بررسی مشخصات و ویژگی‌های آسفالت رنگی

ابراهیم میرزایی، گروه مهندسی عمران، واحد قاینات، دانشگاه آزاد اسلامی، قاینات، ایران
سیدمحمد قائمی، گروه مهندسی عمران، واحد قاینات، دانشگاه آزاد اسلامی، قاینات، ایران
علی اکبری‌مطلق، گروه مهندسی عمران، واحد قاینات، دانشگاه آزاد اسلامی، قاینات، ایران
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: aliam394@gmail.com

دریافت: 1396/03/18 – پذیرش: 1396/06/15

چکیده

نصب علائم و هشدارهای مؤثر از جمله ضرورت‌های ایمنی راه است که به منظور بهره‌وری مناسب از راه‌های موجود هر کشور، استفاده می‌شود. از این‌رو آسفالت رنگی می‌تواند نقش عمده‌ای در انتقال این علائم و هشدارها بازی کند. در بعضی از موارد بر روی آسفالت سیاه معمولی، لایه‌ای از رنگ پلیمری کشیده می‌شود که به مرور زمان و باتوجه به گرمی هوا و تردد وسایل نقلیه، لایه رنگ از آسفالت جدا می‌شود. بنابراین استفاده از رنگدانه‌هایی که در لابه‌لای قیر و مصالح آسفالت می‌نشینند، می‌توانند آسفالتی رنگی و مقاوم را با هزینه نگهداری کم برای استفاده در راه‌ها و جاده‌ها تولید نماید. در این تحقیق به معرفی مصالح مصرفی در آسفالت رنگی و مشخصات فنی آنها و ساخت نمونه آزمایشگاهی آسفالت رنگی قرمز با درصدهای مختلف اختلاط رنگدانه و مقایسه نتایج آزمایشگاهی آن پرداخته شد. در انتها نیز مباحث اقتصادی آسفالت رنگی در روسازی راه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: آسفالت رنگی، رنگدانه، روسازی، ایمنی راه‌ها

1-مقدمه

حمل و نقل یکی از پایه‌های اصلی توسعه پایدار و متوازن در جوامع بشری محسوب می‌شود و با مقوله‌های مهمی چون اقتصاد، امنیت و عدالت اجتماعی ارتباط تنگاتنگی دارد. اصولاً راه‌ها به عنوان شاهرگ حیاتی یک جامعه تلقی می‌شوند که در صورت عدم ارتباط آن‌ها با هم، حیات و توسعه اقتصادی و اجتماعی جامعه مختل خواهد شد. روسازی جاده‌ها نیز جزء سرمایه‌های ملی کشورها محسوب می‌شود و هر ساله بخشی از بودجه‌های عمرانی را به خود اختصاص می‌دهد که صرف ترمیم، بهسازی، حفظ و نگهداری آن‌ها می‌شود. تأمین اعتبار کافی برای این منظور چالشی است که مدیران عالی (تصمیم‌گیران) همواره با آن مواجه هستند. با افزایش رشد ترافیک و با در نظر گرفتن عملکرد دقیق سازه‌ای، باید در اندیشه راهکارهای جدید بود. لایه‌های بالایی روسازی که تحت تنش‌ها و کرنش‌های زیادتر قرار می‌گیرند، باید از نظر دوام و پایایی ارتقاء فنی داشته باشند. با توجه به این که بودجه‌های راهسازی کم و ذخایر و معادن طبیعی کمیاب و در نتیجه گرانتر می‌شوند، راهکارها و رویکردهای آتی به پروسه‌های بازیافت، استفاده از افزودنی‌های مختلف، روسازی مرغوب و لایه‌های آسفالتی کمتر ختم می‌شود. (مرکز تحقیقات قیر و مخلوط‌های آسفالتی، 1394).

2- آسفالت رنگی

آسفالت گرم، مخلوطی از مصالح سنگی است که در کارخانه آسفالت حرارت داده شده و با قیر گرم در درجه حرارت‌های معین، مخلوط و به همان صورت گرم برای مصرف در راه، حمل، پخش و کوبیده می‌شود. انواع آسفالت

گرم مصرفی در قشرهای روسازی راه به شرح زیر است : آسفالت رویه (توپکا)، آسفالت آستر (بیندر)، اساس قیری، ماسه آسفالت (نشریه 234، 1390).

از جمله عواملی که سبب افزایش تصادفات، کاهش ایمنی و در پی آن افزایش زمان سفر کاربران راه می‌گردد، عدم وجود مکان‌های مشخص جهت پیاده‌رو و سوار کردن عابرین پیاده است که علاوه بر بروز اختلالات در ترافیک، بعضاً سبب وقوع تصادف‌های نابهنگام می‌شود که این حالت سبب به وجود آوردن صف‌های طولانی و افزایش قابل توجه زمان سفر می‌شود؛ این ضعف را می‌توان با مشخص کردن مکان‌های مختلف به کمک پوشش‌های رنگی، برطرف نمود (Roess et al., 2004).

در بعضی از موارد ابتدا آسفالت سیاه معمولی پخش و کوبیده می‌شود؛ سپس با استفاده از مواد پلیمری رنگی روی سطح آسفالت را رنگ می‌کنند. از معایب این روش جدا شدن لایه رنگ از آسفالت به سبب گرمای سطح آسفالت می‌باشد. اما در آسفالت رنگی، رنگدانه‌ها در لابه‌لای ذرات قیر قرار گرفته و مانع سیاهی یکدست سطح جاده‌ها شده و ما را از قوطی‌های رنگ، ماشین‌های رنگ پاش و رنگ کاری چند باره آسفالت خیابان‌ها و جاده‌ها بی‌نیاز می‌کند. رنگدانه‌ها یکی از روش‌های رنگ کردن آسفالت و در واقع بهترین روش آن می‌باشد. رنگدانه‌های معدنی مانند اکسید آهن قرمز و اکسید کروم سبز – پایدار در برابر حرارت و با ثبات رنگی بالا – از رایج‌ترین رنگدانه‌های مصرفی می‌باشند. مواد رنگی استفاده شده در آسفالت رابطه مستقیم با رنگ قیر دارد و از آنجایی که در ایران از قیر سیاه استفاده می‌شود، تنها رنگدانه مورد استفاده رنگ قرمز است.

از مهم‌ترین مزایای آسفالت رنگی مقاومت بسیار بالای آن در برابر نور خورشید می‌باشد. این آسفالت، در مقابل گرما و تردد وسایل نقلیه (سبک و سنگین) مقاوم بوده و به مرور زمان از کیفیت آن نیز کاسته نمی‌شود. (شرکت رنگچی شیمی)

آسفالت رنگی از جهات گوناگونی از جمله موارد زیست‌محیطی، منظر زیبایی و ترافیکی بر آسفالت‌های معمولی ارجحیت دارد. برای مشخص کردن محل عبور عابران پیاده، مشخص کردن بخش‌های مختلف بزرگراه‌ها، داخل تونل‌ها، ورودی‌های فرعی به اصلی، سطح سرعت‌گیرها ، مشخص کردن مسیر ویژه دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی، محوطه‌های ورزشی و ... می‌توان از آسفالت رنگی به جای رنگ کردن سطح آسفالت استفاده کرد. ولی از معایب اصلی آسفالت رنگی در ایران، هزینه بالای تهیه رنگدانه است. از آنجا که رنگدانه در ایران تولید نمی‌شود و به صورت وارداتی می‌باشد، هزینه تهیه آن زیاد است. در این مقاله به مشخصات و هزینه‌های تمام شده تهیه و ساخت آسفالت رنگی پرداخته شده است.

3-پیشینه تحقیق

تولایی و حاجی زمانی به طور مختصر به بررسی تغییرات رنگ سطح روسازی در دوره‌های زمانی گوناگون و میزان‌های متفاوت از رنگ پرداخته‌اند. آنها نمونه‌ها را در دو فضای مختلف آزمایشگاهی اسپری کرده و در معرض نور ماورای بنفش قرار دادند و تصاویر آنها را با دوربین دیجیتالی برای رسم نمودار شدت، رنگ و درجه اشباع نمونه‌ها تهیه کردند. آسفالت معمولی در تحقیق آنها از مخلوط قیر، چسب، روغن و مصالح قطبی در یک کارخانه آسفالت در کشور تایوان تولید شده است. با حرارت دادن آسفالت معمولی در گرمکن تا 160 درجه سانتیگراد و سپس مخلوط کردن آن با رنگ قرمز و سبز در نسبت‌های متفاوت، آسفالت رنگی مورد نیاز برای این تحقیق تهیه شده است. از نمونه‌ها توسط یک دوربین دیجیتالی در دوره‌های زمانی 0 ، 6 ، 12 ، 24 و 48 ساعت عکسبرداری می‌شود. سپس بر اساس عکس‌ها، نمودارهایی از درصد رنگ، رابطه آن با شدت و درجه اشباع و میزان رنگ رسم شد. در انتها نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که: 1- شدت رنگ با افزایش میزان نور ماورا بنفش در میزان‌های متفاوت رنگ، افزایش می‌یابد. 2- زمانیکه در مواد تشکیل دهنده رنگ، میزان رنگ سبز از 5٪ بیشتر باشد، توزیع شدت رنگ‌های قرمز، سبز و آبی کمتر تغییر می‌کند. 3- رنگ قرمز زمانیکه به میزان‌های مختلف در آزمایش (تابش اشعه ماورای بنفش) اسپری می‌شود، مقاومت بهتری در مقابل محو شدن نسبت به رنگ سبز در آسفالت رنگی نشان می‌دهد (تولایی و حاجی‌زمانی، 1390).

نتایج تحقیقات غلامی نشان می‌دهد که آسفالت رنگی باعث افزایش آگاهی راننده و درک محدوده‌های خطر از طریق اعلام هشدارهای بصری می‌شود که نتیجه آن

هوشیاری و عکس‌العمل رانندگان در پیمودن مسیرهای یکنواخت و محدوده‌های خطر است. این امر علاوه بر افزایش ایمنی مسیر، سبب کاهش میزان تصادفات می‌گردد. همچنین آسفالت رنگی می‌تواند جایگزین بسیار مناسبی برای تابلوهای اعلان خطر باشد؛ به گونه‌ای که با استفاده از این فناوری علاوه بر حذف برخی از علائم راهنمایی و رانندگی، می‌توان جلوه خاصی به فضای شهری داد. با بهره‌گیری از این فناوری در ورودی و خروجی تونل‌ها، محدوده پیچ‌های حادثه‌خیز، محل ایست در تقاطع بین مسیر اصلی و فرعی و ...، می‌توان به طور محسوسی ایمنی سفر را برای استفاده کاربران در این مناطق افزایش داد. (غلامی و یاری‌نیک، 1391).

نتایج آزمایشات نادی نشان می‌دهد که عمر مفید آسفالت رنگی در روکش معابر شهری، از جمله معابر منطقه 11 مشهد مقدس، به دلیل کاهش مصرف قیر، نسبت به آسفالت‌های معمولی بیشتر می‌باشد و از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه بوده و می‌تواند بخش قابل توجهی از هزینه‌های مربوط به آسفالت معابر را کاهش دهد. همچنین آسفالت رنگی به کاهش معضلات زیست‌محیطی نیز کمک نموده و علاوه بر زیباسازی منظر شهری و افزایش امنیت عابرین و رانندگان وسایل نقلیه، موجبات آسایش استفاده‌کنندگان از این معابر را فراهم می‌کند. (نادی و همکاران، 1393).

آندو و همکاران با انجام تحقیقی در شهر تویوتا در کشور ژاپن، براساس تعداد خودرو، دوچرخه و عابر پیاده، به این نتیجه رسیدند که روسازی رنگی مانند هشداری است که استفاده کنندگان از راه مخصوصاً رانندگان را متوجه خود می‌سازد. همچنین در این تحقیق نتیجه گرفتند که روسازی رنگی باعث کاهش سرعت خودروها و در نتیجه افزایش ایمنی تقاطع‌ها می‌شود. این نوع آسفالت را می‌توان در رنگ‌ها، طرح‌ها و اندازه‌های مختلف بسته به محل استفاده، اجرا کرد.(Ando et al., 2011).

4- مصالح مصرفی

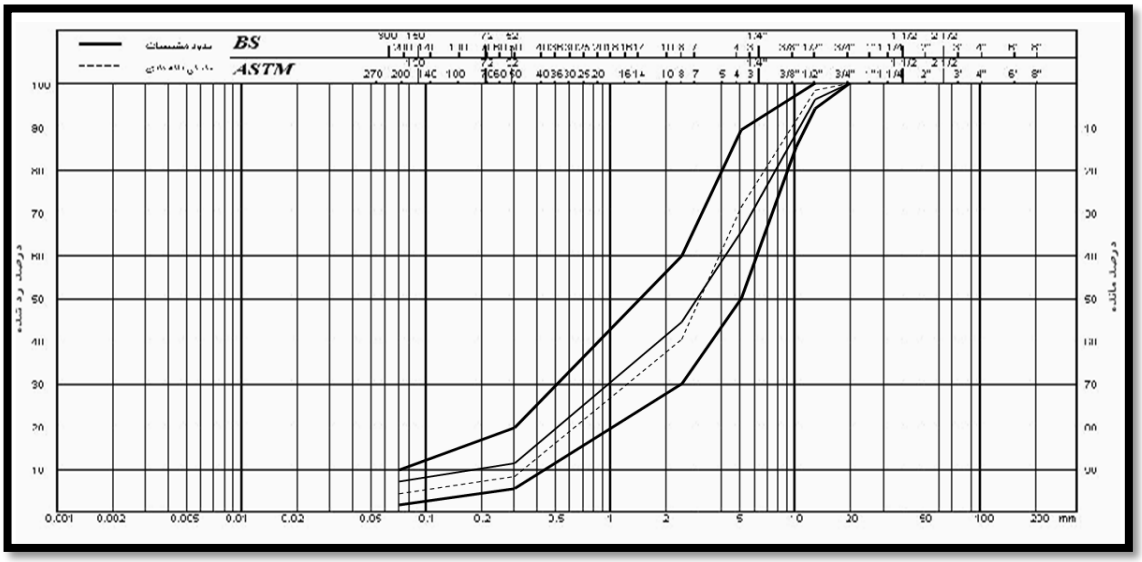
مصالح به کار رفته در این تحقیق عبارتند از : یک نوع مصالح سنگی (آهکی) که بدلیل استفاده در لایه توپکا با دانه‌بندی پیوسته با حداکثر اندازه 19 میلیمتر می‌باشد؛ قیر خالص(70-60)؛ مواد رنگدانه که به صورت پودری بوده و در بسته‌های 25 کیلویی از کشور آلمان وارد می‌شود (شرکت رنگچی شیمی).

شکل (1) نمودار منحنی دانه‌بندی مصالح و جداول (1)، (2) و (3) به ترتیب خصوصیات مصالح سنگی، مواد رنگدانه و قیر را نشان می‌دهد.

قابل ذکر است که مقاومت حرارتی رنگدانه‌هایی مانند اکسید آهن قرمز، اکسید کروم سبز و دی اکسید تیتانیوم برای تولید مخلوط آسفالت رنگی در مصارف راهسازی مناسب است. در مجموع، اکسید آهن سنتزی قرمز با قدرت رنگ دهی بالا، برای مخلوط‌های قیری معمولی سیاه‌رنگ مناسب‌ترین رنگدانه‌ها می‌باشد؛ اما تغییر رنگ طبیعی قیر سیاه توسط سایر رنگدانه‌ها مانند اکسید کروم سبز مناسب نیست. همچنین رنگ‌هایی به غیر از قرمز را به راحتی نمی‌توان در قیرهای سیاه رنگ بوجود آورد و لازم است از سنگدانه‌های رنگی در تولید مخلوط آسفالت استفاده کرد.

4-1- خصوصیات فیزیکی رنگدانه‌ها

رنگدانه‌ها از نظر فیزیکی به چهار شکل وجود دارند : 1- فشرده (compact) 2- پودری (powder) 3- گرانول (granules) 4- دوغاب (slurry).



** حدود مشخصات ▬▬▬ فرمول کارگاهی _____ منحنی حاصل از نسبت‌های اختلاط ----------

شکل 1. نمودار دانه‌بندی مصالح سنگی لایه توپکا

جدول1. نتایج آزمایش‌های مرغوبیت مصالح سنگی

مشخصه		نتایج آزمایش		
		درشت دانه	ماسه	فیلر
ارزش ماسه‌ای بین سرد (AASHTO T176)		–	70 (بین سرد)	–
درصد افت وزنی در مقابل سایش به روش لوس آنجلس (AASHTO T96)	نوع دانه بندی	C	–	–
	تعداد دور	500	–	–
	درصد سایش	22	–	–
حدود اتربرگ (AASHTO T89,90)	دامنه خمیری(PI)	-	NP	NP
	حد خمیری(PL)	–	–	–
	حد روانی (LL)	-	غیرقابل تعیین	غیرقابل تعیین
درصد شکستگی مصالح سنگی روی الک شماره 4 (ASTM_D5821)	در یک جبهه	99	–	–
	در دو جبهه	97	–	–
درصد سنگدانه‌های پهن و دراز(ASTM_D4791)		3	–	–
درصد افت وزنی در مقابل سولفات سدیم (AASHTO T104)	ریز دانه	–	0	–
	درشت دانه	1	–	–
اثر آب جوش روی مصالح سنگی اندود شده با قیر (ASTM_D3625)		درصد چسبندگی قیر به مصالح سنگی بیش از 95 است.		

جدول2. مشخصات رنگدانه‌های اکسید آهن

رنگ	درصد باقیمانده روی الک شماره 0.045 (٪max)	مقدار PH (محدوده)	جذب آب/روغن (٪)(approx.)	اتلاف انرژی در 1000 درجه سانتی‌گراد در نیم ساعت (٪max)	رطوبت در 105 درجه سانتی‌گراد (٪max)	نمک حل شده در آب (٪max)	مگنتیک یا اکسید آهن (٪min)
قرمز	0/3	3/5-7	25	5	1	1	94
زرد	0/3	3-6	40	14	1	0/5	86
سیاه	0/3	5-8	-	-	1	0/5	95
قهوه ای	0/5	3/5-7	30	-	1	0/5	85

جدول3. نتایج آزمایش‌های قیرهای خالص(70-60)

ردیف	آزمایشات قیرهای خالص	روش آزمایش		نتایج	مشخصات استانداردطبق استاندارد AASHTO M20	
		ASTM	AASHTO		حداقل	حداکثر
1	وزن قیر در 25 °C	D70	T228	1.014	-	-
2	درجه نفوذ در 25°C(100 گرم-5 ثانیه) بر حسب 0.1 میلیمتر	D5	T49	65	60	70
3	نقطه نرمی (ساچمه- حلقه) بر حسب سانتیگراد	D36	T53	51.1	49	56
4	مقدار کشش در 25 °C بر حسب سانتیمتر	D113	T51	1000	>100	-
5	حلالیت در تری کلرواتین بر حسب درصد	D2042	T44	-	99	-
6	درجه اشتعال (روباز – کلولند) بر حسب درجه سانتیگراد	D92	T48	318	232	-
7	ویسکوزیته کنوماتیک در 120 °C (سانتی استکس)	D2170	T201	940	-	-
8	ویسکوزیته کنوماتیک در 135 °C (سانتی استکس)	D2170	T201	438		-
9	ویسکوزیته کنوماتیک در 160 °C (سانتی استکس)	D2170	T201	150	-	-
10	لعاب نازک قیر (163 درجه سانتی گراد –پنج ساعت)	D1754	T179	-	-	-
	افت حرارتی –درصد	-	-	+0.07	-	0.8
11	درجه نفوذ بعد از آزمایش افت حرارتی بر حسب 0.1 میلیمتر	-	-	44	-	
12	نسبت درصد درجه نفوذ بعد از آزمایش به درجه نفوذ اولیه	-	-	67.7	54	-
13	مقدار کشش قیر بعد از آزمایش افت حرارتی در 25 °C بر حسب سانتیگراد	-	-	+50	50	-
	حساسیت حرارتی قیر	-	-	-	-	-
14	PI – (بر حسب درجه نفوذ در 25 °C و نقطه‌نرمی قیر)	-	-	-0.29	-	-
15	PVN (25-135) – (بر حسب درجه نفوذ در 25 °C و غلظت بر حسب سانتی استکس در 135 °C)	-	-	-0.56	-	-
16	PVN (25-60) –(بر حسب درجه نفوذ در 25 °C و غلظت بر حسب یو آز در 60 °C)	-	-	-	-	-

شکل 2. نمونه‌های آسفالت رنگی ساخته شده

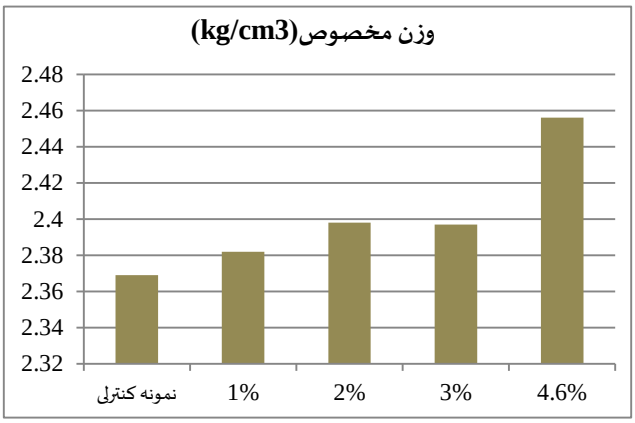
جدول4. مشخصات طرح آسفالت جاده‌ای

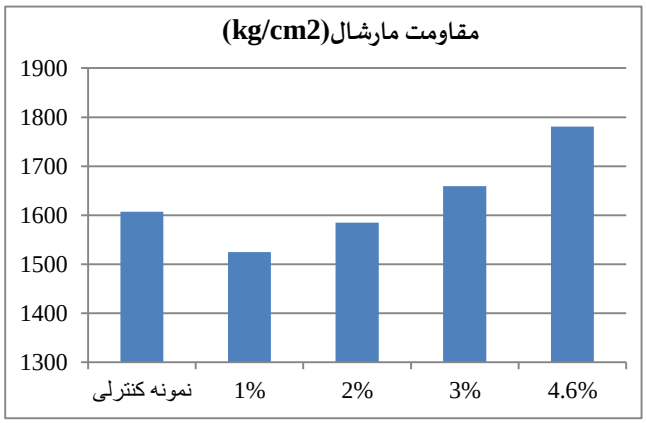
ماسه	نخودی	بادامی	فیلر	قیر
٪ 68	٪ 22	٪ 7	٪ 3	٪ 4/6

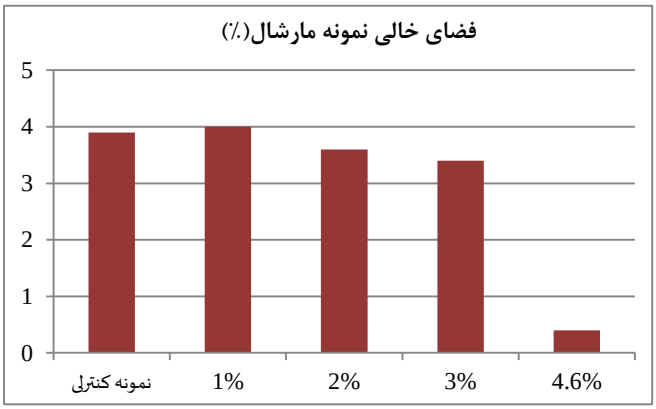
درصد قیر جذب شده	وزن مخصوص قیر	وزن مخصوص حقیقی مصالح
0/24	1/014	2/643

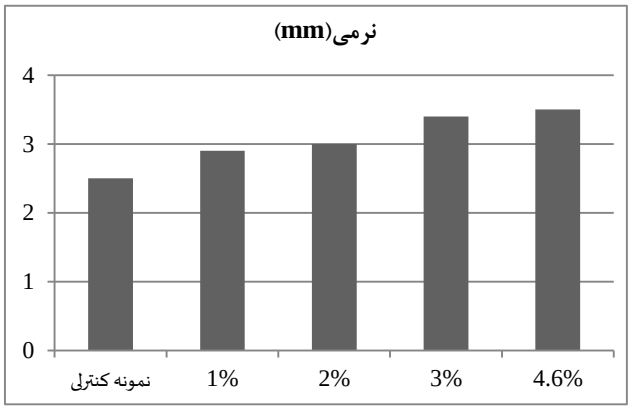
جدول5. نتایج آزمایشات

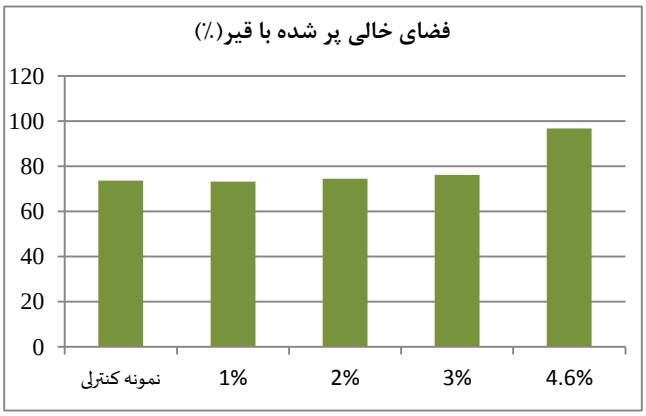
نوع نمونه	درصد رنگدانه در مخلوط	وزن مخصوص	نتایج مارشال				
			مقاومت مارشال	نرمی	VOID	VMA	VFA
کنترلی (بدون رنگدانه)	**0**	**2.369**	**1607**	**2.5**	**3.9**	**14.7**	**73.6**
رنگدانه قرمز	**1**	**2.382**	**1525**	**2.9**	**4**	**14.9**	**73.2**
	2	**2.398**	**1585**	**3**	**3.6**	**14.4**	**74.4**
	3	**2.397**	**1659**	**3.4**	**3.4**	**14.4**	**76.2**
	4.6	**2.456**	**1781**	**3.5**	**0.4**	**11.6**	**96.7**

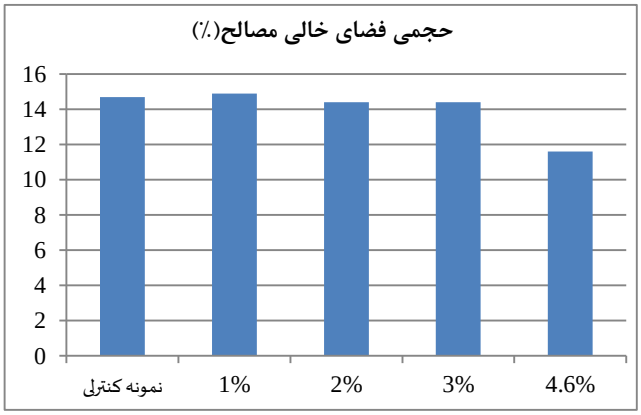












شکل 3. نتایج آزمایشات انجام شده

جدول6. نمونه اصلاح شده و پیشنهادی آسفالت رنگی

ماسه	نخودی	بادامی	فیلر	قیر	رنگدانه
٪ 68	٪ 22	٪ 7	0	٪ 4/6	٪ 4/6

5- شرح آزمایش

در این تحقیق جهت ساخت نمونه‌های مختلف از روش طرح مارشال مطابق استاندارد ASTM D1559 استفاده شده است. با توجه به طرح آسفالت ارائه شده (جدول 4)، مقدار بهینه قیر مصرفی برابر 4/6 درصد بدست آمد. با مرور سابقه تحقیق، از رنگدانه به میزان (1،2،3و4/6) درصد وزن کل مخلوط آسفالتی استفاده شده است تا بتوان بهترین نتایج که در واقع نزدیک‌ترین نتایج به نمونه کنترلی می‌باشد، را در واحد آزمایشگاهی بدست آورد (آزمایشگاه فنی مکانیک خاک، 1396).

در ابتدا مصالح سنگی که دمایی حدود 160 درجه سانتیگراد دارند را با قیری در دمای حدود 120 درجه سانتیگراد کاملاً مخلوط کرده تا به صورت همگن و یکنواخت درآیند. حال رنگدانه‌های قرمز را در گرمخانه به مدت 5 دقیقه در دمای 120 درجه سانتیگراد حرارت داده و با مخلوط مرحله قبل، ترکیب می‌کنیم. در حین انجام آزمایش، به این نکته باید دقت داشت که دمای مخلوط آسفالتی در هنگام اختلاط با رنگدانه نباید از 140 درجه پایین‌تر بیاید و باید تا زمانی که هیچ ذره رنگدانه‌ای به صورت حل نشده باقی نماند، عمل اختلاط ادامه یابد تا آسفالتی یک دست قرمز به دست آید (شکل 2).

باید توجه داشت که درصدهای اختلاط آسفالت از طرح آسفالت جاده‌ای و مربوط به لایه توپکا می‌باشد (جدول4) و وزن رنگدانه در هر آزمایش باید از مصالح سنگی مصرفی کسر گردد.

6- تفسیر آزمایش

نتایج بدست آمده از مجموع آزمایش‌های انجام شده بر روی نمونه‌ها، در جدول 5 نشان داده شده است. شکل 3 نمودارهای مقاومت مارشال، وزن مخصوص، نرمی، فضای خالی نمونه مارشال، حجم فضای خالی نمونه مارشال و فضای خالی پر شده با قیر را نشان می‌دهد. چنانچه مشاهده می‌شود با افزایش مقدار رنگدانه‌ها، مقاومت مارشال ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد؛ ولی وزن مخصوص روندی کاملاً افزایشی خواهد داشت. همچنین رنگدانه‌ها باعث انعطاف‌پذیری بیشتر نمونه و در نتیجه افزایش نرمی می‌شوند.

با افزایش هرچه بیشتر رنگدانه‌ها، خلل و فرج موجود شروع به پر شدن کرده و در نتیجه فضای خالی نمونه مارشال کاهش می‌یابد. باتوجه به اینکه نمونه کنترلی دارای مقداری فضای خالی می‌باشد، با افزایش رنگدانه‌ها، فضای خالی پر شده با قیر تغییر نمی‌کند؛ تا جایی که میزان فضای خالی اولیه پر شده و در نتیجه با افزایش بیشتر رنگدانه‌ها، میزان فضای پر شده با قیر بیشتر می‌شود. به همین دلیل حجم فضای خالی مصالح سنگی نیز با افزایش رنگدانه‌ها، ثابت می‌ماند تا جاییکه فضای خالی اولیه پر شده و در نتیجه حجم فضای خالی مصالح کاهش می‌یابد.

7- پیشنهادات

باتوجه به کارهای مشابه صورت گرفته و با توجه به نتیجه آزمایشات نمونه کنترلی و همچنین آزمایش استفاده از مواد رنگدانه به اندازه قیر بهینه و نفشی که مواد رنگدانه در افزایش وزن مخصوص نمونه‌های مارشال و کاهش فضای خالی آسفالت دارد، پیشنهاد می‌گردد برای ادامه کار آزمایشات بر روی نمونه‌ای که مواد رنگدانه جایگزین فیلر شده و فیلر کاملاً حذف شود، انجام شود (جدول6).

8- تحلیل اقتصادی

اگر مانند نمونه‌های آزمایش شده، به اندازه وزن قیر بهینه (4/6 درصد) رنگدانه استفاده شود، برای رنگی کردن هر تن آسفالت، میزان 46 کیلوگرم رنگدانه مورد نیاز است. با احتساب هر کیلو رنگدانه آلمانی 70/000 ریال، برای یک تن آسفالت، مبلغ 3/220/000 ریال نیاز است. با مدنظر قرار دادن قیمت آسفالت معمولی (پخت و کوبش) به ازای هر تن 1/300/000 ریال، مبلغ بدست آمده 4/520/000 ریال می‌باشد. این مبلغ، نزدیک به 4 برابر قیمت آسفالت معمولی بوده که عدد بزرگی است و دال بر غیراقتصادی بودن آن می‌باشد. البته اگر بخواهیم از نمونه‌های دیگر رنگدانه استفاده کنیم (نمونه چینی) مبلغ تمام شده همانند کیفیت رنگدانه پایین می‌آید، ولی هزینه تمام شده تقریباً 2 تا 3 برابر هزینه آسفالت معمولی خواهد بود. از این مطالب چنین برمی‌آید که یکی از علل عدم استقبال از آسفالت رنگی در ایران هزینه تمام شده آن در بازار می‌باشد (پنجه‌باشی، 1392).

9- نتیجه‌گیری

1. با توجه به آزمایشات انجام شده نتیجه می‌گیریم، استفاده از رنگدانه هم وزن قیر، بیشترین مقاومت مارشال و در عین حال کمترین درصد فضای خالی را ایجاد می‌کند که برای رفع این نقیصه می‌توان از آسفالت با رنگدانه کمتر (3 یا 2 درصد) استفاده کرد. در شرایطی که میزان رنگدانه برابر با میزان درصد قیر مد نظر باشد، می‌توان با اصطلاحاتی از قبیل نسبت فیلر به قیر (استفاده از فیلر حداقل) و یا نسبت فیلر به کل طرح اختلاط، این عیوب را رفع کرد. اگر میزان رنگدانه اضافه شده برابر با درصد قیر باشد، ممکن است مقداری از نقش فیلر و قیر را به عهده بگیرد. البته در صورتی که درصد رنگدانه برابر با درصد قیر مورد نیاز باشد، بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و نیز تغییر در نسبت اختلاط مصالح و قیر بهینه، ممکن است نتایج بهتری را داشته باشد.

پس طبق آزمایشات صورت گرفته، استفاده از 1 تا 2 درصد رنگدانه، آسفالتی با مشخصات و ویژگی‌های مشابه نمونه کنترلی را تولید خواهد کرد.

2. آسفالت رنگی از جهات گوناگونی از جمله موارد زیست‌محیطی، منظر زیبایی و ترافیکی بر آسفالت‌های معمولی ارجحیت دارد و به همین دلیل نیاز است در این زمینه تحقیقات و اقدامات بیشتری برای توسعه کاربرد آن در سطح کشور صورت گیرد.

آسفالت رنگی باعث افزایش آگاهی راننده و درک محدوده‌های خطر از طریق اعلام هشدارهای بصری می‌شود که نتیجه آن هوشیاری و عکس‌العمل سریع رانندگان در پیمودن مسیرهای یکنواخت و محدوده‌های خطر است که علاوه بر افزایش ایمنی مسیر سبب کاهش میزان تصادفات می‌گردد. آسفالت رنگی می‌تواند جایگزین بسیار مناسبی برای تابلوهای اعلان خطر باشد به گونه‌ای که با استفاده از این فناوری علاوه بر حذف برخی از علائم راهنمایی و رانندگی، می‌توان جلوه خاصی به فضای شهری داد.

10- مراجع

- "مرکز تحقیقات قیر و مخلوط‌های آسفالتی" (Asphalt Concrete Mixtures and Bitumen Research Center) (1394)، دانشگاه علم و صنعت ایران.

- "آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران "(نشریه شماره 234)، (1390)، وزارت راه و شهرسازی، مؤسسه قیر و آسفالت ایران، پژوهشکده حمل و نقل.

- Roess, R.P.; Prassas, E.S.; Mcshane, W.R.; 2004 ; "Traffic Engineering"; Third Edition, Pearson Education International, U.S.A.

- "شرکت رنگچی شیمی (مواد اولیه صنایع رنگسازی)"، (www.rangchi.mihanblog.com).

- ب. تولایی، م. حاجی‌زمانی، (1390)، "بررسی اقتصادی مزایای استفاده از آسفالت رنگی در مقایسه با آسفالت معمولی در بکارگیری در معابر شهری و شریان‌های ترافیکی"، نهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران.

- م. غلامی، الف. یاری‌نیک، (1391)، "ارزیابی کیفی نقش آسفالت رنگی بر روی ایمنی ترافیک"، همایش ملی عمران و توسعه پایدار، مشهد، موسسه آموزش عالی خاوران.

- م. نادی، م. حسن زاده و س. گل نرگسی: (1393)، "امکان سنجی استفاده از آسفالت رنگی در معابر شهری مشهد مقدس"، نهمین سمپوزیوم پیشرفت‌های علوم و تکنولوژی، مشهد مؤسسه آموزش عالی خاوران.

- Ando, R.; Inagaki, T.; Mimura, Y, (2011), "Does colored pavement make non signalized intersections safer; A case study in Japan", Procardia Social and Behavioral Sciences; 20 pp.741–751.

- آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان خراسان جنوبی، نمایندگی شهرستان قاینات، (1396).

- پنجه‌باشی، س.، (1392)،"امکان سنجی استفاده از آسفالت رنگی"، شهرداری مشهد.

Investigating the Specifications and Properties of Colored Asphalt

E. Mirzaei, Civil Engineering Group, Islamic Azad University of Ghayenat, Iran.
S. M. Ghaemi, Civil Engineering Group, Islamic Azad University of Ghayenat, Iran.
A. Akbari Motlagh, Engineering Civil Group, Islamic Azad University of Ghayenat, Iran.

E-mail: aliam394@gmail.com

Received: May 2017-Accepted: Sep. 2017

ABSTRACT
Installing effective warning signs are one of the road safety requirements that have used in order to better utilization of the existing roads and streets in every country. Thus, the colored asphalt in roads and streets pavements can play a major role in transferring of these signs. In some cases a layer of polymer colors spread on asphalt pavement that as time passes and the air warm and vehicle traffic, layer of color is separated. Therefore, using of the pigments that set between the bitumen and asphalt materials can produce colored and durable asphalt with low maintenance costs. In this study, the materials that used in colored asphalt and its specification are introduced and laboratory prototypes of the red asphalt with different percentages of pigments are built and the laboratory results of different samples are compared. At the end, economic analysis of color asphalt used in road pavement is studied.

Keywords: Colored Asphalt, Pigments, Pavement, Safety of Roads