تأثير نسبة التخصر وشكل الكتف على عمق النحر الموضعي عند أكتاف الجسور

بلال سعد خليل
قسم هندسة السدود والموارد المائية

د. موفق يونس محمد
قسم هندسة السدود والموارد المائية
كلية الهندسة / جامعة الموصل

الخلاصة

تتأثر عملية النحر عند أكتاف الجسور بتقلص مجرى الماء خصوصا عندما تشغل الأكتاف حيزا مؤثر من مسار الجريان، كما أن شكل الكتف هو ألآخر له تأثير مهم على عمق النحر الحاصل عند الكتف، تم في هذا البحث إجراء سلسلة من التجارب المختبرية لدراسة تأثير كل من نسبة التخصر التي يحدثها الكتف وشكل الكتف على عمق النحر الحاصل عند الأكتاف، كما تم تحديد موقع أقصى عمق للنحر إذ تم دراسة ثلاث أشكال للأكتاف ولثلاث نسب للتخصر مع تغيير التصريف ، وتبين أن شكلي الكتف الدائري النهاية والمائل بزاوية (30) يعطيان عمق للنحر أقل من الكتف مستطيل الشكل أذ بلغت نسبة التقليل (22%) في الكتف دائري النهاية و(27%) في الكتف المائل بزاوية (30^o) تم التوصل إلى معادلة لا بعدية لتخمين عمق النحر بالاعتماد على بيانات التجارب المختبرية باستخدام البرنامج الإحصائي (SPSS 11.5) وبمعامل تحديد (R^2=0.933).

الكلمات الدالة: النحر، الأكتاف، التخصر.

Effect of the Contraction ratio and the Shape of the Abutment on the Local Scour at a Bridge Abutments

Bilal. S K* Dr. Mwafaq . Y M**

Abstract

Scour process at the abutment of bridge is influenced by the contraction of the stream flow specially when the abutment immure an effective width of the stream flow, also the shape of the abutment has an important effects on the scour depth at the abutment. In this paper a series of laboratory experiments were carried out to study the effect of contraction ratio and abutment shape on the scour and its maximum depth at the abutment. Three shapes of abutments with three-contraction ratio with different flow rates were used. The result of the experiments showed that the circular shape and (30^o) angle abutments reduce scour compared with that, which was, occur at the rectangular abutment. The reduction of scour depth with circular shape is about (22%) where that with (30^o) angle is about (27%), also a dimensionless general empirical formula was created for the calculation the scour depth by using the (SPSS 11.5) Statistical program a Coefficient (R^2=0.933) of determination.

Keywords: Scour, Abutment, Contraction.

أستلم: 8 – 7 - 2013 قبل: 21 – 2 - 2015

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المقدمة:

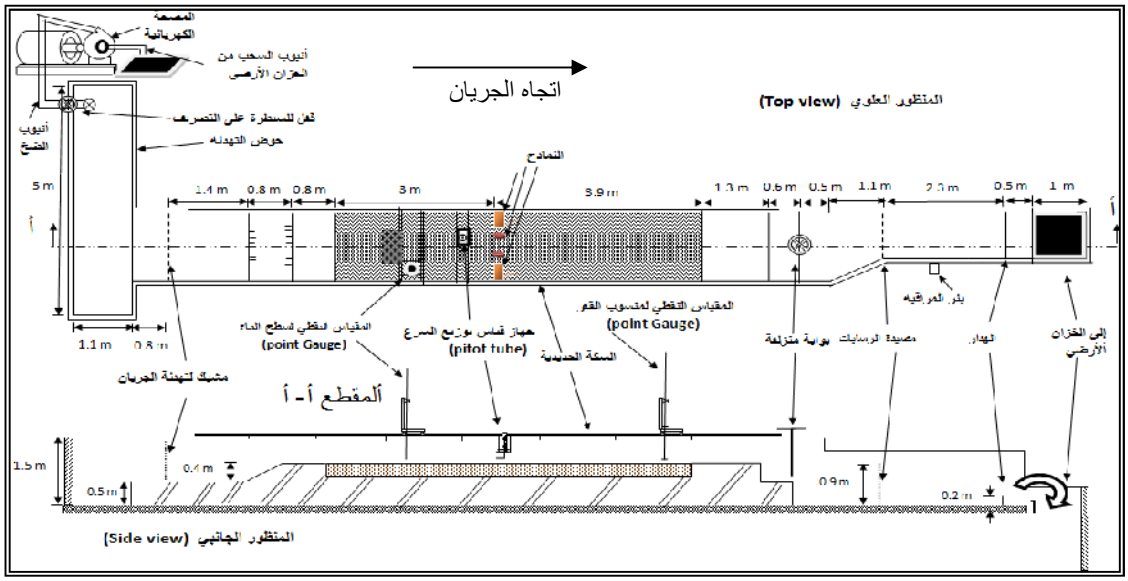
تعتبر الجسور من المنشآت الحيوية المهمة والتي تسهل عمليات التنقل للأفراد ونقل البضائع وغيرها فهي تلعب دورا مهما في الازدهار الاقتصادي والحضاري لأي مدينة، إن من ابرز المشاكل التي تعاني منها الجسور هي ظاهرة النحر والتي تعرف على إنها انتقال مواد قعر وجوانب المجرى المائي نتيجة زيادة جهد القص عن الجهد الحرج لمواد القعر والتي تؤدي إلى التقليل من قوة التحمل للتربة وتخلخل الأسس و بالتالي حدوث انهيار قد يكون مفاجيء للمنشأ، إن لإنهيا ر أو فشل الجسور آثار اجتماعية واقتصادية سلبية كثيرة، وقد دونت على شكل تقارير بعض بيانات هذه المشكلة في الولايات المتحدة ونيوزلندا كما في (Melville,1992) وكذلك (Cardoso and Bettess,1999) وقد أظهرت إن إصلاح الجسر يأخذ جزء مهم من المصاريف الوطنية، لذا فقد تم دراسة النحر الموضعي عند الأكتاف والدعامات لعدة عقود وتم التوصل إلى معادلات تجريبية أو شبة وضعية (تقريبية)،[من الأمثلة الحديثة على هذه الدراسات (Hager& Oliveto2002) , (Coleman, 2003)؛ (Fael.et.al,2006)] والتي اعتمدت على عوامل مسيطر عليها لإيجاد عمق النحر وذلك بتمثيل النظام بصيغة لا بعديه. ودرس باليو وآخرون (Ballio et.al, 2009) النحر الموضعي نتيجة التخصرات لتحديد تأثير التقلص في مسار الجريان على النحر الوضعي، وأجرى يوسفبور وآخرون (Yousefpour. et. al, 2011) دراسة نظريه لإيجاد عمق الأساس غير المعلوم للجسر مع توقع عمق النحر باستخدام الشبكات العصبية الصناعية.

تم في هذا البحث دراسة تأثير نسبة التخصر التي تحدثها الأكتاف في المجرى المائي (L/B) إذ أن (L) تمثل طول الكتف العمودي على اتجاه الجريان وتمثل (B) عرض المجرى المائي قبل التخصر وكذلك شكل الكتف على عمق النحر الموضعي حيث اخذت ثلاث نسب للتخصر (50,35,20%) مع ثلاث أشكال للأكتاف (مستطيل و دائري النهاية ومائل بزاوية (30^o) باتجاه الجريان) مع أمرار خمس تصاريف مختلفة في كل حالة في قناة مختبرية مجهزة بمقاييس مهيئه لهذا الغرض كما تم تحديد النسبة التي يحدث عندها النحر نتيجة التخصر (Contraction Scour) وذلك لمعرفة شكل الكتف الذي يعطي أقل عمق للنحر وتم التوصل إلى معادلة لا بعدية لتمثيل عملية النحر عند كل شكل من أشكال الأكتاف تحت الدراسة.

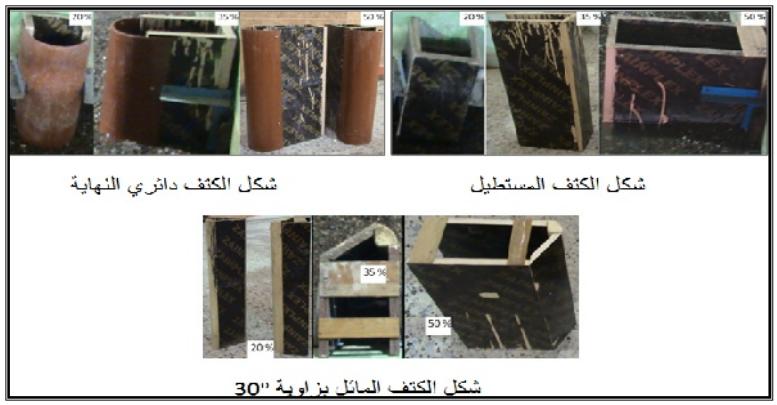
العمل ألمختبري :

أجريت جميع تجارب هذا البحث في مختبر الهيدروليك التابع لقسم هندسة السدود و الموارد المائية – جامعة الموصل باستخدام قناة خرسانية مفتوحة مستطيلة المقطع بطول (18 m) وعرض (1.5 m) وعمق(0.7 m) وكما موضح بالشكل رقم (1)، تم إمرار الماء الصافي في جميع التجارب وفرشت أرضية منطقة الدراسة بمواد قعر (رمل كنهش) بمتوسط أقطار (d_{50}= 2.23 mm) وانحراف معياري (σ_g=4.18) لتكون القناة بقعر متحرك في منطقة الدراسة البالغ طولها (6.9 m) وعرضها بعرض القناة وتم وضع نماذج الأكتاف على جانبي القناة وعلى بعد (3 m) من بداية منطقة الدراسة للحصول على جريان مستقر ومنتظم ، تم في هذا البحث دراسة ثلاث أشكال من الأكتاف هي (المستطيل قائم الزاوية و الدائري النهاية و الكتف المائل بزاوية (30) مع اتجاه الجريان) كما مبين في اللوحة رقم (1)، صنعت جميعها من الخشب البلوك المطلي بالصبغ لتقليل الاحتكاك مع الجريان المار، تم تثبيت طولها الموازي للجريان كنسبة (10%) من عرض القناة قبل التخصر اي بطول (15cm) أما طولها العمودي على اتجاه الجريان فكان في البداية (37.5 cm) ثم تم قصها ليكون طولها (26.25 cm) وبعد ذلك تقص مرة أخرى ليكون طولها (15 cm) وبذلك تعمل ثلاث نسب للتخصر في مقطع القناة هي (50,35,20%) على التوالي، تم إمرار خمسة تصاريف لكل شكل من أشكال الأكتاف وعند كل نسبة من نسب التخصر ليكون المجموع الكلي للتجارب (45) تجربة وكما في الشكل رقم (2)،تم تثبيت التصاريف المارة في جميع التجارب وهي(60 ,50.1 , 30.3,40.13 , 20.88 l/s) كما تم في كل تجربة عمل تشبيك لمنطقة الدراسة لقياس منسوب سطح الماء ومنسوب القعر وكما في الشكل رقم (3) الذي يوضح برنامج العمل المختبري واللوحة (2) نموذج للنحر الحاصل عندالكتف دائري النهاية ولنسبة تخصر (50%).

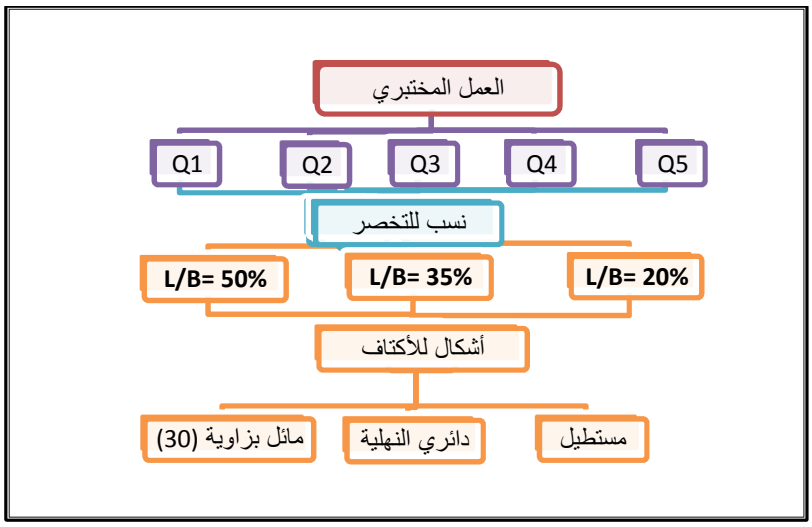
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل رقم (1) القناة المختبرية المستخدمة في أداء التجارب

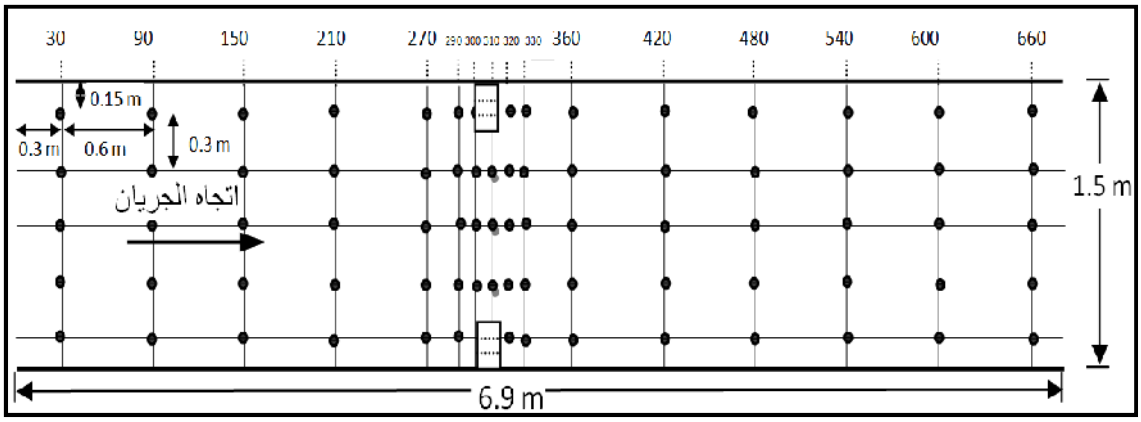


اللوحة رقم (1) الأكتاف المستخدمة في أداء التجارب



شكل رقم (2) جدول العمل ألمختبري.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل رقم(3) التشبيك المتبع في أخذ مناسيب سطح الماء ومناسيب القعر في جميع التجارب

الجدول (1): القراءات المختبرية لمنسوب سطح القعر بالـ(cm) للتصريف (60 L/s) ولشكل الكتف الدائري الذي يحدث نسبة تخصر في مقطع القناة مقدارها (20%).

المسافة من مركز التخصر (cm)	الأبعاد من الضفة اليسرى للجريان(cm)				
	15	45	75	105	135
-280	-0.3	-0.1	0	0	-0.1
-220	-0.1	-0.3	0	0.2	-0.1
-160	0.0	0.2	-0.1	0.3	0.1
-100	-0.2	0	0.2	0.1	0.1
-40	-0.3	-0.1	0.1	0.1	0
-20	-0.2	-0.1	-0.2	0.1	0.1
-10	-4	0.1	0.1	0	-4.7
0 مركز التخصر	-6.1	0	-0.1	0.1	-6.3
10	-3	-0.1	-0.4	-0.1	-3.2
20	2.2	-0.4	-0.3	-0.5	2.3
50	2	0.2	0	0	2.2
110	-0.2	0	0.5	0.9	0.4
170	-0.7	-0.3	0.1	0.4	0.1
230	-0.2	-0.4	-0.6	0.1	0
290	-0.6	-0.4	-0.5	0.1	-0.1
350	-1.3	-1	-0.5	-0.9	-0.7
أعمق نحر حاصل هو(6.3 cm) وحصل مقدم الكتف عند مركز الخصر.					

- الرقم الموجب يعني ترسيب أو تكدس والرقم السالب يعني نحر .

التحليل البعدي وتحليل النتائج:

يتأثر عمق النحر عند أكتاف الجسور بالعديد من العوامل كمعدل سرعة الجريان (V_{av}) وعمق الجريان (h) والتعجيل الأرضي (g) وعرض المجرى المائي (B) وطول الأكتاف العمودي على الجريان (L) وطوا الأكتاف الموازي للجريان (W) ومعدل قطر مواد القعر (d_{50}) وانحرافها المعياري (σ_g) وشكل الكتف (k) وهو معامل لابعدي والكثافة الكتلية لمواد القعر (ρ) و الكثافة الكتلية للماء (ρ_w) واللزوجة الكينماتيكية للماء (υ) وميل قعر القناة (S_o) .

تم أجراء التحليل البعدي باستخدام نظرية باكينكهام (Buckingham theory) باعتبار أن المتغيرات الأساسية هي عرض القناة (B) والتعجيل الأرضي (g) وكثافة الماء (ρ)، وكانت نتيجة التحليل كالتالي:

$$\frac{d_s}{(Bh)^{0.5}} = f\left(F_r, \frac{L}{B}, \frac{W}{B}, \frac{h}{d_{50}}, \frac{B}{d_{50}}, S_o, k, \frac{\rho_w}{\rho}, Re, \sigma_g\right) \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

يمكن حذف بعض العناصر لأنها ثابتة خلال كطول الأكتاف الموازي للجريان (W) ومعدل قطر مواد القعر (d_{50})و انحرافها المعياري (σ_g) وانحدار القناة (S_o)، ويمكن حذف أخرى لقلة تأثيرها كتغير نسبة كثافة الماء (ρ_w) إلى كثافة مواد القعر(ρ) ورقم رينولدز (Re) لأن الجريان في القنوات المفتوحة يتأثر بالجاذبية أكثر من اللزوجة. وبالتالي ستكون المعادلة بالشكل التالي.

$$\frac{d_s}{(Bh)^{0.5}} = f\left(F_r, \frac{L}{B}, k\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

تم تثبيت شكل الكتف لكل حالة أي أن (k) يمكن تثبيتها وصياغة المعادلة بالشكل التالي:

$$\frac{d_s}{(Bh)^{0.5}} = A\, F_r{}^{n} \left(\frac{L}{B}\right)^{m} \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

تؤخذ قيم (A ,n ,m) من الجدول التالي وحسب شكل الكتف.أذ تم إستنتاج هذه القيم من بستخدام برنامج (SPSS-11.5) وبالأعتماد على بيانات التجارب المختبرية.

جدول (2): قيم معاملات المعادلة (3) مع معامل التحديد لكل حالة .

شكل الكتف	n	m	A	قيمة معامل التحديد (R^2)
المستطيل	3.11	1.06	14.405	0.9592
دائري النهاية	3.298	1.101	13.974	0.871
المائل بزاوية (30)	4.564	0.9097	36.37	0.911

ولإيجاد معادلة شاملة لجميع الحالات تم أيجاد معامل الشكل (K) للكتف الدائري النهاية والمائل بزاوية (30) من تحليل النتائج المختبرية للتجارب وبثبوت نسبة التخصر (المتغيرات الهندسية) التصريف (متغيرات هيدروليكية) وعلى فرض إن معامل شكل الكتف المستطيل يساوي واحد ليتم إيجاد معاملات شكل الأكتاف على اساسة ولأن قيمتة واحد في جميع البحوث السابقة. لمن يتمكن من ايجدد بحث يوضح كيفية حساب معامل الشكل (K) لذلك تم اقتراح طريقتين لحسابة . إذ تم إجراء جمع تراكمي لقيم عمق النحر لكل شكل من أشكال الأكتاف وبقسمتها على القيم التراكمية للشكل المستطيل تبين أن معامل شكل الكتف دائري النهاية (0.773) ومعامل شكل الكتف المائل بزاوية (30)هو (0.722) ، تم استخدام هذه الطريقة لأنها تعطي أوزان مختلفة لقيم النحر تتناسب وحجمها في المجموع التراكمي (أي تعطي ثقل اكبر لقيم النحر العالية). كما تم رسم قيم النحر لكل شكل مقابل قيم النحر لحالة الشكل المستطيل حيث ان ميل المستقيم المار بين النقاط سيمثل قيمة معامل الشكل للكتف حيث كانت قيمة معامل الشكل للكتف المدور النهاية (0.787) و معامل الشكل للكتف المائل بزاوية (30) هو (0.741) وكما مبين بالشكلين (4 و5)، كمعدل لهذه الطريقتين وللحصول على معامل ارتباط عالي أخذت قيمة (0.78) كمعمال شكل للكتف مدور النهاية وقيمة (0.73) كقيمة معامل شكل للكتف المائل بزاوية (30) وعلى هذا ألأساس تم استنتاج المعادلة التالية بأستخدام برنامج (SPSS-11.5) وبالأعتماد على ثلثي بيانات التجارب.

$$\frac{d_s}{(Bh)^{0.5}} = 30.3\ K\ F_r{}^{3.853} \left(\frac{L}{B}\right)^{1.115} \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

معامل التحديد لهذه المعادلة ($R^2 = 0.933$) .

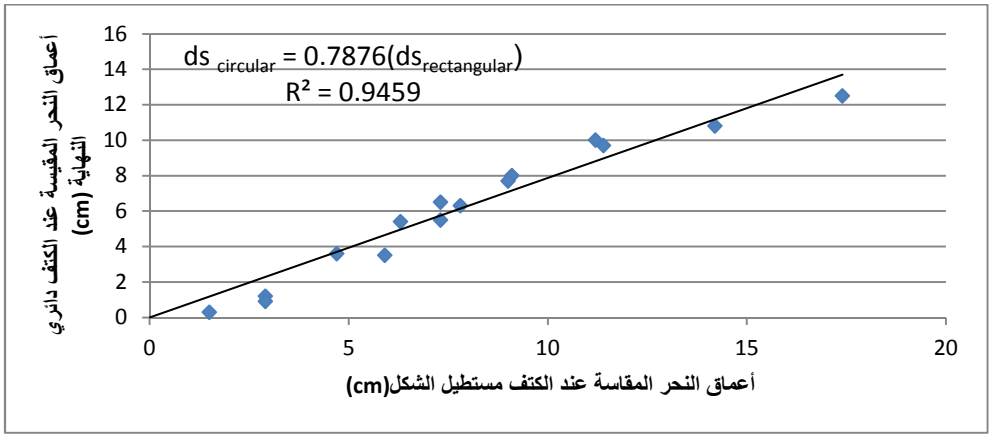
تعتبر المعادلتين (3) و (4) معادلتين لا بعديتين لتخمين أقصى عمق للنحر يمكن أن يحدث وعلى هذا ألأساس يتم تحديد عمق أساس الكتف عند التصميم، ففي الواقع وعند تصميم أساس الكتف فان الكتف أصلا غير موجود في المجرى المائي فسيتم اخذ قيمة (F_r) قبل وجود الكتف والتي بالطبع ستتغير بوجوده وبتغير نسبة التخصر عند موقع الأكتاف والمناطق المتأثرة بالأكتاف مقدم ومؤخر الكتف وبتغير شكله كما بينت التجارب ، لذا ولتكون الدراسة أكثر واقعية ولفصل تأثير نسبة التخصر وشكل الكتف عن تأثير رقم فراود للجريان فقد تم إجراء خمسة تجارب إضافية بدون وجود الأكتاف وتم إمرار نفس التصاريف ومن ثم تم حساب رقم فراود والذي سيمثل حالة المجرى المائي قبل أنشاء الأكتاف وتم اعتماد هذه القيم في إيجاد المعادلتين السابقتين. تم استنتاج المعادلة (4) من ثلثي بيانات التجارب وأستخدم الثلث الباقي للتحقق من دقتها وكما في الجدول (3). والشكل (6) يمثل المقارنة بين القيم المقاسة والمحسوبة من المعادلة رقم (4).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (3): ثلث بيانات التجارب للتحقق من دقة المعادلة (4).

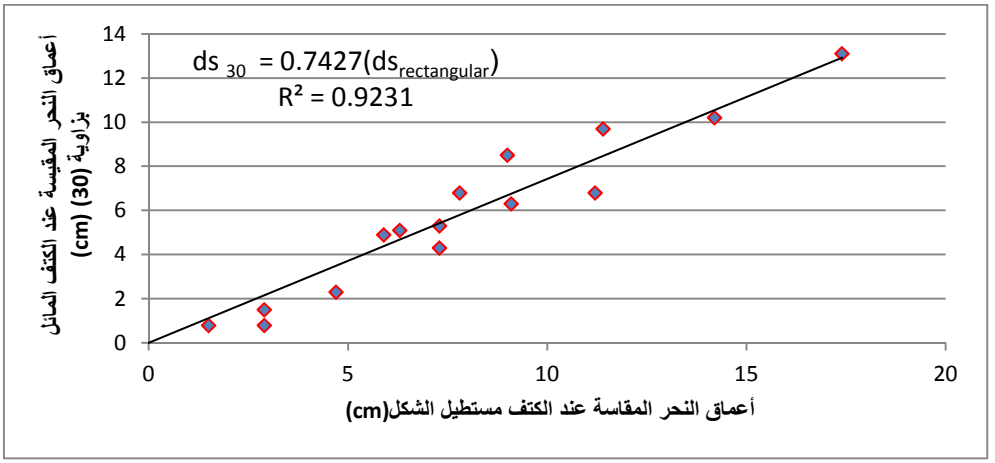
Err %	ds(cm) المحسوبة	k	ds(cm) المقاسة	$\frac{ds}{(h \square b)^{0.5}}$	Fr	v_a (m/s)	Y (cm)	التصريف L/S(Q)	(l/B)	شكل الكتف
7.723	8.3971	1	9.1	0.28285	0.3558	0.2927	6.9	30.3	0.5	مستطيل
0.227	14.168	1	14.2	0.3860	0.3936	0.3703	9.02	50.1	0.5	
-5.763	9.519	1	9	0.2447	0.3936	0.3703	9.02	50.1	0.35	
16.404	3.929	1	4.7	0.1352	0.3733	0.3319	8.06	40.13	0.2	
14.544	6.666	1	7.8	0.2036	0.4176	0.4090	9.78	60	0.2	
18.871	6.490	0.78	8	0.2487	0.3558	0.2928	6.9	30.3	0.5	دائري النهاية
-14.496	14.312	0.78	12.5	0.3264	0.4176	0.4090	9.78	60	0.5	
4.452	7.357	0.78	7.7	0.2093	0.3936	0.3703	9.02	50.1	0.35	
15.644	3.037	0.78	3.6	0.1035	0.3733	0.3319	8.06	40.13	0.2	
18.223	5.152	0.78	6.3	0.1645	0.4176	0.4090	9.78	60	0.2	
11.198	3.819	0.73	4.3	0.1465	0.3232	0.2425	5.74	20.88	0.5	المائل بزاوية (30)
-15.961	7.885	0.73	6.8	0.1956	0.3733	0.3319	8.06	40.13	0.5	
0.041	5.298	0.73	5.3	0.1524	0.3733	0.3319	8.06	40.13	0.35	
19.096	6.877	0.73	8.5	0.2311	0.3936	0.3703	9.02	50.1	0.35	
-23.415	2.839	0.73	2.3	0.0661	0.3733	0.3319	8.06	40.13	0.2	

اللوحة (2): شكل وموقع حفرة النحر للكتف دائري النهاية ولنسبة تخصر (50%).

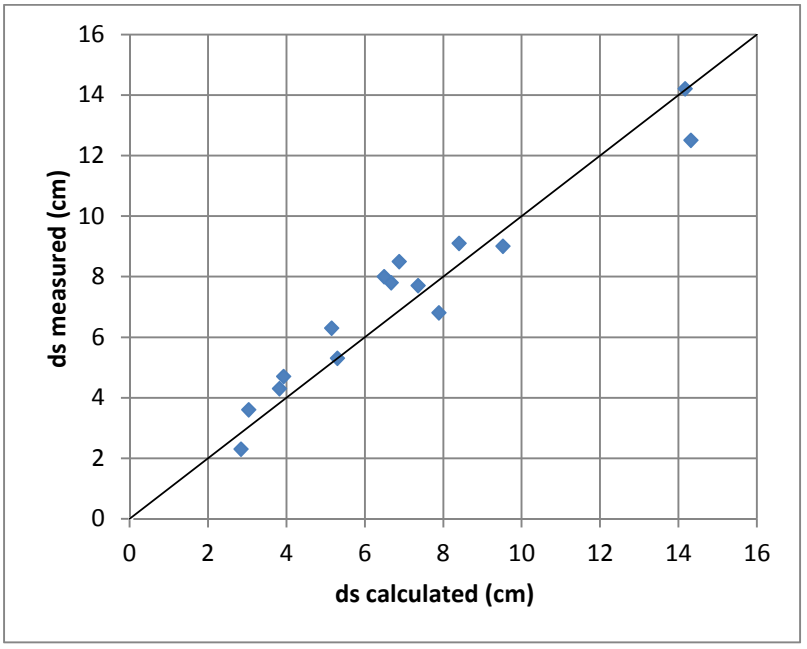


شكل رقم (4): علاقة عمق النحر لحالة الكتف دائري النهاية مع الكتف المستطيل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل رقم (5): علاقة عمق النحر لحالة الكتف المائل بزاوية (30) مع الكتف المستطيل

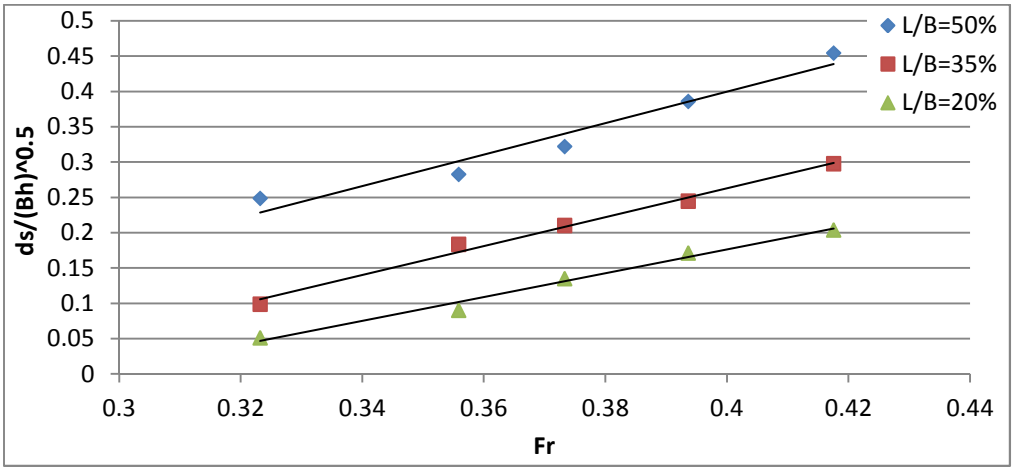


الشكل(6): مقارنة بين القيم المقاسة والمحسوبة من المعادلة (4).

لتوضيح تأثير رقم فرود على عمق النحر بتثبيت شكل الكتف تم رسم العلاقه بين رقم فرود وعمق النحر نسبة الى نسبة التخصر في الشكل(7) كنموذج لهذه الحالة والتي يتضح منها أن عمق النحر يزداد بزيادة نسبة التخصر ورقم فراود للجريان وأن علاقة عمق النحر مع رقم فراود علاقة طردية خطية تقريبا، إذ يمكن تمثيل الحالة بالمعادلة (5) والجدول (4) يمثل معاملات المعادلة مع معامل التحديد لكل حالة.

$$\frac{ds}{(bh)^{0.5}} = a(fr) + b \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل(7): علاقة عمق النحر اللابعدي مع رقم فراود ولثلاث نسب للتخصر لحالة الكتف المستطيل.

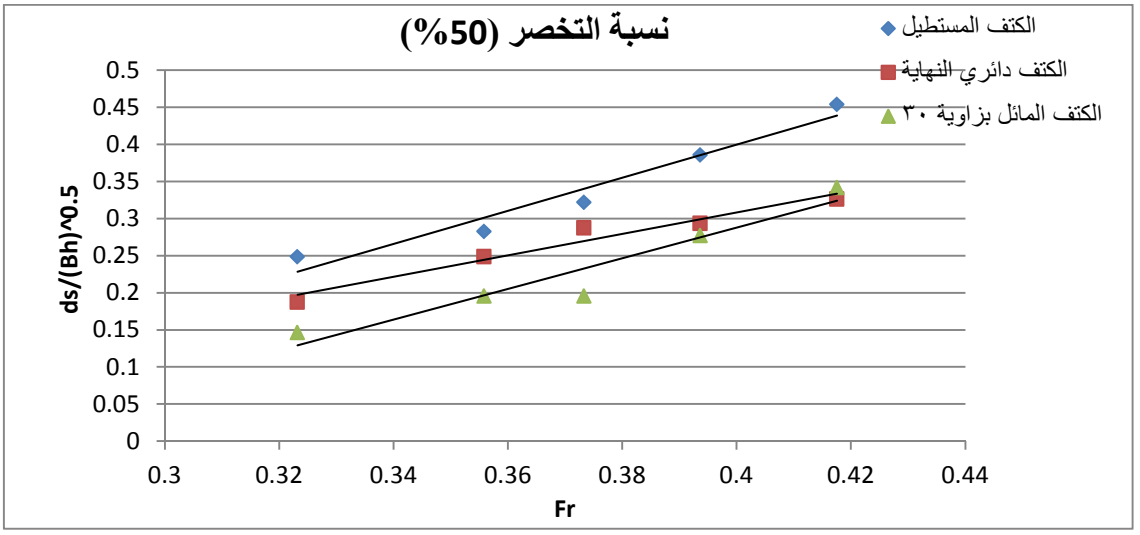
الجدول (4):قيم معاملات المعادلة (5).

شكل الكتف	نسبة التخصر (L/B)	a	b	معامل التحديد (R^2)
الكتف مستطيل الشكل	50%	2.2284	-0.4917	0.9514
	35%	2.0453	-0.5554	0.991
	20%	1.6864	-0.4983	0.9861
الكتف دائري النهاية	50%	1.442	-0.2687	0.9541
	35%	2.3188	-0.7017	0.9674
	20%	1.8379	-0.5944	0.9144
المائل بزاوية (30)	50%	2.0633	-0.5375	0.9167
	35%	2.3843	-0.7254	0.9384
	20%	1.7409	-0.5607	0.8742

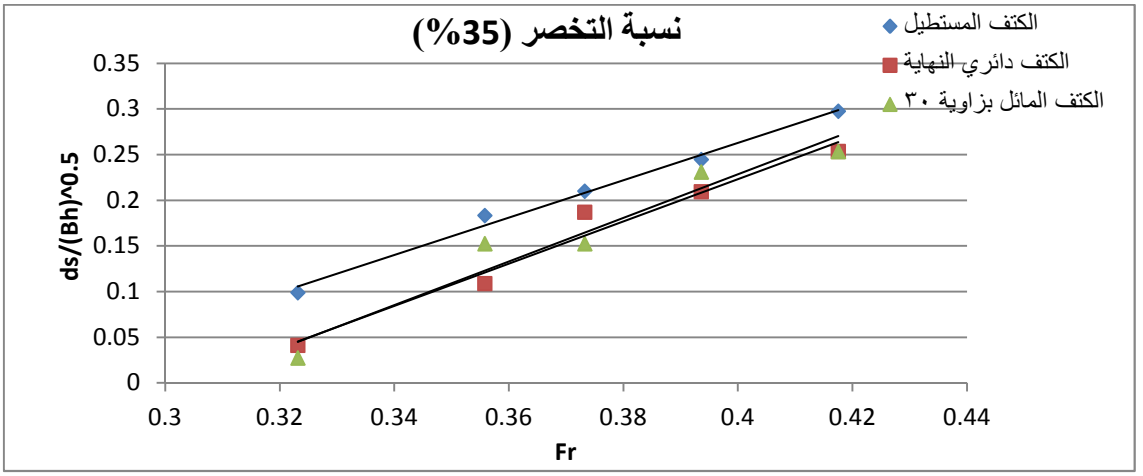
ولتوضيح تأثير تغير رقم فرود وثبوت نسبة التخصر تم رسم العلاقة بين رقم فرود (Fr) وعمق النحر (ds) الى نسبة التخصر (L/B) للأكتاف الثلاثه بثبوت نسبة التخصر في الأشكال (10,9,8)، كما يتضح في الأشكال (8,9,10) أن شكل الكتف المستطيل يعطي عمق للنحر اعلى من الشكل الدائري والمائل بزاوية إذيمكن تمثيل الحالة بالمعادلة (5) والجدول (4) الذي يوضح ثوابت المعادلة رقم (5) ومعامل التحديد لكل حالة، كما يتضح أن شكلي الكتف المائل بزاوية (30) والدائري النهاية يعطيان أعماق نحر متقاربة جدا عند نسبتي تخصر %(35,20) . ولتوضيح تأثير نسبة التخصر على عمق النحر اللابعدي بثبوت شكل الكتف وتغير رقم فرود تم رسم العلاقة بين عمق النحر الابعدي مع نسبة التخصر ولخمس قيم لرقم فرود ولشكل الكتف المستطيل في الشكل رقم (11) كنموذج لهذه الحالة ويتضح من خلالها أن عمق النحر يزداد بزيادة نسبة التخصر وبزيادة رقم فرود أيضا ويتبين من خلال الأشكال أنه يمكن تمثيل العلاقة الطردية بخط مستقيم وكما في المعادلة (6) وكما مبين في الجدول (5) والذي يوضح قيم ثوابت المعادلة ومعاملات التحديد لها. تقريبا كما يتضح أن شكل الكتف المستطيل يعطي عمق نحر أعلى من الشكلين الدائري النهاية والمائل بزاوية(30)

$$\frac{ds}{(bh)^{0.5}} = a\left(\frac{L}{B}\right)+b \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

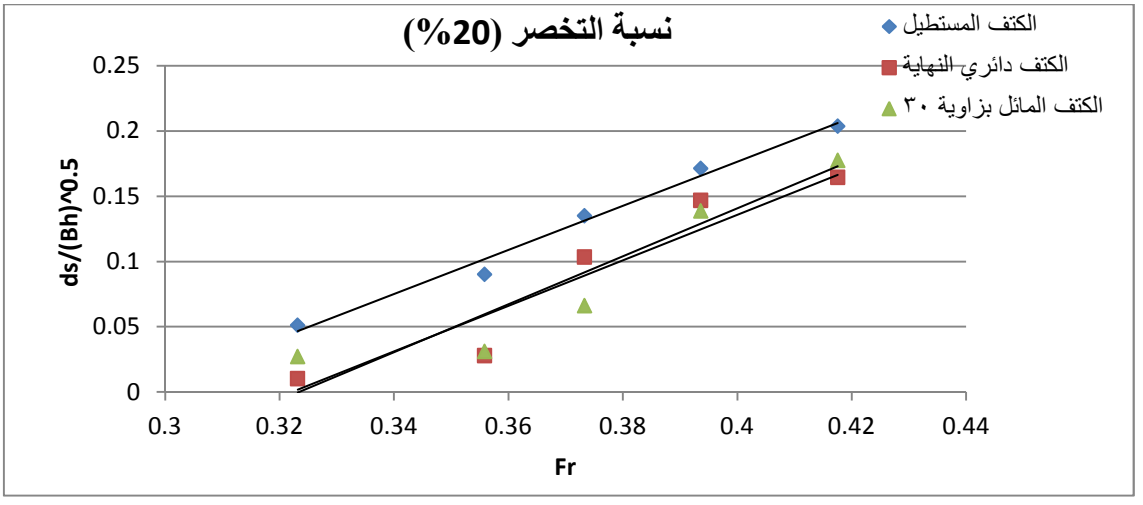
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل رقم (8) علاقة عمق النحر اللابعدي مع رقم فراود ولأشكال الأكتاف الثلاث بثبوت نسبة التخصر.

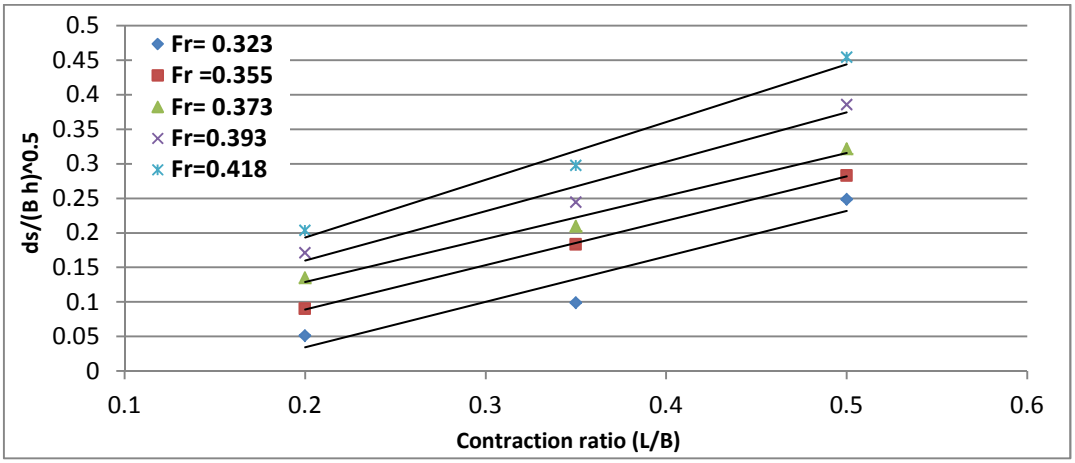


الشكل رقم (9) علاقة النحر اللابعدي مع رقم فراود ولأشكال الأكتاف الثلاث بثبوت نسبة التخصر.



الشكل رقم (10) علاقة عمق النحر اللابعدي مع رقم فراود ولأشكال الأكتاف الثلاث بثبوت نسبة التخصر.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (11). علاقة عمق النحر اللابعدي مع نسبة التخصر ولخمس قيم لفراود ولشكل الكتف المستطيل.

الجدول (5): ثوابت المعادلة رقم (6) ومعاملات التحديد.

شكل الكتف	Fr	a	b	معامل التحديد (R^2)
الكتف مستطيل الشكل	0.3232	0.6589	-0.0977	0.9181
	0.3558	0.6424	-0.0394	0.9997
	0.3733	0.6231	0.0043	0.9868
	0.3936	0.7159	0.0168	0.9677
	0.4176	0.8355	0.0261	0.9796
الكتف دائري النهاية	0.3232	0.5907	-0.1272	0.8753
	0.3558	0.7356	-0.129	0.9767
	0.3733	0.6135	-0.022	0.9971
	0.3936	0.4894	0.0453	0.9927
	0.4176	0.5396	0.0592	0.9969
المائل بزاوية (30)	0.3232	0.3976	-0.0721	0.75
	0.3558	0.5491	-0.0658	0.931
	0.3733	0.4314	-0.0129	0.9643
	0.3936	0.4622	0.0539	0.9643
	0.4176	0.5483	0.0657	0.9979

الاستنتاجات:

1- تبين من تحليل النتائج المختبرية أن علاقة عمق النحر مع كل من نسبة التخصر ورقم فرود للجريان علاقه طردية يمكن وصفها بالخطية وبمعامل تحديد جيد.
2- من معامل الشكل للأكتاف يتبين أن شكل الكتف المائل بزاوية (30) هو ألأفضل أداء من ناحية تقليل عمق النحر بثبوت المتغيرات الهيدروليكية والمتغيرات الهندسية يليه الكتف دائري النهاية وأن الكتف مستطيل الشكل هو ألأسوأ أداء.
3- حدوث نحر طفيف في منطقة منتصف مقطع القناة عند نسبة تخصر(35%) للتصاريف العالية وهذا يرجح كفة الباحثين الذين ذكروا أن نسبة تخصر (33%) هي الحد الفاصل بين حدوث النحر نتيجة التخصر من عدمه.
4- موقع حدوث أقصى عمق للنحر يتغير بتغير شكل الكتف فقد حدث عند الركن الأمامي المواجه للجريان عند الكتف المستطيل وعلى طول القوس المواجه للجريان وعند نقطة نهاية القوس عند الكتف دائري النهاية وعند نهاية الضلع المائل للكتف المائل بزاوية مع اتجاه الجريان.
5- تم استنتاج معادلتين لا بعديتين لتخمين عمق النحر وبمعامل تحديد عالي .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

References:

1- Ballio, F., Teruzzi, A. and Radice, A. (2009), " Constriction Effects in Clear-Water Scour at Abutments", ASCE, J. of Hydraulic Engineering, Vol. 135, No. 2, pp. 140–145.
2- Cardoso, A. H., and Bettess, R. 1999, "Effects of time and channel geometry on scour at bridge abutments", ASCE, J. Hydraul. Eng., VOL, 125. NO, 4. PP, 388–399.
3- Coleman, S. E., Lauchlan, C. S., and Melville, B. W. 2003. "Clear-water scour development at bridge abutments." ASCE J. Hydraul. Res. VOL,41.NO,5. PP, 521–531.
4- Fael, C. M. S., Simarro-Grande, G., Martìn-Vide, J. P., and Cardoso, A.H. 2006. "Local scour at vertical-wall abutments under clear-water flow conditions", ASCE, Water Resour. Res., VOL,42. W10408.
5- Oliveto, G., and Hager, W. H. 2002. "Temporal evolution of clear-water pier and abutment scour", ASCE, J. Hydraul. Eng., VOL,128. NO,9. PP, 811–820.
6- Melville, B. W. _1992_. "Local scour at bridge abutments ."ASCE, J. Hydraul. Eng., VOL,118.NO,4. PP, 615–631
7- Yousefpour, N., Jahedkar, K.,and Arjwech, R., (2011), " Determination of Unknown Foundation of Bridges for Scour Evaluation Using Artificial Neural Networks" ASCE, Geo-Frontiers.

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com