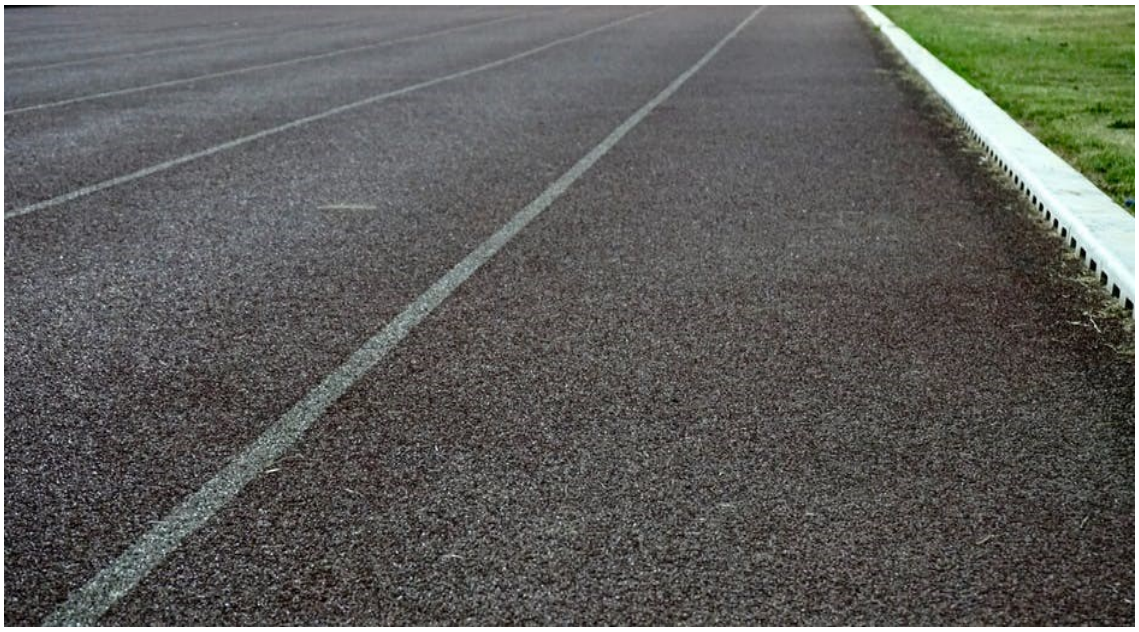
تصميم الخلطات الاسفلتية للطرق



بحث و تصميم

المهندس المدني المجاز

أراس عبدالله صابر عثمان

مقدمة عن الطرق بشكل عام

يعتبر الطرق من اهم أسس البنية التحتية لأي بلد و يعتمد عليها عجلة التطور في شتى المجالات الحياة المختلفة من الناحية الاقتصادية و السياسية و العسكرية و العلمية و الاجتماعية و العمرانية و له تاثير مباشر على جميع شرائح و افراد المجتمع المختلفة , ومن بين جميع انواع الوسائل النقل المختلفة (الجوي و البحري و البري) يعتبر الاخير الاكثر استعمالا نظرا لحياة الانسان على اليابسة حيث جميع انشطة الحياة البشرية المختلفة يوميا يحتاج الى التنقل من مكان الى أخر باستمرار و بذلك يحتاج أي فرد الى طريق يستعمله للوصول الى أي مكان يراده اكانت بالمركبة أو مشيا على الاقدام , نظرا للكثافة السكانية و زيادة المركبات و كثافة المرورية في جميع انحاء العالم نحتاج الى أنشاء طرق اكثر راحة و اكثر أمانا من الناحية الهندسية باستمرار بما يخدم المصلحة العامة للجميع و ذلك يتطلب جهود حثيثة من قبل مهندسين في التصميم و التنفيذ علما ان تصميم الطرق لة شقين الاول (التصميم الهندسي – Geometrical Design) **و الثاني (التصميم الانشائي –** Structural Design) , **التصميم الهندسي يعنى بتحديد مسار و عرض الطريق مع تصميم الاقواس الافقية (** Horizontal Curves) **و الاقواس العمودية (**Vertical Curves)**و اماكن القناطر(** Culverts) **و الجسور (** Bridges) **و القطع (** Cut) **و الردم (**Fill) **حسب طوبوغرافية المنطقة و التصميم الانشاني يعنى بطبقات (**Sub-grade) **و (**Subbase-Course) **و (**Base- Course) **و (** Binder-Course) **و (** Surface-Course) **من حيث جودة المواد المستخدمة وسمك الطبقات والحدل و فحوصات الضرورية للمواد المستخدمة في المقلع و المعمل و موقع المشروع قبل و بعد و اثناء التنفيذ و مقارنتها مع المواصفات الهندسية المطلوبة و ان تصميم الخلطات الاسفلتية لطبقات (**Stabilizer) **و (** Binder) **و (** Surface) **من اهم عناصر التصميم الانشائي للطريق .**

الخطوات المتبعة و الضرورية للمباشرة بمشروع طريق معين

***استطلاع مسار الطريق :**

1-تكوين لجنة لاعمال الاستطلاع من المهندسين و على الاقل من بينهم مساح له خبرة في اعمال المسح لاكثر من مشروع .

2-حساب مسار الطريق الذي ينبغي ان يمر باكثر اماكن ماهولة من البلدات و القرى و المعامل و المصانع و ربط جميع هذه الاماكن معا بكشل مباشر او غير مباشر و ذلك للاستفادة القصوى من تنفيذ مشروع هذا الطريق .

3- اختيار مسار للطريق اكثر اقتصاديا و يمكن تنفيذها باقل كلفة (القطع , الردم , القناطر , الجسور , مشكل المياه السطحية و التحتية .....الخ)

4-البحث عن أقرب المقالع من المشروع للحصول على (الحصو , الرمل , التراب , الخابط ...و ملكية هذه المقالع) لتنفيذ المشروع و ذلك اثناء المسح الاستطلاعي من قبل اللجنة لان هذه الخطوة ضرورية لتقليل تكاليف المشروع .

***بعد اختيار مسار الطريق :**

1-المباشرة باعمال المسح الاولي تحت اشراف احد اعضاء اللجنة الاستطلاعية السابقة بشرط ان يكون المساحا متمرسا .

2-ينبغي تثبيت النقاط الدالة و(BM) والنقاط مرجعية (References) عديدة و بشكل بارز و مكشوف و تلوينه باحد الالوان الاكثر اظهارا (الاحمر , الاصفر , الازرق , الاخظر) الفوسفورية وعلى طول مسار قريبا من الطريق .

3-اعمال التصميم ينبغي ان تكون دقيقا مئة بالمئة و حسب المواصفات الهندسية .

4-الاهتمام بمعالجة اماكن تواجد المياه السطحية التي تقاطع مسار الطريق بالاحداثيات من خلال دراسة مقدار و اتجاه المياه الجارية في فصل الفيضانات وحساب حجم قناطر و اتجاهات مجرى المائي لكل قنطرة من اجل حماية الطريق.

5-تثبيت محطات (Stations) من نقطة الصفر للطريق و حتى نهايتها بقياسات دقيقة من خلال الواح حديدية مثبتة على قطع سيخ من الحديد و كتابة كل محطة بشكل واضح .

***قبل المباشرة بتنفيذ المشروع :**

1-تحديد انواع و عدد أليات الضرورية للعمل حسب الماكن ووقت لتنفيذ كل فقرة .

2-وضع برامج للمشروع و (جدول تقدم العمل) من يوم الاول من مباشرة العمل و حتى اخر يوم للمشروع لجميع فقرات المختلفة للمشروع و حسب الامكانيات المتواجدة .

3-اقامة (كامب) لادارة و مكائن و مركبات المشروع و ينبغي ان يكون في البداية او الوسط او نهاية المشروع او مكان قريب للسيطرة على الموقع بالكامل .

4-اقامة مختبر موقعي للفحوصات المختلفة لجميع المواد المستعملة في المشروع حسب بعدها او قربها من المختبر الرسمي .

5-اقامة (تحويلات انية) اثناء تنفيذ المشروع بشكل يحافظ على سلامة حياة المواطنين و فرقة تنفيذ المشروع من الفنيين و الاداريين و العمال .

6-اقامةطريق خدمي اذا امكن ,من اجل العمل في اكثرية طول مسار الطريق في وقت واحد .

7-الاهتمام بالعلامات المرورية حسب المواصفات الهندسية و تثبيت بعظها من بداية مسار الطريق و حتى نهايتها و اجبار ارتداء جميع طاقم العمل من الفننين و العمال و السواق بدلات فسفورية وقبعة و احذية سلامة العمل .

***المباشرة بالعمل :**

1-تدقيق جميع تصاميم المشروع لاخر مرة و التاكد من عدم وجود أي خطاء فيها .

2-تهيئة الموق للعمل من خلال البدء بتنظيف المسار من (الاحجار و الاشجار ....الخ) .

3-تنفيذ أعمال القطع (Cut)و الدفن (Fill) و الاعمال الترابية بشكل عام مع ملاحظة السيطرة على (Side slop) و (التراب , الاحجار , الخابط .....و حسب التصميم) .

4-المباشرة بتنفيذ القناطر (Culverts) و الجسور (Bridges) اذا كان موجودا في مسار تصميم للطريق (الحفريات و التعديل و الردم و طريقة الحدل ...) .

5-الاهتمام بالاعمال (Sub-grade) لانه الاساس التي يعتمد عليها جميع طبقات و اجزاء التي تاتي من بعدها و يكمن السيطرة عليهم جميعا .

6-أعمال (Subbase-Course) و انواعها .

7–**أعمال** (Base-Course) **و انواعها**.

8–**أعمال** (Binder-Course) **و انواعها**.

9– **أعمال** (Surface-course) **و انواعها** .

10_ **أعمال أكتاف الطريق** (Shoulders).

11–**الاعمال التكميلية** (**الكاردريل , الصبغ , العلامات المرورية** .....**الخ**) .

*أجزاء مقطع الطريق :

1–**نهر الطريق : هو الجزء المعد لمرور المركبات , ويقع بين حافتي الرصيف من كل جهة و لا يشمل الرصيف** .

2–**الرصيف :هو الجزء المرتفع للطريق و المحاذي له من الجانبين و المعد لسير المشاة** .

3–**كتف الطريق : هو الجزء من الطريق و المحاذي له من الجانبين , غير مخصص لمرور المشاة , و يستخدم للحالات الطارئة مثل سيارات الاسعاف و مركبات الشرطة** ....**الخ** .

4–**المسلك : هو جانب من نهر الطريق المعد للسير من الجهة الواحدة , وبعض الطرق يكون لها مسلكان منفصلان بينهما جزيرة أمان** .

5–**المسار او المسرب : هو الممر , وهو عبارة عن أي جزء من الجزاء التي يقسم اليها المسلك الواحد و يسمح عرضه بمرور صف واحد من المركبات المتتابعة بجانب صف من الدرجات الالية , ويكون عرضه بين** (3 **م الى** 3.75**م**) **وفقا لتصنيف الطرق** .

6–**الجزرة الوسطية :هي المسافة الفاصلة بين المسلكين , وعادة تكون بها الخدمات على الطريق .كالاعمدة الانارة , الشواخص , خطوط كهرباء , واجهزة ضبط السرعة** .

*ملاحظات مهمة :

1–**الاهتمام بالمواصفات الهندسية بشكل عملي تطبيقي لجميع فقرات مشروع الطريق** .

2–**الاهتمام الدقيق بالفحوصات للاعمال و المواد المستخدمة لانها تعتبر الفلتر الوحيد لسلامة الاعمال الهندسية للمهندس الموقع و للمهندس المشرف** .

* **في بحثنا هذا نهتم بالتصميم الانشائي و خاصة اعمال الاسفلت و بالنوعيها الثلاثة** (Stabilizer) **و** (Binder) **و** (Surface) .

المواد المستخدمة في تحضير الخلطات الاسفلتية

***الحصو و الرمل و الفيلر (المادة المالئة) :**

المواد المستخدمة لتحضير الخبطة الاسفلتية (Concret asphalt) ....

أ–الحصو : هو الركام الذي مقاسه أقل من (3 انج) **و المحجوز على المنخل** (رقم 4) **و مقاسها** (4.75ملم) **اي** (+4) **و يسمى بالمواد الخشنة و يمكن الحصول عليها :**

1–**من غربلة المواد الطبيعية الموجودة في حافات الانهر** (الخابط) .

2–**من خلال تكسير الجلمود و الاحجا في المعمل بالكسارة** (Crusher) .

ب– البحص و الرمل : هو الركام المار من منخل (رقم 4) **و مقاسها** (4.75ملم) **والمحجوز عل منخل** (رقم 100) **أي** (–4) **و يسمى بالمواد الوسطية و يمكن الحصول عليها:**

1– **من غربلة المواد الطبيعية الموجودة في حافات الانهر** (الخابط) .

2– **من خلال تكسير الجلمود و الاحجا في المعمل بالكسارة** (Crusher) .

ج–المواد الناعمة (فيلر) **: هو مواد ناعمة مارة من منخل** (رقم 100) **و يبقى في وعاء الاسفل من التحليل المنخلي , و لا يمكن استعمال هذه المادة الا بعد فحصها للتاكد من عدم وجو مواد** (طينية– Clay) **او** (طمية– Silt) **فيها و ينبغي ان تكون نظيفة لذلك لا يوجد هذه المادة و حدها في الطبيعة و ينبغي الحصول عليها من المعمل الكسارة** (Crusher) **او بستعمال السمنت البورتلاند و التي يكلف كثيرا .**

***الفحوصات التي ينبغي اجرائها على الركام المستعمل في الخلطة الاسفلتية :**

1–**التدرج الحبيبي** (Gradation) **:توزيع حجمي لمقاسات الركام بطريقة تؤمن أكبر فرصة تماس بين الحبيبات وتضمن وجود قدر كافي من الفراغات بين الركام المعدني والرابط الاسفلتي اللازم لتماسك و متانة الخلطة و الحد الادنى من الفراغات الهوائية المطلوبة .**

2–**الصلابة** (Toughness) **: مقاومة التكسر و التفتت أثناء الخلط و النقل و الدك .**

3–**شكل الحبيبات او الجسيمات** (Particle shape) **: يحدد شكل الركام مقدار التداخل بين الحبيباته و الدعم المتبادل فيما بينها , اكانت كروي او شبه كروي او مضلع او مسطح .**

4–**الوزن النوعي** (Specific Gravity) **: وهو وزن حجم معين من الركام منسوبا الى وزن نفس الحجم من الماء المقطر الخالي من الهواء عند درجة حرارة** (25 درجة مؤية) .

5–المواد المعدنية (Matrial texture) : **المعادن المكونة للركام والتي تحدد خصائصه الرئيسية مثل الصلابة و المتانة و مدى تواؤم الخواص السطحية للركام من الخواص السطحية للرابط الاسفلتي و قوة التصاق الرابط الاسفلتي بسطح الركام و ديمومته بحضور الماء .**

6–قابلية الامتصاص (Absorption) : **قابلية الركام لامتصاص الماء .**

7–المحتوى الرطوبي (Moisture content) : **نسبة الماء في الركام .**

8–معامل التكسير (Fractured Faces) : **نسبة عدد الركام التي تحتوي على وجه مسكر واحد على الاقل الى عدد الكلي لحبيبات الركام في العينة ممثلة .**

9–معامل السطح (Surface texture) : **التظاريس الدقيقة لسطح حبيبات الركام , يحدد ملمس معامل الاحتكاك الداخلي المطلوب للثبات كما يحدد معمل الاحتكاك الخارجي المطلوب لمقاومة الانزلاق .**

10–التلوث او النظافة (Contamination) : **خلو الركام من اي مواد طينية او المواد الهشة او مواد غريبة .**

القير أو الاسفلت (Asphalt) :

هو مادة نفطية ذات لزوجة عالية و ذات لون اسود ,يستخرج من خلال عمالية تقطير النفط الخام تحت الضغط و درجات حرارة عالية تصل الى (300) درجة مئوية , وله انواع عديدة تختلف فيما بينها بدرجة السيولة و التركيز و كذلك باختلاف درجة حرارة انصهارها و التجمد , ويتالف الاسفلت بشكل رئيسي من مزيج مكثف من الهايدروكاربونات العطرية متعددة الحلقات , له خاصي فيزيائية حيث يتغير شكلها بتغير درجات الحرارة و يكون على شكل مائع اسود في درجات الحرارة العالية و يتغير الى مادة اكثر لدونة و حتى مادة صلبة عند خفض درجات الحرارة و هو مادة مقاومة للمواد الاسيدية و الاملاح بشكل عام , بسبب هذه المواصفات المذكورة يستعمل كمادة رابطة بين (الحصو و الرمل و الفيلر) في درجة حرارة معينة لتحضير الخلطة الاسفلتية لتبليط الطرق , و هناك القير في الطبيعة بشكل بحيرات قيرية أو على شكل صخور قيرية .

خواص القير أو الاسفلت (Asphalt Behavior) :

1–عند تسخينها(وصولها الى درجات الحرارة عالية) يتغير الى مادة ليينة مائعة اسود اللون

2–في درجات حرارة متوسطة يكون بشكل مادة لدنة بلاستيكية .

3–في درجات حرارة منخفضة يكون بشكل مادة شبه صلبة .

***ملاحظة : كون الاسفلت (القير _الزفت) مادة عضوية (هايدروكاربونية) مع مرور الوقت يظهر عليها التعب و الكلل لتفاعله مع أوكسجين الهواء بمدة طويلة او بمدة قصيرة , هذا التفاعل يؤثر على زيادة تصلب الاسفلت و انعزاله مع الركام التبليط و بذلك يؤدي الى تفليش و تدمير تبليط الطريق .**

الفحوصات الضرورية اجرائها لمادة (القير – الاسفلت) :

1–فحص النفاذية للمواد الاسفلتية (Pentration Test for Bituminous Matrials):

يجرى هذا الفحص لحساب صلابة الاسفلت من خلال المسافة العمودية التي تخترقها ابرة وزنها (100غم) ملامسة لسطح الاسفلت خلال خمسة ثواني في درجة حرارة (25درجة مؤوية) , وهذه الاختراق تسمى (النفاذية – Pentration) و يقرأ (0.1ملم) .

2–فحص المطيلية للمواد البتيومينية (Ductility Test for Bituminious Matrias): **يجرى هذا الفحص لقياس قابلية مواد الاسفلتية بالمسافة التي يستطيلها النموذج قبل ان ينقطع عند سحب احدى نهايتي النموذج بالاتجاه المعاكس للنهاية المثبة بالجهاز الفحص بسرعة معينة و بدرجة حرارة معينة , ويعتبر النموذج ناجحا اذا كانت المسافة التي تجاوزها النموذج قبل ان ينقطع (100سم) على قياس مسطرة الجهاز .**

3- فحص الفقدان بالتسخين للمواد الاسفلتية (Loss On Heating Test for Btuminious Matrials) : يجرى هذا الفحص لقياس الفقدان في كتلة الاسفلت عند التسخين و لحساب مقدار الهبوط قيمة النفاذية (Pentration) و السحب (Ductility) .

4-فحص نقطة الميوعة للمواد الاسفلتية (Softening Point Test for Bituminous Matrials) : يجرى هذا الفحص لمعرفة نقطة الميوعة للاسفلت و التي تعتبر طريقة العلمية لحساب قوام المواد القيرية و يستعمل ايضا لمعرفة درجة الميوعة لحساب مؤشر النفاذية (Penetration Index) , و هذا الفحص يسمى بالكرة و الحلقة .

5- فحص اللزوجة للمواد الاسفلتية (Saybolt Viscosity Test for Bituminous Matrials) : يجرى هذا الفحص لحساب قيمة االزوجة للمواد القيرية في درجة حرارة محددة من (21درجة مؤوية الى 99درجة مؤوية) و التي تقاس مختبريا نسبة الى الوقت اللازم بالثواني لتدفق (60مليليتر) من النموذج بتأثير الجاذبية خلال فتحة منتظمة و بظروف محددة ويكون بظروف محددة و يكون ذلك باستعمال جيهاز (Viscomiter) و يستعمل لتحديد قوام مستحلبات الاسفلتية و كذلك أنواع الاسفلت السائل (السريعة , المتوسطة , البطيئة) , و عادة يجرى هذا الفحص للاسفلت في درجتين :

الاول في درجة (60درجة مؤية) و التي تعتبر اعلى درجة حرارة في فصل الصيف للطريق تحت اشعة الشمس .

الثاني في درجة حرارة (135درجة مؤوية) و هو درجة الحرارة أثناء خلط الاسفلت الساخن مع الركام الساخن في معمل الاسفلت .

6-فحص نقطة التوهج و الاحتراق للمواد الاسفلتية (Flash and Fire Point Test for Bituminous Matrials) : درجة التوهج هي اوطىء درجة تلتهم عندها أبخرة الموجودة على سطح المادة السائلة بالتوهج لفترة قصيرة , اما درجة الاتقاد هي الدرجة التي تبداء بها المادة بالحتراق عند تقريب لهب الاختبار من المادة ويستمر بالاحتراق لفترة لا تقل عن خمسة ثواني , يستفاد من هذا الفحص لمعرفة درجة الحرارة التي يمكن خزن المادة

الاسفلتية في اي مكان بدون خوف من خطر الاحتراق , و يتغير درجة التوهج و الاحتراق حسب (Grade of Bituminous) .

*** ملاحظة :**

من أهم الفحوصات التي تحدد (درجة – Grade) الاسفلت هي (فحص النفاذية – Pentration Test) **و (فحص اللزوجة–** Saybolt Viscosity Test) .

***تصميم الخلطات الاسفلتية :**

1– الخلطة الاسفلتية : عبارة عن كتلة متمامسكة من الركام المتدرج المغلف بالاسفلت العادي او المعدل ,تتدخلها الفراغات الهوائية , تستعمل في رصف أسطح الطرق و المطارات و المواقف و الساحات الصناعية و الميادين كما تستخدم في تبطين القنوات , يشكل الركام هيكل العنصر الانشائي للخلطة أما الاسفلت فيربط العناصر ببعضها .

2–تصميم الخلطات الاسفلتية : سلسلة من الاجراءات الهادفة الى تحديد نوع و نسب و خواص المواد الداخلة في تركيب الخلطة الاسفلتية و طرق اختبارها للتاكد من تحقيق الخلطة و مكوناتها للمواصفات و قدرتها على الاداء تحت ضروف التشغيل المتوقعة .

3– متطلبات الخلطة الاسفلتية :

***الثبات –القدرة على مقاومة التشوه الناتج عن الاحمال المرورية و البيئة .**

***المرونة –القدرة على التجاوب مع القوى المؤثرة دون ان تتكسر .**

***المتانة –القدرة على مقاومة العوامل البيئية و ثبات الخواص مع مرور الزمن .**

***قابلية التشغيل –سهولة التشكيل و اعادة تشكيل الخلطة أثناء الرصف بحيث يتماشى سطحها مع الخطوط التصميمية دون ان تتفكك او تتشقق او يتشوه سطحها او تنفصل مكوناتها .**

***قابلية الدك –سهولة دك الخلطة للحصول على الكثافة المطلوبة اثناء التنفيذ دون الحاق الضرر بالخلطة و مكوناتها .**

4–دور المصمم :حيث بعض المتطلبات اعلاه متناقضة , زيادة الثبات مثلا يتحقق بخفض نسبة الرابط الاسفلتي و زيادة معامل الاحتكاك بين حبيبات الركام بينما لا تتحقق الخواص

الاخرى الا بعكس ذلك و فان دور مصمم الخلطة هو التوفيق بين تلك المتطلبات و الحصول على نسبة مثلى للرابط الاسفلتي تكون عندها جميع الخواص المذكورة ضمن مجل مقبول .

5- مكونات الخلطة الاسفلتية : تتكون الخلطة الاسفلتية من المواد التالية :

*الركام – عبارة عن حبيبات حجرية ذات احجام متدرجة , تتراوح ابعادها بين (50ملم) و (0.075ملم) تتصنف عادة الى :

أ-الركام الخشن :الحبيبات المحجوزة على المنخل (رقم 4) (4.75ملم) .

ب-الركام الناعم :الحبيبات المارة من منخل (رقم 4) (4.75ملم) و المحجوز على منخل (رقم 200) (0.075ملم) .

ج-البودرة (فيلر) : الحبيبات الدقيقة او الغبار المار من منخل (رقم 200) (0.075ملم)

د- الرابط الاسفلتي : مادة لزجة شبة صلبة او سائلة من اصل نفطي , يتم تصنيف الرابط الاسفلتي شبه الصلب حسب درجة الصلابة اما بمقاومة الغرز عند (Pentration) او بدرجة الاداء الزوجة (Viscosity) , اما الرابط الاسفلتي فيصنف وسرعة التصلب و نوع المذيب (Flow) بدرجة اللزوجة .

ه-المضافات و المحسنات :مواد معدنية او لدائن بلاستيكية او احماض امينية تستعمل لتحسين خواص الرابط الاسفلتي او تحسين التصاقه بالركام و منع التقشير او التاكسد .

و- الهواء :الفراغات المتبقية بين حبيبات الركام والتي لم يتم ملئها بالرابط الاسفلتي .

*مكونات الخلطة الاسفلتية بالرسم كما في الشكل رقم (1).

6-خواص الرابط الاسفلتي :

بالرغم من ان الرابط الاسفلتي لا يشكل سوى حوالي (5٪) من وزن الخلطة الاسفلتية و (10٪) من حجمها , فانه يلعب دورا اساسيا في اداء تلك الخلطة , الدور الرئيسي للرابط الاسفلتي في الخلطات الاسفلتية هو ربط حبيبات الركام بعضها ببعض و منحها القدرى على المقاومة قوى الشد و القص الناتجة عن التاثيرات الخارجية و عزل حبيبات الركام بمنع وصول الماء و المواد الضارة اليها , و تشمل خواص الرابط الاسفلتي :

أ-الزحف :القابلية للحركة تحت الضغط ويعتمد على درجة الحرارة و فترة التحميل .

ب-اللزوجة :نسبة ضغط القص الى سرعة القص عند درجة حرارة معينة .

ج–التصلب : تغير التركيب الكيميائي بسبب التاكسد و عند التعرض للحرارة و الهواء او فقدان المذيب .

د– الاسترخاء :القدرة على تقليص الاجهاد الداخلي بالاستطالة او الانفعال .

7– مراحل التصميم : يمر تصميم الخلطات الاسفلتية بغض النظر عن الطريقة المتبعة بعددة مراحل اهمها :

المرحلة الاولى:اختيار المواد الداخلة في تركيب الخلطة , الركام , الاسفلت المضافات او المحسنات .

المرحلة الثانية :اخذ عدد كافي من من العينات المماثلة من جميع المواد و فحصها للتحقق من مطابقة المواد المختارة للمواصفات و امكانية دمج الركام للحصول على التدرج المطلوب

المرحلة الثالثة :خلط الركام مع من نسب متباينة من الرابط الاسفلتي و حساب الخواص الحجمية و فحص مؤشرات القوة ان وجدت و عرضها بيانيا لاختيار المثلى للرابط الاسفلتي

المرحلة الرابعة : اعداد الخلطة عند النسبة المثلى للرابط الاسفلتي و التحقق من مطابقتها للمواصفات .

المرحلة الخامسة :تنفيذ مقطع تجريبي للتاكد من امكانية انتاج الخلطة بالخلاطة و امكانية فردها (فرشها) و دكها حسب المواصفات دون اتلافها .

المرحلة السادسة : اجازة الخلطة .

*** هناك عددة طرق لتصميم الخلطات الاسفلتية لكن من اشهرها و اكثرها استعمالا وانتشارا في جميع انحاء العالم طريقة (مارشال – Marshall) لسهولتها و تجربتها الغنية التي تدعمها , الطريقة مفصلة في نشرة معهد الاسفلت (MSTO) وطرق اختيار أشتوو (ASTM) و هذه الطريقة لتصميم الخلطة الاسفلتية تنسب الى (بروس مارشال) و هو مهندس في ادارة الطرق بولاية مسيسبي بالولايات المتحدة الامريكية في الاربعينيات من القرن الماضي.**

*** طريقة مارشال لتصميم الخلطات الاسفلتية –(Marshall Methohd of Design):**

الهدف من التجربة :

تصميم خلطة اسفلتية مارشال , اي ايجاد خليط اقتصادي من المواد و تدرج ذو نسبة اسفلت تعطي الخليط الخواص التالية :

1-نسبة كافية لضمان الديمومة و المرونة في الخلطة .

2-قوة كافية لمقاومة الانسياب توفي بمتطلبات المرور بدون حدوث اي تشوهات .

3-فراغات هوائية في الخليط الكلي تسمح باستيعاب الاسفلت و ابقاء جزء الفراغات الهوائية , حيث كلما كانت نسبة الفراغات قليلة كلما تم تحديد مرور الهواء و الماء خلال الكونكريت الاسفلتي اي تحديد دور الماء في اكسدة الاسفلت و تحويله الى مادة هشة اما اذا كانت نسبة الفراغات الهوائية عالية سوف يسبب ذلك انضغاط من جراء تسليط احنال المركبات و حدوث النزيف و النضخ .

المواصفات : يجرى الفحص بموجب المواصفات الامريكية (ASTM D-1559) الادوات و الاجهزة المستخدمة :

1-قالب ذو ابعاد محددة (القطر 4انج) و (الارتفاع 4.5انج) كما موضح في الصورة (11)

2-مطرقة الرص المعدل (وزنها 10باوند) و (مسافة السقوط 18انج).صورة (13)

3-محرار معدني لقرائة درجة الحرارة .

4-مصدر تسخين .

5-ميزان الكتروني .

6-ميزان مائي .

7-فرن .

8-حمام مائي .

9-جهاز اخراج العينات .

10-جهاز مارشال حيث يتم قياس الثبات (Stability) بتسليط الاحمال في الوقت الذي يتم تسجيل اعلى قرائة للثبات يجب تسجيل قرائة الزحف (Flow). صورة (12)

الصورة رقم (12) تمثل جهاز مارشال , يجب ان يكون ارتفاع النموذج قياسي عند فحصه (النموذج قطره 4 أنج) و (أرتفاعه 2.25 أنج) اذا كان ارتفاع النوذج يختلف عن القيمة

القياسية فيجب ان تجرى عملية تصحيح تكون قيمتها أقل كلما زاد الارتفاع عن الحد القياسي و عادة تكون أقل من واحد اما قرائة الزحف فانها لاتصحح .

صورة رقم (12) جهاز مارشال

صورة رقم (11) قالب مارشال

صورة رقم (13) مطرقة مارشال

المواد المستعملة :

باستخدام تدرج مسبق للركام و حسب معادلة المزج (Job mix) المعتمدة و استخدام نسب مختلفة للاسفلت (4٪) الى (6.5٪) و تحضر ثلاثة عينات لكل نسبة من نسب الاسفلت المستخدمة

طريقة العمل :

بالاسناد على معادلة المزج المعتمدة يتم وزن الركام و حسب التدرج المبين للركام الخشن و الناعم و المادة المالئة (Gravel , Sand , Filler) , التلنسبة المؤوية و الوزن (غم) لاجزاء الركام , في الجدول ادناه نسبة الاسفلت المستخدمة هي (5 ٪) و وزن نموذج الخلطة الاسفلتية (1200غم) و تحضر ثلاثة نموذج من هذا الوزن لكل نسبة اسفلت .

مقياس المنخل	نسبة المواد المتبقية (٪)	الوزن (غم)
1 انج = 25ملم	100	
4/3انج = 19ملم	5	57
2/1انج =12.5ملم	17	193.8
8/3انج =9.5ملم	10	114
منخل رقم 4 = 4.75ملم	18	205.2
منخل رقم 8 = 2.36ملم	14	159.6
منخل رقم 50 = 0.3ملم	24	273.6
منخل رقم 200 = 0.075ملم	7	79.8
Filler	5	57

ويتم حساب وزن أجزاء الركام على كل منخل و كما يلي :

وزن الركام على منخل رقم (4/3 انج)

النسبة المؤوية للركام في الخلطة الاسفلتية =100–نسبة الاسفلت المستخدمة

= 100 – 5

= ٪ 95

وزن الركام المتبقي(غم) =وزن النموذج x نسبة الركام في الخلطة x النسبة المؤوية المتبقية

= 1200 x ٪ 95 x ٪ 5

= 57 غم

وزن الركام على منخل رقم (2/1انج)

وزن الركام المتبقي (غم) = 1200 x ٪ 95 x ٪ 17

= 193.8غم

وزن الركام على منخل رقم (8/3انج)

وزن الركام (غم) = 1200 x ٪ 95 x ٪ 10

= 114غم

وزن الركام على منخل رقم (4)

وزن الركام المتبقي (غم) = 1200 x ٪ 95 x ٪ 18

= 205.2 غم

وزن الركام على منخل رقم (8)

وزن الركام المتبقي (غم) = 1200 x ٪ 95 x ٪ 14

= 159.6 غم

وزن الركام على منخل رقم (50)

وزن الركام المتبقي (غم) = 1200 x ٪ 95 x ٪24

= 273.6 غم

الوزن على منخل رقم (200)

وزن الركام المتبقي (غم) = 1200 x ٪ 95 x ٪ 7

= 79.8 غم

وزن الفيلر او البودرة = 1200 x ٪ 95 x ٪ 5

= 57 غم

2- يحسب وزن الاسفلت للخلطة الاسفلتية كما يلي :

وزن الاسفلت = وزن نموذج الخلطة الاسفلتية x نسبة الاسفلت المستخدمة

وزن الاسفلت (غم) = 1200 x ٪ 5 = 60غم

يجب ان يكون مجموع الاوزان لمكونات نموذج الخلطة الاسفلتية و التي تتكون من الركام بنوعيه(الحصى و الرمل)و المادة المالئة و الاسفلت مساوي الى(1200غم) لكل نسبة اسفلت .

3- يسخن الاسفلت و يضاف الى خليط الركام (الحصى و الرمل و المادة المالئة) و تكون اضافة الاسفلت بان يوضع الركام على الميزان و يصفر الميزان ثم يضاف الاسفلت الى الخليط الى ان يسجل الميزان وزن الاسفلت المحسوب عند ذلك يتوقف عن اضافة الاسفلت .

4-يوضع القالب الخاص بفحص مارشال في الفرن .

5–يوضع مزيج الركام و الاسفلت على مصدر حراري و يخلط النموذج جيدا و يجب ان تتراوح درجة حرارة المزج (135درجة مؤوية الى 160درجة مؤوية) و تتم قرائة درجة الحرارة باستخدام محرار معدني .

6– يتم اخراج القالب من الفرن و يدهن ويترك فترة و في نفس الوقت يرفع نموذج الخلطة الاسفلتية بعيدا عن المصدر الحراري حتى تصبح درجة حرارة النموذج بين (105درجة مؤوية الى 135درجة مؤوية) ثم يوضع النموذج في قالب ويرص باستخدام مالج او سكين (15 مرة) موزعة حول محيط النموذج و في وسطه ثم يرص النموذج باستخدام المطرقة (75 ضربة) ويجب مراعات كون محور المطرقة عموديا ثم يقلب القالب و النموذج و يعاد رص النموذج بنفس العدد من الضربات على وجه النموذج المقلوب .

7–اخراج النموذج من القالب و يترك لفترة (24ساعة) بدرجة حرارة المختبر من اجل السماح باستعادة جزء من التشوهات غير الدائمة .

8–يتم وزن النموذج بالهواء ويسجل (A) ثم يوضع النموذج في الماء لمدة (3دقائق) ثم يمسح سطح النموذج بقطعة من قماش ليمثل وزن النموذج مشبع و جاف السطح و يسجل الوزن (B) ثم ايجاد وزن النموذج في الماء باستخدام الميزان المائي و يسجل الوزن (C) .

9–يوضع النموذج في الحمام المائي بدرجة حرارة (60درجة مؤوية) لمدة (30دقيقة الى 40دقيقة) او في الفرن لمدة ساعتين حتى توصل درجة الحرارة للنموذج (60درجة مؤوية).
10– اجراء فحص الثبات (Stability) و الزحف (Flow) على نموذج الخلطة الاسفلتية حيث يوضع مقياس (Flow meter) في جهاز فحص مارشال ويتم تسليط احمال على النموذج و بمعدل (2 انج / دقيقة) الى ان يصل الحمل الى اقصى قرائة ثم يبداء بالرجوع فتسجل اعلى قرائة للثبات حالما يصل الحمل الى الاقصى ثم الرجوع في نفس الوقت يتم تسجيل قرائة الزحف .

*الحسابات و النتائج :

الوزن النوعي الكلي للركام (Bulk GA)

$$\text{Bulk GA} = \frac{100}{(\%\text{ of gravel}/\text{ G gravel}) + (\%\text{ of Sand} / \text{G sand}) + (\%\text{ of Filler} / \text{G filler})}$$

حيث : (% of Gravel) , (% of Sand) , (% of Filler) نسبة الحصى و الرمل و المادة المالئة في الخلطة و حسب معادلة المزج (50٪ , 45 ٪ و 5 ٪) على التوالي.

و (G gravel) , (G sand) , (G filler) الوزن النوعي للحصى و الرمل و المادة المالئة على التوالي .

الوزن النوعي الفعال للركام (Eff GA)

$$\text{Eff GA} = \frac{100 - PS}{(100 / \text{Max GM}) - (\text{Ps} / \text{Gs})}$$

(Constant Properties)

حيث :

(Ps) نسبة الاسفلت المستخدمة .

(Max GM) : الوزن النوعي الاقصى للخلطة الاسفلتية .

(Gs) : الوزن النوعي للاسفلت .

$$PA = 100 - Ps$$

(PA) : نسة الركام في الخلطة .

الوزن النوعي الفعلي للخلطة (Actal GM)

$$\text{Actual GM} = \frac{A}{(B - C)}$$

حيث : (A , B , C) هي وزن النموذج في الهواء (جاف) و وزن النموذج المشبع و جاف السطح و وزن النموذج في الماء على التوالي .

نسبة الفجوات الهوائية في الخلطة الكلية :

$$\%\text{Air Voids in total mix} = \frac{\text{Actual GM} - \text{max GM}}{\text{Max GM}} \times 100$$

نسبة الفجوات المملوئة بالاسفلت :

$$\%\text{of voids filled with asphalt} = \frac{\text{Actual GM} \times \text{Ps1}}{\text{Actual GM} + \text{Ps1} + \text{Gs} \times \%\text{ of air voids}}$$

$$\text{Ps1} = \text{Ps} - \left(\frac{\text{Ps2} \times \text{PA}}{100}\right)$$

$$\text{Ps2} = \left\{\frac{1}{\text{Bulk GA}} - \frac{1}{\text{Effec GA}}\right\} \times \text{Gs} \times 100$$

وثم يتم ترتيب النتائج و وضعها في جدول كما مبين بالجدول ادناه :

نسبة الاسفلت (٪)	ارتفاع النموذج (ملم)	وزن النموذج بالهواء (غم) A	وزن النموذج بالماء(غم) C	وزن النموذج مشبع و جاف السطح (غم) B	الكثافة (غم / سم 3)	الثبات (كغم)	الثبات المصحح (كغم)	الزحف (ملم)	نسبة الفجوات الهوائية في الخلطة ٪	نسبة الفجوات المملوئة بالاسفلت ٪
4										
4.5										
5										
5.5										
6										
6.5										

ثم يتم تمثيل النتائج التي تم الحصول عليها على ورق بياني ورسم المنحنيات الاتية :

1–**قيم الثبات مقابل نسب الاسفلت** (Marshall Stability & ٪ Asphalt by weight).

2–**قيم الكثافة مقابل نسب الاسفلت** (Density & % Asphalt by weight) .

3–**قيم الزحف مقابل نسب الاسفلت** (Flow & % Asphalt by weight) .

4–**نسبة الفراغات الهوائية مقابل نسب الاسفلت –**

{ Air Voieds (VMA) & % Asphalt by weight } .

5–**نسبة الفراغات الهوائية المملوئة بالاسفلت مقابل نسب الاسفلت –**

{ Voides filled with Asphalt (VFA) & % Asphalt by weight } .

ومن خلال رسم المنحنيات يمكن ملاحظة :

1–**تزداد قيمة الثبات** (Stability) **مع زيادة نسبة الاسفلت** (% Asphalt by weight) **الى الحد الاقصى ثم تبدا بالتناقص** .

2–**منحني الكثافة للخلطة الاسفلتية** (Density) **يشبه منحني الثبات** (Stability)**لذا فان الكثافة القصوى** (Max Density) (**ليس دائما**) **تحدث عند نسبة اسفلت اعلى بقليل من نسبة الاسفلت للثبات القصوى** (Max Stability) .

3–**تزداد قيمة الزحف** (Flow) **مع زيادة نسبة الاسفلت** (% Asphalt by weight).

4–**تتناقص القيمة المؤوية للفراغات الهوائية** (% Air Voides) **مع زيادة نسبة الاسفلت الى ان تصل الى ادنى محتوى فراغي** .

5–**تزداد نسبة الفراغات المملوئة بالاسفلت** { Voides filled with Asphalt (VFA) } **الى اعلى ما يمكن بزيادة نسبة الاسفلت** (% Asphalt by weight).

*و من المنحنيات التي تم رسمها يتم تحديد نسبة الاسفلت المثلى التي تعطي اعلى ثبات (Stability) و اعلى كثافة (Density) و اعلى نسبة فراغات الهوائية (Air Voides ٪) بين (3 ٪ الى 5 ٪) فيؤخذ معدل القرائة الثلاثة لنسبة الاسفلت (% Asphalt by weight) و التي تعتبر نسبة الاسفلت المثلى و تحدد هذه النسبة خواص الخلطة الاسفلتية اي بالرجوع الى المنحنيات المرسومة يتم تحديد ثبات الخلطة و نسبة الفراغات الهوائية و الزحف و نسبة الفراغات الهوائية المماوئة بالاسفلت و تحدد المواصفات .

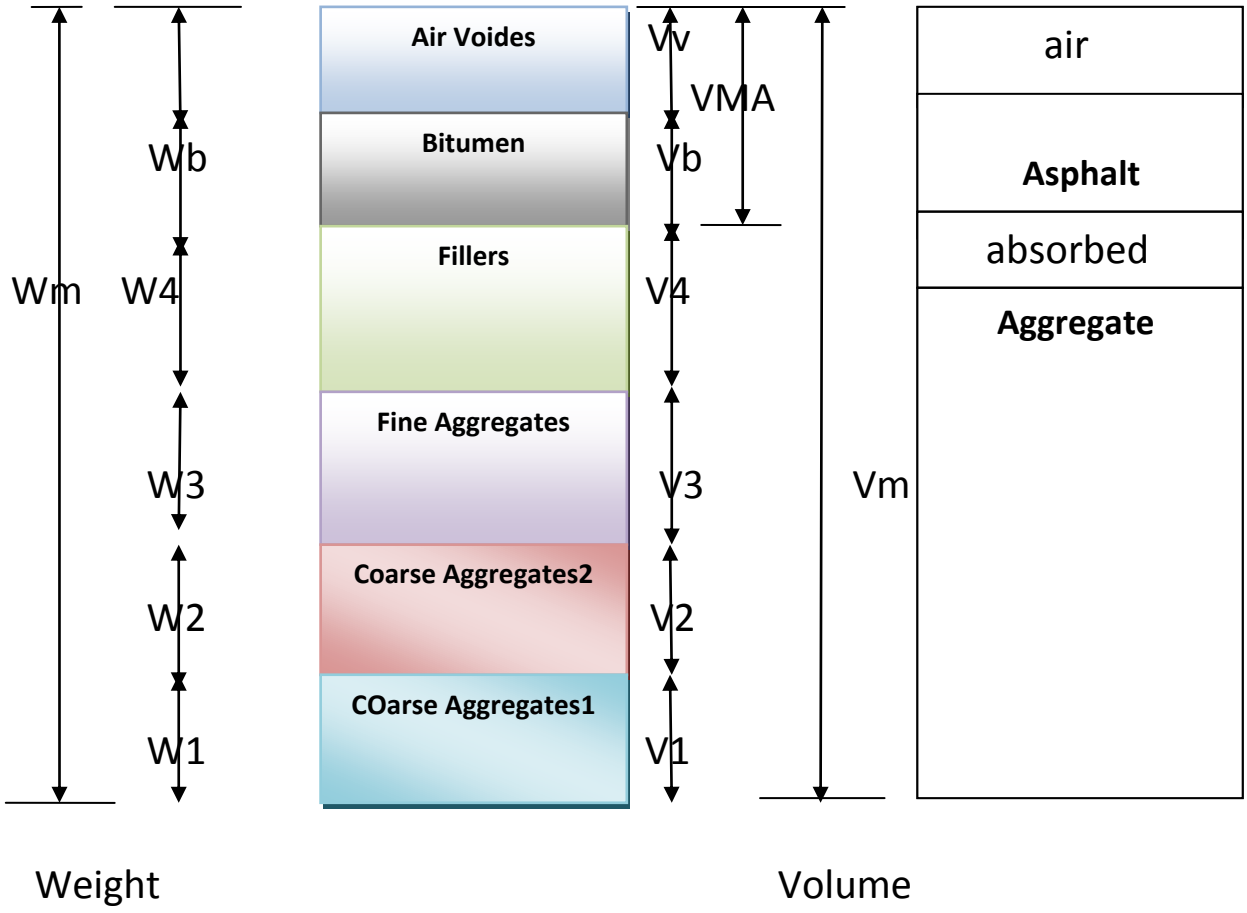
ان لايقل (Stability)ثبات الخلطة عن (800كغم)

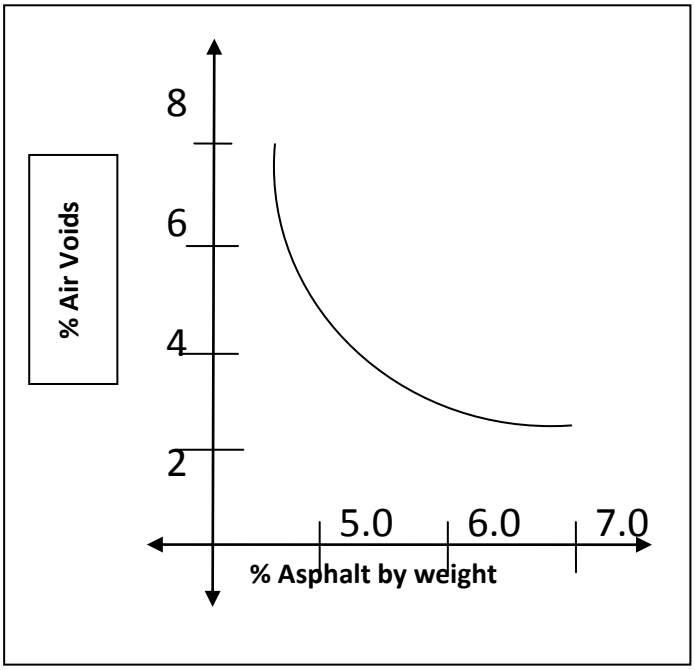
نسبة الفراغات الهوائية (Air Voides٪)بين (3 ٪ الى 7 ٪)

الزحف (Flow) (2 ملم الى 4 ملم)

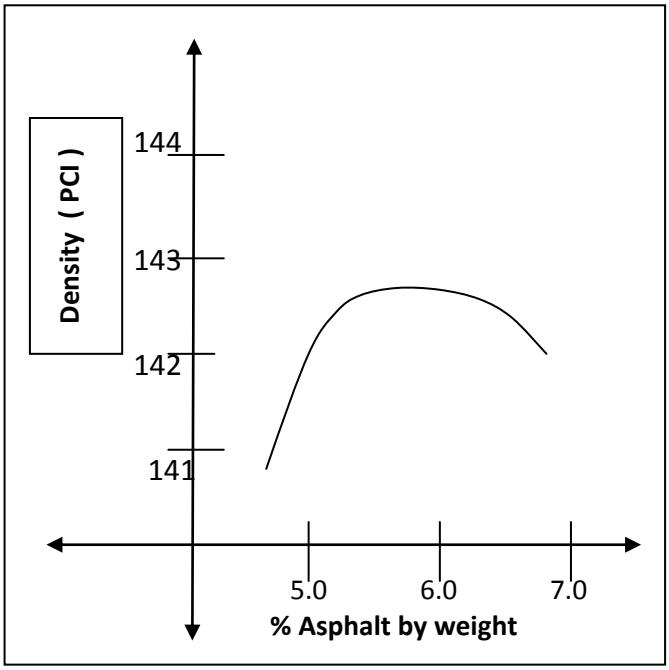
نسبة الفراغات الهوائية المملوئة بالاسفلت { Voides filled with Asphalt (VFA }

(70 ٪ الى 85 ٪) .

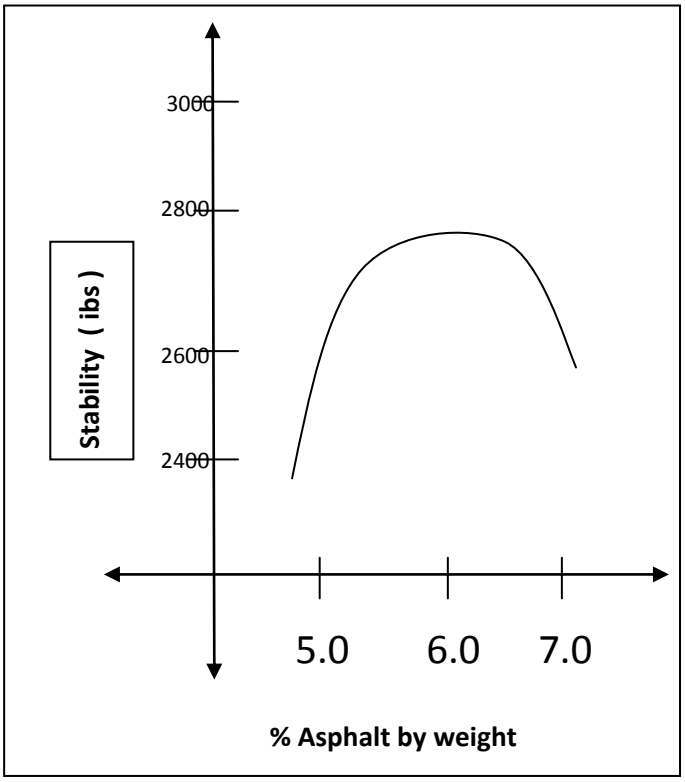




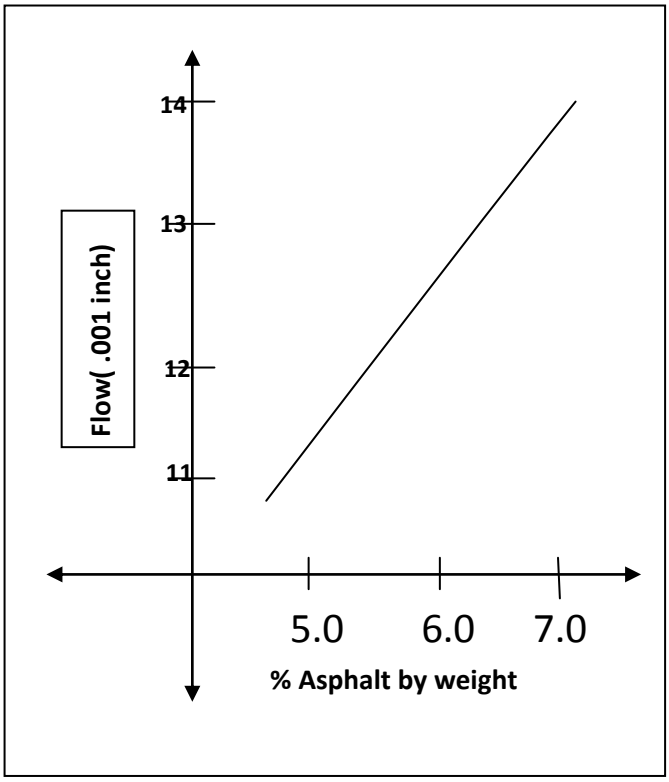
Chat (1) % Asphalt & Air Voides



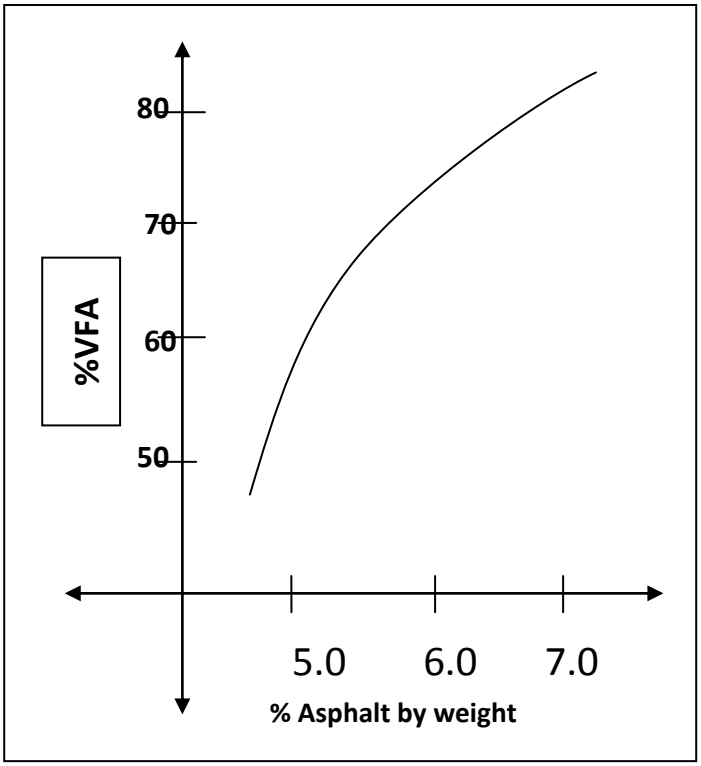
Chat (2) %Asphalt & Density



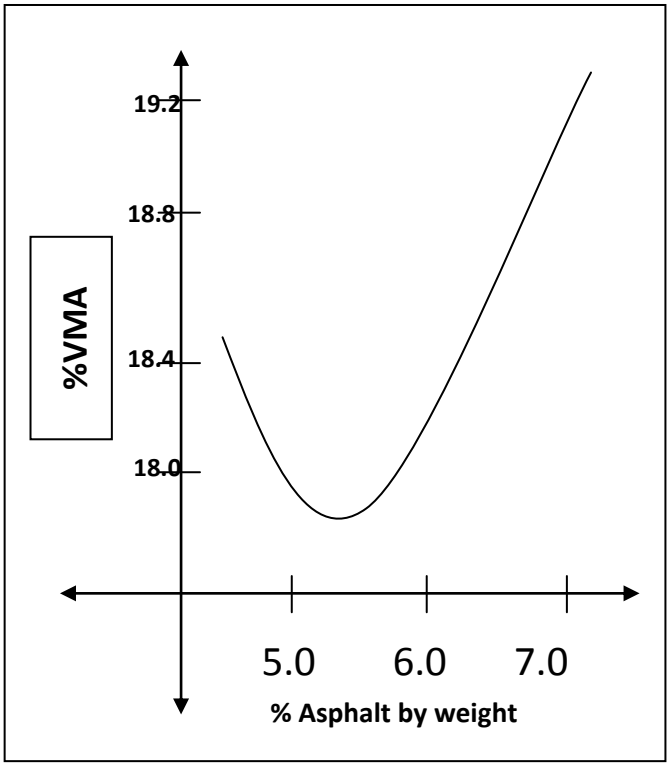
Chat (3) % Asphalt & Stability



Chat (4) % Asphalt & Flow



Chat (5) % Asphalt & VFA



Chat (6) % Asphalt & VMA

تعريف الرسوم البيانية كالاتي :

1- **الرسم البياني الاول : يمثل العلاقة بين الفراغات الهوائية و نسبة الاسفلت في النموذج** (Air voids & % Asphalt by weight) .

2- **الرسم البياني الثاني : يمثل العلاقة بين كثافة الخلطة الخرسانية و نسبة الاسفلت** (Density &% Asphalt by weight) .

3-**الرسم البياني الثالث : يمثل العلاقة بين الثبات و نسبة الاسفلت في النموذج** (Stability &% Asphalt by weight) .

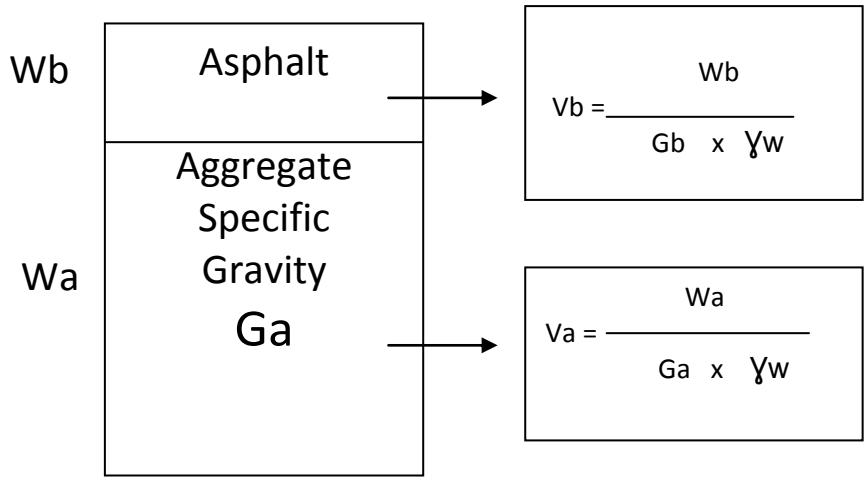
4- **الرسم البياني الرابع : يمثل العلاقة بين النفاذية و نسبة الاسفلت في النموذج** (Flow & %Asphalt by weight)

5- **الرسم البياني الخامس : العلاقة بين الفراغات الهوائية المملوئة بالاسفلت مع نسبة الاسفلت في النموذج** (Air Voids filled with Asphalt &% Asphalt by weight) **و التي يرمز ب** (VFA).

6–**الرسم البياني السادس : العلاقة بين نسبة الفراغات بشكل كلي في النموذج (الفرغة و المملوئة بالاسفلت) و نسبة الاسفلت في النموذج (** Void in mineral aggregat & %Asphalt by weight **) و التي يرمز ب (** VMA **) .**

اشتقاق المعادلات :(Marshal Stability Test **)**

(Volume Relations Of Asphalt Concete)



حيث ان :

Vb = **حجم الاسفلت**

Gb = **الوزن النوعي للسفلت**

Wb = **وزن الاسفلت**

ɣw = **الكثافة الكتلية للماء**

و جاء هذة المعادلة من ان :

(وزن الاسفلت في النموذج = حجم الاسفلت X الوزن النوعي للاسفلت X الكثافة الكتلية للماء)

الوزن النوعي من الناحية النظرية (G_0- Theoretical **) :**

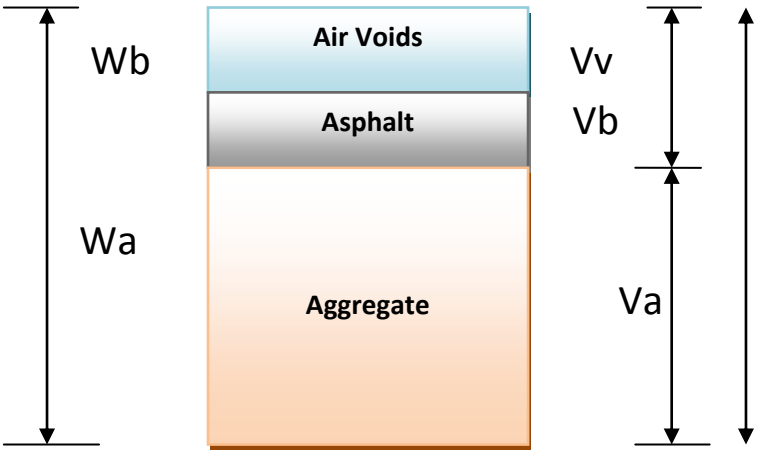
$$G_0 = \{ \frac{W}{Vb + Va} \} = \frac{W}{\{ \frac{W}{Gb \cdot ɣw} \} + \{ \frac{W}{Ga \cdot ɣw} \}}$$

$$G_0 = \frac{W}{\frac{Wb}{Gb} + \frac{Wa}{Ga}} = \frac{100}{\frac{Wb}{Gb} + \frac{100 - Wb}{Ga}}$$

$$G_0 = \frac{100}{\frac{Wb}{Gb} + \frac{Wa}{Ga}}$$

When : W = 100

Wb , Wa { in % Wt}



(G) - Actual
Total Volume Of Specimen

* Bulk Volume = { Wt.of spac.saturated surface dry in air } - { Wt.of space. in water }

Bulk density of space.(G) = { Wt.in Air / Bulk Vol. }

Total Volume of Solide (%) = $\left\{ \frac{Vb + Va}{V} \right\}$

$$Vb + Va = \left\{ \frac{W}{G_0 \cdot \gamma_w} \right\} \quad , \quad V = \left\{ \frac{W}{G \cdot \gamma_w} \right\}$$

$$R = \left\{ \frac{(w/ G_0 . \gamma_w)}{(w/G . \gamma_w)} \times 100 \right\} = \left\{ \frac{G}{G_0} \right\} X\ 100 = \%\ \text{Theoretical density .}$$

(% solid by volume)

(100 - R) = percent volume of air voids .

$$\%\ VMA = \left\{ \frac{V-Va}{V} \right\} x\ 100 = (1- Va/V) = \left\{ 1- \frac{Wa/ (Ga. \gamma_w)}{W/ (G . \gamma_w)} \right\} x\ 100$$

$$\%VMA = 100 - Wa \left\{ \frac{G}{Ga} \right\}$$

% VMA = % Volume of voids in mineral Aggregate .

Wa = Aggregate content percent by weight .

{ -for one -sized or poorly graded Aggregate . $\geq$ %35 }

{ +for well graded Aggregate. $<$ % 20 }

$$\%\ \text{Voids filled by Asphalt} = \left\{ \frac{VMA - (100 - R)}{VMA} \right\}$$

* **الوزن النوعي الموحد للانواع الركام المستخدمة في الخلطة الاسفلتية** :

$$\text{Average Density} = G . \gamma_w = \frac{Wt}{Vt} = \frac{100}{\left\{ \frac{W1}{G1 . \gamma_w} \right\} + \left\{ \frac{W2}{G2 . \gamma_w} \right\} + \left\{ \frac{W3}{G3 . \gamma_w} \right\}}$$

*** الفرق الجوهري بين طبقات الاسفلت :**

ان ما يميز الفرق بين الخلطات الاسفلتية الثلاثة (Stabilizer**) و (** Binder **) و (** Surface **) هو التدرج الحبيبي للركام المستخدم و نسبة الاسفلت المستخدم في الخلطة الاسفلتية , بحيث طبقة (** Base-Course **) وهي الطبقة الاسفلت الاولى و الاكثر خشونة و الاكثر سمكا و (سمكها** 125 **ملم اثناء فرش الطبقة و لا تقل سمكها عن** 100**ملم بعد الحدل) , و تاتي بعدها طبقة (** Binder-Course **) وهي الطبقة الاقل خشونة من الطبقة الاول و اقل سمكا منها (سمكها يكون** 85**ملم اثناء الفرش و لاتقل سمكها عن** 60**ملم بعد الحدل) ,و تاتي بعدها طبقة (** Surface-Course **) وهي الطبقة الاكثر نعومة من جميع الطبقات السالفة وهي اقل سمكا من جميع الطبقات (سمكها يكون** 65**ملم اثناء الفرش الطبقة و لاتقل سمكها عن** 40**ملم بعد الحدل) .**

***فيما يلي جدول يوضح نسب كل من الركام و الاسفلت المستعمل في تصميم الخلطة الاسفلتية لكل نوع من انواع الطبقات الاسفلتية :**

Proportion of Total Mixture , Per Cent by Weight

Mixture	Combined Mineral Aggregate (%)	Asphalt Cement (%)	Type
Grading (A -S) and (A-CRL)	%96.3- %97.7	%2.3-%3.7	Stabilizer
Grading (A)	%95.8 - %96.7	%3.3-%4.2	Stabilizer
Grading (B),(BM),(BM-2)	%93.8 - %95.8	%4.2 - %6.2	Binder-Course & Stabilizer
Grading (C) and (C-W)	%93.8 - %95.8	%4.2 - %6.2	Binder-Course
Grading (D) and (E)	%90.3 -94.7	%5.3 - %7.0	Surface-Course
Grading (F)	%90.3- %92.7	%7.3- %9.7	Surface-Course

Hot Plant Mix Base Course Mixture Design Of Gradations

(1)

Sieve Size	Grading (A)	Grading (A-S)	Grading (A- CRL)	Grading (B)
(50)mm(2")	100	100	100	100
(37.5)mm(1.5")	81-100	75-100	80-93	95-100
(19)mm(3/4")	50-71	55-80	60-75	70-85
(9.5)mm(3/8")	35-50	-	-	49-72
(4.75)mm(NO.4)	24-36	7-11	12-16	34-51
(2.36)mm(NO.8)	13-27	-	-	23-42
(600)mm(NO.30)	7-17	-	-	11-22
(300)mm(NO.50)	-	-	-	9-14
(150)mm(NO.100)	0-10	0-6	0-4	4-10
(75)mm(NO.200)	0-4.5	0-4.5	0-3.5	2.5-6.5

*** في تصميم الخلطة الاسفلتية لطبقة** (Basecourse) **او** (Stabilizer) **في العراق عادة يستخدم ركام** {Grading (B)} **الموجود في جدول الاعلى جدول** (1) .

Hot Plant Mix Leveling Course Mixture Design Range Of Gradations

(2)

Sieve Size	Grading (B-M)	Grading (C)	Grading (C-W)	Grading (C-S)
(25)mm(1")	100	-	-	-
(19)mm(3/4")	85-100	100	100	-
(9.5)mm(3/8")	59-79	70-90	75-100	100
(4.75)mm(NO.4)	42-61	39-66	-	89-94
(2.36)mm(NO.8)	29-47	23-47	43-67	53-77
(600)mm(NO.30)	13-27	10-27	23-47	23-42
(300)mm(NO.50)	7-20	8-15	-	-
(150)mm(NO.100)	4-10	4-8	4-10	9-8
(75)mm(NO.200)	0-6.5	2.5-6.5	2.5-6.5	6-13.5

*** في تصميم الخلطة الاسفلتية لطبقة** (Binder-Course) **في العراق عادة يستخدم ركام** {Grading (B)} **الموجود في جدول الاعلى جدول** (2).

Asphalt Concret Surface Course Mixture Designation

(Design Range Of Gradations)

(3)

Sieve Size	Grading (D)	Grading (E)	Grading (F)
(19)mm(3/4")	-	-	-
(16)mm(5/8")	100	100	-
(12.5)mm(1/2")	95-100	95-100	-
(9.5)mm(3/8")	80-93	80-93	100
(4.75)mm(NO.4)	54-76	54-76	89-100
(2.36)mm(NO.8)	35-57	35-57	78-92
(600)mm(NO.30)	17-29	17-29	38-67
(300)mm(NO.50)	10-18	10-18	23-47
(150)mm(NO.100)	3-10	3-11	7-18
(75)mm(NO.200)	0-6.5	0-8	5-13

*** في تصميم الخلطة الاسفلتية لطبقة** (Surface -Course) **في العراق عادة يستخدم ركام** {(Grading (E) } **او لطبقة اكثر نعومة** {(Grading (F) } **الموجودين في جدول الاعلى جدول** (3) .

***ملاحظات ضرورية :**

1- عند اختيار تصميم مثالي من اختبار مارشال في المختبر ينبغي متابعة انتاج الخلطة الاسفلتية في المعمل بشكل مستمر يوميا للسيطرة على الانتاج في حدود التصميم المختار لان أي انحراف في نسبة الاسفلت أو تدرج الركام في الخلطة الاسفلتية يؤثر سلبا على متانة و عمر الطبقة الاسفلتية فاذا كانت الانحراف في حدود المقبولة يتم خصم في سعر فقرة التبليط اما اذا خرج الانحراف في نسب الاسفلت و الركام في الخلطة الاسفلتية عن حدود المقبولة حسب المواصفات فسيتم قلع الطبقة الاسفلتية المنفذة .

2- في العراق كانت يستخدم نوعين من الاسفلت السائل في تصميم الخلطات الاسفلتية و لجميع الطبقات , حيث كانت في المناطق الجنوبية (الاكثر حرارة) يستخدم اسفلت ذات لزوجة عالية (Grade 40 - Grade 50) لانها اكثر مقاوما للحرارة الجو , وفي المناطق الشمالية كانت يستخدم اسفلت اقل لزوجة (Grade 60 - Grade 70) لانها اكثر مقاومة لدرجات الانجماد حرارة الجو لان انخفاض درجات الحرارة و الانجماد يتسبب بظهور تشققات كبيرة بما يشبه خرائط و يتسبب بتفليش الطبقة .

3- اليوم وبعد ظاهرة الاقتباس الحراري على مستوى العالم و شرق الاوسط و العراق بذات اصبحت معدل درجات حرارة الجو في شمال العراق اكثر مما كانت في العقود الماضية لذلك يستخدم اسفلت الاكثر لزوجة من السابق (Grade 40 - Grade 50) .

4- الركام المنتج في معمل الكسارات اكثر قوة و متانة من الركام الطبيعي في الخلطة الاسفلتية و ذلك لسبب و جود اسطح اكثر خشونة و اكثر زوايا و اكثر مساحة سطحية مما يجعل الربط بين المادة الرابطة (الاسفلت السائل) و اجزاء الركام اكثر ربطا و قوة .

الفـــهـرســـــــت

المــواضــيــع	الصفحة
مقدمة عن الطريق بشكل عام	1
الخطوات المتبعة الضرورية للمباشرة بمشروع طريق معين	4-2
المواد المستخدمة في تحضير الخلطات الاسفلتية	4
الحصو و الرمل و الفيلر (المادة المالئة) و خواصها	6-4
القير او الاسفلت	6
خواص القير او الاسفلت و فحوصاتها	8-7
تصميم الخلطات الاسفلتية	11-9
طريقة مارشال لتصميم الخلطات الاسفلتية	24-11
اشتقاق معادلات تصميم الخلطات الاسفلتية	27-25
الفرق الجوهري بين طبقات الاسفلت	30-28
ملاحظات ضرورية	31
الفهرست	32