



كلية الهندسة - جامعة بغداد

Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية



اتحاد الجامعات العربية

تأثير خواص المرشحات على قدرتها في ملء التشققات وإيقاف الحث في السدود

سمر عبد الحميد عودة^{1*}

¹ قسم الجيوتكنيكية، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث، سوريا، Eng.s_aude1015@hotmail.com

الباحث الممثل: سمر عبد الحميد عودة، Eng.s_aude1015@hotmail.com

نشر في: 30 ايلول 2021

الخلاصة: تعتبر المحاكاة المخبرية هي أفضل طريقة لتصميم المرشحات، لذلك يعمل البحث على تطوير جهاز مخبري يمثل نموذج مصغر لمنطقة اتصال الفلتر بنواة السد وتطبيق الضواغط المائية ومراقبة عملية اغلاق التشققات النواة والسيطرة على الانجراف كما يحدث بالواقع. يدرس هذا البحث تأثير كل من تأثير مجموعة من العوامل على اغلاق الشقوق في نواة السد مثل نسبة النواعم في المرشح وكذلك شكل حبات المرشح على سلوكه في إيقاف حث التربة والفرق بين استخدام حصويات مقالع مكسرة زاوية وبحص سيل مدور أملس من الطبيعة وأثر ذلك على الاقتصادية وعلى إيقاف الحث واستقرار الجريان. وذلك لاختبار معايير تصميم المرشحات بالاعتماد على الاختبارات المخبرية، التي تعتبر أفضل طريقة لتصميم المرشحات الحبيبية الحرجة وذلك للوصول إلى محاكاة واقعية لعمل الفلتر. تمت دراسة نسب نواعم مختلفة في الفلتر تراوحت بين 0% حتى 15% وتبين أن النسبة المثالية للنواعم الأصغر من 0.075 mm في الفلتر تتراوح بين 3% حتى 5% حتى يتمكن المرشح من إيقاف انجراف تربة النواة وعند تجاوزها إلى 10% يفقد الفلتر قدرته على الانفصال وإغلاق التشققات. أما بدراسة تأثير شكل الحبات تبين أن الفلتر بحبات بحص ملساء دائرية طبيعية يمكنه السيطرة على انجراف التربة أكثر من الحبات المكسرة الزاوية لأنها تترك فراغات بين حباتها مما يسمح بمرور ذرات التربة الناعمة لكن مع إجراء دراسة اقتصادية لموقع السد لمعرفة مدى توفر بحص سيل وكلفة نقله مقارنة مع بحص المقالع المكسر.

الكلمات الرئيسية - المرشحات، الفلاتر، الحث، الانجراف، إغلاق الشقوق، السدود. "

1. المقدمة

التربة إلى الفلتر بسرعه جريان منخفضة 2cm/sec، وأن قابلية التربة لتعالج نفسها وتغلق التشققات تعتمد بشكل قليل وجزئي على تماسك التربة وقدرتها على التجمع. [5].

أجرى Locke, Indraratna and Adikari اختبارات على عينات مخبرية تحوي شق مصنع مسبقاً ضمن التربة التي تمثل النواة لدراسة الحث ضمن التربة، حيث تم تجميع المياه المتسربة وتجفيفها ثم إيجاد أقطار حبات التربة المترسبة فيها بعد التحفيف باختبار Melvern، وتم التوصل أن مقاومة الحث للترب المتماسكة تعتمد على قوى الالتصاق الداخلي بين الحبات، وكذلك إن التشقق يعتمد بشكل كبير على نسبة تكثيف الصوديوم للتربة SAR، كما لاحظوا أن الحث يحدث لترب متجمعة مع بعضها قبل أن تتجرف وذلك لأن الحبات المتماكلة كانت أكبر من بكثير من حبات التربة الأساسية. [11]

بين Fattah أن نقصان ضغط ماء المسام نتيجة التفريغ السريع لبحيرة السد يكون بشكل خطي نتيجة المصارف ونتيجة انخفاض الضاغظ الكلي للماء ومن الممكن أن تعرض بعض النقاط على الوجه الامامي لضغط ماء سلبي أثناء التفريغ مما يدل أنها أصبحت أسفل منسوب الماء. [6].

درس Fattah أن وجود النواة الغضارية في السد يساعد على خفض الميول الهيدروليكية عند نقطة الخروج الذي يزيد بنسبة 300% عند عدم وجودها كما أن للنواة تأثير هام على تخفيض الرشح وزيادة الاستقرار. [7].

1.2 أهمية البحث وأهدافه

بينت الدراسات أن 46% من أسباب انهيار السدود نتيجة ظاهرة الحث التراجعي (Piping) ويعود ذلك نتيجة لوجود خلل ما في المرشحات. وتعتمد معايير تصميم المرشحات على الاختبارات المخبرية. [2]

يعرف المرشح (Filter) على أنه تركيب يصمم لحماية تربة نواة السد (core) من الحث (Erosion) والتآكل بتأثير الرشح، وذلك بالاحتفاظ بذرات التربة والسماح للماء بالمرور بشكل سهل بحيث يتقادم ظاهرة الحث التراجعي (Piping) وزيادة ضغط ماء المسام. [3]

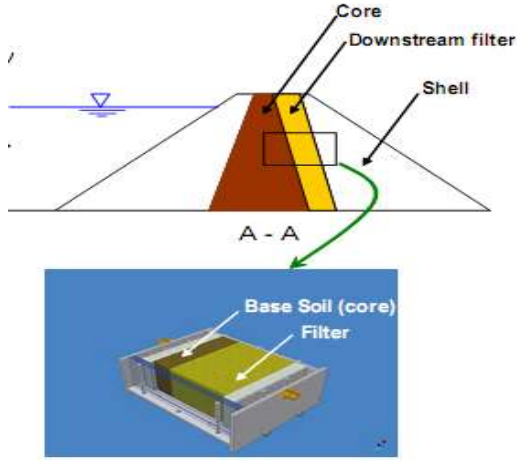
يطلق مصطلح المرشح الحرج على المرشح الذي يؤدي فشله بأداء عمله إلى التآكل الداخلي وتشكل قنوات وبالتالي انهيار السد. مثل المرشحات أمام وخلف نواة السد. [14]

سنركز في هذه الدراسة على الفلتر الواقع على الوجه الخلفي (Downstream filter) للنواة لأن كمية الحث في هذه المنطقة أكبر ما يمكن تحت تأثير الضاغظ المائي للخران ويكون الجريان فيها معامد لسطح التماس بين الفلتر والتربة لذلك من الضروري جداً أن يؤدي هذا المرشح عمله بشكل صحيح. [1]

1.1 الدراسات السابقة

بين Sherard أن مشاكل الحث في السدود يحدث نتيجة استخدام ترب منتظمة التدرج في النواة لذلك يجب في هذه الحالة استخدام رمل ناعم إلى متوسط في الفلاتر، واستشهد على ذلك بحالات واقعية وبين آلية تشكل قنوات بفعل الحث في نواة السد التي تحوي على ترب خشنة. [13]

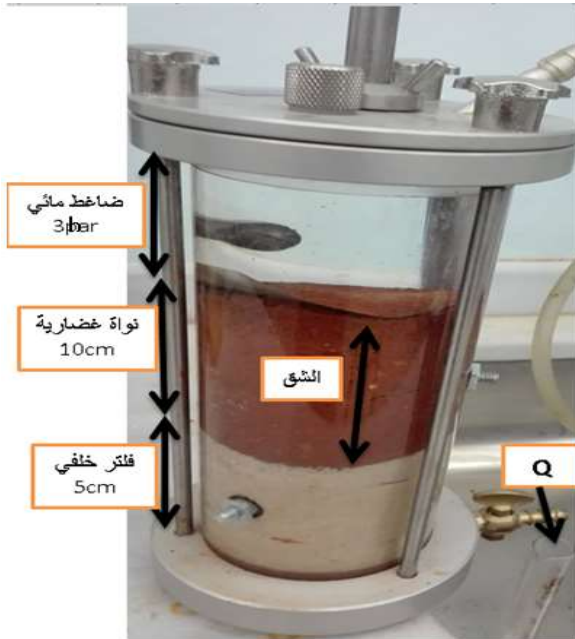
درس Das Neves الحث والتآكل في التشققات، حيث اختبر فلترين مع التربة المحمية الفلتر الأول A فيه $D_{15f}=2.3$ mm ومعامل الانتظام $Cu=1.6$ والفلتر الثاني B فيه $D_{15f}=0.95$ mm ومعامل الانتظام $Cu=1.5$ حيث أن D_{60}/D_{10} ضمن قالب اسطواني شفاف يحوي شق في التربة بسماكة 5 mm وتطبيق جريان أفقي بسرعة منخفضة خلال الشق ليحدث حث وانجراف فيه حيث تلعب الجاذبية دور هام في الحث في الشقوق ويعتمد الحث على اتجاه التشققات، فتوصل إلى أنه يحدث الحث من



شكل 1-b: توضع النواة والمرشح في قالب الاختبار.

4. تحضير عينات الاختبار

لاختبار المرشح الخلفي لنواة السد (Downstream filter) وتشكيل نموذج يمثل منطقة اتصال النواة بالمرشح الذي يقع خلفها بحيث يمر الجريان في نواة السد ومن ثم بالمرشح لذلك نقوم برص المرشح (filter) أولاً بسماكة (5 Cm) في قالب الاختبار على ثلاث طبقات وفق الكثافة الجافة الأعظمية ومن ثم رص طبقة التربة الغضارية (الطينية) (base) التي تمثل النواة (core) فوقه في القالب بسماكة (10 Cm) على 3 طبقات وفق الرطوبة المثالية والكثافة الجافة الاعظمية، مع تشكيل الشق (crack) في كامل ارتفاع طبقة التربة بواسطة صفيحة الألمنيوم ذات المقطع (1mm *10 mm) وسحبها عند نهاية رص التربة لتشكيل الشق المطلوب، يبين الشكل 2 نموذج (التربة مع الشق - فلتر خلفي) ضمن قالب لتمثيل منطقة اتصال النواة بالمرشح الخلفي. تم وصل قالب الاختبار التي وضعت فيه العينة بخزان مائي مضغوط وتسجيل البيانات مثل التدفق وقيمة الضغوط المطبق والتغيرات الحاصلة بالعينة خلال الاختبار كما هو موضح بالشكل 1.



شكل 2: نموذج العينة في قالب الاختبار.

إن الهدف الأساسي تشكيل نموذج مخبري يعبر عن المرشح لدراسة آلية الترشيح لمرشح مفروض لذلك فإن ميزات هذه الدراسة أنها تحاكي الواقع في تحضير العينات وتشكيل الشقوق فيها كما يحدث في الحقل تماماً.

يركز هذا البحث على النقاط التالية:

دراسة تأثير مجموعة من العوامل على ظاهرة الترشيح وسلوك المرشح مثل التدرج الحبي للفلتر، وشكل منحني التحليل الحبي للفلتر، ونسبة النواع في مواد الفلتر، شكل حبات الفلتر ودورها في إغلاق التشققات في نواة السد.

اختبار معايير تصميم بديلة ومناقشة فوائد ومساوئ هذه المعايير وتوجيهات التصميم الموصى بها بما يحقق الأمان والاقتصادية للسدود.

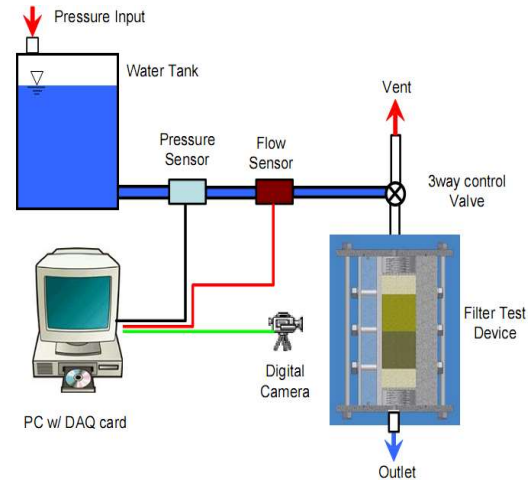
2. منهجية البحث

تشكيل نموذج مخبري يمثل منطقة تماس النواة الكتيمة (Core) المنتسقة والمرشح (Filter) في السد، واخضاعها لجريان ثابت موجه من الأعلى للأسفل (ضماخ مائي) 3 bar وهو يمثل نموذج مصغر لسد بنواة غضارية بارتفاع تخزين 30 m مطبق على منطقة الاتصال بين النواة والفلتر، ومراقبة النتائج حيث يستدل على حالة عدم الاستقرار عند هجرة وحركة حبات التربة التي تلاحظ بالعين المجردة من خلال خلية النفاذية الشفافة وتؤكد بالتحليل الحبي قبل وبعد الجريان.

اجريت الاختبارات على عينات غضارية (clay) بحالة الاشباع تمثل نواة السد الكتيمة (core) بعد امتلاء بحيرة السد.

3. تقنية جهاز الاختبار

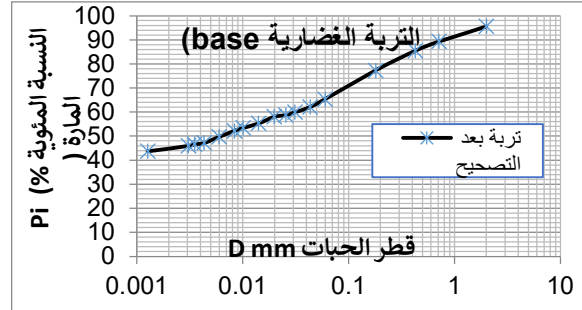
أن التقنية الأساسية لجهاز اختبار الفلاتر الذي استخدم في الدراسة هي اخضاع النموذج (فلتر + تربة) لجريان ماء بضغط ثابت خلال الشق المصنعة مسبقاً في التربة الغضارية (base)، لاختبار اذا كان المرشح قادراً على التفتت وإغلاق الشق والمحافظة على التربة من الانجراف. حيث يتكون الجهاز من خزان ماء مضغوط بالغاز إلى الضغط المطلوب (3 bar) ومقياس ضغط على خط الامداد للتحقق من قيمة الضغط المطبق وثباته خلال الاختبار، يتم تطبيق هذا الضغط على نموذج الاختبار المؤلف من طبقة من تربة غضارية تحوي شق مصنع مسبقاً مع طبقة فلتر ويتم قياس التدفق المار في العينة والنقاط صور لخطوات إغلاق الشق خلال التجربة من أجل تسجيل الملاحظات العينية والتغيرات التي تحصل على الفلتر والتربة ومعالجة البيانات الناتجة على الحاسب ويوضح الشكل مخطط جهاز الاختبار ونموذج العينة في قالب الاختبار. يبين الشكل 1- a - b مخطط جهاز الاختبار وطريقة توضع الطبقات في قالب الاختبار.



شكل 1-a: مخطط جهاز اختبار الفلاتر.

5. مواصفات التربة الغضارية (الطينية)(base)

تم إجراء مجموعة من الاختبارات لتحديد خواص التربة الغضارية المستخدمة في نموذج الاختبار (base) والتي ستمثل نواة السد (core) بحيث تحقق مواصفات اللجنة الدولية للسدود ICOLD لنواة السد الكتيمة. مبينة بالجدول 1 والشكل 3 يبين منحنى التحليل الحبي لها.



الشكل 3: يبين منحنى التحليل الحبي للتربة الغضارية base.

الجدول 1: مواصفات التربة الغضارية المدروسة ومقارنتها مع القيم المسموحة مواصفات اللجنة الدولية للسدود ICOLD. [9]

المواصفة	القيمة المستخدمة في الاختبارات	القيم الدنيا المسموح استخدامها في تربة نواة السد
المواد الأصغر من 5 ميكرون (غضار) %	46	أكثر أو تساوي 35%
نسبة السيلت silt	24	
المواد الأصغر من 1mm	89%	أكثر أو تساوي 60%
نسبة الرمل %	28	أصغر أو يساوي 30%
تماسك التربة kg/cm ²	0.58	أكبر أو يساوي 0.5 kg/cm ²
زاوية احتكاك التربة	25°	أكبر أو تساوي 20°
حد السيولة %	41	أصغر أو يساوي 48%
حد اللدونة %	19	أصغر أو يساوي 22%
دليل اللدونة %	22	أصغر أو يساوي 26%
الوزن النوعي	2.65	
الرطوبة %	10	
الرطوبة المثالية	22.4	
الكثافة الجافة الأعظمية gr/Cm ³	1.6	
الوزن الحجمي الرطب gr/cm ³	1.4	

6. طريقة الاختبار

بعد تشكيل النموذج (تربة تحوي الشق – مرشح خلفي) الموضح بالخطوة السابقة يتم اشباع العينة 24 ساعة ومن ثم تطبيق ضاغط مائي ثابت على النموذج مقداره 3 bar. وبما أن النفاذية هي المعيار الأساسي لتقييم سلوك مجموعة التربة والمرشح تم تسجيل كمية الماء المتسربة من العينة (النموذج) حتى استقرار الجريان وحساب نسبة التدفق (Q) مع الزمن خلال التجربة وبدل استقرار الجريان على توقف الحث (Erosion) واغلاق الشق الموجود في التربة وانتهاء الاختبار.

7. القياسات التي يتم أخذها خلال الاختبارات لتقييم عمل المرشح

- ✓ قياس كمية المياه التراكمية المجمعة خلال كل اختبار. وكمية التدفق خلال الزمن حتى استقرار التدفق واغلاق الشق.
- ✓ عكارة المياه المجمعة خلال التجربة : وهي كمية ذرات التراب العالقة في المياه باستخدام جهاز العكارة (turbidity test).
- ✓ الملاحظات العينية على التربة والفلتر خلال التجربة: لملاحظة سلوك الفلتر لمنع انجراف التربة من حواف الشق، ومقدار تغلغل التربة داخل الفلتر.
- ✓ وزن كل من التربة والمرشح بعد نهاية التجربة واستخراجها من القالب وتجفيفها ومقارنته مع الوزن قبل التجربة لمعرفة كمية ونسبة النقصان في وزن كل منهما (الحث) حتى استقرار الجريان.
- ✓ إجراء تجربة التحليل الحبي للتربة الغضارية والمرشح بعد التجربة: لمعرفة نسبة الانجراف في كل من التربة والمرشح ومقارنة النسب المنوية لذرات التربة قبل وبعد التجربة.
- ✓ تصفية المياه المتسربة وقياس كمية الرواسب في قاع المياه المتسربة من التربة والفلتر.

بعد انتهاء التجربة تم وزن التربة الغضارية (base) بعد التجربة ومقارنتها مع الوزن قبل التجربة الذي تم رصه بالقالب لمعرفة نسبة التربة التي تم جرفها أثناء الجريان لتقييم حركة حبات التربة ونسبة انجرافها. وكذلك تم وزن المرشح (الفلتر) بعد التجربة ومقارنته مع الوزن قبل التجربة الذي تم رصه بالقالب لمعرفة نسبة التربة التي احتفظ بها الفلتر، بعد ذلك تم تجفيف كل من التربة الغضارية والفلتر وإجراء تجربة التحليل الحبي بعد التجربة لكل من التربة والفلتر لمعرفة نسبة النقصان في كل من مكونات التربة والفلتر.

تتم معرفة مقدار احتفاظ الفلتر بالتربة الناعمة على أساس وزن النواعم الأصغر حجماً من أصغر حبات الفلتر، ويحدد وزنهم كنسبة من الوزن البدائي للفلتر، إضافةً للملاحظات العينية لكمية التربة المنجرفة مع المياه المتسربة وتعتبر هذه النسبة عن نجاح أو فشل في ترشيح هذه الكمية من التربة والاحتفاظ في التربة المحمية.

7.1 الثوابت في الاختبارات

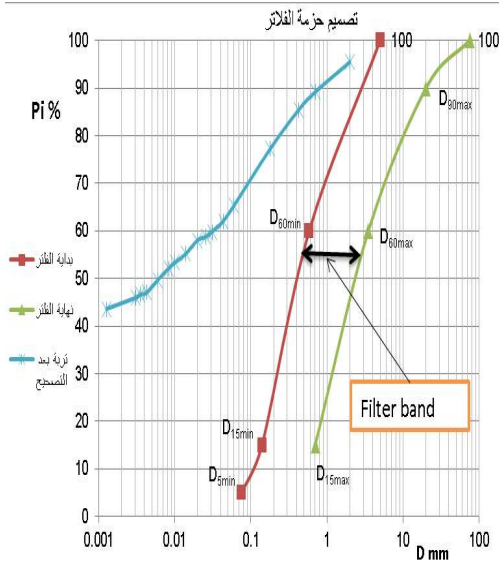
في جميع الاختبارات تم تثبيت المواصفات التالية:

نوع التربة ومواصفاتها، سماكة التربة، رطوبة الاشباع وكثافة التربة.

سماكة المرشح (الفلتر). الضاغط المائي، اتجاه الجريان، أبعاد واتجاه الشق في التربة.

7.2 المتغيرات في الاختبارات

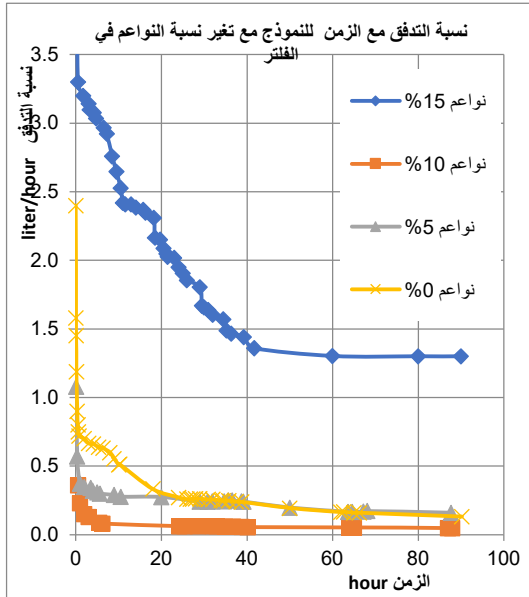
خواص المرشح التي تمت دراستها في الاختبارات لمعرفة تأثيرها على عملية الترشيح وأداء المرشح لعمله في الحفاظ على التربة ضمن النموذج المدروس هي:



شكل 5: تصميم حزمة الفلتر المناسبة للتربة.

8.2 نتائج المرحلة الاولى

بحساب نسبة مع الزمن (Q/T) للمياه المتسربة من النموذج عند استخدام مرشحات تحوي نسب نواع مختلفة مع التربة المتشققه حتى استقرار الجريان لمعرفة الزمن الذي استغرقه المرشح لإغلاق الشق الموجود في التربة وحدث استقرار الجريان كانت النتائج كما يوضحها الشكل 6.



شكل 6: مقارنة نسبة التدفق مع الزمن للمرشحات المدروسة مع التربة المتشققه.

إن زيادة نسبة النواع في الفلتر تقلل نسبة التدفق مع الزمن بشكل أكبر وتساعد على الوصول إلى استقرار الجريان وإيقاف الحث (Erosion) بزمن أقل، ولكن حتى نسبة نواع أقل من 10%، لأنه عند زيادة نسبة النواع بدأت نسبة النواع في الفلتر تقوم بدور سلبي حيث ازدادت نسبة التدفق مع الزمن بشكل كبير وازداد زمن الوصول إلى الاستقرار مما سمح بانجراف أكبر للتربة المتشققه كما يوضح الجدول 3. ويبين الشكل 7 الشكل النهائي لنموذج الاختبار بعد إغلاق الشق والوصول إلى حالة الاستقرار.

نسبة النواع في المرش.

شكل منحني التحليل الحبي للمرشح.

عامل الانتظام (Cc) والتعمر للمرشح (Cu).

شكل الحبات للمرشح المدروس.

8. الاختبارات

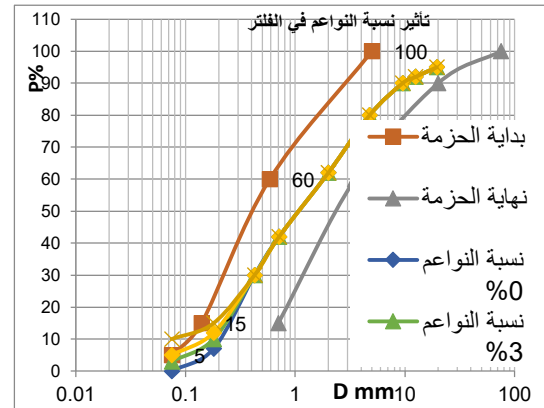
8.1 المرحلة الاولى تأثير نسبة النواع في المرشح على إغلاق الشقوق في نواة السدود

تؤثر نسبة النواع المارة من المنخل رقم 200 في المرشح على خواص التماسك له، فكلما زادت نسبة النواع في المرشح زادت احتمالية تشققه، حيث أن زيادة النواع في المرشح تسبب التصاق حبات المرشح ببعضها البعض وعدم انفصالها ويعيق وظيفتها في إغلاق التشققات في التربة (base) ومنع انجرافها كما أن زيادة نسبة النواع يعيق سهولة تسرب المياه منه. بدراسة مجال تغير نسبة النواع في المرشح من 0% حتى 15% لمعرفة تأثير نسبة النواع على قابلية المرشح في إيقاف الحث (Erosion) من التربة وإغلاق الشقوق وبتثبيت كافة شروط الاختبارات وتغيير نسبة النواع في الفلتر المحجوز على المنخل رقم 200# الجدول 2.

الجدول 2 نسبة النواع بالمرشح.

الحالة المدروسة	الحالة الأولى	الحالة الثانية	الحالة الثالثة	الحالة الرابعة	الحالة الخامسة
نسبة النواع في المرشح %	0%	3%	5%	10%	15%

يبين الشكل 4 منحنيات التدرج الحبي (grain size) للمرشحات التي ستتم دراستها مع تغيير نسبة النواع في كل منها ضمن حزمة المرشحات المناسبة للتربة المدروسة.



شكل 4: منحني التحليل الحبي للمرشحات مع تغيير نسبة النواع في المرشح.

ملاحظة: إن المرشحات التي تمت دراستها تقع ضمن حزمة الفلتر التي تم تصميمها وفق معايير ترزاكي بحيث تناسب التربة المدروسة (base) التي تحقق المعايير المناسبة للاستخدام لبناء السد (core) [10]

وهي تربة من الصنف 2 (تصنيف التربة حسب المار من المنخل رقم 200 ويساوي (68%) وفق تصنيف (ASTM) [6]، ويوضح الشكل 5 منحني التحليل الحبي للتربة (base) وحزمة الفلتر المناسبة لها وفق شروط ترزاكي.

الجدول 3: مقارنة نتائج تأثير نسبة النواع في الفلتر على التربة المتشقة.

النموذج	زمن استقرار التسرب- hours	التربة		المرشح	
		النسبة بعد التجربة %	النسبة الانحراف %	النسبة قبل التجربة %	النسبة بعد التجربة %
التربة قبل التجربة base	-	غضار 40 سلت 24 رمل 28 بحص 8	-	-	-
تربة+ مرشح %0	62	غضار 34 سلت 20 رمل 35 بحص 10	-6 -4 +7 +2	غضار 0 سلت 0 رمل 80 بحص 20	غضار 1.3 سلت 1 رمل 74 بحص 23
تربة+ مرشح %3	55	غضار 35 سلت 20 رمل 36 بحص 9	-5 -4 +8 +1	غضار 0 سلت 3 رمل 77 بحص 20	غضار 2 سلت 5 رمل 70 بحص 23
تربة+ مرشح %5	50	غضار 37 سلت 21 رمل 36 بحص 6	-3 -3 +8 -2	غضار 0 سلت 5 رمل 75 بحص 20	غضار 1.3 سلت 7 رمل 69 بحص 23
تربة+ مرشح %10	40	غضار 37 سلت 23 رمل 35 بحص 5	-3 -1 +7 -3	غضار 0 سلت 10 رمل 70 بحص 20	غضار 3 سلت 2 رمل 63 بحص 32
تربة+ مرشح %15	42	غضار 30 سلت 31 رمل 24 بحص 7	- 10 +7 -4 -1	غضار 0 سلت 15 رمل 65 بحص 20	غضار 2 سلت 1.5 رمل 73 بحص 24

8.3 المناقشة

باستخدام مرشحات بنسب نواع مختلفة مع التربة المتشقة (base) في النموذج (تربة - مرشح) لدراسة تأثير نسبة النواع الأصغر من (0.075 mm) في المرشح على إيقاف الحث في التربة توصلنا للنقاط التالية:

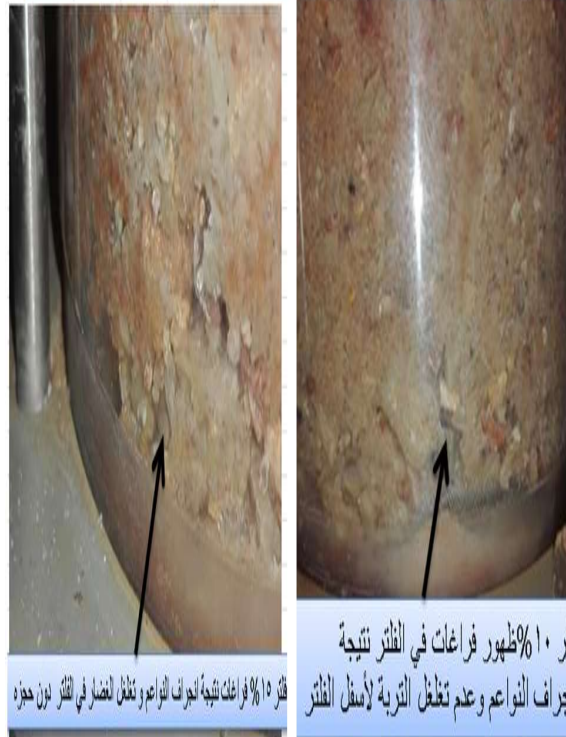
✓ جميع هذه الاختبارات نجحت وحيات المرشح تحركت لإغلاق الشق والاحتفاظ بالتربة ولم يحدث انهيار للنموذج. انخفضت نسبة الجريان بسرعة في الفلتر الناعم وببطيء في الفلتر الأخشن.

✓ استقر الجريان بعد زمن 62 ساعة عند القيمة (Q=0.33 L/h) في حال استخدام الفلتر بدون نواع مع التربة المتشقة في النموذج، وبعد 50 ساعة عند القيمة (Q=0.5 L/h) باستخدام فلتر بنسبة نواع 5% مع التربة المتشقة، وبعد 40 ساعة لفلتر بنسبة نواع 10% مع التربة عند قيمة تدفق (0.05 L/h). وازدادت هذه القيمة إلى (Q=1.3 L/h) عند زمن 42 ساعة عند استخدام فلتر بنسبة نواع 15% مع التربة المتشقة.

مقارنة انسداد الشق وتراكم التربة في الفلتر



فلتر 5% تجمع التربة أسفل الشق دون المرور داخل الفلتر



فلتر 15% فراغت نتيجة الجراف النواع وتغلل الغضار في الفلتر دون حذره

شكل 7: مقدار تغلغل التربة في المرشح عند كل حالة.



شكل 8: الحصويات المستخدمة في كل مرشح.

الخواص الفيزيائية لكل من المرشحين هي:

الوزن الحجمي الجاف للمرشح بحص سيل حبات مدورة:

$$Y = W_d / V = 2.1 \text{ gr/cm}^3$$

الوزن النوعي للفيلتر بحص سيل حبات مدورة:

$$G_s = Y_s / Y_w = 2.2$$

الوزن الحجمي للفيلتر بحص مكسر حبات زاوية

$$Y = 1.97 \text{ gr/cm}^3$$

الوزن النوعي للفيلتر بحص مقلع حبات مكسرة:

$$G_s = Y_s / Y_w = 2.6$$

تم تشكيل نموذج الاختبار (ترية - مرشح) بحيث يتكون مرشح من حصص سيل مدور مع رمل ناعم تم تشكيله وحصه وفق الشروط المعتمدة للاختبارات (الرطوبة 6% ودرجة الرص حسب الكثافة الجافة الأعظمية)، ومن ثم رص التربة التي تحوي الشقوق فوق المرشح في قالب الاختبار وفق الرطوبة المثالية ومقارنته مع نفس شروط الاختبار مع حصص مقلع مكسر.

8.5 نتائج المرحلة الثانية

مقارنة الملاحظات العينية: بمراقبة النموذج خلال الاختبار في حال استخدام حصص سيل مدور مع المرشح كانت المياه المتسربة عكرة قليلاً ببداية التجربة دخلت التربة ضمن المرشح لكن تم احتجازها بالمرشح بين حباته وقد لوحظت كميات التربة تتجمع داخل المرشح ولم يلحظ انجراف تربة مع المياه المتسربة، وتجمعت التربة في أسفل الشقوق وبعدها بعد 24 ساعة من زمن التجربة حتى منتصفه تقريباً لذلك بدأت كمية التسرب بالانخفاض والاستقرار ولم يلحظ أي انجراف أو زيادة في توسع الشقوق المحدث في عينة التربة.

أما في حال استخدام حصص مكسر في المرشح في النموذج لوحظ انجراف للعضار مع المياه المتسربة، لم يستطع المرشح حجزها لأن الحبات الزاوية تترك فراغات كبيرة بينها عند رصها، لذلك فالانجراف المستمر للتربة من حواف الشقوق أدى لتوسع الشقوق، مما جعل التدفق في حال استخدام هذا المرشح كبير. كما لوحظ كمية من رمل وحصص المرشح تحرك مع المياه المتسربة لكن لم يحصل انهيار للنموذج وعند تجفيف المياه المتجمعة بعد التجربة ترسب 5 gr من التربة (base) مرت من مرشح البحص المكسر لم يستطع حجزها. يبين الشكل 9 النموذج في نهاية التجربة عند استخدام

بمقارنة تغير العكارة مع الزمن للمياه المتسربة من النموذج عند استخدام كل من المرشحات بنسب نواع مختلفة تبين أن أقل قيمة لعكارة المياه المتسربة كانت عند استخدام مرشح بنسبة نواع 5% كانت المياه المتسربة شبه صافية تحوي بعض العوالق ولم يتبقى منها شيء عند تجفيف المياه المتسربة من النموذج أن الفيلتر بنسبة نواع 5% حافظ على التربة والمرشح من الانجراف، وأكثرها عند استخدام المرشح بنسبة نواع 15% كانت عكرة جداً بالعضار وعند تجفيفها تبقى فيها تربة بوزن 3.6 gr، فالمرشح بنسبة نواع 15% سمح بانجراف كبير للعضار بالتربة.

بمراقبة زمن انسداد الشقوق وكمية التربة العالقة بالمرشح ومسافة تغلغلها داخل المرشح لاحظنا أن التربة استطاعت المرور ضمن المرشح بنسبة نواع 0% مع المياه المتسربة لعدم وجود نواع فيه مما مكّن من مرور العضار والسيلت الموجود في التربة ومن الجدول (3) مقارنة نسب انجراف التربة ونسب احتجاز المرشح للتربة تبين أن المرشح لم يحتجز إلا ثلث نسبة العضار (clay) المجروف من التربة (حواف الشقوق)، ونصف نسبة السيلت، بينما احتجز كامل نسبة الرمل والبحص المجروف من التربة (base) لأنها بحجوم أصغر من حجوم حبات الفيلتر. بينما تجمعت التربة على السطح الفاصل بين المرشح والتربة عند استخدام مرشح بنسبة نواع 5% ولم تتغلغل فيه، فالفيلتر احتجز نصف نسبة العضار المجروف من التربة وكامل السيلت والرمل والبحص الذي تم جرفه من حواف الشقوق واستطاع تشكيل طبقة الترشيح الذاتي من التربة ورمل المرشح لإيقاف انجراف التربة وحجزها على السطح الفاصل وإغلاق الشقوق دون مرورها لدخل المرشح. أما في الفيلتر بنسبة نواع 10% تغلغلت التربة بالفيلتر لمسافة كبيرة دون الوصول لنهايته ودون المرور مع المياه المتسربة بسبب النواع الموجودة بالمرشح، فالمرشح استطاع احتجاز كامل التربة التي تم انجرافها من الشقوق (عضار وسيلت ورمل وبحص) ضمنه، ولكن وجود النواع لم يمكن حبات المرشح من الحركة لأسفل الشقوق وإيقافها على السطح الفاصل حتى فترة معينة تحركت نواع المرشح مع المياه المتسربة ونقص حوالي 80% منها.

أما المرشح بنسبة نواع 15% استطاعت التربة التغلغل في المرشح لنهايته وتجاوزته والمرور مع المياه المتسربة بكميات كبيرة، وظهر ذلك سابقاً بعكارة المياه المقاسة عند استعمال هذا المرشح أي أن نسب النواع الكبيرة في الفيلتر منعت من الحركة لإغلاق الشقوق وبما أن نواع المرشح هي من السيلت مررت حبات العضار المجروف الأصغر حجماً منها مع المياه المتسربة ولم تستطع احتجاز سوى 20% منها بينما احتجز المرشح كامل نسبة السيلت والرمل والبحص المجروف من التربة (base).

لم يستطع الفيلتر بنسبة نواع 15% تشكيل طبقة الترشيح الذاتي self filtration لإيقاف حبات التربة وبالتالي بقيت نسبة الجريان كبيرة ويدل على ذلك عدم زيادة نسبة الرمل بالتربة نتيجة الطبقة المختلطة من التربة ورمل المرشح. حيث نقصت نسبة (90%) من النواع الموجودة بالمرشح مع المياه المتسربة تاركاً مكانها فارغ.

8.4 المرحلة الثانية المقارنة بين استخدام حصص سيل طبيعي وحصص

مقلع مكسر في المرشحات

يلعب حجم الحبات في المرشح (filter) وتوزعها دور هام في نجاح عمل المرشح في الحفاظ على التربة (base) التي تمثل نواة السد (core). وكذلك فإن لشكل حبات المرشح دور في جودة أداء المرشح لعمله ونسبة حفظه على التربة وإغلاق التشققات (cracks) فيها.

لمناقشة ذلك سيتم إجراء اختبارين على مرشحين لهما نفس التوزيع الحبيبي (grain size) لكن الاختلاف بينهما: المرشح الأول: عبارة عن حصص سيل (حبات مدورة لمساء) مع رمل ناعم. الشكل (5).

المرشح الثاني: عبارة عن حصص مقلع مكسر (حبات زاوية) من مقلع

حبياء بمدينة حصص. الشكل 8.

سيتم اختيار سلوك كل من المرشحين مع التربة المثقفة وتقدير نسبة الاحتفاظ بالتربة وإغلاق الشقوق وإيقاف الانجراف فيها، الاختلاف بين الاختبارين البحص المستخدم في المرشح (الفيلتر) مع تشابه كافة شروط الاختبار الأخرى (منحني التحليل الحبيبي للفيلتر والتربة، الرطوبة، درجة الرص، سماكة التربة والفيلتر، أبعاد الشقوق، الضغوط المائي).

9. الاستنتاجات

- ✓ إن زيادة نسبة النواع (السيلت) في المرشح تقلل نسبة الانجراف في التربة المتشقة (base)، حتى حد معين عند وصول نسبة النواع في المرشح إلى 10% تلعب هذه النواع دور سلبي بإعطاء المرشح بعض التماسك ومنعه من الحركة لإغلاق الشق، وتشكيل طبقة الترشيح الذاتي، وبالتالي مرور الغضار (clay) مع المياه المتسربة مما يسبب توسع الشق والانهياب (ظاهرة الحث التراجعي (piping)).
- ✓ إن زيادة نسبة النواع في المرشح حتى 10% يجعل هذه النواع تتحرك مع المياه المتسربة تاركة مكانها فراغات في المرشح وهو ما يسمى ظاهرة (Suffusion).
- ✓ يجب أن يحوي المرشح على نسبة من النواع المارة من المنخل رقم 200 ليؤدي عمله بشكل مثالي. إن نسبة النواع غير الدنة الأصغر من (0.075 mm) في الفلتر المناسبة لإيقاف حث التربة يجب أن أصغر أو تساوي 5% حتى يتمكن المرشح الانفصال والحركة لإغلاق الشق والنسبة المثالية للنواع هي 5%.
- ✓ إن نسبة النواع في المرشح المناسبة لعدم حدوث ظاهرة (Suffusion) يجب أن تكون أقل من 10%. إن نسبة رمل المرشح التي تحركت لتشكيل طبقة الترشيح الذاتي واغلاق الشق 7%.
- ✓ إن حبات بحص المقالع المكسرة بحبات زاوية تترك فراغات بين الحبات عند رصها وبالتالي نسبة فراغاتها ونفاذيتها أكبر مما يجعل امكانية حث وانجراف الغضار من خلالها عند استخدامها كمرشح خلفي للنواة المتشقة أكبر بمرتين ونصف فيما لو استخدم نفس المرشح بحبات مدورة ملساء، لذلك عند تصميم الفلتر ببحص مقالع مكسر يجب الأخذ بعين الاعتبار نسبة الفراغ بين حبات المرشح.
- ✓ إن استبدال بحص المقالع المكسر في المرشحات ببحص سيل طبيعي يؤدي إلى وفر كبير واقتصادية كبيرة في انشاء السد في حال تواجده بالقرب من موقع السد حيث يحتاج البحص المكسر إلى تكبير وغريلة وغسيل ونقل مما يضيف تكلفة كبيرة لإنشاء السد مقارنة مع البحص المتواجد بشكل طبيعي إضافة إلى أن سلوك بحص السيل كان الأفضل في إغلاق التشققات والحفاظ على التربة من الانجراف وبالتالي تقليل كميات التسرب من السد وتأدية السد لعمله بشكل أمثل في الحفاظ على الموارد المائية.
- ✓ إن أغلب حركة الحبات تحدث ضمن 50 ساعة الاولى من الاختبار، وهذه الحقيقة تحدث عنها Bertram 1940 حيث لاحظ أن حركة حبات التربة وإعادة ترتيبها يحدث فقط في بداية الاختبار فقط، وعندما يزيد وقت الترشيح عن 50 ساعة تكون نسبة زيادة حث التربة بشكل طفيف جداً لأن عملية التآكل تحدث بالبداية بشكل مفاجئ ثم تستمر مع الزمن بشكل بطئ.

10. التوصيات

- ✓ يجب أن يحوي الفلتر على نسبة من النواع المارة من المنخل رقم 200 ليؤدي عمله بشكل مثالي. إن الرمل والبحص المستخدم في الفلاتر في الاختبارات مغسول ومجفف ويجب الانتباه إلى نظافة الحصى عند التنفيذ الحقلية وفق نفس الشروط. يجب إجراء دراسة اقتصادية للحلول المقترحة حسب موقع السد.

References

- [1] American Society for Testing and Materials (ASTM). (2000). "Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils", manual Book of ASTM Standards, D4318-00.
- [2] Ashok K. Raut, 2006, "Mathematical modelling of granular filters and constriction-based filter design criteria", University of Wollongong ftesis Collection.

مرشح بحص مكسر وعند استخدام مرشح بحص مدور مع رمل مع التربة المتشقة والجدول 4: نتائج اختبار كل من نموذجي الفلاتر مع التربة.

الجدول 4: نتائج اختبار كل من نموذجي الفلاتر مع التربة.

النق صان في نسب الترب %	التحليل الحبي للتربة بعد التجربة %	الاستقرار		وزن التربة المنجرفة		الرمل المجروف من المرشح		النموذج
		hour	Q l/hour	%	وزن	%	وزن	
	غضار 40 سنت 24 رمل 28 بحص 8	-	-	-	-	-	-	التربة base
-5 -3 +15 -2	غضار 35 سنت 21 رمل 43 بحص 6	30	0.19	10	80	7	33	تربة- مرشح بحص سيل
-6 6- +15 -3	غضار 34 سنت 18 رمل 43 بحص 5	30	1.7	20	15 8	15	70	تربة- مرشح بحص مكسر



الشكل 9 : النموذج في نهاية التجربة عند استخدام مرشح بحص

مكسر ومرشح بحص مدور ورمل مع التربة المتشقة.

- [9] ICOLD (1994). "Embankment Dams Granular Filters and Drains", Bulletin No. 95.
- [10] Indraratna, B. and Raut, A.K. (2004). "Mathematical modelling of granular filters in embankment dams." Proc. 4th International Conference on Filters and Drainage in Geotechnical and Environmental Engineering, Geofilters 2004, Johannesburg, SA, pp.75-81.
- [11] Locke, M. & Indraratna, B., and Adikari, G. (2000) "Erosion and Filtration of Cohesive Soils." Filters and Drainage in Geotechnical and Environmental Engineering (ISBN: 90 5809 146 5) / GeoFilters 2000, 175182.
- [12] Rulanandan, K., Loganathan, P. and Krone, R. B. (1975). "Pore and Eroding Fluid Influences on Surface Erosion of Soil", Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 101, No. 1, 5166.
- [13] Sherard, J. L., Dunnigan, L. P., and Talbot, J. R. (1984b) "Filters for Silts and Clays." Journal of Geotechnical Engineering., ASCE, Vol. 110, No. 6, 701718.
- [14] U.S. Department of the Interior (1980) 3rd Ed. "Earth Manual" 2nd Ed.
- [3] ASTM International, "Standard Test Method for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density", Annual Book of ASTM Standards, D4254-00. 2000.
- [4] Bertram, G.E. (1940). "An Experimental Investigation of Protective Filters" Harvard Pub. No. 267, Vol. 6.
- [5] Das Neves, E. M. (1989). "Analysis of Crack Erosion in Dam Cores: The Crack Erosion Test." De Mello Volume: a tribute to Prof. Dr. Victor F.B. de Mello, Sao Paulo, Brazil, 284298.
- [6] Fattah.M.Y, Omran.H.A, Hassan.M.A.(2017) "Flow and stability of Al-Wand earth dam during rapid drawdown of water in reservoir" Acta Montanistica Slovaca Volume 22 (2017), numbe 1, 43-57.
- [7] Fattah, M.Y, Al Labban, S.N.Y, Salman, F.A. (2014), "Seepage Analysis of Zoned Earth Dam by Finite Elements" International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), Volume5, Issue8, PP 128 – 139, IAEME.
- [8] Foster, M. and Fell, R. (2001) "Assessing Embankment Dam Filters that Do Not Satisfy Design Criteria", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 127, No. 5, 398407.

Effect of Filter Properties on Controlling Cracks and Erosion in Dam Embankment

Samar Abd- Alhamed Audi ^{1,*}

¹Department of Geotechnical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Al-baath Universit, Syria, Eng.s_aude1015@hotmail.com

* Corresponding author: Samar Abd- Alhamed Audi, Eng.s_aude1015@hotmail.com

Published online: 30 September 2021

Abstract— This study, shows how a laboratory simulation is the best method to granular filter design. It was found that many factors like, grain shape, fine content, etc. affect the soil-filter behavior. Later in this paper these factors are explained. This research to investigate the ability of filters to stop cracks, has many principal elements: Development of a laboratory filter test device for testing composite specimens with cracks formed through base soil. Development of procedures for processing base and filter materials, in order to have precise control over their grain-size distribution. Performing tests on composite specimen to explore: The effect of the grain shape on the ability of a filter to fill a crack and stop Erosion Mechanisms in dams. The effect of the percentage of fines in the filter material on the ability of a filter to fill a crack. It was found that the best percentage of fines in the filter about 3% to 5 % to to fill a crack. And the round grain shape is better to stop Erosion Mechanisms in dams. Presents the main research findings and conclusions of the research study with the recommendation of an improved filter design guideline. It also presents some future directions in this field.

Keywords :filters, cracks, erosion, dam, filtration