

## تقييم السلوك الحراري للشاشات الإسفلتية المستخدمة في تكتيم السدود في ظروف سورية<sup>1</sup>

الدكتور محمد الشبلق<sup>3</sup>

المهندسة سماح محمد<sup>2</sup>

### الملخص

تنوعت عملياً وعلى مدى عقود من استخدام السدود الترابية والركامية أساليب معالجة تسرب المياه فيها، ومن هذه الأساليب: استخدام البيتون الإسفلتي الذي أثبت أنه مادة تكتيم جيدة، فاستعمل على شكل نواة داخل جسم السد أو على شكل شاشات سطحية على الوجه الأمامي للسد. استعمل البيتون الإسفلتي كمادة مانعة للرشح في العديد من دول العالم منذ أكثر من ستين عاماً أما في سورية فإن سد الصوراني الذي يجري تنفيذه حالياً في محافظة طرطوس هو السد الأول الذي يستعمل فيه البيتون الإسفلتي. يتضمن البحث تصميم عدد من خلطات البيتون الإسفلتي باستخدام المواد المستخدمة نفسها في تنفيذ سد الصوراني، وتم إجراء الاختبارات اللازمة عليها، كما تم تحديد درجة الحرارة العظمى المتوقعة من خلال تطوير برنامج يستند إلى موازنة الطاقة وذلك لمشروع سد الصوراني.

<sup>1</sup> أعد هذا البحث في سياق رسالة الماجستير للطالبة سماح محمد بإشراف الدكتور محمد الشبلق.

<sup>2</sup> قسم الهندسة المائية- كلية الهندسة المدنية- جامعة دمشق.

<sup>3</sup> قسم الهندسة المائية- كلية الهندسة المدنية- جامعة دمشق.

## 1-مقدمة Introduction:

تم استخدام البيتون الإسفلتي بنجاح وعلى نطاق واسع في العديد من المنشآت المائية لمعالجة مشكلة رشح المياه منها وما ينتج عن ذلك من آثار سلبية، كما هي الحال في أفنية الري والسدود والخزانات ..... الخ، ويجري تنفيذ البيتون الإسفلتي إمّا على شكل نواة داخل جسم السد أو كشاشة سطحية ( ستارة على الوجه الأمامي للسد) وذلك كما في الشكلين (1) و(2).



الشكل(1) استخدام البيتون الإسفلتي على شكل ستارة سطحية.



الشكل(2) استخدام البيتون الإسفلتي على شكل نواة.

بدأ استعمال البيتون الإسفلتي في أوروبا منذ أكثر من ستين سنة، أما في البلاد العربية فلم يلجأ إلى استخدامه إلا في نهاية السبعينيات من القرن الماضي كما في السعودية وعمان وتونس.

وبالنسبة لسورية فقد تأخر استخدام البيتون الإسفلتي حتى عام 2000 حيث بدئ اعتماده كعنصر مانع للرشح في سد الصوراني الواقع في محافظة طرطوس، وذلك على شكل ستارة سطحية أمامية والذي سيكون موضع اهتمامنا في هذا البحث.

## 2- موضوع البحث Structure Subject :

إن موضوع البحث الأساسي هو دراسة عدة خلطات بيتونية إسفلتية وذلك للتأكد من صلاحية هذه الخلطات لاستخدامها كستائر سطحية لتكثيم السدود والقيام بوظيفتها في منع الرشح وتحقيق الكتامة وذلك عن طريق إجراء مجموعة من التجارب المخبرية على خلطات مختلفة. وتحديد درجة الحرارة العظمى التي يمكن أن تبلغها الستارة السطحية في ظروف مناطق مختلفة من سورية.

وقد تركز البحث وفق المحورين الآتيتين:

1- تصميم خطة إسفلتية تحقق المواصفات المطلوبة من حجم فراغات هوائية، ثبات على الميول، مرونة، نفاذية..... الخ لاستخدامها في تكثيم سد الصوراني باستخدام ستارة إسفلتية سطحية.

2- تحديد درجات الحرارة العظمى المتوقعة على سطح الستارة الإسفلتية وعند عدة أعماق لموقع سد الصوراني ولمواقع أخرى من سورية.

### 1-1- ميزات الستائر الإسفلتية Asphaltic Facing Advantages:

- الكتامة العالية.

- إمكانية التنفيذ دون الحاجة إلى فواصل تمدد.

- إمكانية القيام بصيانتها وإصلاح الأضرار التي يمكن أن تلحق بها بيسر وسرعة.

- المرونة العالية نسبياً بحيث تتلاءم مع حركة الأساس دون فقدان وظيفتها في منع الرشح.

- زمن الإنشاء قصير جداً.

### 1-2- مكونات الساتر الإسفلتية Asphaltic Facing Components :

تتكون الخلطة المستخدمة في الساتر الإسفلتية من حصويات ( ناعمة وخشنة ) جيدة التدرج الحبي إما مجروشة أو مكسرة أو مدورة بحيث تضمن الثبات العالي على المنحدرات. ومن نسبة مناسبة من الإسفلت وأحياناً تتم إضافة مواد صناعية مثل الفيبر الاميانتي أو السللوزي وذلك بهدف تحسين خواص الخلطة خاصة الثبات على المنحدرات.

يتعلق استقرار الساتر الإسفلتية السطحية بشكل أساسي بمقاومة القص التي تبديها مادة البيتون الإسفلتي والتي تتعلق بدورها بعوامل مختلفة أهمها [Rijicwatersaat,1985]:

#### أ - التحليل الحبي للحصويات المستخدمة في خلطة البيتون الإسفلتي:

إن للتحليل الحبي للحصويات دوراً أساسياً في الحصول على مواصفات جيدة للخلطة، فالمواد الخشنة تزيد من ثبات الخلطة، والمواد الكروية الملساء تحسن قابلية التشغيل والرص، والمواد الناعمة تساعد على تشكيل مونة تملأ الفراغات وهو ما يوفر شرط الكثامة، كما أن الحصويات يجب أن تكون من صخر سليم خالٍ من المواد العضوية والمركبات القابلة للانتفاخ والوحد وأن تكون ذات التصاق جيد مع البيتومين ويجب أن يقع منحنى التحليل الحبي ضمن الحزمة النظامية المعتمدة في تكتيم المنشآت الهيدروليكية وهي الحزمة التي تسمى (0-12) وهي تحتوي كمية وافرة من المواد الناعمة ونسبة من المواد الخشنة [Asbeck,w.f.1968]، ويبين الجدول (1) حزمة التحليل الحبي (الحدود التي يقع ضمنها التحليل الحبي) لخلطة نموذجية ينصح بها لأعمال التكتيم في المنشآت الهيدروليكية [Schoenian,1999].

الجدول (1) حزمة التحليل الحبي لخلطة نموذجية.

نسبة المار وزنا%	فتحة المنخل mm
100	12
80-100	8
70-100	5
50 - 80	2
38-67	1
32-60	0.6
17 -40	0.2
10 -15	0.09

**ب - نسبة الإسفلت المستخدم في خلطة البيتون الإسفلتي:**

يجب أن يتم اختيار نسبة الإسفلت بعناية فائقة وذلك لتحقيق الغاية المرجوة منه وهي تغليف الحصىات وربطها، وأن يؤمن إمكانية تشغيل كافية وحجم فراغات ضمن الحدود المسموحة وفق الكود الألماني [Wapro402.1973] وكذلك [Schoenian,1999]، وأن يتحقق الثبات على المنحدرات لأن زيادة نسبة الإسفلت تنقص اللزوجة وتزيد تشوهات القص ومن ثم تؤدي إلى تشكيل حركة للطبقة، ومن ناحية أخرى إن زيادة نسبة الإسفلت تحسن مرونة الطبقة، لذلك فإن النسبة المثلى تحدد تجريبياً حتى نضمن الاستقرار على الميول والمرونة ونسبة الفراغات المطلوبة [Delgado Garcia,J,1988].

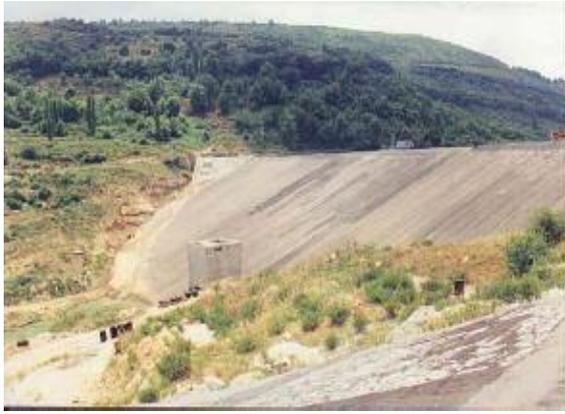
**ج - درجة الحرارة:** تؤثر درجة الحرارة في علاقة الاجهادات التشوهات لمادة البيتون الإسفلتي، إذ بزيادة درجة الحرارة تزداد قيم التشوهات لأن اللزوجة تنخفض، وتتنخفض معها مقاومة المادة لاجهادات القص مما يؤدي إلى زيادة سرعة تشوهات الطبقة و التي قد تقود إلى الانهيار.

**1-3-سد الصوراني Alsourani Dam:**

يقع سد الصوراني في منطقة الجبال الساحلية على بعد (51km) من محافظة طرطوس. وعلى مستوى (344m) فوق سطح البحر ويبعد مسافة (9km) شمال شرق منطقة الشيخ بدر غرب ناحية برمانه المشايخ وإلى الجنوب الغربي من منطقة

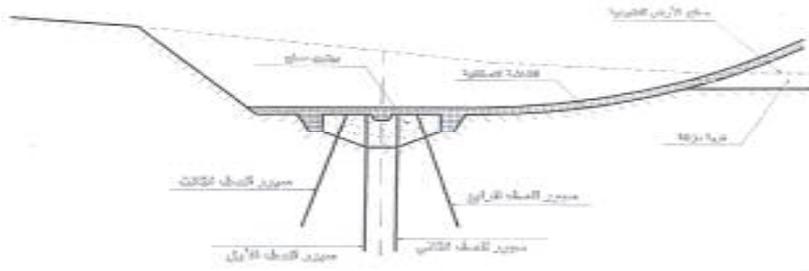
القدموس وتعتبر هذه المناطق من المناطق الفقيرة بمصادر المياه، لذلك تقرر إنشاء هذا السد لتأمين مياه الشرب لها، وقد اعتمد هذا النوع من التكتيم للسببين الآتيتين: [المذكرة التفسيرية، 1996]

- 1- عدم توافر المواد الغضارية اللازمة لبناء السد في تلك المنطقة.
- 2- اقتصادية استخدام البيتون الإسفلتي مقارنة مع استخدام البيتون العادي في التكتيم. يبلغ ارتفاع السد (41.3m) وحجم التخزين فيه يساوي (5.1) مليون متر مكعب من المياه، ومساحة بحيرته تساوي (34) هكتاراً، والسد هو عبارة عن سد تخزيني ركامي مع ستارة إسفلتية أمامية.



(الشكل 3) صورة لسد الصوراني

لمنع الرشح من جسم السد، تم تكتيم الأساس بالحقن عبر آبار بتباعد 2m على عدة صفوف، واتصل الأساس الكتيم مع الشاشة الكتيمة عبر سن بيتوني، والشكل (4) يوضح اتصال الستارة الإسفلتية مع الأساس.

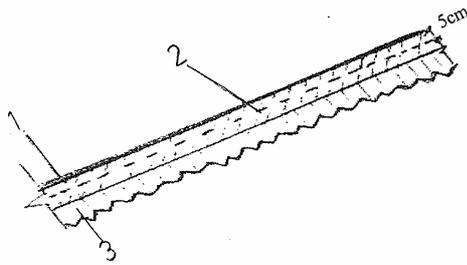


الشكل ( 4 ) اتصال الستارة مع أساس السد.

#### 4-1- بنية الستارة الإسفلتية المستخدمة في سد الصوراني:

#### Asphaltic Facing Structure Used in Alsourani Dam

تتألف الستارة من نظام نكتيم بطبقة كتيمة واحدة كما في الشكل (6) تبلغ سماكة الطبقة الكتيمة 10cm، وتنفذ على مرحلتين سماكة كل منها 5cm تستند هذه الطبقة إلى طبقة صرف ذات تدرج (0-25)mm وبسماكة 10cm.



الشكل ( 5 ) بنية الستارة المنفذة في سد الصوراني

- 1- معجونة إسفلتية (1-2) mm .
- 2- طبقة كتيمة بسماكة 10cm منفذة على مرحلتين كل مرحلة 5cm .
- 3- طبقة ترابط بسماكة 10 cm .

### 3- الدراسة المخبرية لمواد الخلطة:

**3-1- الحصىات Aggregate - والإسفلت Bitumen:** تم إحضار الحصىات من مقلع رسيون الواقع قرب مدينة اللاذقية والكسارة تنتج حصىات نظيفة (مكسرة) متدرجة من الناعم إلى الخشن وتحتوي المناخل الآتية 0-6mm و 6-12mm و 0-12mm وأخذت عينات منها وأجري التحليل الحبي لها، فوجد أن الحصىات 0-12) غير مناسبة لأنها تحوي كمية قليلة من الفيلر و يقع جزء منها خارج الحزمة الموصى بها ولذلك استبعد المار من هذه المهزة من كامل الدراسة. و قد تم إحضار المواد الآتية:

A- الحصىات المحضرة في المرحلة الأولى (نقلت من المقلع الشهر التاسع 2002)

B- الحصىات المحضرة في المرحلة الثانية (نقلت من المقلع الشهر السادس 2003).

C- الحصىات المحضرة في المرحلة الثالثة (نقلت من المقلع الشهر السابع 2003).

أجريت التجارب الآتية على الحصىات A, B, C:

- تجربة الاهتراء.

- تجربة تحديد الوزن النوعي.

- تجربة المكافئ الرملي.

وقد تمت دراسة ثلاث خلطات كما هو موضح أدناه:

- **الخلطة الأولى (A):** استخدم في تحضير هذه الخلطة الحصىات المنقولة من المقلع في الشهر التاسع 2002

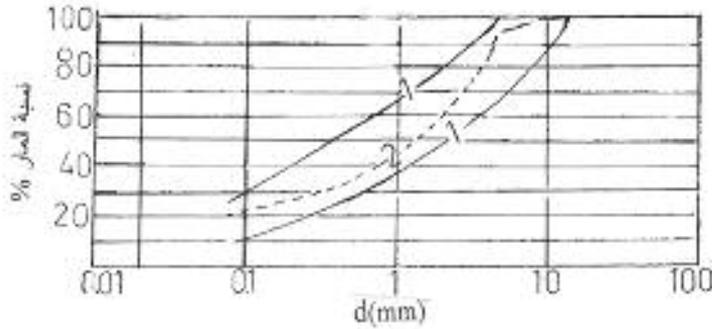
وللحصول على خلطة تقع ضمن الحزمة النظامية المنصوح بها جرى تنسيب للخلطة 0-6mm) على عدة نسب 6-12mm) حتى حصلنا على منحنى التحليل الحبي المشار إليه برقم (1) في الشكل (6) وقد تم الحصول عليه من مزج 10% حصىات 6-12mm) و 90% حصىات 0-6mm)، وتمت إضافة 1% من الحصىات السابقة فيبر أميانتي.

وقد تبين أن خواص الحصىيات لهذه الخلطة كما يأتي:

الجدول (2) خواص الحصىيات للخلطة الأولى (A) :

الوزن النوعي	المكافئ الرملي	تجربة الاهتراء
2.6	76.28%	33.32%

وفي هذه الخلطة تم استخدام إسفلت غرز (60-70) من مصفاة حمص.



الشكل (6) - المنحنى (1) حزمة التحليل الحبي المنصوح بها المنحنى، (2) منحنى التحليل الحبي للحصىيات المستخدمة.

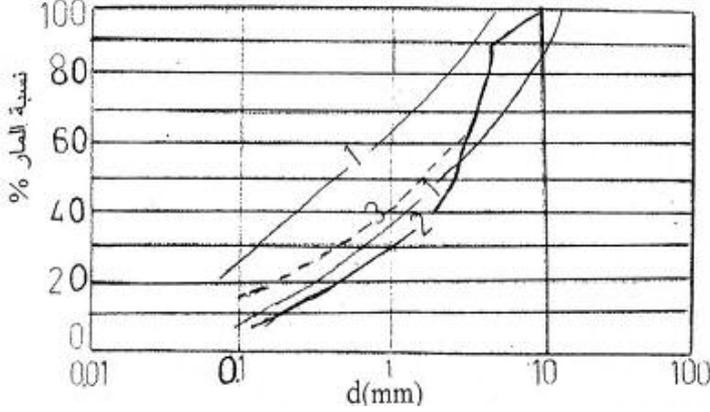
- **الخلطة الثانية (B):** استخدم في تحضير هذه الخلطة الحصىيات المنقولة من المقلع في الشهر السادس 2003 وبتنسيب 10% حصىيات (6-12)mm و 90% حصىيات (0-6)mm تم الحصول على منحنى مطابق للمنحنى (1) في الشكل (6) الذي حصلنا عليه في الخلطة (A) لكن هنا لم تتم إضافة مادة الفيبر الاميانتى، ويبين الجدول الآتي خواص الحصىيات لهذه الخلطة:

الجدول (3) خواص الحصىيات للخلطة الثانية (B):

الوزن النوعي	المكافئ الرملي	تجربة الاهتراء
2.6	90.84%	14.4

وفي هذه الخلطة تم استخدام إسفلت غرز (60-70) من مصفاة حمص.

**الخلطة الثالثة (C):** استخدم في تحضير هذه الخلطة الحصويات المنقولة من المقلع في الشهر السابع 2003 و بتنسيب 10% حصويات (6-12)mm و 90% حصويات (0-6)mm تم الحصول على المنحنى (1) المبين في الشكل (7)، وهو كما نلاحظ يقع



الشكل(7)- المنحنى (1) حزمة التحليل الحبي المنصوح بها المنحنى، (2) منحنى التحليل الحبي للحصويات المستخدمة قبل تعديل نسبة الفلر والرمل، (3) منحنى التحليل الحبي للحصويات المستخدمة بعد تعديل نسبة الفلر والرمل .

خارج الحزمة المنصوح بها. لذلك تمت إضافة نسبة من الفيلر (المار من المهزة 74 ميكرونًا) وهو (مطحون المواد الكلسية من المقلع نفسه) وقد بلغت نسبة الفيلر المضافة 15% من الحصويات وبنسبة 20% من الرمل. والشكل الآتي يوضح موقع منحنى التحليل الحبي ضمن الحزمة بعد إضافة كمية الفيلر والرمل السابقتين. ويبين الجدول الآتي خواص الحصويات لهذه الخلطة:

الجدول (4) خواص الحصويات للخلطة الثالثة(C):

الوزن النوعي	المكافئ الرملي	تجربة الاهتراء
2.61	82%	14.4

وفي هذه الخلطة تم استخدام إسفلت غرز(60-70) من مصفاة حمص.

### التجارب المجرأة على الخلطتين الأولى (A) والثانية (B):

**تحديد نسبة البيتومين المثلى:** بسبب أن الرص في السد يتم على سفح مائل، ومن ثمّ فإن الآليات المستخدمة لا تعطي طاقات رص عالية إضافة إلى عدم إمكانية استخدام آليات ثقيلة. لذلك يوصى بأن يتم تحديد طاقة الرص في المخبر في مجال الهندسة المائية حتى 35 ضربة مارشال، وبحيث تكون الفراغات الهوائية بمحتوى أعظمي % 3 (Schonian. 1999)، وفي التصميم المخبري نلجأ لتأمين عامل أمان إضافي من محتوى الفراغات لذلك ينصح أن تبلغ هذه النسبة مخبرياً % (1.5-2.3)، وبعد اختيار الآليات المتوفرة ومعايرتها تبين أن طاقة الرص الممكن الوصول إليها هي 30 ضربة مارشال، على قوالب مارشال تم في مخبر الطرق في جامعة تشرين إجراء التجارب الآتية بهدف دراسة الخلطة ولتحديد نسبة البيتومين المثلى، وذلك بتغيير نسبة البيتومين من 8 حتى 9.5 بزيادة % 0.5.

وتم إجراء التجارب الآتية لكل نسبة بيتومين:

- 1- الثبات وفق مارشال
- 2- تحديد الكثافة.
- 3- الانسياب وفق مارشال.
- 4- تحديد الفراغات الهوائية  $V_a$ .
- 5- تحديد الفراغات بين الحصويات  $V_{ma}$ .

الجدول (5) يوضح خواص الخلطة (A) لنسب بيتومين مختلفة.

عدد العينات	Vma %	Va %	الكثافة Kg/cm <sup>3</sup>	الانساياب mm	الثبات Kn	رقم الخلطة	نسبة الإسفلت
3	21.759	4.267	2.25	4.813	7.73	A	8
3	21.58	2.85	2.27	6.037	7.71	A	8.5
3	21.59	1.66	2.28	8.17	7.37	A	9
3	22.04	1.00	2.28	10.55	7.02	A	9.5
3	22.2% Vma>16 %	Va%<(1.5-2.3)%	الأكبر	8>	>6		المواصفات [Wapro402.1 973]

الجدول (6) يوضح خواص الخلطة (B) لنسب بيتومين مختلفة .

عدد العينات	Vma %	Va %	الكثافة Kg/cm <sup>3</sup>	الانساياب mm	الثبات Kn	رقم الخلطة	نسبة الإسفلت
3	19.33	1.97	2.27	5.88	11.4	B	8
3	20.16	1.37	2.27	5.893	10.9	B	8.5
3	20.35	0.33	2.28	7.355	9.79	B	9
3	22.2 %>V ma>1 6%	Va%<(1.5-2.3)%	الأكبر	8>	>6		المواصفات [Wapro402.1 973]

نلاحظ من الجدولين السابقين أن النسبة للإسفلت 9% بالنسبة للخلطتين (A) و (B) تحقق أكبر كثافة رص، كما أن نسبة الفراغات الهوائية ضمن الحدود المطلوبة مخبرياً، لذلك تم اعتماد هذه النسبة للخلطات لإجراء التجارب الأخرى عليها.

إن أهم مؤشرات للخلطة هي الفراغات الهوائية وبها يرتبط معامل النفاذية والديمومة وتجنب التأثيرات المناخية لذلك تم إعطاء هذا المؤشر وزناً أكبر عند اختيار نسبة الإسفلت مع الحفاظ على النسب الأخرى. ويجب تحقيق كثافة عالية، حيث نلاحظ أن النسبة 9% حققت كثافة  $2.28 \text{ Kg/cm}^3$  وفراغات للخلطة 1.66% وثبات 7.37 Kn أما للخلطة (A) وكثافة  $2.28 \text{ Kg/cm}^3$  وفراغات 0.33% وثبات 9.79 Kn للخلطة (B) أما الانسياب فالنسب الأقل من 8mm هي الأكثر ملاءمة. إن الخلطة بنسبة إسفلت 9% حققت أعلى كثافة ويلاحظ أن الانسياب أعلى قليلاً من القيمة 8 mm للخلطة رقم (A) لكن اختيارها يمكن تبريره بزيادة الكثافة ونقصان الفراغات وبأمان في التنفيذ. حيث إن القيمة الأقل مباشرة هي عند 8.5% ولكن هناك زيادة كبيرة بالفراغات الهوائية وانخفاض بالكثافة. لهذا تم اعتماد نسبة إسفلت 9% من وزن الخلطة. أما الخلطة الثالثة (C) فقد تم تحضير هذه الخلطة بإضافة بيتومين بنسبة 9% وهي النسبة نفسها للخلطتين (A, B) وتم إجراء التجارب السابقة التي أجريت على الخلطتين (A, B) على هذه الخلطة و تم الحصول على النتائج الموضحة بالجدول (7).

الجدول (7) نتائج التجارب المجرأة على الخلطة المضاف إليها رمل وفلر.

نسبة الإسفلت	رقم الخلطة	الثبات Kn	الانسياب mm	الكثافة $\text{gr/cm}^3$	Va%	Vma%
9%	3	9.341	4.7933	2.295	0	19.15

نلاحظ أن هذه الخلطة حققت مواصفات جيدة من حيث الكثافة و الفراغات الهوائية.

### 3-4- التجارب المجرأة على الخلطات الثلاث : Tastes on BC mixes

بعد تحديد نسبة الإسفلت المثلى 9% للخلطات الثلاث جرى إجراء مجموعة من التجارب الآتية على ثلاث عينات من كل خلطة وأخذت القيمة الوسطى والموضحة في الفقرة الآتية:

- 1- تجربة تحديد مقاومة الانضغاط عند درجة الحرارة  $(20^0)$   $R_{20}$  ، حيث:  $R_{20}$  مقاومة عينة مارشال للانضغاط عند الحرارة  $20^0$ .
  - 2- تجربة تحديد مقاومة الانضغاط عند درجة الحرارة  $(50^0)$   $R_{50}$  ، حيث:  $R_{50}$  مقاومة عينة مارشال للانضغاط عند الحرارة  $50^0$ .
  - 3- تجربة تحديد مقاومة الانضغاط عند درجة الحرارة  $(0^0)$   $R_0$  ، حيث:  $R_0$  مقاومة عينة مارشال للانضغاط عند الحرارة  $0^0$ .
  - 3- تحديد معامل الثبات الحراري  $K_t = R_{20} / R_{50}$
  - 4- تحديد معامل المرونة  $K_e = R_0 / R_{50}$
  - 5- تجربة تحديد الانتفاخ .
  - 6- تجربة تحديد التشرب.
  - 7 - تجربة تحديد الثبات على الميول .
- تم وضع النتائج في الجدول (8)

الجدول(8) نتائج التجارب المجرأة على الخلطات الثلاث.

المواصفات الألمانية[Wapro402.1973]	العينة C	العينة B	العينة A	العوامل المدروسة
R20>30	40.7133	38	55.09	مقاومة الانضغاط R20 Kg/cm <sup>2</sup>
R50>15	12.799	15	20.1	مقاومة الانضغاط R50 Kg/cm <sup>2</sup>
Kt>2.5	3.2	2.53	2.73	معامل الثبات الحراري $K_t$
Ke<2.8	3.3	2.64	2.295	معامل المرونة
Va%<(1.5-2.3)%	0.00%	0.33%	1.66%	الفراغات الهوائية Va%
الثبات < 6	9.79	9.79	8.17	الثبات Kn
الانسباب >8	4.7	7.3533	7.7	الانسباب mm
-	2.297	2.2857	2.282	الكثافة gr/cm <sup>3</sup>
التشرب >1.5 %	0.22%	0.22%	0.30%	التشرب
الانتفاخ >0.5%	0.20%	0.22%	0.05%	الانتفاخ

من الجدول السابق نجد أن الخلطة (A) والخلطة (B) تحققان المواصفات المطلوبة للاستخدام في التكتيم.

### 3-5- تحديد الحمولة الحرارية الأعظمية للستارة الإسفلتية في سد الصوراني وفي مناطق أخرى من سورية :

#### Determine Maximum Thermal Load on Asphaltic Facing in Sourani Dam and another places in Syria:

يتم تحديد درجة الحرارة العظمى التي يمكن أن تصل إليها الستارة الإسفلتية في موقع ما عن طريق حل معادلة موازنة الطاقة لسطح الستارة والتي تصف مجموعة تيارات الطاقة الواردة أو الصادرة عنها، واستناداً إلى قانون انحفاظ الطاقة يكون مجموع هذه التيارات مساوياً الصفر. ويمكن التعبير عن معادلة موازنة الطاقة لسطح الستارة الإسفلتية بالمعادلة:

$$I+D-A-E+G \pm K \pm B-V=0 \dots\dots\dots 1$$

I : الإشعاعات الشمسية المباشرة الواردة إلى السطح والتي ترتبط بالعوامل الآتية { T (معامل تكبير الجو)،  $P/P_0$  (نسبة الضغط الجوي في الموقع المدروس إلى الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر)،  $\alpha$  (زاوية ميل السطح)،  $\phi$  (زاوية خط العرض)،  $\delta$  (زاوية انحراف الشمس)،  $A_f$  (زاوية سمت)، t (زاوية الوقت) h (زاوية الارتفاع الشمسي)،  $I_0$  (الثابت الشمسي) } حسب [عمار، م.م (1989)].

D : الإشعاعات المنتشرة السماوية و ترتبط بالعوامل الآتية {  $P/P_0$ ، T، h،  $I_0$ ،  $\delta$ ، عامل يصف ما يصل إلى السطح المدروس من إشعاعات منعكسة من المنطقة المحيطة) } .

A : الإشعاعات الشمسية المنعكسة عن السطح ويرتبط ب ( $I_0$ ) الذي يعبر عن نسبة الأشعة المنعكسة عن سطح الستارة) .

E : الإشعاعات بالإصدار وترتبط ب {  $T_0$  (درجة حرارة الستارة عند السطح)، Cs (العدد الإشعاعي للجسم الأسود، أو ثابت بولتزمان)،  $\epsilon$  (انبعاثية السطح وتبلغ للجسم الأسود  $\epsilon=1$ )،  $\alpha$  (زاوية ميل السطح) } .

$G_w$  : تيارات الطاقة المقابلة أو العائدة وترتبط بالعوامل الآتية  $\{T_1, Cs\}$  (درجة حرارة الهواء المطلق)،  $e$  (ضغط بخار الماء)،  $k$  (عامل يتبع نوع الغيوم)،  $w$  (درجة التغميم) .

$K$  : تيارات الطاقة بالتلامس بين الشاشة الهواء وترتبط بـ  $\{T_1$  درجة حرارة الهواء،  $T_0$ ،  $g$  (تسارع الجاذبية الأرضية)،  $\beta$  (معامل التمدد الحجمي للهواء)،  $V_1$  (اللزوجة الكينماتيكية للهواء)،  $L$  (الطول النسبي) ،  $\alpha_1$  (الناقلية الحرارية للهواء)،  $\lambda_1$  (الموصلية الحرارية للهواء) .

$B$  : تيار الطاقة النافذ إلى الأرض أو الوارد منها ويرتبط بالعوامل الآتية  $\{T_0, \lambda$  (معامل التوصيل الحراري للطبقة)،  $\rho$  (الكثافة)،  $C$  (الحرارة النوعية)،  $\Delta t$  (الفترة الزمنية للحساب)،  $\Delta X$  (خطوة الحساب للعمق) .

$V$  : تيارات الطاقة المستهلكة بالتبخر وتهمل في بحثنا لأننا نبحث عن درجة الحرارة العظمى التي تحدث بحال كون الستارة جافة.

بعد إهمال تيارات الطاقة المستهلكة بالتبخر تكتب معادلة موازنة الطاقة لسطح الستارة كما يأتي:

$$[I + D - A - E - G_w \pm K] - \Delta t \pm B = 0 \dots\dots\dots 2$$

التوزع الحراري حسب العمق:

سيتم حساب تغيرات درجة الحرارة في أعماق الشاشة الإسفلتية وبإهمال تأثير الأطراف تعود المسألة إلى مسألة انتقال حراري مستقر في جسم أحادي البعد. إن تغير درجة الحرارة  $(T)$  مع العمق  $(X)$  في مقطع عمودي على السطح حسب الزمن  $(t)$  تعطى حسب معادلة فورييه (معادلة الانتشار الحراري) الآتية:

$$dT/dt = a d^2T/dx^2 \dots\dots\dots 2$$

$$a = \lambda/\rho.c \dots\dots\dots 3 \quad \text{حيث :}$$

لحل المعادلة التفاضلية السابقة يتم تحويلها إلى الشكل الآتي:

$$\Delta T/\Delta t = \Delta^2 T/\Delta X^2$$

لكل نقطة عند عمق ما (X) نحصل على معادلة، المجاهيل فيها درجة حرارة النقطة ذاتها والنقاط المجاورة، وبالحل المشترك لمجموعة المعادلات لكل لحظة زمنية نحصل على درجات الحرارة عند النقاط المختلفة، مع الملاحظة أن درجات الحرارة عند السطح وعند نهاية قطاع الحساب السفلي وكذلك درجات الحرارة على كامل العمق عند اللحظة البدائية هي شروط محيطية يجب صياغتها أولاً، إن دقة الحساب تزداد بنقصان قيمة  $\Delta X$ .

لتقدير درجة حرارة السطح والأعماق باستخدام المعادلات السابقة يمكن تقسيم تيارات الطاقة السابقة إلى مجموعتين حسب [ الشبلاق ،محمد (1993) ]:

1- المجموعة الأولى المستقلة عن درجة حرارة السطح ( $T_0$ ) وتشمل هذه المجموعة:  $(G,A,D,I)$ .

2- المجموعة الثانية والمرتبطة بدرجة حرارة السطح ( $T_0$ ) وتشمل هذه المجموعة:  $(B,K,E)$ .

تم باستخدام برنامج مطور بشكل خاص لحل معادلة موازنة الطاقة لسطح الستارة الإسفلتية الحصول على درجة الحرارة العظمى المتوقعة، حيث تم تطوير برنامج وذلك لإيجاد حل للمعادلة (1) عند أعماق مختلفة حيث تم حساب حدود المعادلة (1) المستقلة عن درجة حرارة السطح ( $T_0$ ) ومن ثم تقدير التوزيع الحراري في الأعماق والسطح عند بداية الحساب، وهي من الشروط المحيطية الأعظمية.

بعد تجميع المعطيات الواردة أعلاه والتي تشمل درجة الحرارة للفترة الواقعة ما بين (1950-2003) ومعطيات جغرافية عن موقع السد ومعطيات مناخية أخرى تم تحديد درجة الحرارة العظمى لسطح الستارة الإسفلتية التي بلغت ( $71^0C$ ) علماً أن درجة حرارة الهواء الموافقة لهذه الدرجة بلغت (40.4) وهي أعلى درجة حرارة هواء

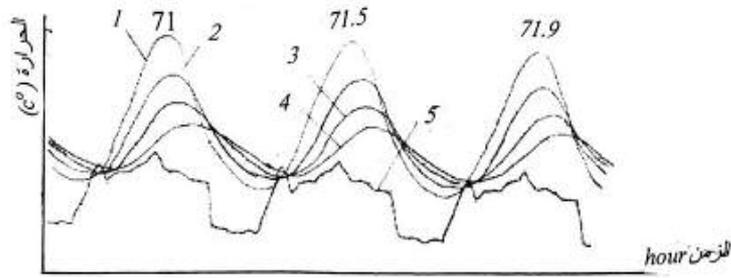
سجلت خلال الفترة (1950-2003) إن التغير لدرجات الحرارة في العمق يكون بتدرج قرابة  $2^{\circ}\text{C}$  لكل 1Cm وذلك لأجل القيم العظمى.

وباعتبار أن درجة الحرارة لسطح الستارة تتبع عدة عوامل منها اللون تم هنا دراسة تأثير اللون في درجة الحرارة العظمى، وباعتبار أنه ورد في التصميم الأساسي للسد طلاء الستارة بالطلاء الألوميني الأبيض فقد قمنا بتحديد درجة الحرارة عندما يكون هذا الطلاء موجوداً، وأخذ معامل عكس الستارة %60، فكانت الحرارة المتوقعة على السطح للستارة السطحية ( $50^{\circ}\text{C}$ ) أي بانخفاض ( $21^{\circ}\text{C}$ ). وهذا يعني أن وجود اللون الأبيض يخفض الحرارة بشكل ملموس.

تمت مقارنة هذه النتيجة المحسوبة بالبرنامج المذكور مع قياسات فعلية للحرارة على سطح الستارة في سد الغريب في الجزائر وذلك لسطح أسود دون طلاء وسطح مع طلاء أبيض، وقد تبين انخفاض درجة الحرارة بحدود ( $20^{\circ}\text{C}$ ) لسد الغريب وهذا ما يتوافق مع حساباتنا.

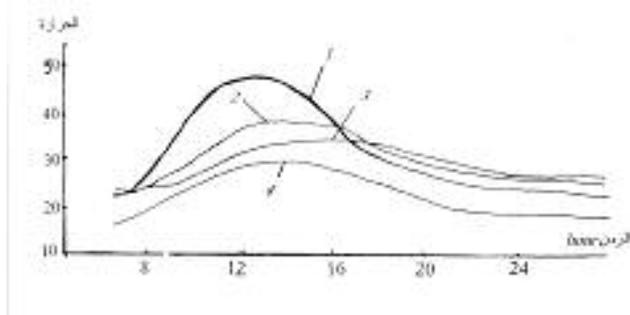
لقد تمت معايرة النموذج المذكور مع قياسات فعلية للحرارة في سد الصوراني أجريت بين عامي (2000-2003) لدرجات الحرارة وقد تبين أن النموذج يعطي نتائج متقاربة جداً مع القياسات الفعلية.

يبين الشكل (8) درجة الحرارة المحسوبة (وفق البرنامج المطور) على عدة أعماق في حال استمرت الحرارة العظمى مدة ثلاثة أيام متتالية بالقيمة العظمى نفسها، وذلك من أجل تحديد الحرارة العظمى على سطح الستارة بعد ثلاثة أيام.



الشكل (8) منحنيات درجة الحرارة المحسوبة وفق البرنامج المطور على عدة أعماق لثلاثة أيام .  
 المنحني(1): منحني درجة الحرارة المحسوبة للطبقة السطحية للستارة ،المنحني (2): منحني درجة  
 الحرارة المحسوبة للستارة على عمق (5cm) ، المنحني (3): منحني درجة الحرارة المحسوبة  
 للستارة على عمق (10cm) المنحني (4): منحني درجة الحرارة المحسوبة للستارة على عمق  
 (15cm) ، المنحني (5): منحني درجة حرارة الهواء.

أما الشكل (9) فيوضح قيم درجات الحرارة المقاسة فعلياً في سد الغريب في الجزائر  
 لعدة أعماق من الستارة الإسفلتية ، ومنحني درجة حرارة الهواء.



الشكل (9) منحنيات الحرارة المقاسة فعلياً على عدة أعماق في الستارة الإسفلتية في سد الغريب  
 في الجزائر.

المنحني(1): منحني درجة الحرارة المقاسة على عمق (1cm) المنحني، (2): منحني درجة الحرارة  
 المقاسة على عمق، (6cm) المنحني (3): منحني درجة الحرارة المقاسة على عمق (10cm) .

من مقارنة الشكلين (8) و(9) نلاحظ تشابهاً من حيث السلوك الحراري في أعماق مختلفة ما بين المنحنيات المرسومة بناءً على القيم المحسوبة لسد الصوراني بمساعدة البرنامج المطور، وبين المنحنيات الناتجة بناءً على القياسات الحقلية في سد الغريب.

### 3-5 اختبار الثبات على الميول:

تجرى تجربة تحديد الثبات على الميول باستخدام عينات مارشال بعد تقسيمها إلى نصفين، ثم وضعها في فرن بدرجة حرارة تعادل الحمولة الحرارية الأعظمية المتوقعة وموضوعة على سطح يميل بالميل نفسه السد المدروس 1:2.25 (بالنسبة لسد الصوراني بلغ الميل 1:2.25) [Nakazine,1970].

بعد تحديد درجة الحرارة العظمى كما سبق أعلاه تم تقسيم عينات مارشال إلى نصفين، ووضعت في الفرن بميل موافق لميل السد (1:2.25) وتم تعريضها لدرجة حرارة  $75^{\circ}\text{C}$  مدة 48 ساعة فلم نلاحظ أي تشوه وهذا دليل على استقرار الستارة في ظروف سد الصوراني .

### 3- تقدير درجة الحرارة العظمى المتوقعة في بعض المناطق في سورية:

#### Investigate maximum expected temperature in some places in Syria:

لتقدير درجة الحرارة العظمى في مناطق أخرى من سورية، افترض وجود ستائر إسفلتية مماثلة تماماً للستارة المنفذة في سد الصوراني، من حيث السماكات، و التدرج الحبي، ونوعية المواد، و.....الخ. مع الوضع بالحسبان العوامل الجغرافية، و الظروف المناخية السائدة في تلك المناطق. و لهذه الغاية اختيرت محافظات دمشق، و حلب، و دير الزور، و اللاذقية، و السويداء، و قدرت درجة الحرارة العظمى، بعد وضع جميع العوامل المناخية والجغرافية لكل منطقة، فكانت النتائج المبينة في الجدول (9).

الجدول (9) يعطي الحرارة العظمى المحسوبة في بعض مناطق الجمهورية العربية السورية.

المنطقة	حرارة الهواء العظمى المقبسة	الحرارة العظمى المحسوبة للستارة
السويداء	40.4	72.56
اللاذقية	38.2	71.1
حلب	45.8	74.08
دمشق	44.6	74.8
دير الزور	47.4	76.6
طرطوس	40.4	71

نلاحظ من الجدول السابق أن أعلى درجة حرارة كانت في دير الزور (76.6)

### -النتائج Conclusions :

- 1- يعدُّ البيتون الإسفلتي مادة تكتيم فعالة لما يتمتع به من مواصفات مثل ( الكتامة - انخفاض معامل التشرّب والانتفاخ ) وذلك وفقاً للنتائج الموضحة في الجدول (8).
- 2- بلغت درجة الحرارة العظمى المتوقعة للستارة الإسفلتية السطحية المستخدمة في سد الصوراني  $71C^0$  دون أن يؤثر ذلك في استقرار الستارة على الميول .
- 3- لم تؤد مادة الفيبر الاميانتني إلى تحسين أداء الخلطة بشكل كبير كما نلاحظ في الجدول (5) الخاص بالخلطة الأولى (A) التي تمت إضافة مادة الفيبر الأميانتني إليها من حيث الكتامة والثبات والفراغات الهوائية .
- 4- حسنت إضافة المواد الناعمة من فلر ورمل إلى الخلطة مع الحفاظ على نسبة الحصويات الخشنة و البيتومين الكتامة والثبات ومقاومة الانضغاط  $R_{20}$  ولكن زاد معامل المرونة  $K_e$ ، وقلت مقاومة الانضغاط  $R_{50}$ ، كما نلاحظ في الجدول (8) بالنسبة للخلطة C .

5- إن طلاء الستارة بمادة ذات لون فاتح (أبيض) أدى إلى خفض درجة حرارة الستارة بمقدار 20 درجة مئوية تقريباً، ويتوقف مقدار خفض الحرارة تبعاً لدرجة اللون ودقة تنفيذ الطلاء .

6- شكل منحنى التوزيع الحراري المستنتج عن طريق النموذج مشابهاً تماماً لمنحنى التوزيع الحراري الناتج عن قياسات أجريت على سد الغريب في الجزائر .

#### -التوصيات Recommendations :

من النتائج السابقة يمكن التوصية بما يأتي :

1- تعميم استخدام البيتون الإسفلتي لمنع الرشح في المنشآت المائية ولا سيما السدود الركامية في سورية حيث تسمح الظروف بذلك لما يتمتع به من ميزات أولاً، ولتوافر الإسفلت بكميات كبيرة في سورية سواء كان طبيعياً أو ناتجاً عن تكرير النفط .

2- السعي في إجراء دراسات مستفيضة عن خلطات البيتون الإسفلتي للوصول إلى التصميم الأفضل لهذه الخلطات

3- في حالة الظروف الحرارية العالية القيام بطلاء الستارة بلون فاتح وذلك لتخفيض درجة حرارتها .

4- إن نتائج التجارب السابقة تظهر بوضوح أن لا داعي لوضع بلاطات بيتونية فوق الشاشة الإسفلتية من أجل تخفيف درجة الحرارة على سطح الشاشة، كما تم تنفيذه في أربعة سدود في الجزائر.

## 6-المراجع المستخدمة Bibliography:

- الشبلاق، محمد (1993):دراسة حول استخدام أسفلت جبل البشري في تكسية أقينية الري الثانوية-التقرير النهائي- الشركة العامة للإسفلت،اللانقية-سورية.
- عمار،م.م (1989): الطاقة-مصادرها واقتصادياتها،الطبعة الثانية، مكتبة النهضة المصرية،القاهرة،جمهورية مصر العربية.
- **Asbck**, w.f.(1986) Bitumen im wasserbau, Mainz/ Heidelberg,Bd.2. -
- Delgado Garcia,J.:** The asphalt facing of the rockfill section of the Negratin dam and its joint with the concrete section. ICOLD 16th Congress, San Francisco 1988, Vol.II,Q16,R44,pp 803-814.
- Nakazihe,Y.and Yamashita,S.**(1970):The new earthquake resistant design method of rockfill dams with impervious facing .ICOLD10thCongress, Montreal 1970,Q 36 R7, Vol.I,pp111-135.
- Rijkswaterstaat:** The use of asphalt in hydraulic engineering (English edition 1985).TAW Technical advisory committee on Waterdefences, Rijkswaterstaat CommunicationNo.37/1985,The Hague, The Netherlands.
- **Schoenian** ,E.(1999): The Shell Bitumen Hydraulic Engineering, Hand book Shell International Petroleum company Ltd , London,KU.
- المذكرة التفسيرية لسد الصوراني(1996)، حوض الساحل، وزارة الري في الجمهورية العربية السورية.

جدول المصطلحات: *Terms Table*

المصطلحات بالانكليزية	المصطلح بالعربية
Direct Solar Rays	الإشعاعات الشمسية المباشرة
Distributed Solar Rays	الإشعاعات الشمسية المنتشرة
Slope	الانزلاق
Asphaltic Concrete	البيتون الإسفلتي
Granular Grading	التحليل الحبي
Seepage	الرشح
Drainage	الصرف
Tightness	الكثامة
Abrasion Test	تجربة الأهتراء
Shear Deformations	تشوهات القص
Coarse Aggregate	حصىوات خشنة
Fine Aggregate	حصىوات ناعمة
Injection	حقن
Asphaltic Facing	شاشة إسفلتية
Expansion Joint	فاصل تمدد
Slope	منحدر

تاريخ ورود البحث إلى جامعة دمشق 2004/2/29.