دراسة مختبريه لتحسين أداء المطافح المدرجة باستخدام العوائق فوقها

الهام مجيد كركجي
مدرس مساعد

قسم الموارد المائية ، كلية الهندسة ، جامعة الموصل

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تبديد الطاقة باستخدام المطفح المدرج مع محاولة التخلص من بعض المشاكل التي تظهر عند جريان الماء فوق هذه المنشات وخصوصا تكون الجيوب والفقاعات الهوائية في نهاية الدرجات. حيث استخدم لهذا الغرض عوائق حديدية مربعة المقطع على طول حافة الدرجات. اجريت عدد من التجارب المختبرية على مطفح مدرج بدون ومع استخدام العوائق ، وفي كل تجربة تم قياس اعماق الجريان مقدم المطفح ومؤخر الجريان وكذلك قياس التصريف. أشارت نتائج البحث الى نجاح العوائق في التخلص من الجيوب الهوائية وان وجود العوائق لايؤثر على وظيفة المطفح كمبدد للطاقة وفي اغلب التجارب حصلت زيادة وان كانت طفيفة في تبديد الطاقة عند استخدامها. كما أظهرت النتائج ان استخدام العوائق يجب أن يبدأ من الدرجة الثانية وحتى بعد منتصف درجات المطفح وذلك للحصول على أفضل النتائج ودون اي تأثيرات سلبية على المطفح وعلى تبديد الطاقة.
الكلمات الدالة : المطافح المدرجة ، العوائق , مُبدد الطاقة , القنوات المفتوحة ، التصاريف

Experimental Study for Improving the performance of Stepped Spillway using an Obstructions

Elham Majeed Kurukji
Water Resources Dept., College of Eng., Mosul Univ.

Abstract

In this paper the energy dissipation was studied using stepped spillway, in addition to that the elimination of air pockets which take place at steps was also studied by using obstructions along the edge of steps. These obstructions were made from iron with square cross-section. Several experiments were conducted on stepped spillway with and without obstructions. The results of the experiments showed that these obstructions were very successful in eliminating air pockets. Their present in general had a positive effect on energy dissipation along the stepped spillway. The results also indicated that the use of these obstructions should be started from second step until the middle step of the spillway.
Keywords: stepped spillway, obstructions, energy dissipater, open channels, discharges.

أستلم: 12 - 3 - 2011 قبل: 8 - 5 - 2011

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المقدمـــــــة:

إن تشتيت طاقة الجريان العالية أصبحت مهمة حرجة في تصاميم السدود والخزانات والقنوات المفتوحة لتأمين السد والمنشات الواقعة مؤخر السد , هنالك عدة حلول لتقليل الطاقة الناتجة من الجريان عند السرع العالية منها إنشاء مطفح مدرج (Stepped Spillway) وإحداث دوامات واضطرابات (Eddies) فوق المطفح تقلل من الطاقة. إن المطفح المدرج هو عبارة عن هدار يحتوي على درج بأبعاد خاصة للارتفاع والعرض والطول. انّ فائدة المطفح المدرج في القناة هي لتبديد تأثير الطاقة الحركية الناتجة من السرعة العالية للجريان التي تؤدي إلى نحر القناة وذلك بظهور ظاهرة القفزة الهيدروليكية التي عندها يتغير الجريان من السرع العالية إلى السرع البطيئة, وقد تصل نسبة هذا التبديد إلى (% 99) من الطاقة الكلية والنسبة المتبقية قد تمثل عمق الجريان (Chanson, 1993) وهذا يؤدي إلى التقليل من كلفة إنشاء حوض التهدئة (Stilling Basin). إن استخدام المطافح المدرجة له بعض السلبيات , حيث يحدث في حالات محددة من الجريان فجوات هوائية على بعض أوكل الدرجات مما يؤدي إلى اهتزازات مختلفة الشدة قد تؤثر على سلامة الدرجات وتهشيمها بشكل جزئيْ أو كلي مما يؤثر على سلامة المطفح ككل (الطائي , 2010), وغالبا ما يوصي المصممون عند التعامل مع هذا النوع من المطافح بعدم تشغيلها أو استخدامها عند حدوث مثل هكذا جريان والاقتصار على الجريان الذي لا تحدث فيه فجوات هوائية , وبالطبع هذا قد يكون غير ممكنا في التطبيقات العملية , أي قد لا يكون ممكنا تشغيل المطفح لتصاريف معينة ثم عدم تشغيله لتصاريف أخرى. إن فكرة هذا البحث تهدف اضافة الى دراسة تبديد الطاقة باستخدام المطفح المدرج فانها كذلك تبحث في إيجاد طريقة للتخلص من الفجوات الهوائية أو منع حدوثها بغض النظر عن التصاريف المارة , لقد تم في هذا البحث استخدام العوائق العرضية على الدرجات كوسيلة لتحقيق ذلك .

الدراســـات السابقة :

يقسم الجريان فوق المطافح المدرجة إلى ثلاثة أنواع رئيسة , وهي الجريان المتدرج(Nappe flow) للتصاريف القليلة نسبيا وفيه يتم تشتيت الطاقة بكفاءة عالية من الناحية الهيدروليكية (Pegram et. .al, 1999) لكنه لا يحدث كثيرا , والنوع الثاني هو الجريان الانتقالي (Transition flow) للتصاريف المتوسطة (Chanson, 2002), وإنّ من المستحسن تجنب هذا الجريان وذلك لحدوث فجوات هوائية واضطرابات هيدرودينميكية كبيرة , أما النوع الثالث فهو الجريان الانسيابي (Skimming flow) للتصاريف الكبيرة وهذا الجريان يكون المفضل لإمكانية حدوثه في التصاريف العالية بالرغم من أن كفاءة تشتيت الطاقة فيه واطئة نسبيا والانواع الثلاثة هذه موضحة في الشكل (1) .

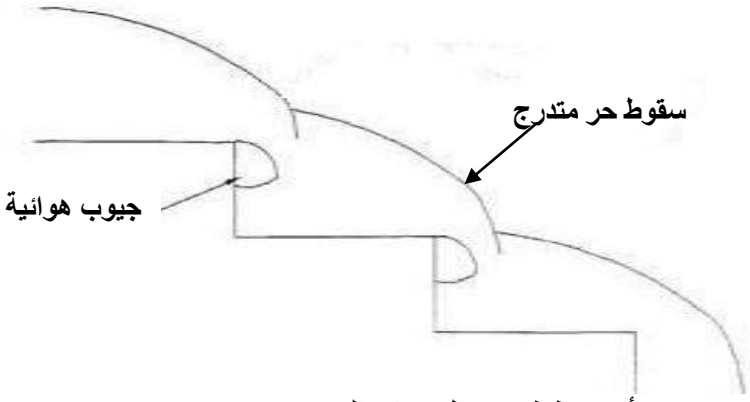
لقد أجريت عدة دراسات من قبل الباحثين

(Sorenson, 1985), (Peyras 1992) , (Chanson, 1994), (Christodoulou, 1995), (Ahman and Zapel, 2000)،(Peruginelli and Pagliara, 2000).

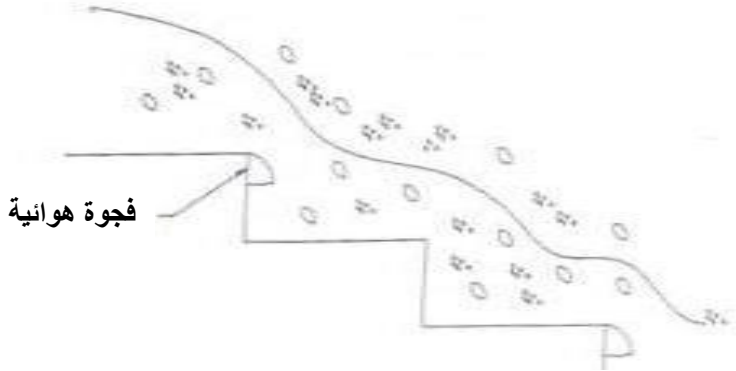
واستنتجوا أن تشتيت الطاقة فوق المطافح المدرجة يعتمد على التصاريف وانحدار المطفح , إضافة إلى الشكل الهندسي للمطفح والعوائق الموجودة فوقه. كما وجد الباحث (Chanson, 1994) أن نسبة تشتيت الطاقة تتناسب عكسيا" مع التصريف وانحدار المطفح وطرديا مع ارتفاع الدرجة. أجرى الباحث (Barani, 2005) وآخرون دراسة حول تبديد الطاقة فوق أنواع مختلفة من المطافح المدرجة واستنتجوا ان تبديد الطاقة يعتمد على عدة عوامل منها ارتفاع الماء فوق المطفح وسرعة الجريان وكثافة الماء وميل النموذج واللزوجة الداينميكية والتعجيل الأرضي. كما استنتجوا ان تبديد الطاقة يكون كبيرا للسدود الصغيرة ذات التصاريف الواطئة وبهذا تقل الحاجة إلى استخدام احواض التهدئة عند حافة المطفح. وفي دارسة مختبرية للباحثة (الطالب , 2007) تم استخدام مطافح مدرجة ووجد بأن نسبة تبديد طاقة الجريان تزداد بزيادة ارتفاع المطفح ونسبة ارتفاع المنشأ إلى عمق الماء الحرج ونسبة طول الدرجة إلى عمق الماء الحرج ورقم فرود وتقل بزيادة ميل التدرج وعدد الدرجات والتصريف. كما وجدت ان نسبة تبديد طاقة الجريان في المطافح المدرجة أكبر من المطافح غير المدرجة.

وفي دراسة مختبريه أخرى للباحث (الطائي , 2010) , وجد أن حالات جدران القناة المقتربة (Convergent Walls) نحو مقدم المطفح ذات قابلية أعلى لتشتيت الطاقة من الحالة القياسية , حيث أن كفاءة تشتيت الطاقة تزداد بازدياد زاوية ميل الجدران الجانبية ، كما استنتج بأن تشتيت الطاقة يقل باستخدام الدرجات الصغيرة الحجم والمسبوقة بدرجات أكبر.

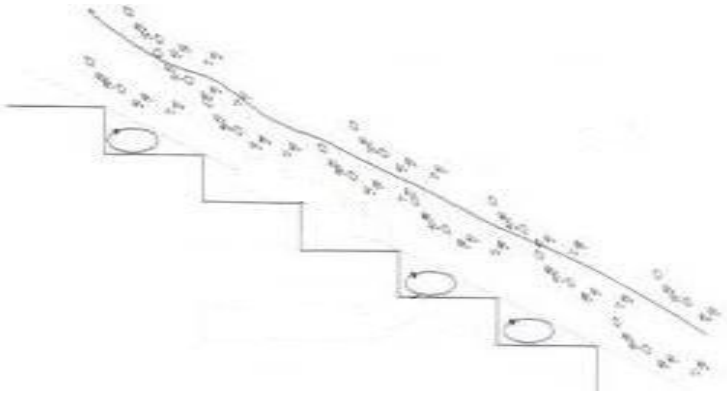
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



أ. مخطط يبين الجريان المتدرج



ب. مخطط يبين الجريان الانتقالي



ج. مخطط يبين الجريان الانسيابي

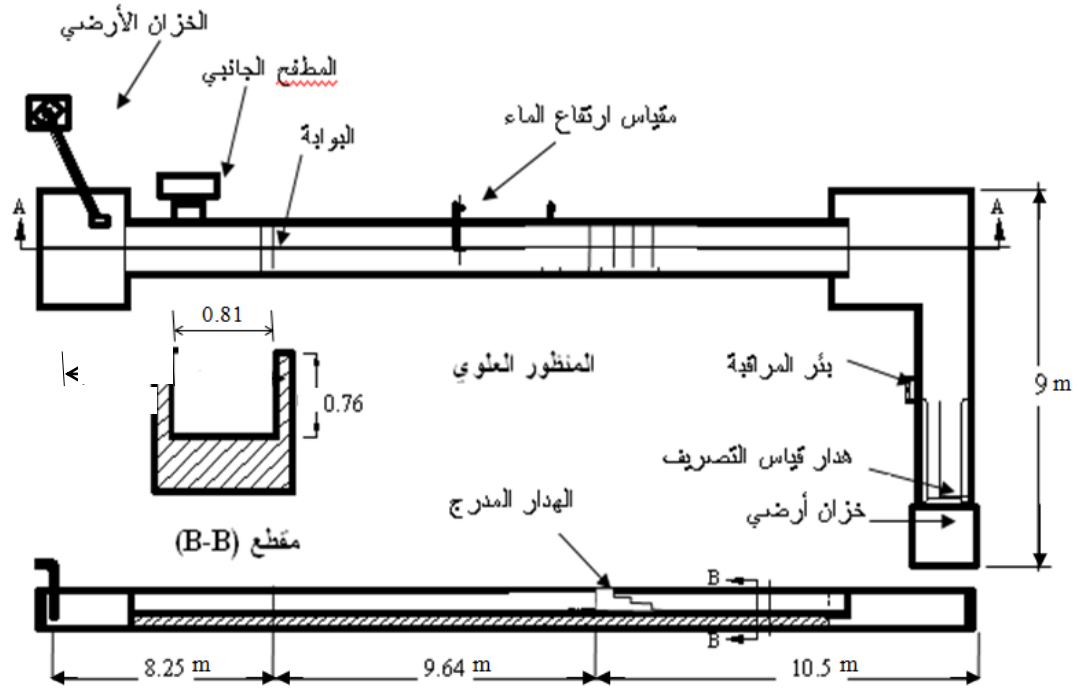
كشل (1) انواع الجريان فوق المطافح المدرجة (الطائي, 2010)

العمل ألمختبري:

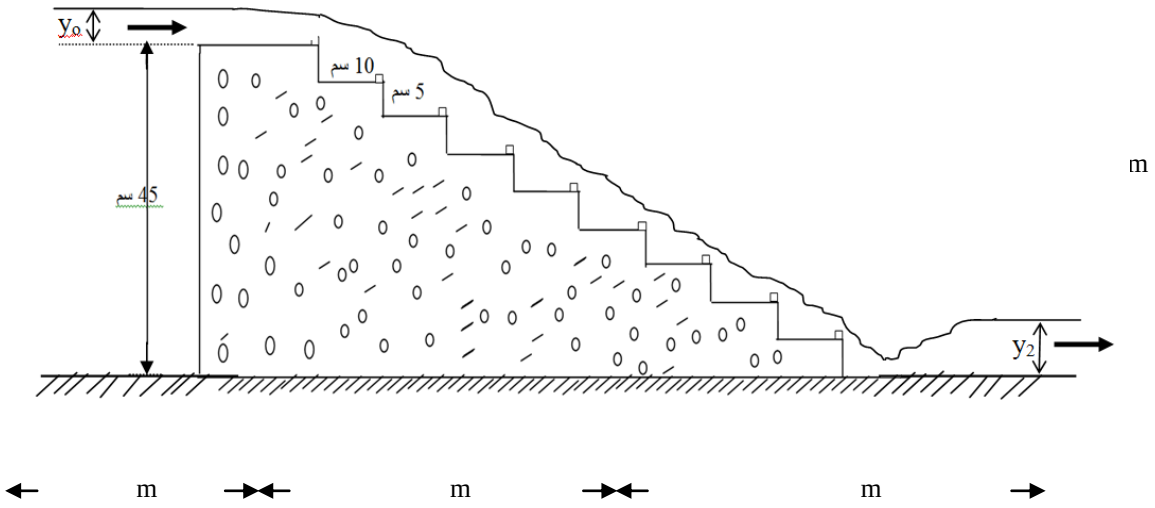
تم استخدام قناة كونكريتية في مختبر الهيدروليك – قسم الموارد المائية في كلية الهندسة – جامعة الموصل لإجراء تجارب البحث , القناة مستطيلة المقطع بطول (24.5 م) وعرض (0.81 م) وارتفاع (0.76 م) مثبت على جداري القناة مقاطع حديدية على شكل حرف L تستخدم لغرض قياس عمق الجريان (Point Gauges), تتصل القناة في مقدمتها بحوض تهدئة للجريان قبل دخوله إلى القناة وفي نهاية القناة حوض تصريف بطول (8 م) وعرض (0.8 م) وارتفاع

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

(1.2 م) , يوجد في نهايته تخصر بطول (1.84 م) وارتفاع (0.5 م) ثبت فيه هدار قياسي حديدي مصنع حسب المواصفات البريطانية (BST 1965) لقياس التصريف في القناة كما في الشكل (2). لقد تم إنشاء مطفح كونكريتي مدرج بعرض القناة وبارتفاع (45 سم) يحتوي على تسعة درجات ارتفاع كل درجة (5 سم) وعرضها (10 سم) (الطالب , 2007) كما موضح في الشكل (3). لغرض دراسة إمكانية التخلص من الفجوات الهوائية التي تظهر في الجريان تم استخدام عوائق عرضية حديدية (قضبان) على طول الدرجة بمساحة مقطع (1×1 سم) ووضعها على حافة الدرج , كما تم تغيير موقع العوائق من الدرجات لبيان مدى تأثير ذلك على نسبة تشتيت الطاقة مع تغيير موقع العائق. تم وضع العوائق كما مبين في الجدول (1) بحيث تصبح لدينا اثنتا عشرة حالة لكل تصريف في القناة والتي بلغ عددها سبعة تصاريف مختلفة, تم قياس ارتفاع الماء مقدمة المطفح (y_o) وارتفاع الماء في نهاية القفزة الهيدروليكية (y_2) لكل الحالات وقياس منسوب الماء فوق الهدار القياسي (H) وباستخدام معادلة الهدار $Q=1180.8H^{1.5}$ (يوسف, 2006) تم حساب التصريف (Q).



شكل (2) القناة المختبرية المستخدمة



شكل (3) مقطع في المطفح الخرساني المستخدم

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

جدول (1): يبين الحالات التي استخدمت فيها العوائق

الحـــالة	رقم الدرجـــة ابتداء من الأعلى								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
الأولى									
الثانية	ـــ								
الثالثة	ـــ	ـــ							
الرابعة	ـــ	ـــ	ـــ						
الخامسة	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ					
السادسة	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ				
السابعة	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ			
الثامنة	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ		
التاسعة	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	
العاشرة	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ
الحادية عشر			ـــ						
الثانية عشر							ـــ		

- الإشارة (ـــ) تعني استخدام العوائق عند الدرجة المحددة.

الحســابات والاستنتاجات:

لمعرفة نسبة تشتيت طاقة الجريان باستخدام المطفح الهيدروليكي المدرج تم إجراء الحسابات التالية :

1) من قيمة التصريف المقاس (Q) وعمق الماء في مقدم المطفح (y_0) وعرض القناة (B) تم حساب سرعة الجريان مقدم المطفح (V_o) من معادلة الاستمرارية:

$$Q= V_o * y_o * B$$

2) تم حساب مقدار طاقة الجريان الكلية مقدمة المطفح (E_t)

$$E_t = P + (V_o^2 / 2*g) + y_o$$

حيث ان :

p = ارتفاع المطفح (45 سم)

3) من قيمة التصريف المقاس (Q) وعمق الماء في نهاية القفزة الهيدروليكية (y_2) وعرض القناة (B) تم حساب سرعة الجريان في نهاية القفزة الهيدروليكية (V_2) من معادلة الاستمرارية أيضا:

$$Q= V_2 * y_2 * B$$

4) من ذلك تم حساب قيمة رقم فرود بعد القفزة الهيدروليكية (Fr_2)

$$Fr_2 = V_2 / (g*y_2)^{0.5}$$

5) حساب مقدار طاقة الجريان عند مؤخر القفزة الهيدروليكية (E_2) باستخدام المعادلة:

$$E_2 = y_2 + (V_2^2 / 2g)$$

6) نسبة تبديد طاقة الجريان بين مقدم ومؤخر المطفح:

$$\triangle E\% = ((E_t - E_2) / E_t) * 100$$

والجدول (2) يبين هذه الحسابات .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

جدول (2): يبين الحسابات والنتائج

التصريف	الحالة	y_o cm	Q Cm^3/sec	y_2 cm	V_o Cm/sec	E_t cm	V_2 Cm/sec	Fr	E_2 cm	ΔE%	أنواع الجريان
1	1	2.2	1956	7.4	10.98	47.2	3.26	0.0383	7.41	84.31	
	2	3.7	1956	6.5	6.53	48.7	3.72	0.0465	6.51	86.64	
	3	3.7	1956	7	6.53	48.7	3.45	0.0416	7.01	85.61	
	4	3.7	1956	6.9	6.53	48.7	3.50	0.0425	6.91	85.82	
	5	3.7	1956	6.9	6.53	48.7	3.50	0.0425	6.91	85.82	
	6	3.7	1956	6.8	6.53	48.7	3.55	0.0435	6.81	86.02	
	7	3.7	1956	6.8	6.53	48.7	3.55	0.0435	6.81	86.02	مندرج
	8	3.7	1956	6.7	6.53	48.7	3.60	0.0445	6.71	86.23	
	9	3.7	1956	6.7	6.53	48.7	3.60	0.0445	6.71	86.23	
	10	3.7	1956	6.8	6.53	48.7	3.55	0.0435	6.81	86.02	
	11	2	1956	6.7	12.07	47	3.60	0.0445	6.71	85.73	
	12	2	1956	6.9	12.07	47	3.50	0.0425	6.91	85.31	
2	1	4.2	3853	8.8	11.33	49.2	5.41	0.0582	8.81	82.08	
	2	5	3853	8.6	9.51	50	5.53	0.0602	8.62	82.77	
	3	5	3853	8.45	9.51	50	5.63	0.0618	8.47	83.07	
	4	5	3853	8.2	9.51	50	5.80	0.0647	8.22	83.57	
	5	5	3853	8.2	9.51	50	5.80	0.0647	8.22	83.57	
	6	5.1	3853	8.4	9.33	50.1	5.66	0.0624	8.42	83.20	
	7	5.1	3853	8.3	9.33	50.1	5.73	0.0635	8.32	83.40	
	8	5.1	3853	8.5	9.33	50.1	5.60	0.0613	8.52	83.00	
	9	5.1	3853	8.3	9.33	50.1	5.73	0.0635	8.32	83.40	
	10	5.1	3853	8.5	9.33	50.1	5.60	0.0613	8.52	83.00	
	11	3.7	3853	8.3	12.86	48.7	5.73	0.0635	8.32	82.92	
	12	3.6	3853	8.6	13.21	48.6	5.53	0.0602	8.62	82.27	انتقالي
3	1	4.6	10164	9.6	27.28	49.6	13.07	0.1347	9.69	80.47	
	2	6	10164	9	20.91	51	13.94	0.1484	9.10	82.16	
	3	6	10164	8.8	20.91	51	14.26	0.1535	8.90	82.54	
	4	6	10164	8.9	20.91	51	14.10	0.1509	9.00	82.35	
	5	6	10164	9.1	20.91	51	13.79	0.1459	9.20	81.97	
	6	6	10164	9.3	20.91	51	13.49	0.1413	9.39	81.58	
	7	6	10164	9.35	20.91	51	13.42	0.1401	9.44	81.49	
	8	6	10164	9.2	20.91	51	13.64	0.1436	9.29	81.77	
	9	6	10164	9.2	20.91	51	13.64	0.1436	9.29	81.77	
	10	6	10164	9.2	20.91	51	13.64	0.1436	9.29	81.77	
	11	4.6	10164	9.5	27.28	49.6	13.21	0.1368	9.59	80.67	
	12	4.6	10164	9.5	27.28	49.6	13.21	0.1368	9.59	80.67	
4	1	6.05	18229	10.6	37.20	51.05	21.23	0.2082	10.83	78.79	
	2	7.3	18229	10.7	30.83	52.3	21.03	0.2053	10.93	79.11	انسيابي
	3	7.3	18229	10.2	30.83	52.3	22.06	0.2206	10.45	80.02	
	4	7.3	18229	10.2	30.83	52.3	22.06	0.2206	10.45	80.02	

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

	5	7.3	18229	10.4	30.83	52.3	21.64	0.2142	10.64	79.66	
	6	7.3	18229	10.5	30.83	52.3	21.43	0.2112	10.73	79.48	
	7	7.3	18229	10.8	30.83	52.3	20.84	0.2024	11.02	78.93	
	8	7.3	18229	11.3	30.83	52.3	19.92	0.1892	11.50	78.01	
	9	7.3	18229	11.5	30.83	52.3	19.57	0.1842	11.70	77.64	
	10	7.3	18229	10.9	30.83	52.3	20.65	0.1997	11.12	78.74	
	11	5.7	18229	10.8	39.48	50.7	20.84	0.2024	11.02	78.26	
	12	5.8	18229	10.6	38.80	50.8	21.23	0.2082	10.83	78.68	
5	1	7	26219	11.55	46.24	52	28.03	0.2633	11.95	77.02	
	2	8.2	26219	11.3	39.47	53.2	28.65	0.2721	11.72	77.97	
	3	8.2	26219	11.65	39.47	53.2	27.78	0.2599	12.04	77.36	
	4	8.2	26219	11.5	39.47	53.2	28.15	0.2650	11.90	77.62	
	5	8.2	26219	11.3	39.47	53.2	28.65	0.2721	11.72	77.97	
	6	8.2	26219	11.6	39.47	53.2	27.90	0.2616	12.00	77.45	
	7	8.2	26219	11.6	39.47	53.2	27.90	0.2616	12.00	77.45	
	8	8.2	26219	11.5	39.47	53.2	28.15	0.2650	11.90	77.62	
	9	8.2	26219	11.6	39.47	53.2	27.90	0.2616	12.00	77.45	
	10	8.2	26219	11.6	39.47	53.2	27.90	0.2616	12.00	77.45	
	11	7	26219	11.6	46.24	52	27.90	0.2616	12.00	76.93	
	12	7	26219	11.6	46.24	52	27.90	0.2616	12.00	76.93	
6	1	7.8	27221	12.1	43.08	52.8	27.77	0.2549	12.49	76.34	
	2	8.8	27221	11.9	38.19	53.8	28.24	0.2614	12.31	77.13	
	3	8.8	27221	12	38.19	53.8	28.01	0.2581	12.40	76.95	
	4	8.8	27221	11.9	38.19	53.8	28.24	0.2614	12.31	77.13	
	5	8.8	27221	11.8	38.19	53.8	28.48	0.2647	12.21	77.30	
	6	8.8	27221	11.9	38.19	53.8	28.24	0.2614	12.31	77.13	
	7	8.8	27221	12.3	38.19	53.8	27.32	0.2487	12.68	76.43	
	8	8.8	27221	12.1	38.19	53.8	27.77	0.2549	12.49	76.78	
	9	8.8	27221	12.55	38.19	53.8	26.78	0.2413	12.92	75.99	
	10	8.8	27221	12.25	38.19	53.8	27.43	0.2503	12.63	76.52	
	11	7.8	27221	12.1	43.08	52.8	27.77	0.2549	12.49	76.34	
	12	7.8	27221	11.95	43.08	52.8	28.12	0.2597	12.35	76.60	
7	1	9.5	38183	13.55	49.62	54.5	34.79	0.3017	14.17	74.01	
	2	10.3	38183	13.85	45.77	55.3	34.04	0.2920	14.44	73.89	
	3	10.3	38183	13.45	45.77	55.3	35.05	0.3051	14.08	74.55	
	4	10.3	38183	13.55	45.77	55.3	34.79	0.3017	14.17	74.38	
	5	10.3	38183	13.6	45.77	55.3	34.66	0.3001	14.21	74.30	
	6	10.3	38183	13.65	45.77	55.3	34.53	0.2984	14.26	74.22	
	7	10.3	38183	13.7	45.77	55.3	34.41	0.2968	14.30	74.13	
	8	10.3	38183	13.8	45.77	55.3	34.16	0.2936	14.39	73.97	
	9	10.3	38183	13.9	45.77	55.3	33.91	0.2904	14.49	73.80	
	10	10.3	38183	13.95	45.77	55.3	33.79	0.2889	14.53	73.72	
	11	9.5	38183	13.8	49.62	54.5	34.16	0.2936	14.39	73.59	
	12	9.65	38183	13.7	48.85	54.65	34.41	0.2968	14.30	73.83	

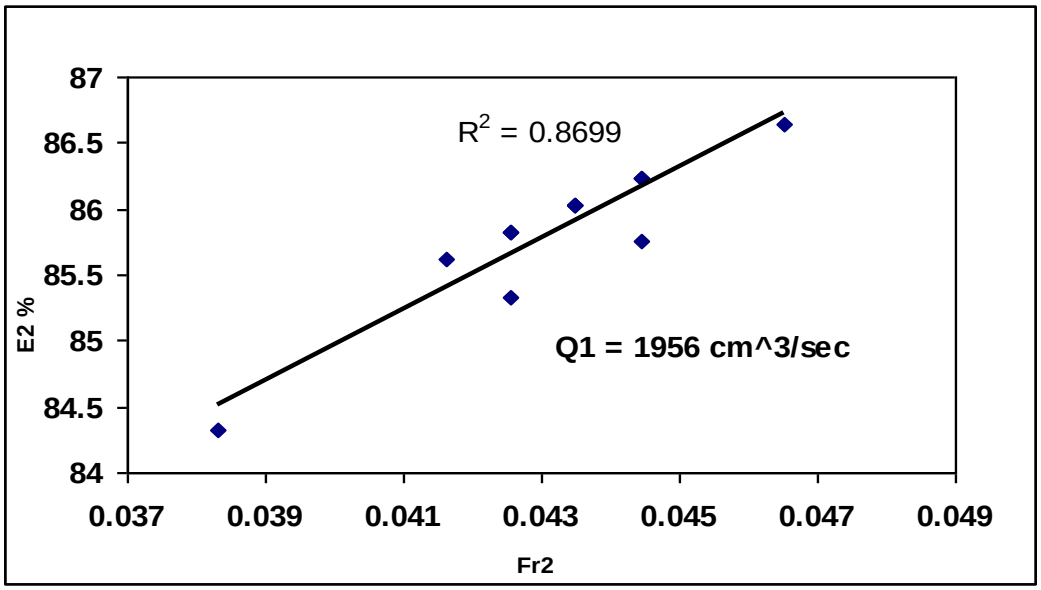
انسيابي

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تحليل ومناقشة النتـــــائج:

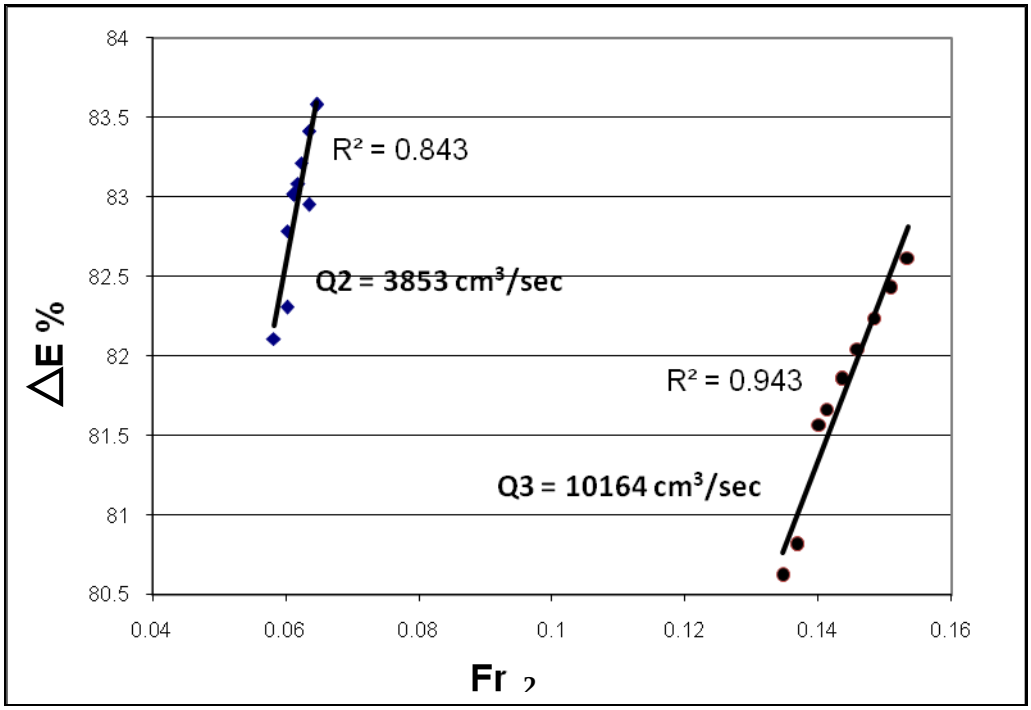
أن الهدف ألأساسي من البحث الحالي اضافة الى تشتيت طاقة الجريان هو إيجاد طريقة للتخلص من الفراغات والجيوب الهوائية التي تظهر في بعض حالات الجريان فوق المطفح المدرج والتي قد تؤدي إلى حصول مشاكل للمنشأ . وعلى هذا الأساس تم في هذا البحث اختيار التصاريف بحيث تمثل انواع الجريان الثلاثة (المتدرج والانتقالي والانسيابي) كما في الجدول (2), وذلك من أجل ملاحظة تأثير المعالجات على كل انواع الجريان وليس لنوع واحد. إن المعالجات التي استخدمت كانت بسيطة جدا بحيث يسهل وضعها وإزالتها بسهولة , وكانت على شكل قضبان حديدية مربعة المقطع بأبعاد (1*1 سم) وعلى طول الدرجة . تم في البداية تشغيل النموذج بتصريف محدد بدون استخدام أية معالجة وإجراء قياسات الأعماق والتصريف , ومن ثم تمت المعالجة بوضع قضيب واحد على الدرجة الأولى من المقدم وقياس التصريف والأعماق , وفي التجربة التي تليها وضعت القضبان على الدرجة الأولى والثانية ومن ثم الأولى والثانية والثالثة وهكذا حتى التجربة التاسعة حيث كانت القضبان على جميع الدرجات كما تم إجراء تجربتين إضافيتين بوضع قضيب واحد على الدرجة الثالثة وفي التجربة الأخرى وضع قضيب واحد على الدرجة السابعة. وفي جميع هذه التجارب تم قياس التصريف وأعماق الماء في مقدم النموذج ومؤخر القفزة الهيدروليكية. وقد تم إعادة إجراء هذه التجارب لسبعة تصاريف مختلفة.

من خلال التجارب التي اجريت وجريان الماء فوق المطفح لوحظ ان استخدام العوائق على الدرجات يؤدي الى ازالة ومنع ظهور الجيوب الهوائية خاصة في الجريان المتدرج والانتقالي ، لان وجود العوائق يؤدي الى تحطيم نسق الجريان فوق المطفح وزيادة اضطراب الماء مما يساعد على منع ظهور الفجوات الهوائية . كما اشارت التجارب الى انه ليس من الضروري وضع العوائق على جميع الدرجات حيث لوحظ ان الفجوات والجيوب الهوائية تختفي بعد وضع العائق على الدرجة الخامسة ، وان استمرار وضع العوائق على بقية الدرجات ليس له تاثير يذكر على الجريان .
من أجل توضيح تأثير المعالجات على المنشأ والجريان , تم رسم العلاقة بين نسبة تبديد الطاقة ($\Delta E\%$) و رقم فرود في نهاية القفزة الهيدروليكية (Fr_2) كما في الشكل (4) للجريان المتدرج والشكل (5) للجريان الانتقالي والشكل (6) للجريان الانسيابي. يلاحظ من جميع هذه الأشكال أن استخدام العوائق (القضبان) يؤدي وبشكل عام إلى زيادة طفيفة في فقدان الطاقة خاصة في الجريان المتدرج والانتقالي , وتستمر هذه الحالة في الجريان الانسيابي مع حدوث بعض الاختلاف عند زيادة عدد العوائق على الدرجات وعلى كل حال فإن هذا الاختلاف كان صغيرا جدا بحيث لم يتجاوز 2% في أقصى حالاته (التجربة 9 من التصريف 4) وإن هذه النتيجة مهمة جدا حيث أن استخدام العوائق يجب يكون تأثيره إيجابيا من كافة النواحي , إن هدف العوائق هو التخلص من الفجوات الهوائية , فإذا أدت أيضا إلى تبديد الطاقة فإن ذلك جيد وإذا لم تؤدي فإن الهدف هو التخلص من الفقاعات والفجوات الهوائية. كما آن التأثير الإيجابي للعوائق في الجريان الانتقالي مهم جدا لأن مشكلة الجيوب الهوائية تظهر غالبا في هذا النوع من الجريان.

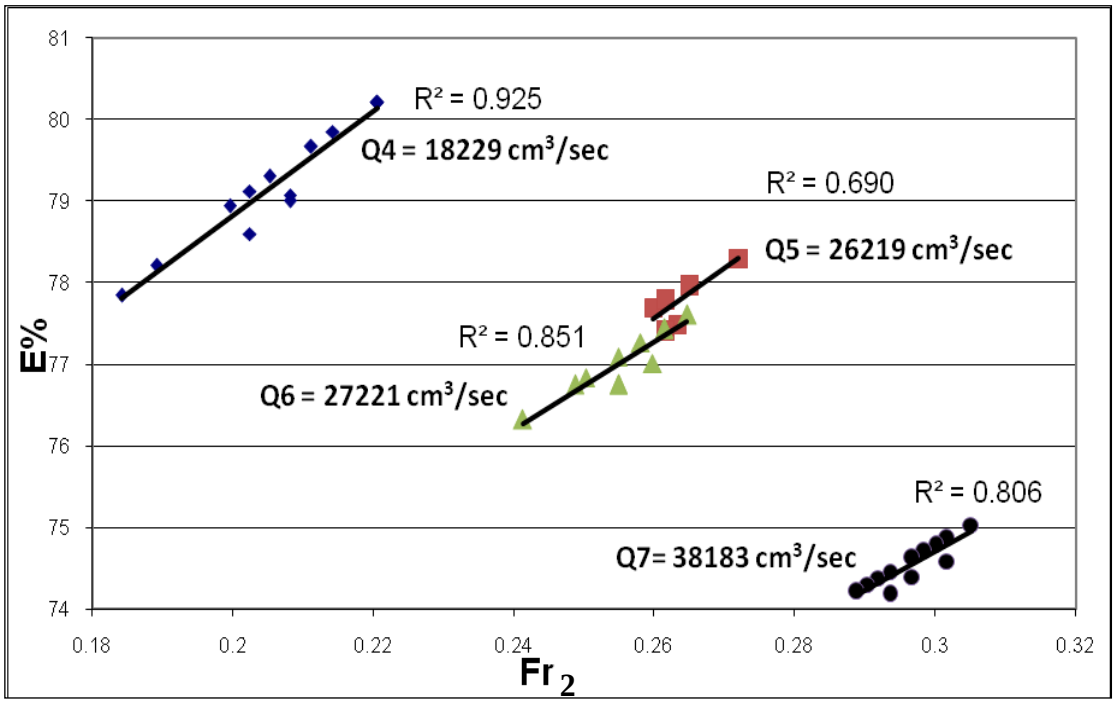


شكل (4): العلاقة بين نسبة تبديد الطاقة ورقم فرود بعد القفزة الهيدروليكية للتصريف الاول (الجريان المتدرج)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (5): العلاقة بين نسبة تبديد الطاقة ورقم فرود بعد القفزة الهيدروليكية للتصاريف الثاني والثالث (الجريان الانتقالي)



شكل (6): العلاقة بين نسبة تبديد الطاقة ورقم فرود بعد القفزة الهيدروليكية للتصاريف الرابع والخامس والسادس والسابع (للجريان الانسيابي)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

التأثير الهيدروليكي للعوائق :

عند إجراء أي تغيير أو إضافة على منشأ هيدروليكي يجب تتبع وملاحظة تأثيراته السلبية أو الإيجابية على الجريان في ذلك المنشأ. إن التأثير الأول لاستخدام العوائق في المطفح المدرج كان على مقدم الجريان في المطفح حيث أزداد عمق الجريان بشكل واضح في جميع التصاريف وكانت نسبة الزيادة أكبر في التصاريف الواطئة وقلت مع زيادة التصريف. الجدول (2) يشير إلى ذلك حيث ازداد عمق الماء في التصريف الأول من 2.2سم في التجربة الأولى بدون عوائق إلى 3.7 سم في التجربة الثانية (مع استخدام العائق على الدرجة الأولى) واستمرت هذه الزيادة بشكل ثابت تقريبا لجميع التجارب (عدا التجربتين الأخيرتين في كل تصريف) ولجميع التصاريف , مع ملاحظة نسبة عمق الماء قلت مع زيادة التصريف , حيث أزداد عمق الماء في التصريف السابع من 9.5 سم (بدون عوائق) إلى 10.3 سم مع استخدام العوائق .

أن التأثير أعلاه تلاشى عند استخدام العوائق على الدرجة الثالثة أو السابعة (التجربة الـ 11 و12 من كل تصريف) حيث لم يتأثر عمق الجريان في مقدم المطفح ألا بشكل طفيف في بعض التصاريف , وهذا يشير إلى أن استخدام العوائق على الدرجة الأولى بالذات يؤدي إلى رفع منسوب الماء في مقدم المطفح , وهذا ما هو متوقع حيث يعمل العائق هنا كسد غاطس يعيق الجريان ويؤدي إلى رفع المنسوب. إن تأثيره الملموس كان واضحا في التصاريف الواطئة (الأعماق القليلة للماء) , حيث أن ارتفاع العائق وإن كان صغيرا" (1سم) إلا أنه يمثل أكثر من 45 % من عمق الماء في مقدم الماء في عمق المطفح وبذلك كان تأثيره كبيرا , وقل هذا التأثير مع زيادة عمق الماء . وعليه فمن المفضل عدم وضع العوائق عند الدرجة الأولى للمحافظة على منسوب الماء في مقدم المطفح والإبقاء على التشغيل الهيدروليكي في المطفح دون تغيير.
لوحظ ايضا خلال التجارب ان تاثير المعالجات لا يظهر واضحا الا عندما تكون العوائق في الدرجات الخمس الاولى وان وضع العوائق بعد ذلك على بقية الدرجات ليس له تاثير واضح . حيث ان استخدام العوائق على الدرجات الخمس الاولى منع بشكل كامل ظهور الجيوب الهوائية على طول المطفح المدرج . لقد كان هذا واضحا في التصاريف القليلة (التصريف الاول والثاني والثالث) وهي التصاريف التي تضم الجريان الانتقالي وهو الامر المهم هنا . كما لوحظ ايضا ان المعالجات ليس لها تاثير سلبي ملموس في الجريان الانسيابي , كما وجد ان استخدام معالجات منفردة (على الدرجة الثالثة او العاشرة) لم يكن ذا تاثير يذكر على الجريان او ازالة الجيوب الهوائية في الجريان الانتقالي.

الاستنتاجات والتوصيات :

من خلال البحث والتجارب التي اجريت فيه والنتائج التي افرزتها تم التوصل الى الاستنتاجات والتوصيات التالية وضمن محددات البحث:

1. يمكن استخدام معالجات بسيطة للتخلص من الجيوب الهوائية التي تحدث اثناء الجريان المتدرج والانتقالي فوق المطفح المدرج , وهذه المعالجات تمثلت بقضبان مربعة المقطع وضعت على حافة الدرجة وعلى طولها بالكامل.
2. ان استخدام المعالجات لم يؤدي الى نتائج سلبية بالنسبة للجريان فوق المطفح المدرج وفي اغلب الحالات ظهرت زيادة طفيفة في تشتيت الطاقة.
3. يجب استخدام القضبان ابتداءا من الدرجة الثانية وحتى منتصف المطفح.
4. لم يكن للمعالجات من تاثير سلبي واضح في الجريان الانسيابي عدا انخفاض بسيط جدا في نسبة تشتيت الطاقة.
5. ان اهمية هكذا معالجات تبرز اكثر عند استخدامها في نماذج اكبر حجما (أي اكبر من النموذج المستخدم في هذا البحث واكثر قربا من الحجم الطبيعي للمطافح المدرجة). عليه يقترح اجراء بحوث مشابهة على نماذج اكبر من المطافح لملاحظة مدى تاثير المعالجات

المصـــادر

Ahman, M., and Zapel, E., (2000), "Stepped Spill-ways, a dissolved gas abatment alternative", In H. Minor, and W. Hager(Ed), Proceedings of the International Workshop on Hydraulics of Stepped Spillways (pp. 45-52), Zurich, Switzerland: Balkema.

Al-Ta'I , M. , and Abdulla, (2010), "Hydraulic Model Investigation of Different Configurations of Stepped Spillway". M.Sc. Dissertation, Department of Water Resources Engineering, College of Engineering, University of Baghdad, Baghdad - Iraq.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Al-Talib, A., Nasiralla, (2007), "Laboratory Study of Flow Energy Dissipation Using Stepped Weirs", M.Sc. Dissertation, Department of Water Resources Engineering, College of Engineering, University of Mosul, Mosul- Iraq.

Barani, G., Rahnama, M., and Sohrabipoor, N. (2005), "Investigation on Flow Energy Dissipation over Differnet Stepped Spillways", American Journal of Applied Sciences, 2(6), 1101-1105.

Chanson, H., (1993), "Stepped Spillways Flow Air Entrainment", Canadian Journal of Civil Engineering, 20(3), 422-433.

Chanson, H., (1994), "Comparison of Energy Dissipation Between Nappe and Skimming Flow Regimes on Stepped Chutes", Journal of Hudraulic Research, IAHR, 32 (2), 213-218.

Chow, V.T., (1959), "Open- Channel Hydraulics", NewYork: McGraw-Hill.

Christodoulou, G., (1995), "Energy Dissipation on Stepped Spillways Closure", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE. 121 (1), 85-87.

Peruginelli, A., and Pagliara, S., (2000), "Energy Dissipation Comparison Among Stepped Channel, Drop and Ramp Structures", In H. Minor, and W. Hager (Ed.), Proceedings of International Workshop on Hydraulics of Stepped Spillways. Zurich, Switzerland. Balkema.

Peyras, L. Royet, P., and Degoutte, G., (1992), "Flow and Energy Dissipation over Stepped Gabion Weirs", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 118, 707-717.

Sorenson, R., (1985), "Stepped Spillway Hydraulic Model Investigation", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 111, 1461-1472.

Yousif, E., Easa, (2006), "Laboratory study of Aggradation Characteristics Upstream Dams", M.Sc. thesis, Department of Water Resources Eng., College of Eng., University of Mosul, Mosul-Iraq.

قائمة الرموز المستخدمة

الرمز	معنى الرمز	الوحدة
B	عرض القناة	سم
E_t	طاقة الجريان الكلية مقدم المطفح	سم
E_2	طاقة الجريان الكلية مؤخر القفزة الهيدروليكية	سم
Fr_2	رقم فرود مؤخر القفزة الهيدروليكية	-
G	التعجيل الأرضي	سم/ثانية^2
H	ارتفاع الماء فوق الهدار القياسي	سم
P	ارتفاع المطفح	سم
Q	التصريف	سم ^{3} /ثانية
V_o	سرعة الجريان مقدم المطفح	سم/ثانية
V_2	سرعة الجريان بعد القفزة الهيدروليكية	سم/ثانية
y_o	ارتفاع الماء فوق مقدمة المطفح	سم
y_2	ارتفاع الماء بعد القفزة الهيدروليكية	سم

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com