مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (27) العدد (2) 2005
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (27) No (2) 2005

أسس تصميم الشاشات الإسفلتية المستخدمة في تكتيم السدود
– تصميم الشاشة الإسفلتية الكتيمة في سد الصوراني –

الدكتور عماد فاضل*

(قبل للنشر في 2005/6/9)

□ الملخّص □

تستخدم الشاشات الإسفلتية عالمياً بشكل واسع في تكتيم السدود، ويمكن استخدامها على أي ميل لجسم السد الركامي حيث تكون لها قابلية إتباع حركة الأساس دون فقدان في الكتامة وذلك بسبب مرونتها الكافية، كما تكون الطبقات الإسفلتية ذات ديمومة كافية بسبب انخفاض نسبة الفراغات الهوائية داخل الطبقات المرصوصة، مما يؤدي إلى انخفاض التأثير المناخي على هذه الطبقات.

وبالنسبة للطبقات الإسفلتية المستخدمة كشاشات أمامية فهي تتألف من مواد حصوية متدرجة بالإضافة إلى كمية وافرة من الفلر(filler) والبيتومين التي تشكل عجينة تربط بين الهيكل الحبيبي المشكل للخلطة وتخفض الفراغات الحاصلة بين الحصويات إلى نسبة منخفضة جداً، وهي تختلف تماماً عن الخلطة الإسفلتية المستخدمة في الطرق، وسنلاحظ ذلك من خلال الاشتراطات التي يجب أن تحققها الخلطة الإسفلتية المستخدمة كشاشات في تكتيم السدود والمذكورة ضمن هذا البحث.

وتوجد عدة مفاهيم لتصميم الخلطات الإسفلتية في الهندسة المائية والتي تعتمد على المواصفات المحددة بدقة في المراجع والكودات العالمية. وهذه المواصفات تتبع للحالة المدروسة أو المنشأ المدروس، كما أن تكنولوجيا التنفيذ لتحقيق هذه المواصفات تتعلق بالمهارات المستخدمة في هذا البلد وكذلك ماهية الآليات والتجهيزات المتوفرة محلياً للتنفيذ أو التي يمكن الحصول عليها.

سنناقش في هذا البحث مراحل تصميم خلطة إسفلتية لتكتيم سد الصوراني في محافظة طرطوس حيث تم استخدامها للشاشة الأمامية ذات الطبقة الكتيمة الواحدة مع ذكر المواصفات والاشتراطات الفنية المطلوبة لمثل هذه الطبقة الكتيمة، وتم إجراء معظم التجارب لتصميم الخلطة الإسفلتية المستخدمة في مخابر كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين واستخدام حصويات محلية من محافظة اللاذقية والإسفلت من مصفاة حمص.

*مدرس في قسم هندسة المواصلات والنقل – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا.

مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (27) العدد (2) 2005
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (27) No (2) 2005

Asphalt Mixture-Designing Basics in Dams Sealing - Designing of Impermeable Asphalt Shell Used in AL-Sorani Dam-

Dr. Imad Fadel*

(Accepted 9/6/2005)

□ ABSTRACT □

Asphalt shells are used in dam sealing, and they can be used on any inclination of the rock fill dam where it has the ability to take up the motion of the foundation without any loss in the impermeability, because of its sufficient flexibility.

The asphalt layers have enough durability because of the low air content inside the compact layers, which reduce the climate effect at these layers.

Concerning the asphalt layers, which are used as foreground sealing, they consist of graded gravel in addition to plenty amount of Filler and Bitumen which form tying dough and reduce the resultant air content between gravel. This mixture is different from that which is used in roads, and we will notice this in the specifications which the used asphalt mixture must achieve.

There are many concepts "in Hydraulic Engineering "for asphalt mixture designing depending on the mentioned specifications. These specifications are related to studied case, and studied structure and they can be modified according to the skills and available machines and equipments.

In this paper, we will discuss asphalt mixture-designing basics for AL-Sorani Dam, Tartos – Syria. The necessary experiments had been done in Civil Engineering Faculty – Tishreen University using local gravel and asphalt from Homs Refinery.

***Assistant Professor – Department Of Traffic And Transportation – Tishreen University – Lattakia-Syria**

مقدمة:

تظهر النشرة 32 (1) للجنة العالمية على السدود الكبرى أنه خلال الفترة ما بين 1929 – 1975 تم إنشاء حوالى (107) سدود و (75) حوض تجميع (بارتفاع أصغري 15 متر وبمساحة كلية 9 مليون متر مربع وبمانع تسرب من البيتون الإسفلتي). [5]

استخدمت الشاشات الإسفلتية عالمياً بشكل واسع في تكتيم السدود، وبالنظر إلى تطور آليات وتقنيات الفرش والرص وإلى تطور الخبرات الفنية عالمياً فإنه فقط عدد محدود من البلاد ما زالت لم تستخدم هذه التقنيات في تكتيم السدود والخزانات.....

تستخدم الشاشات الإسفلتية على أي ميل لجسم السد الركامي ولها قابلية إتباع حركة الأساس دون فقدان في الكتامة بسبب مرونتها الكافية. كما أن الطبقات الإسفلتية ذات ديمومة كافية بسبب انخفاض درجة الفراغات الهوائية داخل الطبقات المرصوصة وخفض التأثير المناخي على الطبقات.

تتشكل الطبقات الإسفلتية المستخدمة كشاشات أمامية من مواد حصوية متدرجة بالإضافة إلى كمية وافرة من الفلر (المواد الناعمة الأصغر من 90 ميكرون) والبيتومين التي تشكل معاً عجينة تربط بين الهيكل الحبيبي المشكل للخلطة وتخفض الفراغات الحاصلة بين الحصويات إلى نسبة منخفضة جداً.

يجب اختيار المواد الحصوية ذات التدرج الحبي الذي يعطي مع المواد الناعمة والبيتومين مواصفات تكون مقبولة وفق المواصفات العالمية المطلوبة لمثل هذا النوع من التكتيم والتي تعطي خلطة إسفلتية ذات نسبة فراغات هوائية منخفضة والأكثر توافقاً مع المعايير التالية:

1. المرونة.
2. الديمومة.
3. الثبات على الميول.

وتوجد عدة مفاهيم لتصميم الخلطات الإسفلتية في الهندسة المائية التي تعتمد على المواصفات المطلوبة أعلاه والتي سيتم تفصيلها لاحقاً. وهذه المواصفات تتبع للحالة المدروسة أو المنشأ المدروس وتعدل هذه المواصفات حسب المهارات المستخدمة في بلد ما، وكذلك الآليات والتجهيزات المتوفرة محلياً للتنفيذ أو التي يمكن الحصول عليها.

إنه من غير المستحسن استنساخ أو تقليد مكونات خلطة استخدمت نفسها بنجاح في مشروع ما، وذلك لأن الحصويات من حيث طبيعتها، شكلها، وخواصها الميكانيكية قد تكون مختلفة من موقع لآخر لكن المتطلبات من هذه االمواد يمكن تعميمها.

إن معظم المراجع العلمية لا تعطي عادة مكونات الخلطة لمشروع موصوف لكن تعطي المواصفات حيث إنها النتيجة النهائية وعلى المصمم التأكد من الوصول إليها [1].

سنناقش في هذا البحث أسس تصميم خلطة إسفلتية لتكتيم سد الصوراني في محافظة طرطوس وسنهتم فقط بالطبقة الكتيمة موضوع البحث.

ميزات الشاشات الإسفلتية:

سنذكر بعض ميزات الشاشات الإسفلتية المستخدمة في تكتيم السدود بالنسبة إلى المواد الطبيعية الأخرى كالغضار.

1. حجم ردميات قليل:

إن طبيعة المواد المستخدمة في تكتيم السد تسمح بزيادة زوايا الميل وخفض حجم الردميات وخفض كلفة الإنشاء.

2. اقتصاد في مواد الردميات:

يمكن أن تكون ردميات السد ذات مواصفات غير جيدة إلى حد ما لأنها غير متلامسة مباشرة مع ماء البحيرة فتبقى المواد جافة.

3. سهولة الإصلاح:

إن طبقة التكتيم تكون دوماً تحت المراقبة وتوجد إمكانية للإصلاح وتفادي الأخطار واتخاذ الإجراءات المناسبة فوراً.

4. مراقبة الرشوحات:

إذا لم يوجد أصلاً بالتصميم صالة مراقبة فإن الرشوحات عبر كل قطاع من طبقة الصرف يمكن أن تقاد إلى خارج جسم السد عبر أنابيب مرنة.

بنية الشاشات الإسفلتية المستخدمة في تكتيم السدود:

1. نظام الطبقة الكتيمة الواحدة *One – Course sealing system :*

يتألف هذا النظام من طبقة كتيمة واحدة تستند إلى طبقة ارتباط أو صرف كما هو مبين على الشكل رقم (1). سماكة طبقة الارتباط أو الصرف وسطياً 7 cm وهي مكونة من حصويات خشنة مجالاتها(0-32mm) أو(0-22mm) بنسبة رابط (5-6%) ونسبة فراغات هوائية (8-12%).أما الطبقة الكتيمة فتتألف عادة من طبقتين فوق بعضهما بعض بسماكة إجمالية (8-10 cm) كما أن نسبة البيتومين المستخدم لهذه الطبقة الكتيمة(6-10%) والحصويات المستخدمة عادة (0-12 mm) حيث تشترط المواصفات حزمة نظامية لها تم اعتمادها أثناء التصميم وهي موضحة على الشكل رقم (4).

نضع فوق الطبقة الكتيمة معجونة إسفلتية (sealing coat) بسماكة (1-2 mm) الهدف منها إغلاق الفراغات السطحية ومنع التأثير المخرب للأشعة فوق البنفسجية والذي يساهم في شيخوخة الإسفلت وخفض المرونة وعمر الخدمة.

تتكون المعجونة من (60-70%) مواد ناعمة فلر (أصغر من 90 ميكرون) والنسبة الباقية بيتومين.

يسمى هذا النظام من الشاشات بالشاشات غير المراقبة (uncontrolled asphalt facing) حيث لا يمكن قياس كمية التسرب إن وجدت ولا صرفها بشكل منظم.

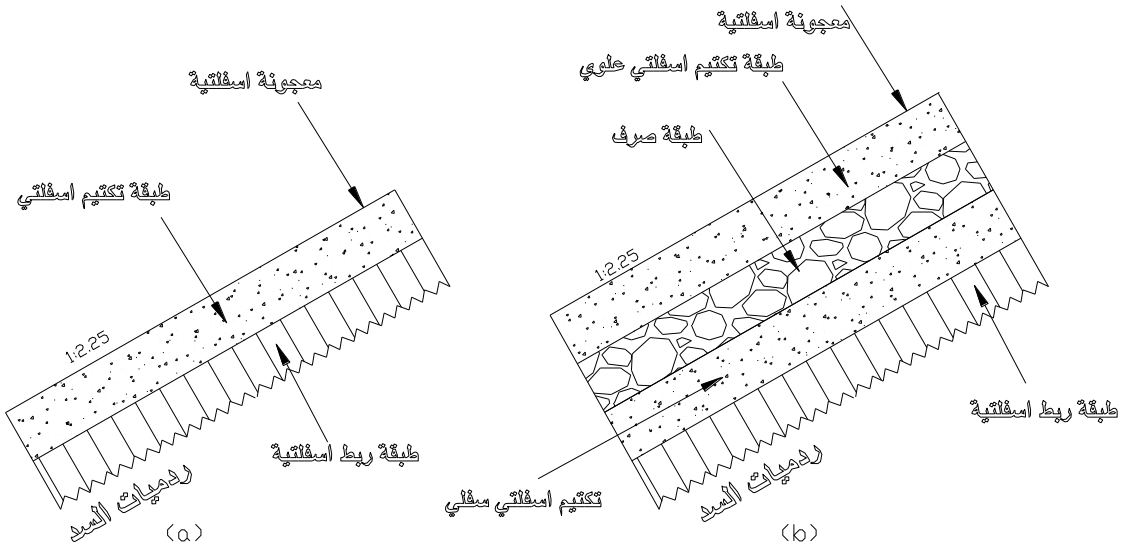
2. نظام طبقتين كتيمتين مع طبقة صرف بينهما *(sandwich)*

Two – course sealing system with intermediate drainage course

يستخدم هذا النظام إذا كانت المنطقة ما بعد السد مأهولة بشكل كثيف بالسكان، لذلك فهي مزودة بنظام صرف يعطي مؤشرات دقيقة عن حالة الرشوحات كما يفضل استخدام هذا النظام في المناطق ذات النشاط الزلزالي [2] . ويتألف هذا النظام من:

1. طبقة كتيمة علوية بسماكة (8-10 cm) (يمكن تنفيذها على طبقتين بسماكة 4-5 cm لكل منها) بمواصفات كما هو مبين أعلاه في النظام ذي الطبقة الكتيمة الواحدة.
2. طبقة صرف بسماكة حوالى 7 cm وبرابط اسفلتي 4-5 % وفراغات هوائية (8-12 %) وتتشكل من حصويات مجالاتها (0-32 mm) أو (0-22 mm).
3. طبقة كتيمة إسفلتية بسماكة 4-6 cm.
4. معجونة إسفلتية (sealing coat) بسماكة (1-2 mm). تركيب المعجونة الإسفلتية نفسها في النظام السابق.

ويوضح الشكل رقم (1) بنية الشاشات الإسفلتية.



الشكل (1) بنية الشاشات الإسفلتية.[1]

a-نظام طبقة كتيمة واحدة.

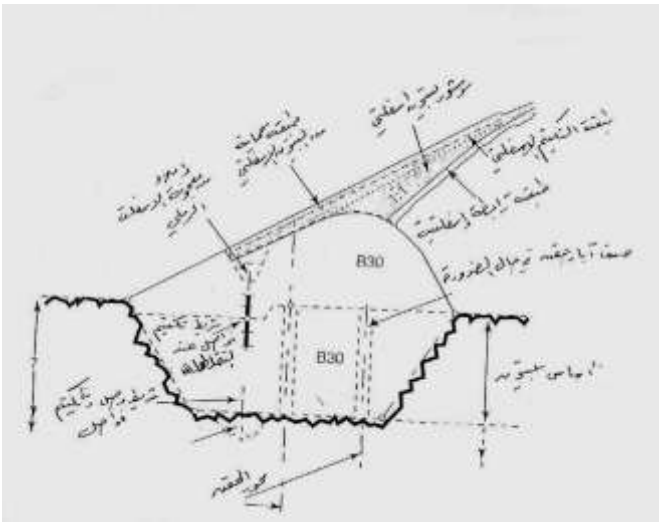
b-نظام طبقتين كتيمتين مع طبقة صرف بينهما.

يتم وصل الشاشة الإسفلتية مع الأساس عبر:

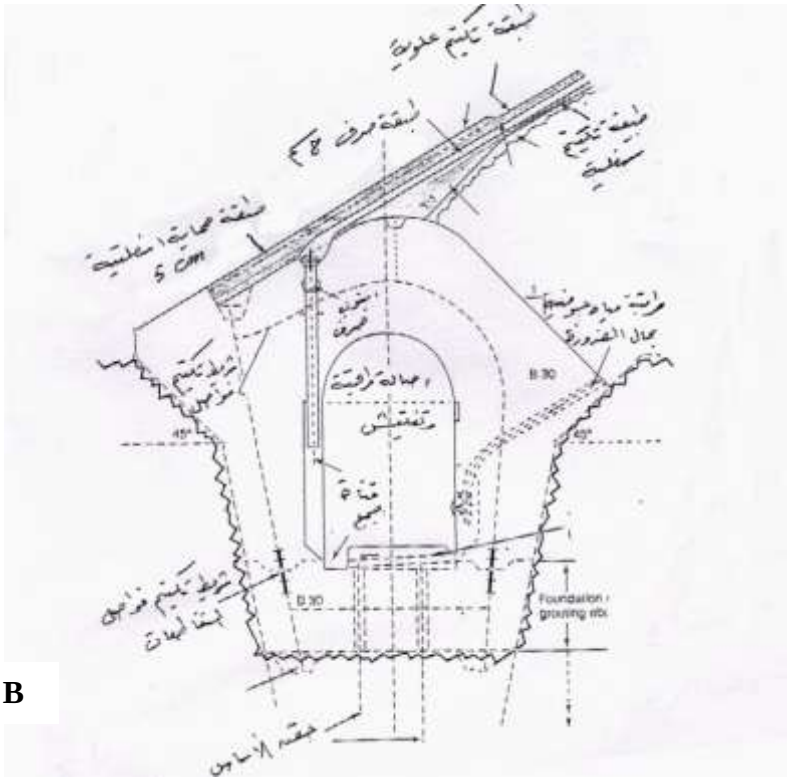
1. جدار بيتوني (cut off).
2. نفق مراقبة (inspection gallery).

الشكل (2) يوضح هذا الاتصال.

A



B



الشكل (2) اتصال الشاشة الاسفلتية مع الأساس.[1]

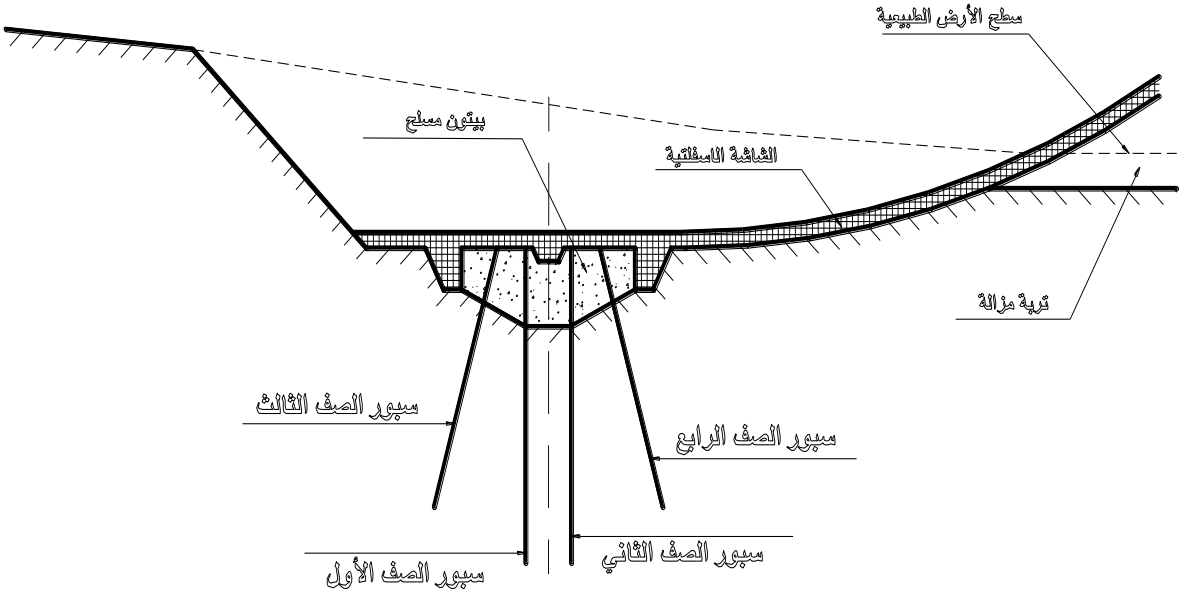
A. عبر جدار بيتوني (cut off).

B. عبر نفق مراقبة (Inspection Gallery).

بنية الشاشة الإسفلتية في سد الصوراني:

يقع سد الصوراني في محافظة طرطوس وهو سد ركامي مزود بشاشة إسفلتية تتصل مع الأساس عبر سن بيتوني يحوي شق طولاني لزيادة مسار الرشح وتتألف الستارة من نظام تكتيم بطبقة كتيمة واحدة (One – course sealing system) وهو نظام غير قابل للمراقبة (Uncontrolled facing). سماكة الطبقة الكتيمة 10 cm تنفذ على مرحلتين سماكة كل منهما 5cm والتي تستند على طبقة صرف سماكتها 10 cm، وسيكون موضوع البحث هو تصميم الطبقة الكتيمة مع ذكر المواصفات والاشتراطات الفنية المطلوبة للخلطة الإسفلتية الكتيمة وأيضاً لمكوناتها في الفقرات الآتية.

يوضح الشكل (3) بنية الشاشة الإسفلتية واتصالها مع الأساس علماً أن ميل السفح الأمامي للسد (1:2.25).



الشكل (3) بنية الشاشة الإسفلتية في سد الصوراني واتصالها مع الأساس

تصميم الشاشة الإسفلتية في سد الصوراني:

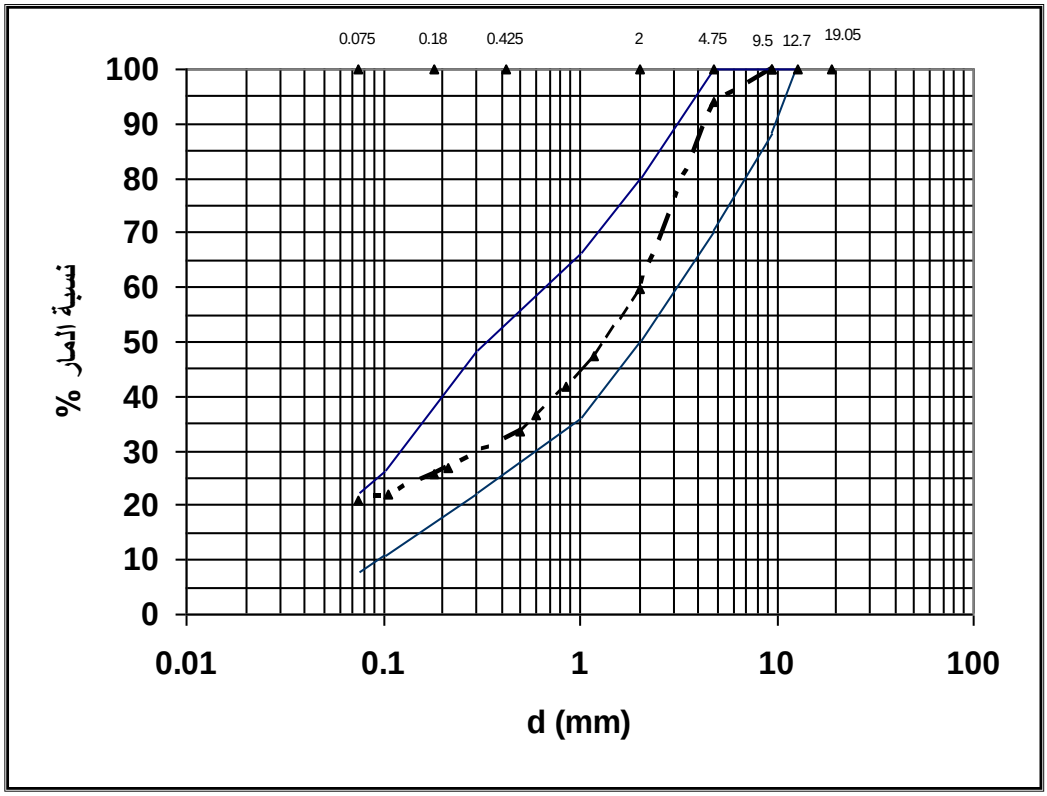
1- اختيار المواد:

الحصويات:

من الضروري أن تكون الحصويات ناتجة عن صخر سليم خال من المركبات القابلة للانتفاخ وذات خواص التصاق جيدة مع البيتومين، إن قابلية التهشيم عند الرص ومقاومة الانضغاط هي متطلبات ليست مهمة كما هي الحال في هندسة الطرق. يفضل احتواء الحصويات على نسبة من الحصويات المستديرة التي تسهل الرص والتشغيل وحصويات مجروشة لزيادة الثبات على الميول.

بالمقارنة مع هندسة الطرق فإن الحجم الأكبر للحصويات في الهندسة المائية أصغر منه في هندسة الطرق، السبب بذلك هو تحاشي تجمع الحبيبات الكبيرة على حواف مسارب التنفيذ والتي تزيد الرشوحات.

في الطبقات الإسفلتية المستخدمة في التكتيم يوصى بأن تستخدم حزمة التحليل الحبي الموضحة على الشكل رقم (4) وذلك حسب [4],[2] وهي تعتبر حزمة خشنة مجالها (0-12 mm).



الشكل (4) يوضح حزمة التحليل الحبي الموصى بها ومنحني التحليل الحبي لمزيج الحصويات المستخدمة في سد الصوراني. [4],[2]

لقد تمَّ زيارة عدة كسّارات وتمَّ الاطلاع على منتجاتها فكان معظمها غير مناسب. ولكن تمَّ العثور على إحدى الكسّارات في مقلع رسيون والتي تنتج حصويات نظيفة متدرجة من الناعم إلى الخشن وتحوي منخلين فقط وتعطي حصويات ذات المجالين وهما (0-6 mm) و (6-12 mm)، وبعد الاطلاع عليهما قمنا بأخذ عينات من المجموعتين أعلاه وعينة مخلوطة (0-12 mm) وتمَّ الاختبار كما يلي:

1. تمَّ اختبار العينة (0-12 mm) وبعد إجراء التحليل الحبي لها وجدت أنها غير مناسبة كونها تحوي كمية قليلة من الفلر وتمَّ رفضها.
2. تمَّ اختبار الخيار الثاني للمجموعتين (0-6 mm) و (6-12 mm) وتمَّ إجراء تحليل حبي لهما لكل على حدة ثم جرى تنسيب للخلطة (0-6 mm) على عدة نسب (6-12 mm) حتى حصلنا على منحني التحليل الحبي الموضح بالشكل (4) الذي يحوي نسبة وافرة من الفلر وهو ناتج عن خلط مجموعتي الحصويات بالنسب الآتية:
   1. ناعمة [0-6 mm] بنسبة 90% من كمية الحصويات.
   2. خشنة [6-12 mm] بنسبة 10% من كمية الحصويات.

وبنسبة المزج هذه يتوضع منحني التحليل الحبي الناتج ضمن الحزمة أعلاه.

إن اختيار القطر الأعظمي للحصوية محدد بحيث تكون سماكة الطبقة الكتيمة تساوي بين 2.5 حتى 5 أضعاف قطر أكبر حبة (وهذا محقق). كما أن احتواء العينة على أجزاء خشنة أكبر من 2 mm يزيد من الاستقرار على الميول ويخفف من شقوق المدحلة التي تحدث عند غياب المواد الخشنة التي يسبب نقصانها انخفاض مقاومة قص الخلطة. وينصح عادة بأن تكون نسبة المواد الخشنة (2-12 mm) أكبر أو تساوي40% ، أما الفلر فنسبته إلى البيتومين تساوي 1.5 إلى 2.

وبسبب عدم وجود مجابل متطورة في منطقة المشروع حاوية على عدة مناخل فقد تم اعتماد المجموعتين أعلاه لتشكل أقرب أو أنسب اختيار بكلف تعديل دنيا للمجابل ، حيث تم تزويد المجبل المستخدم للعمل في تحضير الخلطات بهذه المناخل كما تم تعديل المجبل خاصة خط الراجع ليزود الخلطة بكمية وافرة من الفلر الذي يتطاير معظمه ويتجمع عند الفلتر أثناء تحميص الحصويات في المجبل، بحيث يصبح إجمالي كميات الفلر المتبقية في الحصويات إضافة إلى الكمية الراجعة قريبة من النسبة المطلوبة من الفلر حسب الشكل (4).

يضاف إلى الحصويات أعلاه كمية من الفيبر الأميانتي بهدف زيادة الثبات على الميول للشاشة الإسفلتية بنسبة 1% من الخلطة (بناءً على طلب الجهة الدارسة [5]).

البيتومين:

البيتومين المستخدم في التكتيم في الهندسة المائية هو ذاته البيتومين المستخدم في هندسة الطرق.

وفي سد الصوراني استخدم البيتومين ذو درجة غرز (60/70) دون أية إضافات وبلغت الاستطالة 148 mm.

2- دراسة الخلطة وتحديد نسبة البيتومين:

تجرى الدراسات على الخلطة باستخدام عينات مارشال مرصوصة بطاقة رص يمكن الوصول إليها حقلياً كشرط أساسي. بحيث يكون حجم الفراغات النهائي أصغر من 3%.

أجريت التجارب في مخابر جامعة تشرين – كلية الهندسة المدنية أما تجربة الكتامة فقد تم إجراؤها في مخابر جامعة البعث – كلية الهندسة المدنية.

نلجأ في التصميم المخبري إلى تأمين عامل أمان إضافي من محتوى الفراغات لذلك ينصح أثناء التصميم بأن تبلغ نسبة حجم الفراغات (% 2.3-1.5). ونظراً لاختلاف الرص بواسطة المدحلة واختلاف درجة حرارة الخلطة أثناء الرص والتجهيزات المستخدمة في المخبر أثناء الرص ينصح باستخدام عدد ضربات مارشال يتراوح مابين (35-7) ضربة لكل جانب. وعلى المنحدرات الشديدة فإن طاقة رص (50) ضربة أو حتى (35) ضربة لا يمكن الوصول إليها في ظروف عمل الخلائط الإسفلتية، ونتيجة تجارب حقلية وجد أن تطبيق (30) ضربة مارشال عند تشكيل العينات المخبرية يمكن الوصول إليه حقلياً حسب الآليات المتوفرة في سد الصوراني (آلة رص بوزن 2.4 ton) على سفح السد ذd الميل (1:2.25).

لقد تم إجراء الدراسة للخلطة مخبرياً وفق الخطوات الآتية حسب [1].

1. لسبع نسب من البيتومين بزيادة 0.5% تبدأ من 7% تم تحضير ثلاث عينات عند كل نسبة (علماً أن الخلطة تحوي 1% فيبر أميانتي).
2. تم تحضير العينات باستخدام طاقة رص تعادل 30 ضربة مارشال لكل جانب.

عند كل نسبة بيتومين تم تحديد المواصفات الآتية:

1- الفراغات الهوائية للعينات المرصوصة (مارشال) V_a.

2- الكثافة الحجمية للعينات المرصوصة (مارشال).

3- الفراغات بين الحصويات في العينات المرصوصة V_{ma}.

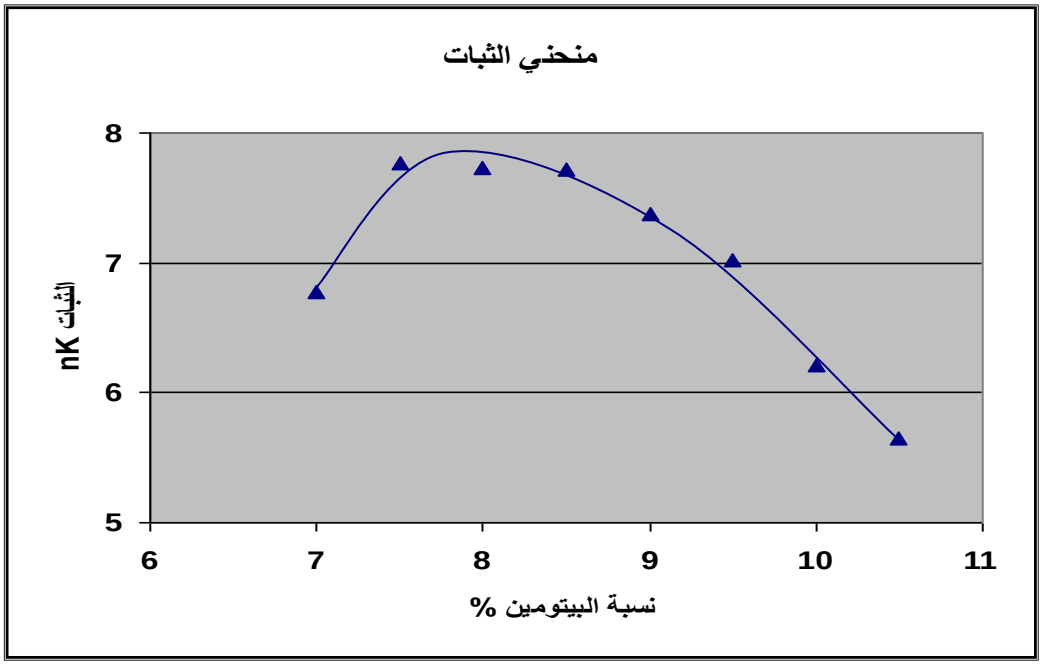
4- الثبات والسيلان على عينات مرصوصة (مارشال).

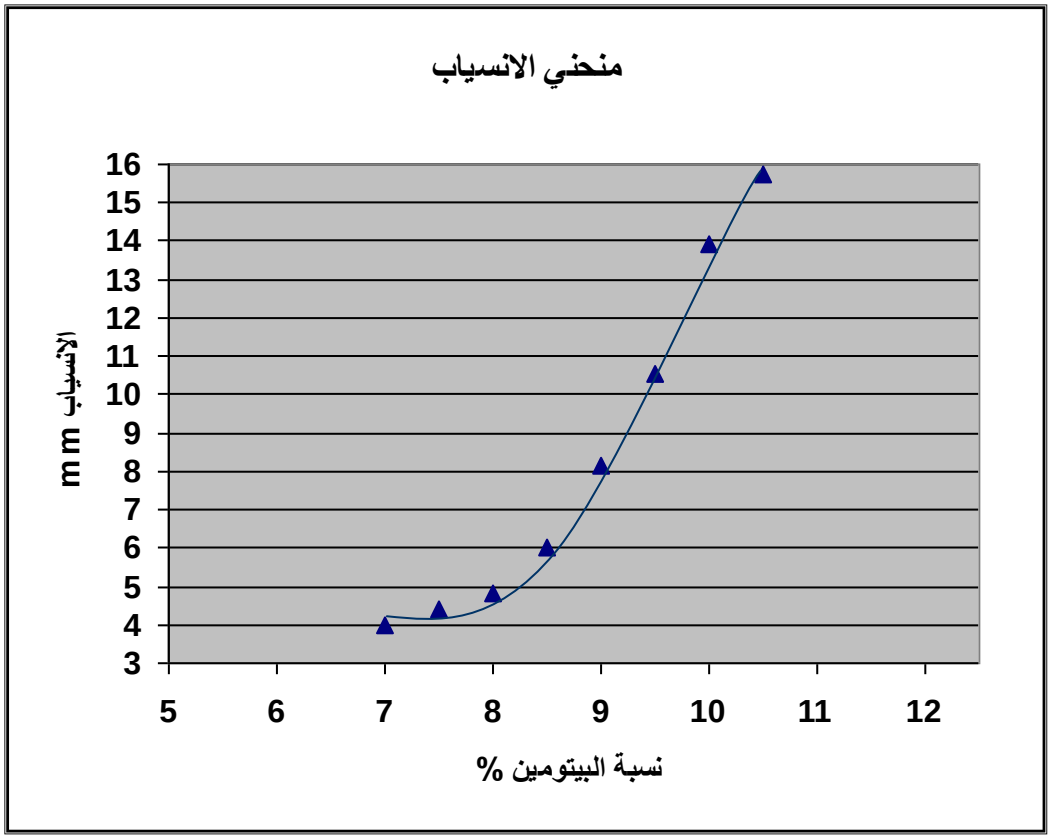
يبين الجدول (1) نتائج التجارب على العينات المخبرية.

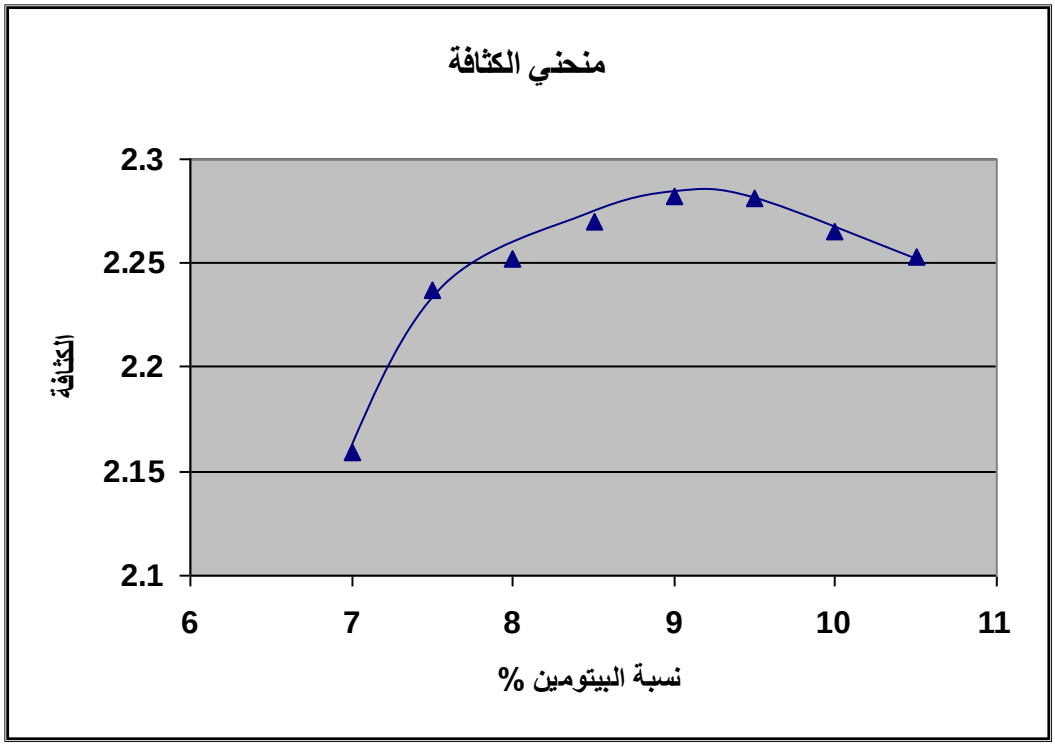
الجدول (1) التجارب على العينات المرصوصة بـ 30 ضربة مارشال لكل جانب حسب التحليل الحبي الموضح على الشكل (4)

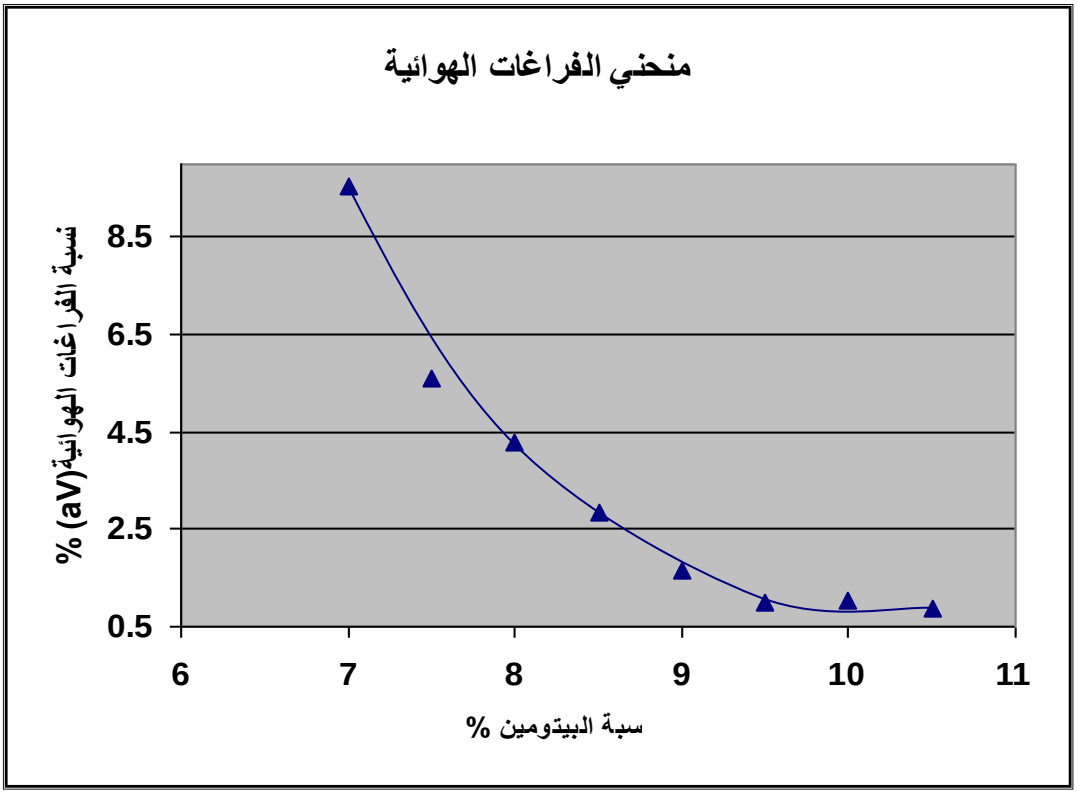
V_{fb} %	V_{ma} %	V_a %	كثافة مارشال gr/cm^3	الكثافة الأعظمية gr/cm^3	الانسياب mm	الثبات Kn	نسبة الإسفلت %
60.623	*24.198*	*9.529*	*2.159*	*2.386*	*3.970*	*6.781*	***7***
74.450	*21.876*	*5.589*	*2.237*	*2.369*	*4.413*	*7.766*	***7.5***
80.392	*21.759*	*4.267*	*2.252*	*2.353*	*4.813*	*7.730*	***8.0***
86.784	*21.582*	*2.852*	*2.270*	*2.336*	*6.037*	*7.719*	***8.5***
92.312	*21.597*	*1.660*	*2.282*	*2.320*	*8.170*	*7.372*	***9.0 ****
95.456	*22.042*	*1.002*	*2.281*	*2.304*	*10.557*	*7.024*	***9.5***
95.454	*23.035*	*1.047*	*2.265*	*2.289*	*13.927*	*6.217*	***10***
96.301	*23.851*	*0.882*	*2.253*	*2.273*	*15.730*	*5.643*	***10.5***

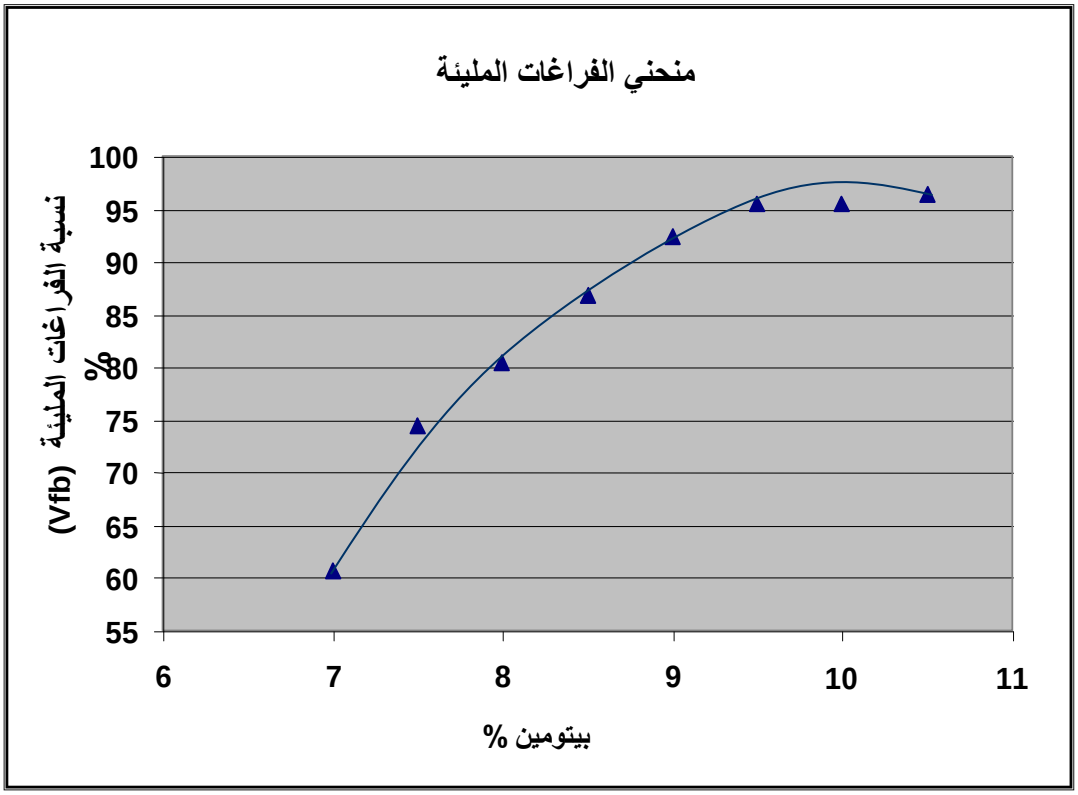
وقيم الجدول مبينة تخطيطياً على منحنيات تجربة مارشال التالية:

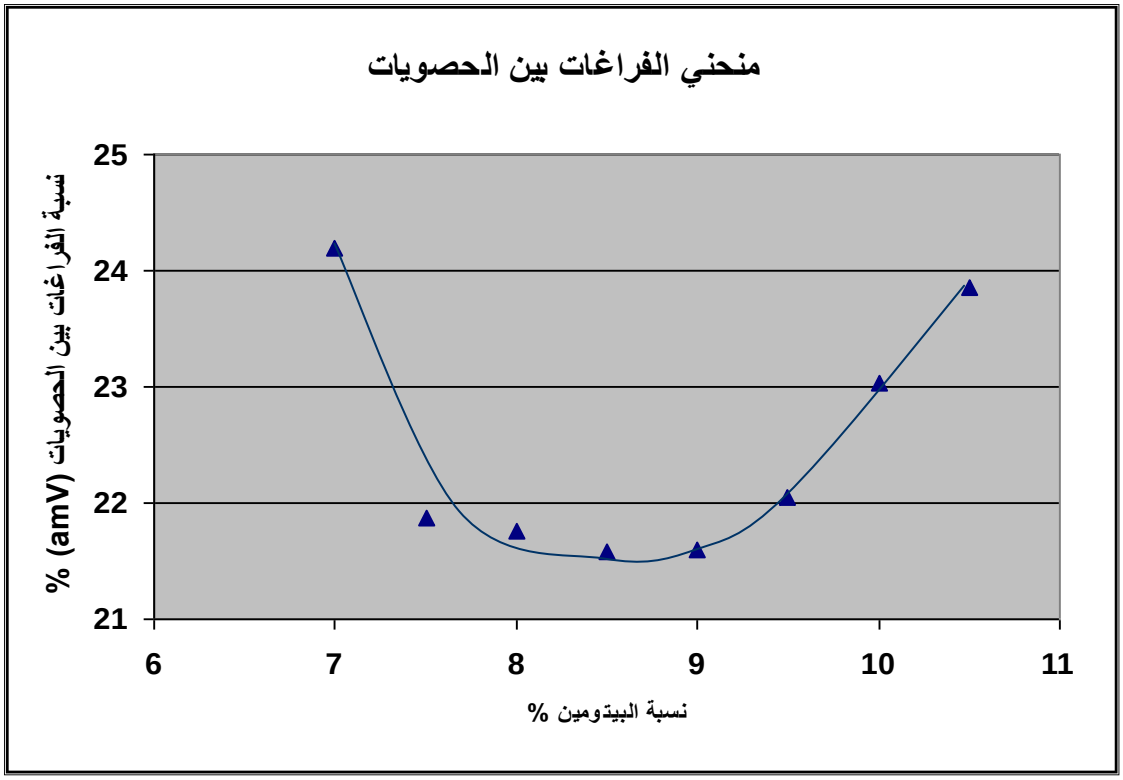



منحني الانسياب
الانسياب mm
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
5
6
7
8
9
10
11
12
نسبة البيتومين %


منحني الكثافة
الكثافة
2.3
2.25
2.2
2.15
2.1
6
7
8
9
10
11
نسبة البيتومين %


منحني الفراغات الهوائية
نسبة الفراغات الهوائية(aV) %
8.5
6.5
4.5
2.5
0.5
6
7
8
9
10
11
سبة البيتومين %


منحني الفراغات المليئة
نسبة الفراغات المليئة (Vfb) %
100
95
90
85
80
75
70
65
60
55
6
7
8
9
10
11
بيتومين %



ونستنتج من الجدول والمخططات السابقة ما يلي:

1. الفراغات الهوائية *Air Voids* :

هي أهم مؤشرات الخلطة للطبقة الكتيمة في السدود، ويرتبط بها معامل النفاذية والديمومة وتجنب التأثيرات المناخية والانجماد، ولذلك تم إعطاء هذا المؤشر وزنا أكبر عند تحديد نسبة البيتومين مع الأخذ بعين الاعتبار تأثير ذلك على الاستقرار على الميول.

كما ذكر سابقاً ينصح الوصول مخبرياً إلى حجم فراغات %(1.5-2.3) حسب [1,2] لتعطي حيزاً من الحرية والأمان في حالة اختلافات محدودة في التدرج الحبي أو درجات حرارة الرص.

من الجدول نجد:

نسبة البيتومين 9% التي تعطي فراغات $V_a = 1.66\%$ ملائمة من حيث النتائج الأخرى.

2. الكثافة الحجمية *Density of Marshall specimen* :

من الجدول (1) يتضح أن:

أعلى كثافة حجمية يمكن الوصول إليها عند نسبة بيتومين 9% وهي $\gamma_m = 2.282\ gr/cm^3$

3. الثبات حسب مارشال :

الثبات ليس متطلبا أساسيا لكن ينصح ألا يقل عن (6 Kn) والنسبة من البيتومين 9% أعطت قيمة ثبات (S = 7.372 KN) وهي قيمة مقبولة.

4. الفراغات بين الحصويات *Voids in mineral aggregate (V_{ma})* :

حسب [1] فإنه يجب أن تكون V_{ma} أكبر من 18% وأصغر من 22% ، ومن الجدول نجد أن نسبة البيتومين 9% تعطي قيمة 21.597% وهي تحقق الشرط السابق.

بهذا يمكن اعتبار النسبة 9% التي أعطت أعلى قيمة للكثافة الحجمية وأخفض قيمة للفراغات بين الحصويات V_{ma} بالإضافة إلى قيمة منخفضة جداً من الفراغات الهوائية تقع ضمن المجال %(2.3 – 1.5) وتؤمن حيزاً جيداً من الأمان مناسبة لإتمام التجارب للوصول إلى المواصفات المطلوبة خاصة منها الثبات على المنحدرات.

3- مواصفات الخلطة ذات نسبة البيتومين (9%):

بالإضافة لمواصفات الخلطة أعلاه سنتابع إجراء التجارب على عينات نسبة البيتومين فيها (9%) ونقارنها مع المواصفات المطلوبة والمحددة من قبل الجهة المصممة للسد [5] وسنذكر عند كل حالة القيمة المخبرية والمواصفات المطلوبة.

1. مقاومة الانضغاط للعينات عند درجة حرارة 20 أي R_{20}

Compression Strength at temperature 20 C

بلغت قيمة مقاومة الانضغاط الوسطية لثلاث عينات مارشال: $\bar{R}_{20} = 55.09\, Kg/cm^2$

وهي محققة حيث إن المواصفات المطلوبة هي: $\bar{R}_{20} > 30\, Kg/cm^2$

2. مقاومة الانضغاط عند درجة حرارة 50 أي R_{50}

Compression Strength at temperature 50 C

بلغت قيمة مقاومة الانضغاط الوسطية لثلاث عينات مارشال : $\bar{R}_{50} = 20.15\, Kg/cm^2$

وهي محققة حيث إن المواصفات المطلوبة هي: $\bar{R}_{50} > 15\, Kg/cm^2$

3. معامل الثبات الحراري *Coefficient of thermal stability :*

بلغت هذه القيمة : $K_t = R_{20}/R_{50} = 55.09/20.15 = 2.735$

حيث تشترط المواصفات أن تكون: $\bar{K}_t = \bar{R}_{20}/\bar{R}_{50} > 2.5$

أي أن قيمة معامل الثبات الحراري محققة.

4. معامل المرونة *Coeff. Of elasticity*

حيث يعطى بالعلاقة: $K_e = R_0/R_{20}$

وكانت R_0 مقاومة الانضغاط الوسطية لثلاث عينات مارشال عند درجة حرارة صفر مئوية:

$$\bar{R}_0 = 126.43\, Kg/cm^2$$

وبذلك تكون قيمة معامل المرونة: $K_e = 126.43/55.09 = 2.295$

وهذه القيمة محققة حيث تشترط المواصفات أن تكون: $2 < K_e < 2.8$

5. الثبات على الميول *Stability on slopes* :

يعتبر هذا من المتطلبات الأساسية خاصة في المناطق الجافة أو شبه الجافة التي تتمتع بفترة سطوع شمسي عالية وشدة إشعاع عالية أيضاً [1]، حيث إن الإشعاع الشمسي تمتصه الشاشة الإسفلتية بنسبة كبيرة بسبب اللون الأسود وترتفع درجة حرارة الشاشة وتزداد نسبة التشوهات، لذلك فإن نسبة البيتومين في الخلطة لا يتم اعتمادها إلا بعد التحقق من الثبات على الميول حيث إن زيادة نسبة البيتومين تنقص الثبات على الميول لكنها تحسن المرونة التشغيلية، لهذا فهذه النسبة من البيتومين لا تحدد إلا على أساس تقريبي والتدقيق النهائي لها سيكون باختبار الثبات في ظروف المشروع.

يتم في أوروبا اختبار الثبات على الميول عن طريق عينة مارشال بعد تقسيمها إلى نصفين ووضعها على صفيحة معدنية مائلة بنفس زاوية السد (1:2.25) وتوضع العينة والصفيحة المائلة في فرن حراري بدرجة حرارة تعادل العظمى التي يمكن أن تتعرض لها المنطقة خلال عمر المشروع، وذلك لفترة 48 ساعة ضمن الفرن. وتراقب التشوهات خلال هذه الفترة فإذا استقرت التشوهات بعد 24 ساعة لفترة مقدارها 24 ساعة أخرى تعتبر العينة مستقرة [1].

بالرجوع إلى دائرة المناخ والأرصاد الجوية وتسجيلات أعلى درجة حرارة للهواء التي كانت (41°C) خلال الفترة (2000 – 1957)، وحسب المرجع [6] وبالاستناد إلى قانون مصونية الطاقة لسطح الشاشة الإسفلتية فإن درجة الحرارة العظمى لسطح الشاشة ستكون حوالي n (70 °C).

لقد وضعت العينة في فرن حراري درجة حرارته (70 °C) وبدرجة ميل (1:2.25) لمدة 48 ساعة ولم تبد أي تشوهات ثم وضعت أيضاً بالفرن بدرجة (80 °C) ولمدة 24 ساعة أخرى واتضح أيضاً أنها مستقرة على الميل ولم تبد أي تشوهات تحت ظروف حرارية أقسى من المتوقع وهذا يدل على استقرار الشاشة على الميول في ظروف سد الصوراني.

6. النفاذية *Permeability* :

لقد أرسلت عينات إلى مخابر جامعة البعث مشكَّلة بالنسب السابقة نفسها وبطاقة الرص نفسها، وتم اختبارها لتحديد معامل النفاذية *(Coeff. of permeability)* حيث بلغت القيمة الوسطية:

$$K_f = 6.2\times10^{-8} cm/\sec$$

بينما تتطلب المواصفات حسب الدراسة $5\times10^{-8} \rightarrow 5\times10^{-7} cm/\sec$.

7. التشرب والانتفاخ *Water absorption & Swelling* :

بلغت قيمة التشرب للماء للعينات المختبرة 0.3% عند غمر العينات لمدة 14 يوما بالماء، وبلغت قيمة التشرب للماء 0.33% عند الغمر بالماء لمدة 28 يوما في حين تحدد المواصفات ذلك بأن تكون أقل من 1.5%.

أما الانتفاخ فقد بلغ لعينات غمرت 28 يوما قيمة 0.038% وهذه أقل من القيمة المحددة في المواصفات والتي يجب أن تكون أقل من 0.5%.

8. دليل تلاحم الإسفلت مع سطح المواد الحصوية المعدنية

Bond index of the asphalt with the surface of the mineral aggregates

بعد إجراء التجربة بلغت هذه النسبة 95% وهي محققة حيث تشترط المواصفات أن تكون قيمة دليل التلاحم أكبر من 90%.

النتيجة والتوصيات:

من الدراسة أعلاه اتضح لدينا أنه باختيار مناسب للمواد الأولية المشكلة للخلطة يمكن الوصول إلى المواصفات الملائمة والمحددة في الدراسة التي هي منطبقة مع المواصفات العالمية لمثل هذا النوع من الإكساء والتكتيم.

ولقد تم اختبار الخلطة المصممة أعلاه بحيث تم تكتيم جزء من السد باستخدام هذه الخلطة وباستخدام الآليات المتوفرة للرص، وهي مدحلة بوزن ستاتيكي (2.4 ton). وبعد الرص بأربعة أشواط رصاً ساكناً وستة أشواط بتشغيل الرجاج تم الوصول إلى مواصفات جيدة حيث أظهرت عينات مختبرة (جزرات) من الشاشة المنفذة فعلياً أنه باستخدام هذه المدحلة تمكنّا من الوصول إلى حجم الفراغات المطلوب، وكان أقل من القيمة المحددة بالمواصفات كما اتضح أن

هذه المدحلة تشكل طاقة رص مساوية تقريباً لما تم اعتماده عند تصميم الخلطة مخبرياً حيث إن نسبة الرص كانت عالية جداً وبحدود 100% إذا تم التنفيذ ضمن الشروط المطلوبة من درجات حرارة الفرش والرص.

أخيراً يمكن أن نوصي هنا باستخدام البيتون الاسفلتي كمادة كتيمة مرنة ذات ديمومة عالية في تكتيم السدود ويمكن تنفيذها بسهولة ويسر وسرعة فائقة.

وننصح باعتماد مخبر مقيم في الورشة لإجراء الاختبار بشكل متكرر لمراقبة خواص الخلطة وينصح أن يكون المجبل قريباً من موقع السد.

ولا بد من مقارنة أو مراقبة دورية للمواد المشكلة للخلطة للتأكد من ثبات المواصفات وتجرى التجارب الحقلية على عينات مجبول إسفلتي ساخن ثم على جزرات مأخوذة من الطبقة المنفذة ومقارنة النتائج دورياً.

المراجع:

1. SCHOENIAN, E. *The Shell Bitumen Hydraulic Engineering Handbook – Shell International Petroleum*, Company Ltd, London, 1999.
2. GEISELER, W-D. *Introduction to the technology of Asphaltic Linings For Storage Reservoirs*, Brochure No. 51. Strabag-Tiefbau GmbH, 1996 .
3. HAUG, W., and Rothacher, O. 1982 – *Connection of Sealing Layer with another structural parts*, STRABAG-Schriftenreiche(11).
4. VAN ASBECK, *Bitumen in Hydrulic Engineering, Vol.2.* 1970 .

5. المذكرة التفسيرية لسد الصورانـي، 1996.

6. POPSHENKO, S.N.; KASATKIN, J.N.; BORISOW, G.W. *Asphaltic – shell used in Hydrulic structures sealing*, Leningrad, 1970. S. 160 –169.