

Concreto Asfáltico con Caucho



Guía de Producción y Construcción



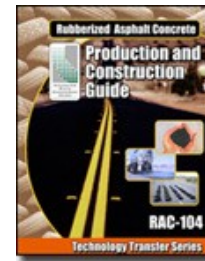
RAC-104

Serie Transferencia Tecnológica

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

Guía de Producción y Construcción
RAC-104



Índice

Producción de Aglomerante de Asfalto-Caucho	5
Remanente y Recalentamiento	7
Documentación	8
Requisitos de Muestreo y Pruebas	8
Producción de Mezclas Calientes de AR (RAC)	11
Producción de la Mezcla	11
Inspección y Resolución de Problemas de la Mezclas de RAC	12
Importancia de la Temperatura.....	12
Seguridad.....	14
Equipo de Pavimentación para Mezclas Calientes (RAC)	14
Camiones de Transporte	14
Vehículo de Transferencia de Material (MTV)	15
Pavimentadoras	15
Aplanadoras	15
Preparativos Finales para la Pavimentación	16
Imprimación.....	16
Suministro de Mezclas Calientes	17
Coordinación de Suministro y Colocación de Mezcla	17
Agentes de Liberación.....	18
Carga de Camiones de Transporte.....	18
Descarga de la Mezcla Caliente a una Tolva de la Pavimentadora	18
Descarga de la Mezcla Caliente a un Vehículo de Transferencia de Material.....	18
Vales de Carga.....	19
Colocación de la Mezcla Caliente	19
Operación de la Pavimentadora	20
Colocación con Rastrillo y Trabajo Manual.....	20
Juntas	20
Compactación de la Mezcla Caliente	21
Requisitos de Temperatura	22
Factores que Afectan la Compactación del AC	22

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

Tramos de Prueba y Patrones de Aplanado	23
Apertura del Nuevo Pavimento al Tráfico	23
Ejemplos de Buenas Prácticas de Pavimentación.....	24
Aplicación de Asfalto Caucho con Pulverizador	25
Construcción de Sellos de Gravilla	25
Equipo para Sellos de Gravilla	26
Aplicación por Pulverización de Asfalto Caucho	26
Aplicación del Agregado.....	27
Aplanado de Sellos de Gravilla y Asfalto con Caucho	28
Barrido	28
Sello Negro	28
Sello de Niebla	28
Cubierta de Arena	29
Control de Tráfico.....	29
Emisiones	29
Calidad del Aire	29
FHWA/USEPA.....	30
Pruebas de Emisiones a Plantas de AC	30
Salud y Seguridad del Trabajador	31
Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH)	32
Estudios de la Industria en California	32
Resumen.....	33
Calidad del Agua.....	33
Glosario	35
Tipos de CRM	35
Métodos de Elaboración del CRM	36
Equipo de Procesamiento de CRM.....	36
Agregados para Concreto Asfáltico	41
Asfalto	42
Métodos de Diseño de Mezclas.....	43
Características de Diseño de Mezclas.....	44
Propiedades de Diseño de Mezclas	45
Fallas Típicas del Pavimento Asfáltico	46

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

PRODUCCIÓN DE AGLOMERANTE DE ASFALTO-CAUCHO

Los métodos de producción para el aglomerante de asfalto-caucho de proceso en húmedo de alta viscosidad (viscosidad mínima de 1,500 centipoises (cPs) o 1.5 Pascal-segundos) son esencialmente los mismos, tanto para la mezcla caliente, como para la aplicación con pulverizador. La diferencia principal es la importancia de la coordinación de la producción del asfalto-caucho y de la mezcla caliente para garantizar que se tenga suficiente aglomerante de asfalto-caucho disponible para facilitar el índice de producción de AC esperado. Los aglomerantes para las aplicaciones con pulverizador se producen normalmente, cerca del sitio de trabajo, no necesariamente en una planta de AC, y su producción debe ser coordinada con las operaciones de aplicación.

El Greenbook permite dos tipos de aglomerante de alta viscosidad, el Tipo 1 y el Tipo 2. El Aglomerante de Asfalto con Caucho Tipo 2 incluye los mismos componentes especificados por Caltrans (cemento asfáltico, modificador de asfalto [aceite diluyente] y modificadores, tanto de caucho de residuos de llanta, como de caucho de alto contenido natural [CRM]), pero permite mayor variación en las proporciones relativas de los dos tipos de CRM. Caltrans utiliza actualmente el Tipo 2 exclusivamente. El Aglomerante de Asfalto con Caucho Tipo 1 incluye únicamente cemento asfáltico y CRM de residuos de llanta, la misma composición utilizada habitualmente para los aglomerantes de asfalto-caucho en Arizona, Texas y Florida. Estos dos tipos de aglomerante de proceso húmedo de alta viscosidad se basan en las dos patentes originales de aglomerantes de asfalto-caucho que expiraron años atrás.

El proceso de producción del aglomerante de asfalto con caucho es relativamente sencillo. La calidad del aglomerante de asfalto-caucho resultante depende de la temperatura, la agitación, el tiempo y la dosificación. La temperatura es crucial para el control del proceso y los medidores de temperatura o termómetros deben ser fácilmente visibles. Los tanques que almacenan el asfalto-caucho entre el mezclado inicial y el uso deben calentarse y aislarse. Las líneas de transferencia podrían forrarse con aislante. El equipo de producción y los tanques de almacenamiento del asfalto-caucho, generalmente incluyen calentadores de fluido térmico o intercambiadores de calor para calentar el cemento asfáltico y/o el aglomerante de asfalto-caucho.

El aglomerante de asfalto con caucho Tipo 2 debe interactuar por medio de agitación por un mínimo de 45 minutos a temperaturas de 375 a 425°F para lograr la interacción esperada entre el asfalto y el



Tanque de Almacenamiento de Asfalto



Perspectiva de la Producción de Aglomerante



Súper Sacos de Caucho Granulado



Báscula Tolva



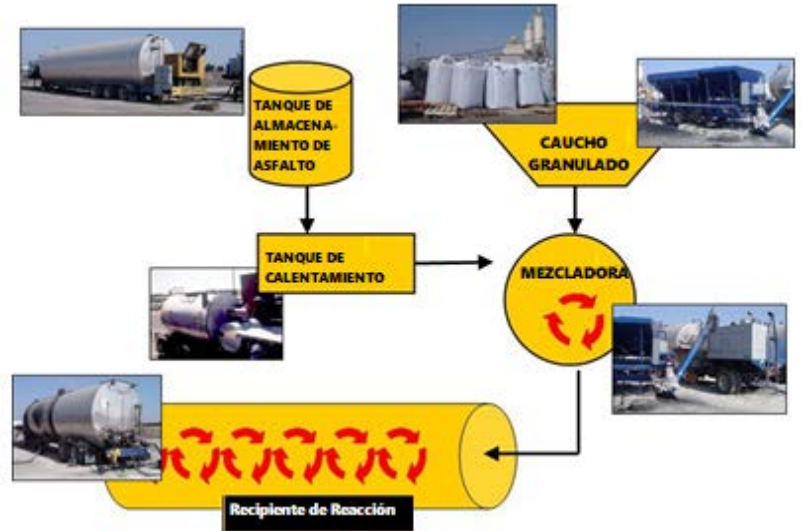
Contenedores de CRM

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

caucho. Para mantener la temperatura adecuada de reacción, la temperatura del cemento asfáltico y del aceite diluyente (si se utiliza) debe ser de al menos 400°F antes de que las proporciones diseñadas del CRM de residuos de llanta y de alto contenido natural sean agregados a temperatura ambiente. Los aglomerantes Tipo 1 interactúan habitualmente a temperaturas de 350 a 375°F y se les prueba la viscosidad a 350°F; el límite mínimo de viscosidad permanece a 1,500 cPs. Los aglomerantes Tipo 1 deben cumplir con los mismos requisitos de propiedades que los aglomerantes tipo 2.

El perfil del diseño del aglomerante presentado por el proveedor del asfalto caucho identifica y enlista los componentes respectivos y las proporciones de la mezcla. Éste, presenta resultados de las pruebas de cumplimiento con las especificaciones en muestras de laboratorio del aglomerante en cuestión por un periodo de interacción de 24 horas que indica la tendencia prevista de las propiedades de interacción. El perfil del diseño debe tomarse como una guía en lugar de como una especificación, pero desviaciones importantes podrían indicar problemas en la producción que deben ser atendidos inmediatamente. La tabla siguiente presenta un ejemplo de perfil del diseño de aglomerante y requisitos de especificación.



El Perfil del Diseño de Aglomerante AR

Prueba Realizada	Minutos de Reacción					Límites de Especificación de 45 minutos ***
	45	90	240	360	1,440	
Viscosidad, Haake a 190°C, Pa.s, (10-3), o cP (*Ver Nota)	2400	2800	2800	2800	2100	1500 – 4000
Resiliencia a 25°C, % Recuperación (ASTM D5329)**	27	--	33	--	23	18 Mínimo
Anillo y bola, Punto de Reblandecimiento, °C (ASTM D36)	59.0	59.5	59.5	60.0	58.5	52 – 74
Penetración de Cono a 25°C, 150g, 5 s., 1/10 mm (ASTM D217)	39	--	46	--	50	25 – 70

El modificador de caucho granulado (CRM), normalmente se empaca

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

en súper sacos de una tonelada que deben estar claramente etiquetados y almacenados para evitar pérdida o daño. El CRM se alimenta en una báscula tolva para la dosificación junto con el cemento asfáltico y otros aditivos como el aceite diluyente, en caso de utilizarse.

El equipo para los componentes de alimentación y mezclado podría diferir entre los tipos y fabricantes del asfalto con caucho, pero los procesos son similares. Los materiales componentes se miden dentro de las unidades de mezclado de alto corte para incorporar las proporciones correctas de aceite diluyente, de utilizarse, y CRM en el asfalto de grado pavimentación. Las unidades de mezclado incorporan completamente el CRM en el asfalto caliente y la mezcla se bombea hacia un tanque caliente en donde transcurre la interacción del asfalto -caucho.



Alimentación de la Tolva a la mezcladora

Se necesita de brocas para agitar el asfalto- caucho de alta viscosidad dentro de los tanques para mantener las partículas de CRM bien dispersas; de otro modo, las partículas tienden a asentarse en el fondo, o bien, a flotar cerca de la superficie. La agitación puede verificarse por medio de observación periódica a través del puerto donde se encuentra insertado el control de las brocas.



Unidades de Mezclado

Los viscosímetros portátiles de rotación (Haake, Rion, o equivalentes) se utilizan para monitorear la viscosidad de la interacción del asfalto con caucho con el paso del tiempo para control y aseguramiento de calidad. Antes de que el aglomerante de asfalto con caucho pueda ser utilizado para la producción de mezclas calientes o aplicaciones con pulverizador, el cumplimiento con el requisito mínimo de viscosidad debe verificarse utilizando un viscosímetro aprobado. Mientras que la viscosidad esté en cumplimiento y la interacción haya transcurrido por un mínimo de 45 minutos, el asfalto con caucho podría ser utilizado.

Remanentes y Recalentamiento

Si un material de asfalto con caucho no se utiliza por un periodo de 4 horas después del periodo de reacción de 45 minutos, tanto Caltrans, como el Greenbook exigen que el calentamiento sea suspendido. Algunas veces el aglomerante debe retenerse durante toda la noche. El índice de enfriamiento en un tanque aislado varía, pero se requiere de recalentamiento si la temperatura desciende por debajo de los 375°F para un aglomerante Tipo 2 o de 350° a 375°F para un aglomerante Tipo 1. Un ciclo de recalentamiento se define como cualquier momento en que el aglomerante de asfalto con caucho se enfría por debajo de la temperatura de medición de viscosidad designada y se recalienta. Se permiten dos ciclos de recalentamiento, pero el aglomerante de asfalto con caucho debe continuar cumpliendo los requisitos, incluyendo la viscosidad mínima.



Depósitos de Reacción

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

El asfalto y el caucho continúan interactuando, al menos mientras que el asfalto con caucho permanezca líquido. El caucho se descompone (es digerido) con el paso del tiempo, lo que reduce la viscosidad. Puede agregarse hasta un 10 por ciento más de CRM de la masa del aglomerante para restaurar la viscosidad a niveles específicos. El aglomerante de asfalto con caucho resultante debe interactuar a la temperatura designada por 45 minutos y debe cumplir con el requisito de viscosidad mínima, antes de que pueda utilizarse. El Greenbook tiene requisitos específicos para transferir remanentes de material aglomerante entre proyectos y Agencias



Producto Aglomerante de AR

Documentación

Se requiere de un Certificado de Cumplimiento (COC) para cada componente del aglomerante, así como para el aglomerante de asfalto con caucho terminado. Los COC deben incluir resultados de pruebas que muestren la conformidad de los materiales con las disposiciones especiales respectivas, incluyendo la composición química de los materiales de residuos de llanta y de alto contenido de caucho del CRM y del modificador de asfalto (aceite diluyente), según corresponda. Los COC de los materiales componentes entregados en el sitio de la operación de mezclado del asfalto con caucho debe proporcionarse al Ingeniero, inspector y/o equipo del proyecto. Representantes del Propietario, normalmente toman muestras de los componentes individuales y materiales mezclados de asfalto con caucho en el sitio de mezclado para hacer pruebas y aprobarlos.

Una copia del Perfil del Diseño del Aglomerante de asfalto con caucho aprobado que incluya los resultados de las pruebas de laboratorio específicas y las dosificaciones de cada componente, debe estar disponible en el sitio de mezclado del asfalto con caucho.

También una Bitácora de Producción del Aglomerante de Asfalto con Caucho, debe conservarse para cada proyecto. Para cada lote producido de asfalto con caucho, la bitácora debe enlistar los pesos de cada componente utilizado, el tiempo de reacción inicial y los resultados de cada prueba de viscosidad realizada, incluyendo el tiempo de la temperatura del aglomerante de asfalto con caucho y el tiempo en que cada lote fue medido dentro de la planta de AC. La bitácora de producción debe incluir también toda la información de los remanentes y ciclos de recalentamiento, incluyendo el tiempo en que se suspendió el calentamiento, el tiempo en que inició el recalentamiento y la temperatura correspondiente del aglomerante de asfalto con caucho, el peso y el tiempo de la adición de CRM, si fuera aplicable y los resultados de las pruebas de viscosidad subsecuentes. La tabla siguiente presenta un ejemplo de una bitácora de producción de asfalto con caucho; también podrían utilizarse otros formatos que presenten claramente la información requerida.

Requisitos de Muestreo y Pruebas

La frecuencia del muestreo y de las pruebas puede variar dependiendo de la

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

naturaleza de los materiales, tamaño del proyecto y recursos disponibles. Además de los requisitos mínimos, se recomienda muestreo adicional siempre que se observen cambios en cualquier material o en su comportamiento. La toma de muestras durante la producción y la construcción es relativamente fácil y económica, y ocasionalmente es necesario probar cada muestra obtenida.

En la siguiente tabla se presentan requisitos mínimos sugeridos de muestreo y pruebas para el control de calidad (QC, por sus siglas en inglés) y el aseguramiento de calidad (QA, por sus siglas en inglés) o aprobación.

Requisitos Mínimos de Muestreo y Pruebas		
Material	Muestreo y Pruebas para QC	Muestreo y Pruebas para QA
CRM	Composición química cada 250 toneladas	Una vez por proyecto para cumplimiento
CRM	Granulometría y propiedades físicas cada 10,000 libras	Una vez por proyecto para cumplimiento
Asfalto para Pavimentar	Una vez por proyecto para cumplimiento	Una vez por proyecto para cumplimiento
Modificador de Asfalto	Una vez por proyecto para cumplimiento	Una vez por proyecto para cumplimiento
Aglomerante de Asfalto-Caucho	Viscosidad cada hora Un galón por lote y después de cada ciclo de recalentamiento	Muestrear un galón por lote y después de cada ciclo de recalentamiento Hacer pruebas de un galón por día para cumplimiento
Mezcla de RAC	Diariamente por la mañana y por la noche. Granulometría, contenido del aglomerante. Para mezclas de Granulometría Irregular, medición Rice y prueba de laboratorio de vacíos de aire compactados	Una muestra diaria granulometría, contenido del aglomerante. Para mezclas de Granulometría Irregular, medición Rice y prueba de laboratorio de vacíos de aire compactados
Mezcla de RAC Arriba de ≥ 1.5 " de espesor	Compactación colocado	Registro de núcleos de pavimento tomados por día

Caltrans exige que el Contratista (normalmente el productor del aglomerante de asfalto con caucho) tome muestras del asfalto con caucho de la línea de alimentación a la planta de AC y medir la viscosidad, al menos cada hora durante la producción de AC. Al menos un galón de aglomerante de asfalto con caucho debe desperdiciarse para garantizar que la válvula para toma de muestras esté despejada, y la mezcla que será probada debe verterse en un contenedor de un galón limpio y seco que se pueda sellar y etiquetar claramente para posibles pruebas adicionales de laboratorio, una vez que se hayan completado las mediciones de viscosidad. El Greenbook no aborda la frecuencia de la



Prueba de Pasa- No Pasa



Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

toma de muestras o de las pruebas del aglomerante de alta viscosidad.

Se requiere de al menos una prueba de viscosidad para establecer el cumplimiento de cada lote de asfalto con caucho y carga remanente. El Ingeniero o Inspector podría querer que se le notifique cuándo se llevarán a cabo las pruebas. Caltrans exige que los resultados de todas las pruebas de viscosidad realizadas, incluyendo el tiempo y la temperatura del aglomerante de asfalto con caucho, sean presentados al Ingeniero diariamente. Esta es una buena práctica para cualquier proyecto de aglomerantes de alta viscosidad.

Prueba de Viscosidad del Aglomerante

EJEMPLO DE FORMULARIO DE REPORTE DE PRUEBAS
VISCOSIDAD ROTACIONAL DEL AGLOMERANTE DE ASFALTO CON CAUCHO

Nombre/Numero de Proyecto	
Proveedor/Mezclador del AR	
Ubicación de la Planta de Mezclado	
Proveedor del RAC	

FÓRMULA DEL AGLOMERANTE DE ASFALTO CON CAUCHO	PROPORCIONES
Proveedor y Grado del ACPG	
Proveedor y Tipo del Modificador de Asfalto	% de la masa de AC
Cemento Asfáltico y Modificador	% de la masa del Aglomerante de AR
Proveedor y Tipo del CRM de Lianta	% de la masa del Aglomerante de AR
Fuente y Descripción del CRM de Caucho HN	% de la masa del Aglomerante de AR

El Material de Aglomerante de Asfalto con Caucho (ARB) debe ser probado para verificar el cumplimiento con el requisito mínimo de viscosidad de 1,600 Pa-s a 375°F antes de que pueda utilizarse

Inicio del Ciclo Fecha y Hora	Lote de AR Nº	Temperatura en Tanque de ARB (°F)	Temperatura Durante Prueba de Viscosidad (375±3°F)	Viscosidad Medida** (x10 ³) Pa-s	Fecha y Hora de la Toma de la Muestra	Fecha y Hora de la Prueba	Comentarios

Marca, Modelo y Nº Serie Viscosímetro : _____
Asignación del Rotor : _____

Operador de la Prueba: _____

*El ciclo inicia cuando el tanque de asfalto con caucho está cargado totalmente y a temp. de 375 ± 3°F

** Medición de viscosidad a 375 ± 3°F conforme a Caltrans LP-XX. Viscosímetro con lectura en unidades de centipoises (cPs) o dPa-s. La conversión de unidades es la siguiente:
 1Pa-s = 1,000 cPs
 1dPa-s = 0.1 Pa-s = 100 cPs
 1mPa-s = 0.001 Pa-s = 1 cPs



La viscosidad rotacional es la prueba de campo de pasa/no pasa que rige el uso del aglomerante de asfalto con caucho. Se utilizan recipientes de un galón para proporcionar la adecuada separación de los lados y el fondo del contenedor y deben llenarse al 75-85% con el aglomerante. Actualmente existen dos métodos para probar la viscosidad rotacional de los aglomerantes de asfalto- caucho de alta viscosidad. Uno se describe en la Sección 203-11.4.1 del Greenbook. La Guía de Usos del Asfalto con Caucho de Caltrans

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

incluye una descripción del método de campo inédito de Caltrans usando los medidores análogos a la antigua usanza y revisiones sugeridas. Éste es similar al método del Greenbook, pero no incluye un factor de corrección. Cualquier método puede ser utilizado con resultados similares, pero ninguno aborda los medidores de lectura digital de nuevo estilo o cómo controlar la temperatura del aglomerante durante la medición de la viscosidad. Debe agregarse equipo de prueba como placa calefactora, quemador de gas u hornilla, para el control de la temperatura. El método de Caltrans está siendo revisado y actualizado para servir de estándar de Procedimiento de Laboratorio (LP, por sus siglas en inglés) de Caltrans, que también podría realizarse en el sitio de mezclado, pero aún no ha sido aprobado. Un método ASTM se encuentra en desarrollo, el cual se basa en el Caltrans LP propuesto.



Recuerde que las dos familias de aglomerantes modificados con CRM, de alta viscosidad y de no agitación, no son intercambiables. Ningún tipo debe ser sustituido directamente por el otro en una mezcla caliente sin pruebas de laboratorio para determinar los ajustes adecuados en el contenido del aglomerante y posiblemente en la curva granulométrica del agregado

Ningún aglomerante sin agitación podría ser fabricado con métodos diferentes y regirse por especificaciones diferentes a los de los aglomerantes de asfalto con caucho de alta viscosidad aquí descritos. Ningún aglomerante sin agitación se maneja al igual que el asfalto modificado con polímeros y las mezclas calientes resultantes son más similares al DGAC convencional.

PRODUCCIÓN DE MEZCLAS CALIENTES DE AR (RAC)

Producción de la Mezcla

Usar aglomerante de asfalto con caucho tiene relativamente pocos efectos en las operaciones de la planta caliente, ya sea para plantas por lotes o continuas de AC, a excepción de que sea necesario incrementar la temperatura de operación de la planta para proporcionar el mezclado más alto y el establecimiento de las temperaturas normalmente requeridas para mezclas de RAC.

El equipo de producción de asfalto con caucho es independiente de la planta de AC, pero normalmente se instala tan cerca de la planta como sea factible para minimizar la distancia de las líneas de alimentación del aglomerante caliente y/o encamisado.

El productor del asfalto con caucho proporciona bombas especiales de uso pesado para transferir el aglomerante de asfalto con caucho, puesto que la mayoría de las bombas de las plantas de AC no pueden manejar una clase de material tan viscoso sin riesgo de sufrir daños. Puede instalarse una válvula de dos o tres vías en la línea de alimentación de asfalto que permite que la planta de AC intercambie entre el uso del aglomerante de asfalto con caucho o el asfalto regular de pavimentación en los tanques de la planta de AC, conforme a la demanda de diversos productos de AC. Para las plantas de tambores, se le exige al productor del asfalto con caucho que use un medidor de flujo que intercambie la alimentación del aglomerante de asfalto con caucho con la alimentación de agregado de la planta.



Un índice de producción de una Planta de AC de 375 T/hr usando 18% del peso de la Mezcla de RAC requerirá de 27 T/hr de aglomerante de RAC

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

Los índices de producción del RAC podrían reducirse ligeramente de los índices del DGAC debido al mayor contenido de aglomerante (mayor tiempo de mezcla) e índice de producción del asfalto con caucho. Sin embargo, la planeación y coordinación entre el productor del aglomerante de asfalto con caucho y el operador de la planta de AC pueden ser utilizados para minimizar los impactos a la producción de RAC. El proveedor del aglomerante puede, en muchos casos, planificar el uso de más o más grandes tanques de almacenamiento e interacción y programar el suministro de los materiales, y las operaciones de mezclado del aglomerante de asfalto con caucho para agilizar la producción del aglomerante de asfalto con caucho y la mezcla.

Inspección y Resolución de Problemas de la Mezcla de RAC

El cambio principal a las labores normales del Inspector de la Planta, es la adición del monitoreo de la producción del asfalto con caucho y de los resultados de viscosidad y muestreo del aglomerante de asfalto con caucho y sus componentes. La Bitácora de Producción y Bitácora de Pruebas del Aglomerante de Asfalto con Caucho deben contener la información pertinente y debe estar disponibles para inspecciones. El Inspector debe obtener al menos una muestra de un galón de cada lote de aglomerante de asfalto con caucho producido para el proyecto, para la prueba de cumplimiento con los límites de especificación y muestras adicionales si se observa cualquier cambio en la apariencia o el comportamiento.

Las actividades normales relativas a la inspección de la planta para la producción de AC continúan siendo las mismas e incluyen los siguientes elementos, así como atención minuciosa a la temperatura:

- Observación del almacenamiento y manejo del agregado y de las operaciones de la planta.
- Procedimientos básicos de toma de muestras y de pruebas para verificar las características del agregado y del RAC;
- Verificación de que se está produciendo la mezcla correcta, conforme al diseño y en cumplimiento con las especificaciones, etc.



Toma de muestras de material de la planta

Importancia de la Temperatura

La clave de la calidad al producir materiales de asfalto con caucho y construir pavimento de asfalto con caucho es el control de la temperatura en todas las facetas del trabajo. Los materiales de asfalto con caucho necesitan ser producidos y manejados a una temperatura ligeramente más alta que la utilizada para materiales y mezclas bituminosas convencionales debido a que son más rígidas a temperaturas normales de mezcla y compactación. La temperatura es crucial para:

- Fabricación del aglomerante de asfalto con caucho



Termómetro portátil

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

- Producción de la mezcla caliente de RAC
- Suministro del RAC
- Colocación del RAC
- Compactación del RAC.

Es importante monitorear minuciosamente la temperatura de los materiales durante todas las fases del aglomerante de asfalto con caucho y la producción y construcción de la mezcla. El Inspector debe contar con el equipo adecuado para verificar la temperatura del aglomerante de asfalto con caucho y de la mezcla caliente, incluyendo termómetros tipo superficial y con sonda que también puedan medir la temperatura del aire ambiental y una pistola térmica. Los tanques de mezclado y de almacenamiento del asfalto con caucho también deben estar equipados con termómetros fácilmente visibles.

Tanto los inspectores de planta como de campo deben inspeccionar visualmente el RAC en la caja del camión de transporte en busca de señales de cualquier problema con la mezcla y verificar la temperatura de la mezcla. La temperatura del RAC debe medirse con un termómetro que tenga una sonda de al menos 6 pulgadas de largo, insertando toda la longitud de la sonda dentro de la mezcla. Las lecturas superficiales no son indicadores precisos. Si únicamente una pistola térmica está disponible, será necesario medir la temperatura del RAC mientras fluye por la tolva de descarga de la planta hacia el camión de transporte.

Siempre que se sospeche de algún tipo de problema con la mezcla de RAC, el Inspector debe tomar muestras inmediatamente y enviarlas inmediatamente a hacer pruebas de granulometría y de contenido de aglomerante de asfalto con caucho. En algunos casos, podría ser necesario verificar las propiedades de los vacíos de algunas muestras de mezcla caliente compactada.

El Inspector debe escribir una descripción completa del problema observado y de las actividades subsecuentes en la bitácora diaria del proyecto y reportar inmediatamente dichas observaciones al Ingeniero. Los resultados de las pruebas deben ser transmitidos al Ingeniero inmediatamente, tras su recepción. Algunas señales de “problemas” potenciales a vigilar en la mezcla son los siguientes:

Segregación: La segregación del tamaño de las partículas podría ser difícil de identificar en algunas mezclas de granulometría irregular gruesa. Existen pocos finos presentes y eso puede, a veces, hacer que el RAC parezca segregado aun cuando no lo está. Identifique los cargamentos afectados y las áreas correspondientes de colocación, tome muestras y haga pruebas de granulometría y de contenido de aglomerante para verificar. También se recomienda que, de ser posible, se deben tomar muestras del mismo cargamento de RAC que no parezcan segregadas, para su comparación. La temperatura de segregación (zonas frías o calientes) podría verificarse con una pistola térmica o con una cámara infrarroja. La preocupación principal son las diferencias, en lugar de los valores exactos.

Humo azul: La mezcla está muy caliente.

Humo blanco: Vapor, no humo, el cual indica demasiada humedad en la mezcla. Esto significa que el agregado no se secó lo suficiente antes de

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

mezclarse con el aglomerante de asfalto con caucho. Esto podría causar que la mezcla de RAC se vuelva blanda y podría contribuir a problemas de compactación.

Apariencia rígida: La mezcla podría estar demasiado fría – verifique la temperatura.

Apariencia opaca y lisa: Indica bajo contenido de aglomerante de asfalto con caucho y/o exceso de finos (tamaño de criba de menos 0.075 mm [No. 200]). Áreas localizadas de opacidad podrían indicar mezclado insuficiente del aglomerante de asfalto con caucho y de los agregados o segregación de la mezcla. Tome muestras y haga pruebas de granulometría y de contenido de aglomerante.

Brillante y laxo: Alto contenido de aglomerante de asfalto con caucho. Las mezclas RAC-O y, especialmente las RAC-O (HB), podrían lucir de esta manera y seguir cumpliendo con los requisitos de SSP, así que esto no es siempre un problema. Un antiguo término descriptivo para esto es “agusanado,” puesto que la mezcla parece casi arrastrarse cuando se observa. Busque en la caja del camión escurrimiento del aglomerante, tome muestras y haga pruebas de contenido de aglomerante de asfalto con caucho y granulometría.

Seguridad

La seguridad es siempre un tema de consideración al trabajar con materiales calientes. Las mezclas convencionales de AC están suficientemente calientes como para causar quemaduras y también lo están los aglomerantes de asfalto con caucho y los materiales de RAC. El personal debe portar el equipo de protección adecuado, incluyendo, pero no limitándose a guantes hechos para manipular muestras calientes y la protección adecuada para los ojos.



EQUIPO DE PAVIMENTACIÓN PARA MEZCLAS CALIENTES (RAC)

Se utiliza equipo convencional para colocar y compactar los materiales de RAC. El inspector de campo debe confirmar que el equipo necesario para la pavimentación y la compactación esté en sitio antes de que nada de mezcla caliente de asfalto con caucho sea enviada de la planta de AC.

Camiones de Transporte

Podría utilizarse cualquier tipo de camión que se use comúnmente para el transporte de AC, incluyendo camiones volquete o basculantes convencionales, o de descarga horizontal (remolque inferior vivo). Los camiones que transporten la mezcla de RAC deben emplear lonas para retener el calor durante el envío.

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

Vehículo de Transferencia de Material (MTV, por sus siglas en inglés)

El uso de este tipo de equipo es opcional. Los MTV (también conocidos como carrito de traslado) han sido descritos como “tolvas sobre ruedas” y son utilizados más frecuentemente cuando la fluidez, segregación (por tamaño de partícula o temperatura) o el índice de suministro de material son cuestiones de preocupación.



MTV

Pavimentadoras

Se utilizan pavimentadoras mecánicas autopropulsadas convencionales para colocar las mezclas de RAC. Las pavimentadoras deben estar equipadas con regleta vibratoria y regletas calentadoras, controles automáticos de regleta con deslizante, y cumplir con los requisitos pertinentes de especificación.

Aplanadoras

Las aplanadoras con llantas de caucho no son adecuadas para compactar las mezclas de RAC debido a que acumulan demasiada mezcla en las llantas. Las aplanadoras para RAC deben contar con rodillos de acero (cilindro) y deben estar equipadas con cojinetes y un sistema de irrigación para prevenir la acumulación excesiva. Algunas veces podría ser necesario que se agregue un poco de jabón u otro surfactante al sistema de irrigación.



Es probable que las mezclas de RAC-G requieran de mayores esfuerzos de compactación que las de DGAC debido a la naturaleza relativamente gruesa del esqueleto del agregado. El peso mínimo recomendado de la aplanadora es de 8 toneladas; las aplanadoras más chicas no pueden proporcionar suficiente compactación. Los tipos de aplanadora incluyen:

- Aplanadora de distribución con capacidad vibratoria: Es altamente recomendado que se utilicen dos aplanadoras de distribución para mantenerse con la pavimentadora, especialmente si la extensión de pavimentación excede de 12 pies.
- Aplanadora intermedia: Si no es de igual o mayor ancho que la(s) aplanadora(s) de distribución, deben solicitarse dos aplanadoras intermedias.
- Aplanadora de acabado: Podría ser vibratoria o estática, pero utilice el modo estático para el acabado
- Aplanadora de reserva: Una con capacidad vibratoria debe permanecer en sitio y deberá solicitarse si solamente hay una aplanadora de distribución disponible

No use o permita aplanadoras con llantas de caucho en proyectos de asfalto con caucho



Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

PREPARATIVOS FINALES PARA LA PAVIMENTACIÓN

La preparación de la superficie debe completarse antes de la producción del RAC o de la aplicación con pulverizador. Esto incluye cuestiones habituales como la remoción y reemplazo del pavimento con fallas y la reparación de baches (bacheo), molido o triturado para fluidez y/o perfil de restauración o ajuste, relleno de grietas y/o sellado.

El bacheo debe llevarse a cabo utilizando las buenas prácticas estándar y el DGAC. No sobre rellene las grietas, puesto que el exceso de sellador/relleno ocasionará protuberancias en el recubrimiento y podrían trasladarse a través de la carpeta de RAC durante la compactación y crear “zonas gruesas.” Rellene los surcos lo necesario. Si se requiere una capa de nivelación, use una mezcla fina de DGAC. Inmediatamente antes del suministro de la mezcla, debe barrerse la superficie y aplicarse la imprimación.



Preparación de la Superficie

Imprimación

Debe aplicarse una capa de imprimación uniformemente para cubrir ligeramente la superficie total de pavimento que será recubierta. La imprimación podría componerse de asfalto grado pavimentación o de asfalto emulsificado. El área de aplicación de la imprimación debe limitarse a lo que será pavimentado en un día. Sin embargo, no se requiere de imprimación cuando se colocará una capa intermedia de asfalto con caucho antes del recubrimiento y normalmente no se recomienda cuando el RAC será colocado directamente sobre pavimento nuevo.



Camión de Imprimación

Asfalto Grado Pavimentación: El asfalto sin modificar grado pavimentación es preferible como imprimación para las mezclas de RAC. La imprimación asfáltica debe estar suficientemente caliente para pulverizar una solapa en forma de abanico que proporcione una aplicación uniforme. El camión distribuidor debe tener un calentador para mantener la temperatura y consistencia del asfalto para la aplicación con pulverizador. El índice de aplicación debe estar adecuadamente controlado para evitar exudación por sangrado (muy alto) o delaminación (muy bajo). Cualquier boquilla defectuosa o tapada debe rectificarse inmediatamente.



Imprimación deficiente

Asfalto Emulsificado: Se recomiendan índices de aplicación de 0.05 a 0.1 galón/yarda cuadrada residual, dependiendo de las condiciones de la superficie existente. Debe tenerse cuidado cuando las temperaturas ambiental y del pavimento sean mínimamente frías y se estén utilizando imprimaciones de emulsión. La emulsión debe “romper” (ejemplo, cambiar de café oscuro a negro conforme las gotas separadas de asfalto se aíslan del agua) y el agua debe

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

evaporarse antes de la pavimentación. De otro modo, el agua restante en la emulsión se volverá vapor y se elevará a través de la carpeta. Esto evita que la imprimación establezca la adherencia prevista con el nuevo pavimento y el exceso de humedad también podría causar una zona blanda en la mezcla durante la compactación. El agua atrapada entre las capas de pavimento podría causar peladuras y de laminación. Condiciones de frío o humedad en el sitio y la falta de sol retrasan la evaporación y podrían retrasar las operaciones de pavimentación.

SUMINISTRO DE MEZCLAS CALIENTES

Las mismas buenas prácticas recomendadas para el suministro de mezclas calientes convencionales deben aplicarse a los materiales RAC junto con una atención especial a la temperatura. Puede utilizarse cualquier tipo de camión de transporte de AC convencional para transportar el RAC. Sin embargo, no se recomienda el uso de camiones basculantes o de colocación en hileras cuando la temperatura del aire y de la superficie del pavimento están ligeramente frías. Es muy importante que el RAC no esté frío por debajo de la temperatura de mínima de colocación (280°F a 300°F, dependiendo de la agencia propietaria y la temperatura en el sitio de pavimentación) durante el transporte. Se necesitan lonas para mantener las temperaturas aceptables para el transporte de la mezcla en un rango de 290° a 325°F.



Equipo de Suministro de AR

Coordinación de Suministro y Colocación de Mezcla

La coordinación y balance de la producción del aglomerante y la mezcla con las operaciones de suministro, colocación y compactación de la mezcla, es esencial para lograr un pavimento con un acabado liso con una apariencia agradable, los dos factores que de acuerdo con los reportes, son considerados por los automovilistas como los indicadores más importantes de la calidad del pavimento.

La pavimentadora no debe detenerse nunca debido a la falta de material. Si se detiene en una carpeta nueva, el resultado es un abultamiento o hundimiento que no puede ser removido por el aplanado. Si quita la carpeta, será necesario construir una junta transversal. Una larga línea de camiones de transporte esperando para acceder a la pavimentadora significa generalmente que algunas cargas se enfriarán demasiado para ser utilizadas. Pueden utilizarse vehículos de transferencia de material para reducir los impactos adversos de un suministro irregular de mezcla.

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

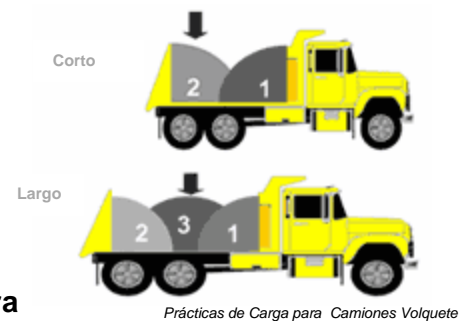
Agentes de Liberación

No deben utilizarse agentes de liberación a base de solventes o de combustible diesel en las cajas de los camiones de transporte debido a los efectos adversos en el aglomerante de asfalto con caucho. Se recomienda agua jabonosa (jabón para trastes o lavandería), esto es eficaz y económico. También pueden utilizarse emulsiones de silicona diluida.



Carga de Camiones de Transporte

Una de las causas más comunes de segregación del tamaño de las partículas es la carga inadecuada de los camiones de transporte. Para evitar la segregación del material del RAC, los camiones deben ser cargados como se muestra en la ilustración de la derecha.



Descarga de la Mezcla Caliente a una Tolva de la Pavimentadora

El camión de transporte debe estar centrado y apoyado en la pavimentadora pero debe detenerse justo antes de tocar los rodillos de empuje en la parte frontal de la pavimentadora. Después de que el camión libere sus frenos, la pavimentadora debe moverse hacia adelante para levantar y empujar el camión hacia adelante, en lugar de que el camión choque con la pavimentadora. Este método ayuda a minimizar las marcas y rugosidad del pavimento. Los volquetes y si se utilizan, camiones de remolque inferior vivo, deben elevar sus cajas ligeramente para que la mezcla se deslice contra la puerta trasera cerrada, entonces abrir las puertas para descargar la mezcla en una sola masa. Esto "inunda" la tolva de la pavimentadora para ayudar a minimizar la segregación potencial de la mezcla.



Descarga de la Mezcla Caliente a un Vehículo de Transferencia de Material

Los MTV también tienen una tolva frontal para recibir la mezcla y eliminar el problema de choque con la pavimentadora. El mismo método de descarga debe ser utilizado para inundar la tolva del MTV como una tolva de pavimentadora.

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

Vales de Carga

Los vales de carga deben ser recolectados cuando la mezcla se está descargando del camión de transporte para documentar las cantidades suministradas y utilizadas. Los cálculos de rendimiento son utilizados normalmente para verificar el espesor total basado en el tonelaje total y el área pavimentada. Sin embargo, el espesor colocado de núcleos seleccionados aleatoriamente debe también ser medido como control.

COLOCACIÓN DE LA MEZCLA CALIENTE

La colocación de materiales de asfalto con caucho en cualquier material AC requiere de buenas prácticas de pavimentación. La temperatura es fundamental para una adecuada colocación de todos los materiales de AC. Los aglomerantes de asfalto con caucho son más rígidos que el pavimento asfáltico convencional a las temperaturas habituales de colocación y compactación, por lo que el tiempo disponible para la compactación de los materiales modificados es normalmente más corto que el de mezclas de DGAC convencionales. Qué tanto más corto, depende del número de variables que se debaten en la sección de Compactación.



Pavimentación con RAC

Como en el caso del DGAC convencional, los materiales de pavimento de asfalto con caucho no deben ser colocados durante la lluvia o cuando la lluvia es inminente. Si las condiciones del sitio son húmedas, con viento o muy frías, la colocación deber ser pospuesta hasta que las condiciones mejoren. De lo contrario, se prevén problemas significativos para alcanzar la compactación adecuada de las mezclas calientes. Las condiciones climatológicas podrían cambiar durante las operaciones de pavimentación. De ser necesario, la pavimentación debe ser detenida hasta que las condiciones mejoren.

Las disposiciones especiales de Caltrans para el RAC-G especifican temperaturas mínimas atmosférica y de la superficie del pavimento de 55°F y elevándose para la colocación de la mezcla. Cuando las temperaturas atmosférica y de la superficie del pavimento estén entre 55°F y 64°F, la temperatura de tendido (colocación) para RAC- G está especificada entre 290 y 325°F. Para sitios con temperaturas mayores a 64°F, el límite inferior de temperatura de tendido del RAC-G cae a 280°F. El Greenbook permite una temperatura ambiental ligeramente inferior de 50°F y elevándose para la colocación, pero requiere que la compactación de distribución inicie antes de que la temperatura de la carpeta caiga por debajo de 290°F. No se recomienda la colocación a temperaturas ambientales mínimas, porque el tiempo disponible para la compactación es muy limitado y no deja margen para la circunstancia o el error, resultando en una inadecuada compactación. Cuando sea posible, se recomienda que el requisito de la temperatura ambiental mínima para colocación se incremente a 65°F. Debido a la importancia de la temperatura para alcanzar la compactación apropiada del RAC, es muy recomendable que la operación se realice entre los puntos medio y superior de los rangos de temperatura especificados.

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

Operación de la Pavimentadora

La operación de la pavimentadora para el RAC no debe diferir de la utilizada comúnmente para el AC convencional, excepto tal vez, para prestar más atención a la temperatura de la mezcla en la tolva. Es importante para la calidad del producto terminado que la pavimentadora sea operada para minimizar el iniciar y detener. La importancia de la coordinación del suministro de la mezcla con la colocación es sumamente importante.

Una velocidad constante de la pavimentadora, incluso si es relativamente lenta, ayuda a mantener una columna de material uniforme y a controlar el espesor. Se debe tener cuidado de inclinar (doblar) las alas de la pavimentadora antes de que la mezcla recogida en las esquinas se enfríe lo suficiente para formar trozos. Sin embargo, las alas nunca deben ser inclinadas dentro de una tolva vacía. No se debe permitir que los transportadores de rejilla funcionen vacíos o casi vacíos.

Colocación con Rastrillo y Trabajo Manual

Las mezclas de asfalto con caucho no son particularmente idóneas para la colocación con rastrillo o para trabajarse manualmente. La granulometría del agregado RAC-G relativamente gruesa y el aglomerante más rígido hacen del trabajo manual un problema y podrían afectar la apariencia de las juntas. Cementar las juntas segrega la mezcla e interfiere con la compactación de las juntas. El trabajo manual y la colocación con rastrillo del RAC deben minimizarse, pero de ser necesarios, se deben realizar inmediatamente antes de que la mezcla se enfríe. El mayor contenido de aglomerante de asfalto con caucho RAC-O-HB hace la colocación con rastrillo y el trabajo manual un poco más sencillos, pero debe seguir manteniéndose en el mínimo. No coloque la mezcla al voleo: ya no es considerada como una buena práctica.



Trabajo Manual

La falta de finos en las mezclas de granulometría irregular y gruesa puede crear una textura algo áspera y de aspecto abierto, incluso cuando se coloca con máquina. El RAC colocado manualmente no proporciona una apariencia agradable incluso si el trabajo manual es excelente y se aplican las mejores prácticas.

Juntas

Las juntas de AC son normalmente definidas como longitudinales o transversales, frías o calientes.

Las juntas longitudinales son más propensas a ser juntas frías. Las juntas a tope son más normales y las prácticas presentadas se aplican a ellas. Algunas agencias han adoptado las juntas de cuña y/o juntas sesgadas

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

que no son debatidas en esta Guía; podrían existir algunos problemas con el uso de juntas de cuña para mezclas de RAC.

Para proporcionar una buena adherencia con el pavimento adyacente, remueva el material suelto y pegue el borde vertical antes de colocar la mezcla caliente. Para minimizar la necesidad de colocación con rastrillo, es importante ajustar tanto la superposición como la altura de la regleta cuidadosamente sobre el paso adyacente. La regleta debe superponerse al material frío por aproximadamente 1 a 1.5 pulgadas. La regleta debe ajustarse por encima de la elevación del lado frío aproximadamente a $\frac{1}{4}$ de pulgada por cada pulgada de espesor del pavimento compactado que se está colocando. Aplane por el lado caliente de la junta longitudinal, no en el lado frío, para hacer una junta ajustada.

El espesor del RAC compactado es generalmente de entre 1 pulgada y 2.5 pulgadas que normalmente produce diferencias de los pasos del pavimento adyacente de entre 0.3 a 0.65 pulgadas. Ya que la falta de finos hace difícil el plumaje de las mezclas de RAC-G de granulometría gruesa, podría ser inevitable la colocación con rastrillo en algún momento, pero deberá mantenerse el mínimo necesario. Debe colocarse con rastrillo el material adicional dentro del lado caliente, no del frío.

Si la mezcla se coloca manualmente en lugar de con máquina, la diferencia en la altura de la compactación debe incrementarse a $\frac{3}{8}$ de pulgada por cada pulgada. La diferencia de altura puede variar entre las mezclas, por lo que la experiencia y el juicio de la ingeniería se deben utilizar según corresponda.

Las juntas transversales pueden ser frías o calientes. Las mezclas calientes deben tratarse igual que las de DGAC convencional, pero las mezclas de RAC se endurecerán más rápidamente. Las mezclas frías deben tratarse como se describió para las juntas longitudinales. Más a menudo, las juntas transversales se fabrican al final del día de pavimentación o cuando se termina el carril, utilizando papel mampara o papel Kraft para proporcionar una junta plana vertical. Si la pavimentadora se acaba la mezcla, la junta debe construirse donde esté disponible el espesor compactado total y el resto de la mezcla colocada pasando ese punto debe removerse y desperdiciarse. Idealmente las juntas transversales deben aplanarse en una dirección transversal, pero esto no es usualmente práctico y rara vez realizado. Las juntas transversales son generalmente aplanadas longitudinalmente.

COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA CALIENTE

La compactación es esencial en el desempeño y durabilidad de cualquier pavimentación asfáltica incluyendo las mezclas de asfalto caucho. Los mejores materiales, diseño de mezclas y técnicas de colocación no pueden compensar los efectos adversos que resulten de una mala compactación durante la construcción.

La estructura gruesa del agregado y el aglomerante de asfalto caucho rígido en

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

Las mezclas RAC-G con frecuencia requieren más esfuerzos de compactación que el DGAC convencional. La compactación depende principalmente de la temperatura y del esfuerzo de compactación. La compactación de distribución de las mezclas de RAC-G debe llevarse a cabo en el modo vibratorio, y es recomendable obtener al menos un 95% de la densidad requerida durante el aplanado de distribución.

Sin embargo, la compactación vibratoria no es utilizada para mezclas de granulometría abierta. No existen requisitos de compactación para mezclas de granulometría abierta. Éstas normalmente se colocan como recubrimientos superficiales en levantamientos delgados de aproximadamente 1 a 1.2 pulgadas de espesor. La compactación se logra con unos cuantos recorridos de la aplanadora operando en modo estático.

Requisitos de Temperatura

De conformidad con las Disposiciones Especiales de Caltrans para RAC-G, cuando las temperaturas atmosférica y de la superficie del pavimento están a menos de 64°F, la compactación de distribución debe completarse antes de que la temperatura de la carpeta caiga por debajo de 260°F. Para temperaturas del sitio con temperaturas de 64°F y mayores, la compactación de distribución debe completarse antes de que la temperatura de la carpeta caiga por debajo de los 250°F. El Greenbook establece el inicio de la compactación de distribución de RAC-G antes de que la temperatura de la mezcla caiga por debajo de los 290°F. Si la temperatura ambiental está por encima de los 85°F, la temperatura inicial para el aplanado de distribución cae a 280°F. Independientemente de la especificación utilizada, es muy recomendable que la compactación de distribución del RAC-G debe completarse antes de que la temperatura de la carpeta de RAC caiga por debajo de los 280°F.

También es recomendable que la temperatura de la carpeta sea monitoreada de cerca durante la colocación y compactación y que los ajustes se hagan como sea necesario para acelerar el proceso de compactación. Podría ser necesario agregar una segunda aplanadora de distribución. La incapacidad para realizar el aplanado de distribución dentro del rango de temperatura especificado puede ser causa para terminar las operaciones de pavimentación y rechazar las cargas. Adicionalmente, el aplanado vibratorio por debajo de la temperatura mínima del aplanado de distribución no debe permitirse y tampoco debe hacerse aplanado vibratorio después de un aplanado estático (acabado).

Factores que Afectan la Compactación del AC

La compactación es afectada por diversos factores incluyendo:

- Espesor de la capa,
- Temperatura ambiental,
- Temperatura del pavimento/ base,
- Temperatura de la mezcla,



La gestión de la temperatura es la clave para lograr la compactación del RAC



Aplanadora Vibratoria



Rodillos de Pavimentación

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

- Velocidad del viento y
- Luz solar o falta de ella.



Elevaciones delgadas, temperaturas frías y viento reducen el tiempo disponible para la compactación debido a la pérdida de temperatura. Por lo tanto, es a menudo más sencillo para compactar elevaciones gruesas (más de 2 pulgadas de espesor) que los más delgados. La regla general es que el espesor del compactado debe ser por lo menos dos veces el tamaño máximo del agregado o tres veces el tamaño máximo del agregado nominal. De lo contrario, podrían existir problemas con la compactación debido a una tendencia a que las piedras se apilen y sean atrapadas bajo el pavimento y se arrastren a lo largo de la carpeta. Cuando las piedras se apilan, tienden a reorientarse con cada paso de la pavimentadora o a romperse.

Cuando se colocan las mezclas de asfalto caucho, es importante para el aplanado de distribución seguir inmediatamente después de la pavimentadora a fin de alcanzar el 95 por ciento de la compactación requerida durante la distribución vibratoria mientras la mezcla continúa caliente. El número de coberturas vibratorias requeridas puede variar dependiendo de la mezcla y las condiciones del sitio durante la colocación. Las coberturas de aplanado pronosticadas pueden necesitar ser ajustadas con base en las temperaturas de la mezcla y del sitio y de las condiciones de viento. Por lo tanto, es recomendable utilizar dos aplanadoras de distribución para seguir a la pavimentadora y obtener la compactación suficiente. El aplanado intermedio proporciona un incremento relativamente pequeño en la densidad de las mezclas de RAC.

Mejores Prácticas de Compactación

- El volante hacia adelante, del lado bajo al lado alto. Del lado caliente al lado frío. Cambios de dirección
- Secuencia:
 - 1) Juntas transversales
 - 2) Juntas longitudinales
- Recorridos de distribución (vibrador encendido)

Tramos de Prueba y Patrones de Aplanado

Los tramos de prueba son recomendados para materiales RAC-G cuando sea factible para indicar qué nivel de esfuerzo de compactación es necesario para alcanzar la densidad apropiada en sitio. Sin embargo, si la Prueba 113 de California se utiliza para RAC-G, los rangos de temperatura para la prueba deben modificarse. Durante la compactación del tramo de prueba, tanto los representantes del contratista como de la agencia deben correlacionar su (s) respectivo (s) medidor (es) nuclear (es) sobre el tramo de prueba de conformidad con CT 375. Los datos del medidor deben entonces correlacionarse con los resultados del núcleo para proporcionar datos precisos de control de calidad durante la pavimentación.

Apertura del Nuevo Pavimento al Tráfico

Las mezclas de **Arena Secante** RAC son relativamente ricas en aglomerante y la superficie puede ser pegajosa hasta que la nueva carpeta tenga oportunidad de curarse. Para prevenir el ahuellamiento y levantamiento de la recién colocada carpeta al abrirse al tráfico, se puede esparcir un polvo ligero de arena limpia en la superficie del pavimento a un índice de aproximadamente 2 a 4 libras por yarda cuadrada para actuar como secante.



Esparcidora de Arena

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

La arena debe ser sin arcilla o material orgánico. El exceso de arena será removido de la superficie del pavimento por barrido.

Cualquier esparcidor aprobado con capacidad para una distribución uniforme puede proporcionar una arena secante para abrir la superficie RAC al tráfico.

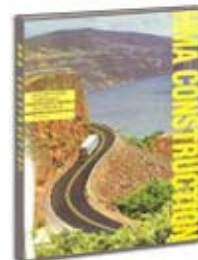
EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS DE PAVIMENTACIÓN

Ejemplos de buenas prácticas de pavimentación pueden encontrarse en el “Manual 2000 de Pavimentación Asfáltica de Mezcla Caliente”, el Manual MS-22 del Instituto del Asfalto “Principios de Construcción de Pavimentos Asfálticos de Mezcla Caliente”, el curso del Instituto Nacional de Carreteras sobre Construcción de Asfalto de Mezcla Caliente y el Manual de Construcción de Caltrans y diversas publicaciones de la industria, entre otras fuentes. Algunos de los lineamientos fundamentales se resumen a continuación:

- Uso adecuado y equipo con mantenimiento correcto operado por personal responsable y bien capacitado.
- Cumplimiento con los planes y especificaciones y prestando atención a los detalles.
- Manejo de la mezcla de modo que se minimice la segregación por el tamaño de las partículas o la temperatura.
- Mantener la temperatura de la mezcla por medio del uso de lonas, y si están disponibles, cajas aislantes en los camiones de transporte.
- Suministro de la mezcla como una masa fluida y homogénea sin segregación, costras, grumos o drenado significativo del aglomerante.
- Coordinar las operaciones de producción, suministro, colocación y pavimentación de la mezcla para proporcionar un flujo suave ininterrumpido de material a la pavimentadora. Los MTV pueden utilizarse para minimizar los efectos de variaciones en el suministro.
- La pavimentadora no debe detenerse nunca en la nueva carpeta.
- Uso de buena mano de obra en la construcción y compactación de juntas longitudinales y transversales frías y calientes. Permitir una adecuada superposición y espesor del material caliente para nivelar y aplanar desde el lado caliente.
- No cementar las juntas.
- Utilizar aplanadoras suficientes para alcanzar la compactación de distribución e intermedia adecuadas y para completar el aplanado de acabado dentro de los límites de temperatura especificados para estas operaciones.

Apertura del Nuevo Pavimento RAC al tráfico

De ser posible, no permita el tráfico antes de que la temperatura de la carpeta baje a 150°F para prevenir daños a la nueva superficie. A temperaturas más altas de 150°F, un polvo de roca o arena secante pueden ser necesarios para evitar ahuellamiento y levantamiento del material de RAC



APLICACIÓN DE ASFALTO CAUCHO CON PULVERIZADOR

Los aglomerantes utilizados para sellos de gravilla con asfalto caucho y capas intermedias son generalmente los mismos utilizados para hacer mezclas de RAC, utilizando el equipo anteriormente descrito. Los sellos de gravilla son también llamados Membranas de Absorción de Esfuerzos (SAM, por sus siglas en inglés) o Membranas de Agregado y Asfalto con Caucho (ARAM, por sus siglas en inglés) y pueden ser utilizadas en superficie o como capas intermedias resistentes a las grietas debajo de un revestimiento de mezcla caliente convencional RAC. La principal diferencia en la construcción es que no se aplica un sello negro en la superficie de capa intermedia antes del revestimiento.

Construcción de Sellos de Gravilla

Los sellos de gravilla son tratamientos superficiales que son extremadamente sensibles a los efectos de las operaciones de construcción y de las condiciones del sitio, incluyendo temperatura (temperatura ambiental y temperaturas de los agregados de recubrimientos y del pavimento inferior). Existen únicamente diferencias prácticas menores en la construcción de los sellos de arcilla caliente convencionales contra los sellos de arcilla de asfalto con caucho. La principal diferencia es que la membrana de asfalto caucho es más gruesa y la gravilla del agregado debe ser suficientemente grande para que no sea “tragada” por la membrana. El tamaño adecuado de las boquillas de distribución minimiza la tendencia a obstruirse debido a la presencia de partículas separadas de caucho. La construcción de sellos de gravilla se mueve con relativa rapidez. Un índice razonable de producción es de entre 5 a 7 millas de carril diarias.



Textura de la superficie

La temperatura es crítica para una construcción exitosa de sellos de gravilla ya sea que se trate de aglomerante de grado pavimento asfáltico convencional o de asfalto caucho de alta viscosidad. La gravilla limpia o pre cubierta es también crítica y, para su uso con aglomerantes de asfalto caucho, se exige que esté caliente (260 a 325°F). La incrustación y adhesión de la gravilla debe lograrse por aplanamiento mientras la membrana de asfalto caucho continúa caliente. Tanto Caltrans como el Greenbook indican que las temperaturas más altas del aglomerante de asfalto caucho y el uso de gravilla pre cubierta caliente permiten la colocación del sello de gravilla y asfalto caucho a temperaturas más frías que las utilizadas para aglomerantes de emulsión y por la noche. Sin embargo, no es recomendable colocar sellos de gravilla cuando la temperatura ambiente o del pavimento es menor a 60°; tales condiciones frías dejan un pequeño margen para la variabilidad en las condiciones de temperatura de los materiales, de la aplicación o del sitio.

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

Equipo para Sellos de Gravilla

El equipo requerido para colocar un sello de gravilla, incluye:

- Un camión de distribución con receptor de vapor para la aplicación por pulverización de la membrana de asfalto caucho.
- Un esparcidor de gravilla.
- Camiones de transporte para gravilla.
- Aplanadora (s): Debido a que el recubrimiento del sello de gravilla es la cubierta de agregado deben utilizarse rodillos de caucho para incrustar el agregado y son recomendados por su acción de amasado. Pueden también utilizarse rodillos de acero, pero pueden no ser tan eficaces para incrustar el agregado.
- Herramientas manuales (escobas, palas, etc.).
- Una barredora motorizada.
- Para tratamientos superficiales, un camión distribuidor para aplicar un sello negro (normalmente una emulsión diluida).

Aplicación por Pulverización de Asfalto Caucho

El distribuidor debe ajustarse y operarse adecuadamente para aplicar la cantidad adecuada de aglomerante de asfalto caucho uniformemente sobre la superficie. Para la imprimación, es necesario esparcir y superponer para aplicar la membrana. El tamaño, separación y ángulo de la boquilla (aspersor) en relación con la barra de pulverización ayudan a determinar la altura de la barra. Pueden presentarse estrías si el aglomerante de asfalto caucho está muy frío, cuando su viscosidad es muy alta o la barra de pulverización está muy baja. La persona que supervisa la uniformidad de la aplicación y la boquilla debe estar protegida contra los vapores por una campana de contaminación sobre la barra de pulverización. El índice de aplicación normalmente es de entre 0.55 a 0.65 galones por yarda cuadrada. El índice debe estar basado en las condiciones de la superficie del pavimento existente: las superficies secas, oxidadas, peladas o quebradizas requieren aplicaciones más altas de aglomerante.



Aplicación por Pulverización

Cada aplicación por pulverización deben iniciar y finalizar en papel (cartón alquitranado o tela asfáltica, de ser posible) para garantizar la uniformidad de toda la aplicación. El ancho de la aplicación debe ajustarse para que la junta longitudinal (línea de encuentro) no esté en la trayectoria del rodillo, pero sí en la línea central o en el centro o el borde de las líneas divisorias de los carriles. Después de cada aplicación, la distancia, ancho y cantidad de asfalto caucho deben determinarse para verificar el índice de aplicación.

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

Aplicación del Agregado

Los índices de aplicación del agregado pueden determinarse en el laboratorio antes del inicio de la construcción. El método más fácil es simplemente poner el agregado de una piedra de profundidad en un área medida, pesar la cantidad de piedra requerida para cubrir el área y convertir a las unidades adecuadas. Los índices normales son de aproximadamente 28 a 44 libras por yarda cuadrada, con el índice exacto a ser determinado por un Ingeniero. Para verificar que los índices de aplicación para aglomerante y gravilla son adecuados, también revise la incrustación de la cubierta de agregado. La gravilla individual debe incrustarse a una profundidad de entre 50 a 70 por ciento después de asentarse en el laboratorio o con aplanadoras y por el tráfico en campo.

El exceso en la aplicación de gravilla interfiere con la incrustación y la adhesión. Depositar la gravilla en una base de yarda cuadrada en lugar de hacerlo por toneladas ayuda a minimizar la sobre aplicación de la cubierta de agregado. Las piedras sueltas a lo largo de la orilla de la carretera después del barrido podrían indicar aplicación excesiva de gravilla y piedra desperdicia, que la aplicación de asfalto caucho es muy ligera o que el aglomerante se enfrió antes de que la incrustación y la adhesión fueran alcanzadas. El exceso en la aplicación de asfalto caucho puede literalmente sumergir o tragar la gravilla y resultar en exudación como llorado/sangrado.

El esparcidor de gravilla debe seguir al distribuidor de asfalto caucho a una distancia de 65 a 100 pies y así debe mantenerse. El aglomerante de asfalto caucho debe ser fluido de manera que la roca quedará incrustada por el desplazamiento del asfalto. Se muestra a continuación un tren de sello de gravilla que consta de un camión distribuidor de aglomerante, un esparcidor de gravilla y una aplanadora.

Los camiones deben regresar a la caja del esparcidor y no deben cruzar ninguna membrana de asfalto caucho expuesta. Esto está ilustrado en la foto de la derecha (Esparciendo Agregados Pre Cubiertos); el esparcidor de gravilla está en primer plano en la foto y la caja levantada del camión de transporte puede verse detrás del esparcidor. Las velocidades y cargas de los camiones de transporte de gravilla deben regularse para prevenir daño al nuevo sello. Deben girar lo menos posible sobre el sello nuevo.



Aplicación de Agregado

El esparcidor de gravilla debe ser operado a una velocidad que evitará que la cubierta de agregado se enrolle mientras está siendo aplicada. El suministro de agregado debe controlarse para garantizar una distribución uniforme sobre la caja entera. Si se esparce exceso de agregado en algunas áreas, deberá distribuirse sobre la superficie adyacente de la carretera o levantarse. Sin embargo, la aplicación en exceso normalmente interfiere con la incrustación y adhesión y puede llevar a problemas futuros con la pérdida de gravilla. Las áreas que no obtienen suficiente cubierta de agregado (aproximadamente 85 por ciento del total del área de la membrana es un objetivo razonable) deberán cubrirse con agregado adicional (normalmente a mano), pero pueden ocurrir problemas con la adhesión, porque para

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

entonces el asfalto caucho se ha enfriado.

Aplanado de Sellos de Gravilla y Asfalto con Caucho

Las aplanadoras de llantas neumáticas son utilizadas normalmente para aplanar los sellos de gravilla porque la acción de amasado de las llantas de caucho promueve la incrustación. Las llantas no libran las irregularidades y depresiones de la superficie, como lo hacen los rodillos metálicos. A diferencia de las mezclas de RAC, las llantas están en contacto con el recubrimiento de agregado en lugar del aglomerante de asfalto caucho, por lo que la recolección excesiva es raramente un problema.



Aplanado de Sellos de Gravilla



Los sellos de gravilla son la única aplicación de asfalto con caucho en la que las aplanadoras de llantas de caucho pueden utilizarse

Los faldones alrededor de las llantas pueden ayudar a mantener elevada la temperatura de la llanta para ayudar a la compactación. El aplanado de una sello de gravilla se lleva a cabo para orientar e incrustar la roca (situar los lados planos hacia abajo). Las aplanadoras deben ser operadas a bajas velocidades de aproximadamente 4 a 6 mph para que la roca colocada en el aglomerante no se desplace. El número de rodillos necesarios depende de la velocidad de la operación, puesto que toma de 2 a 4 pasadas a la aplanadora acomodar la roca.

Barrido

El barrido (cepillado) remueve el agregado sobrante de la superficie del sello de gravilla nuevo para minimizar las rocas sueltas. El barrido puede usualmente iniciarse dentro de los 30 minutos posteriores a la aplicación de la gravilla. Es recomendable barrer durante el periodo fresco del día utilizando una barredora motorizada giratoria. La foto a la derecha muestra la superficie de un sello de gravilla y asfalto con caucho terminado después del barrido, antes de la aplicación del sello negro y arena. Para las capas intermedias, no se aplica sello negro o arena.

Sello Negro

El sello negro consta de una aplicación de sello de niebla sobre el nuevo sello de gravilla y asfalto con caucho seguido de un recubrimiento de arena.

Sellos de Niebla

Los Sellos de Niebla se aplican sobre sellos de gravilla para ayudar a retener la cubierta de agregado y para proporcionar una apariencia más uniforme. Los sellos de niebla no se aplican sobre SAMI-R porque estos serán cubiertos con un recubrimiento. Los sellos de niebla normalmente constan de una emulsión de asfalto grado CSS-1, CSS-1h, o CQS-1 diluida en 50 por ciento de agua agregada. El índice de aplicación estándar sobre sellos de gravilla y

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

asfalto con caucho es de aproximadamente 0.05 a 0.1 galón por yarda cuadrada, o cómo lo determine el Ingeniero.

Cubierta de Arena

Una cubierta de arena se aplica inmediatamente después de la aplicación del sello de niebla para prevenir el levantamiento y ahuellamiento del material de los sellos de gravilla por las llantas de los vehículos. La arena debe estar limpia, ejemplo: sin finos de arcilla o materia orgánica. Ésta se esparce en una sola aplicación de aproximadamente 2 a 4 libras por yarda cuadrada o a un índice determinado por el Ingeniero.

Control de Tráfico

Se requieren algunas formas de control de tráfico para mantener la velocidad inicial del tráfico en un nuevo sello de gravilla aproximadamente por debajo de 25 mph. Las personas con bandera o señalizaciones ayudan, pero el medio más efectivo es el auto piloto. El objetivo principal del auto piloto es controlar la velocidad del tráfico a lo largo del proyecto. Este tráfico también proporcionará un poco de acción de aplanamiento y amasado adicional.

EMISIONES

Calidad del Aire

Se han expresado preocupaciones acerca de los efectos sobre la calidad del aire de los materiales para pavimentación modificados con CRM, particularmente relativas a las emisiones de las plantas de HMA y de la salud y seguridad de los trabajadores. El CRM consta principalmente de varios tipos de caucho y otros hidrocarburos, negro de carbón, aceites diluyentes y cargas inertes. La mayoría de ellos compuestos químicos en el CRM también se encuentran presentes en cierta medida en el asfalto grado pavimentación, aunque las proporciones probablemente difieren. El CRM no incluye sustancias químicas exóticas que representen ningún riesgo nuevo para la salud. Aunque se han realizado una serie de estudios de emisiones de chimenea y de exposición a trabajadores, a lo largo de los EE.UU., estos no han indicado ningún riesgo incremental debido a emisiones relacionadas con el CRM; las preocupaciones parecen persistir. Conclusiones de estudios Federales, estatales y privados seleccionados, se presentan aquí.

FHWA/USEPA

En junio de 1993, la FHWA y la Administración de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA, por sus siglas en inglés) emitieron un reporte sobre el “Estudio del Uso de Materiales Reciclados de Pavimentación - Reporte al Congreso” que describe un análisis de los resultados de siete estudios para comparar las amenazas/riesgos relativos para la salud humana y el medio ambiente de la pavimentación asfáltica convencional a la pavimentación de asfalto con CRM. El reporte describe algunas de las variables que influenciaron la comparación ambiental y de salud. Las conclusiones indicaron que los datos evaluados no contenían tendencias obvias para indicar un incremento o decremento significativo en las emisiones atribuidas al uso del CRM. El reporte de FHWA/USEPA recomendó el estudio adicional de este asunto. Se han llevado a cabo estudios posteriores, pero no han proporcionado evidencia suficientes para cambiar las conclusiones originales.

Pruebas de Emisiones a Plantas de AC

Para evaluar la problemática de las emisiones, se llevaron a cabo “pruebas de emisiones de chimenea” en plantas de AC, durante la producción de mezclas calientes de asfalto con caucho en Nueva Jersey (1994), Michigan (1994), Texas (1995) y California (1994 y 2001). Los resultados generalmente indicaron que las emisiones medidas durante la producción de asfalto con caucho en las plantas de HMA permanece estadísticamente casi igual que el AC convencional y que las cantidades de cualquier componente peligroso y las partículas permanece por debajo de los límites obligatorios (Stout & Carlson, 2003). Eso no significa que no existan diferencias en los datos brutos de las emisiones entre la producción de los materiales de pavimentación con CRM y el DGAC convencional; en muchos casos las hay. Sin embargo, las cantidades reales de los diversos compuestos de interés que se miden, son normalmente muy pequeñas, tanto para el convencional, como para las mezclas de CRM y las diferencias medidas no son lo suficientemente grandes para indicar ningún efecto adverso.

En 2001, Caltrans investigó emisiones en dos plantas de AC en el área de la Bahía de San Francisco. El estudio del Área de la Bahía fue el resultado de graves problemas de humo azul que ocurrieron en una planta en noviembre de 2000 que fueron atribuidos al uso de CRM, más que a la falta de controles modernos de emisiones. Una asociación entre el Distrito de Gestión de la Calidad del Aire del Área de la Bahía (BA AQMD, por sus siglas en inglés), Caltrans y organizaciones de la industria de la pavimentación, desarrollaron un

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

plan para hacer pruebas a las plantas de AC que producían RAC durante el verano del 2001. El alcance del programa de pruebas incluyó lo siguiente:

- Método 429 de la Cal ARB – Hidrocarburos Poliaromáticos (PAH, por sus siglas en inglés)
- Método Modificado 5 de la Cal AR – Determinación de Partículas (BTEX)
- Prueba durante la producción de AC Convencional y RAC por triplicado en dos plantas calientes
- Pruebas durante los turnos normales de producción

Para este estudio, la Agencia de Obras Públicas del Condado de Sacramento llevó a cabo pruebas de emisiones de chimenea en dos instalaciones de producción, una planta mezcladora y una planta mezcladora de tambor, para comparar las emisiones durante la producción de las mezclas de RAC y de DGAC. El asfalto con caucho se encontraba conforme a los requisitos de Caltrans para aglomerante de alta viscosidad de proceso en húmedo. Aunque los resultados de la planta mezcladora estaban influenciados por el benceno de los tubos de escape de los camiones de transporte en la nave de carga de camiones (otras fuentes posibles fueron evaluadas y descartadas), las emisiones medidas de partículas y tóxicos específicos contaminantes del aire fueron consistentemente más bajos que los factores de emisión de la EPA AP- 42 para la producción de ambos tipos de mezclas y ambos tipos de plantas. Las conclusiones de la carta reporte de la Agencia de Obras Públicas sobre los Resultados de las Pruebas de Emisiones de Chimenea en Concreto Asfáltico con Caucho y Concreto Asfáltico Convencional, con fecha del 5 de febrero de 2002, fueron las siguientes:

- Las emisiones de la producción de RAC no son significativamente diferentes a las provenientes de la producción del DGAC convencional.
- El asfalto con caucho es uno de los muchos tipos de “asfalto”; y las emisiones de su producción no son distintas de las emisiones de la producción del asfalto convencional.
- Por consiguiente, las plantas de producción existentes en el Área de la Bahía que están autorizadas para producir AC deben estar autorizadas para producir RAC.

Salud y Seguridad del Trabajador

Se han llevado a cabo una serie de estudios de exposición del trabajador a compuestos potencialmente peligrosos en humos de materiales de pavimentación de asfalto modificado con CRM. Aunque

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

los compuestos evaluados, la terminología y los métodos podrían variar entre estos estudios, las mismas tendencias, generalmente se repiten. Los humos generados por los materiales del CRM a temperaturas elevadas, en comparación con las mezclas de AC convencional, tiene frecuentemente concentraciones más elevadas de una serie de compuestos de interés, pero estos compuestos raramente exceden los límites de exposición permitidos.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés)

El NIOSH, en cooperación con la FHWA ha realizado evaluaciones de posibles diferencias en la exposición ocupacional y los efectos potenciales a la salud ocasionados por el CRM y el HMA convencional. Las Evaluaciones de Riesgos a la Salud del NIOSH se realizaron en siete proyectos de pavimentación ubicados en Michigan, Indiana, Florida, Arizona, Massachusetts y California (2) de 1994 a 1997. El propósito de los estudios múltiples fue el de evaluar la información específica del sitio relativa a cada proyecto para recopilar resultados y comparar los efectos de la exposición causados por el CRM y los materiales convencionales.

El análisis incluyó una evaluación de muestras de aire recolectadas del área para caracterizar las emisiones de humo del asfalto, muestras de aire de la zona personal de respiración (PBZ, por sus siglas en inglés) para evaluar la exposición del trabajador y un componente médico incluyendo cuestionarios y pruebas de funcionamiento pulmonar.

Los estudios del NIOSH mostraron que las diversas mediciones de exposición evaluadas para ambos, el AC convencional y el pavimento asfáltico con CRM estuvieron por debajo de los límites de exposición recomendados por el NIOSH. En base a los resultados de los estudios individuales, el NIOSH no extrajo ninguna conclusión definitiva en relación a los efectos potenciales para la salud causados por el asfalto con CRM, en comparación con el asfalto convencional. Estos reportes indican que los incrementos en las emisiones de la planta estaban relacionados con temperaturas elevadas de operación, no a la presencia del CRM.

Estudios de la Industria en California

Un estudio de 2.5 años, se llevó a cabo en el Sur de California para evaluar los efectos de la "Exposición de Los Trabajadores de Pavimentación a las Emisiones del Asfalto (Al Utilizar Mezclas de Asfalto con Caucho)". El estudio inició en 1989 y los resultados fueron publicados en 1991 (Rinck, Napier y Null), antes de que la

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

ventilación de humos por extracción y los dispositivos de captura fueran implementados en el equipo de pavimentación. El estudio monitoreó a una serie de individuos trabajadores de pavimentación en contacto directo con los humos durante las operaciones de pavimentación con mezcla caliente, así como durante las aplicaciones con pulverizador. Los investigadores encontraron que las exposiciones a las emisiones en las operaciones de asfalto con caucho no discrepaban estadísticamente de las provenientes de las operaciones de asfalto convencional. En base a los resultados de este estudio, “no existe evidencia que indique que las personas que están involucradas en la aplicación de productos de asfalto con caucho se encuentren en riesgo por las emisiones de asfalto con caucho”.

Un estudio de exposición del trabajador de HMA CRM fue llevado a cabo durante la construcción de una autopista cerca de Holtville (Contrato Caltrans No. 11-172504) del 30 de noviembre al 1° de diciembre de 1994. Según se informa, las exposiciones del personal estuvieron considerablemente dentro de los límites existentes de la Cal-OSHA. Sin embargo, las concentraciones medidas de los humos no variaron consistentemente con respecto a la temperatura de la mezcla, como normalmente ha sido observado en este tipo de estudios.

Resumen

La revisión de la literatura indicó que se han llevado a cabo diversos estudios de exposición del trabajador a los compuestos potencialmente peligrosos en los humos del asfalto con caucho. Los humos generados por los materiales modificados con CRM a elevadas temperaturas, frecuentemente han incrementado las concentraciones de una serie de compuestos de interés, en comparación con los materiales de asfalto convencional, pero éstos, raramente exceden los límites establecidos de exposición permitidos. Por tanto, no existe un patrón de evidencia de que los materiales de asfalto con caucho representen mayores riesgos a la salud que los materiales de asfalto convencional.

Calidad del Agua

La calidad del agua es otra área de preocupación en relación al uso de CRM. Los Laboratorios Southwestern hicieron pruebas de lixiviados a existencias de pavimento CRM recuperado, fresado de la IH10 en San Antonio, Texas, para evaluar el potencial de contaminación en escorrentía superficial y en aguas del subsuelo.

Se elaboraron precipitaciones de lixiviado simuladas para representar los efectos acumulativos de lixiviación de lluvia ácida y

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

se analizaron para detectar la presencia de rastros de metales, compuestos orgánicos volátiles (VOC, por sus siglas en inglés) y compuestos orgánicos semi volátiles. El único compuesto de interés que estaba presente a un nivel por encima del límite de detección analítica fue el mercurio, pero los niveles detectados estaban por debajo de los límites de la EPA (Crockford et al, 1995). El reporte concluyó que los niveles detectables de lixiviado eran demasiado bajos para ser ambientalmente significativos o peligrosos.

GLOSARIO

Aglomerante de asfalto con caucho (ARB, por sus siglas en inglés) – es utilizado en diversos tipos de construcción de pavimento flexible, incluyendo tratamientos superficiales y mezclas calientes. De acuerdo a la definición de la ASTM (ASTM D 8, Vol. 4.03, “Materiales para Calles y Pavimentos” del Libro Anual de 2006 de Estándares de la ASTM) el asfalto con caucho es “una mezcla de cemento asfáltico, caucho recuperado de llanta y ciertos aditivos, en la que el componente de caucho es de al menos el 15 por ciento del peso total de la mezcla y que ha reaccionado lo suficiente para provocar la expansión de las partículas de caucho”. Por definición, el aglomerante de asfalto con caucho se prepara utilizando el “proceso en húmedo”. Las especificaciones de Caltrans para las propiedades físicas del ARB caen dentro de los rangos señalados en el ASTM D 6114, “Especificación Estándar para Aglomerantes de Asfalto con Caucho,” también localizados en el Vol. 4.03. El caucho reciclado de llanta se utiliza para el caucho recuperado y es conocido actualmente como modificador de caucho granulado (CRM). El cemento asfáltico y el CRM se mezclan e interactúan a elevadas temperaturas y bajo agitación intensa para promover la interacción física de los componentes del cemento asfáltico y del CRM. Durante la elaboración y almacenamiento del ARB, se requiere de agitación para mantener las partículas de CRM suspendidas en la mezcla. Podrían agregarse distintos destilados del petróleo o aceites diluyentes para reducir la viscosidad, facilitar las aplicaciones con pulverizador y favorece la trabajabilidad. (Consulte Proceso en Húmedo)

Llantas de Automóvil – Llantas con un diámetro exterior menor a 26 pulgadas (660 mm) usadas en automóviles, camionetas y camiones ligeros.

Modificador de Caucho Granulado (CRM, por sus siglas en inglés) – término general para el caucho de residuos de llanta que se reduce en tamaño para su uso como modificador en materiales de pavimentación asfáltica. Diversos tipos se definen aquí. Una variedad de procesos y equipos pueden ser utilizados para lograr la reducción de tamaño, como se indica a continuación:

Tipos de CRM

Modificador de caucho granulado triturado – Partículas de caucho triturado, rasgadas, de tamaño irregular, con un área superficial grande. Es producido generalmente con una trituradora de rodillos.

Caucho de Alto Contenido Natural (Hi Nat, por sus siglas en inglés) – Producto de caucho triturado que incluye un 40 a 48 por ciento de caucho natural o isopreno y un mínimo de 50 por ciento de caucho de hidrocarburos, conforme a los requisitos de Caltrans. Las fuentes del caucho de alto contenido natural incluyen caucho de residuos de llanta de algunos tipos de llantas de transporte pesado, pero no se limitan a residuos de llanta. Otras fuentes de caucho de alto contenido natural, incluyen desperdicios de las pelotas de tenis y tapetes de hule.

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

Desechos de pulido – caucho de alta calidad de residuos de llanta, que es un subproducto del acondicionamiento del cuerpo de la llanta, en preparación para una nueva banda de rodamiento o recauchutado. La viruta de pulido prácticamente no contiene metal o fibra.

Caucho de banda de rodamiento – caucho de residuos de llanta que consta principalmente de caucho de banda de rodamiento con menos de aproximadamente 5 por ciento de caucho de la pared lateral.

Corteza de banda de rodamiento – piezas de caucho de residuos de la banda de rodamiento de la llanta que también son un subproducto de las operaciones de colocación de una nueva banda de rodamiento o recauchutado, que contiene poca o ninguna cuerda de llanta.

Caucho de llanta entera – caucho de residuos de llanta que incluyen la banda de rodamiento y las paredes laterales en proporciones que se aproximan a los respectivos pesos en una llanta promedio.

Métodos de Elaboración del CRM

Trituración Templada - método de procesamiento en el cual el caucho de residuos de llanta es triturado o procesado a o por encima de la temperatura ambiente normal. El procesamiento templado es requerido normalmente para producir partículas rasgadas de forma irregular con un área superficial relativamente grande que favorecen la interacción con el pavimento asfáltico.

Trituración Criogénica – proceso que utiliza nitrógeno líquido para congelar el caucho de residuos de llanta hasta que se torna quebradizo y es entonces que se utiliza un molino de martillo para romper el caucho congelado en partículas suaves con un área superficial relativamente pequeña. Este método es utilizado para reducir el tamaño de las partículas antes de someterse a una trituración final a temperatura ambiente.

Granulado – produce partículas de caucho de corte granulado, cúbicas, de tamaño uniforme con un área superficial reducida.

Molimiento – proceso que reduce las llantas trituradas a piezas de 6 in² (0.023 m²) y menores antes del granulado o de la trituración templada.

Equipo de Procesamiento de CRM

Trituradora de Rodillos – aparato normalmente usado para la trituración templada, que desgarrar el caucho de los residuos de llanta pasando el material entre tambores rotatorios de acero corrugado, reduciendo el tamaño del caucho a partículas granulares, generalmente del tamaño de criba No. 4 al No. 40 (4.75 mm a 425 mm).

Granulador – aparato que recorta el caucho de los residuos de llanta, cortando el caucho con placas giratorias de acero que pasan una tolerancia cerrada, reduciendo el caucho a partículas cúbicas, generalmente del tamaño de criba de 3/8 in. al No. 10 (9.5 mm a 2.0 mm).

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

Micro-trituración – proceso que tritura adicionalmente las partículas de caucho triturado por debajo del tamaño de criba No. 40 (425 mm).

Granulometría Densa – se refiere a una mezcla de agregado de granulometría continua, normalmente utilizada para hacer pavimentos de concreto asfáltico de mezcla caliente (HMA, por sus siglas en inglés) con aglomerantes convencionales o modificados.

Caucho Desvulcanizado – caucho que ha sido sujeto a tratamiento por calor, presión o de adición de agentes suavizantes después de la trituración para alterar las propiedades físicas y químicas del material reciclado.

Diluyente – producto de petróleo más ligero (normalmente queroseno o un producto similar con el mismo tipo de características solventes), agregado al aglomerante de asfalto con caucho justo antes de que el aglomerante se pulverice sobre la superficie de pavimento para la aplicación de sellos de gravilla. El diluyente adelgaza el aglomerante para facilitar la ventilación y la aplicación uniforme de la pulverización, y después se evapora con el tiempo sin causar cambios importantes a las propiedades del asfalto con caucho. El diluyente no se utiliza en el ARB para hacer HMA y no es recomendable su uso en capas intermedias que serán recubiertas con HMA en menos de 90 días debido a la evaporación en proceso de los compuestos volátiles.

Proceso en seco – cualquier método que incluya CRM de residuos de llanta como sustituto de un 1 a un 3 % de agregado en una mezcla de concreto asfáltico para pavimentación, no como parte del aglomerante de asfalto. El CRM actúa como un agregado de caucho en la mezcla de pavimentación. Este método aplica únicamente para la producción de mezclas de AC modificado con CRM. Una variedad de granulometría de CRM ha sido utilizada, en rangos que incluyen desde caucho grueso (de tamaño de criba de 1/4 in. hasta más No. 8 (6.3 a 2.36 mm)), hasta CRM de tamaño “Ultrafino”, menos No. 80 (180 µm). Caltrans cuenta con una disposición especial para RUMAC que incluye una especificación de granulometría intermedia de CRM. Debe tenerse especial cuidado durante el diseño de la mezcla para hacer los ajustes adecuados para la gravedad específica baja del CRM en comparación con el material del agregado para confirmar el análisis volumétrico adecuado. Se han establecido diversos métodos para la alimentación del CRM en seco con el agregado hacia las unidades de la planta para mezclar en caliente antes de que se cargue a la mezcla el cemento asfáltico. Aunque podría haber cierta interacción limitada del CRM con el cemento asfáltico durante la mezcla en la planta de AC, en el silo de almacenamiento, en la transportación, en la colocación y en la compactación, no se considera que el cemento asfáltico sea modificado en proceso en seco.

Aceite Diluyente– aceite aromático utilizado para favorecer la reacción del cemento asfáltico y el modificador de caucho granulado.

Capa de Desgaste – aplicación de asfalto emulsionado diluido sobre una superficie de pavimento para extender la vida del pavimento y que también podría utilizarse para evitar pérdida de roca en los sellos de gravilla u ondulaciones en el HMA.

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

Granulometría Irregular – agregado cuya granulometría no es continua para todos los tamaños de fracciones, pero que normalmente pierde o contiene pocas fracciones de los tamaños más finos (menos No. 8 (2.36 mm) o más finas). Dicha granulometría, normalmente traza por debajo de la línea de densidad máxima en un 0.45 de la gráfica de capacidad granulométrica. La granulometría irregular se utiliza para favorecer el contacto de piedra con piedra en el HMA y es similar a la granulometría utilizada en el asfalto de matriz de piedra (SMA), pero con relativamente menos porcentaje de fragmentos de tamaño de criba No. 200 (75 µm). Este tipo de granulometría es más frecuentemente utilizado para elaborar mezclas de concreto asfáltico con caucho de granulometría irregular (RAC-G, por sus siglas en inglés) para pavimentación.

Interacción – el intercambio físico entre en cemento asfáltico y el CRM cuando se mezclan entre sí a elevadas temperaturas, lo cual incluye la expansión de las partículas de caucho y el desarrollo de las propiedades físicas específicas de la mezcla de asfalto y CRM para cubrir los requisitos. Aunque se le conoce frecuentemente como reacción, la interacción no es una reacción química, sino más bien, una interacción física en la cual el CRM absorbe aceites aromáticos y fracciones ligeras (pequeñas moléculas activas o volátiles) del cemento asfáltico y libera algunos de los aceites similares utilizados en la composición del caucho, en el cemento asfáltico. La interacción puede ser definida más adecuadamente como expansión del polímero.

Agregado Ligero – agregado poroso de muy baja densidad, como la arcilla expandida, la cual se fabrica normalmente. Ha sido utilizado en sellos de gravilla para reducir el daño a parabrisas.

Granulometría abierta – granulometría del agregado que se pretende que sea permeable y consta principalmente de 2 o 3 tamaños nominales de partículas de agregado con pocas partículas finas y de 0 a 4 por ciento de la masa pasando la criba No. 200 (0.075 mm). La granulometría abierta se utiliza en aplicaciones de mezcla caliente para proporcionar superficies relativamente delgadas o capas de rodadura con buenas características de fricción que drenen rápidamente el agua de la superficie para reducir el hidropneumático, las salpicaduras y la aspersión.

Reacción – término comúnmente utilizado para denominar la interacción entre el cemento asfáltico y el modificador de caucho granulado cuando se mezcla entre sí a temperaturas elevadas (consulte, Interacción).

Caucho reciclado de llanta – caucho obtenido del procesamiento de llantas de automóvil, camioneta o autobús usadas (esencialmente llantas para autopista o “sobre la carretera”). Los requisitos químicos para el caucho de residuos de llanta tienen el propósito de eliminar fuentes inadecuadas de caucho de residuos de llanta como lo son las llantas sólidas; las llantas de montacargas, aeronaves y equipos de movimiento de tierra; y otras llantas no automotrices que no proporcionan los componentes adecuados para la interacción del asfalto con caucho. Las fuentes de caucho que no son llantas pueden ser utilizadas únicamente para proporcionar Caucho de Alto Contenido Natural para complementar el caucho reciclado de llanta.

Asfalto con Caucho – cemento asfáltico modificado con CRM que podría incluir menos del 15 por ciento de CRM del total de la masa y por tanto, podría no cumplir con la definición de la ASTM de asfalto con caucho (ASTM D 8, Vol. 4.03). En el pasado, las mezclas terminales

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

(aglomerantes de asfalto modificado con CRM de proceso en húmedo sin agitación, incluyendo los materiales de los Aglomerantes Modificados [MB, por sus siglas en inglés]) normalmente han caído en esta categoría.

Concreto asfáltico con caucho (RAC, por sus siglas en inglés) – material producido para aplicaciones de mezcla caliente al mezclar aglomerantes de asfalto con caucho o asfalto de goma con un agregado de cierta granulometría. El RAC puede ser de granulometría densa, irregular o abierta.

RUMAC – tipo genérico de proceso húmedo para mezclas de RAC que ha tomado el lugar de los exclusivos sistemas de procesos en seco, tales como el PlusRide.

Membrana de Absorción de Esfuerzos (SAM, por sus siglas en inglés) – un sello de gravilla que consta de un aglomerante caliente de asfalto con caucho pulverizada sobre una superficie existente de pavimento, seguido inmediatamente por una aplicación de una cubierta de agregado de tamaño uniforme, el cual es después aplanado e incrustado a la membrana del aglomerante. Su grosor nominal, es generalmente del rango de entre 3/8 y 1/2 pulgada (9 y 12 mm) dependiendo del tamaño de la cubierta de agregado. Una SAM es un tratamiento superficial que se utiliza principalmente para restaurar las características de fricción de la superficie, sellar grietas y proporcionar una membrana a prueba de agua para minimizar la intrusión de agua superficial al interior de la estructura del pavimento. Las SAM se utilizan para la preservación, mantenimiento y reparación limitada del pavimento. Las SAM de asfalto con caucho minimizan el agrietamiento reflexivo del asfalto deteriorado subyacente o del pavimento rígido y pueden ayudar a mantener la funcionalidad del pavimento pendiente de rehabilitación u operaciones de reconstrucción.

Membrana de Capa Intermedia de Absorción de Esfuerzos (SAMI, por sus siglas en inglés) - originalmente definida como la aplicación con pulverizador de un aglomerante de asfalto con caucho y una cubierta de agregado. Sin embargo, las capas intermedias actualmente podrían incluir sellos de gravilla de asfalto con caucho (SAMI-R), textiles (SAMI-F, por sus siglas en inglés) o de agregado sin aglomerar.

Membrana de Capa Intermedia de Absorción de Esfuerzos con Caucho (SAMI-R, por sus siglas en inglés) – SAMI-R es una SAM de asfalto con caucho que se superpone con una mezcla de pavimento asfáltico que puede o no incluir CRM. La SAMI-R retrasa la propagación de las grietas (agrietamiento reflexivo) mediante el nuevo recubrimiento.

Mezcla Terminal – Consulte Proceso en Húmedo – Sin Agitación.

Llantas de camión – llantas con un diámetro exterior mayor a 26 pulgadas (660 mm) y menor a 60 pulgadas (1520 mm); usadas en camiones comerciales y autobuses.

Viscosidad – es la propiedad de resistencia al flujo (fuerzas de corte) en un fluido o semifluido. Los fluidos espesos como el asfalto con caucho tienen alta viscosidad; el agua tiene baja viscosidad. La viscosidad se especifica como una medida de control de calidad en campo para la producción de asfalto con caucho y su utilización en mezclas con RAC.

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

Caucho vulcanizado – caucho crudo o sintético que ha sido sujeto a tratamiento con sustancias químicas, calor y /o presión para mejorar la resistencia, estabilidad, durabilidad, etc. El caucho de las llantas está vulcanizado.

Proceso en Húmedo – método para modificar cemento asfáltico con CRM elaborado de caucho de residuos de llanta y otros componentes, conforme a los requisitos antes de incorporar el aglomerado a los materiales de pavimentación asfáltica. Caltrans requiere el uso de aceite diluyente y la adición de CRM de alto contenido natural. El proceso en húmedo requiere un mezclado exhaustivo del CRM en cemento asfáltico caliente (375°F a 435°F, 190°C a 224°C) y mantener la mezcla resultante a temperaturas elevadas (de 375°F a 425°F, 190°C a 218°C) por un periodo de tiempo mínimo determinado (normalmente de 45 minutos) para promover una interacción entre el CRM y el asfalto. Los requisitos de las especificaciones de Caltrans incluyen un rango de operación para viscosidad rotacional y penetración de cono, y un valor mínimo para el punto de reblandecimiento y la resiliencia.

El proceso en húmedo puede utilizarse para producir una gran variedad de aglomerantes modificados con CRM que tienen rangos correspondientes respectivos de las propiedades físicas. Sin embargo, las distinciones más importantes entre las distintas mezclas parecen estar relacionadas con la viscosidad rotacional de la mezcla resultante de CRM - cemento asfáltico a alta temperatura (el umbral es 1,500 centipoises (cPs) o 1.5 Pa/s a 375°F [190°C] dependiendo de la especificación gobernante) y al hecho de si la mezcla requiere o no de agitación constante para mantener una distribución relativamente uniforme de las partículas de caucho. La viscosidad está fuertemente relacionada con el tamaño de las partículas del CRM de llanta triturada y del contenido de caucho de llanta en el aglomerante modificado con CRM. La granulometría de CRM utilizada en el proceso en húmedo es típicamente de tamaño de criba menos No. 10 (2 mm) o más fina. Debe asumirse que los aglomerantes modificados con CRM con viscosidades = 1,500 cPs a 375°F (190°C) requieren agitación.

Proceso en Húmedo - Sin Agitación: una forma de proceso en húmedo donde el CRM se mezcla con el cemento asfáltico caliente en una refinería o en una terminal de almacenamiento y distribución de asfalto y se transporta a la planta de mezclado de HMA o al sitio de trabajo para su uso. Este tipo de asfaltos con caucho (que incluyen a los Aglomerantes Modificados con Caucho, RMB) no requieren de agitación constante para mantener a las partículas de CRM uniformemente distribuidas en el aglomerante modificado. El término “mezcla terminal” se utiliza frecuentemente para describir a dichos materiales, aunque también podrían ser producidos en el campo. Por tanto, nombrarlos mezclas terminales es innecesariamente restrictivo y la descripción predilecta para este tipo de aglomerantes es “proceso en húmedo - sin agitación”. Tales aglomerantes son modificados normalmente con partículas de CRM más finas que el tamaño de criba del No. 50 (300 µm) que pueden ser digeridas (desechas y derretidas) relativamente rápido y/o pueden mantenerse dispersas por la circulación normal dentro del tanque de almacenamiento, en lugar de por la agitación de brocas o paletas especiales. También podrían incluirse polímeros y otros aditivos. En el pasado, los contenidos de caucho para mezclas de este tipo han sido generalmente = 10% de la masa del asfalto o del total del aglomerante (lo cual no satisface la definición D 8 de la ASTM para asfalto con caucho), pero informes recientes indican que algunos productos en California incluyen ahora 15% o más de CRM. Aunque tales aglomerantes pueden desarrollar un nivel considerable de modificación con caucho, los valores de viscosidad rotacional raras veces se acercan al rango mínimo de 1500 (cPs) o 1.5 Pa/s a 375°F (190°C), que es necesario para

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

incrementar significativamente los contenidos del aglomerante por encima de las mezclas convencionales HMA sin escurrimiento excesivo.

Proceso en Húmedo - Alta Viscosidad – aglomerantes de asfalto modificados con CRM que mantienen o exceden el rango mínimo de viscosidad rotacional de 1,500 cPs a 375°F (190°C) por un periodo de interacción deben describirse como aglomerantes de “proceso en húmedo – alta viscosidad” para distinguir sus propiedades físicas de aquellos materiales de proceso en húmedo - sin agitación. Dichos aglomerantes requieren de agitación para mantener las partículas de CRM uniformemente distribuidas. Éstos podrían ser fabricados en grandes tanques estacionarios o en unidades de mezclado móviles que los bombean hacia tanques agitadores o tanques móviles de almacenamiento. Los aglomerantes de proceso en húmedo – alta viscosidad incluyen materiales de asfalto con caucho que cubren los requisitos de la ASTM D6114. Los aglomerantes de proceso en húmedo – alta viscosidad normalmente requieren de al menos un 15% de caucho de residuos de llanta para alcanzar el rango de viscosidad. Caltrans requiere un mínimo de contenido total de CRM del 18%.

Agregados para Concreto Asfáltico

Clasificación de Rocas

- Sedimentaria.
- Ígnea.
- Metamórfica.

Fuentes de Agregado

- Agregados Naturales - grava, arena.
- Agregados Procesados – agregado molido.
- Agregados Sintéticos – escorias de alto horno.

Tamaño Máximo de la Partícula y Granulometría

- Específicos para cada mezcla de concreto asfáltico para pavimentación.
- Agregado grueso – retenido en la criba No. 4.
- Agregado fino - pasa la criba No. 4.
- Relleno mineral /polvo – pasa la criba No. 200.

Gravedad Específica

- Los agregados de gravedad específica baja cubren un mayor volumen por tonelada y, por tanto, requieren un mayor porcentaje de cemento asfáltico.
- Los agregados de gravedad específica alta cubren un menor volumen por

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

tonelada y, por tanto, requieren un menor porcentaje de cemento asfáltico.

Limpieza

- Libre de material inadecuado.
- Resistencia.
- Resistente a la abrasión.

Forma de la Partícula

- Partículas molidas se entrelazan para proporcionar resistencia.
- Partículas finas, redondas proporcionan trabajabilidad, pero actúan como rodamientos de bolas en la mezcla, de modo que el contenido debe ser limitado. Muchas agencias limitan este tipo de materiales a un máximo de 15% del total del agregado para minimizar los efectos adversos al entrelazarse el agregado y los VMA.

Textura de la Superficie

- El asfalto tiende a pelarse de superficies lisas.

Capacidad Absorbente

- La habilidad para absorber asfalto influencia la cantidad total de asfalto requerido. Mucha capacidad de absorción incrementa el contenido del aglomerante.

Afinidad con el Asfalto

- Habilidad del agregado para adherirse al aglomerante asfáltico.

Asfalto

Características

- Material cementoso, negro, hecho en gran medida de hidrocarburos.
- Material plástico visco-elástico – quebradizo y duro cuando está frío; suave y viscoso cuando está caliente.

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

Clasificaciones

- Cemento asfáltico (asfalto de grado de pavimentación).
- Asfalto líquido (mezclado con rebajadores) - no utilizado en el RAC.
- Asfalto emulsionado (mezclado con agua) - no utilizado en el RAC.

Propiedades Físicas

- Durabilidad.
- Adhesión.
- Susceptibilidad a la temperatura – la modificación con CRM reduce la susceptibilidad a la temperatura.
- Envejecimiento y endurecimiento.

Pruebas para Asfaltos

Las siguientes pruebas se utilizan para aglomerantes de asfalto con caucho, pero no para pruebas de asfalto con Grado Desempeño (PG, por sus siglas en inglés).

Viscosidad – habilidad para fluir, consistencia – dependiente de la temperatura.

Penetración – valor de dureza, también medida de consistencia a una sola temperatura.

Punto de ignición - temperatura a la que la muestra se "enciende" ejemplo, arde en llamas.

Prueba de Película Delgada /Prueba Rotatoria de Película Delgada – métodos para envejecimiento.

Ductilidad – partículas separadas de CRM afectan los resultados de las pruebas, normalmente muestran fracturación temprana.

Estabilidad – limitado a las emulsiones. Para aglomerantes sin agitación, use la prueba de separación y las pruebas de cumplimiento de las especificaciones para evaluar la estabilidad de las propiedades.

Gravedad Específica – usada en cálculos volumétricos de diseño de mezcla y para dosificación durante la producción de la mezcla.

Métodos de Diseño de Mezclas

- Método Marshall de Diseño de Mezcla.
- Mezclas para pavimentación de asfalto de mezcla caliente, tamaño máximo del agregado de una pulgada (para moldes de 4 pulgadas).
- Determina el contenido óptimo de cemento asfáltico para una mezcla particular de agregados.
- Las características principales son: 1) un análisis de densidad/vacíos y 2) una prueba de estabilidad / flujo Marshall.

Método HVEEM de Diseño de Mezclas

- Pavimento de mezcla caliente, agregado de tamaño máximo de una pulgada de
- Las características principales son:
- Equivalente Centrífugo de Queroseno.
- Prueba de Estabilidad Hveem.
- Prueba de expansión. (permeabilidad)
- Vacíos de aire.
- Exudación: sangrado/llorado.

Características de Diseño de Mezclas

- El diseño de mezclas de las mezclas para pavimentación asfáltica y de asfalto de goma es un intercambio entre el alto contenido de aglomerante para perfeccionar la durabilidad a largo plazo y el desempeño, y el suficiente espacio de vacío en posición para evitar ahuellamiento, inestabilidad, sangrado y llorado.
- Los vacíos de aire proporcionan espacios para el movimiento del aglomerante de cemento asfáltico o de un aglomerante de asfalto con caucho dentro de la mezcla compactada.
- Un contenido alto de vacíos de aire indica una densidad relativamente baja y permeabilidad incremental de la mezcla compactada. El objetivo máximo de diseño es 6% de vacíos de aire, para alto volumen especial y/o condiciones climáticas calientes.
- Una densidad baja resulta normalmente en corrimiento y/o peladuras, mayor susceptibilidad al envejecimiento, fatiga y daño ambiental, y reducida vida de servicio relativa.
- Un contenido bajo de vacíos de aire indica una densidad relativamente alta y una tendencia incremental de exudación del asfalto, el ahuellamiento y la corrugación en la mezcla de asfalto. El objetivo mínimo de diseño es 3% de vacíos de aire.
- La densidad alta también mejora la Resistencia a la fatiga y al daño ambiental, la durabilidad y el desempeño a largo plazo, en tanto que los vacíos de aire en posición sean suficientes para prevenir sangrado o inestabilidad.

Vacíos en el Agregado Mineral (VMA, por sus siglas en inglés)

- Total de vacíos excluyendo aquellos permeables al agua y asfalto. Los VMA son una función de la granulometría del agregado, forma de las partículas y textura.
- Los VMA adecuados proporcionan suficiente espacio para el aglomerante, lo cual resulta en una película asfalto de espesor duradero.

Diseño del Contenido de Asfalto

- Depende de la granulometría del agregado (particularmente los VMA), la habilidad para absorber el asfalto y el esfuerzo y tipo de compactación. Los métodos Hveem y Marshall producirán diferentes resultados para la misma mezcla.
- El relleno mineral afecta en gran medida el diseño de contenido del aglomerante asfáltico. Demasiado relleno cubre los vacíos, reduce los VMA y tiene alta demanda para el aglomerante, lo que resulta en una mezcla seca. Muy poco relleno resulta en una mezcla húmeda. Sin embargo, se utiliza una pequeña cantidad de relleno en las mezclas RAC debido a las limitaciones en el porcentaje que pasa la criba de tamaño No. 200.

Propiedades de Diseño de Mezclas

Estabilidad

- Habilidad para resistir el corrimiento y el ahuellamiento, ejemplo, deformación permanente.
- Dependiente de la fricción interna de los agregados (entrelazado) y de la cohesión del aglomerante de asfalto a la superficie de agregado.
- Las partículas angulares de agregado con una superficie de textura áspera resultan en pavimentos de estabilidad alta.

Durabilidad

- Habilidad para resistir a los cambios en el asfalto, (polimerización y oxidación) desincrustación del agregado y peladuras en la película de asfalto.
- La durabilidad puede mejorarse incrementando el aglomerante de asfalto y alcanzando la compactación adecuada.

Impermeabilidad

- Relacionada con el contenido de vacíos de aire y con las características de los vacíos (si están interconectados, el tamaño de los vacíos y si los vacíos están ubicados en la superficie). El tamaño de los vacíos se relaciona con el tamaño de las partículas del agregado; mezclas de piedras grandes tienen vacíos individuales más grandes.

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAC-104

Trabajabilidad

- La trabajabilidad describe la facilidad con la que la mezcla puede ser colocada y compactada.
- Las mezclas ásperas (agregado grueso, pocos finos) tiende a presentar baja trabajabilidad – las mezclas RAC-G no son aptas para trabajo manual.
- Las mezclas blandas (demasiada arena o partículas de agregado redondas) tienden a correrse durante el aplanamiento.
- La temperatura de la mezcla afecta en gran medida la trabajabilidad.

Flexibilidad

- Habilidad para ajustarse a los cambios graduales en la subrasante o por la presión desigual en los recubrimientos sin agrietarse aplicados a lo largo de grietas.
- Las mezclas de granulometría abierta o irregular tienen más flexibilidad que las mezclas de granulometría densa, dado que tienen mayor contenido de aglomerante de asfalto con caucho y, por tanto, se utilizan cuando se desea resistencia al agrietamiento reflexivo.

Resistencia a la Fatiga

- Habilidad para resistir la deformación y flexión repetida bajo las cargas de tránsito
- Un contenido bajo de vacíos de aire y un contenido alto de asfalto incrementan la resistencia a la fatiga.
- Los aglomerantes de asfalto-caucho de alta viscosidad han demostrado ser altamente resistentes al agrietamiento por fatiga.

Resistencia al Deslizamiento

- Mide la habilidad de la superficie de asfalto a resistir al deslizamiento o derrapamiento de las llantas de los vehículos. Los pavimentos rugosos tienen una mayor resistencia al deslizamiento que los pavimentos lisos o exudados.

Fallas Típicas del Pavimento Asfáltico

Fallas en los Bordes

- Espesor insuficiente, falta de soporte lateral, base saturada o cargas de tráfico pesado.

Guía de Producción y Construcción

Transferencia Tecnológica RAG-104

Superficie Desgastada o Seca

- Contenido insuficiente de aglomerante durante la elaboración de la mezcla, pérdida de aglomerante debido a peladuras u ondulaciones, sobrecalentamiento o agregados absorbentes.

Baches

- Falla estructural ocasionada por la falta de base y/o soporte del subrasante, insuficiente espesor del pavimento o mezcla segregada. La infiltración de agua es generalmente un importante factor de contribución.

Agrietamiento Piel de Cocodrilo (por Fatiga)

- Falla estructural ocasionada por la falta de base y/o soporte del subrasante, insuficiente espesor del pavimento, aglomerante insuficiente o envejecido, o saturación de agua

Sangrado (exudación) e Inestabilidad

- Contenido excesivo de aglomerante, imprimación pesada, exceso de finos en el agregado, agregados redondos, bajo contenido de vacíos de aire.

Ondulaciones

- Mezcla delgada (con bajo contenido de aglomerante) o sobrecalentada.
- Baja densidad/mala compactación.

Deslizamiento

- Alta presión de corte, falta de adherencia con la capa subyacente debido a la imprimación inadecuada o a la limpieza inadecuada de la superficie existente.

Peladuras

- Pérdida de aglomerante, más frecuentemente, ocasionadas por daños por humedad o por las características de la superficie de agregado.

Erosión Superficial

- Paso o estancamiento de agua en el pavimento por largos periodos de tiempo.
- Agregados blandos.

Agrietamiento Longitudinal o Transversal

- Agrietamiento reflexivo del pavimento existente – difícil de prevenir. La resistencia al agrietamiento reflexivo es uno de los principales beneficios de desempeño de las mezclas calientes de asfalto-caucho.
- El agrietamiento longitudinal usualmente se manifiesta a lo largo de las juntas del pavimento; si se localiza en las trayectorias de las ruedas, es un antecesor de agrietamiento piel de cocodrilo.