

Concreto Asfáltico con Caucho



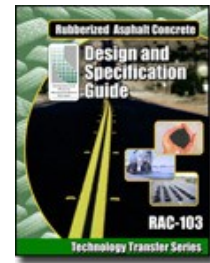
Guía de Diseño y Especificaciones



RAC-103

Serie Transferencia Tecnológica

Guía de Diseño y Especificaciones RAC-103



Índice

Guía de Diseño y Especificaciones	4
Comportamiento de las Mezclas Calientes de Concreto Asfáltico con Caucho (RAC)	4
Diseño Estructural	5
Selección de los Tipos de Mezcla	7
Diseño de la Mezcla de RAC.....	8
Diseño del Aglomerante de Alta Viscosidad	8
Aglomerantes sin Agitación	10
RAC de Granulometría Irregular	10
RAC de Granulometría Abierta.....	11
Mezclas de Proceso en Seco	11
Presentaciones de Diseño de Mezcla.....	12
Glosario	14
Tipos de CRM	14
Métodos de Elaboración del CRM	15
Equipo de Procesamiento de CRM.....	15
Agregados para Concreto Asfáltico	20
Asfalto	21
Métodos de Diseño de Mezcla	22
Características de Diseño de Mezcla	23
Propiedades de Diseño de Mezcla.....	24
Fallas Típicas del Pavimento Asfáltico	25

GUÍA DE DISEÑO Y ESPECIFICACIONES

El diseño de pavimento tiene dos aspectos. El primero es el diseño estructural, para determinar el espesor del pavimento de concreto asfáltico necesario para soportar las cargas previstas del tráfico en el periodo de diseño y los tipos de materiales que se utilizarán en cada capa de la estructura del pavimento.

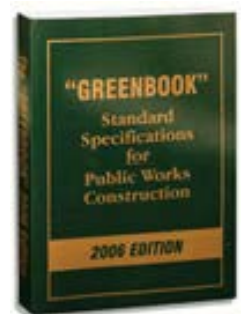
El Segundo aspecto es el diseño volumétrico de la mezcla, el cual es una familia de procedimientos de laboratorio utilizados para determina la “receta” adecuada, por ejemplo: la granulometría de la composición del agregado y el contenido de aglomerante de una mezcla de concreto asfáltico específica. Los diseños de las mezclas se desarrollan con base en análisis volumétricos de las especies de mezclas fabricadas con los materiales componentes designados para un índice de contenido de aglomerante.

Existen algunas diferencia cuando se incluyen modificadores de caucho granulado (CRM), pero los conceptos fundamentales son esencialmente los mismos que para los materiales de concreto asfáltico convencional. Este módulo presenta los factores comunes e identifica las principales diferencias.

COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS CALIENTES DE CONCRETO ASFÁLTICO CON CAUCHO (RAC)

Las mezclas calientes hechas con aglomerantes de asfalto con caucho de alta viscosidad en proceso en húmedo son materiales de relativamente bajo módulo comparados con el concreto asfáltico de granulometría densa (DGAC) convencional. Las mezclas de RAC hechas con aglomerantes de asfalto con caucho de alta viscosidad se desempeñan a través de la flexibilidad y resistencia a la deformación permanente por la recuperación elástica, en lugar de la rigidez como el DGAC. Qué tan bien se desempeñen las mezclas de RAC está en función a qué tanto aglomerante se incluyó.

Los aglomerantes de asfalto con caucho de alta viscosidad tienen una consistencia espesa que permite incrementos significativos en el contenido de aglomerante (hasta 2% del total del peso de la mezcla) en comparación con las mezclas de concreto asfáltico convencional con similares granulometrías del agregado, mientras minimizan el potencial de escurrimiento del aglomerante. El alto contenido de aglomerante es la causa principal de beneficios de desempeño documentados de mezclas calientes de asfalto con caucho (también llamadas ARHM) las cuales incluyen resistencia mejorada a la deformación permanente, fatiga y al agrietamiento reflexivo, al



Guía de Diseño y Especificaciones

Transferencia Tecnológica RAC-103

envejecimiento y daño ambiental y una durabilidad mejorada. Sin embargo, para capitalizar esta característica, la matriz o esqueleto del agregado debe proporcionar suficientes espacios de vacíos para acomodar las partículas de CRM y una cantidad suficiente de aglomerante de alta viscosidad para modificar el comportamiento de la mezcla. Los agregados de granulometrías abierta e irregular se utilizan para proporcionar el espacio de vacíos necesario.

Los aglomerantes sin agitación en proceso en húmedo pueden ser también materiales altamente modificados, pero la viscosidad permanece por debajo del umbral de los 1,500 cPs que distingue el comportamiento de los aglomerantes de asfalto con caucho de alta viscosidad. La cantidad de aglomerantes sin agitación que una mezcla retendrá puede ser de hasta 0.5% más que el contenido correspondiente de cemento asfáltico convencional para una mezcla con granulometría abierta o irregular, pero significativamente menos que la cantidad de aglomerante de alta viscosidad que puede ser acomodada. Las mezclas hechas con aglomerantes sin agitación generalmente se comportan muy parecido a las mezclas convencionales de AC correspondientes.

Las mezclas de granulometría densa no son adecuadas para su uso con aglomerantes de alta viscosidad porque no existe suficiente espacio de vacíos disponible. Sin embargo, los agregados con granulometría densa son muy adecuados para su uso en aglomerantes sin agitación tales como el MB de Caltrans o el MAC-10TR de Greenbook, y deben proporcionar capacidad estructural similar a las mezclas convencionales de DGAC.

DISEÑO ESTRUCTURAL

El enfoque del diseño estructural depende del objetivo que se pretende para el pavimento asfáltico con caucho, el cual incluye conservación, mantenimiento, rehabilitación o nueva construcción, como sigue.

Capa delgada para mantenimiento o conservación: Para restaurar la conducción y la superficie de fricción, reducir el ruido y proporcionar una apariencia agradable y un contraste duradero con las marcas del pavimento. Tales recubrimientos podrían ser de granulometría irregular o granulometría abierta. Las mezclas RAC de granulometría irregular actúan como una capa estructural en el pavimento y son las más efectivas en un rango de espesor compactado de 1.2 pulgadas (30 mm) a 2.4 pulgadas (60 mm) conforme a un análisis y modelado estructural reciente. Esto apoya y corresponde con la práctica actual de Caltrans basada en experiencia empírica y consideraciones económicas. No se permite crédito estructural para mezclas de granulometría abierta, pero estas han funcionado con mucha eficacia como recubrimientos delgados para mantenimiento y/o conservación en Arizona.



Si la conducción y la estructura son satisfactorias y las condiciones del tráfico lo permiten, puede utilizarse un sello de gravilla y asfalto con caucho para mantenimiento o conservación en lugar de un recubrimiento delgado. Sin embargo, las superficies de los sellos de gravilla son generalmente más ruidosas que las mezclas calientes y las consideraciones de ruido pueden influir en la estrategia de selección.

Procedimientos de recubrimiento para pavimento flexible sobre pavimentos flexible existente:

- Adecuación Estructural
- Agrietamiento Reflexivo
- Calidad de la Conducción

Guía de Diseño y Especificaciones

Transferencia Tecnológica RAC-103

Rehabilitación: Para pavimentos de estructura sólida para los cuales la resistencia al agrietamiento reflexivo rige el diseño del espesor del recubrimiento, las mezclas calientes de asfalto con caucho de granulometría irregular (RAC-G o ARHM) pueden proporcionar un desempeño equivalente al recubrimiento convencional de DGAC con la mitad del espesor requerido para el DGAC. Cuando el agrietamiento en el pavimento existente es severo, puede ser aplicada una membrana de capa intermedia de absorción de esfuerzos con caucho (SAMI-R) o una capa intermedia de membrana de agregado y asfalto con caucho (ARAM) como una capa de interrupción de agrietamiento antes del recubrimiento. En tales casos, Caltrans permite un pequeño crédito estructural para la efectividad de la SAMI- R para reducir el agrietamiento reflexivo, aunque otras agencias no lo hacen. Si se requiere de más de 2.4 pulgadas de estructura adicional, puede colocarse una capa de concreto asfáltico de granulometría densa antes de la RAC-G (y sobre la SAMI-R si se utiliza) para compensar la diferencia en el espesor requerido.

Para una construcción nueva: Una carpeta superficial de RAC-G puede ser utilizada para sustituir un espesor igual de DGAC: el RAC-G podría utilizarse como una mezcla estructural. A las mezclas de granulometría abierta no se les permite ningún crédito estructural y no deben ser sustituidas como capas estructurales, pero pueden colocarse como carpeta superficial sobre el DGAC o el RAC-G. Una superficie RAC proporciona un viaje suave, tranquilo, una apariencia agradable y un contraste duradero con las marcas del pavimento, que hacen esta estrategia atractiva para su uso en áreas residenciales. Sin embargo, debido a las consideraciones de costo, el espesor del RAC para tal aplicación estaría normalmente limitado a un máximo de 1.5 pulgadas.

El diseño estructural puede realizarse utilizando una variedad de métodos como el de Caltrans, el AASHTO, o el del Instituto del Asfalto. Recientes investigaciones indican que el RAC-G tiene un factor de grava similar al DGAC pero ligeramente inferior, lo cual indica una capacidad estructural similar a pesar de los materiales del RAC de módulos relativamente bajos. Para consideraciones puramente estructurales, el RAC- G puede ser considerado equivalente al DGAC, que corresponde a la experiencia y práctica exitosa en Arizona y Texas. Sin embargo, los modelos estructurales indican que el RAC-G es el más eficaz en las 2.5 pulgadas superiores de la estructura del pavimento, cuando se usa a niveles más bajos no proporciona beneficio adicional. Dado que el RAC es más costoso que el DGAC, debe ser utilizado donde proporcione el mayor beneficio.

El uso de la equivalencia de medio espesor para una resistencia superior de los recubrimientos de RAC al agrietamiento reflexivo ha causado cierta confusión relativa a la selección de los coeficientes de la capa para su uso en el método de diseño AASHTO. No utilice coeficientes de capas superiores para materiales RAC-G que los de DGAC convencional. El enfoque adecuado es para determinar el espesor necesario para un recubrimiento de concreto asfáltico convencional de granulometría densa y si se debe aplicar una reducción de espesor del RAC para resistencia al agrietamiento reflexivo. Si la sección de pavimento es de nueva construcción, no se deben aplicar reducciones de espesor a la capa RAC-G. Si se requieren más de 2.4 pulgadas de RAC-G para proporcionar la estructura de pavimento requerida, compensar la diferencia con una capa de DGAC. Podrían exigirse algunas concesiones entre los espesores de las capas del RAC-G individual y el DGAC para fines de viabilidad de la construcción.



[Caltrans Highway Design Manual \(HDM\)](#)

[Caltrans Flexible Pavement Rehabilitation Manual \(FPRM\)](#)



SELECCIÓN DE LOS TIPOS DE MEZCLA

El diseñador especifica el (los) tipo (s) de mezcla (s) que será (n) utilizada (s) en las respectivas capas de la estructura de pavimento flexible. Si se utilizarán aglomerantes de asfalto con caucho de alta viscosidad, las opciones son de granulometría irregular para la estructura y/o de granulometría abierta para las características de la superficie. Pueden utilizarse mezclas de proceso en seco o en húmedo. Los aglomerantes sin agitación podrían funcionar mejor para mezclas de granulometría densa, las cuales no son aptas para su uso con aglomerantes de alta viscosidad.

Las mezclas de proceso en seco son normalmente de granulometría irregular para proporcionar espacio en la matriz del agregado para las partículas de CRM, las cuales se agregan como un sustituto del 1 al 3% del agregado fino. Algunas mezclas de proceso en seco de granulometría abierta también han sido utilizadas. No se considera que el cemento asfáltico sea modificado por el proceso en seco, aunque, puede haber alguna interacción limitada del CRM con el cemento asfáltico durante el mezclado en la planta de AC, en el silo de almacenamiento, en el transporte, en la colocación y en la compactación.

Los usos adecuados de RAC-G incluyen el recubrimiento de pavimento existente o la construcción nueva de una amplia variedad de volúmenes y cargas de tráfico. El RAC-G puede utilizarse en áreas urbanas donde hay considerable tráfico de paradas y arranques, para el que las mezclas de granulometría abierta no serían aptas. Dichas áreas incluyen numerosas calzadas e intersecciones señalizadas. Sin embargo, las mezclas de RAC-G no son recomendadas para áreas de estacionamiento, puesto que es probable que la superficie de estas mezclas de módulos bajos, se raspe al estar sometida a frenados simultáneos a baja velocidad y movimientos de viraje que son normales en este tipo de áreas.

Las opciones de mezclas de granulometría abierta incluyen RAC-O y RAC-O-HB (alto contenido de aglomerante). RAC-O es libre de drenado y reduce significativamente las salpicaduras, la aspersion e hidroplaneo en condiciones de humedad. La mezcla de alto contenido de aglutinante (RAC-O-HB) no es libre de drenado, pero sigue drenando mejor que las mezclas de granulometría irregular o DGAC. Ya sea el RAC-O o el RAC-O-HB pueden ser utilizadas como capa superficial o de rodadura no estructural, para restaurar la fricción de la superficie, mejorar el drenado y reducir el ruido de las llantas. Tanto el RAC-O como el RAC-O-HB son altamente resistentes al agrietamiento reflexivo y por fatiga, como una función del contenido del aglomerante. Las mezclas de granulometría abierta no son adecuadas para vías arteriales, secciones de fresado y relleno o áreas de estacionamiento. Estas sirven mejor como superficies para carreteras relativamente fluidas y pueden ser colocadas en capas de menos de una pulgada de espesor si se utilizan 3/8 de pulgada de agregado.

DISEÑO DE LA MEZCLA DE RAC

Los diseños de las mezclas para los materiales del RAC-G son desarrollados en cumplimiento general con los métodos de diseño volumétrico de mezclas de concreto asfáltico convencional como el Hveem y el Marshall, con algunas modificaciones relativamente menores. Los métodos de diseño de mezcla para mezclas de granulometría abierta son un poco diferentes y los métodos estándar existentes son utilizados con algunas modificaciones. La principal diferencia en el procedimiento de diseño de la mezcla de concreto asfáltico es la adición del diseño del aglomerante de asfalto con caucho de alta viscosidad para mezclas de RAC de proceso en húmedo, el cual se desarrolla primero para su uso en el diseño de la mezcla.

Existen dos familias de aglomerantes de proceso en húmedo, de alta viscosidad y sin agitación, que se distinguen por un umbral de viscosidad de 1,500 centipoises (cPs, 1.5 Pa.s). Estas dos familias representan rangos de propiedades físicas y de conducta muy diferentes que nunca deben ser consideradas como equivalentes o intercambiables, particularmente para su uso en mezclas calientes. Ningún tipo debe ser sustituido directamente por el otro; serán requeridos ajustes en el contenido de aglomerante de mezclas calientes o al índice de aplicación con pulverizador para tratamientos superficiales.

Diseño de Aglomerante de Alta Viscosidad

Los aglomerantes de alta viscosidad de asfalto con caucho de proceso en húmedo deben estar adecuadamente formulados o proporcionales para cumplir con las especificaciones y proporcionar un producto de calidad. Los componentes individuales que cumplan con las especificaciones pueden combinarse e interactuar en proporciones que también cumplan completamente, pero podrían producir un aglomerante que no sea utilizable. La interacción entre el cemento asfáltico y los materiales de CRM es específica del material y depende de una serie de factores, que incluyen:

- Fuente y Grado del Cemento Asfáltico
- Tipo de Caucho
- Fuente del Caucho
- Cantidad de Caucho
- Granulometría del Caucho
- Tiempo de Interacción
- Temperatura de Interacción

Por lo tanto, un diseño adecuado de aglomerante de asfalto con caucho debe ser desarrollado utilizando las fuentes y grados de asfalto designados, el modificador de asfalto si se utiliza y los materiales del CRM (residuos de llanta y, si es utilizado, caucho de alto contenido natural) que será utilizado para el Proyecto (s) en cuestión. El diseño del aglomerante debe incluir pruebas para desarrollar y presentar un perfil de diseño para cada valor de

Guía de Diseño y Especificaciones

Transferencia Tecnológica RAG-103

propiedad de la especificación medido a partir de muestras tomadas a intervalos durante un periodo de interacción de 24 horas. El perfil debe incluir, como mínimo, resultados después de un periodo de interacción inicial de 45 minutos, 4 horas después y enfriamiento simulado durante la noche reduciendo la temperatura del horno a 275°F por un periodo de 14 horas iniciando 6 horas después de la incorporación del CRM, hasta 22 horas después de la incorporación del CRM. Después del enfriamiento, la mezcla debe ser recalentada a la temperatura adecuada para las pruebas de viscosidad, después de 24 horas de que la interacción se completa. La viscosidad también debe medirse y registrarse 2 y 3 horas después de la incorporación del CRM para identificar las tendencias previstas para la producción en campo. El perfil del diseño debe identificar los materiales componentes específicos (fuente o proveedor y grado) y las proporciones de los mismos usadas en el diseño. La granulometría de los componentes individuales del CRM deberá también ser incluida para información. Si alguno de los componentes se cambia, el perfil del diseño dejaría de ser aplicable.

El diseño del perfil indica la compatibilidad de los componentes y la calidad y estabilidad de las propiedades del aglomerante de asfalto con caucho resultante. La viscosidad y la resiliencia son los indicadores más significativos del desempeño y se prevé que cambien mientras transcurre la interacción del asfalto con caucho. La viscosidad deberá permanecer por encima del valor mínimo de 1,500 cPs a lo largo de la interacción y no deberá manifestar caídas drásticas. No existe un valor máximo para la resiliencia; la resiliencia alta normalmente indica que el aglomerante debe desempeñarse bien. MACTEC recomienda que la presentación del perfil del diseño de aglomerante de alta viscosidad se debe exigir tanto para aplicaciones de mezcla caliente como de pulverización.

Requisitos de Propiedades Físicas del Aglomerante de Asfalto con Caucho Tipo 1 y Tipo 2			
Parámetro de la Prueba	Método de Prueba ASTM	Requisito	
		Min.	Máx.
Penetración de Cono @ 77°F, 1/10 mm	D 217	25	70
Resiliencia @ 77°F, Porcentaje de rebote	D 5329	25	—
Punto de Reblandecimiento de Campo, °F	D 36	125	165
Para Aglomerante Tipo 1: Viscosidad @ 350°F, Pa-s (x10-3)	Ver Nota	1500	4000
Para Aglomerante Tipo 2: Viscosidad @ 375°F, Pa-s (x10-3)	Ver Nota	1500	4000

NOTA: La prueba de viscosidad debe ser llevada a cabo utilizando un viscosímetro rotativo manual de alto rango análogo o digital como el Rion Modelo VT-04, el Haake Modelo VT-02 o el VT-02 Plus con Rotor 1, 24 mm de profundidad por x 53 mm de altura o equivalente. La precisión del viscosímetro debe ser verificada comparando los resultados de viscosidad obtenidos con el viscosímetro manual a 3 fluidos de calibración separados de rangos de viscosidad conocidos de 1000 a 5000 Pa-s (x10-3) o centipoises (cPs). El viscosímetro será considerado preciso si los valores obtenidos se encuentran dentro de los 300 Pa-s (x10-3) (300 cPs) de la viscosidad conocida. El valor de viscosidad conocido debe basarse en la prueba estándar de temperatura de los fluidos del fabricante o la prueba de temperatura contra la tabla de correlación de viscosidad proporcionada por el fabricante del fluido. Los viscosímetros utilizados en el proyecto deben verificarse para comprobar su precisión. Los resultados de la verificación de precisión se proporcionarán al Ingeniero.

Aglomerantes sin Agitación

Los aglomerantes sin agitación son aglomerantes modificados con CRM que no requieren de agitación constante para mantener las partículas separadas de caucho uniformemente distribuidas en el cemento asfáltico caliente. El término “mezcla terminal” se utiliza frecuentemente para describir a dichos materiales, que incluyen a los materiales de asfalto modificado con caucho, como en el MB de Caltrans y el MAC-10TR de Greenbook. Sin embargo, dichos aglomerantes podrían ser producidos en el campo o también en una planta de concreto asfáltico, por lo que nombrarlos mezclas terminales podría ser confuso y es innecesariamente restrictivo. La descripción predilecta para este tipo de aglomerantes es, por consiguiente, “proceso en húmedo - sin agitación”.

Los aglomerantes sin agitación son, frecuentemente, mezclas patentadas, de las cuales, algunos de los componentes puede estar clasificados como secreto comercial y, por tanto, podría no estar identificado por el proveedor respectivo. Sin embargo, el proveedor debe estar dispuesto y ser capaz de certificar la cantidad de residuos de llanta y/o otros productos de desecho de caucho que están incluidos. Los perfiles de diseño, normalmente no han sido requeridos o proporcionados para este tipo de aglomerantes, puesto que se considera que son relativamente estables durante el almacenamiento. La calidad y estabilidad de los aglomerantes sin agitación pueden ser monitoreadas en el transcurso del tiempo por medio de pruebas de cumplimiento de especificaciones y de separación de conformidad con la ASTM D 7173-05.

RAC de Granulometría Irregular

Se ha establecido que la granulometría y el contenido de CRM en aglomerantes de asfalto con caucho de alta viscosidad afectan las propiedades volumétricas de las mezclas de granulometría irregular. Los aglomerantes de alta viscosidad incluyen partículas separadas de CRM que se han expandido como parte de la interacción y son actores en el diseño de la mezcla y en el producto de pavimento terminado. El tamaño de las partículas de CRM es importante y como también lo es la cantidad de CRM utilizada en el aglomerante. Las partículas finas de CRM proporcionan más área superficial por unidad de volumen y tienden a interactuar más ampliamente con el asfalto que las partículas más gruesas del CRM. Manteniendo otros factores constantes, incluyendo la fuente del CRM, el cambio de una granulometría fina de CRM a una granulometría más gruesa de CRM normalmente requiere un incremento en el contenido de CRM para obtener propiedades similares del aglomerante.

Ocasionalmente podría ser necesario sustituir una granulometría diferente de CRM en el aglomerante para ajustar la volumetría de la mezcla RAC para cumplir con los requisitos. Algunas mezclas de granulometría irregular con muy pocos agregados finos han mostrado un incremento en los vacíos del agregado mineral (VMA) con incremento en el contenido de aglomerante de asfalto con caucho, lo cual no produce un diseño de mezcla aceptable. Esto se ha observado con más frecuencia cuando se utiliza CRM relativamente

Guía de Diseño y Especificaciones

Transferencia Tecnológica RAC-103

más grueso en el aglomerante e indica que la estructura de los vacíos ha sido cambiada y las partículas del agregado se han dejado de lado, muy probablemente por las partículas del CRM. En tales casos, el cambio a un CRM más fino en el aglomerante ha demostrado ser eficaz en el desarrollo de un diseño de mezcla apto. Este fenómeno de “persecución del VMA” puede no ser evidente para los diseñadores de mezclas con experiencia limitada en RAC que no están buscando tal comportamiento. Un límite máximo de VMA ha sido entonces propuesto por Caltrans como un control adicional de diseño de mezclas.

Los métodos estándar Hveem y Marshall de diseño de mezclas han sido utilizados con éxito para las mezclas RAC-G. Las modificaciones normales han sido aumentar las temperaturas de mezclado y de compactación. Las temperaturas de mezclado para los agregados van desde 290°F a 325°F, y para los aglomerantes de alta viscosidad desde 325°F a 400°F. La temperatura de compactación es de 290°F a 300°F. Los protocolos para la aplicación de compactación giratoria Superpave de mezclas con aglomerantes de asfalto con caucho de alta viscosidad no han sido estandarizados.

Caltrans se encuentra en el proceso de revisión de sus disposiciones especiales estándar para el RAC-G, que modificará aún más el método de diseño de mezclas Hveem (Prueba 367 de California) para estos materiales. Las revisiones propuestas incluyen la fabricación y prueba de tres briquetas de mezcla de cada contenido de aglomerante de asfalto con caucho probado y utilizar el promedio de cada serie de resultados para evaluar las propiedades volumétricas. Los requisitos mínimos de 18% de VMA proporcionan espacio para acomodar aglomerante de alta viscosidad suficiente y se propone un máximo de 23%. Los requisitos de contenido mínimo de aglomerante van desde 7.0% (Caltrans) hasta 7.5% (Greenbook) del peso del agregado seco con base en la experiencia del desempeño del conducto del pavimento. El Greenbook establece un máximo de contenido de aglomerante del 8.7% del peso del agregado seco, pero Caltrans está considerando eliminar su límite superior. La estabilidad mínima de Hveem es 23, el cual refleja los módulos bajos de materiales RAC-G. El objetivo del contenido de vacíos de aire oscila entre 3 y 6%, dependiendo del índice de tráfico y el clima, a pesar de que el límite superior de diseño de 5% ha sido propuesto. Dado el contenido mínimo de aglomerante y los requisitos de VMA, el 6% de vacíos de aire ha demostrado ser imposible para algunas fuentes de materiales de agregado. Los aglomerantes de asfalto con caucho de alta viscosidad tienen menos probabilidades de exudar por sangrado o llorado que otros tipos de aglomerantes de asfalto, por lo que no es necesario exigir el 6% de vacíos de aire.

Los aglomerantes sin agitación pueden ser utilizados en mezclas de granulometría irregular y se comportarán de forma similar al cemento asfáltico modificado con polímeros durante el diseño. El escurrimiento del aglomerante limita la cantidad de aglomerante sin agitación que la mezcla puede mantener. Los contenidos resultantes del diseño del aglomerante son generalmente significativamente más bajos ($\geq 1\%$ del de agregado seco) que para los aglomerantes de alta viscosidad con la misma granulometría del agregado.



Otro cambio pendiente en las especificaciones de Caltrans para RAC-G es implementar los requisitos de compactación en campo con base en la máxima gravedad y densidad específicas teóricas (Prueba 309 de California) en lugar de la densidad de laboratorio de Hveem, con aceptación basada en núcleos de pavimento.

RAC de Granulometría Abierta

Los métodos de diseño para RAC-O y RAC-O-HB son mucho más simples. La Prueba 368 de California es utilizada para determinar el contenido óptimo de asfalto convencional PG para la granulometría del agregado propuesto como un punto de inicio. Para RAC-O, el contenido de aglomerante de asfalto con caucho de alta viscosidad es calculado como 1.2 veces de contenido óptimo de asfalto convencional PG. Este factor compensa la cantidad de CRM en el aglomerante sin incrementar la cantidad de cemento asfáltico utilizado y está destinado a proporcionar una mezcla sin drenado. Para RAC-O-HB, es utilizado un multiplicador de 1.6 y el rango especificado para el contenido de aglomerantes de asfalto con caucho de alta viscosidad es de 8.5 a 10% del peso del agredo seco.

Después de determinar el contenido objetivo de aglomerante de asfalto con caucho de alta viscosidad, fabricar ejemplares adicionales con ese contenido para evaluación de drenado de aglomerante a 300°F para verificar que el frenado no es excesivo.

Los aglomerantes sin agitación pueden utilizar mezclas de granulometría abierta y se debe esperar que su conducta sea similar al cemento asfáltico modificado con polímeros durante el diseño de la mezcla. Sin embargo, el contenido óptimo para asfalto PG y RAC-O hecho con aglomerante será limitado por drenado hacia abajo y probablemente caerá entre los contenidos óptimos para asfalto PG y RAC-O hechos con aglomerante de alta viscosidad. Es muy poco probable que una mezcla de granulometría abierta pueda mantener suficiente aglomerante sin agitación para cumplir con los requisitos para RAC-O-HB, sin agregar fibras o rellenos.

Recuerde que las dos familias de aglomerantes modificados con CRM, alta viscosidad y sin 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.



Recuerde que las dos familias de aglomerantes modificados con CRM, alta viscosidad y sin 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.

Mezclas de Proceso en Seco

Los procedimientos estándar Hveem de diseño de mezcla puede ser también aplicados en mezclas de proceso en seco, con algunas modificaciones menores. Aunque el concreto asfáltico no es considerado para ser modificado por un proceso en seco, la cantidad de CRM en una mezcla RUMAC de Caltrans es

Guía de Diseño y Especificaciones

Transferencia Tecnológica RAC-103

proporcional a $18 \pm 2\%$ por la masa de aglomerante de asfalto. En el diseño de la mezcla, el caucho es totalmente mezclado con el agregado calentado en seco ($300-325^{\circ}\text{F}$) antes de que el cemento asfáltico se mezcle. La mezcla combinada es entonces compactada a una temperatura entre 290°F y 300°F .

Parece que existe alguna interacción limitada del CRM con el cemento asfáltico durante el mezclado en planta, almacenamiento en silo, transporte, colocación y compactación del cemento asfáltico AC. Existen incluso indicaciones anecdóticas de que algún nivel de interacción puede continuar después de que la construcción se terminó, lo cual puede tener fuertes efectos en el desempeño subsecuente del pavimento. El uso del método de diseño de mezcla Hveem, con su prologado periodo de curado, debe justificar generalmente la mayor parte de la absorción de asfalto a largo plazo por las partículas de CRM y permitir la selección de un contenido objetivo adecuado de asfalto. Si el envejecimiento a largo plazo y la absorción no son considerados en el procedimiento de diseño de mezcla, el contenido objetivo de aglomerante puede ser muy bajo y producirse un desprendimiento prematuro del pavimento resultante. También se debe tener cuidado durante el diseño de la mezcla para realizar ajustes adecuados para la densidad relativa baja del CRM (1.15 ± 0.05) comparado con la densidad relativa del agregado (en un rango de 2.35 a 2.85) para garantizar un adecuado análisis volumétrico.

Presentaciones de Diseño de Mezcla

El Contratista debe presentar la siguiente información para cada mezcla propuesta de concreto asfáltico con caucho:

Agregado y agregado complementario fino (incluyendo limadura, si se utilizó):

- Granulometría del agregado (valores "X") por porcentaje pasando cada tamaño de criba para la mezcla del agregado, incluyendo agregado fino complementario.
- Resultados de pruebas de calidad para el agregado grueso, agregado fino y mezcla de agregados.
- La Fuente de cada agregado que será utilizado, incluyendo, productor, ubicación y número de Identificación de California Mine.
- Porcentaje de cada agregado de alimentación en frío o caliente en tolva y agregado fino complementario utilizado en el diseño de la mezcla.
- Granulación normal de cada agregado de alimentación en frío o caliente en tolva que será utilizado.
- Para RAC-G, Cálculos para VMA
- Hoja de Datos de Seguridad del Material para limadura, si se utiliza

Modificador de Caucho Granulado (CRM, por sus siglas en inglés):

- Identificación del proveedor (o tipo) de los residuos de llanta, y si se utiliza, del CRM de alto contenido natural.
- La granulometría normal de cada tipo del material de CRM utilizado en el diseño del aglomerante de asfalto con caucho.
- Porcentaje de residuos de llanta y, si es utilizado, CRM de alto contenido natural por el total de la masa del aglomerante de asfalto con caucho.
- Si se utiliza CRM de más de un proveedor, la información anterior será exigida para cada proveedor de CRM utilizado.
- Los resultados de pruebas de laboratorio para pruebas de parámetros específicos.
- Hojas de Datos de Seguridad de los Materiales.

Aglomerante Asfáltico con Caucho:

- Base del grado del aglomerante de asfalto PG y proveedor y Certificado de Cumplimiento.
- Porcentaje de mezcla combinada de asfalto y, si es utilizado, modificador de asfalto por la masa total del aglomerante de asfalto con caucho que será utilizado.
- Si es utilizado, tipo del modificador de asfalto, proveedor e identificación y resultados de pruebas demostrando el cumplimiento con esas disposiciones especiales
- Porcentaje del modificador de asfalto (si es utilizado) por la masa de asfalto
- Contenido de asfalto con caucho seleccionado como lo determina la Prueba 367 de California (Granulometría abierta) o la Prueba 368 de California (Granulometría irregular), modificados adecuadamente para aglomerantes de alta viscosidad.
- Perfil del diseño.
- Tiempo y temperatura mínimos de interacción.
- Hoja de Datos de Seguridad del Material.

Aditivos anti peladuras, cuando sea aplicable:

- Nombre del producto, fabricante, designación del fabricante y tasa propuesta, ubicación y método de adición; y Hoja de Datos de Seguridad del Material.

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.

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).

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

Guía de Diseño y Especificaciones

Transferencia Tecnológica RAC-103

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.

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

Guía de Diseño y Especificaciones

Transferencia Tecnológica RAC-103

matriz de piedra (SMA), pero con relativamente menos porcentaje de fragmentos de tamaño de criba No. 200 (75 μ m). 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 hidropelaje, las salpicaduras y la aspersion.

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 (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

Guía de Diseño y Especificaciones

Transferencia Tecnológica RAC-103

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.

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

Guía de Diseño y Especificaciones

Transferencia Tecnológica RAG-103

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 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

Guía de Diseño y Especificaciones

Transferencia Tecnológica RAG-103

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 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.

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.

Guía de Diseño y Especificaciones

Transferencia Tecnológica RAG-103

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

Guía de Diseño y Especificaciones

Transferencia Tecnológica RAC-103

- 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.

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.

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.