إيجاد معامل التسرب المضطرب للصخور المحطمة [+]

DETERMAINATION OF THE COEFFICIENT OF TRANSMISSIBILITY OF QUARRIED ROCKS

عبد الله أحمد شيخو [*]

المستخلص:

تركزت جهود الباحثين السابقين بإيجاد معامل التسرب المضطرب للحصى النهري، أما في هذا البحث فقد استخدمت مادة الصخر المحطم بنماذج أُحادية التدرج ونماذج متدرجة لإيجاد معامل التسرب المضطرب.

وقد تم في هذا البحث استخدام أربعة نماذج من الصخر المحطم اثنان منهـا أحاديـة التـدرج بأقطـار (٣٨,١+٥٠,٨-) و (١٩,١+٢٥,٤-) ملم ونموذجين آخرين بتدرجات أقطارهـا (d_{50}) ٣٥ و ٣٣ ملـم لإيجاد معامل التسرب المضطرب للصخور المحطمة.

ومن هذه الدراسة وجد أن قيم معامل التسرب المضطرب للنماذج المستعملة تتراوح بـين (١٤,٥-٥٣) سم /ثا.

Abstract:

Previous researchers were concentrated on finding the coefficient of transmissibility of river gravels. While, in this research quarried rocks, monosized and gradated, was used to determine the coefficient of transmissibility.

In this research, four samples of quarried rocks were steadied. Tow of them monosized rock with diameters (-50.8+38.1), (-25.4+19.1) mm and other two gradations of mean particle diameter i.e. (35,33) mm were used to determine the coefficient of transmissibility of quarried rocks.

It was found that the range of coefficient of transmissibility lies between (14.5-53) cm/sec.

المقدمة:

الصخور هي خليط طبيعي من المعادن المترابطة مع بعضها البعض بقوة تماسك ، و قد تتكون في بعض الأحيان من معدن واحد فقط. و تعتبر الصخور الوحدات البنائية الأساسية للقشرة الأرضية لذا تعتبـر بشكلها الطبيعي من مواد البناء المتوفرة بشكل غزير فهي من أقدم المواد استخداماً لأغراض البنـاء حيـث الجدران و المنشآت التي تبنى بالصخر تفوق بقية المواد قدرة في الاستخدام بسبب قـوة تماسـكها. و نظـراً

[+] تاريخ استلام البحث : ٢٠٠٢/٢/٢٨ ، تاريخ قبول النشر : ٢٠٠٨/٤/٢

[*] مدرس / المعهد التقني – الموصل

لوفرة الصخور و سهولة الحصول عليها أعطت الاستمرارية في استخدامها مما جعلها أكثر اقتصادية مقارنة بالمواد الكونكريتية.

وقد حصل تطور حينما استخدم الركام في بناء سدود ذاتية المسيل وكذلك في رفع منسوب الماء في صدر قناة عندما يوضع في القنوات ليقوم على غلق مجاري القنوات وليقوم مقام الناظم من حيث المبدأ وفي مثل هذه الحالة فان قسما من الماء الجاري يمر خلال الحاجز الركامي اعتمادا على نفاذية الركام وفي نفس الوقت يتم رفع مستوى الماء إلى منسوب أعلى عند صدر القناة. إن الركام في هذه الاستخدامات يكون حرا طبيعيا أو يوضع في شباك معدنية يطلق عليها اسم كابيون (Gabion) [1]. لذا و لمّا كانت المنشآت الهيدروليكية الصخرية تبنى بأحجام صخرية منتظمة يتطلب الأمر إجراء تحليل ميكانيكي للصخور باستخدام عدد من المناخل القياسية فضلاً عن ذلك فأنه يتم تحديد بعض الصفات الفيزياوية لصخور مفردة لذلك يفضّل استخدام تلك الصخور بأحجام منتظمة. وهناك العديد من الدراسات تخص هيدروليكية الجريان خلال وفوق الركاميات وخاصة الحصى.

وعلى ضوء تلك الدراسات فقد تم في هذا البحث دراسة معامل التسرب المضطرب للجريان خلال نماذج من الصخور المحطمة وذلك بوضعها في قناة مختبرية مخصصة للأعمال الهيدروليكية.

<u>الدراسات السابقة:</u>

إن معظم الباحثين الذين اهتموا بدراسة الجريان خلال الركاميات وفوقها ولاسيما الخواص الهيدروليكية استخدموا مادة الحصى في فحوصاتهم وتجاربهم المختبرية والحقلية. فقد جرت دراسات الجريان خلال الأوساط المسامية باستخدام قانون دارسي فعندما تكون سرعة الماء واطئة أي ضمن ظروف الجريان الصفائحي فانه يمكن استخدام قانون دارسي والذي يمثل العلاقة الخطية بين السرعة والانحدار الهيدروليكي [2] وبالصيغة التالية:

---------- (1)

$$V = KS$$

حيث V = معدل سرعة الرشح(cm/sec).

S = انحدار الطاقة وفي هذه الحالة يمثل الانحدار الهيدروليكي

K = معامل النفاذية (Coefficient of permeability)(cm/sec).

وقد استخدم قانون دارسي ولسنوات طويلة في تحليل الجريان خلال الوسط المسامي وأصبح القانون المعول عليه في تحليل النتائج المختبرية وقد أمكن التعبير عن صحة القانون بدلالة رقم رينولدز R ولا يوجد هناك قيمة ثابتة لرقم رينولدز تحدد الجريان الصفائحي ضمن الوسط المسامي إذ تتراوح من ٠,١ إلى ٧٥ [2] وعند زيادة سرعة الجريان فان الانحراف عن قانون دارسي يكون واضحا ويصبح القانون غير مؤهل للاستخدام.

معظم الدراسات للأعمال السابقة افترضت بان العلاقة بين السرعة والانحدار الهيدروليكي هي غير خطية عند أرقام رينولدز العالية وتمثلها المعادلة التالية:

--------- (2)

$$V = K_t S^{1/n}$$

K_t = معامل التسرب المضطرب(cm/sec).

n = قيمة أسية، عندما n = ١ يعتبر القانون دارسي ولكن في الركام n>1

ومن هذه الدراسات أوجد [3] العلاقة التالية لاستخدامها للجريان في الأوساط المسامية:

$$S\alpha \frac{D^{n-3}}{2g\nu^{n-3}}V^n \qquad \text{---------- (3)}$$

حيث D= قطر الأجزاء المستخدمة .mm

ν= اللزوجة الكينماتية cm^2/sec

g =التعجيل الأرضي cm/sec^2

أما [4] أوجد الملاحظات التالية عند دراسته للجريان خلال الأوساط المسامية:

١. عند السُرع القليلة وأرقام رينولدز القليلة فإن الانحدار الهيدروليكي يتناسب خطيا مع التغيرات في السرعة.
٢. عند زيادة أرقام رينولدز فوق الحدود الاعتيادية فإن الانحدار يبدأ بالزيادة أكثر من السرعة القانون الأساسي الذي يعبر عن هذه الحالة بشكل المعادلة رقم (٢) عندما 1<n<2.
٣. عند زيادة أرقام رينولدز فوق الحدود الحرجة فان الانحدار الهيدروليكي (S) يتناسب مع الجذر التربيعي للسرعة.

$$V = K_t S^{1/2} \qquad \text{---------- (4)}$$

وأجرى جميع فحوصاته بقناة زجاجية بعرض ١٥ سم وعمق ٣٠ سم وبطول ٢٠٠ سم واستخدم نماذج من الحصى بأقطار (١٦ و٢٣ و٣٥) ملم. وصف الباحث اسباش المعادلة المستخدمة للحواجز ذات الشكل المستطيل بالعلاقة بين معامل الاستنقال وطول الحاجز الركامي ومعدل الجريان وارتفاع الماء في مقدم ومؤخر الحاجز بالشكل التالي:

$$\frac{3Lq^2}{kt^2} = (h_1^3 - h_2^3) \qquad \text{------- (5)}$$

حيث h_1 و h_2 = ارتفاع الماء في مقدم ومؤخر الحاجز الركامي(cm)

L = طول الحاجز الركامي(cm).

q = التصريف لوحدة العرض($cm^3/sec/cm$).

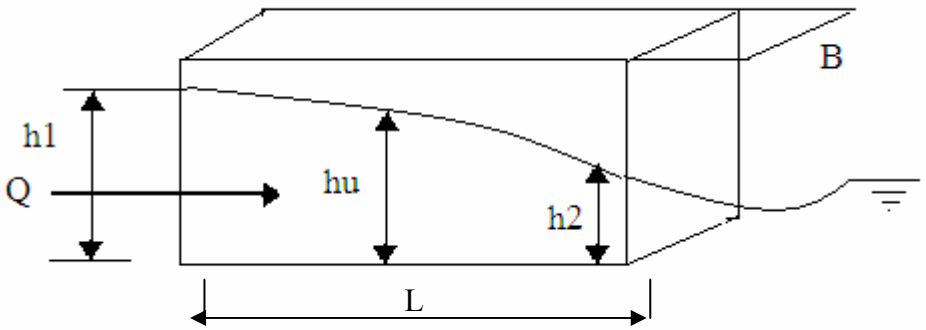
اما [5] استخدم نموذج من الحصى بقطر ٣٨,١ ملم على شكل حاجز ركامي ودرس الجريان خلال الركام لخمسة تصاريف وأوجد في دراسته أن الجريان مضطرب ويخضع للمعادلة (٤) ، أما [6] فقد أجرت سلسلة من الفحوصات على عشرة نماذج من الحصى المتدرج بأقطار (59.5,58,45,37.5,32.5,30,27.5,23,9.3,8) ملم وذلك بوضعها بمشبكات مستطيلة المقطع بعرض ٣٠ سم وارتفاع ٤٥ سم وبأطوال مختلفة مشكلة سدا أمام جريان الماء وقد افترضت الباحثة بان العلاقة بين سرعة الجريان والانحدار الهيدروليكي تحكمها العلاقة (٤). فوجدت قيمة K_t (سم/ثا) بطريقتين

مشتقتين من المعادلة المذكورة آنفا الأولى برسم العلاقة بين سرعة الجريان عند منتصف الحاجز الركامي ضد الجذر التربيعي للانحدار الهيدروليكي والطريقة الثانية بالمعادلة رقم (٥). وقد تم رسم العلاقة بين مكعب ارتفاع الماء في مقدم ومؤخر السد للحصول على K_t حيث تراوحت قيم معامل التسرب الاضطرابي بين ٤,٨ و ٢٤,٨٤ سم/ثا، وقد جعلت الباحثة علاقة المعادلة (٥) بصيغة لا بعدية وذلك برسم العلاقة بين $\frac{K_t^2 h_1^3}{3Lq^2}$ و $\frac{K_t^2 h_2^3}{3Lq^2}$ لجميع النماذج وتعد هذه المعادلة أساسية في حسابات السدود المستطيلة المقطع لإيجاد العلاقة بين عمق الماء في مقدم ومؤخر الحاجز الركامي بطول وتصريف وتدرج حصى معلومين.

وقد أكد [7] عمل [6] عند إيجاده معامل التسرب المضطرب لخمسة نماذج من الحصى النهري حيث كانت النتائج مماثلة ومتطابقة مع المبدأ الذي استعملته الباحثة أعلاه حيث تراوحت قيم معامل التسرب الاضطرابي بين ٧,٦٧ و ٣٦,٥٨ سم /ثا.

الأعمال المختبرية:

استخدم في هذا البحث أربعة نماذج من (الصخور المحطمة) اثنان متدرجة بأقطار d_5. (٣٥،٣٣) ملم والنموذجين الآخرين أحادية التدرج بأقطار (٣٨,١+٥٠,٨−) و (١٩,١+٢٥,٤−) ملم واستخدمت لغرض التجارب قناة مختبرية بعرض ١٠ سم وارتفاع ٣٠ سم وطول ٢,٨٥ متر وبجوانب زجاجية كما في الشكل (١). وضعت النماذج في مشبكات مستطيلة المقطع بطول ٤٩ سم وارتفاع ٣٠ سم وعرض ١٠ سم داخل القناة وتتصف القناة بنظام دوري للجريان، وعلى طول القناة هناك مؤشر محمول على عربة لقياس عمق المياه أما التصريف فيقاس بالطريقة الحجمية وميل القناة يساوي صفر.



شكل(١): مقطع النموذج المستخدم في التجارب

القياسات الرئيسية:

تم إجراء التجارب المختبرية للجريان خلال الحواجز الركامية وذلك بملئ القناة بالنماذج الأربعة كل على حدة وحسب الأبعاد والقياسات السالفة الذكر يتم تشغيل المضخة لإمرار التصريف خلال النموذج وعند بلوغ الجريان حالة ثابتة تم قياس التصريف بالطريقة الحجمية وتم تحديد عمق الماء الطبيعي في مقدم ومؤخر

الحاجز الركامي باستخدام المؤشر لغرض الحصول على الانحدار الهيدروليكي لكل تصريف وكذلك تم تحديد ارتفاع الماء في منتصف النموذج بواسطة مسطرة مدرجة وضعت على الوجه الزجاجي من القناة لغرض قياس العمق ومن ثم استخراج السرعة في منتصف النموذج.

وهكذا أخذت القياسات السابقة لكل قراءة وبحدود تسعة قياسات بتصاريف متغيرة لكل نموذج وعلى ضوء ذلك تم تسجيل القياسات اللازمة في تحديد بعض صفات الجريان الهيدروليكي للحواجز الركامية والتي تضمنت قياس الانحدار الهيدروليكي من فرق ارتفاع الماء بين مقدم ومؤخر الحاجز (h_1-h_2) بالقسمة على طول الحاجز الركامي (L) ومن قياس التصريف ومساحة مقطع الجريان في منتصف الحاجز تم تحديد سرعة الجريان خلال الركام في منتصف الحاجز. وتوضح الجداول (١،٢،٣،٤) القياسات أعلاه خلال النماذج الركامية.

النتائج والمناقشة:

معظم البحوث السابقة وجدت بان مربع سرعة الجريان يتناسب مع الانحدار الهيدروليكي فضلا عن أية قيمة أسّية للسرعة اقل من ٢. لذلك فان العمل في هذا البحث تركز في البداية بافتراض العلاقة بين سرعة الجريان والانحدار الهيدروليكي بالمعادلة (٤).

هذه الفرضية درست بطريقتين الأولى برسم العلاقة بين السرعة في منتصف الحاجز الصخري بالمحور الصادي (y-axis) ضد الجذر التربيعي للانحدار الهيدروليكي بالمحور السيني (x-axis) لجميع النماذج وبتصاريف متغيرة كما في الأشكال (5,4,3,2) وتبين أن أغلبية القراءات تركزت حول الخط المستقيم المرسوم بين النقاط وهذه تؤيد صحة العلاقة التربيعية المفروضة.

معدل سرعة الجريان في المعادلة (٤) في الحقيقة هي السرعة الظاهرية التي احتسبت بقسمة التصريف على مساحة مقطع الجريان عند منتصف الحاجز ومعدل الانحدار الهيدروليكي بقسمة الفرق بين عمقي الجريان في مقدم ومؤخر الحاجز على طوله.

الفرضية الثانية باستخدام المعادلة (٤) وإتباع طريقة العمل الخاصة باشتقاق معادلة ديبوي (Dupuit) للجريان الدارسي خلال الأوساط المسامية [1] تم الحصول على المعادلة (٥) التي أشتقت للركاميات بجعل ميل القناة مستقيماً.

فعند اعتبار قيم h_1^3, h_2^3 متغيرة فان المعادلة تعتبر معادلة خط مستقيم. وبذلك اعتمادا على قيم h_1^3, h_2^3 والتصريف لوحدة العرض وطول الحاجز الصخري تم الحصول على معامل التسرب المضطرب K_t لكل قراءة من القراءات التسعة للنموذج الواحد ثم إيجاد معدل قيم K_t وكما هي موضحة بالجدول رقم (٥) والذي يوضح أيضا قيم معامل الاستنقال K_t لجميع النماذج والتي تم الحصول عليها من الأشكال (٥،٤،٣،٢) حيث تراوحت قيمة معامل الاستنقال بين (١٤,٥-٥٣) سم/ ثا ومن خلال ملاحظتنا للقيم في جدول (٥) انه هناك تناقض بسيط بين قيم K_t للمعادلتين (٤ و٥)، قد يعزى السبب إلى تخمين القيم التقريبية للانحدار الهيدروليكي للأشكال (٥،٤،٣،٢). وعند استخدام قيم K_t التي تم الحصول عليها من هذه الأشكال واعطاء قيم للمحور السيني نلاحظ تطابق قيم المحور الصادي مع القيم الحقيقية التي تم إيجادها اثناء التجارب.

بعد دراسة البيانات والقيم التي تم الحصول عليها بواسطة المعادلة (٥) يمكن وضعها بصيغة لا بعدية وذلك برسم العلاقة بين $\frac{K_t^2 h_1^3}{3Lq^2}$ و $\frac{K_t^2 h_2^3}{3Lq^2}$ كما في الشكل (٦) لجميع نماذج الصخور المحطمة، نلاحظ ان معظم النقاط تتجمع حول الخط المستقيم والذي يقطع محور الصادات بالرقم واحد بذلك تكون المعادلة اللابعدية المبسطة من المعادلة (٥) بالشكل التالي:

$$-\frac{K_t^2 h_2^3}{3Lq^2} = 1$$

$$\frac{K_t^2 h_1^3}{3Lq^2}$$

وتعد هذه المعادلة أساسية في حسابات السدود المستطيلة المقطع لإيجاد العلاقة بين عمق الماء في مقدم ومؤخر الحاجز الصخري بطول وتصريف وتدرج صخر محطم معلومين.

التوصيات:

بعد عرض هذا البحث ومناقشته نوصي بالقيام بدراسات تكميلية لموضوع البحث وذلك باستخدام ميول مختلفة للقناة أثناء القياس وتغيير شكل النموذج من المستطيل إلى الشبه منحرف أو المثلث وبأطوال مختلفة للحاجز الصخري.

جدول (١): قياسات تحديد قيمة K_t لنموذج من الصخر المحطم بقطر (38.1+50.8-) ملم

السرعة في منتصف الحاجز الركامي V_m (m/sec)	التصريف Q (m^3/sec) 10^{-3}x	الفرق في العمق Δh (m)	عمق الماء مؤخر السد h_2 (m)	عمق الماء مقدم السد h_1 (m)
٠,٣٢٤	٣,٢٤	٠,١٨	٠,١	٠,٢٨
٠,٢٧٥	٢,٣٦	٠,١٥	٠,٠٨	٠,٢٣
٠,٢٦٦	٢,٠٣	٠,١٣٥	٠,٠٦٥	٠,٢
٠,٢٥١	١,٦٦	٠,١٢٨	٠,٠٥	٠,١٧٨
٠,٢٤٩	١,١٣	٠,٠٩٨	٠,٠٣٥	٠,١٣٣
٠,٢١٨	٠,٧٨	٠,٠٧	٠,٠٣٢	٠,١٠٢
٠,٢	٠,٥٠٦	٠,٠٥٧	٠,٠١٨	٠,٠٧٥
٠,١٧٧	٠,٣١٢	٠,٠٤٧	٠,٠٠٨	٠,٠٥٥
٠,١٥٨	٠,٢٩	٠,٠٣٦	٠,٠٠٧	٠,٠٤٣

جدول (2): قياسات تحديد قيمة K_t لنموذج من الصخر المحطم بقطر (19.1+25.4-) ملم

السرعة في منتصف الحاجز الركامي V_m	التصريف Q	الفرق في العمق Δh	عمق الماء مؤخر السد h_2	عمق الماء مقدم السد h_1

(m)	(m)	(m)	(m^3/sec) 10^{-3}x	(m/sec)
٠,٢٩٥	٠,١٣٥	٠,١٦	٢,٥٨٦	0.2
٠,٢٦٤	٠,١١	٠,١٥٤	١,٩٧	٠,١٩٥
٠,٢٣٦	٠,٠٨	٠,١٥٦	١,٦٨٩	٠,١٩٢
٠,١٦٥	٠,٠٦٥	٠,١٣	١,٢٢٦	٠,١٦٤
٠,١٧٧	٠,٠٦	٠,١١٧	١,٠١٨	٠,١٥٢
٠,١٥٩	٠,٠٥٣	٠,١٠٦	٠,٨٨٧	٠,١٥١
٠,١٣	٠,٠٤٢	٠,٠٨٨	٠,٧١٨	٠,١٤٧
٠,١	٠,٠٣	٠,٠٧	٠,٤٧٧	٠,١٢٨
٠,٠٤	٠,٠١٥	٠,٠٢٥	٠,١	٠,٠٦٩

جدول (٣): قياسات تحديد قيمة K_t لنموذج من الصخر المحطم بقطر d_{50}=35 ملم

عمق الماء مقدم السد h_1 (m)	عمق الماء مؤخر السد h_2 (m)	الفرق في العمق Δh (m)	التصريف Q (m^3/sec) 10^{-3}x	السرعة في منتصف الحاجز الركامي V_m (m/sec)
٠,٢٩	٠,١٠٥	٠,١٨٥	١,٩٧٩	0.19
٠,٢٦٢	٠,٠٨١	٠,١٨١	١,٤٦	٠,١٧٢
٠,٢٣١	٠,٠٧	٠,١٦١	١,٣٤	٠,١٨٥
٠,٢٢	٠,٠٦٥	٠,١٥٥	١,١٩	٠,١٦٥
٠,١٩٤	٠,٠٤٥	٠,١٤٩	٠,٩٧	٠,١٥٨
٠,١٦	٠,٠٤	٠,١٢	٠,٧٧٥	٠,١٥٢
٠,١٥٥	٠,٠٣٥	٠,١١٨	٠,٧٦٩	٠,١٥١
٠,١٣٤	٠,٠٣	٠,١٠٤	٠,٥٩	٠,١٥
٠,٠٩٨	٠,٠٢٥	٠,٠٧٣	٠,٣٨	٠,١١٨

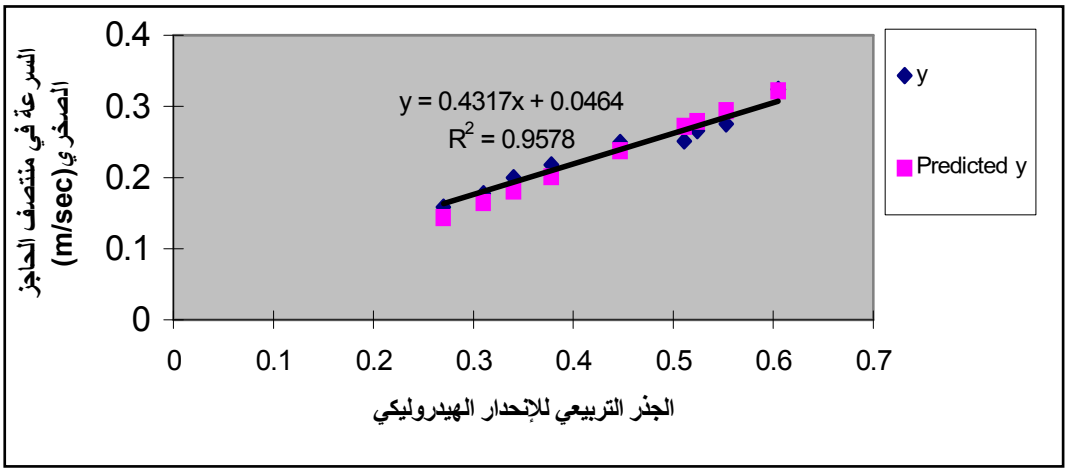
جدول (٤): قياسات تحديد قيمة K_t لنموذج من الصخر المحطم بقطر d_{50}=33 ملم

عمق الماء مقدم السد h_1 (m)	عمق الماء مؤخر السد h_2 (m)	الفرق في العمق Δh (m)	التصريف Q (m^3/sec) 10^{-3}x	السرعة في منتصف الحاجز الركامي V_m (m/sec)
٠,٢٩	٠,٠٩٥	٠,١٤٥	٢,٥٧	0.234
٠,٢٢	٠,٠٧٨	٠,١٤٢	١,٧٨٩	٠,٢٠٨
٠,٢	٠,٠٦٣	٠,١٣٧	١,٦٠٦	٠,٢٠٢
٠,١٨٨	٠,٠٥٦	٠,١٣٢	١,٣٠٨	٠,١٩٧
٠,١٧	٠,٠٥	٠,١٢	٠,٩٧	٠,١٨١

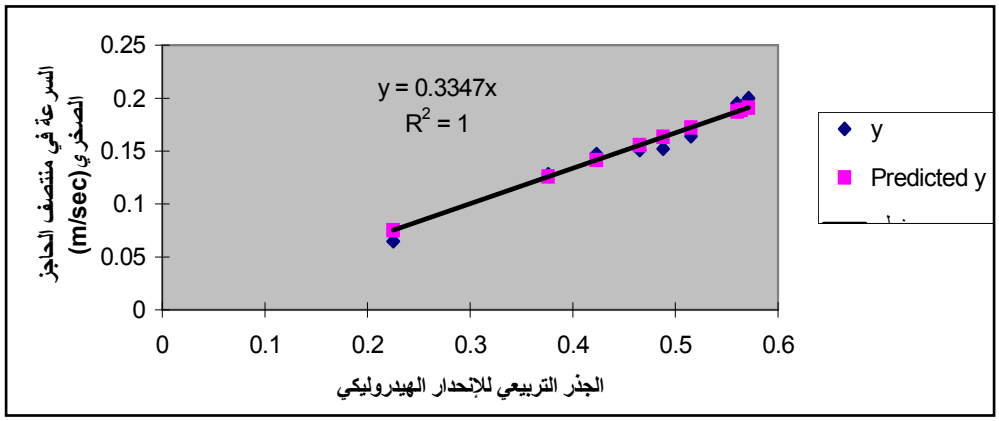
٠,١٣٨	٠,٠٤٧	٠,٠٩١	٠,٧٧	٠,١٦٤
٠,١٢	٠,٠٣	٠,٠٩	٠,٥٦	٠,١٣٨
٠,٠٩١	٠,٠١٥	٠,٠٧٦	٠,٣٩	٠,١٣٢
٠,٠٥٦	٠,٠١	٠,٠٤٦	٠,١٨٤	٠,٠٩١

جدول(٥): قيم معامل التسرب المضطرب لنماذج الصخور المحطمة المستخدمة في التجارب

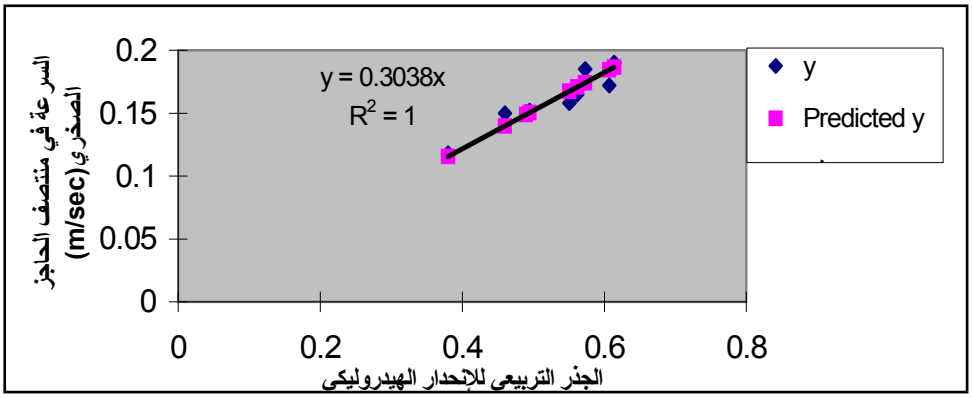
D_{50} mm	K_t باستخدام المعادلة (٤) cm/sec	K_t باستخدام المعادلة (٥) cm/sec
-50.8+38.1	53	30
-25.4+19.1	33	18
35	30	14.5
33	37.5	18.8



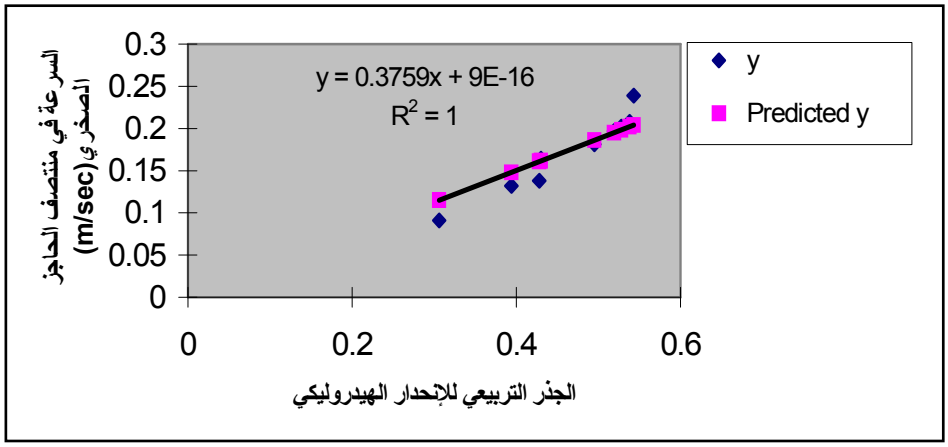
شكل(٢): العلاقة بين السرعة في منتصف الحاجز الصخري والجذر التربيعي للانحدار الهيدروليكي للنموذج (38.1+50.8-) ملم



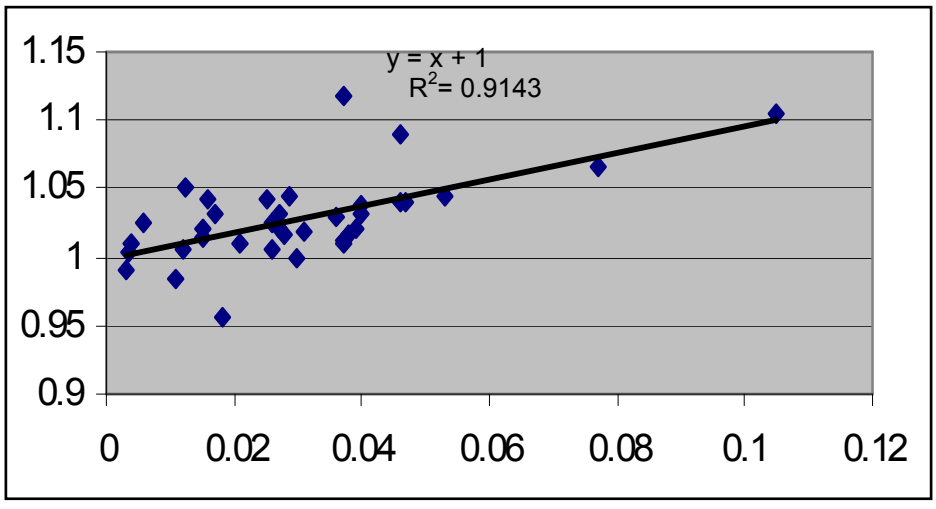
شكل(٣): العلاقة بين السرعة في منتصف الحاجز الصخري والجذر التربيعي للانحدار الهيدروليكي للنموذج (١٩,١+٢٥,٤-) ملم



شكل(٤): العلاقة بين السرعة في منتصف الحاجز الصخري والجذر التربيعي للانحدار الهيدروليكي للنموذج d_{50}=٣٥ ملم



شكل(٥): العلاقة بين السرعة في منتصف الحاجز الصخري والجذر التربيعي للانحدار الهيدروليكي للنموذج d_{50}=٣٣ ملم



$$\frac{K_t^2 h_2^3}{3Lq^2}$$

شكل(٦): منحني العلاقة اللابعدية بين $\frac{K_t^2 h_1^3}{3Lq^2}$ و $\frac{K_t^2 h_2^3}{3Lq^2}$ لنماذج الصخور المحطمة

المصادر :

1. Stephenson, D., "*Rockfill in hydraulic engineering*". Elsevier scientific publication company, 1979.
2. Parkin, A. K., "*Rockfill dams with inbuilt spillways*". Part 1- hydraulic characteristics, Research foundation of Australia Bulletin, No. 6, March, 1963.
3. Kirkham, C. E., "*Turbulent flow in porous media*". Bulletin No. 11, Water research foundation of Australia, Australia, 1967.
4. Izbash, S. V. and Khaldre, Kh. Yu., "*Hydraulics of river channel closure*". Translated Cairus G. L. Butterworths, London, 1970.
5. Leps, T. M., "*Flow through rockfill*", In. Hirschfeld, R. C. and Polous, S. J. (Editors), Embankment dams engineering, John Wiley and Sons. New York ,1973.
6. Juma, I. A.. "*Determination of coefficient of transmissibility of graded river gravel*". M. Sc thesis, University of Mosul, Mosul , Iraq, 1987.
7. Hassan, G.H. "*Hydraulic characteristics of flow through gravel self - spillway dams*". M.Sc. thesis, University of Mosul, Mosul , Iraq, 1988.