

تأثير تدرج الحماية الحجرية على النحر الموضوعي حول دعامات الجسور

الدكتور خالد صديق الشيخ علي

منار سفر الياس ميخائيل الصفار

قسم هندسة الموارد المائية

قسم هندسة الموارد المائية

الخلاصة

في هذا البحث تم دراسة تأثير تدرج حجر الحماية على النحر الموضوعي حول دعامات الجسور بقناة مختبرية وبظروف الماء الصافي. أجريت التجارب على دعامات اسطوانية وشبه اسطوانية أقطارها وعرضها (٥٧، ٩٠، ١٤٠) ملم على التوالي. واستخدمت خمس مزجاة من الحجر المكسر بتدرجات مختلفة وبمتوسط قطر واحد قدره (٢.٨٣) ملم. كما ثبت عمق الجريان المقترَب لكل التصاريح التي مررت في القناة والتي تراوحت بين (١٦) لتر/ () / . أكدت نتائج التجارب أهمية تدرج حجر الحماية حول دعامات الجسور لحمايتها من النحر الموضوعي وأنه عامل مهم في زيادة استقراريتها. كما تم الحصول على علاقة لحساب رقم فرود لبداية الفشل (F_{ro}) بدلالة مربع الانحراف المعياري الهندسي $(\sigma g)^2$ لحجر الحماية والنسبة بين عرض الدعامة الى معدل عمق الجريان (b/y) وبمعامل تحديد قدره (.) .

الكلمات الدالة: حجر الحماية، دعامات الجسور.

Riprap Gradation Effect On Local Scour Around Bridge Piers

Manar Safar Alyas Michael Al-Saffar Dr. Khalid Saddiq Al-Shaikh-Ali

Dept. of Water Resources Eng.
of Water Resources

Asst. Prof. Dept.

Abstract

In this paper, an experimental flume study was carried out on riprap gradation effects on local scour around bridge piers under clear water condition . Experiments were performed on circular and semi-circular piers having diameters and widths of (57, 90, 140) mm, respectively. Five mixtures of riprap were used having different gradations and the same mean grain size of (2.83) mm. The approach depth was maintained constant for all discharges which ranged between (16) l/s to (24) l/s .

Experimental results indicated the importance of riprap gradation around bridge piers and that it is an important factor on its stability. Furthermore a formula for determining Froude number (F_{ro}) at the threshold of riprap failure in terms of the variance of riprap, $(\sigma g)^2$, the ratio between pier width to the average flow depth (b/y), and pier shape factor (k), with ($R^2 = 0.82$) was obtained.

Subject headings: Scour, Riprap, Bridge piers.

قبل في 2007/6/10

أستلم في 2006/5/10
المقدمة:

إن الدعامات التي تقام عليها الجسور تحدث تغييراً في خواص الجريان بالأنهار الرسوبية مما يؤدي إلى نحر مادة القعر، وقد تنهار إذا تعدى النحر أسس الدعامات. ومثال على ذلك هو إنهار أربعة عشر جسراً في الولايات المتحدة الأمريكية في فيضانات عام (١٩٣٠) بسبب ذلك (Dunham ١٩٥٠). اعتمد المهندسون على وسيلتين أساسيتين هما التدريع حول الدعامة أو توجيه الجريان بعيداً عنها لمنع أو التقليل من إنهارها بسبب النحر بشكل عام والنحر الموضوعي

لقد استخدم الحجر المكسر (Riprap) للتدريع وجرت دراسات وبحوث تناولت موضوع الحماية الحجرية حول دعامات الجسور بشكل عام من حيث مواصفات حجر الحماية وحساب قطره وامتداد وسمك طبقة الحماية حول دعامات الجسور وأنواع الفشل الذي يحدث في هذه الطبقة والعوامل المؤثرة على ذلك. مواصفات حجر الحماية ذكرت في سايمونز وشنتورك (Simons and Senturk ١٩٧٦) كما وردت في كتيب للتصميم الهيدروليكي لقنوات الحماية من الفيضان (USCOE ١٩٩١) وفي دعوة لتقديم عطاء لمشروع حماية جدول في كولورادو من الفيضان (DACE).

البحوث التي تناولت موضوع تصميم طبقة الحماية الحجرية حول دعامات الجسور تلك التي أجراها انجلس (Engels ١٩٢٩)، وروبرتسون (Robertson ١٩٢٩)، وانكلس واخرون (Inglis et. al. ١٩٤٢)، واي وينك (Ewing ١٩٤٧)، وأبل (Appel ١٩٥٠)، وبوزي واخرون (Posey et. al. ١٩٥١)، ودي سوسا و نيلسون (De Sousa & Nelson ١٩٥٩)، ومازا و سانثيز (Maza & Sanchez ١٩٦٤)، كما ورد في شين (Shen ١٩٧١)، وكيلز (Gales ١٩٣٨)، وبوناسونداس (Bonasoundas ١٩٧٣)، ونيل (Neill ١٩٧٣) وبوزي (Posey ١٩٧٤)، وبروسرز وأخرون (Breusers et. al. ١٩٧٤)، وريجارديسون واخرون (Richardson et. al. ١٩٧٤)، كما ورد في جيو (Chiew)، وتقرير محطة تجارب مهندسي الممرات المائية التابعة للجيش الأمريكي (USAEWES ١٩٧٤) كما ورد في (SP ١٩٩٨)، وفي كتيب للتصميم الهيدروليكي لقنوات الحماية من الفيضان (USCOE ١٩٩١)، ونيل (Neill ١٩٦٧)، وكوازي وبيترسون (Quazi & Peterson ١٩٧٣)، وبروسرز ورايكيفي (Breusers & Raudkivi ١٩٩١)، وريجارديسون (Richardson ١٩٩٥) كما ورد في جوي واخرون (Choi, et. al. ٢٠٠٢)، وماينورد (Maynord) و جيو (Chiew).

أما فيما يتعلق بأنواع الفشل الذي يحدث في طبقة الحماية حول الدعامة فالبحوث التي أجراها برايس واخرون (Brice et. al. ١٩٧٨)، وكروود (Croad ١٩٩٣)، ولم و جيو (Lim & Chiew ١٩٩٦) و (Lim & Chiew) كما ورد في لم و جيو (Lim & Chiew)، و جيو ولم (Chiew & Lim)، ولاوجلان وملفل (Lauchlan & Melville) و جيو (Chiew) كلها أمثلة على ذلك.

ماية من النحر الموضوعي على جوانب وقعر القنوات أو في أحواض التهدة فقد ورد في كتيب للتصميم الهيدروليكي لقنوات الحماية من الفيضان (USCOE ١٩٩١)، وكذلك في (SP ١٩٩٨) وفي دعوة لتقديم عطاء لمشروع حماية جدول في كولورادو من الفيضان (DACE).

يلاحظ مما سبق عدم وجود أي دراسة حول تأثير تدرج الحماية الحجرية على النحر الموضوعي حول دعامات الجسور، لذلك فإن الهدف الأساس من هذا البحث هو معرفة تأثير تدرج الحجر على إستقرارية طبقة الحماية عند إستخدامها حول دعامات الجسور لحمايتها من النحر الموضوعي والى أي مدى يمكن لهذا التدرج أن يكون فاعلاً في ذلك وبظروف هيدروليكية مختلفة.

العمل المختبري:

تم إجراء () تجربة، () منها لمعرفة مدى مقاومة طبقة الحماية الحجرية حول () نماذج من دعامات الجسور وخمسة تدرجات من حجر الحماية ولتصارييف مختلفة للجريان. ا التجارب الثلاثين الاخرى فقد اجريت على الرمل الذي فرش على جزء من القناة وقبل وضع طبقة الحماية حول الدعامة وذلك لمعرفة امتداد حفرة النحر حولها ولكل نموذج من نماذج الدعامات الستة. القناة المستخدمة في إجراء التجارب كانت بنظام جريان استرجاعي وتفصيلها موضحة ف (). تم استخدام شكلين من نماذج الدعامات أبعادها موضحة في الشكل (). حجر الحماية المستخدم وزنه النوعي (. .) فصل بواسطة مناخل قياسية إلى خمسة أقطار تقع بين (. - .) (. - .) (. - .) (. - .) (. - .) (. - .) هو (.) ملم. بعد ذلك تم تحضير خمس مزجات، كل مزجة احتوت على نسب وزنية مختلفة لتحديد تدرجات الحجر من

كل قطر من الأقطار المذكورة انفا وللحصول على مربع إنحراف معياري $(g)^2$ مزجة وكما مبين في الجدول (). تم حسابه باستخدام المعادلة التالية:

$$\left(\sqrt{\frac{d_{84.1}}{d_{15.9}}}\right)^2 = (g)^2$$

() تم تمثيل كل مزجة بمنحني تراكمي على أساس الوزن.

الجدول (١) نسبة الأقطار للمزجات الخمس من حجر الحماية على أساس الوزن

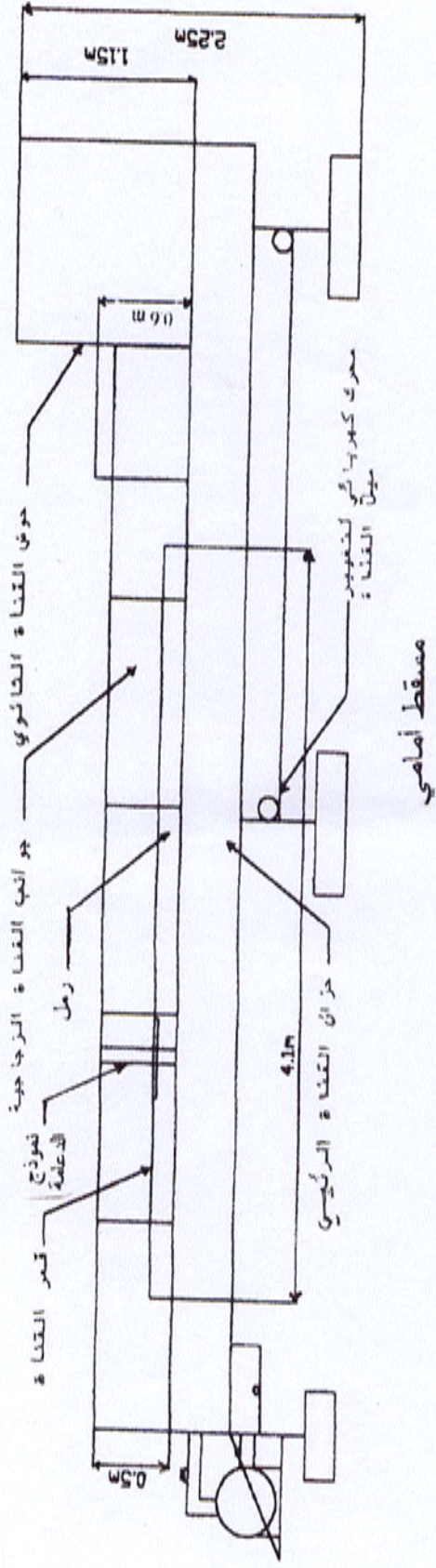
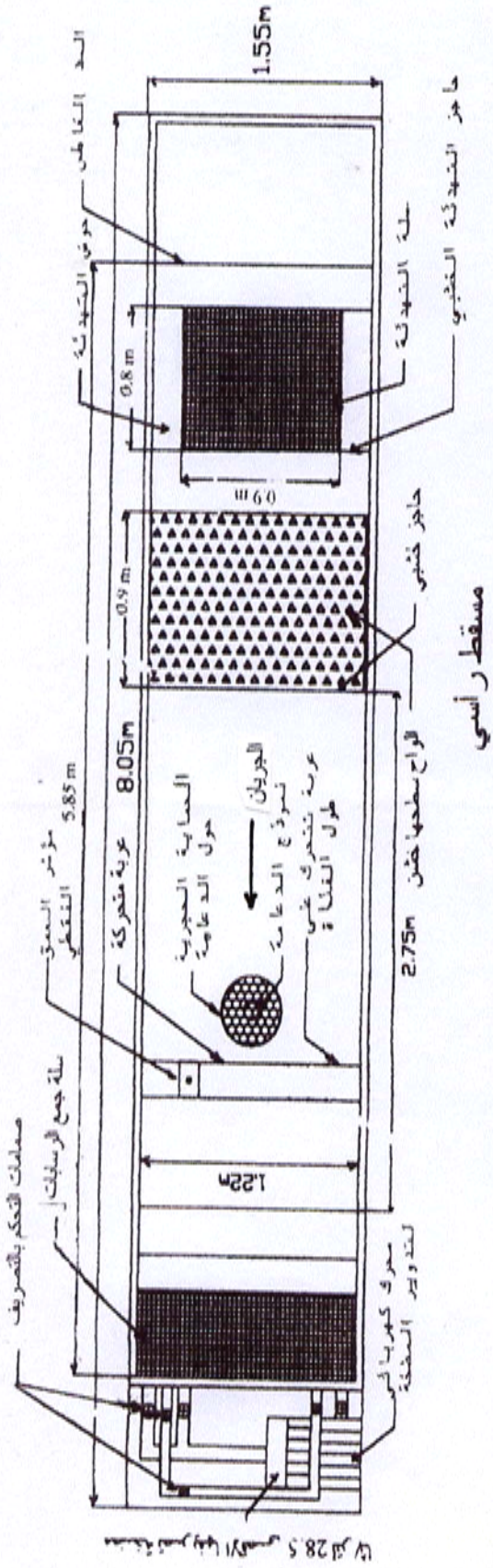
مدى قطر المنخل (مم)	المزجة الخامسة $2.61=(\sigma_g)^2$	المزجة الرابعة $2.47=(\sigma_g)^2$	المزجة الثالثة $2.26=(\sigma_g)^2$	المزجة الثانية $1.90=(\sigma_g)^2$	المزجة الأولى $1.80=(\sigma_g)^2$
	النسب المئوية للحجر المتبقي (%)				
- . .					
- . .					
- . .					
- . .					
- . .					

استخدم الرمل النهري المغسول كمادة للقعر وكان متوسط قطر حبيباته (d_{s50}) يساوي (.) . وضعت القناة ليكون قعرها أفقياً وفرش الرمل في القناة (.) متر في المسافة المعدة لذلك وسوي ليكون مواز لقعرها ووضعت وسائل التهدة في مقدم ومؤخر القناة فضلاً عن وسائل تمنع حدوث النحر في بداية المسافة الرملية، كما مبين في الشكل () . يوضع النموذج الأول من الدعامات في منتصف المسافة بين جانبي القناة وعلى مسافة (.) متر من مقدم منطقة التجارب و (.) مؤخرها ويعاد تسوية الرمل المزاح على طول منطقة التجارب، ثم تشغل المضخة ويبدأ بفتح صمام التجهيز تدريجياً إلى أن يتم الحصول على التصريف الأولي المطلوب في التجربة الأولى () /ثانية بحيث يكون عمق الجريان المقرب () وهو العمق الثابت لجميع

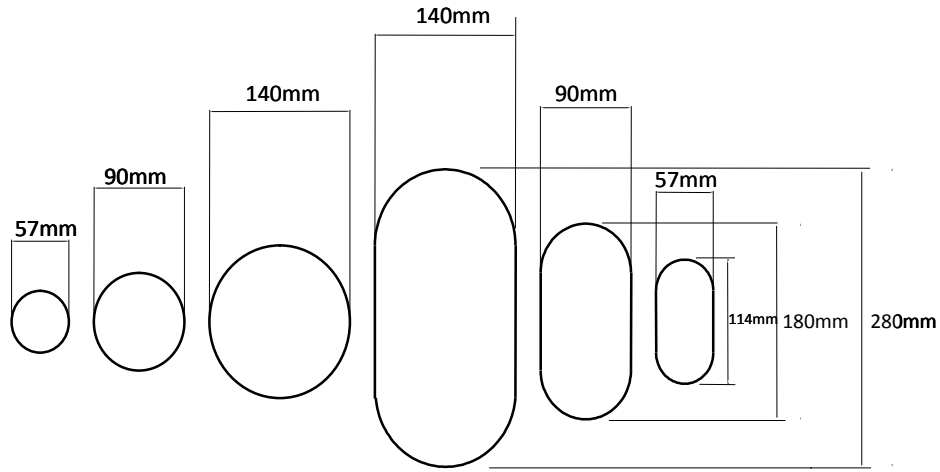
التصريف في التجارب اللاحقة، وبعدها يترك الجريان لمدة ساعتين ثم يزداد التصريف الأولي () /ثا حتى نصل الى أعلى تصريف () /ثا، كما يترك الجريان لمدة ساعتين بعد كل زيادة في التصريف، وبعد إكمال إمرار التصريف الخمسة، يبزل الماء ويقاس عمق وامتداد النحر حول الدعامة ويكرر ما سبق مع بقية النماذج الخمسة للدعامات وبذلك تكتمل التجارب

من التجارب الأولى تبين بأن تأثير الدعامة على النحر الموضعي يمكن تحديده بمقدار (b) عن جدار الدعامة من جميع الاتجاهات ليصبح عرض طبقة الحماية ($b = C_r$) (b) هو قطر الدعامات الاسطوانية أو عرض الدعامات شبه الاسطوانية وهذا أيضا مماثل لما توصل اليه الباحثون السابقون أمثال لم وجيو (Lim and Chiew). بعد تثبيت النموذج الأول من الدعامة وإزاحة الرمل من مساحة تأثير الدعامة تغطي هذه المساحة بالمزجة الأولى من حجر الحماية بسمك (t) (d_{r50}) ملم وهذا السمك يقع ضمن الحدود التي اقترحت في (USCOE). بعد ذلك يطلق التصريف الأول (لتر /) وتراقب استقرارية حجر الحماية حول الدعامة، وإذا حدثت حركة في الحجر المكون لها تدل على بدء نحره عندها يكون هذا التصريف هو الذي تسبب ببداية فشلها والافيزاد التصريف () /ثا كل مرة حتى نصل لى التصريف الذي يسبب بداية فشل طبقة الحماية. تجرى التجارب على بقية المزجات الخمس من حجر الحماية بنفس طريقة المزجة الأولى وبذلك يتم تغطية جميع التجارب للنموذج الأول من تكرار كل التجارب التي تمت على حجر الحماية وبنفس التتابع السابق للنماذج الخمسة تبقيّة من الدعامات وبذلك يكون عدد التجارب التي اجريت حول استقرارية حجر الحماية ()

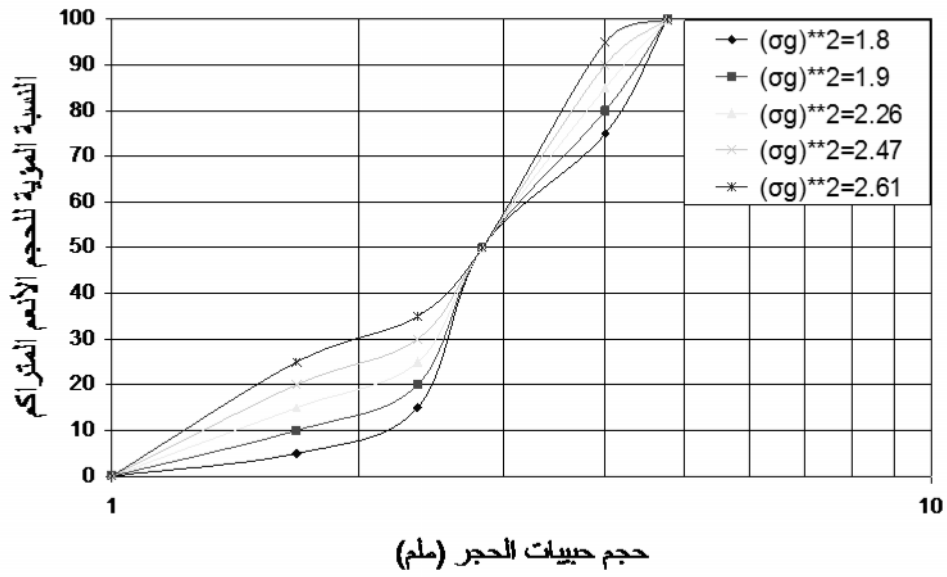
تم قياس التصريف بواسطة سد غاطس ذو ثلثة مثلثة يقع في مقدم القناة بعد أن اجريت له معايرة بالطريقة الحجمية (volumetric method) واعتمدت التصريف المقاسة منه لحساب سرعة الجريان.



الشكل (١) رسم القناة التخطيطي



الشكل (٢) مخطط يبين ابعاد الدعامات



الشكل (٣) المنحنيات التراكمية التي تمثل المزجات الخمس

النتائج والمناقشة :

إن ظاهرة النحر حول دعامة الجسر تعتمد على مجموعة من المتغيرات. هذه المتغيرات ادخلت في طريقة التحليل البعدي فتم الحصول على العلاقة التالية:

$$Failure = f\left(\frac{L}{y}, \frac{b}{y}, \frac{d_{r50}}{y}, F_{ro}, R_e, \frac{\rho_s}{\rho_w}, \frac{d_{s50}}{y}, \frac{\rho_r}{\rho_w}, \frac{t}{y}, \frac{c_r}{y}, (\sigma_g)^2, k\right) \dots\dots\dots()$$

بعد إهمال تأثير رقم رينولدز والنسب الثابتة الواردة سابقاً تختصر المعادلة () إلى ما يلي:

$$Failure = f\left(F_{ro}, (\sigma_g)^2, k, \frac{b}{y}, \frac{c_r}{y}, \frac{L}{y}\right) \dots\dots\dots()$$

() () نموذجين لقيم الحدود اللابعدية المؤثرة على فشل طبقة الحماية حول الدعامات الاسطوانية وشبه الاسطوانية، على التوالي.

الجدول (٢) قيم الحدود اللابعدية المؤثرة على فشل طبقة الحماية حول الدعامات الاسطوانية

* M_{1,(b)}

عرض الدعامة ملم (b)	تصريف الفشل (Q) (لتر/ثا)	F _{ro}	(σ _g) ²	K	b/y	C _r /y	L/y
	
	
	

M_{2,(b)}

عرض الدعامة ملم (b)	تصريف الفشل (Q) (لتر/ثا)	F _{ro}	(σ _g) ²	k	b/y	C _r /y	L/y
	
	
	

M_{3,(b)}

عرض الدعامة ملم (b)	تصريف الفشل (Q) (لتر/ثا)	F_{ro}	$(\sigma_g)^2$	k	b/y	C_r/y	L/y
	
	
	

$M_{4,(b)}$

عرض الدعامة ملم (b)	تصريف الفشل (Q) (لتر/ثا)	F_{ro}	$(\sigma_g)^2$	k	b/y	C_r/y	L/y
	
	
	

$M_{5,(b)}$

عرض الدعامة ملم (b)	تصريف الفشل (Q) (لتر/ثا)	F_{ro}	$(\sigma_g)^2$	k	b/y	C_r/y	L/y
	
	
	

* $(M_{1,(b)})$: المزجة الاولى لحجر الحماية وعرض الدعامة.

الجدول (٣) قيم الحدود اللابعدية المؤثرة على فشل طبقة الحماية حول الدعامة شبه الاسطوانية

$M_{1,(b)}$

عرض الدعامات (b)	تصريف الفشل (Q) (لتر/ثا)	(L) ملم	F_{ro}	$(\sigma_g)_2$	K	b/y	C_r/y	L/y
		
		
		

$M_{2,(b)}$

عرض الدعامات (b)	تصريف الفشل (Q) (/)	(L)	F_{ro}	$(\sigma_g)_2$	K	b/y	C_r/y	L/y
		
		
		

$M_{3,(b)}$

عرض الدعامات (b)	تصريف الفشل (Q) (/)	(L)	F_{ro}	$(\sigma_g)_2$	K	b/y	C_r/y	L/y
		
		

		
--	--	--	---	---	---	---	---	---

M_{4,(b)}

عرض الدعامات (b)	تصريف الفشل (Q) (/)	(L)	F _{ro}	($\frac{g}{2}$)	K	b/y	C _{r/y}	L/y
		
		
		

M_{5,(b)}

عرض الدعامات (b)	تصريف الفشل (Q) (/)	(L)	F _{ro}	($\frac{g}{2}$)	K	b/y	C _{r/y}	L/y
		
		
		

- العلاقة بين فشل طبقة الحماية الحجرية والمتغيرات اللابعدية:

لغرض إيجاد علاقة بين فشل طبقة الحماية الحجرية حول الدعامة والمتغيرات اللابعدية.
 الذي تحدث عنده بداية الحركة في حجر الحماية ليكون المؤشر
 على بداية الفشل الحاصل فيها.

- - العلاقة بين رقم فرود (F_{ro}) ومربع الانحراف المعياري الهندسي لحجر الحماية $(\sigma_g)^2$:

لقد تم اعتماد الانحراف المعياري الهندسي $(\sigma_g)^2$ لتمثيل المزجات المختلفة لحجر الحماية.
 رسمت العلاقة بين $(F_{ro})^2$ و $(\sigma_g)^2$ في الشكلين () () للمزجات الخمس لحجر الحماية
 ولشكلي الدعامة مع تغيير عرضها وباستخدام الـ Excel . تبين بأن
 العلاقة الخطية هي أفضل العلاقات بينهما وكما يلي:

$$F_{ro} = a_1 + b_1 \times (\sigma_g)^2$$

()

a_1, b_1 هي ثوابت المعادلة.

معامل التحديد (R^2) () تغيرت قيمته من (.) (.) .
 البحث فمن الممكن إيجاد قيمة رقم فرود (F_{ro}) الذي يسبب بداية فشل طبقة الحماية الحجرية
 حول دعامات الجسور اذا حدد شكل الدعامة وعرضها وقيمة مربع الانحراف المعياري الهندسي
 اية. $(\sigma_g)^2$

- - العلاقة بين نسبة عرض الدعامة الى معدل عمق الجريان (b/y) (F_{ro}):

العلاقة اللابعدية الاخرى تربط بين نسبة عرض الدعامة الى معدل عمق الجريان ورقم فرود
 (F_{ro}) وتم رسمها في الشكلين () () . وجد بأن العلاقة الخطية هي أفضل العلاقات بينهما
 وكما يلي:

$$F_{ro} = a_2 + b_2 \times \left(\frac{b}{y} \right)$$

..... ()

b_2 a_2 هي ثوابت المعادلة.

معامل التحديد كانت قيمته بين (.) (.) عدا الحالتين اللتين كان فيهما خط العلاقة مواز لقيم النسبة (b/y) .

- - العلاقة بين نسبة عرض طبقة الحماية الحجرية إلى معدل عمق الجريان (C_r/y) (F_{ro}) :

علاقة لا بعدية اخرى تربط بين نسبة عرض طبقة الحماية الحجرية إلى معدل عمق الجريان (C_r/y) (F_{ro}) . وجد بان العلاقة الخطية هي أفضل العلاقات بينهما وكما يلي:

$$F_{ro} = a_3 + b_3 \left(\frac{C_r}{y} \right)$$

..... ()

b_3 a_3 هي ثوابت المعادلة.

- - العلاقة بين نسبة طول الدعامة إلى معدل عمق الجريان (L/y) (F_{ro}) :

علاقة لا بعدية رابعة تربط بين نسبة طول الدعامة إلى معدل عمق الجريان ورقم فرود (F_{ro}) . وجد بان العلاقة الخطية هي أفضل العلاقات بينهما وكما يلي:

$$F_{ro} = a_4 + b_4 \left(\frac{L}{y} \right)$$

..... ()

b_4 a_4 هي ثوابت المعادلة.

- العلاقة بين شكل الدعامة ورقم فرود (F_{ro}) :

لمعرفة العلاقة بين شكل الدعامة ورقم فرود (F_{ro}) فقد تم تغيير شكل الدعامة مرتين خلال التجارب، وتم تمثيل كل شكل بثابت هو (k) اعتبرت قيمته تساوي (.) للدعامات الاسطوانية (.) للدعامات شبه الاسطوانية. القيمتان استندتا على التجارب التي اجراها ريجاردسون

(Richardson et. al. 1991).

- تأثير المتغيرات البعدية على بداية الفشل حول الدعامة:

المتغيرات البعدية التي تؤثر على فشل طبقة الحماية حول الدعامة هي التصريف (Q) وعرض الدعامة (b) وعرض طبقة الحماية (C_r) ولول الدعامة (L). ولأن كلاً من (L) (C_r) هما بدلالة (b) فسيدخل تأثيرهم ضمنها.

- تأثير التصريف (Q) على بداية فشل طبقة الحماية:

على الرغم من أن رقم فرود (F_{ro}) اعتمد على بداية الفشل في هذه الدراسة، إلا أن أغلب الأبحاث تدرج التصريف كدالة على الفشل ولهذا فقد أعدت الجداول () () لتوضح أنه بزيادة قيمة مربع الانحراف المعياري الهندسي لحجر الحماية يقل التصريف اللازم لحدوث

() نسبة الزيادة في قيمة مربع الانحراف المعياري الهندسي لحجر الحماية مع نسبة النقصان في تصريف الفشل للدعامات الاسطوانية

نسبة النقصان في التصريف عند بداية الفشل (Q) (%)		نسبة الزيادة في $(\sigma_g)^2$ (%)
(%)	(أقل نسبة الى أعلى نسبة) (%)	
*	(. -)	.
.	(. - .)	.
.	(. - .)	.
.	(. - .)	.

() الزيادة في قيمة مربع الانحراف المعياري الهندسي لحجر الحماية مع نسبة النقصان في تصريف الفشل للدعامات شبه الاسطوانية

نسبة النقصان في التصريف عند بداية الفشل (Q) (%)		نسبة الزيادة في $(\sigma_g)^2$ (%)
(%)	(أقل نسبة الى أعلى نسبة) (%)	
(%)	(%)	(%)

.	(. -)	*
.	(. - .)	.
.	(. - .)	.
.	(. - .)	.

* هذا الرقم يمثل معدل النسبة لجميع القيم الواقعة بين (.).

- - تأثير عرض الدعامة (b) على بداية الفشل:

عرض الدعامة ايضاً من العوامل التي تؤثر على فشل طبقة الحماية فقد لوحظ بأن زيادة عرض الدعامة يؤدي الى زيادة التصريف اللازم لحدوث الفشل والجدولان () () يبينان النسبة المئوية لزيادة عرض الدعامة مع النسبة المئوية للزيادة في التصريف اللازم لحدوث

() نسبة الزيادة في عرض الدعامة الاسطوانية مع نسبة الزيادة في تصريف الفشل

نسبة الزيادة في تصريف الفشل (Q) (%)		نسبة الزيادة في عرض (b) (%)
معدل نسبة الزيادة (%)	(أقل نسبة الى أعلى نسبة) للزيادة (%)	
.	(. -)	*
.	(. -)	.

● هذا الرقم يمثل معدل النسبة لجميع القيم الواقعة بين (.).

() نسبة الزيادة في عرض الدعامة شبه الاسطوانية مع نسبة الزيادة في تصريف

نسبة الزيادة في تصريف الفشل (Q) (%)		نسبة الزيادة في عرض (b) (%)
معدل نسبة الزيادة (%)	(أقل نسبة - أعلى نسبة) للزيادة (%)	
.	(. -)	*

	(. -)	
--	---------	--

* هذا الرقم يمثل معدل النسبة لجميع القيم الواقعة بين (. -).

- تغير موقع بداية الفشل في طبقة الحماية:

بعد مقارنة الحالات الثلاثين لفشل طبقة الحماية والتي هي مقسمة بين الدعامات الاسطوانية وشبه الاسطوانية لوحظ منطقة الفشل في طبقة الحماية حول الدعامات الاسطوانية غالباً ما () . أما في الدعامات شبه الاسطوانية فان منطقة الفشل في طبقة الحماية تحدث في مقدم الدعامه، الشكل () . ان هذا يعود إلى أنه في حالة الدعامات الاسطوانية فان تأثير (wake vortices) تأثير دوامات حذوة الفرس (horse shoe vortices) التي تتولد في مقدمها. أما في حالة الدعامات شبه الاسطوانية فان تأثير دوامات الاثر أقل من تأثير دوامات حذوة الفرس وذلك لان الشكل شبه الاسطواني أكثر انسيابية من الشكل الاسطواني.

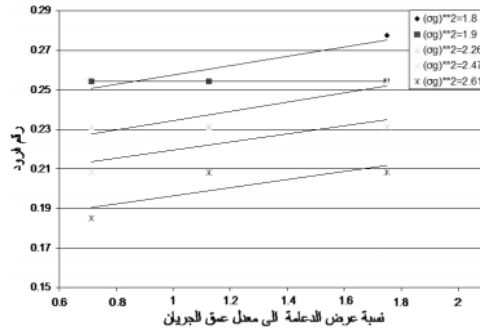
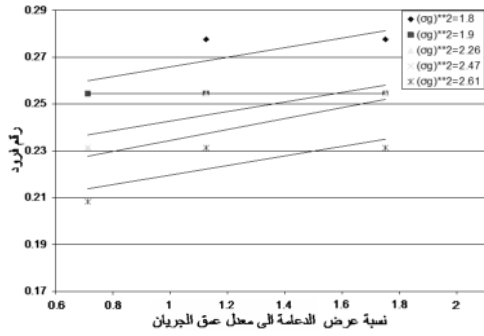
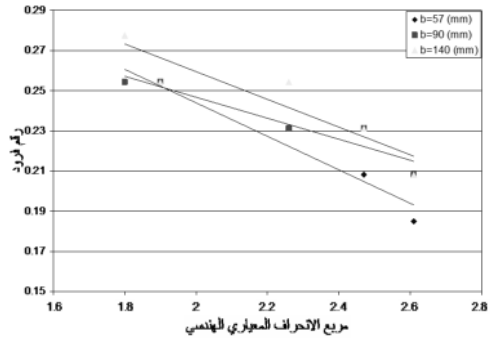
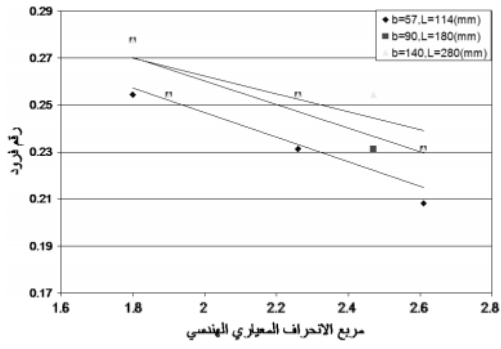
- استنباط علاقة وضعية لحساب الفشل في طبقة الحماية الحجرية حول دعامات الجسور:

بعد إدخال جميع النتائج المتعلقة بفشل طبقة الحماية الحجرية حول الدعامه في البرنامج (SPSS-10.00) الاتية:

$$F_{ro} = 0.265 \left\{ \frac{(k)^{0.659}}{((\sigma_g)^2)^{0.503}} \left(\frac{b}{y} \right)^{0.083} \right\}$$

()

التحديد يساوي (. -).

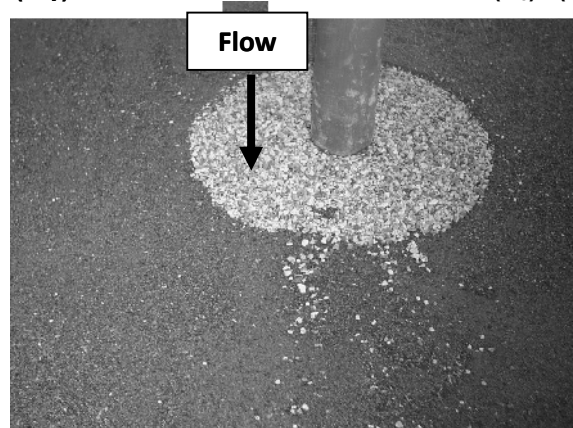


الشكل (٧) العلاقة بين نسبة عرض الدعامة إلى معدل

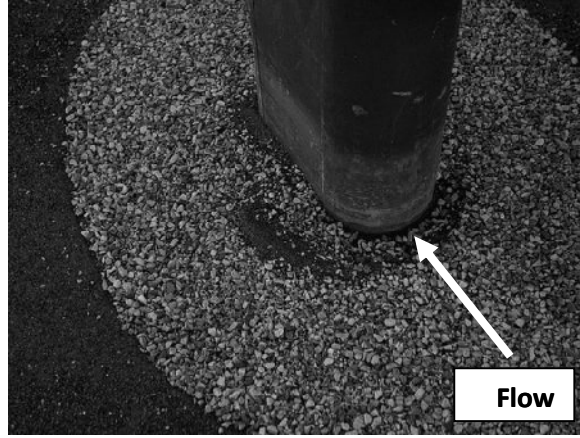
عمق الجريان (b/y) و (F_{r0}) للدعامات شبه الاسطوانية

الشكل (٦) العلاقة بين نسبة عرض الدعامة إلى معدل

عمق الجريان (b/y) و (F_{r0}) للدعامات الاسطوانية



() موقع الفشل في طبقة الحماية للمزجة الثالثة والدعامة الاسطوانية بـ ()
وتصريف () /



() موقع الفشل في طبقة الحماية للمزجة الرابعة والدعامة شبه الاسطوانية بعرض
() ملم وتصريف () /

:

ضمن المحددات التي اجريت فيها تجارب هذا البحث يمكن استنتاج ما يلي:

- أهمية تدرج حجر الحماية حول دعامة الجسور لحمايتها من النحر الموضعي وانها عامل مهم في تحديد استقراريتها.

- تزداد استقرارية طبقة الحماية كلما زادت نسبة الحجوم الخشنة مقارنة بالحجوم الناعمة وهذا يمكن الحصول عليه بزيادة عدد حجوم تدرج الحجر.

- يمكن الحصول على علاقة لحساب رقم فرود لبداية الفشل (F_{ro}) بدلالة مربع الانحراف المعياري الهندسي $(\sigma g)^2$ لحجر الحماية والنسبة بين عرض الدعامة الى معدل عمق الجريان (b/y) و k) وكما جاء في المعادلة () وبمعامل ارتباط قدره (.). ويمكن حساب رقم فرود لبداية الفشل لأي قيمة من $(\sigma g)^2$ عند تثبيت المتغيرات الاخرى، أو حساب قيمة $(\sigma g)^2$ عندما تكون قيمة رقم فرود والمتغيرات الاخرى معلومة.

- يوجد علاقة عكسية بين رقم فرود (F_{ro}) اللازم لحدوث الفشل و قيمة مربع الانحراف المعياري الهندسي $(\sigma g)^2$ لحجر الحماية وبمعامل ارتباط تراوح بين (.) (.).

- بداية فشل طبقة الحجر حول الدعامة الاسطوانية يكون في الحافة الخارجية من مؤخرة طبقة الحماية بينما يكون في مقدمة الحافة الداخلية من طبقة الحماية للدعامة شبه الاسطوانية. لاحظ الشكلين () ().

- فشل طبقة الحماية حول الدعامات الاسطوانية يحدث أسرع من فشل طبقة الحماية حول الدعامات شبه الاسطوانية والتي لها عرض مماثل ونفس النسبة بين عرض طبقة الحماية الى (C_r/b) .

:

a_1, a_2, a_3, a_4 : ثوابت المعادلات الوضعي	b :
b_1, b_2, b_3, b_4 : ثوابت المعادلات الوضعية	C_r : عرض طبقة الحماية حول الدعامه
d_{r50} : حجم حجر الحماية	d_{s50} :
F_{ro} : رقم فروود بدلالة عمق الجريان	K : معامل يمثل شك
L :	Q : التصريف
R_e : رقم رينولدز للجريان	R^2 : التحديد
t : سمك طبقة الحماية	y : معدل عمق الجريان
r : الكثافة الكتلية لحجر الحماية	s : الكثافة الكتلية لمادة القعر
w : الكثافة الكتلية للماء	g : مربع الانحراف المعياري الهندسي
لحجر الحماية	

:

- 1- Chiew, Y. M. (1995), "Mechanics of riprap failure at bridge piers", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.121, No. 9, pp. 635 - 643.
- 2- Chiew, Y. M., and Lim, F. H. (2000), "Failure behavior of riprap layer at bridge piers under live-bed conditions", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.126, No.1, pp.43 - 55.
- 3- Chiew, Y. M., and Lim, F. H. (2004), " Local scour and riprap stability at bridge piers in a degrading channel", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 130, No. 3, p.p. 218 - 226.
- 4- Choi, G. W., Ahn, S. J., Hahm, C. H. ,Kim H. T. and Jeong, S. M. (2002), "Riprap equation for protecting the local scour at bridge piers". URL: <http://www.che2002.pl/programme.html>
- 5- Chow, V. T. (1959), "Open channel hydraulics", Mc Graw- Hill Book Company, Inc., New York, USA.

6- DACE, Department of the Army, Corps of Engineers (2003), "Bid for construction of flood protection project", Van Bibber Creek, Arvada, Colorado, USA.

URL:<http://www.floodaily.com/archive/2003/07-july31-jul-2003ly-doc.htm>

7- Dunham, C. W. (1950), "Foundations of structures", Mc Graw-Hill Book Company, Inc., New York, USA.

8- FHWA, Federal Highway Administration (1995), "Evaluating scour at bridges", Hydraulic Engineering Circular (HEC) No.18, 3rd Edition, Washington, D.C., USA.

9- Johnson, P. A., and Forico, E. F. (1994), "Scour around wide piers in shallow water", Transportation Research Board Record 1471, Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.

10- Kamil, H. M. Ali, and Othman Karim (2002), "Simulation of flow around piers", Journal of Hydraulic Research, IAHR, Vol.40, No. 2, p.p. 161-173.

11- Kothyari, U. C., and Ranga Raju (2002), "Influence of cohesion on scour around bridge piers", Journal of Hydraulic Research, IAHR, Vol.40, No. 6, p.p. 717-729.

12- Lauchlan Christine S., and Melville, B. W. (2001), "Riprap protection at bridge piers", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 127, No. 5, p.p. 412 - 418.

13- Lim, F. H., and Chiew, Y. M. (2001), "Parametric study of riprap failure around bridge piers", ASCE, Journal of Hydraulic Research, IAHR, Vol. 39, No.1. P.P. 61-72.

14- Maynard, S. T. (1998), "Sizing dumped rock riprap", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE Vol. 124, No.6, p.p. 652-655.

15- Shen, H. W. (1971), "River Mechanics", Vol. 2, Published by, H. W. Shen, P.O.Box 606, Fort Collins, Colorado, USA.

16- Simons, B. D. and Senturk, F. (1977), "Sediment transport technology", Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, USA.

17- SP, (1998), "Slope protection", revised.

URL:<http://www.nwk.usace.army.mil/local-protection/pdf/slopeprot.pdf>

18- USCOE, U S Army Corps of Engineers (1991), "Hydraulic design of flood control channels", Engineer Manual 1110-2-1601, July.

19- USGS (2000), "Scour at bridges", Internet Report, Massachusetts-Rhode Island, USA.

URL: <http://www.usgs.gov/osw/techniques/workshop/mueller.html>

20- USGS (2001), "Its not just water under the bridge", Open House: Bridge Scour, USGS On-line Resources.

URL:<http://www.usgs.gov/2001openhouse/exhibits/35-bridgescour.html>

() "تأثير تدرج الحماية الحجرية على النحر الموضوعي حول
- ، رسالة ماجستير، قسم هندسة الموارد المائية، كلية الهندسة، جامعة الموصل.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة -