دراسة مختبرية لتقليل النحر مؤخر الهدارات باستخدام الجدران المنخلية

محمد خالد المشهداني
طالب ماجستير

د. غنية عبد المجيد حياوي
أستاذ مساعد

جامعة الموصل/ كلية الهندسة/قسم هندسة السدود والموارد

الخلاصة

تم في هذا البحث اجراء دراسة مختبرية لتقليل النحر في الارضيات الحجرية (حجر مكسر) مؤخر الهدارات باستخدام الجدران المنخلية المفردة والثنائية، اذ شملت الدراسة تأثير كل من ارتفاع الهدار(P) واقطار فتحة الجدران المنخلية(□) وعدد الجدران المنخلية (Sw) على النحر، تم اجراء سبعون تجربة (عشر منها بدون استخدام الجدران المنخلية) واستخدام حجم واحد من الحجر المكسر(Dm =0.79) ملم وارتفاعان للهدار(P=30,25) سم وثلاث اقطار مختلفة لفتحات الجدران المنخلية (Ø=1.6,1.2,0.8) سم وباستخدام جدران منخلية مفردة وثنائية (Sw =1,2) وتم تمرير خمس تصاريف وبتثبيت مسامية الجدران المنخلية المفردة والثنائية عند 40%.

تبين من التجارب أن عمق وطول حفرة النحر يكون اقل عند استخدام الهدار بارتفاع (P=25)سم بالمقارنة مع الارتفاع الآخر للهدار (P=30) سم ويظهر ذلك بشكل واضح في جميع الحالات المستخدمة في هذه الدراسة. تبين ايضاً ان استخدام الجدران المنخلية المفردة والثنائية يقلل من طول حفرة النحر وعمقها بنسبة(28-83.33)% ونسبة (47.71)% لعمق لعمق وطول حفرة النحر على التوالي بالمقارنة مع حالة عدم استخدام الجدران المنخلية. وقد تم استنباط علاقتين وضعيتين لحساب نسبة عمق النحر وطوله بدلالة المتغيرات اللابعدية وباستخدام التحليل البعدي.

Laboratory Study to Decrease the Scour Downstream Weirs Using screen Walls

Abstract

In this research, a laboratory study of the phenomenon of scour in the stone floors (gravel, crushed) using single and double screen walls used as energy dissipation. The study includes the effect of weir height (P), the diameters of screen wall hole (□), the number of screen walls (Sw) on scour behind walls screen. Seventy experiments were carried out (ten of them without using screen walls). One size of crushed stone (Dm = 0.79) mm were used with two height of weir (P = 25, 30) cm and three different diameters of screen walls (Ø = 0.8, 1.2, 1.6) cm were used and single and double screen walls (Sw = 1, 2) with five different discharge, with porosity 40% for single and double screen walls.

The results of the experimental work showed that the depth and length of the scour hole was minimum when using screen walls of (P = 25) cm in comparison with (P = 30) cm. Also the use of single and double screen walls decrease the depth and length of scour hole with ratios of (28-83.33)% and ratio of (47.37-85.71)% respectively compared with the state of without using screen. Using dimensional analysis two empirical relations were determined to compute the ratio of depth and length scour in term of dimensionless variables.

Keyword: Screen walls, Weirs Scour

أستلم: 4 – 8 - 2013 قبل: 28 – 11 - 2013

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

مقدمة :

تُستخدم الجدران المنخلية في المنشآت الهيدروليكية لتشتيت الطاقة الهيدروليكية الناتجة عن إطلاق التصاريف ذات السرع العالية من المنشآت إلى مجرى النهر او القنوات، وتتسبب هذه التصاريف بحدوث مشكلات نحر في مؤخر أرضية المنشآت. إن شكل وعمق وطول حفرة النحر الحاصلة لا يمكن تحديده بشكل دقيق وذلك لكثرة المتغيرات المؤثرة في عملية النحر هذه، ولأهمية الموضوع أجريت دراسات وبحوث عديدة نظرية وتطبيقية لتحديد أبعاد مشكلات النحر الحاصلة أسفل المنشآت الهيدروليكية.

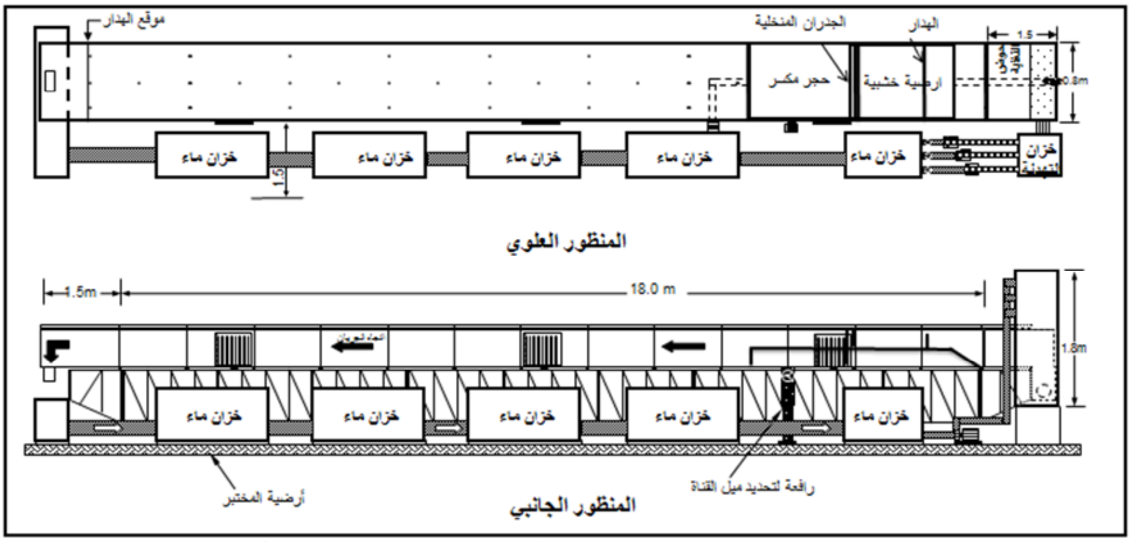
تشير كثير من الدراسات إلى أن الجدران المنخلية (Screen or perforated - Walls) تستخدم لتبديد الطاقة المتولدة من السرع العالية في المنشآت الهيدروليكية وفي نهاية المطفح التي تحدث نتيجة الجريان، كما تستخدم الجدران المنخلية للتقليل من التعرية والنحر في قاع الأنهار الطبيعية، ولحماية المنشآت المجاورة من السرع العالية الناتجة من الجريان المضطرب. وقد أجرى الباحث (Cakir, 2003)[4] دراسة مختبرية لتبديد الطاقة باستخدام الجدران المنخلية، وكانت العوامل المتغيرة في التجارب هي المسامية وسمك وموقع الجدار ، والمسامية (p_o) بين (20-60%) حيث أشارة النتائج إلى أن أداء الجدران المنخلية وكفاءتها يقلان مع زيادة بعد الجدار عن البوابة إلى ارتفاع فتحة البوابة (X/d)، وكان تبديد الطاقة باستخدام الجدران الثنائية اكبر من الجدران المفردة.أجرت الباحثة (Balkis, 2004)[3] سلسلة من التجارب المختبرية لإيجاد تأثير الجدران المنخلية المائلة على تبديد الطاقة، حيث تم استخدام جدران منخلية بفتحات يبلغ قطر كل منها (1) سم ومسامية (40)% واشتملت الدراسة زاوية الميل وسمك الجدار وموقع الجدار على بعد 100 مرة من عمق الماء عند البوابة في مقدم الجريان. أظهرت النتائج بأن الجدران المنخلية المائلة تبدد طاقة أكبر من الجدران المنخلية العمودية. أجرى الباحث (Mahmoud, 2010)[5] دراسة مختبرية في قناة بطول (5) م وعرض (30) سم وارتفاع (45) سم واستخدم بوابة كسح (Sluice gate) للحصول على جريان فوق الحرج (Super critical flow) في مقدم المجرى (upstream) استخدم جدراناً منخلية بثلاثة أقطار (1.6,1.2,0.8) سم وبسمك (1.6,1.2,0.8) سم وبنسبة مسامية 40% لتبديد الطاقة. أثبتت النتائج بأن هناك قطراً امثل لفتحات الجدار المنخلي حيث أن ($\phi = 1.2$) سم يعطي كفاءة اكبر بالمقارنة مع الأقطار الأخرى ويظهر تأثير هذا القطر بشكل واضح عندما ($X/d = 40$)، في حين يتلاشى تأثير هذا القطر بشكل نسبي مع زيادة X/d إلى 73.33 و120. كما واجرت الباحثة (الرحاوي،2011)[1] سلسلة من التجارب في قناة مختبريه بطول (24.64 م) وعرض (0.81 م) وعمق (0.76 م) لدراسة خصائص النحر مختبرياً خلف الجدران المنخلية واستنتجت بأن هناك سمكاً امثل (0.8) سم وقطر امثل لكل فتحة (1.2) سم يعطيان اقل عمق لحفرة النحر، وكذلك الجدار بسمك (0.8) سم والفتحة بقطر (1.6) سم يعطيان اكبر طول لحفرة النحر، وأن التجارب بدون استخدام جدار منخلي تعطي طولاً اكبر لحفرة النحر من التجارب باستخدام جدار منخلي، واستنتجت ايضاً بأن السمك (0.4) سم يعطي اكبر حجم لحفرة النحر من السمك (0.8) سم وان القطر الأمثل للجدار المنخلي يعطي اقل حجم لحفرة النحر (1.2) سم.كما وأجرى الباحث (AL-Fahal,2013)[2] سلسلة من التجارب المختبرية لدراسة تأثير اختلاف شكل ثقوب الجدران المنخلية و زاوية ميل الجدار مع ارضية القناة وسمك وموقع الجدار على تبديد الطاقة الهيدروليكية، استخدم بوابة كسح لتمثيل الجريان خلف المنشأ الهيدروليكي، واستنتج بأن الجدران المنخلية ذات الفتحات المربعة لها قابلية على تبديد الطاقة اكبر من الجدران المنخلية ذات الفتحات الدائرية، وأن سمك الجدار ليس له مساهمة اضافية هامة في تبديد الطاقة.

العمل ألمختبري:

تم اجراء التجارب المختبرية في مختبر الهيدروليك التابع لقسم هندسة السدود والموارد المائية بجامعة الموصل باستخدام قناة مستطيلة المقطع ذات نظام استرجاعي (Recirculation System) طولها 18 متراً وعرضها 0.8 متر، وعمقها 0.61 متر، وقعرها من الحديد المغلون وجانبيها من الزجاج، ومثبت فوق جانبيها ساقية من الحديد على شكل سكة تُحرك عليها عربة منصة قياس العمق النقطي (Platform of Point Gauge)، القناة مثبتة بهيكل حديدي على أرضية المختبر، الشكل (1) يوضح المخطط التركيبي للقناة وموقع الجدار المنخلي والهدار في القناة.

تم تصنيع الجدران المنخلية المستخدمة في التجارب من مادة الاليكوبون بأبعاد (80x51) سم وبنسبة مسامية مقدارها (40%) حيث تم استخدام التوزيع المثلثي للحصول على مسامية ثابتة، وتم تثبيت الجدران المنخلية في القناة المختبرية عن طريق ساقية من البلاستيك الشفاف بسمك (10) ملم بصورة عمودية على جدران القناة. اغلب الدراسات السابقة تشير الى ان حدود المسامية هي (20%-60%) واستخدم الباحث كاكر(Cakir,2003) ثلاث قيم للمسامية وهي (40%،50%،60%) واستنتج بأن نسبة (40%) أعطت أفضل النتائج من ناحية تبديد الطاقة ولذلك اعتمدت في الدراسة الحالية. تم استخدام نموذج من الحجر المكسر المار من منخل (9.525) ملم ومرتد على منخل (6.35) ملم بقطر (7.94) ملم وكانت الكثافة الكتلية (2680) كغم/م^3

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (1): المخطط التركيبي للقناة وموقع الجدار المنخلي والهدار في القناة

. كما تم تثبيت الجدران المنخلية بصورة عمودية قاطعة لمجرى المياه في القناة ومن ثم تم فرش الحجر المكسر بعده على مسافة (2.5) م وبسمك (0.20) سم، وبعد إمرار التصريف يتم اخذ مناسيب الماء قبل وبعد الهدار والجدران المنخلية بواسطة مقياس نقطي، وبعد توقف عملية النحر يتم إيقاف مرور التصريف وتؤخذ مناسيب طول وعمق حفرة النحر. واللوحة رقم (1) توضح الجدران المنخلية الثنائية بقطر (1.6) سم وعمق وطول حفرة النحر.

لوحة رقم (1) : توضح الجدران المنخلية الثنائية بقطر (1.6)سم وعمق وطول حفرة النحر.

تحليل ومناقشة النتائج:

هنالك عدة عوامل مؤثرة على خصائص حفرة النحر مؤخر الجدران المنخلية ويمكن صياغة العلاقة الخاصة بعمق النحر بالشكل الآتي:

$$D_s = f(q_w, \Box, S_w, D_m, g, \Delta\rho_s, P) \quad \text{.......................... (1)}$$

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

$$L_s = f(q_w, \Box, S_w, D_m, g, \Delta\rho_s, P) \quad \text{.......................... (2)}$$

إذ أن:

D_s = عمق حفرة النحر (L)، L_s= طول حفرة النحر (L)، Sw = عدد الجدران المنخلية، q_w=التصريف المار فوق الهدار لوحدة عرض ($L^3T^{-1}L^{-1}$)، ϕ= أقطار فتحات الجدار المنخلي (L)، D_m= متوسط قطر مواد القعر (L)، g= التعجيل الأرضي (LT^{-2}) $\Delta\rho_s$= الكثافة الكتلية لمواد القعر المغمورة= ($\rho_s - \rho_w$) (ML^{-3})، P = ارتفاع الهدار (L).

وباستخدام طريقة التحليل ألبعدي للمتغيرات في المعادلة (1) تم التوصل إلى العلاقة اللابعدية الآتية:

www.manaraa.com

$$\frac{D_s}{P} = f\left(\frac{\emptyset}{P}, \frac{D_m}{P}, Sw, Fr\right) \qquad \ldots\ldots\ldots (3)$$

كما يمكن صياغة علاقة لا بعدية لطول حفرة النحر عن طريق التحليل البعدي بالشكل الاتي:

$$\frac{L_s}{P} = f\left(\frac{\emptyset}{P}, \frac{D_m}{P}, Sw, Fr\right) \qquad \ldots\ldots\ldots (4)$$

إذ أن:

$\frac{D_s}{P}$ = نسبة عمق النحر إلى ارتفاع الهدار، $\frac{L_s}{P}$ = نسبة طول حفرة النحر إلى ارتفاع الهدار، $\frac{\emptyset}{P}$ =نسبة اقطار فتحات الجدار المنخلي الى ارتفاع الهدار، $\frac{D_m}{P}$ = نسبة متوسط قطر مواد القعر الى ارتفاع الهدار.

Fr = شكل من اشكال رقم فرود ويساوي $\left(Fr = \frac{q_w}{\sqrt{g * \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} * P^3}} \right)$.

تأثير ارتفاع الهدار على العلاقة بين نسبة عمق النحر إلى معدل أقطار الحجر المكسر $(\frac{D_s}{D_m})$ ورقم فرود (Frm)

لغرض معرفة الهدار الذي يعطي اقل عمق لحفرة النحر تم رسم العلاقة $(\frac{D_s}{D_m})$ و(Frm) لكل ارتفاع للهدار، بثبوت عدد الجدران المنخلية وأقطار فتحات الجدار المنخلي ومعدل قطر مواد القعر ووجد بأن العلاقة الاسية هي افضل العلاقات بين$(\frac{D_s}{D_m})$ و(Frm)حيث تعطي اعلى معامل تحديد(R^2).

$$\frac{D_s}{D_m} = a_1 * Frm^{b_1} \qquad \ldots\ldots\ldots (5)$$

إذ أن:

a_1, b_1 = معاملات.

Frm = رقم فرود بدلالة مواد القعر..

والجدول (1) يبين قيم المعاملات ومعامل التحديد للمعادلة أعلاه،

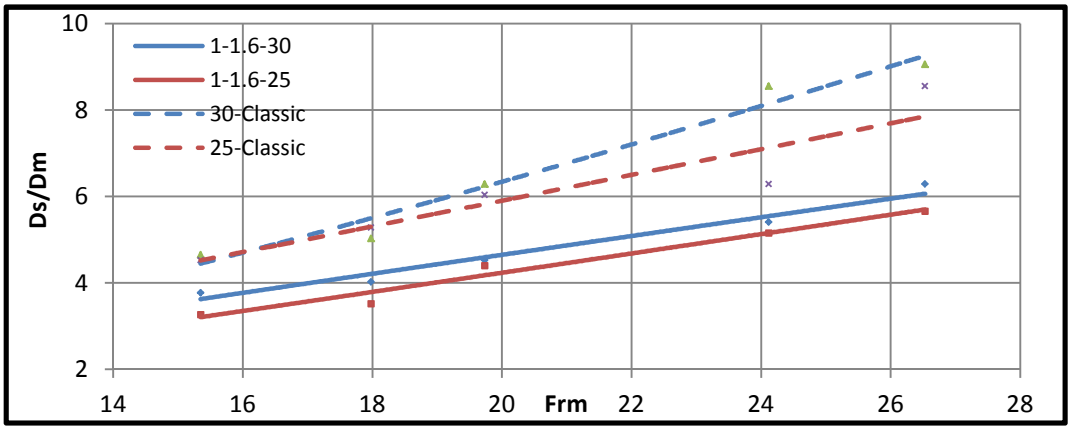
جدول (1): قيم المعاملات a_1 و b_1 ومعامل التحديد (R^2) للمعادلة (5).

Case	R^2	a_1	b_1	Figure No.
1-1.6-30	0.9681	0.2781	0.9402	2
1-1.6-25	0.9622	0.1818	1.0509	
30-Classic	0.9647	0.1141	1.1341	
25-Classic	0.8906	0.2866	1.0099	
1-1.2-30	0.9749	0.0763	1.2731	3
1-1.2-25	0.9906	0.0624	1.3132	
30-Classic	0.9647	0.1141	1.1341	
25-Classic	0.8906	0.2866	1.0099	
1-0.8-30	0.9726	0.0382	1.4425	4
1-0.8-25	0.9840	0.0146	1.701	
30-Classic	0.9647	0.1141	1.1341	
25-Classic	0.8906	0.2866	1.0099	

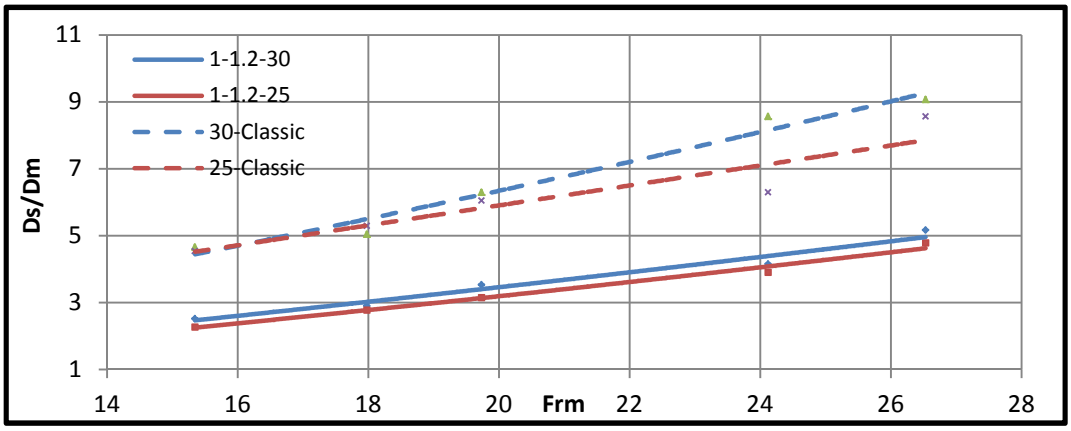
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2-1.6-30	0.9880	0.0588	1.3964	5
2-1.6-25	0.9877	0.0416	1.4825	
30-Classic	0.9647	0.1141	1.1341	
25-Classic	0.8906	0.2866	1.0099	
2-1.2-30	0.9752	0.0448	1.4137	6
2-1.2-25	0.9691	0.0238	1.5890	
30-Classic	0.9647	0.1141	1.1341	
25-Classic	0.8906	0.2866	1.0099	
2-0.8-30	0.9666	0.0040	2.0984	7
2-0.8-25	0.9561	0.0007	2.6237	
30-Classic	0.9647	0.1141	1.1341	
25-Classic	0.8906	0.2866	1.0099	

وتوضح الأشكال من (2) إلى (7) بأن هناك علاقة طردية بين $(\frac{D_s}{D_m})$ و(Frm) بأن هناك علاقة طردية بين $(\frac{D_s}{D_m})$ و(Frm)

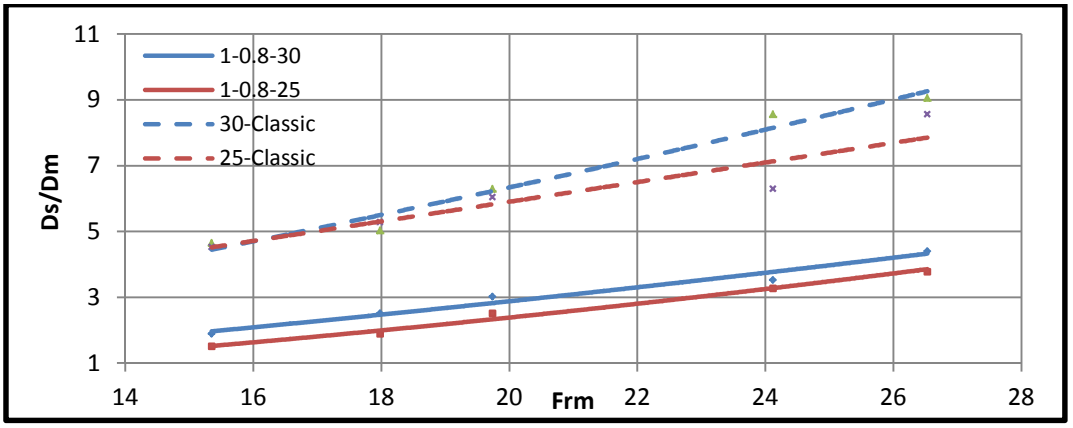


الشكل (2): العلاقة بين $\frac{D_s}{D_m}$ وFrm عندما(S_w=1,Ø=1.6cm)

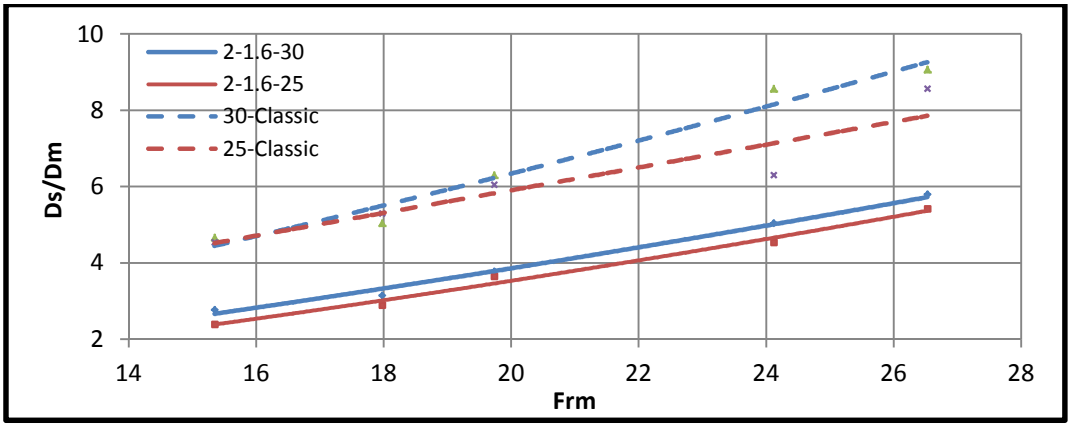


الشكل (3): العلاقة بين $\frac{D_s}{D_m}$ وFrm عندما (S_w=1,Ø=1.2cm)

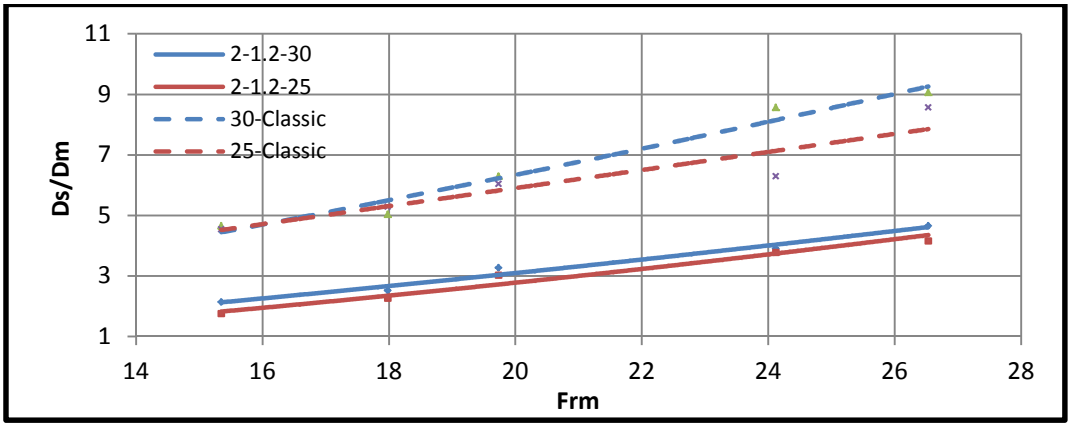
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (4): العلاقة بين $\frac{D_s}{D_m}$ و Frm عندما (S_w=1,Ø=0.8cm)

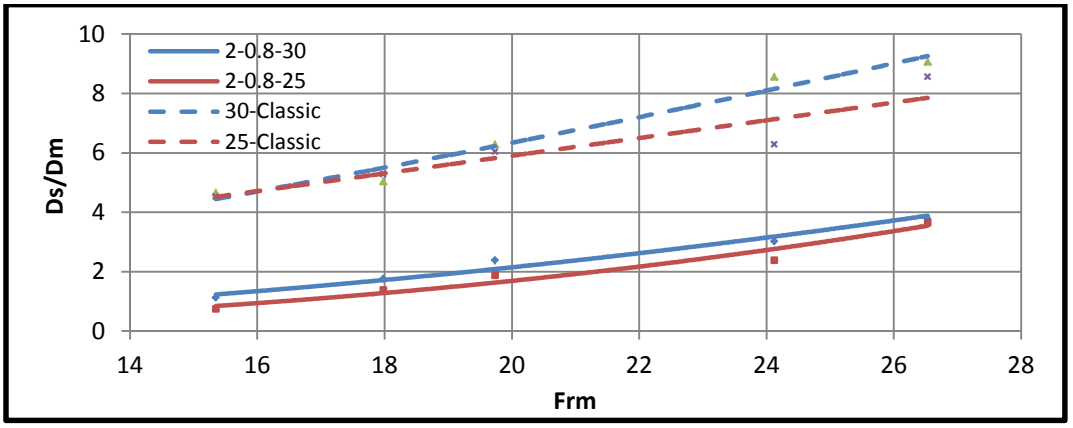


الشكل (5): العلاقة بين $\frac{D_s}{D_m}$ و Frm عندما (S_w=2,Ø=1.6cm)



الشكل (6): العلاقة بين $\frac{D_s}{D_m}$ و Frm عندما (S_w=2,Ø=1.2cm)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (7): العلاقة بين $\frac{D_s}{D_m}$ وFrm عندما (S_w=2,Ø=0.8cm)

حيث انه بزيادة (Frm) يزداد عمق النحر وذلك بسبب زيادة التصريف(q_w) (زيادة السرعة العمودية للماء الساقط) الذي يرتبط ارتباط وثيق بارتفاع الماء فوق الهدار(h)، ونستنتج من هذه الأشكال بأن الهدار بارتفاع (P=30cm) يعطي عمق لحفرة النحر أكبر من الهدار بارتفاع (P=25cm)وذلك لان طاقة السقوط العمودية لبثق الماء تكون اكبر. وعند مقارنة التجارب باستخدام جدران منخلية مفردة وثنائية وبدون استخدام تلك الجدران نلاحظ بأن عمق النحر للتجارب بدون استخدام جدران منخلية يكون اعلى من القيم في حالة استخدام جدران منخلية، وتبين ايضا من الاشكال أنه في حالة عدم استخدام الجدران المنخلية أن عمق النحر لا يتأثر بارتفاع الهدار عند التصاريف القليلة ويظهر تأثيره بشكل واضح عند التصاريف العالية.

تأثير ارتفاع الهدار على العلاقة بين نسبة طول حفرة النحر إلى معدل أقطار الحجر المكسر ($\frac{L_s}{D_m}$) ورقم فرود (Frm):

لغرض معرفة اداء الهدار الذي يعطي اقل طول لحفرة النحر تم رسم العلاقة ($\frac{L_s}{D_m}$) و(Frm) لكل ارتفاع للهدار، بثبوت عدد الجدران المنخلية وأقطار فتحات الجدار المنخلي ومعدل قطر مواد القعر ووجد بأن العلاقة الاسية هي افضل العلاقات بين($\frac{L_s}{D_m}$) و(Frm) حيث تعطي اعلى معامل تحديد(R^2).

$$\frac{L_s}{D_m} = a_2 \square Frm^{b_2} \quad \text{... ... ... (6)}$$

إذ أن:

a_2, b_2 = معاملات.

والجدول (2) يبين قيم المعاملات ومعامل التحديد للمعادلة اعلاه

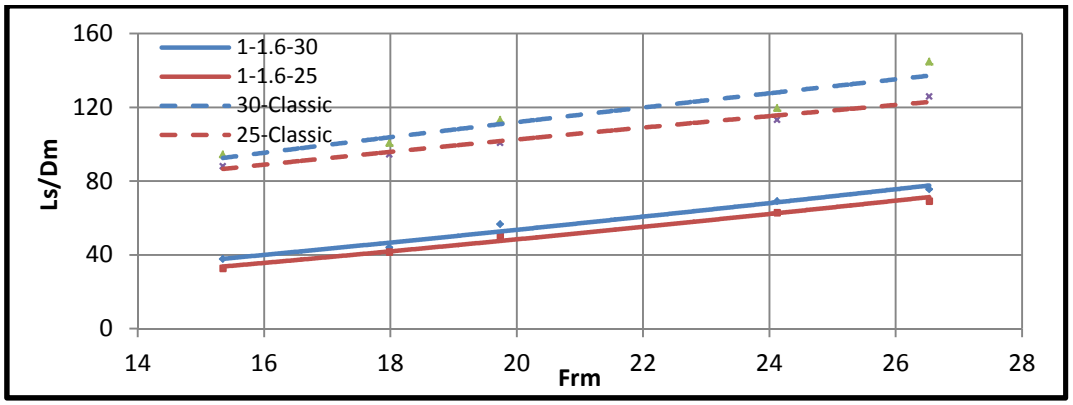
جدول (2): قيم المعاملات a_2 و b_2 ومعامل التحديد (R^2) للمعادلة (6).

Case	R^2	a_2	b_2	Figure No.
1-1.6-30	0.9729	1.0536	1.3116	8
1-1.6-25	0.9863	0.7936	1.3723	
30-Classic	0.9152	12.997	0.7188	
25-Classic	0.9803	15.063	0.6403	
1-1.2-30	0.9813	0.5382	1.4561	9
1-1.2-25	0.9812	0.7448	1.2991	
30-Classic	0.9152	12.997	0.7188	

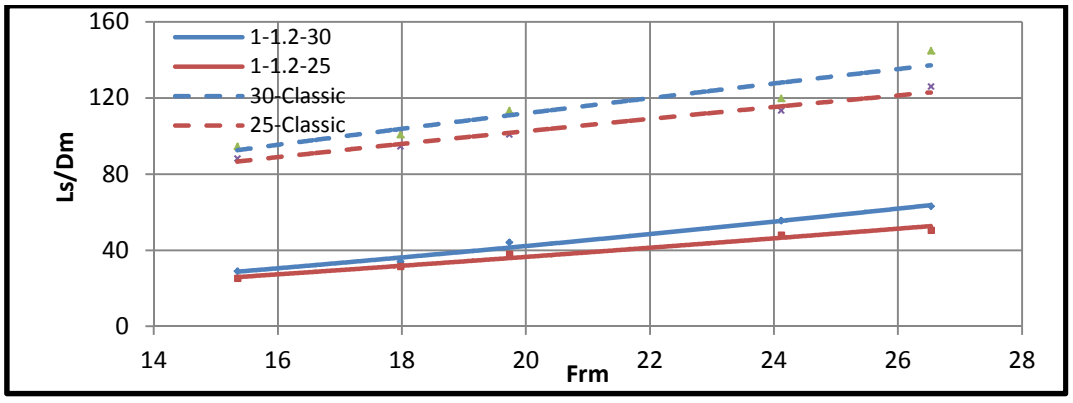
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

25-Classic	0.9803	15.063	0.6403	
1-0.8-30	0.9526	0.7361	1.2963	10
1-0.8-25	0.9733	0.5685	1.3184	
30-Classic	0.9152	12.997	0.7188	
25-Classic	0.9803	15.063	0.6403	
2-1.6-30	0.9896	0.9423	1.3178	11
2-1.6-25	0.9887	0.8908	1.3027	
30-Classic	0.9152	12.997	0.7188	
25-Classic	0.9803	15.063	0.6403	
2-1.2-30	0.9821	0.4412	1.4801	12
2-1.2-25	0.9617	0.2267	1.6504	
30-Classic	0.9152	12.997	0.7188	
25-Classic	0.9803	15.063	0.6403	
2-0.8-30	0.9645	0.1510	1.7478	13
2-0.8-25	0.9640	0.0624	1.9771	
30-Classic	0.9152	12.997	0.7188	
25-Classic	0.9803	15.063	0.6403	

وتوضح الأشكال من (8) إلى (13) بأن هناك علاقة طردية بين ($\frac{L_s}{D_m}$) و(Frm)

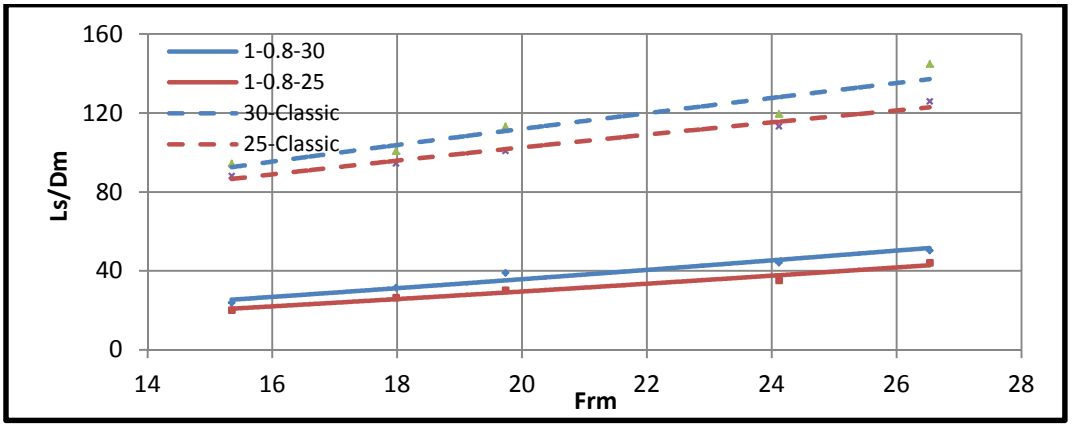


الشكل (8): العلاقة بين $\frac{L_s}{D_m}$ وFrm عندما (S_w=1,Ø=1.6cm)

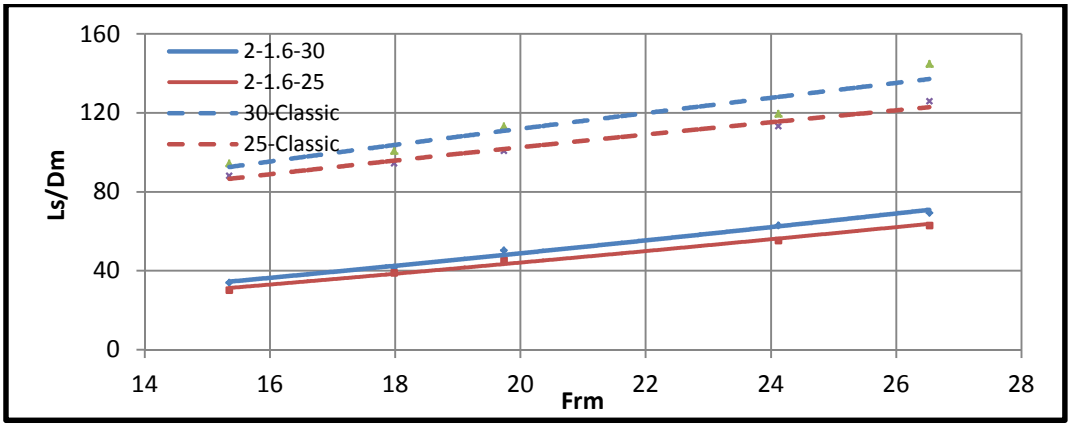


الشكل (9): العلاقة بين $\frac{L_s}{D_m}$ وFrm عندما (S_w=1,Ø=1.2cm)

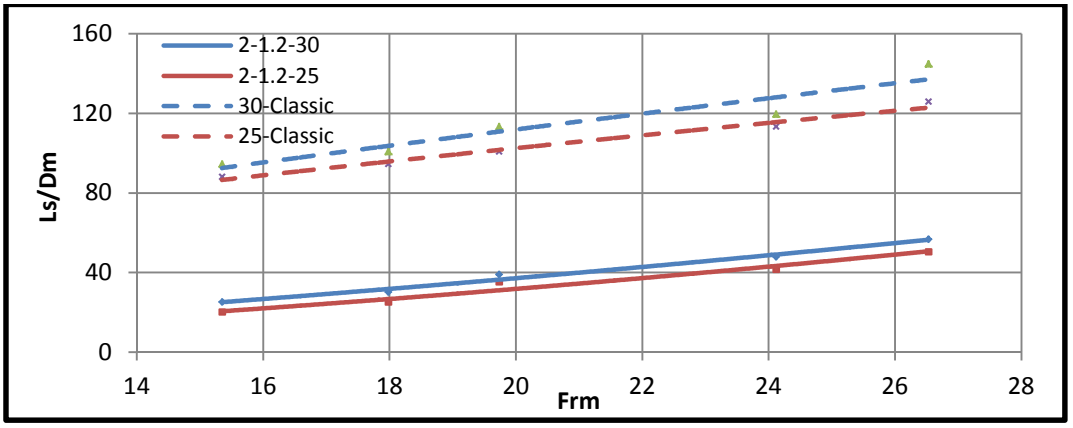
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (10): العلاقة بين $\frac{L_s}{D_m}$ وFrm عندما (S_w=1, Ø=0.8cm)

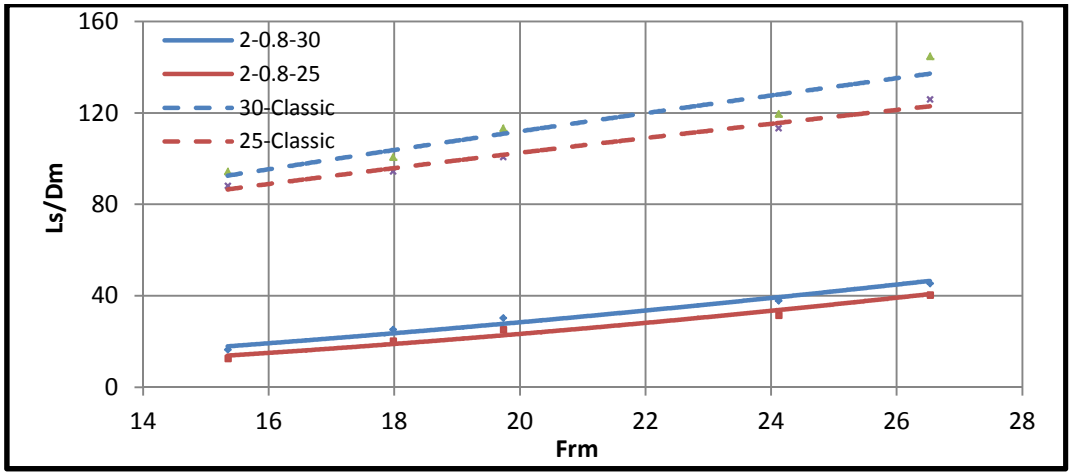


الشكل (11): العلاقة بين $\frac{L_s}{D_m}$ وFrm عندما (S_w=2,Ø=1.6cm)



الشكل (12): العلاقة بين $\frac{L_s}{D_m}$ وFrm عندما (S_w=2,Ø=1.2cm)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

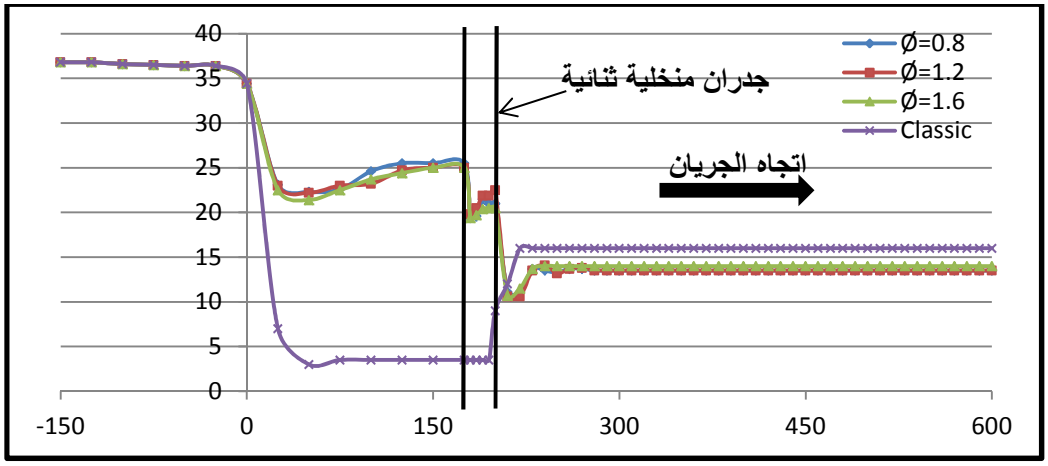


الشكل (13): العلاقة بين $\frac{L_s}{D_m}$ و Frm عندما (S_w=2,Ø=0.8cm)

حيث انه بزيادة (Frm) يزداد طول حفرة النحر وذلك بسبب زيادة التصريف(q_w) (زيادة السرعة العمودية للماء الساقط) الذي يرتبط ارتباط وثيق بارتفاع الماء فوق الهدار(h)، ونستنتج من هذه الأشكال بأن الهدار بارتفاع (P=30cm)يعطي طول لحفرة النحر أكبر من الهدار بارتفاع (P=25cm)وذلك طاقة السقوط العمودية لبثق الماء تكون اكبر مما يؤدي الى نقصان معدل تشتيت الطاقة. وعند مقارنة التجارب باستخدام جدران منخلية مفردة وثنائية وبدون استخدام تلك الجدران نلاحظ بأن طول حفرة النحر للتجارب بدون استخدام الجدران المنخلية يكون اعلى من القيم في حالة استخدام جدران منخلية بنسبة (28-83.33)% بالنسبة لعمق النحر وبنسبة (47.37-85.71)% بالنسبة لطول حفرة النحر.

مخطط سطح الماء:

تم دراسة مخطط سطح الماء على طول مقدم ومؤخر الجدران المنخلية، وفي كل تجربة تم قياس ارتفاع مستوى سطح الماء مقدم الهدار بمسافة (150) سم عند مركز القناة ولغاية انتهاء فرش الحجر المكسر إلى أن يصبح سطح الماء أفقيا باتجاه الجريان. تم رسم مخطط سطح الماء للنموذج(P=25 cm, (Sw=2, Q=60.5 L/sec، كما في الشكل (14)، ومن الشكل تبين بأن سطح الماء يأخذ بالنزول عند سقوطه من الهدار ومن ثم يأخذ بالارتفاع ويكون الجريان مضطرباً حيث تتشكل قفزة هيدروليكية بسيطة ثم يستقر الى ان يدخل الجدران المنخلية، وعند الخروج من الجدار المنخلي يأخذ سطح الماء مرة أخرى بالنزول والارتفاع ثم يأخذ بالانخفاض نتيجة تشتيت الطاقة ثم يتذبذب إلى أن يثبت بعد مسافة معينة، وفي حالة استخدام جدران منخلية ثنائية يلاحظ تكون قفزة هيدروليكية بين الجدارين.



شكل (14): شكل سطح الماء عندما (P=25 cm , Sw=2 , Q=60.5 L/sec)

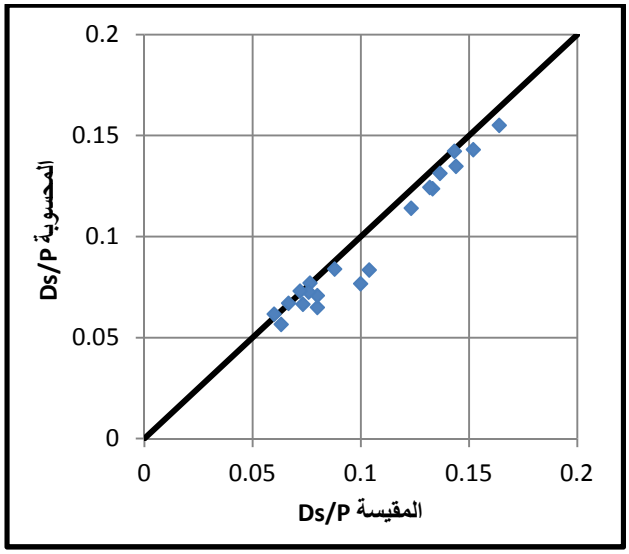
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

علاقة وضعية لحساب نسبة عمق النحر الى ارتفاع الهدار $\left(\frac{D_s}{P}\right)$:

تم إدخال ثلثي البيانات المتضمنة عمق النحر مؤخر الجدران المنخلية في البرنامج الإحصائي (PASW Statistics 18) للحصول على علاقة وضعية لحساب نسبة عمق النحر إلى ارتفاع الهدار $\left(\frac{D_s}{P}\right)$ بدلالة المتغيرات اللابعدية $\left(\frac{D_m}{P}\right)$ و (Sw) و (Fr) المذكورة في العلاقة (3) وكما يأتي:

$$\frac{Ds}{P} = 0.006 \times Fr^{1.37} \times \left(\frac{Dm}{P}\right)^{-2.318} \times \left(\frac{\psi}{P}\right)^{0.734} * Sw^{-0.202} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

وبمعامل تحديد (R^2) يساوي (0.953) وتم حساب قيم $\left(\frac{Ds}{P}\right)$ من المعادلة (7) لثلث البيانات المتبقي ورسمت مع المقيسة مختبريا وكما موضح بالشكل (15) والذي يبين مدى الترابط بين القيم المقيسة والمحسوبة وتقاربها مع خط التوافق الأمثل.



شكل (15): مقارنة نسبة عمق النحر الى ارتفاع الهدار$\left(\frac{Ds}{P}\right)$ المحسوب من المعادلة(7) والمقيسة مختبرياً

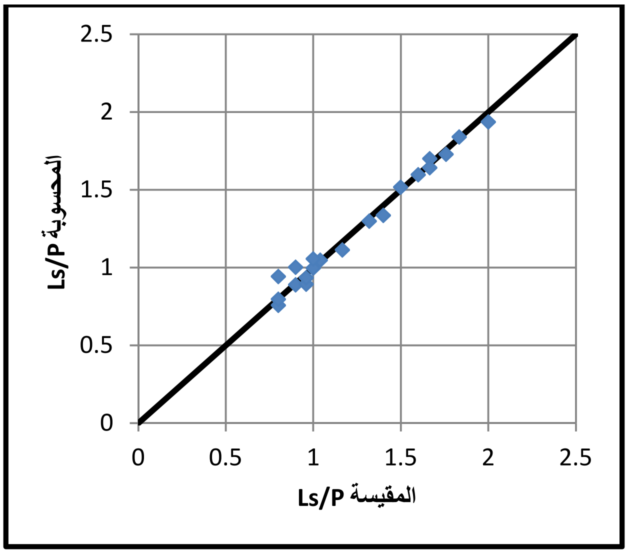
علاقة وضعية لحساب نسبة طول حفرة النحر الى ارتفاع الهدار $\left(\frac{Ls}{P}\right)$:

تم إدخال ثلثي البيانات المتضمنة طول حفرة النحر مؤخر الجدران المنخلية في البرنامج الإحصائي (PASW Statistics 18) للحصول على علاقة وضعية لحساب نسبة طول حفرة النحر إلى ارتفاع الهدار $\left(\frac{Ls}{P}\right)$ بدلالة المتغيرات اللابعدية و $\left(\frac{Dm}{P}\right)$ و (Sw) و (Fr) المذكورة في العلاقة (4) وكما يأتي:

$$\frac{Ls}{P} = 0.041 \times Fr^{1.358} \times \left(\frac{Dm}{P}\right)^{-2.477} \times \left(\frac{\psi}{P}\right)^{0.723} * Sw^{-0.164} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

وبمعامل تحديد (R^2) يساوي (0.969) وتم حساب قيم $\left(\frac{Ls}{P}\right)$ من المعادلة (8) لثلث البيانات المتبقي ورسمت مع المقيسة مختبريا وكما موضح بالشكل (16) والذي يبين مدى الترابط بين القيم المقيسة والمحسوبة وتقاربها مع خط التوافق الأمثل.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (16): مقارنة نسبة طول النحر الى ارتفاع الهدار($\frac{Ls}{P}$) المحسوب من المعادلة(8) والمقيسة مختبرياً

لغرض معرفة كفاءة اداء العلاقات الوضعية تم استخدام العلاقة الرياضية للنموذج (Nash–Sutcliffe model efficiency coefficient - 1970)[6]:

$$E = 1 - \frac{\sum(O_o - O_m)^2}{\sum(O_o - \overline{O_o})^2} \quad \text{.......................................} (9)$$

E= الكفاءة للعلاقة الرياضية، O_o= البيانات المقاسة ، O_m = البيانات المحسوبة ، $\overline{O_o}$ = معدل البيانات المقاسة.

وكانت قيمة (E) للبيانات $\left(\frac{Ds}{P}\right)$ تساوي (0.917) ولبيانات$\left(\frac{Ls}{P}\right)$ تساوي (0.969) وهي قيم قريبة من (1) مما يدلل على كفاءة المعادلات الوضعية (7) و(8).

الاستنتاجات:

1- بينت النتائج المختبرية ان استخدام الجدران المنخلية تقلل من عمق وطول حفرة النحر عند مقارنتها مع حالة عدم استخدام الجدران المنخلية بنسبة (83.33-28.00)% و (85.71-47.37)% بالنسبة لعمق وطول حفرة النحر على التوالي.

2- بينت النتائج المختبرية ان اداء الجدران المنخلية الثنائية افضل من اداء الجدران المنخلية المفردة في التقليل من عمق وطول حفرة النحر بنسبة (50.00-3.23)% و (37.50-0.00)% بالنسبة لعمق وطول حفرة النحر على التوالي.

3- من خلال الاشكال تبين بان الجدار **المنخلي الثنائي بقطر** (Ø=0.8) سم وبارتفاع للهدار (P=25) سم يعطي اقل عمق وطول لحفرة النحر.

4- تم استنباط علاقتين وضعيتين لحساب نسبة عمق وطول حفرة النحر لارتفاع الهدار$\left(\frac{Ds}{P}\right)$ و $\left(\frac{L}{P}\right)$.

المصادر:

1. **الرحاوي، غفران فارس عبد الله** ، (2011). "دراسة مختبرية للنحر خلف الجدران المنخلية المستخدمة في تبديد الطاقة". رسالة ماجستير، قسم هندسة الموارد المائية، كلية الهندسة، جامعة الموصل.
2. Al-Fahal, A.S.M. (2013), " Laboratory Study of Hydraulic Energy Dissipation Using Screen With Circular & Square Holes", M.Sc. thesis, Department of Civil Engineering, College of Engineering University of Tikrit.
3. Balkis, G., (2004), "Experimental Investigation of Energy Dissipation through Inclined

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Screens", M.Sc. thesis, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
4. Cakir, P.(2003), "Experimental Investigation of Energy Dissipation through Screen " , M.Sc. thesis, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
5. Mahmoud, H.A. (2010), "Laboratory Study of Energy Dissipation Using Screen Walls ", M.Sc. thesis, Department of Civil Engineering, College of Engineering University of Dohok.
6. Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V.(1970): River flow forecasting through conceptual models, Part I - A discussion of principles, J. Hydrol., 10, 282–290.

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com