

تأثير خواص الجدران المنخلية على النحر في مؤخرة بوابات الكسح

غنية عبد المجيد حياوي**
ghania_hayawi@yahoo.comغفران فارس الرحاوي*
ghufranalrahhawi@uomosul.edu.iq* قسم هندسة النفط والتكرير، كلية الهندسة، جامعة الموصل، الموصل، العراق
** قسم هندسة السدود والموارد المائية، كلية الهندسة، جامعة الموصل، الموصل، العراق

تاريخ القبول: 20 ابريل 2023

استلم بصيغته المنقحة: 1 ابريل 2023

تاريخ الاستلام: 28 فبراير 2023

المخلص

يعرف النحر بأنه إزاحة لمواد القعر بفعل طاقة الجريان وتحريكها إلى ابعد مسافة والتي تؤثر سلباً على استقرارية المنشآت الهيدروليكية. وبذلك تم في هذا البحث دراسة تأثير خواص الجدران المنخلية على النحر في القنوات المفتوحة، حيث تم دراسة تأثير أقطار فتحات الجدران المنخلية (q) وسمكها (t) على عملية النحر وتأثير نسبة بعد الجدار المنخلي عن البوابة إلى ارتفاع الفتحة أسفل البوابة. تم إجراء 140 تجربة في قناة مشيدة من الخرسانة وقد استخدم حجم واحد من الحصى المكسر وارتفاعان للفتحة أسفل البوابة (4 و 5) سم وثلاثة أقطار مختلفة لفتحات الجدران المنخلية (0.8 و 1.2 و 1.6) سم ويتغير سمك الجدار مرتين (0.4 و 0.8) سم وينتج مسامية الجدران المنخلية عند 40% وباستخدام خمسة تصاريح بحدود (27.98-50.06) لتر/ثانية عندما $x=40d, 45d$ ويحدود (23.68-44.8) لتر/ثا عندما $x=50d, 56.25$. كما تم إجراء 20 تجربة بدون جدار من اجل المقارنة. بينت النتائج ان الجدار المنخلي بقطر (1.2) سم يعطي أقل حجم لحفرة النحر في حين ان التجارب التي أجريت بدون جدار منخلي أعطت أكبر حجم لحفرة النحر. كما ان الجدار المنخلي بسمك (0.8) سم يعطي حجماً أقل لحفرة النحر بالمقارنة مع الجدار عندما يكون بسمك (0.4) سم ويكون الفرق واضحاً عند التصاريح العالية أي عندما تكون أرقام فرود كبيرة. وقد تم استنباط علاقتين وضعيتين لحساب نسبة عمق النحر وطوله بدلالة المتغيرات اللابعدية وباستخدام التحليل البعدي.

الكلمات الدالة:

تبديد الطاقة، الجدران المنخلية، النحر

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).<https://rengj.mosuljournals.com>Email: alrafidain_engjournal1@uomosul.edu.iq

1. المقدمة

للنحر وتمثل خطوات البرنامج بتقدير نحر القعر الكامن على طول الميازل غير المبطنه ومعابر المياه لغرض إيجاد الأعماق النهائية مؤخر المنشآت الهيدروليكية. والبيانات التي تم إدخالها تتضمن مواد القعر والجريان الهيدروليكي في الجداول وشكل القناة. استخدم [5] (Yousif, et.al.2019) تقنية (ELM) لمحاكاة خصائص النحر وتم دراسة عمق وطول النحر واعظم عمق لحفرة النحر وهذه التقنية أكثر دقة في التنبؤ بخصائص النحر وبالمقارنة مع طريقة (MARS) حيث تقلل الاخطاء بنسبة 79-81%. اجرت [6] (Alhealy and Hayawi,2019) دراسة مختبرية باستخدام هدار ذو فتحات دائرية بعدد واقتار ومواقع مختلفة لتقييم النحر في الارضيات الحجرية بالحجر المكسر وتبين ان النحر يزداد بزيادة التصريف وان عمق النحر يكون أكبر عند المقارنة بين هدار بفتحات دائرية عن هدار بدون فتحات حيث يعطي عمق اقل. درس [7] (Gelmiran,et.al.,2019) عمق النحر الموضوعي حول دعامات الجسور باستخدام دعامات باقطار (2,4,6,8,10) سم في مقدمة المنشأ وفي نهاية المنشأ دعامة بقطر (10) سم باستخدام الرمل الغير متماسك واستنتج ان بزيادة عدد الدعامات سوف يقل عمق النحر وبزيادة قطر الدعامة والمسافة بين الدعامات يزداد عمق النحر. اجرت [8] (Alsaedi,et.al.,2020) دراسة للنحر باستخدام دعامات الجسور الاسطوانية ذات الفتحات الدائرية باستخدام رمل نهري غير متماسك واطهرت النتائج ان وجود الفتحات يقلل من عمق النحر الموضوعي عند الدعامة ويزداد كلما زاد قطر الفتحة. اجرى [9] (Reisi and Ghomeshi,2020) دراسة باستخدام نموذجاً

يعد النحر من الظواهر الطبيعية التي تحدث في قعر القنوات وجوانبها كما يحدث في شواطئ السواحل نتيجة الأمواج المارة، كما أن فترة حصول النحر تعتمد على التوزيع الحجمي لمادة القعر، فالقعر الرملي يحتاج إلى ساعات لحصول النحر، في حين تحتاج الصخور الرملية والطينية إلى أيام. ويعرف النحر بأنه تحريك لمواد القعر حول المنشآت الهيدروليكية، كما تشير التحريات في تايوان إلى حدوث فشل في خمسين منشأ هيدروليكية نتيجة النحر، كما أن هناك عدداً من الجسور التي فشلت نتيجة النحر حول ركانزها [1] (Chen and Hong, 2001)، وقد درس العديد من الباحثين النحر مؤخر تلك المنشآت ومن بينهم فقد درس [2] (Charttejee and Ghosh, 1980) ما يتسبب به الجريان من بوابة الكسح (Sluice Gate) على قعر جزئيين الأول بعد بوابة الكسح صلد والثاني متكون من مواد قابلة للنحر واستنتج بان التقليل من السرعة القصوى يمكن التعبير عنه بدلالة سرعة الدفع وعرض البثق وطول الجزء الصلد وقطر مواد القعر والبعد عن بوابة الكسح. أجرى الباحث [3] (Othman, 2007) دراسة مختبرية حول مشكلة النحر الحاصل مؤخر مطبخ أوجي وباستخدام نموذجين لمواد القعر، حيث تم دراسة تأثير الصفات الهيدروليكية للجريان وخصائص رسوبيات القعر على عمق النحر وامتداده. وأظهرت النتائج بأن عمق النحر وامتداده يتأثران كثيراً بمقدار التصريف المطلق وعمق الماء الأذيلي وأن لشكل حبيبات مواد القعر وحجمها دوراً مهماً في خصائص النحر الحاصل. استخدم [4] (Carriaga, 2004) برنامجاً لتقدير الأعماق النهائية

مع جدران القناة وكذلك تأثير تغير التصريف المار بالقناة إضافة الى نسبة حجز او عاقبة المياه من قبل هذه المصفاة. أجرى [18] (Zayed et. al., 2020) تجارب مختبرية تهدف الى إيجاد حلول عملية لمشاكل تراكم الترسبات خلف الجدران المنخلية والتي تؤثر سلبا على أدائها الهيدروليكي. حيث تضمن البحث دراسة نماذج مختلفة من المصفاة بأخذ أربع زوايا للمصفاة مع اتجاه جريان المياه وكذلك احذ أربع نسب لإعاقبة المياه من خلال المصفاة وخمس قيم للتصريف المار في القناة. بينت النتائج بان استخدام المصفاة المنحنية هي أكثر ملائمة من الجدران المنخلية التقليدية وذلك لأنها تقلل وبشكل ملحوظ معاملات فقدان الطاقة وتحسن الأداء الهيدروليكي. ان الهدف من البحث هو دراسة تأثير كل من قطر فتحة الجدار المنخلي وسمكه على حجم النحر ودراسة تأثير بعد الجدران المنخلية عن البوابة على عملية النحر ودراسة عملية النحر التي تحدث أسفل بوابة عمودية في القنوات المفتوحة بدون استخدام جدران منخلية، أي باستخدام بوابة كسح فقط في مقدم القناة (للمقارنة).

2. العمل المختبري

أجريت التجارب في قناة مشيدة من الخرسانة ذات قعر ثابت بطول (24.65) م وعرض (0.81) م وعمق (0.76) م كما في الشكل (1). تم تصنيع الجدران المنخلية المستخدمة في التجارب من مادة الالنيوم (Aluminium Composite Panel) بأبعاد (51×81) سم وبنسبة مسامية مقدارها (40%) حيث تم استخدام التوزيع المثالي للحصول على مسامية ثابتة الشكل (2) التي توضح الجدار المنخلي بقطر (1.2) سم وسمك (0.4) سم. وتم تثبيت الجدران المنخلية في القناة المختبرية عن طريق ساقية معدنية تثبت بصورة عمودية على جدران القناة. وأغلب الدراسات السابقة تشير إلى أن حدود المسامية هي (20-60%) واستخدم الباحث [19] (Cakir, 2003) ثلاث قيم للمسامية وهي (40,50,60%) واستنتج بان نسبة المسامية (40%) أعطت أفضل النتائج من ناحية تبديد الطاقة ولذلك اعتمدت في الدراسة الحالية. فقد تم استخدام نموذج من الحصى المكسر المار من منخل (12.7) ملم ومرتد على منخل (9.525) ملم بقطر (1.11) سم وكانت الكثافة الكتلية (2680) كغم/م³ و تم قياس الكثافة في مختبر فيزياء التربة التابع لقسم هندسة الموارد المائية/كلية الهندسة/جامعة الموصل، حيث تم اجراء مئة وعشرون تجربة باستخدام جدار منخلي كما في الشكل (3) وعشرون تجربة بدون استخدام جدار منخلي كما في الشكل (4).

3. تحليل ومناقشة النتائج

إن العوامل المؤثرة على خصائص حفرة النحر مؤخر الجدران المنخلية متعددة ويمكن صياغة العلاقة الخاصة بعمق النحر بالشكل الآتي:

$$D_s = f(q_w, \Phi, t, g, \Delta\rho_s, \mu, d) \dots\dots (1)$$

كما يمكن صياغة العلاقة الخاصة بطول حفرة النحر بالشكل الآتي:-

$$L_s = f(q_w, \Phi, t, g, \Delta\rho_s, \mu, d) \dots\dots (2)$$

إذ أن

$$D_s = \text{عمق حفرة النحر (سم)}, L_s = \text{طول حفرة النحر (سم)}, q_s = \text{التصريف المار فوق الهدار لوحدة عرض (م³/ثانية/م)}, \Phi = \text{قطر فتحات الجدار المنخلي (سم)}, t = \text{سمك الجدار المنخلي (سم)}, g = \text{التعجيل الأرضي (م/ثانية²)}, \Delta\rho_s = \text{الكثافة الكتلية لمواد القعر المغمورة} = (\rho_s - \rho_w) \text{ (كغم/م³)}$$

فيزيانبا للتحرري عن المقياس المؤثر لدعامات الجسور الاسطوانية على النحر الموضعي ولتخمين أقصى عمق للنحر حول الدعامات باستخدام الاقطار (10,20,30,40,60,100) ملم ومتوسط اقطار الجزيئات (0.5-0.7) ملم . وأجرى [10] (Al-Hafidh, et.al.2022) دراسة لطواهر النحر والتعرية في نهاية مجرى لقناة انبوبية باستخدام ثلاث احجام لمواد القعر (0.75, 0.325, 0.45) سم حيث تم قياس اكب عمق وطول لحفرة النحر في نهاية المجرى مع شكل حفرة النحر وظهرت النتائج ان بازدياد التصريف يزداد عمق وطول حفرة النحر مع ازدياد حجم مواد القعر وتم استنتاج معادلتين تجريبيتين احدهما لحساب عمق حفرة النحر والاخرى لطول حفرة النحر. وأجرى [11] و [12] Rajaratnam and Hurtig, 2000, Yeh and Shrestha, (1989) عدد من التجارب لتبديد طاقة الجريان خلف الجدران المنخلية (Screen Walls) وتبين بانه يمكن استخدام الجدران المنخلية كمبددات للطاقة الفعالة نهاية المنشآت الهيدروليكية. وأجرى [13] (Balkis, 2004) سلسلة من التجارب المختبرية لإيجاد تأثير الجدران المنخلية المائلة على تبديد الطاقة حيث استخدمت جدران منخلية بفتحات قطر كل منها 1 سم وبمسامية 40% واشتملت الدراسة زاوية الميل وسمك الجدار وموقع الجدار على بعد 100 مرة من عمق الماء عند البوابة في مقدم الجريان. حيث تم الحصول على رقم فرود يتراوح بين (5-24). وأظهرت النتائج بان الجدران المنخلية المائلة تبديد طاقة أكبر من الجدران المنخلية العمودية. ودرس [14] (Aslankara, 2007) تأثير عمق الماء الذيلي (Depth of Tail Water) مؤخر الجدران المنخلية (Screen Wall) حيث استخدم الجدران المنخلية الأحادية والثنائية بمسامية 40% مثبتة بصورة عمودية واستنتج بان تبديد الطاقة يكون أكبر باستخدام الجدران بالمقارنة مع التجارب التي بدون جدار كما ان أداء الجدران الثنائية يكون أكفاً. أجرى [15] (Mahmoud, 2010) دراسة مختبرية في قناة بطول 5 م وعرض 30 سم وارتفاع 45 سم واستخدم بوابة كسح للحصول على جريان فوق الحرج (Super Critical Flow) حيث تم استخدام جدران منخلية بثلاثة أقطار (1.6, 1.2, 0.8) سم وبمسك (1.6, 1.2, 0.8) سم ونسبة مسامية 40% لتبديد الطاقة خلف بوابة الكسح وأثبتت النتائج بان هناك قطر أمثل للفتحات وهو 1.2 سم والذي يعطي كفاءة أكبر بالمقارنة مع الأقطار الأخرى. وأجرى [16] (الرحاوي، 2011) عدد من التجارب في قناة مختبرية بطول 24.6 م وعرض 0.8 م وعمق 0.76 م لدراسة النحر خلف الجدران المنخلية العمودية حيث استخدمت ثلاثة نماذج للجدران المنخلية بأقطار (1.6, 1.2, 0.8) سم ولكل نموذج استخدم سمكين للجدار (0.8, 0.4) سم واستخدم نوع واحد من الحصى المكسر بقطر 1.11 سم مؤخر الجدار المنخلي وقد تم تغيير ارتفاع فتحة البوابة مرتين 4 سم و5 سم واستخدم بعدين للجدار المنخلي عن البوابة (X=2, 2.25) م حيث اجري نوعين من التجارب لحساب النحر باستخدام الجدران المنخلية حيث تم اجراء 120 تجربة وقورنت النتائج مع نتائج تجارب أخرى بدون استخدام جدران منخلية وكان عدد التجارب بواقع 20 تجربة. وتوصل [16] (الرحاوي، 2011) الى ان الجدران المنخلية تقلل من طول وعمق حفرة النحر وان القطر الأمثل للجدار المنخلي الذي يعطي اقل حجم لحفرة النحر هو 1.2 سم وان أقصى عمق لحفرة النحر يكون بالقرب من الجدار المنخلي. كما تم التوصل الى إيجاد علاقتين وضعيتين لحساب نسبة عمق النحر وطول حفرة النحر الى أقطار فتحات الجدار المنخلي (D_s/Φ) (D_s/Φ) بدلالة المتغيرات اللابعدية (Fr, d/Φ, t/Φ). قام [17] (Zayed et. al., 2018) بإجراء مجموعة من التجارب المختبرية باستخدام جدران منخلية على شكل مثلث بحيث تتكون من اطار يحوي قضبان دائرية اشبه ما يكون بمصفاة شوائب. حيث درس تأثير تغير زاوية تثبيت المصفاة

$$a_1, b_1, c_1 = \text{معاملات.}$$

يوضح الشكل (5) لجميع الحالات بأن هناك علاقة طردية بين (V_s) و (Fr) حيث تراوح معامل التحديد بين (0.925) إلى (0.998). ونلاحظ بأن الجدار المنخلي بقطر (1.2) سم يعطي أقل حجم للحفرة وفي الشكل (5) للحالات (B,D,G,H) يتلاشى تأثير القطر لكون الأقطار الثلاثة (1.6, 1.2, 0.8) متقاربة في عمق حفرة النحر وطولها. وعند المقارنة مع التجارب بدون استخدام جدار منخلي لوحظ بأنها تعطي حجماً أكبر لحفرة النحر من التجارب باستخدام جدار منخلي.

2.3 تأثير سمك الجدران المنخلية على العلاقة بين حجم حفرة النحر (V_s) و رقم فرود (Fr) .

لمعرفة السمك الأكثر تأثيراً للجدران المنخلية على حجم حفرة النحر، تم رسم العلاقة بين (V_s) و (Fr) مع تغير سمك الجدار المنخلي وبثبوت الفتحة أسفل البوابة وبعد الجدار المنخلي عن البوابة وقطر فتحات الجدار المنخلي، والعلاقة التي وجدت موضحة في المعادلة (5). حيث يوضح الشكل (6:A,B) للحالات المختلفة بأن هناك علاقة طردية بين (V_s) و (Fr) ويستنتج بأن الجدار المنخلي بسمك (0.8) سم يعطي حجماً أقل لحفرة النحر ويكون الفرق واضحاً عند التصاريح العالية أي عندما تكون أرقام فرود كبيرة. وعند المقارنة مع التجارب بدون استخدام جدار منخلي يلاحظ بأن جميع الأشكال تظهر بأن التجارب بدون استخدام جدار منخلي تعطي حجماً أكبر لحفرة النحر من التجارب باستخدام جدار منخلي.

3.3 مخطط سطح الماء

تم دراسة مخطط سطح الماء على طول مقدم ومؤخر الجدران المنخلية، أي في كل تجربة تم قياس ارتفاع مستوى سطح الماء عند مركز القناة من خروج الماء من البوابة أي على بعد (20) سم من البوابة لغاية انتهاء فرش الحصى المكسر إلى أن يصبح سطح الماء أفقياً باتجاه الجريان. تم رسم مخطط سطح الماء لجميع تجارب البحث باختيار نماذج لحالات مختلفة منها، كما في الشكل (7). ويتبين مما عرض في هذه الشكل بأن سطح الماء يأخذ بالارتفاع عند خروجه من البوابة ويكون الجريان مضطرباً ثم يأخذ بالانخفاض ونتيجة لوضع الجدار المنخلي يأخذ سطح الماء مرة أخرى بالارتفاع ثم يأخذ بالانخفاض نتيجة تبديد الطاقة ثم يتذبذب إلى أن يثبت بعد مسافة معينة.

4.3 تغير شكل القعر ثلاثي الأبعاد

من خلال قياس عمق النحر طولياً وعرضياً في القناة، تم تحديد شكل القعر بعد انتهاء كل تجربة باستخدام مقياس العمق (Point Gage) ولتوضيح ذلك تم استخدام برنامج (Surfer - 8.0) لرسم شكل ثلاثي الأبعاد للقعر في حالة استخدام الجدران المنخلية وفي حالة عدم استخدامها. حيث يوضح الشكل (8) أشكالاً ثلاثية الأبعاد للقعر في حالة استخدام الجدران المنخلية وتبين بأن أقصى عمق للنحر يتكون بالقرب من الجدار المنخلي بسبب قوة البثق الناتجة من جريان الماء خلال ثقب الجدران المنخلية وتبين انه بزيادة التصريف يزداد عمق حفرة النحر وطولها. في حين الشكل (8) يوضح شكل ثلاثي الأبعاد للقعر في

$\mu =$ اللزوجة الديناميكية (باسكال . ثانية)، $d =$ ارتفاع الفتحة السفلية للبوابة (سم)

وباستخدام طريقة التحليل الأبعدي للمتغيرات في المعادلة (3) تم التوصل إلى العلاقة اللابعديّة الآتية:

$$\frac{D_s}{\phi} = f\left(\frac{t}{\phi}, \frac{X}{\phi}, \frac{d}{\phi}, Fr, Re\right) \dots \dots \dots (3)$$

كما يمكن صياغة علاقة لا بعديّة لطول حفرة النحر عن طريق التحليل الأبعدي بالشكل الآتي:

$$\frac{L_s}{\phi} = f\left(\frac{t}{\phi}, \frac{X}{\phi}, \frac{d}{\phi}, Fr, Re\right) \dots \dots \dots (4)$$

إذ أن:

$$\frac{D_s}{\phi} = \text{نسبة عمق النحر إلى أقطار فتحات الجدار المنخلين،}$$

$$\frac{L_s}{\phi} = \text{نسبة طول حفرة النحر إلى أقطار فتحات الجدار}$$

$$\frac{t}{\phi} = \text{نسبة سمك الجدار المنخلي إلى أقطار فتحات}$$

$$\frac{d}{\phi} = \text{نسبة ارتفاع الفتحة أسفل البوابة إلى}$$

أقطار فتحات الجدار المنخلي، $X =$ بعد الجدار المنخلي عن البوابة (م)، $Fr =$ رقم فرود بدلالة أقطار فتحات الجدار المنخلي. $Re =$ رقم رينولدز لكن يهمل في القنوات المفتوحة حسب (chow, 1959) وبعد إجراء التحليل البعدي تم إدخال معظم البيانات المتضمنة عمق النحر وطول حفرة النحر مؤخر الجدران المنخلية في البرنامج الإحصائي (SPSS-11.5) للحصول على علاقة وضعية لحساب نسبة عمق النحر إلى أقطار فتحات الجدار المنخلي وكان معامل التحديد (R^2) يساوي (0.9067) وتم التوصل إلى المعادلة التالية:

$$\frac{D_s}{\phi} = 344.39 \left(\frac{t}{\phi}\right)^{-0.83} \left(\frac{X}{\phi}\right)^{-2.53} \left(\frac{d}{\phi}\right)^{0.926} (Fr)^{-1.857} \dots \dots \dots (5)$$

وكذلك علاقة وضعية لحساب نسبة طول حفرة النحر إلى أقطار فتحات الجدار المنخلي وبمعامل تحديد (R^2) يساوي (0.807) .

$$\frac{L_s}{\phi} = 28354 \left(\frac{t}{\phi}\right)^{0.417} \left(\frac{X}{\phi}\right)^{-2.29} \left(\frac{d}{\phi}\right)^{-1.42} (Fr)^{-1.319} \dots \dots \dots (6)$$

1.3 تأثير أقطار فتحات الجدران المنخلية على العلاقة بين حجم حفرة النحر (V_s) و رقم فرود (Fr) .

لغرض معرفة تأثير أقطار فتحات الجدار المنخلي على عمق وطول حفرة النحر، تم حساب حجم حفرة النحر باستخدام البرنامج (Surfer 8.0) تم بعد ذلك رسم العلاقة بين (V_s) و (Fr) بثبوت الفتحة أسفل البوابة وبعد الجدار المنخلي عن البوابة وسمك الجدار المنخلي، ووجد بأن العلاقة غير الخطية هي أفضل العلاقات حيث تعطي أكبر معامل تحديد (R^2) كما يأتي:

$$V_s = a_1 \times Fr^2 + b_1 \times Fr + c_1 \dots \dots (7)$$

- Down Depth Assessment,” *Scour Evaluation Program for Toe-Down Depth Assessment*, Sep. 2000, doi: 10.1061/40517(2000)334.
- [5] A. A. Yousif *et al.*, “Open Channel Sluice Gate Scouring Parameters Prediction: Different scenarios of dimensional and Non-Dimensional input parameters,” *Water*, vol. 11, no. 2, p. 353, Feb. 2019, doi: 10.3390/w11020353.
- [6] M. K. M. Alhealy and G. A. A. M. Hayawi, “Experimental study of the scour depth at downstream weirs has different holes,” *AL Rafdain Engineering Journal*, vol. 24, no. 1, pp. 18–23, Oct. 2019, doi: 10.33899/rengj.2019.163111.
- [7] T. A. Gelmiran, K. I. Othman, and M. Günal, “Investigation of Local Scour Around Group Bridge Pier with Different Shapes,” *AL Rafdain Engineering Journal*, vol. 24, no. 2, pp. 10–22, Dec. 2019, doi: 10.33899/rengj.2019.164355.
- [8] M. I. Alsaidi, G. A. A.-M. Hayawi, and M. Alsawaf, “Study of Scour Around Cylindrical Bridge Piers with Circular Openings,” *AL Rafdain Engineering Journal*, vol. 25, no. 2, pp. 66–74, Dec. 2020, doi: 10.33899/rengj.2020.126863.1029.
- [9] N. Raesi and M. Ghomeshi, “Effect of bridge pier diameter on maximum depth of scour impacts on the environment,” *SN Applied Sciences*, vol. 2, no. 11, Oct. 2020, doi: 10.1007/s42452-020-03565-6.
- [10] I. A. Al-Hafidh, T. A. Gelmiran, and S. Jasim, “Experimental investigation of erosion downstream culverts,” *Proceedings of the 39th IAHR World Congress*, Jan. 2022, doi: 10.3850/iahr-39wc2521711920221218.
- [11] H. H. Yeh, “Free-Surface Flow Through Screen,” *Journal of Hydraulic Engineering*, Oct. 1989, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(1989)115:10(1371).
- [12] N. Rajaratnam, “Screen-Type Energy Dissipator for Hydraulic Structures,” *Journal of Hydraulic Engineering*, Apr. 2000, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(2000)126:4(310).
- [13] G. Balkış, “Experimental investigation of energy dissipation through inclined screens,” MSc Dissertation, Dept. of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2004.
- [14] V. Aslankara, “Experimental investigation of tailwater effect on the energy dissipation through screens”, MSc dissertation, Dept. of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2007.
- [15] H. A. Mahmoud, “Laboratory Study of Energy Dissipation Using Screen Walls,” MSc dissertation, Dept. of Civil Engineering, University of Duhok, Duhok, Iraq, (2010).

حالة عدم استخدام جدران منخلية وان أقصى عمق للنحر يتكون للقعر في جوانب القناة بعد مسافة من الموقع المفترض للجدار المنخلي أي بالمقارنة مع التجارب باستخدام جدار منخلي كما يوضح الشكل بأن طول حفرة النحر يكون أكبر في حالة عدم استخدام الجدران المنخلية والسبب يعود إلى أن الجريان الموضعي للماء الخارج من البوابة يحرك مواد القعر مسافة أطول.

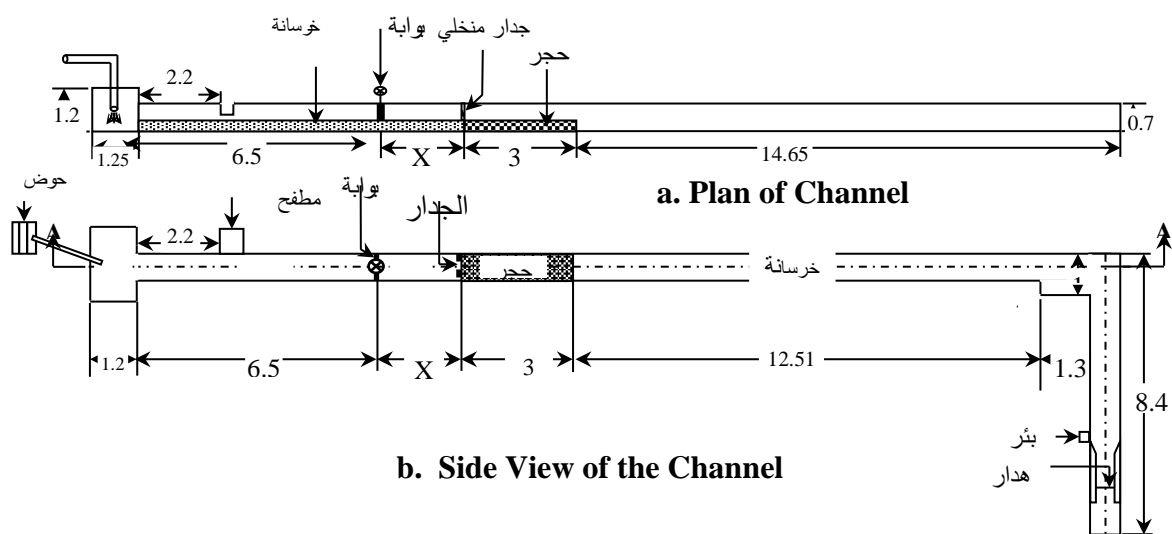
4. الاستنتاجات

- من دراسة تأثير سمك الجدران وأقطار فتحات الجدران المنخلية على العلاقة بين حجم حفرة النحر (V_S) ورقم فرود (Fr)، وجد بأن السمك (0.4) سم يعطي أكبر حجم لحفرة النحر من السمك (0.8) سم وان القطر الأمثل للجدار المنخلي يعطي أقل حجم لحفرة النحر وهو (1.2) سم.
- من دراسة تأثير سمك الجدران وأقطار فتحات الجدران المنخلية على العلاقة بين حجم حفرة النحر (V_S) ورقم فرود (Fr)، وجد بأن التجارب بدون استخدام جدار منخلي تعطي أكبر حجم لحفرة النحر من التجارب باستخدام جدار منخلي.
- اتضح في حالة استخدام الجدران المنخلية بأن أقصى عمق للنحر يتكون بالقرب من الجدار المنخلي بسبب قوة البثق الناتجة من جريان الماء خلال ثقب الجدران المنخلية وتبين انه بزيادة التصريف من 44.8 إلى 23.6 لتر/ ثانية يزداد عمق حفرة النحر بمقدار 12 سم وطولها بمقدار 15 سم وفي حالة عدم استخدام جدران منخلية فإن أقصى عمق للنحر يتكون عند القعر في جوانب القناة بعد مسافة من موقع الجدار المنخلي أي بالمقارنة مع التجارب باستخدام جدار منخلي والسبب يعود في ذلك إلى أن الجريان الموضعي للماء الخارج من البوابة يحرك مواد القعر مسافة أطول.
- وقد تم استنباط علاقتين وضعيتين لحساب نسبة عمق النحر وطوله بدلالة المتغيرات اللابعدية وباستخدام التحليل البعدي .

5. المصادر

- [1] J.-Y. Chen and Y.-H. Hong, “Characteristics of check dam scour hole by free over-fall flow,” *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, vol. 24, no. 6, pp. 673–680, Sep. 2001, doi: 10.1080/02533839.2001.9670664.
- [2] S. Chatterjee and S. Ghosh, “Submerged Horizontal Jet over Erodible Bed,” *Journal of the Hydraulics Division*, vol. 106, no. 11, pp. 1765–1782, Nov. 1980, doi: 10.1061/jyceaaj.0005556.
- [3] K. I. Othman, “Scour downstream an Ogee spillway,” *AL Rafdain Engineering Journal*, vol. 16, no. 3, pp. 143–155, Jul. 2008, doi: 10.33899/rengj.2008.44680.
- [4] C. C. Carriaga, “Scour Evaluation Program for Toe-

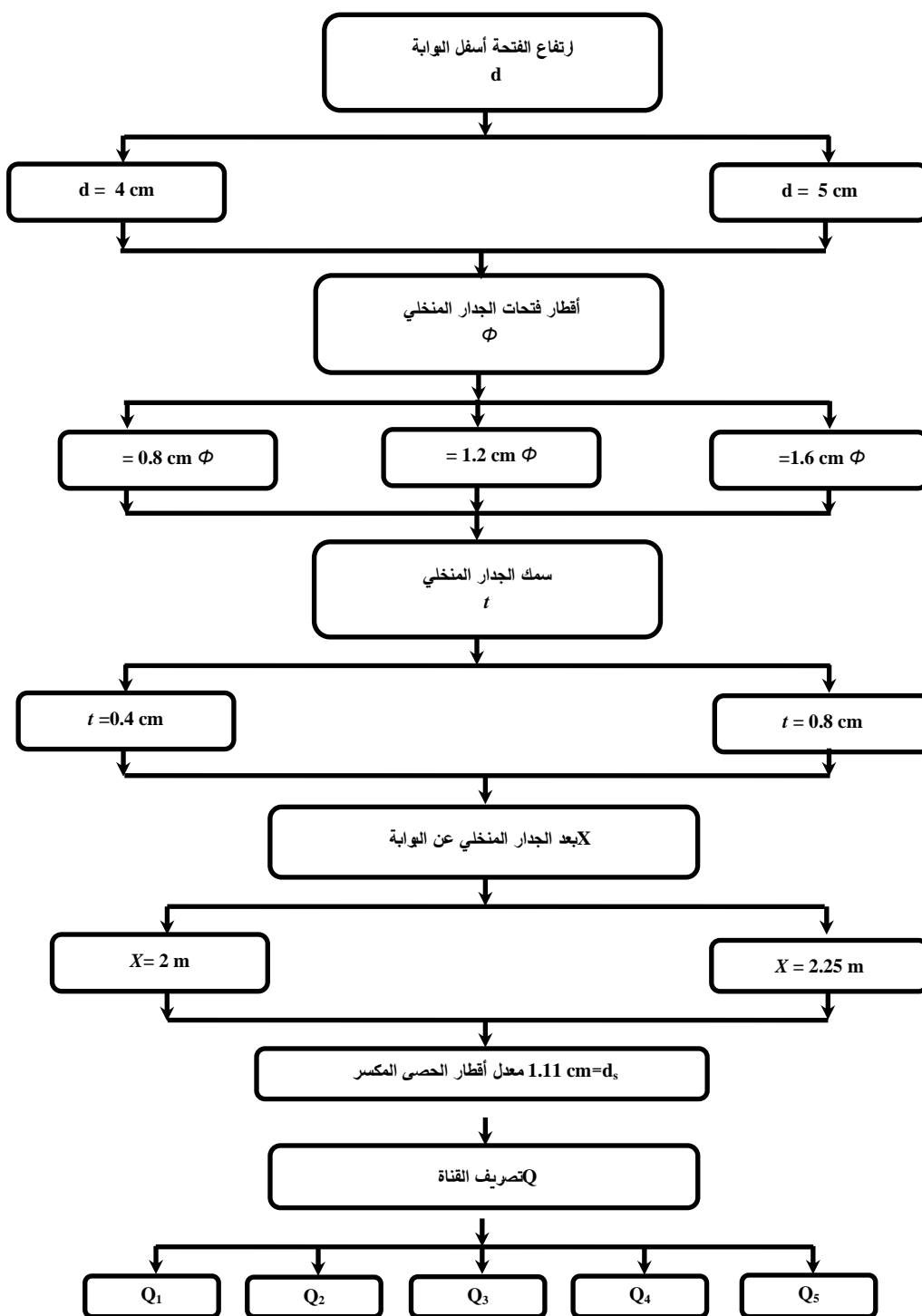
- “Experimental investigation of curved trash screens,” *Journal of Irrigation and Drainage Engineering-asce*, vol. 146, no. 6, Jun. 2020, doi: 10.1061/(asce)ir.1943-4774.0001472.
- [19] P. Çakır, “Experimental investigation of energy dissipation through screens,” MSc dissertation, Dept. of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2003.
- [16] G. F. A. Rahhawi, “Laboratory study of scour Behind the screen walls used for energy dissipation,” MSc dissertation, Dept. of Water Resources Engineering, University of Mosul, Mosul, Iraq, (2011).
- [17] M. Zayed, A. E. Molla, and M. Sallah, “An experimental investigation of head loss through a triangular ‘V-shaped’ screen,” *Journal of Advanced Research*, vol. 10, pp. 69–76, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.jare.2017.12.005.
- [18] M. Zayed, A. E. Molla, and M. Sallah,



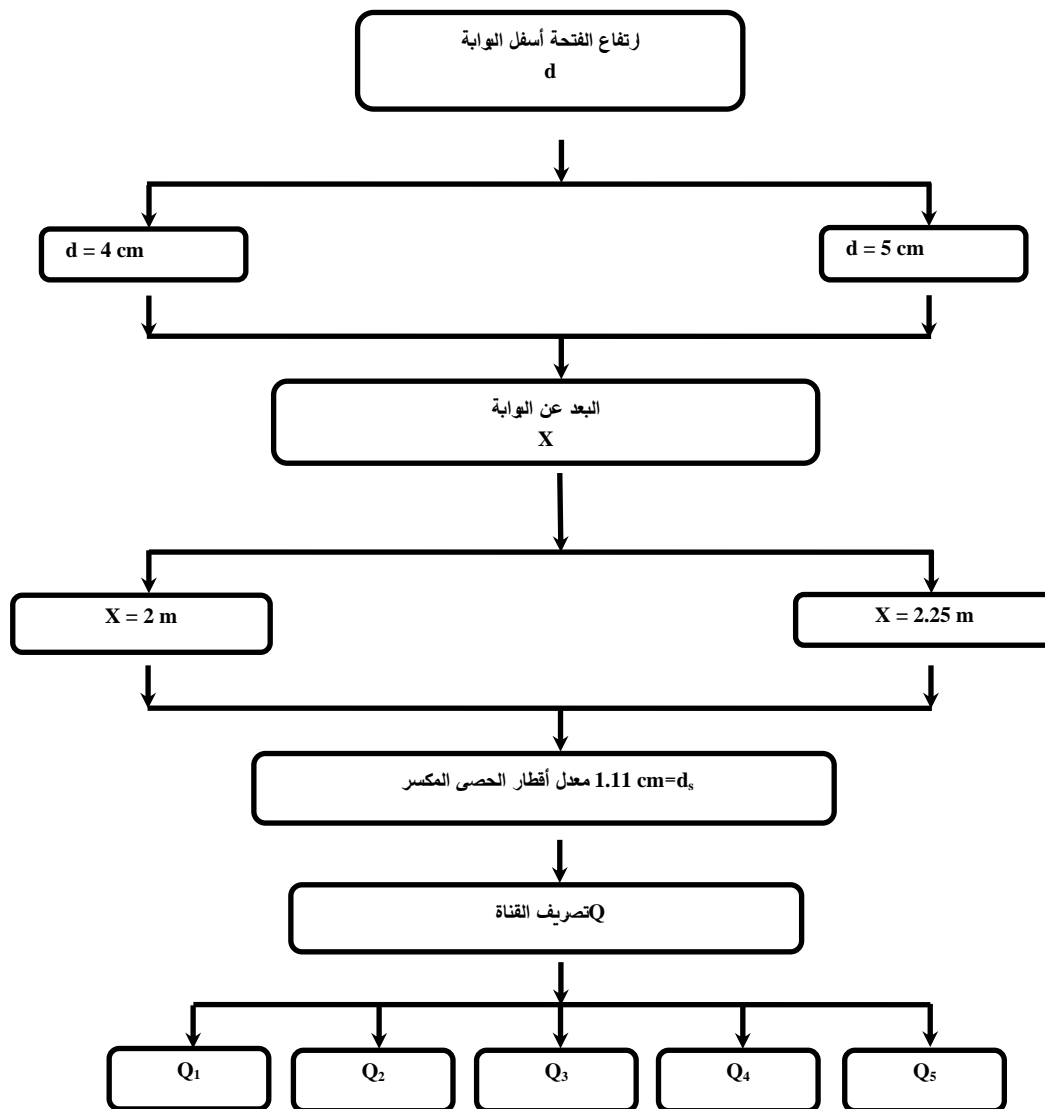
الشكل (1): رسم توضيحي للقناة المخبرية



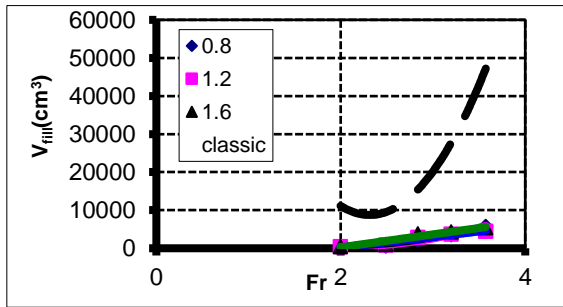
الشكل (2): الجدار المنخلي المستخدم في التجارب بقطر (0.8 وسمك 0.4) سم



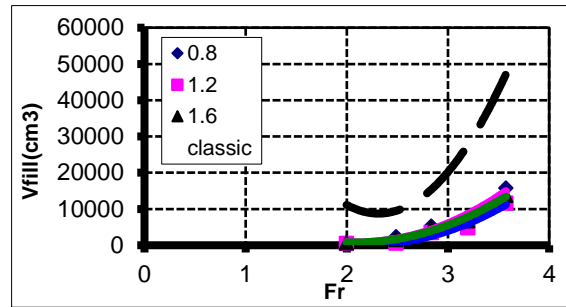
الشكل (3): مخطط العمل المختبري باستخدام جدران منخلية



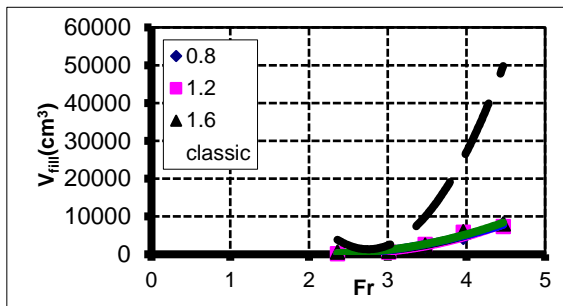
الشكل (4): مخطط العمل المختبري بدون استخدام جدران منخلية



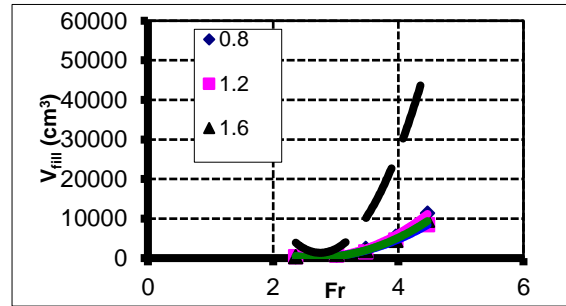
B (d=5cm,X=40d,t=0.8cm)



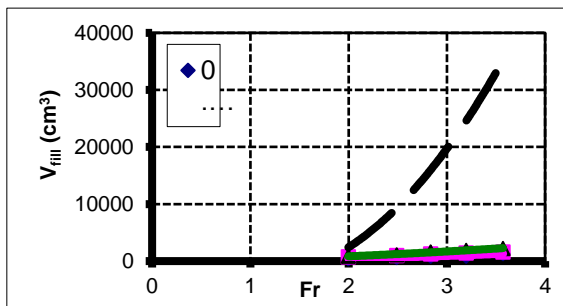
A (d=5cm,X=40d,t=0.4cm)



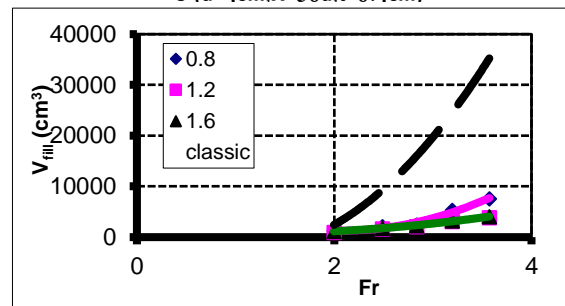
D (d=4cm,X=50d,t=0.8cm)



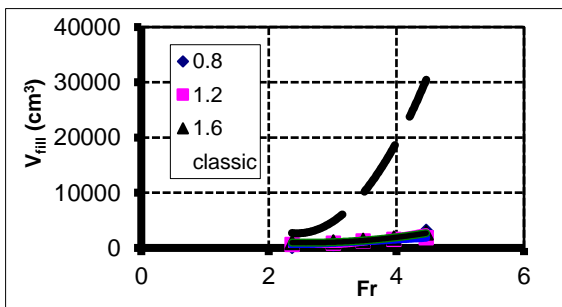
C (d=4cm,X=50d,t=0.4cm)



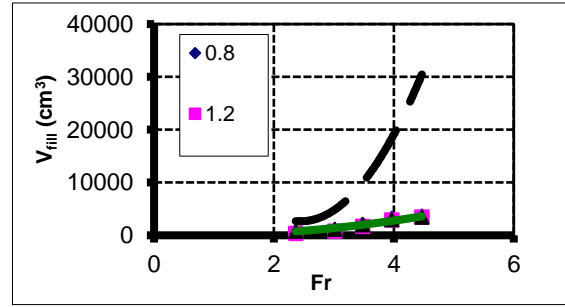
F (d=5cm,X=45d,t=0.8cm)



E (d=5cm,X=45d,t=0.4cm)

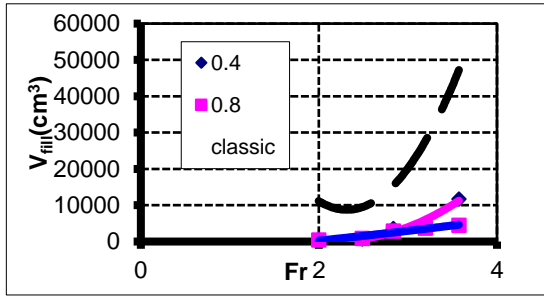


H (d=4cm,X=56.25d,t=0.8cm)

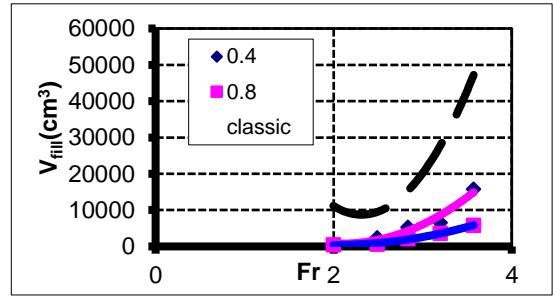


G (d=4cm,X=56.25d,t=0.4cm)

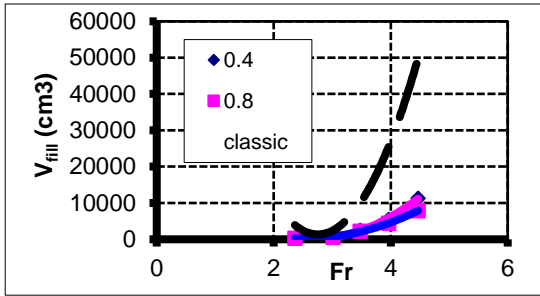
الشكل (5): تأثير اقطار فتحات الجدران المنخلية على العلاقة بين حجم حفرة النحر (V_s) و رقم فرود (Fr)



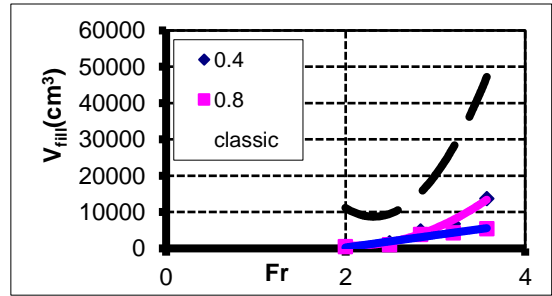
(d = 5 cm, X=40d, $\phi = 1.2$ cm)



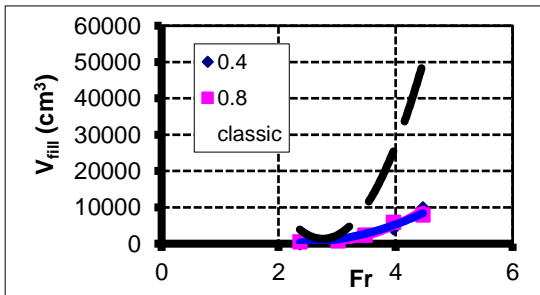
(d = 5 cm, X=40d, $\phi = 0.8$ cm)



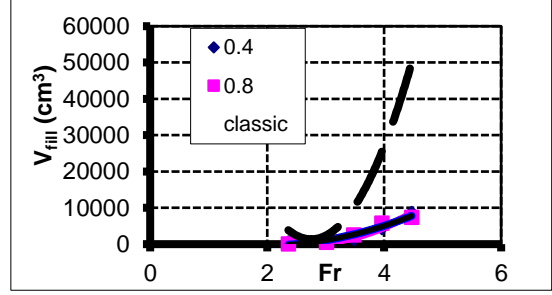
(d = 4 cm, X=50d, $\phi = 0.8$ cm)



(d = 5 cm, X=40d, $\phi = 1.6$ cm)

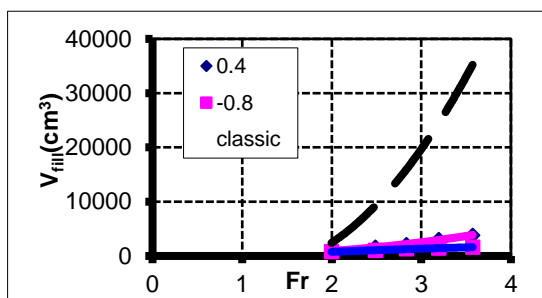


(d = 4 cm, X=50d, $\phi = 1.6$ cm)

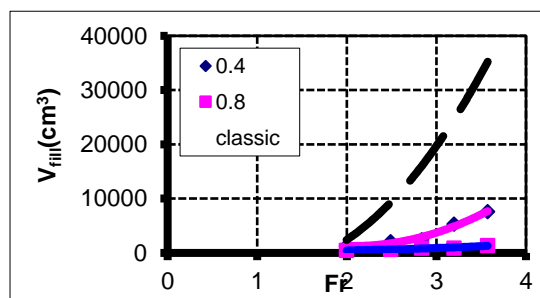


(d = 4 cm, X=50d, $\phi = 1.2$ cm)

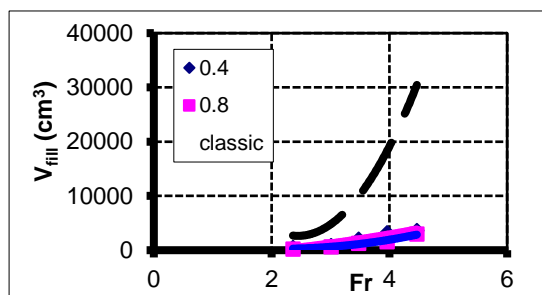
الشكل (6) A : تأثير سمك الجدران المنخلية على العلاقة بين حجم حفرة النحر (V_s) و رقم فرود (Fr).



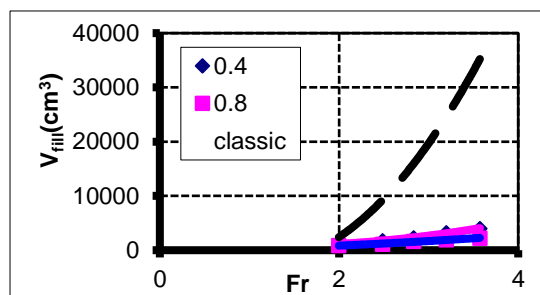
B ($d = 5 \text{ cm}$, $X = 45d$, $\phi = 1.2 \text{ cm}$)



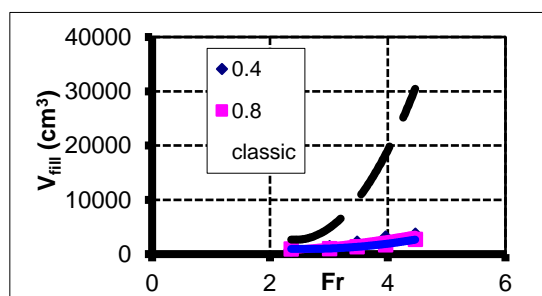
A ($d = 5 \text{ cm}$, $X = 45d$, $\phi = 0.8 \text{ cm}$)



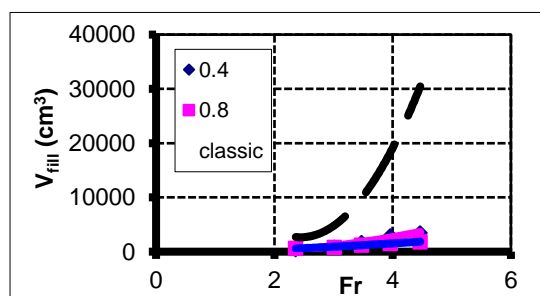
D ($d = 4 \text{ cm}$, $X = 56.25d$, $\phi = 0.8 \text{ cm}$)



C ($d = 5 \text{ cm}$, $X = 45d$, $\phi = 1.6 \text{ cm}$)

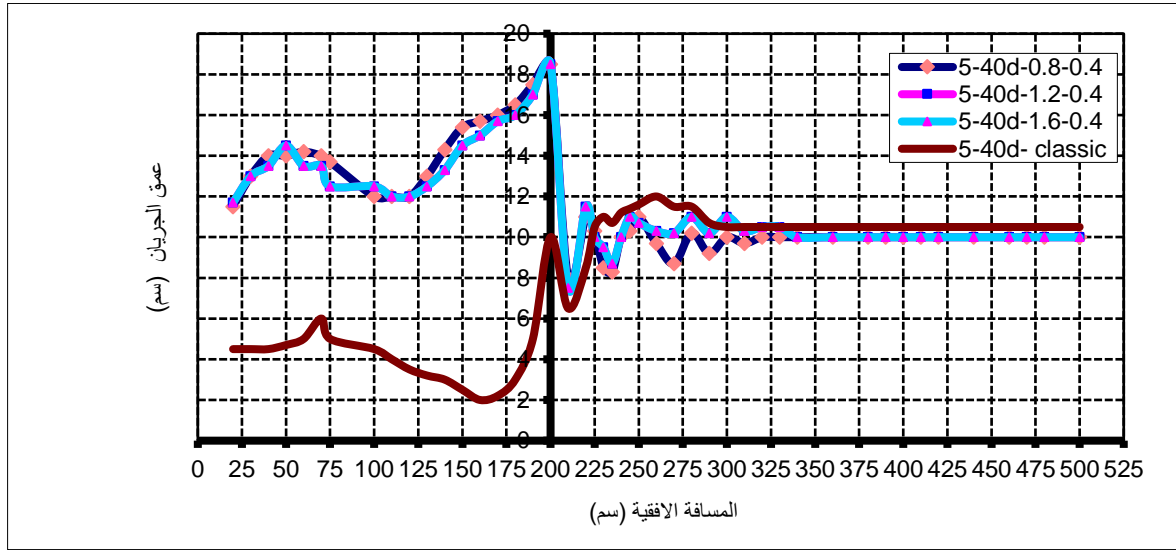


F ($d = 4 \text{ cm}$, $X = 56.25d$, $\phi = 1.6 \text{ cm}$)

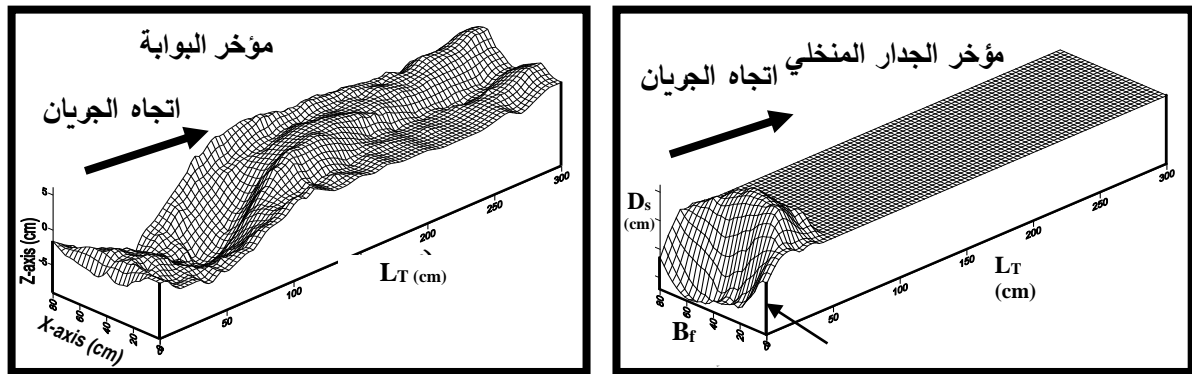


E ($d = 4 \text{ cm}$, $X = 50d$, $\phi = 1.2 \text{ cm}$)

الشكل (6) B : تأثير سمك الجدران المنخلية على العلاقة بين حجم حفرة النحر (V_s) و رقم فرود (Fr).



الشكل (7): يمثل سطح الماء عندما (d=5 cm, X=40d, t= 0.4 cm, Q4= 34.87 l/s)



بدون جدار منخلي

باستخدام جدار منخلي

الشكل (8): يمثل ثلاثي الأبعاد للنحر عندما (d=5cm, X=45d, t= 0.4 cm, Φ =0.8cm, Q₁=50.06 l/s)

قائمة المختصرات

الابعاد	الوصف	الرمز
.....	ثوابت المعادلة الوضعية	a_1, b_1, c_1
L	عرض القناة	B_f
L	ارتفاع الفتحة اسفل البوابة	d
L	عمق حفرة النحر مؤخر الجدار المنخلي	D_s
.....	رقم فرود	Fr
LT-2	التعجيل الأرضي.	g
L	طول القعر المفروش بالحصى المكسر	L_T
	طول حفرة النحر مؤخر الجدار المنخلي	L_s
$ML^{-1}T^{-1}$	اللزوجة التحريكية	μ
L	بعد الجدار المنخلي عن البوابة	X
L	سمك الجدار المنخلي	t
.....	رقم رينولدز	Re
L^3T^{-1}	التصريف الاول	Q_1
L^3T^{-1}	التصريف الرابع	Q_4
L^2T^{-1}	التصريف المار فوق الهدار لوحدة عرض	q_w
L^3	حجم حفرة النحر	V_s
L	قطر فتحات الجدار المنخلي	\emptyset
ML^{-3}	الكثافة الكتلية لمواد القعر	$\Delta\rho$

The Effect of Screen Walls' Properties on Scour Downstream Sluice Gate

Ghufan Faris Alrahhawi*

ghufanalrahhawi@uomosul.edu.iq

Ghania A.A. Hayawi**

ghania_hayawi@yahoo.com

*Petrolume and Refining Engineering Department, College of engineering, University of Mosul, Mosul, Iraq

**Dams and Water Resource Engineering Department, College of engineering, University of Mosul, Mosul, Iraq

Received: February 28th 2023

Received in revised form: April 1st 2023

Accepted: April 20th 2023

Abstract

Erosion is defined as the displacement of the bottom materials due to the flow energy and moving them to the farthest distance, which negatively affects the stability of the hydraulic structures. In this research, the effect of the properties of the screen walls on scour in open channels was studied. Therefore, the study included evaluating the effect of the diameters of the screen walls openings (ϕ), wall thickness (t), and the ratio of the distance of the screen walls from the gate to the height of the opening below the gate on the scour process. A total of 140 experiments were conducted in concrete channel including one size of gravel, two opening heights (4 and 5 cm) at the bottom of the gate, three diameters of the screen wall openings (0.8, 1.2 and 1.6) cm, two thicknesses of the screen wall (0.4 and 0.8) cm, one value of screen wall porosity (40%), using five discharges in the range of (50.06-27.98) l/sec when $x=40d$, $45d$, and in the range of (44.8-23.68) l/sec when $x=50d$, $56.25d$. The results showed that the screen walls with a diameter of (1.2) cm resulted in the lowest volume of the scour hole while experiments conducted without screen walls led to largest volume of scour hole. Moreover, the screen walls of (0.8) cm thickness leads to less volume of the scour hole as compared to those for the screen walls of (0.4) cm, especially for high discharge i.e. for high values of Fr number. Two empirical relations were proposed to compute the scour depth ratio and its length in term of dimensionless variables using dimension analysis.

Keywords

Eenergy dissipation, screen wall, scour