌شود. با همان

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و مقاومتی مخلوط‌های آسفالتی گرم با روش مارشال (آشتو T245)

ترافیک کم $EAL \leq 10^4$		ترافیک متوسط $10^4 < EAL < 10^7$		ترافیک سنگین $EAL \geq 10^7$		شرح
حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	
۳۵	۳۵	۵۰	۵۰	۷۵	۷۵	تعداد ضربه‌ها در دو طرف نمونه
	۳۵۰	-	۵۵۰	-	۸۰۰	مقاومت مخلوط بر حسب کیلوگرم
۴,۵	۲	۴	۲	۳,۵	۲	روانی بر حسب میلی‌متر
۵	۳	۵	۳	۵	۳	درصد فضای خالی آسفالت قشر رویه
۶	۳	۶	۳	۶	۳	درصد فضای خالی آسفالت آستر
۸	۳	۸	۳	۸	۳	درصد فضای خالی اساس آسفالتی
۸۰	۷۰	۷۸	۶۵	۷۵	۶۰	درصد فضای خالی پر شده با قیر

جدول ۲. مشخصات فنی ماسه آسفالت

حداکثر	حداقل	شرح
-	۱۸۰ کیلوگرم	مقاومت با ۵۰ ضربه
۵	-	نرمی بر حسب میلی‌متر
۱۸ درصد	۳ درصد	فضای خالی

جدول ۳. مشخصات دانه بندی برای مصالح ریزدانه

درصد وزنی					الک
۵	۴	۳	۲	۱	
۱۰۰	۱۰۰	-	-	۱۰۰	۹/۵ میلی‌متر ($\frac{3}{8}$ اینچ)
۸۰-۱۰۰	۸۰-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)
۶۵-۱۰۰	۶۵-۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۷۵-۱۰۰	۷۰-۱۰۰	۲/۳۶ میلی‌متر (شماره ۸)
۴۰-۸۰	۴۰-۸۰	۸۵-۱۰۰	۵۰-۷۴	۴۰-۸۰	۱/۱۸ میلی‌متر (شماره ۱۶)
۲۰-۶۵	۲۰-۶۵	۶۵-۹۰	۲۸-۵۲	۲۰-۶۵	۰/۶ میلی‌متر (شماره ۳۰)
۷-۴۶	۷-۴۰	۳۰-۶۰	۸-۳۰	۷-۴۰	۰/۳ میلی‌متر (شماره ۵۰)
۲-۳۰	۲-۲۰	۵-۲۵	۰-۱۲	۲-۲۰	۰/۱۵ میلی‌متر (شماره ۱۰۰)
-	۰-۱۰	۰-۵	۰-۵	۰-۱۰	۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰)

آزمایشات متداول مربوط به کیفیت سنگدانه و خصوصیات مصالح ریزدانه شامل دانه‌بندی، شکل ذرات، سختی، دوام، بافت سطح، تمیزی، جذب (نفوذپذیری)، چسبندگی، مقاومت در برابر لغزندگی و سرخوردن می باشد.

در ادامه جداول شماره ۳ تا ۶ که منطبق بر جداول ۲۰-۹ و ۲۰-۱۰ و ۲۰-۷ و ۲۰-۵ نشریه ۱۰۱ بوده و عیناً در نشریه ۲۳۴ نیز آورده شده است ارائه می‌گردد.

قیر مصرفی در آسفالت گرم و بتن آسفالتی نیز به استناد بند ۲۰-۴ نشریه ۱۰۱ از نوع قیرهای خالص است که از تقطیر مستقیم مواد نفتی تهیه می‌شود. این قیرها باید همگن و فاقد آب بوده و وقتی که تا ۱۷۵ درجه سانتیگراد گرم می‌شود کف نکند.

قیرهای خالص مصرفی در راهسازی به دو روش درجه نفوذ یا عملکردی طبقه‌بندی می‌شوند. انتخاب قیر مناسب برای هر پروژه باید براساس دانه بندی، شرایط جوی محل اجرای طرح، گروه ترافیک و ضخامت آسفالت مورد توجه خاص قرار گیرد.

جدول ۴. دانه‌بندی فیلر

اندازه الک	درصد وزنی رد شده
۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶)	۱۰۰
۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰)	۹۷-۱۰۰
۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)	۹۵ - ۱۰۰
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	۷۰ - ۱۰۰

جدول ۵. مشخصات گوشه‌داری مصالح سنگی ریزدانه (رد شده از الک ۲/۳۶ میلیمتر)

عمق از سطح رویه		آمد و شد برحسب ESALs**
درصد فضای خالی مصالح ریزدانه در حالت غیر متراکم*	کمتر از ۱۰۰ میلیمتر	
بیشتر از ۱۰۰ میلیمتر	بیشتر از ۱۰۰ میلیمتر	$< 0.3 \times 10^6$
---	---	$< 1 \times 10^6$
---	۴۰	$< 3 \times 10^6$
۴۰	۴۰	$< 10 \times 10^6$
۴۰	۴۵	$< 30 \times 10^6$
۴۰	۴۵	$< 100 \times 10^6$
۴۵	۴۵	$\geq 100 \times 10^6$

* این آزمایش روی مصالح رد شده از الک شماره ۸ و مطابق C1252 ای اس تی ام انجام می‌شود که نتیجه آن معرف درصد فضای خالی غیرمتراکم مصالح می‌باشد.

**Equivalent Single Axle Load : تعداد کل محورهای استاندارد عبوری

جدول ۶. مشخصات سنگدانه‌های مخلوط آسفالتی

روش آزمایش		آسفالت ماستیک	رویه	آستر	اساس قیری	شرح
ASTM	AASHTO					
۲- مصالح ریزدانه						
D4318	T90	غیرخمیری ۲۵	غیرخمیری -	غیرخمیری -	۴	حداکثر نشایه خمیری PI (درصد) حداکثر حد روانی (درصد)
C88	T104	۱۲	۱۲	۱۲	۱۵	حداکثر افت وزنی با سولفات سدیم (درصد) حداکثر افت وزنی با سولفات منیزیم (درصد)
C128	T84	-	۲/۵	۲/۸	-	حداکثر جذب آب* (درصد)
D2419	T176	۵۰	۵۰	۵۰	۴۵	حداقل ارزش ماسه ای (هر یک از دو ماسه طبیعی و ماسه شکسته) قبل از ورود به کارخانه آسفالت (درصد)
-	-	-	-	۲۰	۲۵	حداکثر مجاز درصد وزنی ماسه طبیعی نسبت به مصالح رد شده از الک شماره ۴ دانه‌بندی مربوطه (درصد)
-	M6	-	±۰/۲۵	±۰/۲۵	-	حد رواداری ضریب نرمی نسبت به پایه [‡] (درصد)

* استفاده از مصالح سنگی با درصد جذب آب بیشتر برای قشر آستر با توجه به شرایط محیطی و ترافیکی پروژه با تشخیص دستگاه نظارت و تصویب کارفرما مجاز است.
[†] دانه‌های پهن و دراز، سنگدانه‌هایی می‌باشند که حداکثر طول به حداقل ضخامت آنها بزرگتر از ۵ باشد.
[‡] ضریب نرمی مصالح ریزدانه: حاصل جمع درصد‌های مانده روی الک‌های ۰/۹۵، ۰/۴۲۵، ۰/۲۵، ۰/۱۵۰، ۰/۰۷۵، ۰/۰۳۷۵ و ۰/۰۱۵ میلی‌متر تقسیم بر ۱۰۰

۲- پیشینه تحقیق

مقایسه آن‌ها با فناوری‌های مرتبط در صنعت پتروشیمی مورد بررسی قرار گرفت. چشم انداز کاربرد روش‌های مختلف جداسازی آسفالت از سنگدانه برای مواد RAP می‌تواند مرجعی برای ارتقا و گسترش فناوری بازیافت زباله جامد برای روسازی آسفالت باشد. در بحث استفاده از نوع ماسه آسفالت (الماداری، آصف، ۲۰۲۰) سعی نمودند اثرات دائمی استفاده از ماسه طبیعی بیابانی (NDS) را بر رفتار مخلوط آسفالتی ارزیابی کنند. مطالعات قبلی بر روی توصیف خواص دائمی آسفالت‌هایی که از NDS استفاده می‌کنند متمرکز شده‌اند. این مطالعه با هدف تعیین تأثیر استفاده از مواد دانه‌های ریز NDS و ماسه خرد شده (MCS) در آسفالت مخلوط گرم (HMA) و چگونگی تأثیر آن بر تغییر شکل دائمی HMA نهایی انجام می‌شود. نمونه‌های NDS از مناطق بیابانی جمع‌آوری شد. شاخص شکل و بافت ذرات سنگدانه (IAPST)^۵، مارشال، تحلیلگر روتینگ و آزمایش مدول پیچیده برای تجزیه و تحلیل و مقایسه خواص HMA حاوی دو نوع مختلف چسبنده قیر، PG70-10 و B60/70 انجام شد. عملکرد مخلوط‌های حاوی PG70-10 در مقایسه با مخلوط‌های حاوی B60/70 برتر بود. این نتایج برای مهندسان برنامه‌ریزی عملیات جاده‌ای در محیط‌های گرم و خشک بسیار مهم است و امکان کاهش قابل توجه هزینه را با استفاده از مواد در دسترس محلی (به عنوان مثال NDS)

از بعد بررسی مصالح آسفالتی به صورت جداگانه [فنگ، کائو، یی، ۲۰۲۲] به پیشرفت‌های اخیر در فناوری جداسازی آسفالت از سنگدانه‌ها برای روسازی آسفالت احیا شده (RAP) پرداختند و با توجه به منابع تجدید ناپذیر از جمله آسفالت و سنگدانه ارزش آنرا قابل توجه دانستند. با این حال، تاکنون، تنها بخش کوچکی از مواد RAP را می‌توان در ساخت روسازی آسفالت بازیافتی استفاده کرد و استفاده از آن به عنوان یک آسفالت کم ارزش در لایه‌های زیرین در نظر گرفته می‌شود. یکی از مهمترین دلایل این کاستی مشکل اندازه ذرات کاذب و درجه‌بندی شبه مواد RAP است. بنابراین، شناسایی فناوری جداسازی آسفالت از مصالح مناسب برای بهبود استفاده از مواد RAP در مخلوط آسفالت بازیافتی و افزایش کیفیت ساخت روسازی آسفالت بازیافتی ضروری است. برای پرداختن به این موضوع، این مقاله یک بررسی سیستماتیک از فناوری‌های جداسازی آسفالت از سنگدانه‌ها برای پردازش مواد RAP و چشم‌انداز آنها انجام داد. در ابتدا، بر اساس ترکیب مخلوط آسفالت و ویژگی‌های مواد RAP پس از پیری، فناوری‌های کلیدی جداسازی RAP پیشنهاد شدند. سپس مفهوم، اصل و روش‌های اجرای روش‌های جداسازی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مواد RAP به طور جامع مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین مزایا و معایب انواع فناوری‌های جداسازی با

در حالی که عملکرد در دمای پایین قابل مقایسه است. به طور کلی، ماسه آهکی را می توان به عنوان جایگزین مناسبی برای پرکننده سنگ آهک در مخلوط آسفالتی استفاده کرد. از جنبه مباحث رفتاری و عملکردی ماسه آسفالت با استفاده از یک معادله سازنده توسعه یافته توسط (فیتسگارد، وکیلی، ۱۹۷۳) خصوصیات غیرخطی ماسه آسفالت که در آن حداکثر کرنش تحمیل شده بر یک ماده و همچنین وزن بیش از حد تاریخچه را به خود اختصاص داده و ناکافی بودن تئوری ویسکوالاستیسیته خطی تحت فشارهای مکرر یا کاهش برای این مواد نیز نشان داده شده است.

تعیین آزمایشگاهی عملی پارامترهای مواد شرح داده شده است. بررسی های تجربی و نظری نشان می دهند که معادلات غیرخطی و همگن توسعه یافته با استفاده از هنجارهای n مرتبه به آسانی برای تعریف رفتار مکانیکی بتن ماسه ای - آسفالت قابل استفاده هستند.

(کاسولا، کریشنا، ۲۰۰۵) در مطالعه خود با عنوان داده های تنش نرمال و افت تنش برای ماسه آسفالت تحت جریان پیچشی تبیین نمودند که تنش نرمال و واتنیدگی تنش مخلوط ماسه آسفالت با استفاده از رئومتر پیچشی اندازه گیری و شرح و اصل عملکرد رئومتر پیچشی و روش اندازه گیری آن ارائه شده است. داده های خام به دست آمده، یعنی گشتاور و نیروی نرمال، برای نرخ های چرخش و زمان های بارگذاری مختلف مستند شده اند. آزمایش های مکرر سازگاری قابل توجهی را نشان می دهند و نشان می دهند که نیروی نرمال و گشتاور با کاهش سرعت چرخش کاهش می یابد. نتایج نشان دهنده ضرورت توسعه مدل های سازنده غیرخطی برای مخلوط های آسفالتی است.

در بحث استفاده از نوع و میزان درصد ماسه مورد استفاده در آسفالت (البیاتی، عبدالستار، ۲۰۲۰) به ارزیابی عملکرد مخلوط های بتن آسفالتی با درصد جایگزینی متفاوت ماسه طبیعی پرداختند و بیان کردند که اغلب، حالت خرابی مرتبط با بار، شیار و خستگی، انواع اصلی خرابی هستند که در برخی از جاده های تازه ساخته شده در بغداد، پایتخت عراق، و برخی مناطق حومه شهر یافت می شوند. استفاده از مقدار بیش از حد ماسه طبیعی در مخلوط های بتن آسفالتی که برای پیمانکاران داخلی جذاب است، می تواند یکی از دلایل احتمالی فقدان خواص مقاومتی مخلوط ها و در نتیجه ناامیدی در عملکرد روسازی باشد. در این مطالعه، ویژگی های عملکرد مخلوط های بتن آسفالتی با دو نوع ماسه طبیعی، ماسه های بیابانی و رودخانه ای مورد ارزیابی قرار گرفت. علاوه بر این، پنج نرخ جایگزینی ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد وزنی از ریزدانه های ریزدانه از ۴،۷۵ میلی متر استفاده شد. ویژگی های عملکردی شامل حساسیت به رطوبت، مدول

به جای MCS پرهزینه تر. با این یافته ها، می توان تا حدی از NDS در HMA برای جاده های کم حجم (LVR) استفاده کرد. پیرامون مباحث مربوط به بارگذاری (ساراج پور، قلندرزاده، ۲۰۲۱) رفتار دینامیکی مخلوط شن و قیر با استفاده از دینامیک سایز بزرگ تست سیلندر توخالی به مطالعه پرداختند و اثرات پارامترهای مختلف از جمله محتوای قیر، فرکانس بارگذاری و ویسکوزیته قیر بر مدول برشی و نسبت میرایی مخلوط ها به طور دقیق مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که قیر اضافه شده مدول برشی مخلوط را تا حدود ۲۰ درصد برای محتوای قیر ۳/۵ درصد در محدوده کرنش های برشی بین ۰/۰۱ تا ۰/۱ درصد افزایش داد. چنین افزایشی در کرنش های برشی بیش از ۰/۳ درصد ناچیز بود. علاوه بر این، قیر اضافه شده نسبت میرایی مخلوط ها را تا حدود ۱۰ درصد برای محتوای قیر ۳/۵ درصد در کرنش های برشی بیش از ۰/۳ درصد افزایش داد در حالی که این افزایش تنها در حدود ۵ درصد در کرنش های برشی کمتر از حدود ۰/۱ درصد بود. نسبت میرایی و مدول برشی مخلوط ها با فرکانس بارگذاری اعمال شده عمدتاً به دلیل رفتار چسبناک قیر تغییر می کند. همچنین مشخص شد که استفاده از قیر ویسکوزتر نسبت میرایی و مدول برشی مخلوط ها را افزایش می دهد.

با هدف بررسی نقش انواع ماسه از لحاظ جنس نیز (ژائو، وو، لیو، ۲۰۲۱) به بررسی ویژگی های پرکننده ماسه آهکی و تاثیر آن بر خواص فیزیکی و رئولوژیکی مخلوط آسفالتی پرداختند و نشان دادند ترکیبات و خواص ماستیک آسفالتی (پرکننده و ترکیب آسفالتی) نقش تعیین کننده ای در عملکرد مخلوط آسفالتی دارد. هدف اصلی نیز بررسی امکان سنجی استفاده از ماسه آهکی نرم به عنوان پرکننده معدنی برای تهیه مخلوط آسفالتی است. ماسه آهکی توسط آسیاب گلوله ای سیاره ای با اندازه ذرات کمتر از ۰،۰۷۵ میلی متر به پودر تبدیل شد. سپس خواص فیزیکی و شیمیایی پرکننده ماسه آهکی مورد بررسی قرار گرفت و با پرکننده سنگ آهک از جمله میکروسکوپ الکترونی SEM^v، طیف سنج پراکنده انرژی، فلورسانس اشعه ایکس، پراش اشعه ایکس و تحلیل گر اندازه ذرات لیزری مقایسه شد.

سپس نفوذ، نقطه نرم شدن و ویسکوزیته ماستیک های آسفالتی حاوی پرکننده ماسه آهکی و خواص رئولوژیکی توسط رئومتر برشی دینامیکی^h (DSR) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که ماسه آهکی دارای خواص فیزیکی و ترکیب شیمیایی مشابه با سنگ آهک است. میزان نفوذ و ویسکوزیته دینامیکی ماستیک های آسفالتی با پرکننده ماسه آهکی کمی کمتر از ماستیک های آسفالتی با پرکننده سنگ آهک است. پایداری ماستیک های آسفالتی در دمای بالا با پرکننده ماسه آهکی کمی کمتر از ماستیک های آسفالتی با پرکننده سنگ آهک است،

لذا در این مقاله، با انجام آزمایشات آزمایشگاهی به بررسی اندرکنش این دو ماده پرداخته می‌شود. آزمایشات بر روی مصالح ماسه ای و مصالح سطح تماس مصالح ماسه‌ای در تماس با بتن آسفالتی در شرایط خشک و اشباع بررسی شد و پس از اخذ مقادیر پارامترهای مقاومت برشی از این آزمایش‌ها، این مقادیر با یکدیگر مقایسه شدند. در پایان نیز بصورت عددی این المان بررسی شد. سپس با توجه به پارامترهای بدست آمده از نتایج آزمایش برش مستقیم مدل عددی این آزمایش با استفاده از نرم افزار FLAC3D ساخته شد. به منظور افزایش دقت تحلیل عددی لازم بود پارامترهای بتن آسفالتی از طریق آزمایش مارشال استخراج گردد، سپس با استفاده از تحلیل برگشتی در نرم‌افزار ABAQUS پارامترهای موهرکولمب بتن آسفالتی بدست آمد. در نهایت با بکارگیری پارامترهای بدست آمده پارامتر سختی نرمال سطح تماس با استفاده از تحلیل برگشتی با مقایسه تنش گسیختگی در آزمایش برش مستقیم و تحلیل عددی در نرم افزار FLAC3D بدست آمد.

در بحث عملکردی و رفتاری روسازی‌های آسفالتی (قاسم‌زاده، جعفرنژاد، ۱۳۹۶) به پیش بینی عملکرد روسازی با تلفیق مدل خانواده و شبکه عصبی (ANN) پرداخته و تشریح نمودند که مدل پیش‌بینی عملکرد روسازی مهم‌ترین بخش از یک سیستم مدیریت روسازی است. اثر بخشی برنامه‌های بلندمدت و میان مدت تعمیرات و نگهداری راه، وابسته به صحت و اعتبار مدل پیش‌بینی عملکرد روسازی است. در مدل‌های خانواده، قطعات مختلف که مشخصات فنی مشابه داشته و روند افت کیفیت آنها یکسان باشد، در یک گروه قرار گرفته و برای مجموعه قطعات روسازی هر خانواده، یک مدل پیش‌بینی ساخته می‌شود. مدلسازی بر اساس خانواده روسازی با کمترین داده‌ها و با سریعترین و ارزانه‌ترین روش می‌تواند نتایجی با دقت بسیار خوب بدست دهد. در این تحقیق در خیابان‌های شهر ساری دو خانواده مختلف روسازی تعریف شده است که عبارتند از خانواده یک روسازی شامل معابر با ترافیک سنگین و ضخامت زیاد آسفالت و خانواده دو روسازی شامل معابر با ترافیک سبک و ضخامت کم آسفالت. کلیه خیابان‌های اصلی شهر مورد ارزیابی قرار گرفته و شاخص کیفیت روسازی (PCI) و عمر روسازی تعیین شده است. در هر خانواده روسازی با روش رگرسیون مدلسازی انجام شده است که نهایتاً یک مدل رگرسیون درجه سه با ضریب همبستگی ۰/۹۰ برای خانواده یک روسازی و ضریب ۰/۸۴ برای خانواده دو روسازی بدست آمد. همچنین در هر خانواده روسازی، با استفاده از شبکه عصبی و با روش پرسپترون چند لایه (MLP) پیش‌بینی عملکرد روسازی انجام گرفت که ضریب همبستگی ۰/۹۳ را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه

ارتجاعی، تغییر شکل دائمی و ویژگی‌های خستگی با استفاده از استحکام کششی غیرمستقیم، بارگذاری مکرر تک محوری و آزمایش‌های پرتو خمشی مکرر ارزیابی شد. همچنین به عنوان بخشی از هدف تحقیق، از نتایج آزمایشات آزمایشگاهی برای پیش‌بینی عملکرد با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای VESYS^۹ استفاده شد. نتایج نشان داد که مخلوط‌هایی با محتوای ماسه طبیعی بالا (NSC) نسبت به آسیب رطوبت و شیارشدگی، مدول ارتجاعی کمتر و مقداری بهبود مقاومت در برابر خستگی حساس‌تر هستند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، نیاز به بازنگری در مشخصات محلی فعلی برای بتن آسفالتی وجود دارد که حدود شن و ماسه طبیعی را در مخلوط‌های لایه‌های سایش و بایندر با ۲۵٪ مشخص می‌کند، در حالی که برای مخلوط‌های پایه هنوز محدودیتی وجود ندارد.

در تحقیق دیگر که توسط (الماداوی، آصف، ۲۰۱۹) در مناطق بیابانی گرم و خشک انجام گرفته است دو محدودیت جدی را برای آسفالت بتن (AC) پیش‌بینی نموده است. در شرایطی که دمای سطح جاده تا ۷۰ درجه سانتیگراد و رطوبت بسیار کم باشد، منجر به تغییر شکل زودرس AC و ترک خوردن می‌شود. این تحقیق اثرات دو مخلوط قیر مختلف را به عنوان متغیرهایی در برابر کنترل یک مخلوط سنگدانه ریز از پیش تعیین شده نشان می‌دهد. مخلوط‌ها تحت آزمایش‌های متعددی از جمله تست‌های مارشال، روسازی ممتاز^{۱۰}، عمق شیارشدگی^{۱۳} و مدول دینامیکی^۴ زوی AC قرار گرفت. این ترکیب مزایای عملی را برای مناطق گرم و خشک نشان می‌دهد که در آن استفاده از ماسه طبیعی در دسترس محلی می‌تواند منجر به صرفه جویی قابل توجهی شود. برای جاده‌های کم حجم در مناطق دورافتاده، این یافته‌ها موکداً مهم‌تر می‌باشند، زیرا علم اقتصاد استفاده از مواد گران‌تر با درجه بالاتر را توجیه نمی‌کند.

از منظر باربری و مباحث سازه ای لایه آسفالت (تاج الدینی، رضایی، ماهپور، ۱۳۹۸) به بررسی پارامترهای مقاومت برشی ماسه و آسفالت در المان سطح تماس پرداختند و شرح دادند که به طور کلی وقتی دو مصالح متفاوت در مجاورت با یکدیگر قرار می‌گیرند، رفتار مسئله در سطح تماس بین آنها بدلیل تغییر ماهیت مکانیکی دچار تغییر می‌شود. حال اگر یکی از این دو مصالح را مصالح انعطاف پذیر مانند خاک تشکیل دهد، بدلیل اثراتی همچون تغییرات تنش در خاک، رطوبت خاک، نوع دانه‌بندی، اندازه و شکل ظاهری دانه‌ها، این مسئله پیچیدگی‌های خاص خود را پیدا می‌کند و رفتار در سطح مشترک این مصالح نیاز به بررسی دقیق‌تری دارد. هدف از این پژوهش تخمین واقعی تری از این پارامترها می‌باشد که طبعاً تابعی از اندرکنش بین بتن آسفالتی و مصالح دانه‌ای آن است.

مدلسازی فقط با یک بار ارزیابی روسازی انجام شده است، دقت مدلها بسیار خوب ارزیابی می‌شود که ناشی از استفاده از روش خانواده روسازی است. در نهایت، تلفیق مدل خانواده با شبکه عصبی نسبت به روش رگرسیون به نتایج بهتری منجر شده است. همچنین از دید مباحث سازه‌ای و ظرفیت باربری لایه آسفالت (فخری، دولتعلی‌زاده، غنی‌زاده، ۱۳۹۲) نیز به ارزیابی ضرایب بار هم‌ارز محوری بر اساس معیار خستگی الیه آسفالتی با استفاده از روش انرژی تلف شده و مقایسه با ضرایب پیشنهادی در آیین نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران پرداخته و طرح نمودند که ضریب بار هم‌ارز، یکی از ضرایب مهم در طراحی روسازی است که تأثیر بار ترافیکی موجود در راه‌ها را بر روی خرابی روسازی نشان می‌دهد. این ضریب در آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران (نشریه ۲۳۴) به صورت تجربی قابل تعیین است و در انتخاب این ضریب، صرفاً به نوع محور (ساده، دوگانه و سه‌گانه) توجه شده است و به تک و یا زوج بودن چرخ‌ها در محور، اهمیت داده نشده است. در این مطالعه، ضرایب بار هم‌ارز برای بارهای محوری سنگین ذکر شده در آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران، از دو رویکرد کرنش و انرژی تلف شده و بر اساس معیار خستگی تعیین شد و با ضرایب بار هم‌ارز آیین‌نامه اشتهو و انستیتو آسفالت مقایسه شد.

نرم افزار D3-Move جهت تحلیل مقاطع روسازی (نازک، متوسط و ضخیم) و در سه سرعت عبوری ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت در پایین لایه آسفالتی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که ضرایب بار هم‌ارز برای محورهای منفرد با چرخ زوج، مستقل از عدد ضخامت روسازی، سرعت وسیله نقلیه و روش بکار رفته در محاسبه این ضریب است. همچنین مشاهده شد که ضرایب بار هم‌ارز محورهای منفرد در روش خرابی حداکثر برای دو روش کرنش و انرژی تلف شده مقادیر تقریباً یکسانی را دارد. در این تحقیق این نتیجه به دست آمد که ضریب بار هم‌ارز محور منفرد با چرخ زوج، کمتر از ضریب بار هم‌ارز محور منفرد با چرخ تک با وزن مشابه است که این مسئله مستلزم توجه بیشتر به این موضوع در آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران است. همچنین ضرایب بار هم‌ارز اشتهو و انستیتو آسفالت در مورد محورهای منفرد با چرخ تک، کمتر از مقادیر تعیین شده در این مطالعه است.

از جنبه مباحث افزودنی در مقوله مخلوط آسفالت (خاوندی، حیدری و دهقانی، ۱۳۹۸) به بررسی اثر افزودنی‌های ضد عریان‌شدگی و نوع مصالح سنگدانه‌ای بر مقاومت مخلوط‌های آسفالتی در برابر آسیب‌های رطوبتی پرداخته و عنوان داشتند که یکی از مشکلات عمده در روسازی به ویژه در مناطق مرطوب، پدیده عریان‌شدگی مخلوط‌های آسفالتی است. در این تحقیق با

تمرکز بر شناسایی نحوه ایجاد پدیده عریان‌شدگی، عوامل دخیل در بروز این خرابی مورد شناسایی قرار گرفته و روش‌های افزایش دوام آسفالت در برابر این خرابی مورد بررسی شده است. در این راستا از فیلر آهکی، آهک هیدراته و نانو مواد زیکوترم به‌عنوان مواد ضد عریان‌شدگی مناسب در مقادیر مختلف استفاده شده و مخلوط‌های بهینه مقاوم در برابر پدیده عریان‌شدگی تهیه شده‌اند. همچنین با توجه به اینکه استان اردبیل تغییرات دمایی بیشتری را نسبت به مناطق معتدل تجربه می‌کند، در این تحقیق این استان به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده و مصالح سنگی از سه معادن A, B و C واقع در این منطقه تهیه و با استفاده از آزمایش ASTM C294 مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین با استفاده از آزمایش کشش غیرمستقیم بر روی نمونه‌های خشک و اشباع مخلوط آسفالتی و طبق استاندارد AASHTO T283 پتانسیل عریان‌شدگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مشخصات مصالح و نیز متنوع بودن مصالح در معادن رودخانه‌ای بر عملکرد مخلوط‌های آسفالتی در برابر رطوبت تأثیر دارد. همچنین طبق نتایج بدست آمده استفاده از ۲ درصد آهک هیدراته، ۴ درصد فیلر سنگ آهک، و یا ۰/۱ درصد وزن قیر از نانو مواد زیکوترم، مقاومت مخلوط آسفالتی مصالح سنگی A و C (مصالح سیلیسی) را در برابر عریان‌شدگی مخلوط آسفالتی به صورت قابل توجهی افزایش می‌دهد، درحالی‌که استفاده از افزودنی‌های منتخب در مخلوط‌های آسفالتی با مصالح سنگی B (مصالح آهکی) تأثیری در افزایش نسبت مقاومت TSR^{۱۸} نمونه‌های آسفالتی ندارد.

از جنبه نقش فیلر و ماسه در مقاومت آسفالت (نجار، حسینی، ۱۳۹۴) مطرح داشتند که آسفالت حاصل از تخریب راه‌های قدیمی که از بافت فرسوده شهری به دست آمده، مشکلات فراوانی را در شهرهای بزرگ به وجود آورده است. مشکلات زیست محیطی که در اثر دفع غیراصولی و غیرفنی این مصالح پدید آمده، توجه پژوهشگران در راستای بازیافت این مواد را به خود جلب کرده است. در این راستا، یکی از تکنولوژی‌های نوینی که پا به عرصه گذاشته، بازیافت آسفالت است. بازیافت آسفالت در مقایسه با تهیه آسفالت جدید ارزانتر تمام می‌شود. بازیافت آسفالت به روش سرد در محل یکی از روش‌های بازیابی آسفالت بوده است. در پژوهش حاضر، بدون استفاده از قیر و یا کف قیر، از مخلوط سیمان، ماسه و فیلر برای باربر کردن آسفالت تراشیده شده استفاده شده است. لایه بازیافت شده به عنوان لایه زیراساس در راه استفاده شده است. علت اصلی استفاده از فیلر، به تراکم رساندن نمونه آسفالتی بوده است.

در حوزه مسایل زیست محیطی آسفالت و نقش توسعه پایدار مخلوط آسفالتی (معرفی، گلی و خوارسگانی، ۱۳۹۵) عنوان

باشد و با عدول از مشخصات فنی، پرداخت وجه بابت آن مجاز نیست. یعنی اولاً در بخشنامه ۷۷۳ سازمان برنامه و بودجه پیش بینی و مجوز ساز و کار تهیه و محاسبات سایر بخش‌های دیگر که در ضابطه ارائه نشده است نیز صادر گردیده و ثانیاً بایستی به صورت رسمی در اسناد مناقصه نیز مندرج گردد که پیمانکار در زمان ارائه پیشنهاد قیمت با اطلاع و اشراف به این امر و ضوابط مربوط به کسر بها نسبت به ارائه پلوس و مینوس در ضریب پیشنهادی خود اقدام نماید.

جهت محاسبه و ارائه ضوابط کسر بهای مربوط به مصالح ماسه آسفالت همچون مورد عینی آن در واقعیت و در زمان اجرای پروژه ابتدا یک طرح اختلاط اولیه جهت تولید و استحصال این محصول تهیه نموده و پس از استخراج پارامترهای آن نسبت به تطابق آن با جداول ۱ تا ۶ و سایر ضوابط مندرج در نشریات ۱۰۱ و ۲۳۴ اقدام نموده و در نهایت بر اساس اصول حاکم بر ضابطه ۷۳۳ و جداول اکسل پیوست به آن نسبت به خروجی جدول ضرایب پرداخت پیشنهادی مصالح ماسه آسفالت اقدام می‌گردد. در آزمایشگاه بر اساس نتایج آزمایشات و تحقیقات صورت گرفته جهت تهیه بهترین طرح اختلاط ماسه آسفالت که در جدول ۷ و نمودار ۱ آورده شده، با توجه به فضای خالی بدست آمده برای ماسه آسفالت، می‌توان از این محدوده دانه‌بندی برای ضابطه ۷۷۳ ماسه آسفالت استفاده نمود. حال با توجه به روند موجود در انتخاب ضریب پرداخت ضابطه ۷۷۳ ابتدا میانگین حسابی داده‌های ورودی را طبق فرمول ۱ حساب کرده و سپس انحراف معیار داده‌ها را مطابق فرمول ۲ بدست آورده و سپس با مشخص بودن حد بالا و پایین پارامترها و با استفاده از فرمول‌های موجود شاخص کیفیت حد بالا و حد پایین را محاسبه کرده و با توجه به تعداد نمونه‌های گرفته شده مقدار P_L و P_U را از جدول ۸ استخراج کرده و مقدار $P_L - 100$ را با توجه به تعداد نمونه‌های گرفته شده ضریب پرداخت را از جدول ۹ بدست می‌آوریم. این روند برای تمامی پارامترها تکرار می‌شود و با توجه به ضریب وزنی هر آئتم ضریب پرداخت کل تعیین می‌شود. در ادامه جهت شفافیت بیشتر بحث یک نمونه مثال عددی ارائه می‌گردد.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n (x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (2)$$

نمودند که ساخت و ساز و تعمیر و نگهداری زیرساخت‌های حمل و نقل نیازمند مقادیر بسیار زیادی از مصرف مواد، انرژی ورودی، و سرمایه گذاری است و این عوامل از علل ایجاد موانع قابل توجهی در ایجاد توسعه پایدار است. اجزای اصلی توسعه پایدار در سیستم‌های روسازی آسفالتی شامل ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌باشد.

در دو دهه گذشته، صنعت روسازی آسفالت از طریق توسعه و به کارگیری فن‌آوری‌های مخلوط آسفالتی گرم واکنش مثبتی نشان داده است. افزایش نگرانی‌های جهانی نسبت به کاهش ذخایر منابع طبیعی و نامناسب‌تر شدن شرایط زیست محیطی برای پایبندی به انقلاب سبز، بسیاری از دفاتر و تا سیسات راه سازی در را بر آن داشته است تا با استفاده از (WMA) در پی استفاده از فناوری‌های مخلوط آسفالت گرم باشند. این فن‌آوری منجر به تولید مخلوط (RAP) و تولید مواد بازیافتی روسازی آسفالت در درجه حرارت کمتر در مقایسه با مخلوط آسفالتی داغ است. مطالعات متعددی بر روی پتانسیل مخلوط آسفالتی گرم از نقطه نظر بهبود عملکرد آسفالت، بهره‌وری و حفاظت از محیط زیست انجام شده است. هدف از این مطالعه مروری به بررسی مزایای مخلوط آسفالتی گرم در مقایسه با آسفالت داغ از نظر خواص مهندسی و توسعه پایدار است.

۳- روش تحقیق

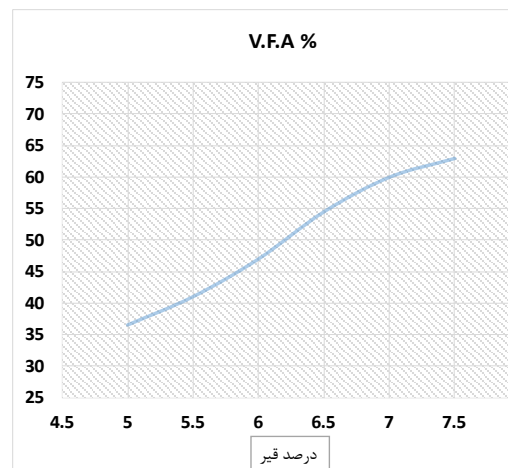
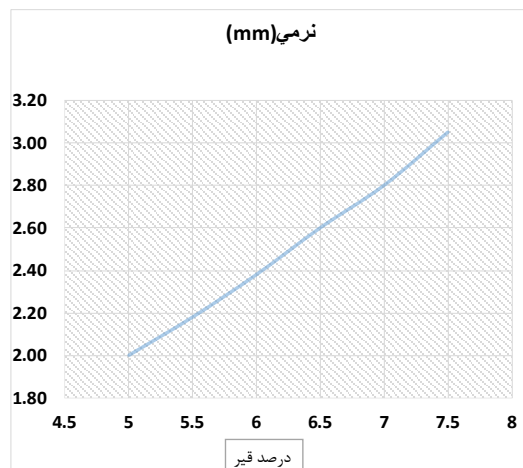
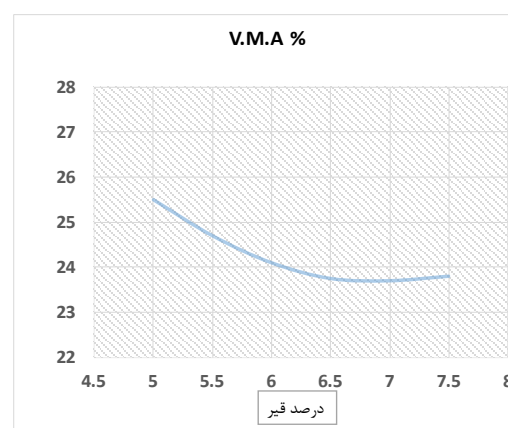
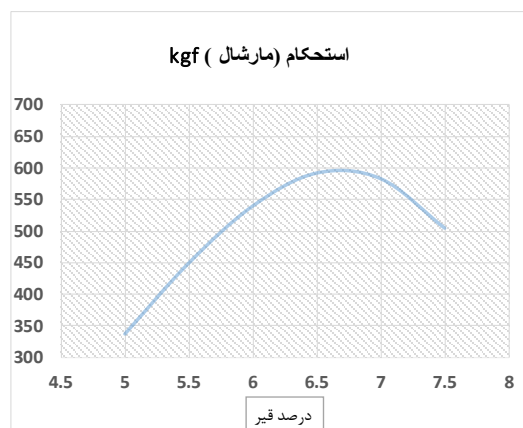
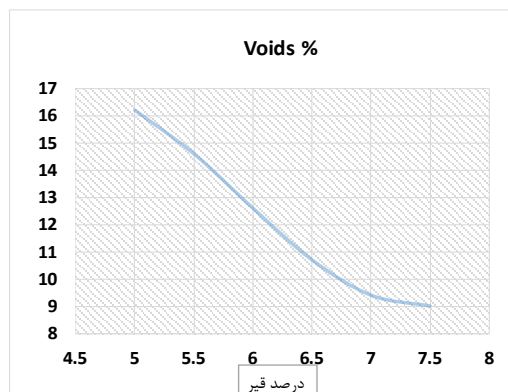
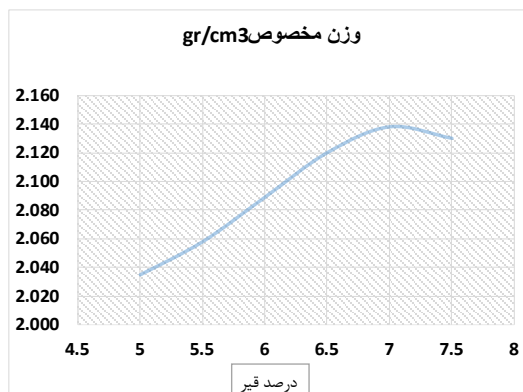
در بند ۱۱-۱ ضابطه ۷۷۳ که مربوط به عملیات متفرقه می‌باشد آمده است که چنانچه دستگاه اجرایی در انجام پروژه، برای عملیات دیگری به جز موارد گفته شده در فصول سوم تا دهم اعمال ضریب پرداخت در نظر داشته باشد، می‌بایست قبل از انعقاد قرارداد و در تنظیم اسناد ارجاع کار، جدول مشخصات فنی، رابطه محاسبه ضریب پرداخت و جدول‌های خلاصه برگه آزمایش‌ها را تهیه و در این فصل منظور کند، عملیاتی که ضریب پرداخت برای آن‌ها محاسبه نمی‌شود ضرورت دارد عملیات اجرا شده به طور کامل با مشخصات فنی پیمان مطابقت داشته

$$Q_u = \frac{USL - \bar{X}}{s} \quad (3)$$

$$Q_l = \frac{\bar{X} - LSL}{s} \quad (4)$$

جدول ۷. چکیده طرح اختلاط آزمایشگاه ماسه آسفالت

قیر			
۱/۰۱۷	وزن مخصوص در C ۲۵	PG۶۴-۱۶	رده بندی قیر
۱۴۴-۱۳۹	محدوده دمای اختلاط C	۱۶۰-۱۵۲	محدوده دمای تراکم C
دانه بندی کارگاهی			
دانه بندی مخلوط مصالح سنگی		نسبت های اختلاط مصالح سنگی %	
درصد رد شده	اندازه الک میلی متر		
۱۰۰	۹/۵۰	۱۱	ماسه درشت
۹۸	(شماره ۴) ۴/۷۵	۸۴	ماسه ریز
۸۹	(شماره ۸) ۲/۳۶	۵	فیلر مصالح سنگی
۵۷	(شماره ۱۶) ۱/۱۸		
۳۵	(شماره ۳۰) ۰/۶		
۲۴	(شماره ۵۰) ۰/۳		
۱۱	(شماره ۱۰۰) ۰/۱۵		
۵/۹	(شماره ۲۰۰) ۰/۰۷۵		
ویژگی های مخلوط مصالح سنگی			
-	شکستگی در یک جبهه %	۲/۵۹۱	وزن مخصوص حقیقی (Gsb)
-	شکستگی در دو جبهه %	۲/۶۱۸	وزن مخصوص مؤثر (Gs)
-	گوشه داری مصالح ریزدانه %	۰/۴۱	درصد جذب قیر (Pba)
مشخصات بهینه مخلوط آسفالتی			
۶/۳۹	قیر مؤثر %	۶/۸	قیر انتخابی %
۰/۹	نسبت فیلر به قیر مؤثر	۲/۱۳۱	چگالی آسفالت متراکم (کیلوگرم بر متر مکعب)
۶۰۰	استحکام مارشال (کیلوگرم)	۲/۳۶۵	حداکثر وزن مخصوص تئوری (Gmm)
۲/۷	روانی (میلی متر)	۹/۸	فضای خالی مخلوط آسفالتی متراکم (۷) %
۰/۹۱	نسبت استحکام مارشال	۲۳/۶	فضای خالی مخلوط مصالح سنگی (VMA) %
۰/۸۲	نسبت مقاومت کششی TSR	۵۹	فضای خالی پر شده با قیر (VFA) %



نمودار ۱. مجموعه منحنی‌های مربوط به کمیت‌های مخلوط ماسه آسفالت ۶-۰ با درصد‌های مختلف قیر

جدول ۸. ضریب پرداخت

	0=۳	0=۴	0=۵	0=۶	0=۷	0=۸	0=۹	0=۱۰-۱۱	0=۱۲-۱۴	0=۱۵-۱۷	0=۱۸-۲۲	0=۲۳-۲۹	0=۳۰-۴۲	0=۴۳-۶۶	0=۶۷-...
ضریب پرداخت	حداقل درصد مورد نیاز کار در محدوده مشخصات برای یک فاکتور پرداخت شده														
گروه	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۵	۱۸	۲۳	۳۰	۴۳	۶۷
II															
۱.۰۵						۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱.۰۴					۱۰۰	۹۹	۹۷	۹۵	۹۶	۹۶	۹۶	۹۷	۹۷	۹۷	۹۷
۱.۰۳				۱۰۰	۹۸	۹۶	۹۴	۹۲	۹۳	۹۳	۹۴	۹۵	۹۵	۹۶	۹۶
۱.۰۲				۹۹	۹۷	۹۴	۹۱	۸۹	۹۰	۹۱	۹۲	۹۳	۹۳	۹۴	۹۴
۱.۰۱	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۸	۹۵	۹۲	۸۹	۸۷	۸۸	۸۹	۹۰	۹۱	۹۲	۹۲	۹۳
۱	۶۹	۷۵	۷۸	۸۰	۸۲	۸۳	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹	۹۰	۹۱	۹۲
۱	۶۶	۷۲	۷۶	۷۸	۸۰	۸۱	۸۲	۸۳	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۹	۹۰	۹۱
۱	۶۴	۷۰	۷۴	۷۶	۷۸	۷۹	۸۰	۸۱	۸۲	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۹۰
۱	۶۳	۶۸	۷۲	۷۴	۷۶	۷۷	۷۸	۷۹	۸۱	۸۲	۸۳	۸۴	۸۶	۸۷	۸۸
۱	۶۱	۶۷	۷۰	۷۲	۷۴	۷۵	۷۶	۷۸	۷۹	۸۱	۸۲	۸۳	۸۴	۸۶	۸۷
۱	۵۹	۶۵	۶۸	۷۱	۷۲	۷۴	۷۵	۷۶	۷۸	۷۹	۸۰	۸۲	۸۳	۸۴	۸۶
۱	۵۸	۶۳	۶۷	۶۹	۷۱	۷۲	۷۳	۷۵	۷۶	۷۸	۷۹	۸۰	۸۲	۸۳	۸۵
۱	۵۷	۶۲	۶۵	۶۷	۶۹	۷۱	۷۲	۷۳	۷۵	۷۶	۷۸	۷۹	۸۰	۸۲	۸۴
۱	۵۵	۶۰	۶۳	۶۶	۶۸	۶۹	۷۰	۷۲	۷۳	۷۵	۷۶	۷۸	۷۹	۸۱	۸۲
۱	۵۴	۵۹	۶۲	۶۴	۶۶	۶۸	۶۹	۷۰	۷۲	۷۴	۷۵	۷۶	۷۸	۷۹	۸۱
۱	۵۳	۵۷	۶۱	۶۳	۶۵	۶۶	۶۷	۶۹	۷۱	۷۲	۷۴	۷۵	۷۷	۷۸	۸۰
۰.۹۹	۵۱	۵۶	۵۹	۶۲	۶۳	۶۵	۶۶	۶۸	۶۹	۷۱	۷۲	۷۴	۷۵	۷۷	۷۹
۰.۹۸	۵۰	۵۵	۵۸	۶۰	۶۲	۶۴	۶۵	۶۶	۶۸	۷۰	۷۱	۷۳	۷۴	۷۶	۷۸
۰.۹۷	۴۹	۵۳	۵۷	۵۹	۶۱	۶۲	۶۳	۶۵	۶۷	۶۸	۷۰	۷۱	۷۳	۷۵	۷۷
۰.۹۶	۴۸	۵۲	۵۵	۵۸	۵۹	۶۱	۶۲	۶۴	۶۶	۶۷	۶۹	۷۰	۷۲	۷۴	۷۶
۰.۹۵	۴۶	۵۱	۵۴	۵۶	۵۸	۶۰	۶۱	۶۲	۶۴	۶۶	۶۷	۶۹	۷۱	۷۲	۷۵
۰.۹۴	۴۵	۴۹	۵۳	۵۵	۵۷	۵۸	۶۰	۶۱	۶۳	۶۵	۶۶	۶۸	۷۰	۷۱	۷۳
۰.۹۳	۴۴	۴۸	۵۱	۵۴	۵۶	۵۷	۵۸	۶۰	۶۲	۶۴	۶۵	۶۷	۶۹	۷۰	۷۲
۰.۹۲	۴۳	۴۷	۵۰	۵۳	۵۴	۵۶	۵۷	۵۹	۶۱	۶۲	۶۴	۶۶	۶۷	۶۹	۷۱
۰.۹۱	۴۱	۴۶	۴۹	۵۱	۵۳	۵۵	۵۶	۵۸	۵۹	۶۱	۶۳	۶۴	۶۶	۶۸	۷۰
۰.۹	۴۰	۴۴	۴۸	۵۰	۵۲	۵۴	۵۵	۵۶	۵۸	۶۰	۶۲	۶۳	۶۵	۶۷	۶۹
۰.۸۹	۳۹	۴۳	۴۶	۴۹	۵۱	۵۲	۵۴	۵۵	۵۷	۵۹	۶۱	۶۲	۶۴	۶۶	۶۸
۰.۸۸	۳۸	۴۲	۴۵	۴۸	۵۰	۵۱	۵۲	۵۴	۵۶	۵۸	۵۹	۶۱	۶۳	۶۵	۶۷
۰.۸۷	۳۶	۴۱	۴۴	۴۶	۴۸	۵۰	۵۱	۵۳	۵۵	۵۷	۵۸	۶۰	۶۲	۶۴	۶۶
۰.۸۶	۳۵	۳۹	۴۳	۴۵	۴۷	۴۹	۵۰	۵۲	۵۴	۵۶	۵۷	۵۹	۶۱	۶۳	۶۵
۰.۸۵	۳۳	۳۸	۴۲	۴۴	۴۶	۴۸	۴۹	۵۱	۵۳	۵۴	۵۶	۵۸	۶۰	۶۲	۶۴
۰.۸۴	۳۲	۳۷	۴۰	۴۳	۴۵	۴۷	۴۸	۴۹	۵۲	۵۳	۵۵	۵۷	۵۹	۶۰	۶۳
۰.۸۳	۳۰	۳۶	۳۹	۴۲	۴۴	۴۵	۴۷	۴۸	۵۰	۵۲	۵۴	۵۶	۵۷	۵۹	۶۲
۰.۸۲	۲۸	۳۴	۳۸	۴۱	۴۳	۴۴	۴۶	۴۷	۴۹	۵۱	۵۳	۵۵	۵۶	۵۸	۶۱
۰.۸۱	۲۷	۳۳	۳۷	۳۹	۴۲	۴۳	۴۵	۴۶	۴۸	۵۰	۵۲	۵۳	۵۵	۵۷	۶۰
۰.۸	۲۵	۳۲	۳۶	۳۸	۴۰	۴۲	۴۳	۴۵	۴۷	۴۹	۵۱	۵۲	۵۴	۵۶	۵۹
۰.۷۹	۲۴	۳۱	۳۴	۳۷	۳۹	۴۱	۴۲	۴۳	۴۶	۴۷	۴۹	۵۱	۵۳	۵۵	۵۸
۰.۷۸	۲۳	۳۰	۳۳	۳۶	۳۸	۳۹	۴۱	۴۲	۴۴	۴۶	۴۸	۵۰	۵۱	۵۴	۵۷
۰.۷۷	۲۲	۲۸	۳۲	۳۵	۳۷	۳۸	۴۰	۴۱	۴۳	۴۵	۴۷	۴۹	۵۰	۵۳	۵۶
۰.۷۶	۲۱	۲۷	۳۱	۳۳	۳۶	۳۷	۳۹	۴۰	۴۲	۴۴	۴۶	۴۷	۴۹	۵۲	۵۵
۰.۷۵	۲۰	۲۶	۳۰	۳۲	۳۴	۳۶	۳۷	۳۹	۴۱	۴۳	۴۵	۴۶	۴۸	۵۱	۵۴
۰.۷۴	۱۹	۲۵	۲۹	۳۱	۳۳	۳۵	۳۶	۳۸	۴۰	۴۲	۴۴	۴۵	۴۷	۵۰	۵۳
۰.۷۳	۱۸	۲۴	۲۸	۳۰	۳۲	۳۴	۳۵	۳۷	۳۹	۴۱	۴۳	۴۴	۴۶	۴۹	۵۲
۰.۷۲	۱۷	۲۳	۲۷	۲۹	۳۱	۳۳	۳۴	۳۶	۳۸	۴۰	۴۲	۴۳	۴۵	۴۸	۵۱
۰.۷۱	۱۶	۲۲	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲	۳۳	۳۵	۳۷	۳۹	۴۱	۴۲	۴۴	۴۷	۵۰
۰.۷	۱۵	۲۱	۲۵	۲۷	۲۹	۳۱	۳۲	۳۴	۳۶	۳۸	۴۰	۴۱	۴۳	۴۶	۴۹
۰.۶۹	۱۴	۲۰	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۱	۳۳	۳۵	۳۷	۳۹	۴۰	۴۲	۴۵	۴۸
۰.۶۸	۱۳	۱۹	۲۳	۲۵	۲۷	۲۹	۳۰	۳۲	۳۴	۳۶	۳۸	۳۹	۴۱	۴۴	۴۷
۰.۶۷	۱۲	۱۸	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۲۹	۳۱	۳۳	۳۵	۳۷	۳۸	۴۰	۴۳	۴۶
۰.۶۶	۱۱	۱۷	۲۱	۲۳	۲۵	۲۷	۲۸	۳۰	۳۲	۳۴	۳۶	۳۷	۳۹	۴۲	۴۵
۰.۶۵	۱۰	۱۶	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۷	۲۹	۳۱	۳۳	۳۵	۳۶	۳۸	۴۱	۴۴
عدم پذیرش	مقادیر کمتر														

مثال: درصد قیر به دست آمده از شیت‌های آزمایشگاهی برابر با ۵/۲۱، ۶/۵۵، ۶/۸۶، ۶/۹۷ با درصد قیر بهینه طرح ۶/۸ می‌باشد در ادامه با توجه به داده‌های موجود به محاسبه ضریب پرداخت PF می‌پردازیم.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{5/21 + 6/55 + 6/86 + 6/95}{4} = 6/4 \quad (5)$$

$$s = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n (x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{4 \sum_{i=1}^4 (5/21^2 + 6/55^2 + 6/86^2 + 6/95^2) - (5/21 + 6/55 + 6/86 + 6/95)^2}{4 \times 3}} = 0/81 \quad (6)$$

$$Q_u = \frac{USL - \bar{X}}{s} = \frac{7.1 - 6.4}{0.81} = 0.87 \quad (7)$$

$$Q_l = \frac{\bar{X} - LSL}{s} = \frac{6.4 - 6.5}{0.81} = -0.13 \quad (8)$$

و با مقدار بدست آمده در جدول ۸ مقدار ضریب پرداخت ۰/۷۴ حاصل می‌شود.

از جدول ۷ مقدار PL و PU به ترتیب برابر با ۴۶ و ۷۹ حاصل می‌شود و سپس مقدار ۱۰۰ - PU + PL = ۲۵ بدست می‌آید

۴- نتایج تحقیق

۲- فضای خالی کافی بوده ولی مقاومت آن کم است، در این صورت درصد شکستگی مصالح سنگی (استفاده از ماسه شکسته) را افزایش می‌دهیم.

۳- فضای خالی زیاد بوده ولی مقاومت کافی باشد، در این صورت با افزایش درصد فیلر در مصالح تا حدودی می‌توان فضای خالی را به حد قابل قبولی رساند.

۴- فضای خالی زیاد بوده ولی مقاومت کم باشد، در این صورت چنانچه با افزایش مقدار فیلر و به حد قابل قبول رساندن فضای خالی آسفالت، مقاومت نیز تأمین شود هدف ما برآورده خواهد شد. ولی اگر مقاومت هنوز کم باشد، باید عیب اصلی را در ماسه مخلوط و دانه‌بندی آن جستجو کرد. معمولاً در این موارد با اصلاح دانه‌بندی از لحاظ پیوستگی یا بالا بردن درصد شکستگی مصالح (استفاده از ماسه شکسته) مقاومت ماسه آسفالت بیشتر می‌شود.

نمودار ۲ مربوط به محدوده پیشنهادی حد بالا و حد پایین و منحنی دانه بندی مصالح ماسه آسفالت و جدول ۱۰ خروجی نهایی محاسبات مربوط به ضریب پرداخت پیشنهادی مصالح ماسه آسفالت می باشد که می‌تواند قابل استناد و بهره برداری در کلیه پروژه‌های راهسازی و راهداری کشور می‌باشد. هر یک از پارامترهای جدول ۱۰ به ترتیب مثال عددی بدست آمده و سپس با توجه به ضریب R که نسبت تعداد آزمایش‌های گرفته شده به تعداد آزمایشات مورد نیاز می‌باشد در ضریب پرداخت و ضریب وزن آیتم ضرب شده و سپس با جمع ضرایب، ضریب پرداخت کل بدست می‌آید که بعنوان ضریب جریمه برای ماسه آسفالت قابل استفاده می‌باشد.

از حیث نتایج کیفی آزمایشگاهی و برای برطرف کردن نقایص ناشی از کم و زیاد بودن فضای خالی و کم بودن مقاومت ماسه آسفالت، نیز چهار حالت به شرح ادامه به دست آمد.

۱- فضای خالی کم بوده ولی مقاومت رضایت‌بخش باشد، در این صورت فیلر مصالح یا درصد قیر را کاهش می‌دهیم یا مصالح سنگی درشت‌دانه (ماسه درشت) را افزایش می‌دهیم.

جدول ۱۰. مشخصات فنی جهت ضریب پرداخت عملیات ماسه آسفالت

موضوع عملیات	مشخصه ها	مقادیر مجاز		تواتر	وزن ()	ضریب پرداخت هر مشخصه ()	ضریب پرداخت ترکیبی = () () * () * ()	
		□ □ □	□ □ □					
ماسه آسفالت غیر باربر	دانه بندی	بزرگترین الک	۱۰۰	۱۰۰	حدافل روزانه ۲ نمونه در صورت تولید زیاد هر ۳۵۰ تن یک نمونه	۰.۱۵	□ ۱	□ □ □ _۱
		الک ۳/۸ اینچ	۱۰۰	۱۰۰				□ □ □ _۲
		الک ۴	۸۰	۱۰۰				□ □ □ _۳
		الک ۸	۶۵	۱۰۰				□ □ □ _۴
		الک ۱۶	۴۰	۸۰				□ □ □ _۵
		الک ۳۰	۲۵	۶۵				□ □ □ _۶
		الک ۵۰	۷	۴۰				□ □ □ _۷
		الک ۱۰۰	۳	۲۰				□ □ □ _۸
		الک ۲۰۰	۲	۱۰				□ □ □ _۹
	مقدار قیر	۰/۳ + قیر بهینه	۰/۳ - قیر بهینه	□ □ □ _{۱۰}	۰.۳	□ ۲		
	استحکام	-	۱۸۰	□ □ □ _{۱۱}	۰.۱	□ ۳		
	نرمی	۵	۲	□ □ □ _{۱۲}	۰.۱	□ ۴		
	درصد فضای خالی	۱۸	۳	□ □ □ _{۱۳}	۰.۲	□ ۵		
	مقاومت کششی نمونه اشباع به خشک	-	۷۵	□ □ □ _{۱۴}	۰.۱۵	□ ۶		
						$\sum (w) * (z) * (R)$ ضریب پرداخت عملیات ماسه آسفالت غیر باربر Pf_a		

۵- نتیجه گیری

معیارهای رعایت نشده شیت‌های آزمایشگاهی با صورت کارکردهای پروژه‌های عمرانی و ریالی نمودن این نواقص جهت انطباق‌پذیری و هم پوشانی با مباحث هزینه - عملکرد باشیم. امید است با تعریف و عملیاتی نمودن این ضوابط ضمن سوق دادن پیمانکاران به ارائه محصول با کیفیت‌تر، شاهد افزایش عمر مفید پروژه‌های عمرانی، همزمان با ارتقا سطح کیفی و ایمنی جاده‌های کشور باشیم.

آنچه که در مطالعه بالا در قالب مثال، استدالات فنی، الزامات آئین نامه ایی، محاسبات، نمودار و جداول کنترلی ارائه گردید، اولین تلاش در سطح کشور برای دستیابی به یک شاخص ارزیابی کیفی و کنترل حدود رواداری مشخصات فنی نشریه ۱۰۱ جهت عملیات ماسه آسفالت اجرا شده می‌باشد که از آن به عنوان جرایم آزمایشگاهی در بین جامعه پیمانکاری یاد می‌گردد تا مرتفع‌کننده نیازها و کمبودهای درک شده موجود جهت ارتباط دادن بین

۶- پی‌نوشت‌ها

1. Reclaimed Asphalt Pavement
2. Natural Desert Sand
3. Manufactured Crushed Sand
4. Hot Mix Asphalt
5. Index of Aggregate Particle Shape and Texture
6. Low Volume Roads
7. Scanning Electron Microscope
8. Dynamic Shear Rheometer
9. Vesys Electrical Is a Suite of Cable and Harness Design Software Tools to Meet the Demanding Needs of Businesses with Ease of Use and Value Is Important
10. Natural Sand Content
11. Asphalt Concrete
12. Superpave
13. Rutting Analyzer
14. Complex modulus
15. Artificial Neural Network
16. Pavement Condition Index
17. Multi-Layer Perceptron Neural Network
18. Tensile Strength Rati

۷- مراجع

پیشنهادی در آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران، فصلنامه مهندسی حمل و نقل. دوره ۱۰، دوره ۵، شماره ۳، پیاپی ۳، فروردین، ۳۶۶-۳۴۷.

-قاسم زاده، حسین و جعفرنژاد. میلاد (۱۳۹۶). پیش‌بینی عملکرد روسازی با تلفیق مدل خانواده و شبکه عصبی. فصلنامه مهندسی حمل و نقل. دوره ۹، ویژه‌نامه روسازی، پیاپی ۳۵. بهمن، ۱۲-۱.

-معرفی، ثنا، پاک شیر، امیرحسین، گلی و خوارسگانی. احمد (۱۳۹۵). بررسی تاثیر افزودنی نیمه گرم بر عملکرد روسازی انعطاف پذیر بر روی بسترهای مختلف بر پایه نتایج مدلسازی عددی. ششمین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار و عمران شهری. تهران. ۱۸ آذر، صفحه ۲۴۱-۲۵۲.

-تاج‌دینی، میلاد، رضایی ارجودی، عبدالرضا، ماهپور، علیرضا (۱۳۹۸). بررسی پارامترهای مقاومت برشی ماسه و آسفالت در المان سطح تماس. پژوهشنامه علمی حمل و نقل، سال شانزدهم، پیاپی ۵۹، تابستان، صفحه ۱۸۹-۱۹۸.

-خاوندی، علیرضا، حیدری، محبوب و دهقانی، احمد (۱۳۹۸). بررسی اثر افزودنی‌های ضد عریان شدگی و نوع مصالح سنگدانه‌ای بر مقاومت مخلوط‌های آسفالتی در برابر آسیب‌های رطوبتی. فصلنامه مهندسی حمل و نقل. دوره ۱۰، شماره ۴، پیاپی ۴۱، تیر ۸۶۶-۸۵۱.

-فخری، منصور، دولتعلی‌زاده، مریم و غنی‌زاده. علیرضا (۱۳۹۲). ارزیابی ضرایب بار هم ارز محوری بر اساس معیار خستگی لایه آسفالتی با استفاده از روش انرژی تلف‌شده و مقایسه با ضرایب

شهرسازی، تهران، مرکز همایش‌های بین‌المللی صدا و سیما، پاییز.

-نجمار، شیما و حسینی، سید عباس (۱۳۹۴). ارزیابی مقاومتی آسفالت بازیافتی با استفاده از مخلوط سیمان، ماسه و فیلر. کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در عمران و معماری و

-J. E. Fitzgerald and J. Vakili, (1973). Nonlinear Characterization of Sand-asphalt Concrete by Means of Permanent-memory Norms. *Experimental Mechanics*. Vol. 13, No. 12, Dec. 504-510.

-L.R. Kasula, J. M. Krishnan, K.R. Rajagopal, D.N. Little, (2005). Normal Stress and Stress Relaxation Data for Sand Asphalt Undergoing Torsional Flow. *Mechanics Research Communications* 32, 43–52.

-S. Sarajpoor, A. Ghalandarzadeh, A. Kavand, (2021). Dynamic Behavior of Sand-Bitumen Mixtures Using Large-Size Dynamic Hollow Cylinder Tests. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 147, 106801.

-Z. Zhao, S. Wu, Q. Liu, J. Xie, C. Yang, P. Wan, S. Guo, W. Ma, (2021). Characteristics of Calcareous Sand Filler and Its Influence On Physical and Rheological Properties of Asphalt Mastic. *Construction and Building Materials* 301, 124112.

-A.H. Albayati, H. Abdulsattar, (2020). Performance Evaluation of Asphalt Concrete Mixes Under Varying Replacement Percentages of Natural Sand. *Results in Engineering* 7, 100131.

-D. Feng, J. Cao, L. Gao, J. Yi, (2022). Recent Developments in Asphalt-Aggregate Separation Technology for Reclaimed Asphalt Pavement. *Journal of Road Engineering* 2, 332–347.

-F.S. Almadwi, G. J. Assaf, (2019). Effects of Asphalt Binders on Pavement Mixtures Using an Optimal Balance of Desert Sand. *Construction and Building Materials* 220, 415–425.

-F.S. Almadwi, G. J. Assaf, (2020). Determination of The Permanent Deformation of Hot Mix Asphalt with Natural Desert Sand. *Construction and Building Materials*. Accepted 5 October.

Presenting Proposed Criteria for Laboratory Tests and Penalties for Asphalt Sand Materials in Accordance with Circular 773 for Application in Road Construction and Maintenance Projects

*Mohammad Ali Taghizadeh, M.Sc., Grad., Civil Engineering Department,
Besat University of Kerman, Kerman, Iran.*

*Aref Saneai, M.Sc., Grad., Civil Engineering Department,
Besat University of Kerman, Kerman, Iran.*

*Mohammad Reza Zaraati, M.Sc., Grad., Civil Engineering Department,
Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.*

*Navid Nadimi, Associate Professor, Civil Engineering Department,
Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.*

E-mail: MohammadAli.Taghizadeh@iau.ac.ir

Received: September 2025- Accepted: February 2026

ABSTRACT

Looking at the guidelines for evaluating the quality and technical specifications of implemented operations issued by the national planning and budget organization in 2019 under the title of criterion 773 and the tables attached to it, it is clear that the asphalt sand item, despite having the highest unit price in the price index of roads and airport runways, and especially road maintenance, compared to other asphalt concrete items such as binder and topcoat, and despite having various acceptance criteria and characteristics (such as grain size, bitumen percentage, strength, fracture, percentage of void space, filler to effective bitumen ratio, and density), unfortunately lacks any control and evaluation criteria. Given the need to increase the quality level of roads, improve safety performance, and ensure maximum government benefits in comparison with the limited budget allocation for construction projects, the need to define and predict control criteria and payment coefficients in this area is inevitable. Therefore, in this regard, an attempt has been made to compensate for this lack of a circular in the current research, while citing the criteria contained in the regulations and publications governing the country's technical and administrative system and adapting it to the theoretical policy and calculation method of the tables of publication 773, and to obtain as many grounds and prerequisites as possible to increase the efficiency and effectiveness in improvements and improve the lifespan of repairs of damages and the relative welfare of the consumer community from the country's roads. It should be noted that the proposal to design and present the payment coefficient and control penalties for asphalt sand, taking into account its sensitivity and importance on the one hand and the absence of such a criterion in the country so far, is presented for the first time at the level of the technical and administrative system.

Keywords: Asphalt Sand, Regulation 773, Road and Airport Runway Price List, Road Management Price List, Publication 101