مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (25) العدد (14)2003
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (25) No (14) 2003

تأثير درجة الإشباع على سلوك المواد وتأثيرها في ديمومة الطرق البيتونية

الدكتور غسان يونس *

(قبل للنشر في 2003/3/27)

□ الملخّص □

يعتبر إنشاء طرق بديمومة عالية من الأمور الهامة جدا من الناحية الاقتصادية والاستثمارية المرورية. تؤثر في ديمومة الطرق والمطارات عوامل متعددة من أهمها جودة المواد المستخدمة وبالتالي ديمومتها واستمرارية مقاوماتها للعوامل الجوية وللإجهادات المرورية الميكانيكية وكذلك للاجهادات المائية /ضغط الماء المسامي/ وبالتالي ظهور التشوهات والتشققات الميكروية وانتقالها إلى تشوهات وشقوق ماكروية وخاصة بنتيجة اجتماع الإجهادات الناتجة عن الحمولات الميكانيكية المرورية والإجهادات المائية أي عن تغير في سلوك المواد الطرقية في حال وجود المياه وذلك من خلال تغير الخواص الفيزيائية – الميكانيكية.

يستعرض هذا البحث سلوك المواد في الحالة المشبعة وكيف تؤثر الضغوط المائية في المسامات الموجودة في المادة في حالة الإشباع / زيادة الضغط المسامي / على سرعة إنتقال الشقوق والتشوهات من الحالة الميكروية ذات التأثير شبه المهمل إلى الحالة الماكروية وبالتالي إنهيار المادة وجعل الطريق غير قابل للاستخدام.

تمت دراسة حالة الانتقال هذه من خلال تجارب مخبرية أجريت على مواد طرقية باستخدام جهاز الضغط ثلاثي المحاور في الحالتين المشبعة وغير المشبعة للمواد وبذلك كيف يمكن أن تتطور الشقوق الموجودة في المادة إلى الحالة الماكروية وبالتالي حالة الانهيار للمادة ومنعكسات ذلك في ديمومة الطرق. كما تم استعراض طرائق تسرب المياه من خلال المسامات والشقوق والفواصل الطولية والعرضية وتشكل الشقوق الماكروية والتكهفات في مناطق الوصل وأسفل البلاطات في القسم الأول من البحث.

وجاءت خاتمة البحث بمجموعة من المقترحات والتوصيات تأكد على تأمين التصريف الجيد واستخدام طبقات دريناجية أسفل طبق التغطية للطريق

*أستاذ مساعد – قسم هندسة المواصلات والنقل – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين –اللاذقية – سوريا.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (25) العدد (14)2003
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (25) No (14) 2003

The Effect of Saturation on the Material Behavior and its Effect on the Concrete Road Durability.

Dr. Ghassan Youness*

(Accepted 27/3/2003)

□ ABSTRACT □

The construction of highly durable roads is very important for economic reason and traffic purposes.

Many factors affect the durability of roads and airports. The most important is the quality of used materials, its endurance to the weather factors and the mechanical traffic stress as well as the hydraulic stress. Therefore the appearance of the deformations and micro cracks leads to macro cracks.

This research discusses the material behavior in the case of saturation and how the hydrostatic pressure affects the pores in the material during saturation (increasing the porosity pressure) on the moving speed of the cracks and the deformations from the micro state of the almost negligent effect to the macro state, the collapse of the material and making the road unable to be used.

The study concluds the state of this movement throughout laboratory experiments that were held on road materials using the triaxal pressure device in both the saturated and the non-saturated state of the materials, thus the cracks that are in water could develop to the macro state and lead to collapse of the material and the impact of on the road durability.

Moreover this paper reviews the ways of water leaks throughout the pores, the cracks the vertical and horizontal joint, and formation of micro cracks in the joint areas and under the concrete pavement in the first section of the research.

Finally the research comes up with a number of suggestions and recommendations on the ways of applying good water drainage and the use of drainage layouts under the cover layouts of roads.

*** Associate. Professor- Department of Transportation and Traffic-Faculty of Civil Engineering-Tishreen University- Lattakia- Syria**

مقدمة:

تصنف الطرق حسب طبقات رصفها / chausses/ إلىطرق مرنة ونصف مرنة وصلبة ويرتبط هذا التصنيف بطبيعة وسلوك المواد الداخلة في تركيب هذه الطبقات أي إلى الخواص الفيزيائية – الميكانيكية /الفيزيوميكانيكية / لمواد طبقات الرصف للطرق والمطارات والتي تغطي جسم الطريق .

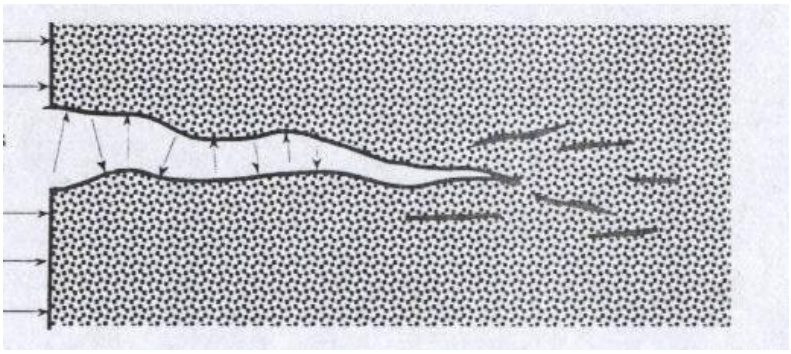
تعرف ديمومة الطرق بالفترة الزمنية الممتدة من وضع الطريق قيد الاستثمار إلى لحظة تغير الخواص الفيزيوميكانيكية لسطحه بحيث يصبح غير قابل للاستخدام والاستثمار من قبل العربات إي أن تصبح سلامة المرور وراحته مهددة.

لإنشاء أو إعادة إنشاء طريق اقتصادي وسليم ويمتاز بديمومة عالية لابد من الأخذ بعين الاعتبار العوامل الأساسية التالية[1]:

- الحمولات المرورية والتي تتضمن نوعية الحمولات وتركزها على حارات المرور
- نوعية تربة المسار أي الخواص الفيزيائية – الميكانيكية / الفيزيوميكانيكية / لها
- العوامل الجوية من درجات حرارة – أمطار – ثلوج – إلخ
- العوامل المائية الهيدرو لوجية للمنطقة
- نوعية المواد المكونة لطبقات الرصف للطريق / سماكاتها الكلية والجزئية وخواصها الفيزيوميكانيكية /

لتأمين ديمومة عالية للطريق أو المنشأة الطرقية يجب أن تمتاز المواد الطرقية بمواصفات فنية جيدة وأن تكون أساليب التنفيذ جيدة كذلك والتي تؤمن الأمور التالية :

- سوية سطح جيدة تدوم خلال فترة الإستثمار أي خلال العمر التصميمي للطريق لأن عدم تأمين السوية المطلوبة يؤدي إلى إجهادات ديناميكية ناتجة عن سير العربة على الطريق وبالتالي التأثير السلبي في ديمومة الطريق
- نوعية المواد المستخدمة في طبقات الرصف وخاصة نوعية طبقة التغطية والتي يجب أن تمتاز بخواص فيزيو ميكانيكية ملائمة والتي تقاوم التشوهات الناتجة عن الإجهادات الميكانيكية والحرارية والمائية والتي تتسبب في تشكل الشقوق الميكروية والماكروية وبالتالي الإقلال من الديمومة والشكل رقم 1 يوضح هذه الشقوق



شكل رقم 1 يوضح الشقوق الميكروية والماكروية في المادة [9]

ملاحظة: *الشق الكبير هو الشق الماكروي بينما الشقوق الصغيرة هي الميكروية*

- المقاومة العالية للإجهادات الأفقية الناتجة عن عمليات الفرملة خلال سير العربة على الطريق
- المقاومة العالية للإجهادات الشاقولية الناتجة عن العربات الثقيلة والتي تتسبب في حدوث الشيخوخة المبكرة لسطح الطريق
- خشونة سطح مقبولة بحيث تتم المحافظة على سلامة الحركة المرورية وتأمين التصريف الجيد لسطح الطريق
- مقاومة التاكل والإهتراء لسطح الطريق والذي ينتج عن نوعية سيئة للمواد من حيث الصلابة
- تأمين كتامة جيدة لطبقة التغطية بحيث لا نسمح بنفوذية الماء إلى الطبقات السفلية

الإشكالية

تم تخصيص هذا البحث لدراسة تأثير المياه على طبقات الرصف وخاصة لمحاولة دراسة سلوك المواد أو المادة الطرقية في حالة الإشباع وذلك لمعرفة بدء ظهور التشققات الميكروية والماكروية وبالتالي تغير النفاذية ومنعكس ذلك على الديمومة الطرقية

دراسة وتحليل أسباب المشكلة

معلوم بأن نقاط الضعف في البلاطات البيتونية / الرصف الصلب / والتي تؤثر في ديمومتها كثيرة ومن أهمها:

- الفواصل الطولية والعرضية للبلاطات البيتونية
- حركة البلاطات البيتونية تحت تأثير الحمولات وطبيعة إرتباط هذه البلاطات مع بعضها البعض ومع الطبقات السفلية أي مع طبقة الأساس للطريق

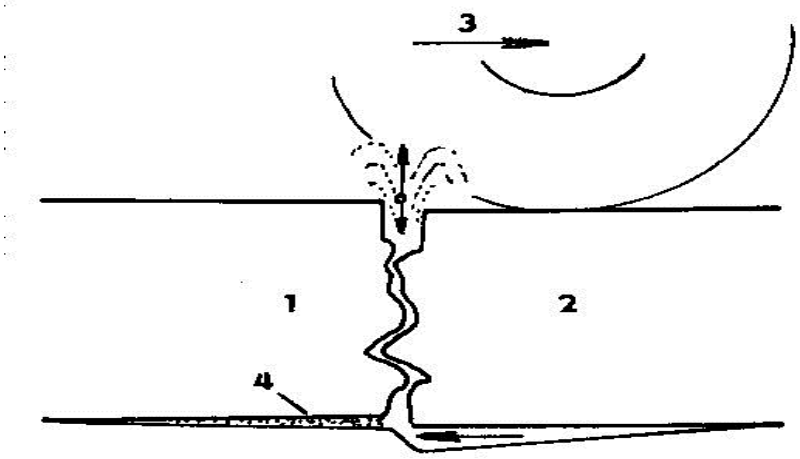
أهم العوامل المؤثرة سلبا في مقاومة وديمومة البلاطات البيتونية بعد تنفيذها يمكن حصرها في عوامل أساسية أربعة وهي:

- تكرار الحمولات على حواف البلاطات البيتونية / منطقة الفواصل / الناتجة عن العربات الثقيلة
- الإقلال من التعامل المشترك بين بلاطتين متجاورتين نتيجة الحمولات الحركية أو المتحركة
- وجود المياه المتسربة وتسربها من خلال الفواصل أو من خلال المسامات والشقوق الميكروية والماكروية إلى طبقة الأساس أي إلى الطبقة التي تستند عليها البلاطة البيتونية والتي تنتج عن تساقط الأمطار ويأتي أهمية هذا العامل إستنادا إلى كميات الأمطار الهاطلة إي إلى المعدلات السنوية لهطول الأمطار. وقد صنفت دراسات سابقة المناطق حسب المعدلات السنوية للهطولات المطرية إلى ثلاثة مستويات [2] وفق الجدول رقم 1

جدول رقم 1 تصنيف المناطق حسب معدلات الهطولات المطرية السنوية

معدل الهطولات المطرية السنوية s (m m)	تصنيف المنطقة	ملاحظات
s.>600	شديدة	معدل الهطولات المطرية في الساحل السوري يتراوح بين m m 1080 – 780
300< s <600	متوسطة	
s <300	خفيفة	

- تسرب المياه بين البلاطات البيتونية وطبقة الأساس المستندة إليها وبالتالي حدوث ضغط مائي كبير بشكل معاكس لإتجاه الحركة المرورية كما يوضحه الشكل رقم 2

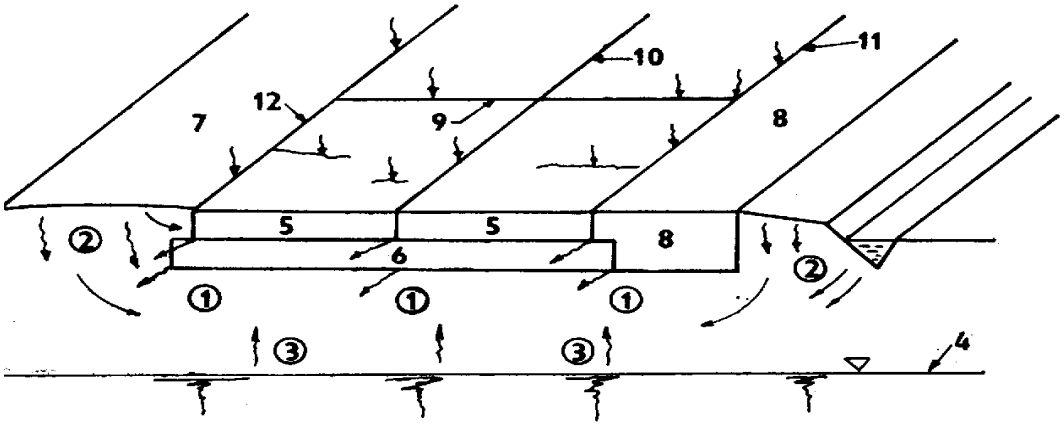


الشكل رقم 2 يوضح تجمع المياه المضغوطة تحت البلاطة البيتونية عند إنتقال العربة إلى البلاطة المجاورة
حيث أن: 1 – البلاطة التي إنتقلت منها الحمولة إلى البلاطة المجاورة
2 – البلاطة التي إنتقلت إليها الحمولة من البلاطة المجاورة
3 – إتجاه حركة العربة
4 – منطقة تجمع المياه والعوالق / الجزيئيات الميكروية المفتتة /

نسمي التشوهات الناتجة في منطقة الإتصال بين البلاطة البيتونية والأساس والناتجة عن الإجهادات الميكانيكية / الحمولات الحركية / والإجهادات المائيةاي من خلال التأثير المشترك لهما بـ (Erodabilite) [3] والتي هي مرتبطة بنوعية المواد المكونة للبلاطة البيتونية ولمواد طبقة الأساس وهنا يمكننا تصنيف المواد حسب قابليتها للتأثر بهذه الحالة إلى مجموعات ثلاث:

1. مواد ذات قابلية عالية للتفتت والتشوه والتأثر بهذه الظاهرة – منها المواد المفككة مثل الحصويات الطبيعية الرخوة
2. مواد ذات قابلية متوسطة للتفتت والتشوه والتأثر بهذه الظاهرة مثل المواد المثبتة بروابط كالإسمنت أو البيتومين
3. مواد ذات قابلية ضعيفة للتفتت والتشوه والتأثر بهذه الظاهرة مثل المواد البيتونية

نشوء وتطور التشوه الناتج عن تفتت المواد لمنطقة تلامس البلاطة البيتونية مع أساس الطريق نتيجة لتسرب المياه السطحية إلى الطبقات السفلية للطريق عن طريق الفواصل الطولية والعرضية بين البلاطات البيتونية أوبين البلاطة البيتونية وكتف الطريق / البانكيت / أو بين البلاطة البيتونية والجزيرة الوسطية أو من خندق تصريف المياه بجانب الطريق أومن خلال نفوذ الماء ضمن المسامات والفراغات والشقوق الميكروية والماكروية للبلاطة البيتونية أنظر الشكل رقم 3



شكل 3 يوضح مقطع الطريق ومناطق تسرب المياه

حيث أن :

1 – جريان الماء المتسرب بين البلاطة البيتونية وطبقة الأساس

2 – تسرب المياه من الجزيرة الوسطية

3 – صعود الماء بالخاصة الشعرية

4 – منسوب المياه الجوفية

5 – البلاطة البيتونية

6 – طبقة الأساس

7 – الجزيرة الوسطية

8 – البانكيت

9 – فاصل عرضي

10 – فاصل طولي

11 – إتصال حارة المرور / البلاطة البلاطة البيتونية / مع البانكيت

12 – إتصال حارة المرور / البلاطة البيتونية / مع الجزيرة الوسطية

يحدث ضعف في مقاومة المواد وتماسكها ويؤثرذلك في صدأ فولاذ التسليح الموجود في البلاطة البيتونية. إضافة لهذه العوامل فإن صعود الماء بالخاصة الشعرية / حسب نوعية المواد / يزيد من التأثيرات السلبية والإجهادات المائية من خلال تجمع المياه في هذه المنطقة وبالتالي يتم التغير الكبير في سلوك المواد من خلال إنتقالها من الحالة الجافة إلى الحالة المشبعة ومنعكس ذلك السلبي على ديمومة هذه المواد، وخاصة تغير مقاومتها ونلاحظ من خلال دراسات سابقة [4] بأن نسبة المياه المتسربة إلى الطبقات السفلية في الطرق البيتونية كانت:

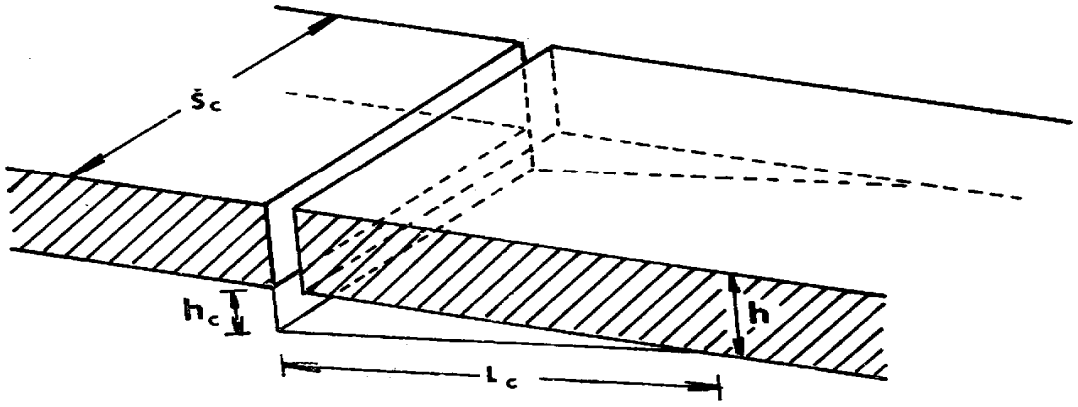
16 % من الفاصل بين البلاطة البيتونية والجزيرة الوسطية

39 % من الفاصل بين البلاطة البيتونيةوالبانكيت

45 % من الفواصل الطولية والعرضية

كذلك تمت دراسة بلجيكية في مركز الأبحاث الطرق البلجيكي centre de recherches routiers de Belgigue بأن معدل تسرب المياه من خلال الفواصل بكمية 0.003 l/s –0.04

يمكننا هنا أن نوضح بأنه نتيجة إشباع المواد والتغير الناتج عن ذلك في سلوكها إضافة لتأثير الحمولات والإجهادات المرورية على البلاطات البيتونية وطبقة الأساس قد تحدث فجوات وتكهفات أوفراغات أسفل مناطق إتصال البلاطات البيتونية مع بعضها البعض بحيث يتغير توضع البلاطة البيتونية على طبقة الأساس من حالة تلامس كامل بينهما إلى حالة تلامس غير كامل وبالتالي نشوء منطقة تتغير فيها الجملة الإنشائية من إرتكاز بسيط إلى حالة إنشائية تشبه الظفر وفي هذه الحالة تصبح الظروف مهيأة وبشكل كبير جدا لحدوث الشقوق الميكروية والماكروية وبالتالي زيادة تسرب المياه وسرعة تدهور أكبر في عمر الطريق أنظر الشكل رقم 4



شكل رقم 4 نشوء الفراغات والتكهفات أسفل البلاطات البيتونية الطرقية

L_c – طول الفراغ

S_c– عرض الفراغ

h_c –عمق الفراغ

h– سماكة البلاطة البيتونية

يمكن تقسيم تطور نشوء الفراغات السابقة الذكر إلى مراحل ثلاث:

المرحلة البدائية هي مرحلة تسرب المياه ودخولها إلى المسامات الموجودة في المادة ومن ثم تفريغها وبنتيجة هذه الحادثة يمكن أن تبدأ تتشكل بداية حت ضمن الأنابيب الشعرية الميكروية / في المسامات / وقد تمتد هذه الحالة لفترة عدة سنوات وهذا مرتبط بنوعية المادة البيتونية

المرحلة المتوسطة هي مرحلة متقدمة لسرعة انتقال وتسرب المياه ضمن المسامات الناتجة عن التعب الناتج في محيط المسامات الميكروية نتيجة تكرار الإجهادات المائية والتي يقترب عندئذ عمق الفراغ من 1 مم وبالتالي تبدأ حجم الفراغات بالزيادة والتوسع في كافة الإتجاهات

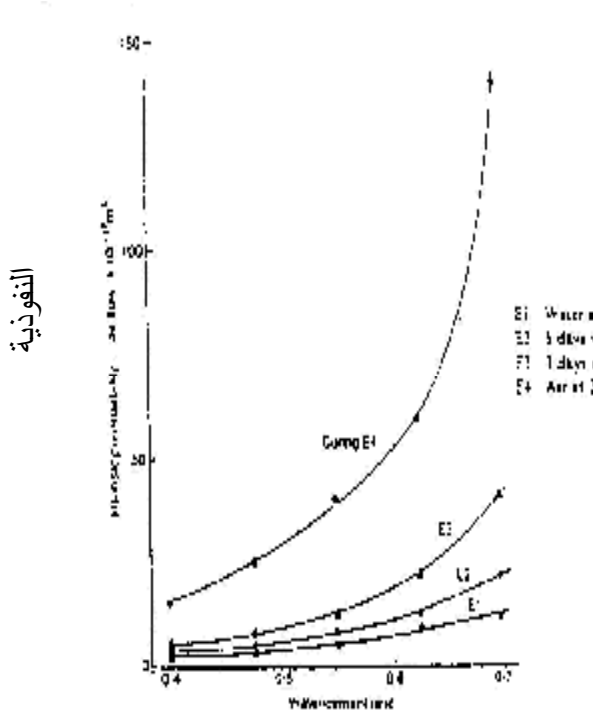
المرحلة المتقدمة تدعى هذه المرحلة بمرحلة تشكل التشوه والتي تزداد عندها مسامية المواد وكذلك يزداد حجم الفراغات في منطقة التلامس بين البلاطة البيتونية وطبقة الأساس ويبدأ تغير عمل الجملة الإنشائية للبلاطة البيتونية من جملة بسيطة إلى جملة ظفرية وبالتالي يبدأ انتقال طبيعة الشقوق من الميكروية إلى الماكروية

لدراسة ومعرفة التأثير الكلي الناتج عن الجمع بين الإجهادات الميكانيكية والإجهادات المائية[8] أي الدمج couplage الهيدروميكانيك وتأثير ذلك على السلوك العام للمادة لابد من التطرق إلى طبيعة تأثير الماء في

المادة ولو عدنا إلى الشكل رقم 1 للاحظنا]5[بأن وجود الماء في الشق وإمتلاء المسامات والشقوق الميكروية ومع جريان الماء في الشقوق والمسامات وزيادة ضغطه على حواف الشق عندها يتطور إتساع الشق ويحدث تاكل في حوافه وتتحول الشقوق من ميكروية إلى ماكروية .

تحوي الصخور / الحصويات / مسامات وفراغات ميكروية وتتشكل هذه المسامات في المواد المركبة كالبيتون مثلا نتيجة جمع حبيبات مع بعضها البعض بروابط وخلال عملية الجمع / تشكل البيتون / تحدث تفاعلات كيميائية ناتجة عن حادثة التميه أي عن تفاعل الماء والإسمنت [6]. عند تعرض البيتون للماء تمتلئ المسامات والفراغات الموجودة فيه وبنتيجة حركة وضغط الماء ضمن المسامات والشقوق الميكروية يحدث تاكل في حواف الشق وبالتالي تتغير طبيعة الشق من ميكروي إلى ماكروي

تتشكل الفراغات والمسامات والشقوق الميكروية في البيتون في بداية تكوينه أي في مرحلة التصلب والتي تنتج عن التفاعلات الكيميائية بين الماء والإسمنت ويوضح الشكل رقم 5 المسامية وعلاقتها بظروف مختلفة لتشكل البيتون (4):



شكل رقم 5 تغيرات نفوذية البيتون في حالات مختلفة بدلالة العلاقة ماء / اسمنت E/C

E1 – ماء عند الدرجة 20 مئوية

E2 – 3 أيام ماء مع حرارة هواء 20 درجة ورطوبة نسبية 55%

E3 – 6 أيام ماء مع حرارة هواء 20 درجة ورطوبية نسبية 55%

E4 – حرارة هواء 20 درجة ورطوبة نسبية 55%

نلاحظ من الشكل بأنه إذا كانت الحرارة جافة / حرارة مرتفعة ورطوبة نسبية عالية / فإن تشكل الشقوق المكروية الأولية يكون مهم ومعاملات النفوذية تكون مرتفعة إي أن الفقد غي الرطوبة في بداية تشكل وتصلب البيتون يؤدي إلى شقوق هامة جدا ناتجة عن التقلص الناتج عن التجفيف .

تتأثر قدرة البيتون على نفوذيته للماء بعامل يدعى عامل النفاذية والمعبر عنه بالعلاقة:

$$K_w = (K\frac{W_e}{\mu_e})$$

حيث أن:

K_w عامل النفاذية

K نفوذية الماء

W_e الكتلة الحجمية للماء

μ_e لزوجة الماء

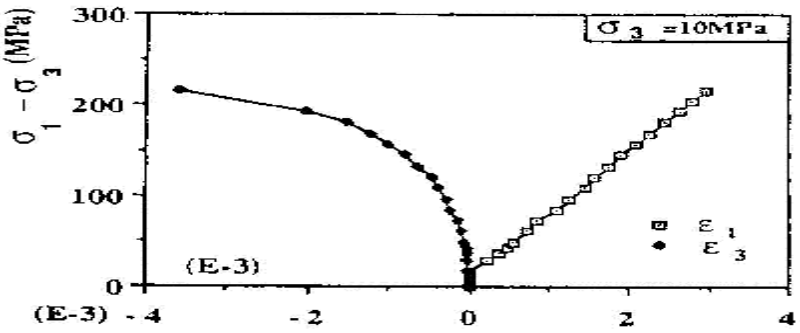
ويتم جريان السائل / الماء / في حال إتصال المسامات مع بعضها البعض وتشكيل أنابيب شعرية ميكروية (90 Quenó) تعرف النفوذية للمادة بعلاقة Darcy التي تمثل التدفق الحجمي Q لسائل لزوجته μ والذي يخترق عرض dz للمادة ذات مقطع محدد A وتحت تأثير تغيرات ضغط dp أي:

$$Q = (\frac{k}{\mu})A\frac{dp}{dz}$$

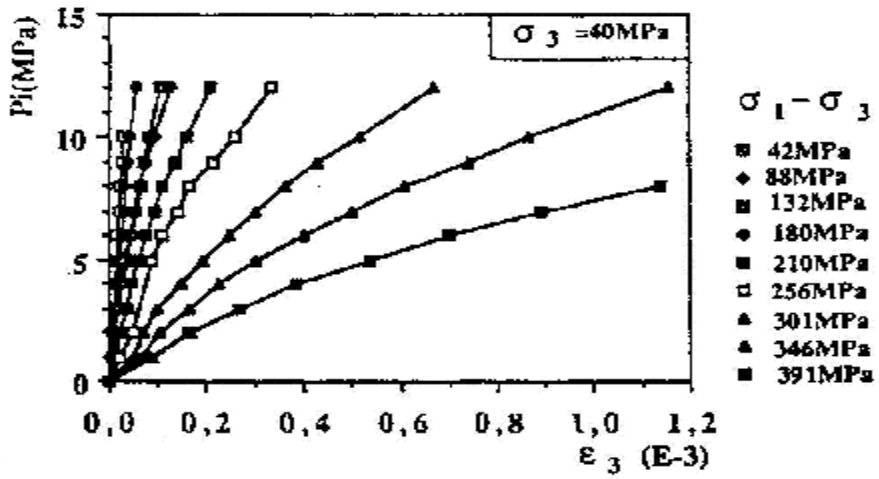
إشكاليات الدمج (Couplage) الهيدروميكانيكي

التشقق الهيدروليكي يعرف التشقق الهيدروليكي بصفة عامة بمدى قدرة الجسم الصلب للتشقق تحت تأثير ضغط مائي. ويعتبر هذا النوع من التشقق من الإشكاليات التي تدخل في علم ميكانيك السوائل والأجسام الصلبة. والبيتون يكون عرضة للتشقق سواء من أصل حراري ناتج عن تقلص أو من حمولات ميكانيكية / ضغط أو شد / ونظرا لأن البيتون مادة ذات مسامية فإنه معرض لجريان الماء أي أنه معرض لتشقق هيدروليكي [**6]**

صفات الدمج (Couplage)الأساسية لتحديد الصفات الأساسية للدمج تم إجراء تجارب على جهاز ثلاثي المحاور على عينات صخرية وبيتونية بإجهاد ثابت وقدره 10 MPa وضغط داخلي موجه والنتائج موضحة في الشكلين التالين رقم 6 و7



شكل رقم 6 علاقة الضغط الثابت بالتشوه (4)



شكل رقم 7 علاقتة الضغط المتقطع بالتشوه (4)

من مقارنة النتائج التجريبية لسلوك المواد الصخر والبيتون يمكن إستنتاج ظاهرتين مهمتين:

1 – خاصية عدم التجانس للدمج الهيدرو ليكي الميكانيكي الموضح في الشكل رقم 6 أي بزيادة تغير المحرف deviateur (**s1-s**3) فإن التشوهات العرضية تزداد في حين التشوهات الشاقولية تحافظ على نظامها الخطي ويمكن القول عندئذ بأن صفة غير التجانس للدمج للمادة والسائل هي نتيجة عدم تجانس التشقق الميكروي الناتج عن الحمولات

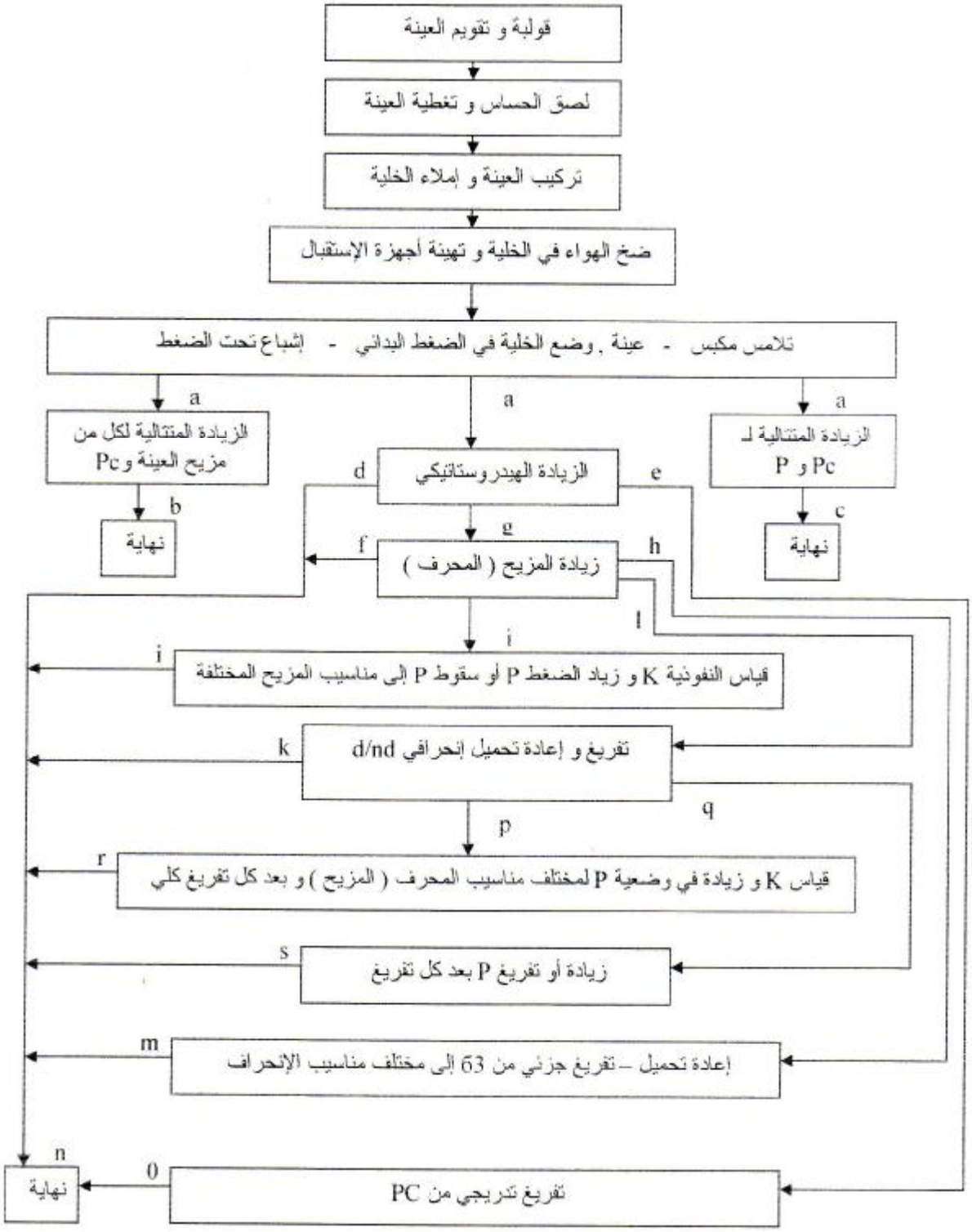
2 – الخاصية غير الخطية للدمج / شكل 7 / الملحوظة من الشكل بأنه في حالة الإجهادات الهامة فإن حمولة وضغط ثابت تعطي منحني ضغط التشوهات غير خطي ويمكن تفسير ذلك بأن زيادة الضغط في السائل يؤدي إلى زيادة في التشقق [7]

القسم التجريبي

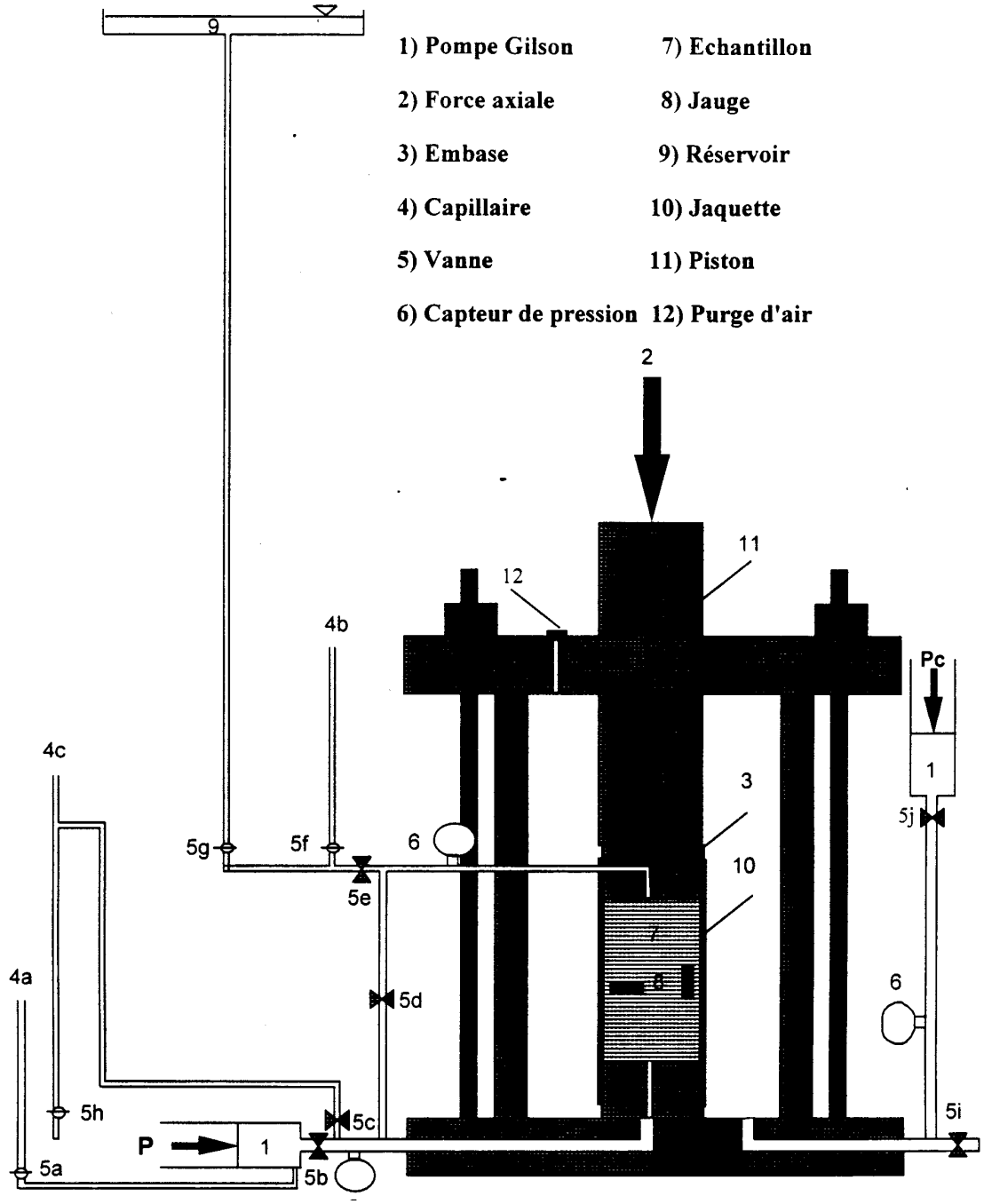
لمعرفة سلوك المادة تحت تأثير حالة الإشباع وخاصة بعد أن تمت دراسة وتحليل المشاكل الناتجة عن وجود الماء والوصول إلى الحالة المشبعة للمواد في طبقات رصف الطريق كان لابد من إجراء تجارب على مواد طرقية في الحالتين المشبعة وغير المشبعة علىجهاز ضغط ثلاثي المحاور متطور والذي يوضح شكله ومبدأ عمله الشكل رقم 8 والجدول رقم 2 والمخطط الصندوقي رقم 1

جدول رقم – 2 – حالات تنفيذ مختلف العمليات على الجهاز

العملية	السكر مغلق	السكر مفتوح
إشباع تحت الضغط	5g; 5d; 5c	5a ; 5b ; 5e ; 5f
تجربة هيدروستاتيك والمحرف مصرف	5c ; 5b ; 5a ; 5g	5d ; 5e ; 5f
تجربة هيدروستاتيك والمحرف غير مصرف	كافة الصنابير مغلقة	
قياس النفوذية	5a ; 5b ; 5d ; 5f	5g ; 5e ; 5c
تركيب أو رفع الضغط	5f ; 5g ; 5e ; 5c	5a ; 5b ; 5d



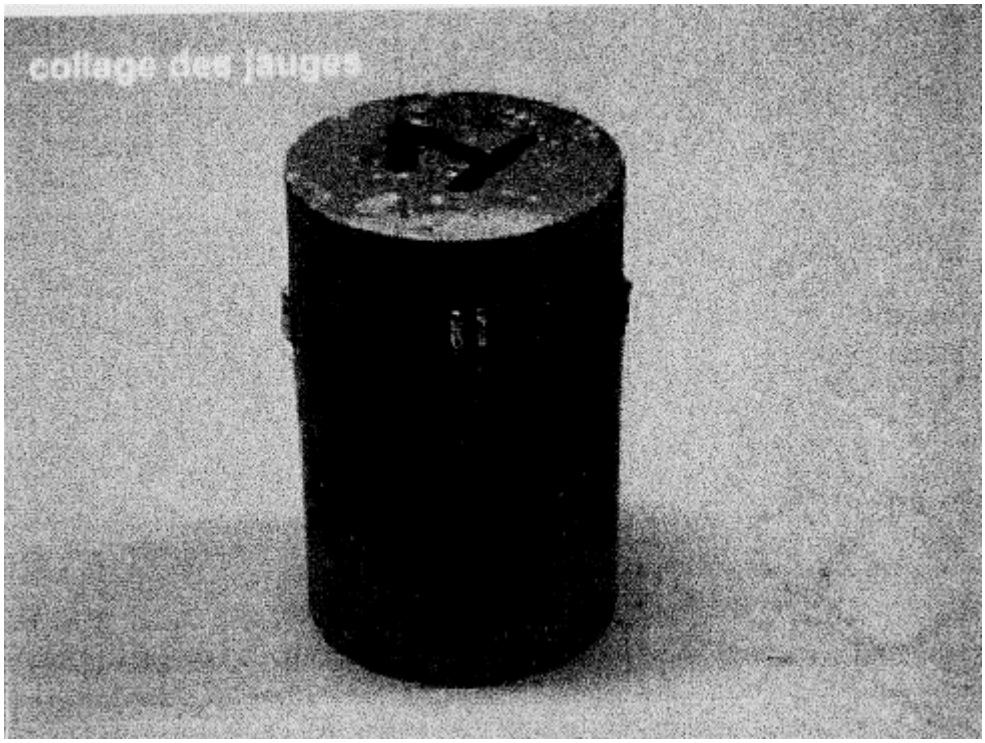
المخطط الصندوقي رقم 1 و الذي يوضح مبدأ عمل الجهاز



شكل رقم 8 أقسام جهاز الضغط ثلاثي المحاور

حيث أن:

1 – مضخة جيلسون	2 – قوة محورية	3 – حلقة
4 – انبوب شعري	5 – سكر	6 – قافل ضغط
7 – عينة	8 – حساس	9 – خزان
10 – غلاف	11 – مكبس	12 – مفرغة هواء



شكل رقم 8 – 1 يمثل شكل العينة المختبرة

تجارب الضغط الهيدرو ستاتيكي

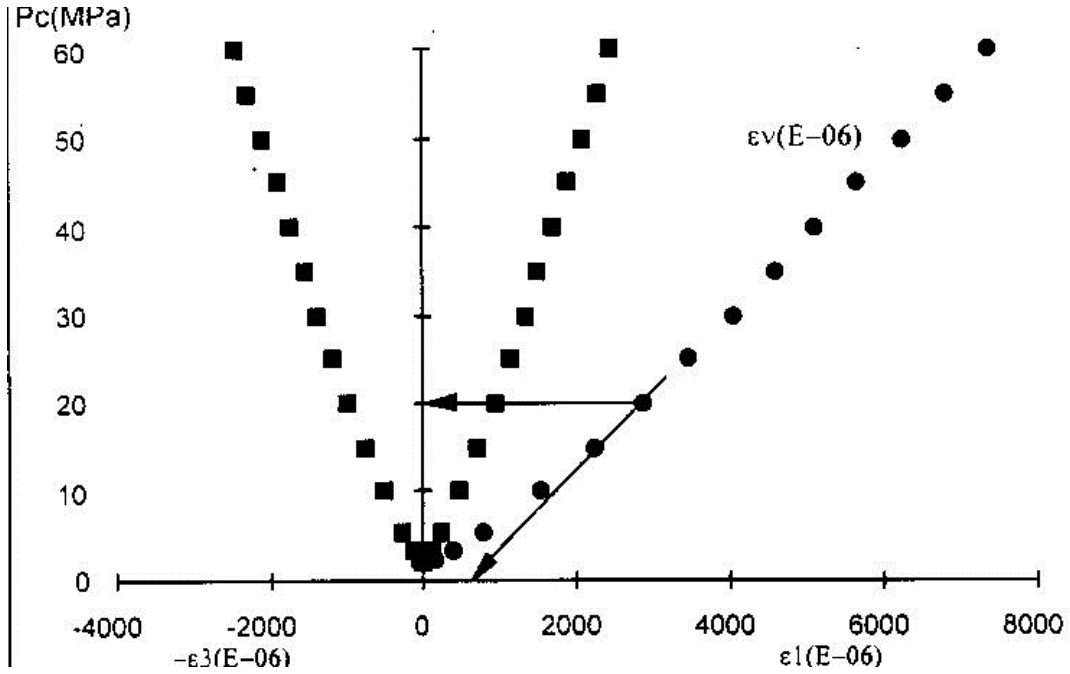
الغاية من هذه التجارب تشخيص التشوهات الناتجة تحت الضغط الهيدروستاتيكي إن تجاوب المادة أي بمعنى اخر تطور التشوهات، التشوهات الطولية e_1 والعرضية e_2

والحجمية e_V $e_V=(e_1+2e_3)$ بدلالة الإجهاد الهيدروستاتيكي

$$d_m = (d_1 + d_2 + d_3)/3 = P_c$$

تم تمثيله على الشكل رقم 9 e_1 و e_3 لهما نفس الإشارة

تبدأ التجربة كما يوضحها الشكل من الحالة التي تكون بها العينة خاضعة لإجهاد هيدروستاتيكي من مرتبة 2 MPa ويعطي ذلك إمكانية المقارنة وبكل سهولة دراسة السلوك المرن النفوذي Poroelastique علما بأن كل التجارب الهيدروستاتيكية تبدأ من حمولة هيدروستاتيكية قدرها 2MPa



شكل رقم 9 تجربة ضغط هيدروستاتيكي مصرفة لعينة غير مشبعة

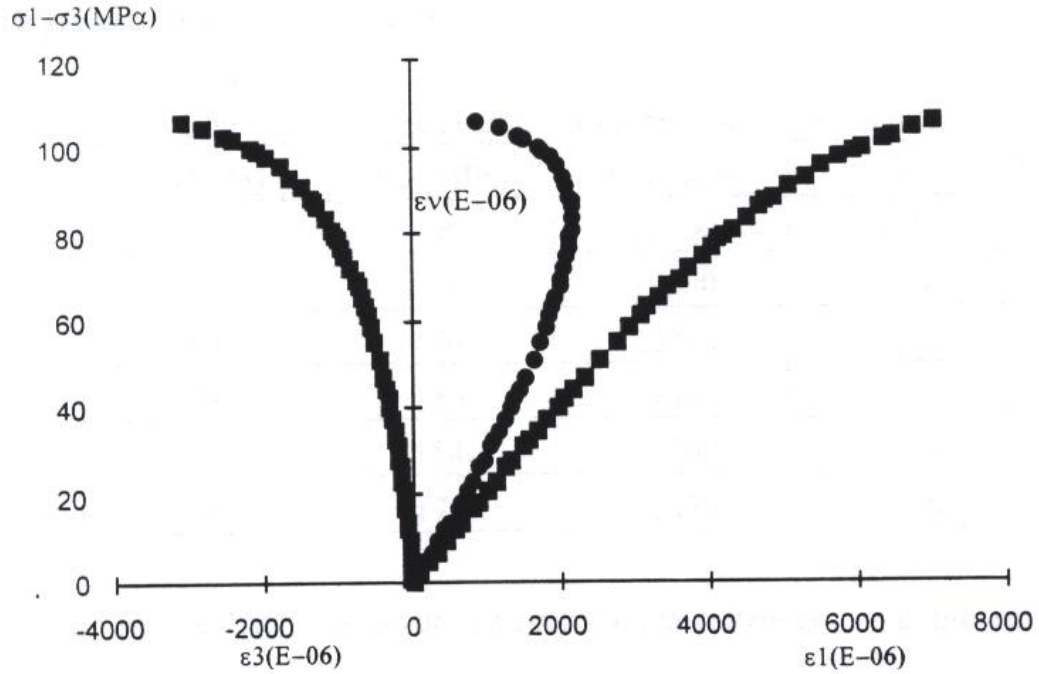
نلاحظ بأن تجاوب المادة في الإتجاهين المتعامدين يبقى نفسه وتبرهن هذه المنحنيات بأنه سيكون السلوك العام للمادة تحت الإجهادات الهيدروستاتيكية متجانس .البداية لمنحني إجهاد التشوه الحجمي يوضح خصائص منطقة إغلاق الشقوق الميكروية الطبيعية ونلاحظ كذلك من الشكل السابق بأن تقاطع إمتداد القسم الخطي من المنحني $d_m - e_v$ مع المحور الأفقي يعطي قيمة النفوذية للشقوق الميكروية الطبيعية J_f بينما على المحور الشاقولي أي عند النقطة التي تبدأ عندها إستقامة المنحني $d_m - e_v$ فإنه يعطي الضغط الذي يميز إنغلاق الشقوق الميكروية الطبيعية .

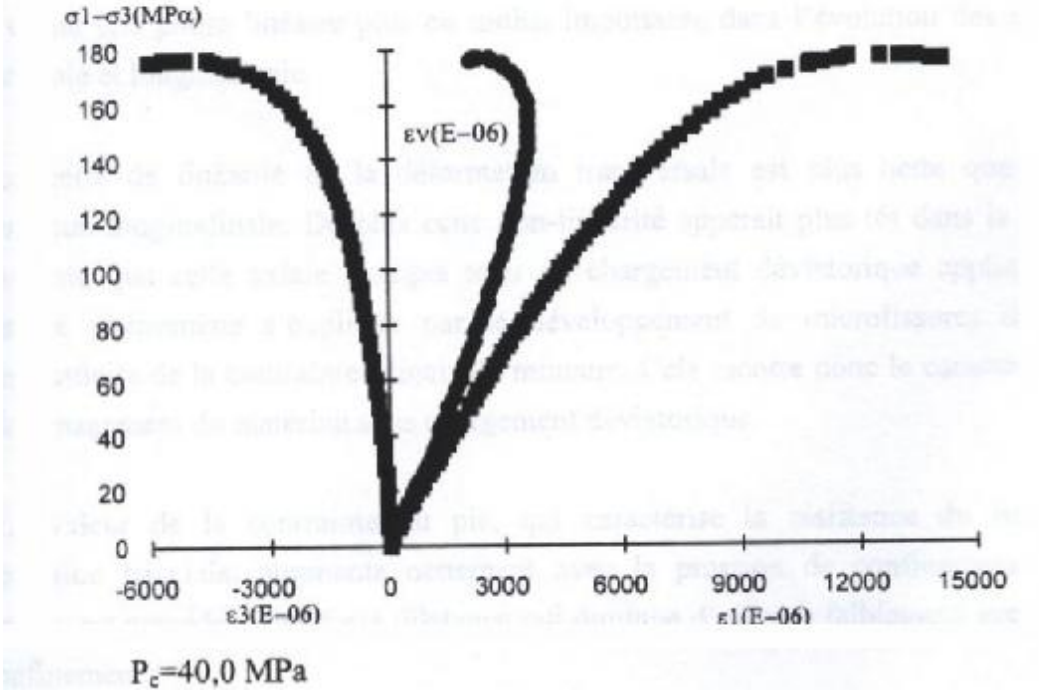
إن قيمتا هاتين الخاصتين هما على التوالي 65.10^{-5} /نفوذية الإغلاق/ و20MPa /لضغط الإنغلاق/. بعد منطقة الضغط التشوهات الثلاث تبرهن بأن السلوك يبقى خطيا حتى قيمة 60MPa

تجربة الضغط على جهاز ثلاثي المحاور وحيدة النمط

تم القيام بإجراء 6 تجارب ثلاثي المحاور منهم 5 مع ضغط جانبي محبوس 5 – 10–20–30–40 (MPa) والسادسة مع ضغط جانبي معدوم Pc=0 وتم إنجاز كافة التجارب على عينات غير مشبعة وذلك مع انتقال متغير ومراقب ومع بقاء الحمولات ثابتة والشكل رقم 10 يوضح النتائج حيث كلنت سرعة التشوهات اللامحورية من مرتبة $5.3.10^{-6}$ في الثانية ويوضح الشكل السابق التشوهات الطولية والعرضية والحجمية بدلالة المحرف (Deviateur) أي $s_1 - s_3$ إن مبدأ الإحداثيات لهذين المحنين يقابل حالة الإجهادات قبل التحميل الخاص بـ $s_1 - s_3$ وهذا صالح للتجارب الخمسة الأوائل حيث أن الحالة الهيدروستاتيكية

$$s_1 = s_2 = s_3 = P_c$$





شكل رقم 10 يمثل التجربة على عينات غير مشبعة بضغط جانبي PC= 10 -40 MPa

إن التحولات المستنتجة من هذه التجارب وخاصة عامل يونغ البدائي e_0 وعامل بواسون البدائي V_0 محسوبين من أجل الأجزاء الخطية من المنحنيات وكذلك المقاومة العظمى P_{ic} والتي تم توضيحهم في الجدول رقم 3

جدول رقم 3 يوضح قيم التجارب على العينات غير المشنعة

P_c(MPa)	Pic(MPa)	E_o(MPa)	V_o
0	38	15300	0.23
5	79	19600	0.16
10	106	20340	0.15
20	130	19340	0.14
30	154	20900	0.14
40	176	22650	0.15

التجارب على عينات مشبعة

إن تجارب المائع الذي يملىء المسامات وذلك بأخذ تغير الضغط المسامي في حالة العينات غير المصرفة أو بأخذ التغير في حجم المائع في حالة العينات المصرفة يتعلق وبشدة بسرعة الإجهادات

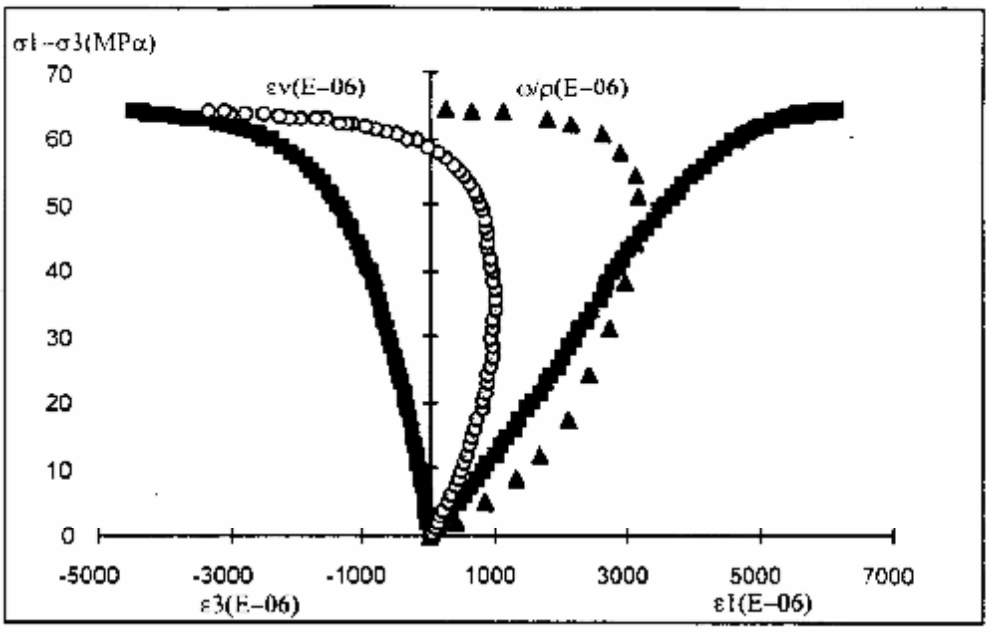
أظهرت التجارب الأولية على عينات مشبعة بأن سرعة التشوهات المحورية من مرتبة $5.3.10^{-6}$ في الثانية تبقى سريعة وذلك لعدم وجود الوقت الكافي ليتمكن المائع من الخروج من العينة إذن كان لابد من إختيار سرعة معقولة / سرعة التشوهات / مابين شرط التحميل شبه الساكن وزمن التجربة ولهذه الأسباب تم تخفيض سرعة التحميل إلى مرتبة 4.5 kN/S أو 0.25MPa/min وذلك عند إجراء التجارب بسرعة تحميل مراقبة أما في حال إجراء التجارب بسرعة إنتقال مراقبة كانت سرعة التشوهات ثابتة وتساوي $1.3.10^{-6}$ في الثانية

التجارب المصرفة

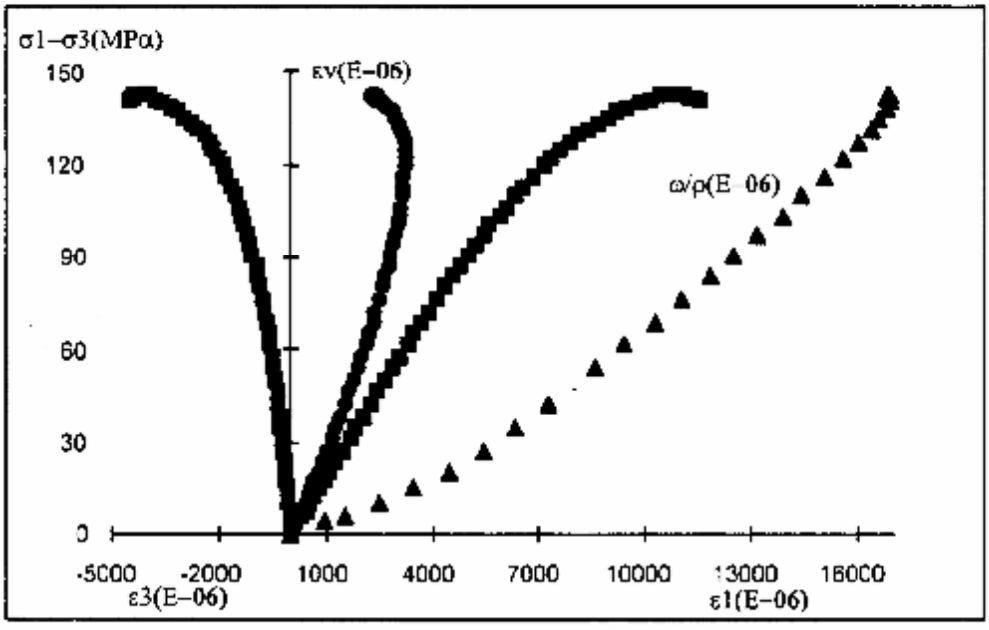
تم إجراء 6 تجارب ثلاثية المحاور على عينات مشبعة بضغوط 5 –10 –20 – 30 – 40 – 60 – Mpa تقنية التجربة نفسها كما ورد ذكرها. كما تمت المحافظة على ضغط مسامي يساوي الصفر وتم قياس تغير حجوم المسامات بواسطة الأنابيب الشعرية ويبين الشك رقم 11 والجدول رقم 4 النتائج التي تم الحصول عليها بضغوط 30 MPa – 5 كما أنه يوضح التغيرات في التشوهات وتطور المساحات المسامية بالنظر إلى الحجم الكلي الأولي. ويمكن الملاحظة بأن منحني التشوهات الحجمية الكلية في مختلف المراحل / التمدد والتقلص / مرتبطة بمنحني تغير مساحات المسامات في العينة

جدول رقم 4 يوضح نتائج التجارب المصرفة وعينات مشبعة

P_c(MPa)	P_{ic}(MPa)	E_0(MPa)	V_0	K_0(MPa)
5	65	13160	0.219	7805
10	92	16260	0.168	8160
20	115	17560	0.183	9230
30	142	18750	0.180	9765
40	154	19050	0.176	9800
60	180	19400	0.199	10740



P_c=5,0 MPa



P_c=30,0 MPa

الشكل رقم 11 ثلاثي المحاور مصرفة وعينات مشبعة

النتائج والمقترحات :

نتيجة الدراسات والإختبارات التي تمت نلاحظ بأن ديمومة المادة مرتبطة إرتباطا وثيقا بإحتوائها للماء وبدرجة إشباعها أي بإمتلاء المسامات بالماء ونلاحظ من النتائج مايلي:

1 – يكون سلوك المادة عند الإنهيار من النوع الهش ويتميز بذروة في الإجهادات بشكل واضح مع قيمة منخفضة للتشوهات عند الإنهيار ويصبح ذلك واضحا كلما كان الضغط الجانبي منخفضا

2 – هناك مرحلة خطية مهمة في تطور التشوهات العرضية والشاقولية

3 – الخاصية الخطية للتشوهات العرضية هي الأكثر وضوحا من التشوهات االشاقولية ويمكن تفسير هذه الظاهرة بتطور الشقوق الميكروية

4 – تكون التشوهات الحجمية في البداية بحالة تقلص ومن ثم تنتقل إلى الحالة المكروية أي ان حجمها يزداد مما يدعو إلى إنهيار العينة

5 – مع زيادة الضغط المسامي ومن أجل كل قيمة من قيم الإجهادات الشاقولية نلاحظ بأن التشوهات الشاقولية شبه ثابتة بينما تزداد التشوهات العرضية بزيادة قيمة الإجهادات الشاقولية وإنه من الممكن زيادة هذه التشوهات وبشكل كبير عند زيادة ضغط الماء المسامي في حال قربنا من الإنهيار وهكذا يمكن تفسير زيادة التشققات الماكروية عند الإقتراب من هذه النقطة

6 – من خلال علاقة النفوذية بالإجهادات الشاقولية نجد بأن ذلك مرتبط بالتشوهات الحجمية أي ان النفاذية تقل في البداية وذلك بسبب التقلص البدائي للعينة أي بسبب تهشم المسامات بعدئذ تنتقل التشوهات إلى حالة ماكروية وتزداد عندها النفوذية نتيجة حدوث التشققات الإضافية

7 – للمحافظة على ديمومة عالية للطرق لابد من الإهتمام الكبير بزيادة سرعة تصريف المياه عن سطح الطريق وذلك منعا لتسرب المياه إلى الطبقات السفلية من طبقات الرصف / طبقة الأساس وماتحت الأساس / وذلك منعا لحدوث التكهفات والتشققات الميكروية والماكروية وتاكل وإهتراء المواد نتيجة تكرار الحمولات الميكانيكية والمائية وبالتالي الضغوط الهيدروستاتيكية الناتجة عنها. ويمكن أن يتم ذلك من خلال الزيادة في قيمة الميل العرضي و/ أو الميول العرضية للطريق

8 – إستخدام مواد عازلة / مقاومة للتسرب / في مناطق الفواصل الطولية والعرضية ومناطق اتصال البلاطات البيتونية مع الجزر الوسطية والبانكيتات / جوانب الطرق / للطرق

9 – إستخدام طبقة دريناج سطحي إي طبقة تمتاز بنفوذية عالية وتمنع إحتباس المياه أسفل طبقة التغطية وبميول عرضية أكبر من الميول العرضية المعطاة لطبقة التغطية وذلك كي تساعد في سرعة تصريف المياه الناتجة عن التسرب من المياه السطحية أو من صعود المياه من الأسفل إلى الأعلى بواسطة الخاصة الشعرية

10 – زيادة الإهتمام بمراقبة عملية تبخر المياه من طبقة التغطية البيتونية خلال فترة التصلب

11 – أن تكون مناسيب الخنادق المجاورة للطريق أخفض من مناسيب أسفل طبقات الرصف بحيث تسمح الطبقة الدريناجية / طبقة التصريف / بتصريف الميا المتسربة إليها وبسرعة إلى تلك الخنادق

المراجع:

.....

1- Gshwend I, vozovky, jaga group Bratislava 1999

2- Ray, M: le transfert de charge aus foints transverseaux de et annexes du sous-comite des routes en beton de l'AIPCR. Bulletin de liassion des laboratories des ponts et chausses, numero special IX, Paris 1979.

3- Brull, A. Griselin J G- RAimbault, G: penetration of the water into cement concrete roads, seminaire international sur le drainage et l'erodabilite des chausses en beton, paris 24 et 25 mars 1983.

4- Sibai M, etude de l'interaction fluide- squelette dans les roches, methods exprimenales et modelisation, these de doctorat de 3 cycle, U.S.T L. 1990.

5- Khazraie R: etude experimentale et modelisation de l'endommagement anisotrope des roches fragiles, these de doctorat universite des sience et technologies de Lille 1995.

6- Sejnin, A, M: the effect of moisture exhange of the flexural strength and deformability of concreter in pavements. International seminar on drainage and erodibility at the concrete slab-subbas-shoulder interfaces, march 24th and 25th 1983, Paris.

7- Slachta, E: drenaze a eroze na styku desky, silnicni obzor 1984, c7.

8- Arsenaultj, caracterisation de l'etat endommage d'un materiau et mise au point d'un essai biaxial. Memorie de DEA, LMT, 1994.

9- Galvezj, llorca j &elices M: stability of concrete gravity dams, a fracture machines approach, dam fracture and damage, E bourdarot et al,. editors pp31-38, chambery. France 16-18 march 1994.