

دراسة النحر مؤخر قناطر مختلفة الأشكال

إبراهيم عادل إبراهيم الحافظ

مدرس مساعد

مركز بحوث السدود والموارد المائية - جامعة الموصل

الخلاصة

تم في هذا البحث إجراء دراسة مختبرية لظاهرة النحر في الأرضيات الرملية مؤخر قناطر مختلفة الأشكال حيث تم استخدام أربع أشكال من القناطر، قنطرة دائرية وقنطرة بيضوية وقنطرة مستطيلة وقنطرة مربعة، اعتمد في القنطرة المستطيل والبيضوية أفضل مقطع هيدروليكي لتحديد أبعادها. تضمنت الدراسة حساب أقصى عمق وطول لحفرة النحر مؤخر هذه القناطر ومقارنتها مع بعضها، ودراسة شكل توزيع حبيبات الرمل المستخدم مؤخرها. تم استخدام خمسة تصارييف لكل نموذج من القنطرة.

اتضح من نتائج التجارب المختبرية ان اقل عمق نحر لنفس التصريف كان في القنطرة البيضوية المقطع تلاها المستطيلة المقطع يلي ذلك القنطرة المربعة ثم الدائرية. كما لوحظ بشكل عام للقناطر الأربع أن الرمل الناعم جدا يبدأ بالتجمع على جانبي بثق الماء والرمل الخشن (الحصى الناعم) يتركز في الوسط وأمام بثق الماء الخارج من القنطرة.

الكلمات الدالة: القناطر المستطيلة، القنطرة المربعة، القنطرة الدائرية والقنطرة البيضوية، النحر.

Study of Scour Downstream Different Shapes of Culverts

In this research a laboratory study was carried out to investigate the scour phenomenon in sandy soil beds downstream different shapes of culverts, Four shapes of culverts such as circular, ellipse, rectangular and square were used. So, a best hydraulic section was used in rectangular and ellipse shapes. The study includes the measurement and comparison of maximum scour depth and length of scour hole downstream these different shapes of culverts. Also, the distribution of soil parts was studied. It was used five discharges for each one of culvert.

Laboratory results of this study showed that the minimum depth of scour in the same discharge occurred downstream ellipse culvert and then rectangular culvert and then square culvert and the last circular culvert.

Key words: Rectangle culvert, Square culvert, Circular culvert , ellipse culvert, Scour.

مقدمة

من هذه القناطر معتمدة على شكل المقطع العرضي، حيث يلاحظ منها الأنبوبي الدائري والبيضوي الشكل والصندوقية والذي يكون إما مربع أو مستطيل الشكل.

تعد القناطر من المنشآت الهيدروليكية المهمة في تصريف المياه عند تقاطع القنوات او جداول المياه والوديان مع الطرق المختلفة. حيث يوجد عدة أنواع

العمل المختبري

تم إجراء العمل المختبري في قناة حديدية ذات جوانب زجاجية وقعر ثابت بطول (١٠م) وعرض (٠,٥م) وعمق (٠,٦٥م) كما يوجد حوض تهدئة مقدم القناة بطول (٢م) وثبت على جداري القناة مقاطع من الحديد بشكل أفقي تستخدم كسكة ثبت عليها مقياس العمق (Point Gauge) المستخدم في قياس ارتفاع الماء فوق السد الغاطس الخاص بحساب التصارييف وأخر لقياس أعماق النحر مؤخر القناطر.

يتم تغذية القناة بالماء بواسطة مضخة ذات تصريف تصميمي يصل إلى (٦٠) لتر/ثا متصلة بخزانات معدنية موجودة بجانب القناة والتي تعد المجهز الوحيد للماء. يتم قياس التصريف في القناة بواسطة هدار ذو حافة حادة (Sharp Crest Weir) حسب المواصفات البريطانية (British Standard Institution, 1985) ^[٢] مثبت مقدم القناة حيث يتم قراءة عمق الماء فوقه بواسطة مقياس العمق (Point Gauge) ومن ثم إيجاد قيمة التصريف مقابل هذا العمق، حيث استنبطت معادلة مختبرية لحساب التصريف مقابل ارتفاع الماء فوق السد الغاطس. كما تم تثبيت مقياس العمق على عربة تتحرك على طول القناة لقياسات أعماق وأطوال شكل حفرة النحر المتكونة مؤخر المنشأ.

تم تصنيع أربع نماذج من القناطر البلاستيكية دائرية ومستطيلة ومربع وبيضوي، وهذه الأشكال تتوحد فيما بينها بمساحة مقطع القنطرة حيث كانت مساحة المقطع لكل قنطرة من القناطر الأربع هو (٢٧,٤٣) سم^٢ والشكل (١) يبين مقاطع القناطر الأربع تم اعتماد أفضل مقطع هيدروليكي لكل من القنطرة المستطيلة والبيضوية كما استخدم نوع واحد من الرمل الطبيعي غير المنخول والذي فرش مؤخر القناطر بشكل مستوي مع قاعها بسمك (٢٠) سم وبطول (١,٥) متر وبعرض القناة (٥٠) سم، والشكل

يعد النحر الحاصل مؤخر القناطر من أهم المشاكل التي تواجه هذه المنشآت الهيدروليكية والتي تؤدي في كثير من الأحيان إلى انهيار وتدمير المنشأ وبالتالي التأثير المباشر على الطريق المقام والمنشأ عليها.

تم في هذا البحث دراسة مشكلة النحر الحاصل مؤخر هذه القناطر حيث تم استخدام أربعة مقاطع مختلفة الشكل من القناطر وهي الأنبوبي ذو المقطع الدائري والبيضوي والصندوقي بمقطعيه المربع والمستطيل حيث درس شكل النحر الحاصل وراء كل قنطرة علماً انه تم استخدام خمسة تصارييف لكل شكل مع استخدام نوع واحد من التربة على حده ومن ثم تم مقارنة أشكال حفرة النحر من حيث عمقها وطولها ومسافة أعمق نقطة في الحفرة عن نهاية القنطرة وطول بثق الماء للقناطر.

الدراسات السابقة

درس الباحثون (Liriano, Day & White, 2002) ^[٣] مشكلة النحر مؤخر القناطر الأنبوبية، معتمداً على قياسات الجريان المضطرب وتأثيرها على عمق وطول حفرة النحر الحاصلة في مؤخرة القناطر الأنبوبية.

كما درس الباحثان (Mazurek, 2003, Rajaratnam) ^[٤] النحر الحاصل نتيجة تأثير تدفق الماء بسرع مختلفة من بثق على تربة غرينية حيث تم قياس أعمق نقطة للنحر وطول حفرة النحر وموقع اعمق نقطة للنحر بتغير سرعة جريان المياه وذلك بتغيير قطر البثق.

كما درس الباحثون (الجبوري وآخرون، ٢٠٠٨) ^[٥] النحر الحاصل في الأرضيات الحصوية مؤخر القناطر الأنبوبية حيث استخدموا ثلاث نماذج من الحصى مع ثلاث أقطار للقنطرة الأنبوبية وعدة تصارييف واستنبطوا عدة معادلات لحساب عمق وطول حفرة النحر مؤخر هذه القناطر.

القنطرة البيضوية المقطع كون أن بثق الماء الخارج من القنطرة كان موزع على عرض اكبر من القنطرة الأنبوبية وبالتالي فإن قيمة ضغط الماء الواقع على سطح الرمل الموجود مؤخرها كان موزعاً على عرض اكبر من باقي القناطر، تلاها القنطرة المستطيلة المقطع والتي تماثل القنطرة البيضوية بعرض مقطع الجريان ثم جاءت القنطرة الصندوقية المربعة المقطع بالمرتبعة الثالثة من حيث عمق النحر ثم ذات المقطع الدائري والتي حصل فيها اكبر عمق للنحر والشكل (٤) يبين أعماق حفرة النحر لعدة تصارييف للقناطر الأربع المستخدمة في الدراسة.

أما بالنسبة لطول حفرة النحر فقد لوحظ من النتائج المختبرية ان اقل طول لحفرة النحر كان في القنطرة البيضوية المقطع تلاها المستطيلة ثم المربعة المقطع واخيرا الدائرية المقطع والشكل (٥) يبين أطول حفرة النحر للتجارب المختبرية المنجزة.

ونتيجة لاختلاف مقاطع القناطر الأربع فقد لوحظ ان طول بثق الماء الخارج من مؤخر القناطر والذي تم قياسه من بداية خروجه من القنطرة إلى نهاية نقطة ارتطامه بالتربة تغير من قنطرة إلى أخرى ولنفس التصريف فقد كان اقل طول له في القنطرة البيضوية المقطع تلاها المستطيلة المقطع تم المربعة وأخيرا الدائرية المقطع كون ان عرض مقطع الجريان في القنطرتين الأخيرتين اقل منهما في الأولى والثانية مما يعطي بثق أطول والشكل (٦) يبين طول بثق الماء مع التصريف للتجارب المختبرية المنجزة.

ونتيجة لهذا الاختلاف في طول بثق الماء فقد اثر على بعد أعماق نقطة في حفرة النحر عن نهاية القنطرة فقد كان بعد أعماق نقطة في حفرة النحر اقرب في القنطرة البيضوية المقطع جاء بعدها القنطرة المستطيلة المقطع ثم المربعة وأخيرا الدائرية المقطع والشكل (٧) يبين العلاقة بين التصريف المستخدم ومسافة أعماق نقطة في حفرة النحر عن نهاية القنطرة.

(٢) يبين منحني حجم الرمل المستخدم. تم تثبيت مبزل في نهاية طبقة الرمل وهو عبارة عن قطعة خشبية بأبعاد (٥٠×٢٠) سم ذو تقووب بأقطار (٥،٥) سم توضع بشكل عمودي، والشكل (٣) يوضح القناة المختبرية التي تم انجاز البحث فيها.

تم فرش الرمل مؤخر القنطرة وتم التأكد من استواءه بواسطة وزان البناء ذو الفقاعة الهوائية حيث كان مستوى سطح الرمل بنفس مستوى أرضية القنطرة، حصر الرمل مابين القطعة البلاستيكية المثبتة عليها القنطرة والمبزل الواقع على بعد (١،٥) متر من القنطرة. تم تفسير مقياس العمق (Point gage) على سطح الرمل واعتباره المستوي المعتمد كنقطة قياس أي نقطة الصفر، تشغل المضخة بتصارييف مختلفة يتم تحديدها عن طريق ارتفاع الماء فوق هدار القياس وبعد التأكد من توقف النحر تماماً يتم إيقاف المضخة والانتظار لحين بزل الماء. يتم قياس مناسيب القاع مؤخر المنشأ طولياً وعرضياً بعد كل تجربة وعلى مسافة (٢سم) طولياً و (٢سم) عرضياً بين نقطة وأخرى وذلك لتكوين مشبك بيانات مسح لحفرة النحر وتحديد شكل القاع وأعماق النحر الحاصل، والجدول (١) يوضح نتائج العمل المختبري.

مقارنة شكل حفرة النحر للقناطر المختلفة.

إن الهدف من هذه الدراسة هو مقارنة بين أربع أنواع من القناطر مختلفة الأشكال ممكنة التنفيذ ذات مساحة مقطع متساوية وتحديد عمق وطول حفرة النحر المتكونة مؤخر كل شكل من هذه القناطر ومسافة اعماق نقطة في حفرة النحر عن نهاية القنطرة كما تم قياس طول بثق الماء الخارج من مؤخر القنطرة الى نقطة نهاية نقطة ارتطامه بالتربة.

لوحظ من نتائج هذه الدراسة المنجزة أن اقل قيمة لعمق حفرة النحر تم الحصول عليها من استخدام

والجدول (٢) يبين قيمة المعاملات (a_1) و (b_1) ومعامل الارتباط (R) للمعادلة (١) لكافة أشكال القناطر المستخدمة في الدراسة.

٢. العلاقة بين طول حفرة النحر والتصريف

كما تم استنباط علاقة خطية أيضاً لحساب طول حفرة النحر مؤخر كل شكل من أشكال القناطر حيث لوحظ بأنها أفضل من العلاقة الأسية كونها تعطي قيمة أعلى لـ (R^2) بشكل عام وكما يلي:

$$L_s = a_2 \times Q + b_2 \dots\dots\dots(2)$$

والجدول (٣) يبين قيمة المعاملات (a_2) و (b_2) ومعامل الارتباط (R) للمعادلة (٢) لكافة أشكال القناطر المستخدمة في الدراسة.

توزيع جزيئات الرمل في حفرة النحر.

لوحظ من التجارب المختبرية التي تم اجرائها كافة انه نتيجة لدومات المياه المرجعة نتيجة لارتطام بثق الماء الخارج من القنطرة بالتربة سوف تترسب جزيئات الرمل الناعم جدا على جانبي حفرة النحر في حين تترسب جزيئات الحصى وسط وأمام بثق الماء واللوحات رقم (١) و (٣) و (٥) و (٦) تبين شكل حفرة النحر مع توزيع جزيئات الرمل مؤخر القنطر المستطيلة والمربعة والأنبوبية والبيضوية على التوالي لأحد التجارب المنجزة. في حين توضح اللوحتان رقم (٢) و (٤) حركة الماء الخارج من القنطرة.

الاستنتاجات

١. تبين النتائج المختبرية التي تم التوصل إليها أن القنطرة البيضوية تعطي اقل عمق وطول لحفرة النحر المتكونة مؤخرها تاليها القناطر الصندوقية المستطيلة تاليها المربعة ثم الأنبوبية.

٢. بينت النتائج ان اقل مسافة من نهاية القنطرة وأعمق نقطة في حفرة النحر كان في القنطرة

عليه ومن النتائج المختبرية التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة لوحظ أن أفضل القناطر من ناحية عمق وطول حفرة النحر للترب الرملية كان في القنطرة البيضوية المقطع والتي لا تستخدم بشكل كبير في تصاميم المنشآت الهيدروليكية بعذر صعوبة تنفيذها ويتم استبدالها بالقناطر الأنبوبية الدائرية المقطع كونها متوفرة بشكل كبير، إلا أنها تعطي أعمق وأطول حفرة نحر مؤخرها.

غير أن القنطرة الأنبوبية الدائرية المقطع أعطت أفضل نتائج من ناحية بعد أعمق نقطة في حفرة النحر عن نهايتها من باقي القناطر حيث كلما ابتعدت أعمق نقطة في حفرة النحر عن نهاية القنطرة كان أفضل لابتعادها عن أسس المنشأ.

كما تعد القناطر الصندوقية المستطيلة أيضاً من أفضل القناطر والتي أعطت نتائج جيدة جداً مقارنة بالقنطرة الأنبوبية والصندوقية المربعة من ناحية العمق والطول ومسافة أعمق نقطة لحفرة النحر والتي تعد سهلة التنفيذ مقارنة بالبيضوية الشكل وتعتبر حالة وسط بين القنطرة البيضوية والدائرية.

والأشكال (٨) و (٩) و (١٠) و (١١) ثلاثي وثنائي البعد للتجربة الثالثة والمبينة بياناتها في الجدول (١) للقناطر الأربع المستخدمة في الدراسة والتي تبين الفرق ما بين حفرة النحر المتكونة مؤخر هذه القناطر.

العلاقة بين خصائص حفرة النحر والتصريف (Q)

١. العلاقة بين عمق حفرة النحر والتصريف

من النتائج المختبرية التي تم الحصول عليها تم استنباط علاقات خطية لحساب عمق النحر مؤخر كل شكل من أشكال القناطر حيث لوحظ بأنها أفضل من العلاقة الأسية كونها تعطي قيمة أعلى لـ (R) بشكل عام وكما يلي:

$$D_s = a_1 \times Q + b_1 \dots\dots\dots(1)$$

1. JAIN. A.K., "Fluid Mechanics" , Romesh chander khanna, dahlhi, India, 1980. البيضوية ثم الصندوقية المستطيلة ثم المربعة ثم الأنبوبية، نتيجة لتغير في طول بثق الماء الخارج من القنطرة.
2. British Standard Institution. "Methods of Measurement of Liquid Flow in Open Channel", London, England, BS3680, (PartA), 1985. ٣. لوحظ ان مسافة أعماق نقطة لحفرة النحر مقاسة من نهاية القنطرة الى مركز الحفرة كانت في القنطرة الأنبوبية تلاها المربعة ثم المستطيلة واخيرا البيضوية.
3. Liriano, S.L. and Day R.A., "Scour at Culvert Outlets as Influenced by the Turbulent Flow Structure". Jouranal of Hydraulic Research, Vol.40, No.3, 2002. ٤. تم استنباط علاقتين خطيتين لحساب عمق وطول حفرة النحر للقناطر الأربع المستخدمة بالاعتماد على التصريف المار خلال القنطرة.
4. Mazurek, K.A. "Scour of Cohesive Soil by Submerged Plane Turbulent Wall Jets". Jouranal of Hydraulic Research, Vol.41, No.2, 2003. ٥. يلاحظ توزيع جزيئات الرمل الناعم جدا على جوانب حفرة النحر فيما تركز الجزيئات الخشنة (الحصى الناعم) مقدم وأمام حفرة النحر.
٥. الجبوري، موفق يونس وآخرون ، "دراسة مختبرية للنحر مؤخر القناطر الأنبوبية"، المؤتمر الدوري لمركز بحوث السدود والموارد المائية، جامعة الموصل، (٢٠٠٨).

المصادر

جدول (١) : برنامج التجارب المختبرية

شكل القنطرة	رقم التجربة	عمق النحر Ds (سم)	الطول الكلي لحفرة النحر Ls (سم)	مسافة أعماق نقطة في حفرة النحر عن القنطرة X (سم)	طول بثق الماء L jet (سم)	التصريف Q (لتر/ثا)
القنطرة الأنبوبية الدائرية	١	3.5	٢٦	٧	٤,٢	1.0271
	٢	5.3	٣٣	١٢	١١	1.9
	٣	6.7	٤٠	١٨	١٨	3.077
	٤	10.5	٦٤	٢٨	٢٤,٥	4.109
	٥	١١	٧٢	٣٢	٢٨,٥	5.027
القنطرة الصندوقية المربعة	١	2.5	٢٢	٦	٤,١	1.0271
	٢	3.2	٣٠	٩	١٠	1.9
	٣	5.3	٣٨	١٦	١٧	3.077
	٤	8.4	٦٠	٢٢	٢٤	4.109
	٥	9.2	٦٦	٢٤	٢٨	5.027
القنطرة الصندوقية	١	2.1	١٨	٤	٤,١	1.0271
	٢	2.9	٢٨	٨	٧,٠	1.9

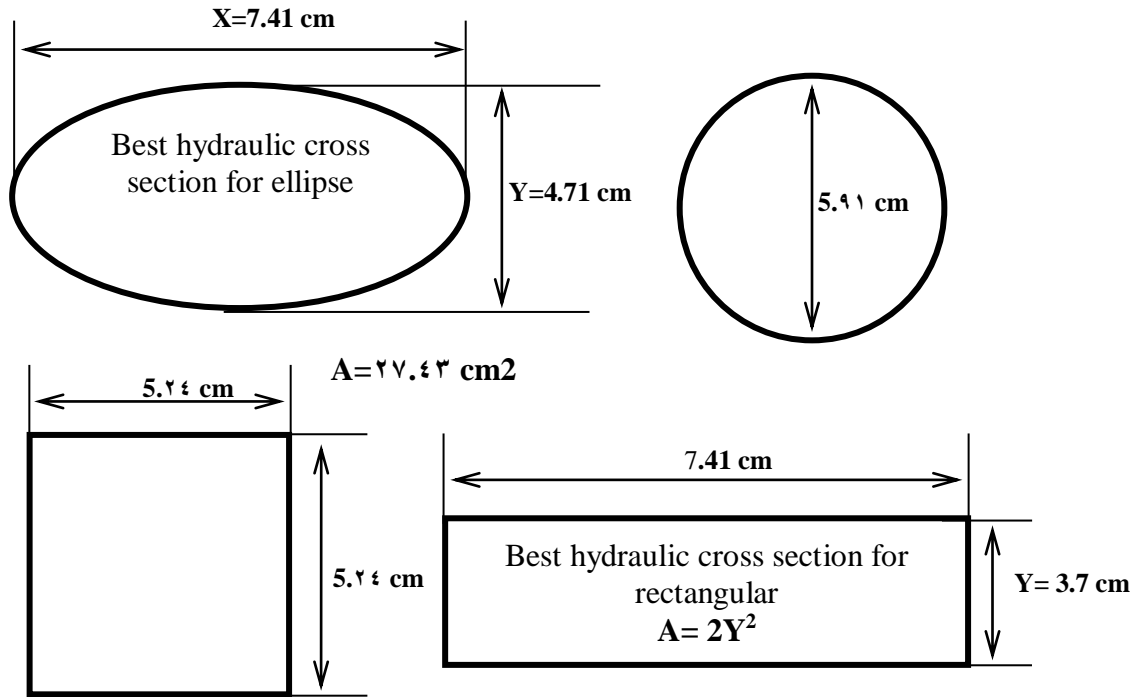
3.077	١٦	١٣	٣٦	4.5	٣	المستطيلة
4.109	٢١	١٧	٥٤	6.5	٤	
5.027	٢٧,٥	٢٤	٦٢	7.9	٥	
1.0271	٤,٠	٣	١٥	١,٦	١	القنطرة الأنبوبية البيضوية
1.9	٦,٥	٦	٢٥	٢	٢	
3.077	١٥	١٢	٣٥	٤,٢	٣	
4.109	٢٠,٥	١٦	٤٥	٥,٣	٤	
5.027	٢٦,٥	٢٢	٥٨	٧,٥	٥	

الجدول (٢): قيم المعاملات a_1 و b_1 ومعامل الارتباط للمعادلة (١)

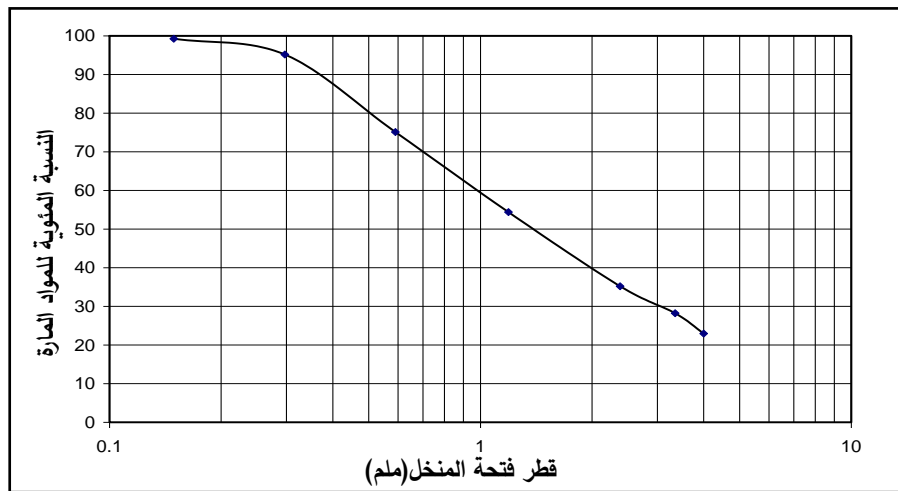
شكل القنطرة	a_1	b_1	R
الأنبوبية	1.9808	1.4021	0.980
الصندوقية المستطيلة	1.4905	0.2666	0.994
الصندوقية المربعة	1.8308	0.1764	0.983
البيضوية	1.4814	- 0.3656	0.984

الجدول (٣): قيم المعاملات a_2 و b_2 ومعامل الارتباط للمعادلة (٢)

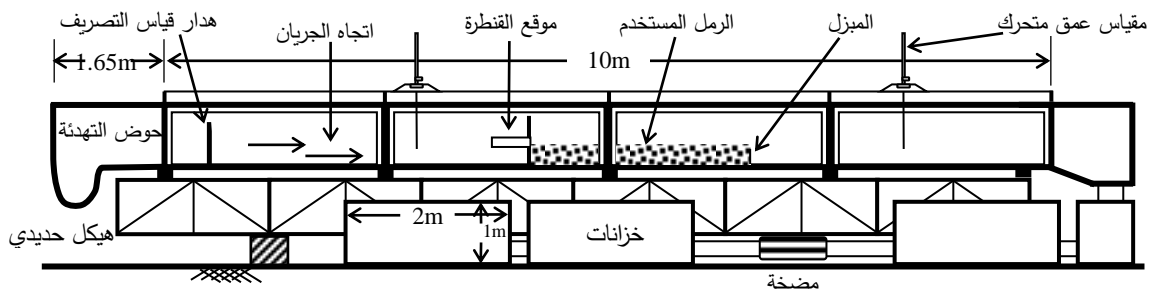
شكل القنطرة	a_2	b_2	R
الأنبوبية	13.936	1.6008	0.962
الصندوقية المستطيلة	20.153	14.177	0.985
الصندوقية المربعة	11.724	7.1004	0.964
البيضوية	10.454	4.1464	0.998



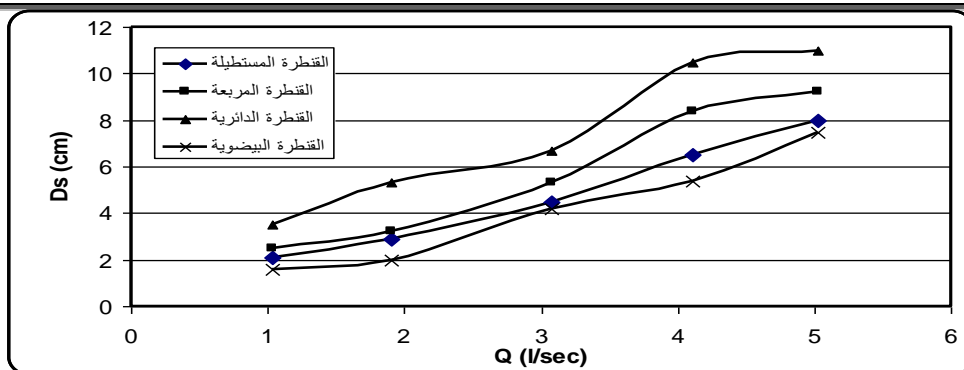
الشكل (١): مقاطع القنوات المستخدمة في البحث



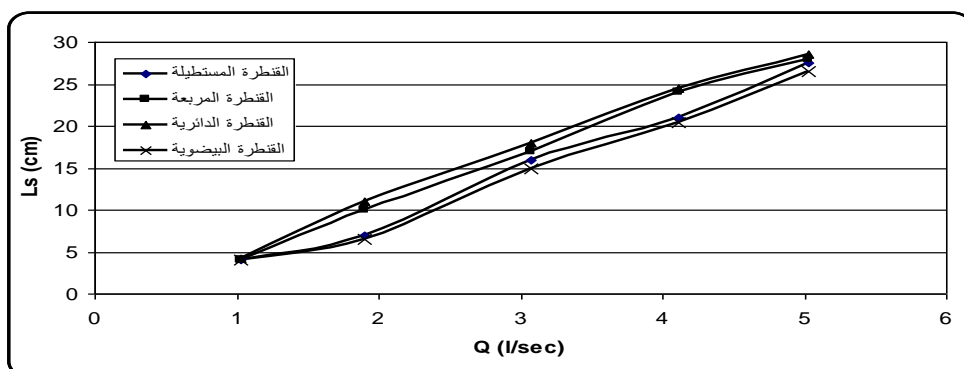
الشكل (٢): التحليل المنخلي للرمل المستخدم



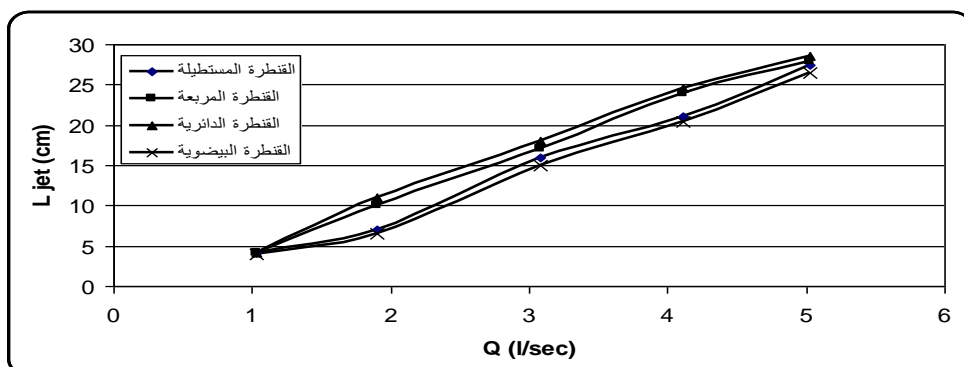
الشكل (٣): مخطط القناة المختبرية المستخدمة في البحث



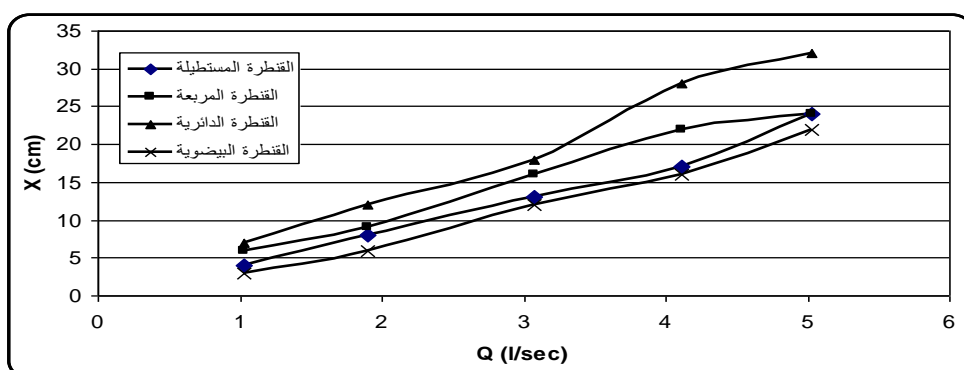
الشكل (٤): العلاقة بين عمق النحر والتصريف للقناطر المستخدمة في الدراسة



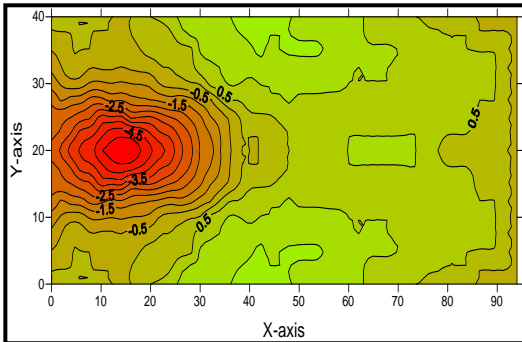
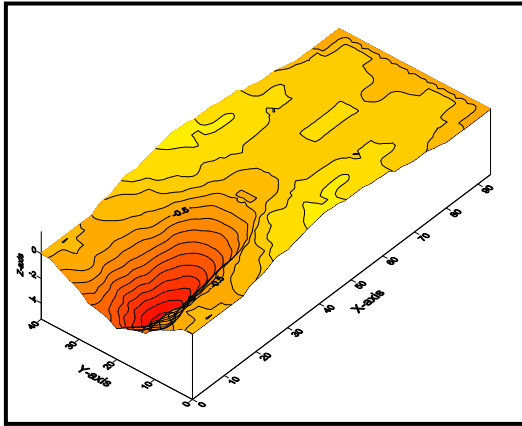
الشكل (٥): العلاقة بين طول حفرة النحر والتصريف للقناطر المستخدمة في الدراسة



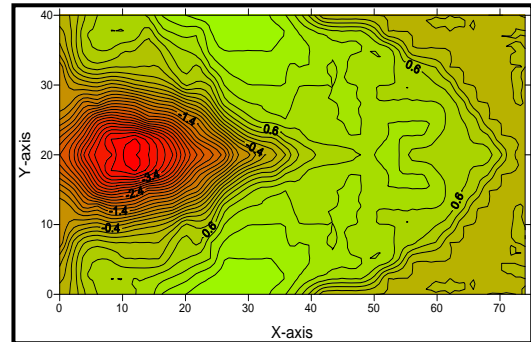
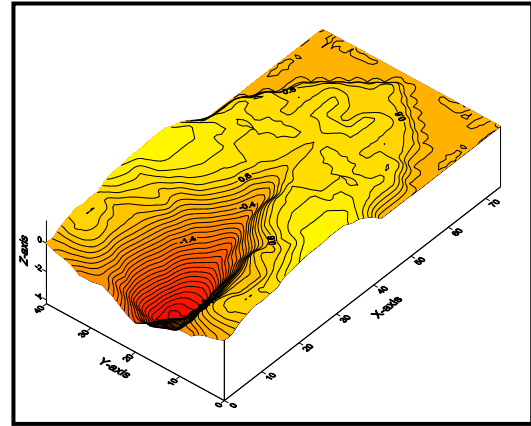
الشكل (٦): العلاقة بين طول بثق الماء الخارج من القنطرة والتصريف للقناطر المستخدمة في الدراسة



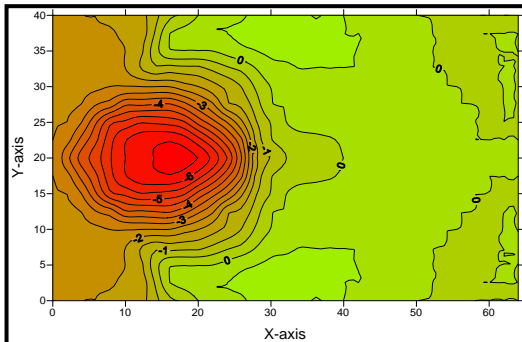
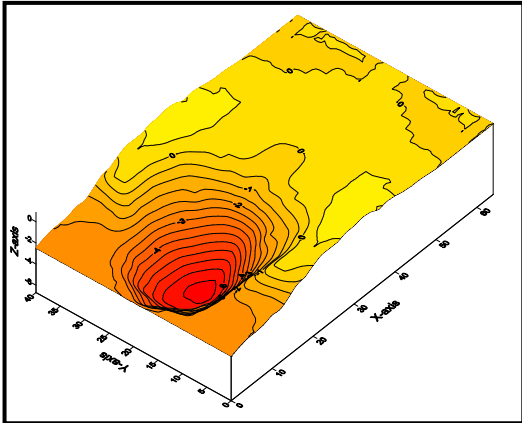
الشكل (٧): العلاقة بين مسافة أعرق نقطة في حفرة النحر والتصريف للقناطر المستخدمة في الدراسة



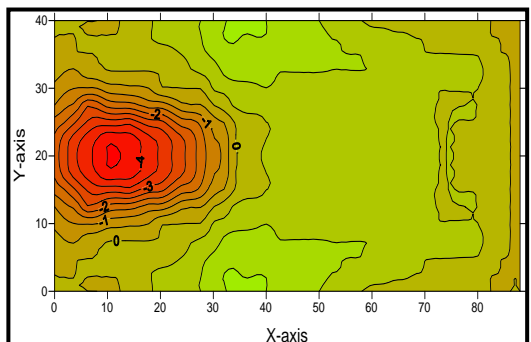
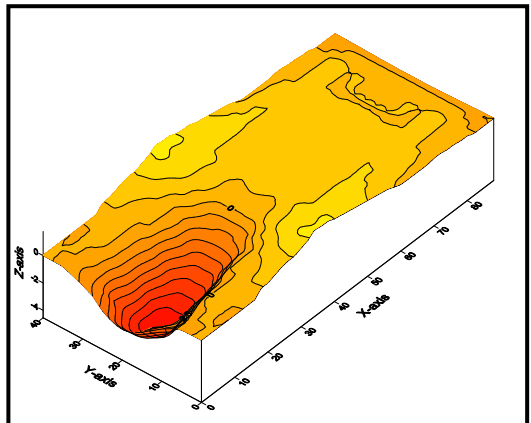
الشكل (١٠): ثلاثي وثنائي الأبعاد للتجربة
الثالثة للقنطرة المربعة



الشكل (٨): ثلاثي وثنائي الأبعاد للتجربة
الثالثة للقنطرة البيضوية



الشكل (١١): ثلاثي وثنائي الأبعاد للتجربة
الثالثة للقنطرة الدائرية



الشكل (٩): ثلاثي وثنائي الأبعاد للتجربة
الثالثة للقنطرة المستطيلة



لوحة (١): حفرة النحر مؤخر القنطرة المستطيلة



لوحة (٢): حركة الماء الخارج من القنطرة المستطيلة لنفس التجربة



لوحة (٣): حفرة النحر مؤخر القنطرة المربعة



لوحة (٤): حركة الماء الخارج من القنطرة المربعة لنفس التجربة في الصورة (٣)



لوحة (٥): حفرة النحر مؤخر القنطرة الأنبوبية



لوحة (٦): حفرة النحر مؤخر القنطرة البيضوية