بررسی روش طرح اختلاط مخلوطهای آسفالتی گرم با استخوانبندی سنگدانه‌ای (SMA) و مقایسه آن با بتن آسفالتی(HMA)

ابوالفضل محمدزاده [۱]، مرتضی جلیلی قاضی زاده [۲]، محمّد رضا مقدّم نیّری [۳]

۱- دانشجوی دکتری راه و ترابری، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی دکتری راه و ترابری، دانشگاه تربیت مدرس تهران

۳- کارشناس ارشد راه و ترابری، شرکت قطار شهری مشهد

Morteza.jalili@modares.ac.ir

خلاصه

مخلوطهای آسفالتی با استخوان بندی سنگدانه‌ای یک نوع مخلوط آسفالتی با منشاء اروپایی است که از شیارافتادگی سطح راه در اثر بارهای ترافیکی سنگین جلوگیری می‌کند. این نوع مخلوط همچنین به منظور ایجاد یک رویه با دوام و با حساسیت کمتر در برابر ترکهای ناشی از درجهٔ حرارت پایین و نیز یک رویهٔ دارای سطح باز به منظور کاهش پدیدهٔ آب پیمایی در نظر گرفته می‌شود. منظور از طرح اختلاط انتخاب مصالح، تعیین دانه‌بندی مطلوب مصالح سنگی و میزان هر یک از اجزای تشکیل دهنده آن است. به طور کلی مراحل طرح اختلاط برای مخلوطهای آسفالتی گرم شامل مراحل انتخاب مصالح ، تعیین بهترین دانه‌بندی مصالح سنگی و تعیین مقدار قیر بهینه است، اما روند طرح مخلوطهای SMA به گونه‌ای باید باشد که یک استخوانبندی درشت‌دانه کافی در مخلوط ایجاد گردد و پارامترهای حجمی مخلوط ارضاء شود. پنج گام عمده در طرح مخلوطهای SMA ، انتخاب مصالح ، تعیین دانه‌بندی مناسب، تعیین میزان قیر بهینه، ارزیابی پتانسیل ریزش قیر در مخلوط و ارزیابی دوام مخلوط در مقابل رطوبت می‌باشد که در این مقاله با بررسی و مقایسه روشهای طرح این دو مخلوط می‌پردازیم.

کلمات کلیدی: مخلوطهای SMA ، بتن آسفالتی ، طرح اختلاط ، تماس سنگدانه به سنگدانه

۱. مقدمه

منظور از طرح اختلاط انتخاب مصالح، تعیین دانه‌بندی مطلوب مصالح سنگی و میزان هر یک از اجزای تشکیل دهنده آن است. به طور کلی مراحل طرح اختلاط برای مخلوطهای آسفالتی گرم شامل مراحل زیر است:

انتخاب مصالح سنگی که شرایط و ویژگیهای مورد نظر را دارا باشد،

تعیین بهترین دانه‌بندی مصالح سنگی،

تعیین مقدار قیر بهینه،

که برای مخلوطهای آسفالتی گرم در مرحله ۱ بایستی مصالح ویژگیهای مورد نظر مربوط به بتن آسفالتی را داشته باشد و در مرحله ۲ باید در محدوده دانه‌بندی مخلوطهای آسفالتی گرم قرار گیرد. مرحله ۳ پایدارترین حالت را به مخلوط آسفالتی با تعیین درصد قیر بهینه برای تأمین فضای خالی مناسب آسفالت می‌دهد.

روند طرح مخلوطهای SMA به گونه‌ای باید باشد که یک استخوانبندی درشت‌دانه کافی در مخلوط ایجاد گردد و پارامترهای حجمی مخلوط ارضاء گردد. پنج گام عمده در طرح مخلوطهای SMA عبارتست از:

- انتخاب مصالح و برآورده شدن حداقل ویژگیهایی که به مصالح باید دارا باشند،
- تعیین دانه‌بندی بهینه مصالح سنگی به طوریکه الزامات مورد نیاز مخلوطهای SMA را در برگیرد،
- تعیین میزان قیر بهینه،
- ارزیابی پتانسیل ریزش قیر در مخلوط،
- ارزیابی دوام مخلوط در مقابل رطوبت[۲،۱].

۲. مصالح سنگی

مصالح سنگی مخلوط‌های SMA شامل مصالح درشت دانه، ریزدانه و فیلر می‌باشد[۱،۲،۳،۴].

۲-۱- مصالح سنگی درشت دانه

مصالح درشت دانه اسکلت و استخوان‌بندی اصلی مخلوط‌های آسفالتی با استخوانبندی سنگدانه‌ای را تشکیل می‌دهند. قفل و بست مصالح درشت دانه و تماس سنگدانه به سنگدانه عامل اصلی استحکام و پایداری این مخلوط می‌باشد، که نتیجه آن مقاومت باربری بالا و مقاومت در برابر تغییر شکلهای دائمی است[۲،۵].

مصالح سنگی درشت‌دانه بایستی زبر، محکم و بادوام باشد. حداکثر اندازه مصالح درشت‌دانه که می‌تواند در مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای به کار رود، ۲۵ میلی‌متر است. معمولاً حداکثر اندازه مصالح درشت‌دانه بین ۱۲/۵ تا ۱۹ میلی‌متر انتخاب می‌گردد. همچنین این مصالح میزان ۷۲ تا ۸۰ درصد از مصالح سنگی مخلوط‌های SMA را تشکیل می‌دهند و شامل مصالح مانده روی الک ۴/۷۵ میلی‌متر می‌باشند. در حالیکه این مقدار برای مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی توپر حدود ۴۰ درصد مصالح سنگی است[۱،۲].

ویژگیهای مصالح سنگی درشت دانه از لحاظ مقدار شکستگی در یک جبهه و در دو جبهه، مقدار سایش لوس آنجلس، میزان سنگدانه‌های سوزنی و پولکی شکل، افت وزنی در مقابل سولفات سدیم و میزان جذب آب حداکثر و شاخص دوام در جدول‌های (۱) ارائه شده است[۱،۲، ۶ و ۷].

جدول ۱- مشخصات مصالح سنگی مخلوط‌های SMA ارائه شده توسط TWG ۱ [۱،۲]

Property	Criteria Established by SMA TWG	Criteria Evaluated in SMA Mix Design Study
Coarse Aggregate		
L.A. Abrasion (AASHTO T 96)	30 Max	x
Flat and Elongated Particles (ASTM D 4791)	3:1, 20% Max	x
	5:1, 5% Max	x
Sodium Sulfate Soundness (AASHTO T 104)	15% Max	
Percent Fractured Faces		
One or more	100% Min	
Two or more	90% Min.	
Absorption (AASHTO T 85)	2% Max	
Coarse and Fine Durability Index (AASHTO T 210)	40 min	
Fine Aggregate	100 % Crushed	
Sodium Sulfate Soundness (AASHTO T 104)	15% Max	
Liquid Limit (AASHTO T 89)	25% Max	

۲-۲- مصالح سنگی ریزدانه

مقدار مصالح ریزدانه رد شده از الک شماره۴(۴/۷۵ میلی‌متر) در مخلوط‌های SMA اهمیت زیادی دارد. این مقدار برای سطوح آسفالتی با بافت سطحی ریز معمولاً بین ۳۰ تا ۴۰ درصد نسبت به کل مصالح سنگی می‌باشد. در سطوح آسفالتی با بافت سطحی درشت میزان ردشده ازالک شماره ۴ در کل مصالح سنگی به ۲۸ تا ۳۴ درصد کاهش می‌یابد. به طور کلی بین ۲۰ تا ۳۰ درصد مخلوط مصالح سنگی بایستی از الک شماره ۴ عبور نماید[۲].

برای کلیه سطوح راه دارای بافت درشت یا ریز مقدار رد شده از الک شماره ۲۰۰ بین ۸ تا ۱۳ درصد نسبت به کل مصالح سنگی می‌باشد، این مقدار با میزان رد شده از الک شماره ۲۰۰ مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی توپر بین ۲ تا ۱۰ درصد متفاوت است[۲]. برای مصالح ریزدانه درصد شکستگی برابر با ۱۰۰ درصد و حداکثر وزنی در مقابل سولفات سدیم ۱۵ درصد و حد روانی حداکثر ۲۵ درصد پیشنهاد گردیده است. ویژگیهای مصالح سنگی ریزدانه در جدول(۱) در فوق اشاره شده است[۱،۲].

[1]- Technical Working Group

۲-۳- فیلر

به طور کلی درصدی از کل مصالح سنگی که از الک شماره ۲۰۰ می‌گذرد فیلر نامیده می‌شود که در حدود ۸ تا ۱۲ درصد از وزن کل مصالح سنگی مخلوط‌های SMA و حدود ۲ تا ۱۰ درصد وزن مصالح سنگی مخلوط‌ها با دانه‌بندی توپر را تشکیل می‌دهند[۶،۴]. درمخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی توپر فیلر موجب پر کردن فضای خالی، افزایش نقاط تماس، افزایش مقاومت فشاری و برشی، افزایش قدرت باربری و کاهش تغییر شکل نسبی می‌گردد[۲]. فیلر در مخلوط‌های آسفالتی با استخوانبندی سنگدانه‌ای علاوه بر موارد فوق دارای نقش اساسی و عمده دیگری است که افزایش کندروانی و سفتی مخلوط‌های SMA می‌باشد[۲،۱]. مقدار قیر مخلوط‌های SMA نسبت به مقدار فیلر و ریزدانه حساس می‌باشد(کندروانی و سفتی مخلوط‌های SMA) به همین منظور در اروپا مخلوط‌های SMA به طور معمول با نسبت فیلر به قیر تقریباً ۱/۵ درنظر گرفته می‌شوند و در مقابل برای مخلوط‌های آسفالتی متعارف به نسبت فیلر به قیر کمتر از ۱/۲ را توصیه می‌کنند[۶].

دانه‌بندی فیلر مورد استفاده در مخلوط‌های SMA با دانه‌بندی فیلر مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی توپر متفاوت است. برای فیلر مصرفی مخلوط-های آسفالتی گرم با دانه‌بندی توپر درصد وزنی رد شده از الک ۰/۰۲میلی‌متر ۳۵ تا ۶۵ درصد می‌باشد در حالیکه برای فیلر مصرفی مخلوط‌های SMA میزان آن حداکثر ۲۰ درصد پیشنهاد شده است[۶،۲]. از طرف دیگر دامنه خمیری فیلر مصرفی در مخلوط‌های SMA همانند فیلر مخلوط‌های آسفالتی گرم به حداکثر ۴ محدود گردیده است[۱،۲]. محدوده دانه‌بندی برای مصالح سنگی آسیاب شده به منظور استفاده به عنوان فیلر درمخلوط‌های SMA در جدول(۲) ملاحظه می‌شود[۷].

جدول۲- محدوده دانه‌بندی مطابق آیین نامه استرالیا برای فیلر در مخلوطهای SMA [۷]

Sieve Size AS (mm)	Percentage passing sieve size (by mass)
0.600	100
0.300	95–100
0.075	75–100

در مخلوط‌های آسفالتی با استخوانبندی سنگدانه‌ای، نوع، جنس و دانه‌بندی فیلر نقش مهمی را در خواص و عملکرد آن بازی می‌کند. در واقع به علت مصرف نسبتاً زیاد قیر در این مخلوط‌ها، فیلر به عنوان یکی از مواد تثبیت کننده محسوب می‌شود. فیلر این مخلوط‌ها می‌تواند پودر سنگ، پودر سرباره، آهک هیدراته، سیمان هیدرولیکی، خاکستر بادی و یا فیلرهای معدنی دیگر باشد[۷،۲].

۳. انتخاب مصالح سنگی

مصالح سنگی مورد استفاده در این مخلوط‌ها باید ویژگیهای یاد شده برای مصالح در بخش(۲) و زیربخشهای آن برای مصالح سنگی مخلوط‌های SMA را دارا باشد. همانطور که ملاحظه می‌شود در این بخش بررسیها راجع به سختی مصالح، میزان ذرات سوزنی و پولکی شکل درصد عبوری از الک ۰/۰۲ میلی‌متر، جذب آب مصالح سنگی، درصد شکستگی، دانه‌بندی فیلر، حد روانی مصالح ریزدانه، آزمایش سلامت مصالح سنگی و دیگر آزمایشها لازم مربوط به مصالح سنگی مشخصات آن ذکر شده، باید صورت گیرد ونیز باید مقادیر بدست آمده در محدوده‌های مورد نظر یاد شده در بخش(۲) قرار گیرد.

۴. تعیین دانه‌بندی مناسب مصالح سنگی برای مخلوطهای SMA

در این قسمت دانه‌بندی برای مخلوط تعیین شده، و حصول اطمینان از ایجاد تماس سنگدانه به سنگدانه بررسی می‌گردد.

۴-۱- دانه‌بندی مصالح سنگی مخلوط‌های SMA

دانه‌بندی مصالح سنگی این مخلوط‌ها یک دانه‌بندی میان تهی بوده تا ایجاد تماس سنگدانه را به حداکثر برساند و فضای خالی بهینه بین مصالح سنگی درشت جهت برقراری این امر را فراهم نماید. فضای خالی بین مصالح سنگی درشت باید قابلیت دربرگرفتن ۲۰ تا ۲۸ درصد مصالح سنگی رد شده از الک ۴/۷۵ میلی‌متر را داشته باشد[۲].

اولین راهنمای طرح مخلوط‌های SMA در سال ۱۹۹۴ توسط هیئت کارفنی(TWG) روی مخلوط‌های SMA منتشر شد، در این نشریه فقط یک گروه دانه‌بندی برای مخلوط‌های SMA ارائه شد که در جدول(۳) مشاهده می‌شود. در سال ۱۹۹۹ مرکزی ملی تکنولوژی آسفالت(NCAT)

یک روند طرح مخلوطها SMA را در طی پروژه[1] NCHRP-8 ایجاد و به آن اعتبار قانونی داد. در این نشریه راهنمای ضوابط طرح و ساخت مخلوط برای مخلوطهای SMA با حداکثر اندازه‌های اسمی ۴/۷۵ تا ۲۵ میلی‌متر ارائه شده است[۸]. در جدول(۴) محدوده‌های دانه‌بندی برای مخلوط-های SMA در NCHRP-8 مشاهده می‌شود[۸].

جدول۳- دانه‌بندی پیشنهادی مخلوط‌های SMA توسط TWG [۸]

Sieve, mm	Percent Passing
19.0	100
12.5	85 - 95
9.5	75 (max)
4.75	20 - 28
2.36	16 - 24
0.60	12 - 16
0.30	12 - 15
0.075	8 - 10

جدول٤ - محدوده دانه‌بندی پیشنهادی برای مخلوط‌های SMA توسط NCHRP [۸]

Sieve,	25.0 mm NMAS		19.0 mm NMAS		12.5 mm NMAS		9.5 mm NMAS		4.75 mm NMAS	
mm	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
37.5	100	100								
25.0	90	100	100	100						
19.0	30	86	90	100	100	100				
12.5	26	63	50	74	90	100	100	100		
9.5	24	52	25	60	26	78	90	100	100	100
4.75	20	28	20	28	20	28	26	60	90	100
2.36	16	24	16	24	16	24	20	28	28	65
1.18	13	21	13	21	13	21	13	21	22	36
0.60	12	18	12	18	12	18	12	18	18	28
0.30	12	15	12	15	12	15	12	15	15	22
0.075	8	10	8	10	8	10	8	10	12	15

۵. اطمینان از ایجاد تماس سنگدانه به سنگدانه در مخلوطهای SMA

مقاومت مخلوطهای SMA به طور عمده از ساختار استخوانبندی سنگدانه به سنگدانه این مخلوط ناشی می‌شود، که به وسیله دانه‌بندی صحیح مصالح سنگی ایجاد می‌گردد. راهنمای دانه‌بندی مصالح سنگی ارائه شده توسط TWG محدوده ۲۰ تا ۲۸ درصد عبوری از الک شماره ۴ را برای کمک به حصول اطمینان از ایجاد یک استخوانبندی درشت‌دانه مصالح سنگی و تماس سنگدانه به سنگدانه در مخلوطهای SMA پیشنهاد می‌کند[۱]. از طرفی می‌دانیم تماس سنگدانه به سنگدانه و میزان نسبتاً کم مصالح ریزدانه دو مشخصه مخلوطهای SMA است که وظیفه عمده آن مقاومت بالا در برابر شیار افتادگی می‌باشد[۹]. استفاده از وسیله تعیین وزن واحد خشک کوبیده شده(Dry-Rodde Unit Weight Apparatus) با میله را برای تعیین اینکه چه زمانی، تماس سنگدانه به سنگدانه مصالح درشت‌دانه در مخلوطهای SMA ایجاد خواهد شد، پیشنهاد کردند. در این روش فقط قسمت درشت دانه مصالح سنگی در داخل لبه وزن واحد قرار گرفته و در ۳ مرحله کوبیده می‌شود سپس دانسیته آن تعیین می‌گردد و از این دانسیته برای محاسبه VCA قسمت درشت‌دانه مصالح سنگی مخلوط SMA استفاده می‌گردد. در این حالت از آنجا که فقط مصالح درشت‌دانه وجود دارد تماس سنگدانه به سنگدانه مصالح سنگی حتماً برقرار می‌گردد. بعد از آن مخلوطهای SMA به روشهای معمول متراکم و ساخته شده و دانسیته این مخلوطها محاسبه می‌گردد. پس از محاسبه دانسیته مخلوطهای SMA به آسانی از طریق رابطه(۱) VCA کل این مخلوطها می‌تواند محاسبه گردد[۱۰].
این رابطه با پارامترهای آن در زیر مشاهده می شود.

$$VCA = (1 - V_{CA}/V_T) \times 100 \qquad (۱)$$

[1]- National Cooperative Highway Research Program

که در آن V_T و V_{CA} به ترتیب حجم کل مخلوط متراکم شده و حجم کلی مصالح سنگی درشت‌دانه می باشد که با استفاده از وزن مخصوص واقعی محاسبه می‌شود.

اگر مخلوط‌های SMA دارای VCA کمتر یا مساوی VCA مربوط به قسمت درشت دانه مصالح سنگی بودند، می‌توان قضاوت کرد که مخلوط‌های SMA دارای تماس سنگدانه به سنگدانه می‌باشند. به طور کلی برای تماس سنگدانه به سنگدانه رابطه زیر باید برقرار باشد:

(۲) (مخلوط) VCA ≤ (مصالح سنگی درشت‌دانه)

۶. تعیین میزان قیر بهینه

برای تعیین میزان قیر بهینه معمولاً از روش‌های مارشال و روسازی ممتاز استفاده می‌گردد. در جدول(۵) برخی از ضوابط مهم در این دو روش طرح روسازی ممتاز و روش مارشال برای مقایسه مشاهده می‌گردد[۱۱].

همه مخلوط‌های SMA با استفاده از ۵۰ ضربه چکش مارشال ساخته و متراکم می‌شوند، حتی اگر این مخلوط‌ها برای ترافیک سنگینی در نظر گرفته شوند. از آنجایی که ۷۵ ضربه چکش مارشال باعث شکسته شدن بیشتر مصالح سنگی می‌گردد و علاوه بر آن باعث افزایش قابل توجهی در دانیسته مخلوط نسبت به ۵۰ ضربه نخواهد شد، لذا برای فرآیند تراکم مخلوط‌های SMA از ۵۰ ضربه چکش مارشال استفاده می‌گردد. ذکر این نکته ضروری است که عموماً متراکم نمودن مخلوط‌های SMA در عمل نسبت به مخلوط‌های آسفالتی معمولی بسیار آسانتر است[۱۲].

در خصوص قیر بهینه مخلوط‌های SMA باید اشاره کرد که درصد قیر آنها باید متضمن درصد هوای بین ۳ تا ۴ درصد باشد، بنابراین فاکتور طرح در این مخلوط‌های درصد فضای خالی است، لذا استقامت مارشال و روانی آن فقط جهت اطلاع بدست می‌آیند و معیاری برای پذیرش یا عدم پذیرش مخلوط محسوب نمی‌شوند[۱۲،۴].

ازمتغیرهایی که برای تمام نمونه‌های SMA یکسان در نظر گرفته شده درصد فضای خالی بین ۳ تا ۴ درصد می‌باشد[۱۲].

جدول ۵- ضوابط طرح اختلاط مخلوط‌های SMA به روش مارشال و روسازی ممتاز (در سالهای ۱۹۹۹ و ۲۰۰۲) و سلسله مراتب تغییرات آن در طول سالهای گذشته[۱۲]

Mix Parameter	Marshall	1999	2002
Binder content (min.) • Surface • Intermediate	 6.0 5.5	 6.0 5.5	 6.5[a] 5.5
Compaction (lab)	50 blows (Marshall hammer)	100 gyrations (gyratory compactor)	100 gyrations (gyratory compactor)
Design void target	4.0 (Before 1995) 3.5	3.5	3.5
Production void range	2.5-5.5 (Before 1995) 2.5-4.5	2.5-4.5	2.5-4.5[b] (Surface) 2.0-4.0 (Intermediate)
Voids mineral aggregate (min.) • Surface • Intermediate	 17.0 -	 17.0 16.0	 18.0 17.0
Temperature	50°F	50°F	50°F
Density (min.)	94%	94%	94 %
Density test mode Number of tests	Nuclear/core 10/4	Core 4	Core 5
Rolling mode Number Speed	Static 3 rollers 3 mph	Static 3 rollers 3 mph	Vibratory (max. 3 passes) or static 3 rollers 3 mph
Mineral filler (min.)	70% passing No. 200	70% passing No. 200	55% passing No. 200

Note: For an expanded discussion of the history of SMA specification development, see Clark et al. (2004).
[a]Minimum 6.8% for the SMA 9.5 mix.
[b]Design void range.

از طرف دیگر شایان ذکر است که ۵۰ ضربه چکش مارشال تقریباً برابر ۱۰۰ حرکت دورانی دستگاه تراکم چرخنده روسازی ممتاز برای رسیدن به یک دانیسته همسان می‌باشد و نیز باید بدانیم متراکم کننده روسازی ممتاز مصالح را کمتر دچار شکستگی و افت نسبت به چکش مارشال می‌نماید. اگرچه برای هر دو روش تراکم، شکستگی مصالح بیشتر بوسیله نوع مصالح و نیروی متراکم کننده متأثر می‌گردد[۱].

در جدول (۶) مشخصات فنی مخلوط‌های SMA مربوط به پروژه NCHRP-8 ارائه شده است. همچنین در جدول(۷) مشخصات فنی کلی مخلوط‌های SMA که توسط کار گروه فنی وابسته به FHWA در نشریات IS شماره ۱۱۸ به چاپ رسیده ارائه شده است[۱۲، ۱].

جدول ٦- مشخصات فنی مخلوط‌های SMA مورد استفاده در پروژه NCHRP-8 توسط NCAT [۱۲]

Property	Requirement
Air Voids at N_{design}, %	4.0
Voids in Mineral Aggregate, %	17 min.
Voids in Coarse Aggregate for Mix (VCA_{MIX}), %	Less than VCA_{DRC}
Tensile Strength Ratio (AASHTO T283), %	70 min.
Draindown at Production Temperature, %	0.30 max.

جدول ۷- مشخصات فنی کلی مخلوط‌های SMA که توسط کار گروه فنی (TWG) وابسته به FHWA در نشریهIS شماره ۱۱۸ به چاپ رسیده است[۱۲، ۱]

Property	Criteria Established by SMA TWG	Criteria Evaluated in SMA Mix Design Study
Coarse Aggregate		
L.A. Abrasion (AASHTO T 96)	30 Max	x
Flat and Elongated Particles (ASTM D 4791)	3:1, 20% Max 5:1, 5% Max	x x
Sodium Sulfate Soundness (AASHTO T 104)	15% Max	
Percent Fractured Faces		
One or more	100% Min	
Two or more	90% Min.	
Absorption (AASHTO T 85)	2% Max	
Coarse and Fine Durability Index (AASHTO T 210)	40 min	
Fine Aggregate	100 % Crushed	
Sodium Sulfate Soundness (AASHTO T 104)	15% Max	
Liquid Limit (AASHTO T 89)	25% Max	
Total Aggregate - Gradation		
19.0 mm	100	
12.5 mm	85-95	
9.5 mm	75 Max	
4.75 mm	20-28	x
2.36 mm	16-24	
600 µm	12-16	
300 µm	12-15	
75 µm	8-10	x
20 µm	3 Max	x
Asphalt Cement	AASHTO M 226	
Mineral Filler		
PI	4 Max	
Percent Passing 20 µm	20%	x
Stabilizer		
Cellulose	0.3%	
Mineral Fiber	0.4%	
Polymer	---	
Stone on Stone Contact	--	x
Voids in Total Mix	3-4	x
VMA	17	x
Asphalt Content	6.0% Min.	x
Compactive Effort	50 Blow	x
Draindown	0.3% Max.	x

۷. ارزیابی پتانسیل ریزش قیردر مخلوط

ریزش قیر عبارتست از جداشدن یا زهکش شدن ملات قیری مخلوط‌های SMA از مصالح سنگی درشت‌دانه هنگامی که درجه حرارت مخلوط بالا می‌باشد، به تعبیر دیگر هنگام بارگیری حمل و پخش مخلوط‌های SMA در محل این اتفاق ممکن است رخ دهد[۶،۸]. آزمایش پتانسیل ریزش قیر جهت تشخیص میزان زهکش شدن قیر بر طبق استانداردAASHTo-M92L, ASTM-D639 برای مخلوط‌های متراکم نشده صورت می‌گیرد.

مقدار ریزش قیردر این مخلوط‌ها برحسب وزن کل مخلوط محاسبه شده و حداکثر مقدار مجاز آن همانطور که در جدول مشخصات فنی مخلوط های SMA مانند جدول(۶) ارائه شده، نباید از ۰/۳ درصد وزن مخلوط تجاوز نماید.

۸. ارزیابی دوام مخلوط در مقابل رطوبت

ارزیابی دوام مخلوط در مقابل رطوبت بوسیله مقایسه کششی غیرمستقیم[1](ITS) نمونه خشک و تر مارشال به قطر ۱۰۰ و ارتفاع ۶۳/۵ میلی‌متر ارزیابی می‌گردد و نرخ مقاومت کششی[2](TSR) برای همه مخلوط‌های SMA نباید از ۸۵ درصد کمتر باشد[۱۳].

۹. جمع بندی و نتیجه گیری

مخلوطهای آسفالتی با استخوان بندی سنگدانه‌ای یک نوع مخلوط آسفالتی با منشاء اروپایی است که از شیارافتادگی سطح راه در اثر بارهای ترافیکی سنگین جلوگیری می‌کند. این نوع مخلوط همچنین به منظور ایجاد یک رویه با دوام و با حساسیت کمتر در برابر ترکهای ناشی از درجهٔ حرارت پایین و نیز یک رویهٔ دارای سطح باز به منظور کاهش پدیدهٔ آب پیمایی در نظر گرفته می‌شود. روند طرح مخلوط‌های SMA به گونه‌ای باید باشد که یک استخوانبندی درشت‌دانه کافی در مخلوط ایجاد گردد و پارامترهای حجمی مخلوط ارضاء شود. پنج گام عمده در طرح مخلوط‌های SMA عبارتند از:

- انتخاب مصالح بر اساس جداول ۱ و ۲
- تعیین دانه‌بندی مناسب بر اساس جداول ۳ و ۴
- تعیین میزان قیر بهینه بر اساس جداول ۵ تا ۷

ارزیابی پتانسیل ریزش قیر در مخلوط : ریزش قیر عبارتست از جداشدن یا زهکش شدن ملات قیری مخلوط‌های SMA از مصالح سنگی درشت‌دانه هنگامی که درجه حرارت مخلوط بالا می‌باشد، به تعبیر دیگر هنگام بارگیری حمل و پخش مخلوط‌های SMA در محل این اتفاق ممکن است رخ دهد. آزمایش پتانسیل ریزش قیر جهت تشخیص میزان زهکش شدن قیر بر طبق استانداردAASHTo-M92L, ASTM-D639 برای مخلوط‌های متراکم نشده صورت می‌گیرد.

- ارزیابی دوام مخلوط در مقابل رطوبت بوسیله مقایسه کششی غیرمستقیم[3](ITS) نمونه خشک و تر مارشال به قطر ۱۰۰ و ارتفاع ۶۳/۵ میلی‌متر ارزیابی می‌گردد و نرخ مقاومت کششی[4](TSR) برای همه مخلوط‌های SMA نباید از ۸۵ درصد کمتر باشد.

۹. مراجع

[1]. E. R. Brown, john E.Haddock , Rajib b.mallick , Todd a.Lynn., (1997), " Development of Mixture Design Procedure for Stone Matrix Asphalt (SMA)" NCAT Report No. 97-3.

[۲] معاونت امور فنی، دفترامور فنی و تدوین معیارها، مرکز تحقیقات وآموزش وزارت راه و ترابری " نشریه شماره ۲۰۶، طراحی و ارزیابی آزمایشگاهی مخلوط‌های آسفالتی با استخوانبندی سنگدانه‌ای "،۹۶۴-۴۲۵-۲۲۱-۷ ،سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور . مرکز مدارک علمی وانتشارات.

[3]. Linda M. Pierce., (2000), "Stone Matrix Asphalt _SR-524, 64th Avenue West to I-5" State Pavement Engineer Washington State Department of Transportation , Post Construction Report , WA-RD 504.1.

[4]. E.R. Brown, Hemant Manglorkar., (1993), "Evaluation of Laboratory properties of SMA Mixtures" National Center for Asphalt Technology Auburn University , Research Report , Sponsored by NAPA and the NAPA Education Foundation.

[5]. Y. F. Qiu , K. M. Lum., (2006), " Design and Performance of stone Mastic Asphalt" Journal of Transportation Engineering, ASCE , Vol. 132 , No 12 , pp. 956-963.

[6]. U.S. Army Corps of Engineer, Naval Faculties Engineering Command, Air Force Civil Engineer Support Agency. (2001), "Unified Faculties Criteria (UFC) Standard Practice Manual For Flexible Pavements "Department of Defense, United State of America, UFC 3-250-03.

[7]. Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) "National Asphalt Specification "Second edition April 2004.

[8]. L. Allen Cooley, jr., Graham C. Hurley., (2004), "Potential of Using Stone Matrix Asphalt (SMA) in Mississippi" National Center for Asphalt Technology.

[9]. E.R. Brown, Rajib Basu Mallick., (1995), "Evaluation of stone on stone contact in Stone Matrix Asphalt" Transportation Research Record 1492

[1]- Indirect Tensile Strength
[2] -Tensile Strength Ratio
[3]- Indirect Tensile Strength
[4] -Tensile Strength Ratio

[10]. E.R. Brown, John E. Haddock., (1997), "Method to Ensure Stone on Stone Contact in Stone Matrix Asphalt Paving Mixtures" Transportation Research Record 1583, Paper No. 970159
[11]. Kevin K. McGhee, Trenton M. Clark, Robert A. Reid., (2005), "a Performance Baseline for Stone Matrix Asphalt" Final Report Virginia Transportation Research Council in Cooperation with the U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, VTRC 06-R3.
[12]. Ibrahim M. Asi., (2006), "Laboratory comparison Study for the use of stone matrix asphalt in hot weather climates" Construction and Building Materials, No. 20, pp. 982-989.
[13]. Bradley J. Putman , Serji N. Amirkhanian., (2004), "Utilization of waste fibers in stone matrix asphalt mixtures " Resources Conservation and Recycling , 42 , pp. 265- 274