الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

الأكاديمية العربية الدولية

المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

تصميم الخلطات الإسفلتية:

طريقة مارشال – طريقة السوبر بيف

اعداد / م . احمد محمد الشريف

شركة التطوير للتنمية العمرانية المشتركة

فلسفة تصميم الخلطات الإسفلتية

1- الخلطة الإسفلتية:

الخلطة الإسفلتية عبارة عن كتلة متماسكة من الركام المتدرج المغلف بالإسفلت العادي أو المعدل، تتخللها فراغات هوائية، تستعمل في رصف أسطح الطرق و المطارات و المواقف و الساحات الصناعية و الميادين كما تستخدم في تبطين القنوات. يشكل الركام عناصر الهيكل الإنشائي للخلطة أما الإسفلت فيربط العناصر ببعضها.

2- تصميم الخلطات الإسفلتية:

سلسلة من الإجراءات الهادفة إلى تحديد نوع و نسب و خواص المواد الداخلة في تركيب الخلطة الإسفلتية و طرق اختبارها للتأكد من تحقيق الخلطة و مكوناتها للمواصفات التعاقدية و قدرتها على الأداء تحت ظروف التشغيل المتوقعة.

3- متطلبات الخلطة الإسفلتية:

1. الثبات – القدرة على مقاومة التشوه الناتج عن الأحمال المرورية و البيئية.
2. المرونة – القدرة على التجاوب مع القوى المؤثرة دون أن تتكسر.
3. المتانة – القدرة على مقاومة العوامل البيئية و ثبات الخواص مع مرور الزمن.
4. قابلية التشغيل – سهولة تشكيل و إعادة تشكيل الخلطة أثناء الرصف بحيث يتمشى سطحها مع الخطوط التصميمية دون أن تتفكك أو تتشقق أو يتشوه سطحها أو تنفصل مكوناتها.
5. قابلية الدك – سهولة دك الخلطة للحصول على الكثافة المطلوبة أثناء التنفيذ دون إلحاق الضرر بالخلطة أو مكوناتها.

4- دور المصمم:

حيث أن بعض المتطلبات أعلاه متناقضة، زيادة الثبات مثلا يتحقق بخفض نسبة الرابط الإسفلتي و زيادة معامل الاحتكاك بين حبيبات الركام بينما لا تتحقق الخواص الأخرى إلا بعكس ذلك، فإن دور مصمم الخلطة هو التوفيق بين تلك المتطلبات و الحصول على نسبة مثلى للرابط الإسفلتي تكون عندها جميع الخواص المذكورة ضمن مجال مقبول.

5- مكونات الخلطة الإسفلتية:

تتكون الخلطة الإسفلتية من المواد التاليه:

1. الركام – عبارة عن حبيبات حجرية ذات أحجام متدرجة، تتراوح أبعادها بين أقل من 0.075 و 50.0 مليمتر، تصنف عادة إلى:
   - ركام خشن – الحبيبات المحجوزة على غربال رقم 4 (4.76 مليمتر)
   - ركام ناعم – الحبيبات المارة من غربال رقم 4 (4.76 مليمتر) و المحجوزة على غربال رقم 200 (0.075) مليمتر.
   - بودرة – الحبيبات الدقيقة أو الغبار المار من غربال رقم 200 (0.075 مليمتر).
2. الرابط الإسفلتي – مادة لزجة شبه صلبة أو سائلة من أصل نفطي. يتم تصنف الرابط الإسفلتي شبه الصلب حسب درجة صلابته إما بمقاومة الغرز (Penetration) أو باللزوجة (Viscosity) أو بدرجة الأداء (Performance) عند ظروف تحميل و حرارة و معالجة بيئية محددة، أما الرابط الإسفلتي السائل فيصنف بدرجة اللزوجة أو بالتدفق (Flow) وسرعة التصلب و نوع المذيب.
3. المضافات و المحسنات – مواد معدنية أو لدائن بلاستيكية أو أحماض أمينية تستعمل لتحسين خواص الرابط الإسفلتي أو تحسين التصاقه بالركام و منع التقشر و التأكسد.
4. الهواء – الفراغات المتبقية بين حبيبات الركام و التي لم يتم ملئها بالرابط الإسفلتي.

6- خواص الركام:

يشكل الركام الهيكل الإنشائي للخلطة الإسفلتية و يكون ما يقارب 95% من وزنها و 85% من حجمها. لذلك فإن خواصه تؤثر تأثيراً مباشراً على الأداء. تشمل خواص الركام:

1. الصلابة – مقاومة التكسر و التفتت أثناء الخلط و النقل و الدك و الخدمة.
2. النظافة – خلو الركام من المواد الطينية و المواد الهشة و أي مواد غريبة.
3. المتانة – مقاومة التفتت بسبب تغير العوامل البيئية (تعاقب دورات الرطوبة و الجفاف و دورات الحرارة و البرودة).
4. التركيبب المعدني – المعادن المكونة للركام و التي تحدد خصائصه الرئيسية مثل الصلابة و المتانة و مدى تواؤم الخواص السطحية للركام مع الخواص السطحية للرابط الإسفلتي و قوة التصاق الرابط الإسفلتي بسطح الركام و ديمومته بحضور الماء.

5. التدرج – التوزيع الحجمي لحبيبات الركام بطريقة تؤمن أكبر فرصة تماس بين الحبيبات و تضمن وجود قدر كافي من الفراغات في الركام المعدني (VMA) لاستيعاب الرابط الإسفلتي اللازم لتماسك و متانة الخلطة و الحد الأدنى من الفراغات الهوائية (AV) المطلوبة للأداء.
6. الشكل – الشكل الهندسي للحيز الذي تشغله حبيبات الركام: كروي، شبه كروي، مضلع أو مسطح. .يحدد شكل الركام مقدار التداخل بين حبيباته و الدعم المتبادل بينها.
7. الملمس – التضاريس الدقيقة لسطح حبيبات الركام. يحدد الملمس معامل الاحتكاك الداخلي المطلوب للثبات كما يحدد معامل الاحتكاك الخارجي المطلوب لمقاومة الانزلاق.
8. نسبة التكسير – نسبة عدد حبيبات الركام التي تحتوي على وجه مكسر واحد على الأقل إلى العدد الكلي لحبيبات الركام في عينة ممثلة.
9. الكثافة النوعية – وزن حجم معين من الركام منسوباً إلى وزن نفس الحجم من الماء المقطر الخالي من الهواء عند درجة 25 مئوية.

7- خواص الرابط الإسفلتي:

بالرغم من أن الرابط الإسفلتي لا يشكل سوى حوالي 5% من وزن الخلطات الإسفلتية و 10% من حجمها، فإنه يلعب دوراً أساسياً في أداء تلك الخلطات. الدور الرئيسي للرابط الإسفلتي في الخلطات الإسفلتية هو ربط حبيبات الركام بعضها ببعض و منحها القدرة على مقاومة قوى الشد و القص الناتجة عن التأثيرات الخارجية و عزل حبيبات الركام بمنع وصول الماء و المواد الضارة إليها. تشمل خواص الرابط الإسفلتي:

1. الزحف – القابلية للحركة تحت الضغط و يعتمد على درجة الحرارة و فترة التحميل.
2. اللزوجة – نسبة ضغط القص إلى سرعة القص عند درجة حرارة معينة.
3. المرونة – القابلية للسحب دون الانفصال.
4. اللدونة الحرارية - تغير اللزوجة بتغير الحرارة (علاقة عكسية).
5. التصلب – تغير التركيب الكيميائي بسبب التأكسد عند التعرض للحرارة و الهواء أو فقدان المذيب.
6. الإسترخاء – القدرة على تقليص الإجهاد الداخلي بالاستطالة أو الانفعال.

8- مراحل التصميم:

يمر تصميم الخلطات الإسفلتية، بغض النظر عن الطريقة المتبعة، بعدة مراحل أهمها:

المرحلة الأولى – اختيار المواد الداخلة في تركيب الخلطة: ركام، إسفلت، مضافات و محسنات.

المرحلة الثانية – أخذ عدد كافي من العينات الممثلة من جميع المواد و فحصها للتحقق من مطابقة المواد المختارة للمواصفات و إمكانية دمج الركام للحصول على التدرج المطلوب.

المرحلة الثالثة – خلط الركام مع نسب متباينة من الرابط الإسفلتي وحساب الخواص الحجمية وفحص مؤشرات القوة إن وجدت و عرضها بيانياً لاختيار النسبة المثلى للرابط الإسفلتي.

المرحلة الرابعة – إعداد خلطة عند النسبة المثلى للرابط الإسفلتي و التحقق من مطابقتها للمواصفات.

المرحلة الرابعة – تنفيذ مقطع تجريبي للتأكد من إمكانية إنتاج الخلطة بالخلاطة و إمكانية فردها ودكها حسب المواصفات دون إتلافها.

المرحلة السادسة – إجازة الخلطة.

طرق التصميم تصميم الخلطات الإسفلتية

هناك عدة طرق لتصميم الخلطات الإسفلتية أهمها: طريقة مارشال، طريقة فيم و طريقة سوبربيف. طريقتي مارشال و فيم مبنية على التجربة وليس لهما أساس نظري، أما طريقة سوبربيف فهي طريقة جديدة تخلط بين التجربة و النظرية. الطرق الثلاث تتشابه باعتمادها على الخواص الحجمية للخلطة ولكنها تختلف بالمنهجية و طرق تحضير العينات و مؤشرات الأداء. يتم دك عينات مارشال بالصدم ويتم دك عينات فيم بالضغط أما عينات سوبربيف فيتم دكها بالتأرجح تحت الضغط الساكن.

يتم تحديد مؤشر قوة عينات مارشال بالحمل اللازم لكسر العينة بواسطة رؤوس تحميل نصف دائرية، و يتم تحديد مؤشر القوة في عينات فيم بقياس الضغط الأفقي الناتج عن تحميل العينة رأسياً في جهاز ضغط ثلاثي المحاور من النوع المغلق و استعمال معادلة خاصة لحساب المؤشر. لا تحتوي طريقة سوبر بيف، حالياً، على مؤشر للقوة.

فيما يلي عرض موجز لطريقة مارشال باعتبارها المستعملة في المملكة العربية السعودية و طريقة سوبر بيف باعتبارها ثمرة بحث منظم طويل ولتبني بعض الجهات المسئولة عن الرصف الإسفلتي لها.

1- طريقة مارشال:

تنسب هذه الطريقة إلى بروس مارشال و هو مهندس مواد في إدارة الطرق بولاية ميسيسبي الأمريكية في الأربعينات من القرن الميلادي الماضي. و هي الطريقة الأكثر انتشاراً و قبولاً في تصميم الخلطات الإسفلتية نظراً لسهولتها و التجربة الغنية التي تدعمها. الطريقة مفصلة في نشرة معهد الإسفلت إم. إس. تو. و طرق اختبار آشتو و أي. إس. تي. إم. القياسية، و تتلخص بالآتي:

1. تجفيف الركام للتخلص من أي أثر للرطوبة فيه.
2. فصل الركام إلى أجزاء حجمية على غرابيل تتناسب مع غرابيل الأقماع الساخنة في الخلاطة. يفضل أن يكون مقاس كل غربال فصل ضعف مقاس الغربال الذي يليه: 19 مم، 9.5 مم، 4.76 مم و 2.36 مليمتر و تحديد تدرج كل جزء.
3. تحديد نسب خلط الأجزاء الحجمية المختلفة للحصول على تدرج كلي ضمن حدود المواصفات.
4. تجهيز عينات الركام حسب التدرج المطلوب بدمج الأجزاء الحجمية حسب النسب المحددة من كل جزء لتحقيق التدرج المطلوب
5. تسخين الركام المتدرج و الرابط الإسفلتي إلى درجة الحرارة اللازمة لخفض لزوجة الرابط الإسفلتي لتصبح بحدود 170 +- 30 سنتي بويز.

6. تقدير المحتوى الأمثل للرابط الإسفلتي من التجربة السابقة أو باستعمال العلاقة بين الفراغات في الركام المعدني (VMA) و الفراغات الهوائية المستهدفة.
7. خلط عينات الركام المجهزة في (4) أعلاه مع الرابط الإسفلتي بنسب متفاوتة و بطريقة تضمن تغليف الركام تغليفً تاماً، يفضل أن يكون الفرق بين النسب 0.5% و أن يكون المحتوى الأمثل التقديري في الوسط.
8. وضع العينات المخلوطة في قوالب اسطوانية، معدنية، قياسية ساخنة و تسويتها و دكها بواسطة مطرقة مارشال بعدد معين من الطرقات حسب المواصفات عندما تكون لزوجة الرابط الإسفلتي بحدود 280 +- 20 سنتي بويز.
9. نزع العينات المدكوكة من القوالب و إنضاجها عند درجة الحرارة السائدة لمدة 12 ساعة على الأقل.
10. تحديد كثافة العينات بالغمر بالماء عند درجة حرارة 25 +- 2 حسب الطريقة القياسية.
11. حساب الخواص الحجمية للعينات
12. تسخين العينات إلى 60 درجة مئوية بوضعها في حمام مائي بنفس درجة الحرارة لمدة 30 إلى 40 دقيقة أو في فرن ثابت الحرارة عند 60 درجة مئوية لمدة ساعتين.
13. استخدام جهاز مارشال لفحص ثبات و تدفق العينات.
14. رسم منحنيات العلاقة بين الخواص الحجمية و نسبة الرابط الإسفلتي.
15. تحديد النسبة الرابط الإسفلتي المقابلة لفراغات هوائية مقدارها 4%.
16. تحديد بقية الخواص عند النسبة المثلى للرابط الإسفلتي المحددة أعلاه.

إذا كانت جميع الخواص عند هذه النسبة تحقق المواصفات، تعتبر النسبة التصميمية للرابط الإسفلتي وإلا فيعاد التصميم.

2- طريقة سوبر بيف:

طريقة سوبربيف هي ثمرة برنامج أبحاث قصيرة و طويلة المدى تعرف ببرنامج أبحاث الطرق الإستراتيجي المعروف اختصاراً ببرنامج (شارب). تتميز هذه الطريقة عن سابقاتها بأنها نظام متكامل للتصميم و ليست طريقة للتصميم فقط. ومن أهم ما يميزها عن الطرق الأخرى ما يلي:

أولاً – الرابط الإسفلتي:

1. ابتكار طرق جديدة لفحص الرابط الإسفلتي أكثر محاكاةً للظروف البيئية و التحميلية المتوقعة في الموقع.
2. تثبيت خواص الرابط الإسفلتي و تغيير ظروف الفحص حسب الظروف البيئية و التحميلية السائدة.
3. أخذ التغيرات التي تطرأ على الرابط الإسفلتي (تغير درجات الحرارة و التعتيق) بالاعتبار. يتم الفحص عند درجات حرارة مختلفة و عند مستويات متباينة من التعتيق (فحص الرابط الأصلي و المؤكسد).

ثانياً – الركام

1. تطوير مواصفات الركام و تبسيطها.
2. منح المصمم مرونة أكثر باختيار تدرج الركام.
3. إدخال بعض المتطلبات الجديدة.
4. توحيد مقاسات الغرابيل المستعملة في تحديد التدرج.

ثالثاً – الخلطة الإسفلتية:

1. استعمال جهاز الدك المتأرجح لتحضير العينات باعتباره أكثر تمثيلاً لظروف الإنشاء و الخدمة.
2. تحديد الخواص الحجمية للخلطة عند ثلاثة مستويات للدك تمثل مراحل التشغيل: مستوى الدك الأولي يمثل الخلطة بعد انتهاء الدك في الموقع مباشرة، مستوى الدك التصميمي يمثل الخلطة أثناء الخدمة: بعد أن تتعرض للمرور لسنة أو سنتين و مستوى الدك النهائي يمثل الخلطة بعد أن تصل كثافتها في الحقل إلى أعلى مستوياتها تحت الظروف التشغيلية السائدة.
3. استعمال طريقة الشد غير المباشر لتقدير تأثير الرطوبة و التجمد والذوبان على مقاومة الشد.

مراحل التصميم:

يمر التصميم بثلاث مراحل هي:
أولاً – اختيار الرابط الإسفلتي
ثانياً – اختيار الهيكل التصميمي للركام
ثالثاً – اختيار المحتوى التصميمي للرابط الإسفلتي.

اختيار صنف الرابط الإسفلتي:

يتم تصنيف الرابط الإسفلتي في نظام سوبر بيف إلى عدة أصناف و صفية مرمزة بسلسلة من الحروف و الأرقام على نمط (PG NN-nn). الحرف الأول من اليسار (P) هو أول حروف الكلمة الإنجليزية (Performance) و تعني الأداء، أما الحرف الذي يليه (G) فهو أول حرف في الكلمة (Grade) و تعني الدرجة. الحرفان (NN) هما متوسط درجة حرارة الرصف المتوقعة لأحر سبعة أيام في السنة خلال عمره التصميمي. أما الحرفان (nn) فهما متوسط أدنى درجة حرارة للرصف خلال عمره التصميمي. فمثلاً الصنف (PG 76-10) يعني أن متوسط أعلى درجة حرارة يمكن أن يصل إليها الرصف لأي سبعة أيام في السنة خلال عمره التصميمي هو 76 درجة مئوية و متوسط أدنى درجة حرارة يمكن أن يتعرض لها هي 10 عشر درجات تحت الصفر المئوي. الفرق بين أي صنفين متواليين هو 6 درجات مئوية.
تعتمد درجة حرارة الرصف على عدة عوامل أهمها كمية الإشعاع الشمسي، درجة حرارة الهواء، عاكسية سطح الرصف و عمقه و خواصه الحرارية. يمكن الحصول على درجة حرارة الهواء من أقرب محطة رصد لمنطقة المشروع أما كمية الإشعاع الشمسي فيستدل عليها بخط العرض حيث يقع المشروع.
يتم تحديد صنف الرابط الإسفلتي المناسب لمشروع معين كما يلي:

1. الحصول على كمية كافية من المعلومات الإحصائية الموثقة عن درجة الحرارة السائدة في منطقة المشروع.
2. معرفة خط العرض الذي يقع المشروع عليه.
3. حساب درجة حرارة الرصف العليا على عمق 20 مليمتر باستعمال العلاقة بين درجة حرارة الرصف و درجة حرارة الهواء و خط العرض.

4. حساب درجة حرارة الرصف الدنيا عند السطح باستعمال علاقة درجة حرارة سطح الرصف بدرجة حرارة الهواء.
5. اختيار الصنف الذي يحوي الدرجتين.

يمكن تقدير درجة الأداء مباشرة بالرجوع إلى الخارطة الحرارية للجزيرة العربية.
بعد أن يحدد صنف الرابط الإسفلتي يتم اختبار عدد كافي من العينات عند درجات الحرارة و التعتيق المحددة ومقارنة النتائج بمتطلبات سوبر بيف.

اختبارات الرابط الإسفلتي:

تشمل اختبارات الرابط الإسفلتي:
1. اختبار نقطة الوميض – يتم إجراء هذا الفحص لدواعي السلامة بالمقام الأول.
2. لزوجة الدوران عند 135 و 165 درجة مئوية، باستعمال (Rotational Viscometer) مقياس اللزوجة الدوار. يتم إجراء هذا الاختبار لتحديد درجات حرارة الضخ و الخلط و الدك ودرجة الصلابة عند متوسط درجة الحرارة أثناء الخدمة.
3. اختبار القص الحركي (Dynamic Shear Rheometer). يحاكي إجهاد القص المتردد والانفعال الناتج عنه و يقيس معامل مرونة القص و زاوية التتابع (Phase Angle). تعتبر نتائج الفحص مؤشراً على قدرة الرابط الإسفلتي على مقاومة الزحف و الكلل. يتم الفحص عند درجات الحرارة العليا و المتوسطة على الرابط الإسفلتي الأصلي و المعتق.
4. اختبار لتعتيق الغشاء الرقيق الدوار بالفرن (Rolling Thin Film Oven Test) – يحاكي التعتيق عند درجات الحرارة العالية و الطاقة الحركية المصاحبة لعمليات الإنشاء.
5. اختبار التعتيق في وعاء الضغط (Pressure Aging Vessel - PAV) – يحاكي التعتيق أثناء الخدمة.
6. اختبار عارضة الانحناء (Bending Beam Rheometer - BBR) - يحاكي الزحف تحت إجهاد الشد عند درجات الحرارة المتدنية. يتم إجراء الاختبار على الرابط الإسفلتي المعتق بالفرن وفي وعاء الضغط عند 10 درجات فوق درجة الحرارة الدنيا. يعتبر الاختبار مؤشراً على مقاومة تشقق الانكماش الحراري.

مواصفات الرابط الإسفلتي:

يتطلب نظام سوبر بيف أن يحقق الرابط الإسفلتي، بغض النظر عن صنفه، المواصفات التالية:

الرابط الإسفلتي الأصلي:

1. نقطة الوميض	230	درجة مئوية (حد أدنى)
2. االزوجة عند 135 درجة مئوية	3000	سنتي بويز (حد أعلى).
3. معامل المرونة / جيب زاوية التتابع	1.0	كيلو باسكال (حد أدنى).

الرابط الإسفلتي المعتق بالفرن الدوار:

1. معامل المرونة / جيب زاوية التتابع	2.2	كيلو باسكال (حد أدنى).
2. النقص بالوزن	1.0	% (جد أعلى).

الرابط الإسفلتي المعتق بالفرن الدوار و وعاء الضغط:

1. معامل المرونة × جيب زاوية التتابع	5.0	ميغا باسكال (حد أعلى).
2. مقدار الانحناء عند 60م	300.0	ميغا باسكال (حد أدنى).
3. ميل علاقة معامل الزحف بالوقت عند 60 م	0.30	(حد أدنى)
4. انفعال الشد المباشر عند الكسر	1.0 %	(حد أدنى)

اختيار الركام:

يتم اختيار الركام بفحص عينات ممثلة منه للتأكد من مطابقته لخواص المصدر و خواص الإجماع.و التدرج وفيما يلي وصف موجز لتلك الخصائص:

1. خواص المصدر– الخواص الفيزيائية و الكيميائية، للحجر الصلب أو الرواسب الحجرية المستعملة في إنتاج الركام، التي تحدد صلاحيته لإنتاج الخلطات الإسفلتية عالية الأداء، وتشمل المتانة و الأصالة و نسبة الشوائب. الحدود الحرجة لتلك الخصائص تعتمد على التكوين الجيولوجي للمنطقة و البيئية و التجربة السابقة مع المصدر.
2. خواص الإجماع – لخواص التي اتفق خبراء الرصف الإسفلتي على ضرورة تحقيقها لضمان الأداء و تشمل شكل حبيبات الركام و نسبة التكسير و عدد الأوجه المكسرة و النظافة.

3. خواص التدرج- التوزيع الحجمي لحبيبات الركام و فق الضوابط التالية:
   - مرور 100% من الركام من المقاس الأعلى المحدد بالمواصفات.
   - مرور 90 إلى 100% من الركام من المقاس الاسمي الأعلى.
   - مرور أقل من 90% من الركام من الغربال القياسي الذي يلي المقاس الاسمي الأعلى بالترتيب.
   - مرور نسب محددة من غربال رقم 8 و رقم 200.
   - استعمال بعض أو كل الغرابيل القياسية ضمن المجموعة: 50، 37.5، 25، 19 و 12.5 مليمتر، اعتماداً على المقاس الاسمي الأعلى المحدد بالمواصفات.
   - استعمال سلسلة الغرابيل القياسية، ابتداءً من 9.5 مليمتر و حتى 0.075 مليمتر، بحيث يكون كل مقاس ضعف المقاس الذي يليه.

الهيكل التصميمي للركام (DAS):

يتم تحديد الهيكل التصميمي للركام بعد التأكد من تحقيقه لمتطلبات الإجماع و المصدر و التدرج وفق الخطوات التالية:

1. فصل الركام إلى أجزاء حجمية مناسبة تتفق مع التقسيم المتبع بالخلاطة.
2. تجفيف الركام وتحديد الكثافة الكلية و الظاهرية لكل جزء.
3. دمج الأجزاء بنسب مختلفة للحصول على ثلاثة تدرجات متباينة ضمن نقاط التحكم و خارج المنطقة المحظورة.
4. تقدير النسبة الأولية للرابط الإسفلتي لكل تدرج بمعرفة الفراغات الفعالة التقديرية في الركام المعدني و الفراغات الهوائية المستهدفة: 4%.
5. خلط كمية كافية من كل تدرج مع نسبة الرابط الإسفلتي المقدرة لإعداد قالبين أو ثلاثة قوالب مدكوكة وعينتين أو ثلاث عينات سائبة للكثافة النظرية القصوى و تعتيقها كما هو مفصل بالطريقة القياسية.
6. دك العينات في جهاز الدك المتأرجح لعدد الدورات التصميمي.
7. تسجيل ارتفاع العينة بعد كل دورة دك.
8. استخراج العينات و تعتيقها ثم تحديد الخواص الحجمية.
9. تصحيح نسبة الرابط الإسفلتي للحصول على فراغان هوائية مقدارها 4% و تعديل الخواص الحجمية الأخرى تبعاً لذلك.
10. اختيار التدرج الذي يحقق جميع المتطلبات باعتباره الهيكل لتصميمي للركام (DAS).

محتوى الإسفلت التصميمي (DAC):

يتم تحديد محتوى الإسفلت التصميمي كما يلي:

1. مزج نسب مختلفة من الرابط الإسفلتي مع الهيكل التصميمي (DAS) الذي تم اختياره أعلاه. يفضل أن تشمل النسب المستعملة النسبة المصححة أعلاه و نسبتين أعلى و نسبتين أدنى منها، و أن يكون الفرق بيت أي نسبتين متواليتين 0.5%.
2. إعداد قالبين على الأقل باستعمال جهاز الدك المتأرجح حسب الطريقة القياسية.
3. حساب الخواص الحجمية وعرضها بيانياً مقابل نسبة الرابط الإسفلتي.
4. تحديد محتوى الرابط الإسفلتي عند 4% فراغات هوائية.
5. إعداد قالبين إضافيين على الأقل عند المحتوى المذكور و دكها إلى عدد الدورات النهائي.
6. حساب الخواص الحجمية للخلطة عند مستويات الدك الثلاثة و مقارنة النتائج بالمواصفات.
7. .إذا كانت النتائج تفي بجميع المتطلبات، يعتبر التصميم مقبولا و المحتوى هو المحتوى التصميمي الأمثل و إلا يعاد التصميم.

يجب قبل إجازة التصميم تجربة إنتاج الخلطة بالخلاطة و رصفها على الطريق تحت ظروف محكمة للتعرف على أي مشاكل تنفيذية و حلها.