تأثير شكل المقطع الطولي للسد الغاطس العريض على انسيابية الجريان

سوسن حسون محمد

قسم هندسة البناء والأنشاءات

الجامعة التكنولوجية

الخلاصة :

من أهم المنشآت الهيدروليكية المستخدمة في منظومات الري هي نواظم السيطرة ومن أنواعها السد الغاطس (Broad Crested Weir) وهو حاجز رأسي في قناة أو بجانب حوض يجري الماء من فوقه بسطح طليق ويستعمل هذا المنشأ لقياس التصريف ولرفع منسوب المياه في مقدمة السد . تم في هذا البحث دراسة تأثير شكل المقطع الطولي للسد الغاطس العريض على انسيابية الجريان من حيث مقدار الفقدان في الطاقة وكفاءة التشغيل ومعامل التصريف والتي بالنتيجة تمثل أهم العوامل التي تؤثر على كمية الجريان فوق السدود .أُجريت الدراسة على (25) خمسة وعشرين نموذجاً مختبرياً لمقاطع طولية ذات انحدارات مختلفة لمقدم ومؤخر السد تم تحليل الجريان فوقها لستة مستويات ضغط مائي مختلفة في مقدمة السد . ومن تحليل النتائج المختبرية ورسم العلاقات بين معامل التصريف cd ومعامل فراود Fr وزوايا الأنحدار θ تبين ان معامل التصريف يزداد بزيادة معامل فراود عند تثبيت انحداري المقدم والمؤخر وان أفضل انحدارين في المقدم θ_1 والمؤخر θ_2 للسد الغاطس ذو الحافة العريضة والتي تعطي أفضل انسيابية هما (45° ، 60°) على التوالي حيث يبلغ معامل التصريف لهما [0.644] .

Abstract

One of the most important hydraulic structures which are used in irrigation systems are the broad crested weirs, which can be defined as a vertical barrier in a canal or tank side in which the water may flow freely. This weir can be used to measure the discharge and to raise the water level in the upstream. In this study the effect of longitudinal section on streamlined flow over broad crested weir has been investigated. Loss in energy, working efficiency and the coefficient of discharge have been considered. Experimental study carried out using (25) samples with six different hydraulic heads. The analysis of results indicate that the coefficient of discharge (Cd) increases with increasing Froud Number (Fr) and the most effective slope of upstream and downstream faces of the weir wear (45°) and (60°) respectively, at which the coefficient of discharge demonstrated was (0.644).

1. قائمة الرموز :

عمق الماء قبل السد الغاطس	m	y_1
عمق الماء بعد السد الغاطس	m	y_2
عرض السد الغاطس	m	b
أرتفاع السد الغاطس	m	d
الشحنة (أرتفاع الماء فوق حافة السد)	m	h
معدل السرعة	m/s	V
التصريف	m^3/s	Q
التصريف العملي	m^3/s	$Q_{act.}$
التصريف النظري	m^3/s	Q_{the0}
انحدار مقدم السد	deg.	θ_1
انحدار مؤخر السد	deg.	θ_2
السرعة قبل السد	m/s	V_1
السرعة بعد السد	m/s	V_2
الكثافة الكتلية	kg/m^3	ρ
الضغط	kn/m^2	p
التعجيل الجاذبي	m/s^2	g
اللزوجة الدينامية	pa.s	μ
وزن ألأثقال	kg	W
الزمن	sec.	t
معامل التصريف	---	cd

Fr_1	---	رقم فراود في مقدم السد
Re	---	رقم رينولدز

2. المقدمة :

ان الأهتمام بالسيطرة على مياه الري وأستخدام أفضل ألأساليب ألأروائية من ألأمور التي شغلت ألأنسان منذ أقدم العصور لتأثيره المباشر على تطوير الزراعة وتوفير الغذاء . والسدود الغاطسة (Weir) من المنشآت الهيدروليكية المستخدمة في السيطرة على المياه وتنظيم توزيعها ، وتصنف هذه المنشآت اعتماداً على شكل وعرض الحافة (Crest) الى سد غاطس حاد الحافة (Sharp Crested Weir) وسد غاطس طفحي (Ogee Weir) وسد غاطس عريض الحافة (Broad Crested Weir) كما موضح بالشكل (1)[4] . فالبنسبة للنوع ألأول يكون شكل مقطعه أما مستطيلاً أو مثلثاً أو شبه منحرف أو دائري ويستعمل في التجارب المختبرية للسيطرة على كمية الجريان القليلة للمياه ومن مساوءه حصول ضغط سالب تحت شلال الماء مما يتطلب تهوية الفراغ تحت الشلال وكذلك يساعد هذا النوع من السدود الغاطسة على ترسيب المواد العالقة في الماء في مقدم السد مما يؤدي الى تغيير ألأبعاد الهيدروليكية للسد . أما السد الغاطس الطفحي فينشأ لرفع مستوى ماء القنوات لأغراض الري وللتخلص من الفجوة الهوائية المتكونة في السد الغاطس حاد الحافة وأيضاً لقياس التصريف في الوقت نفسه وكثيراً ما يستعمل في المطافح (Spillways) المستخدمة لتمرير المياه الزائدة أومياه الفيضانات في السدود المقامة على الخزانات . أما السد الغاطس العريض الحافة فكثيراً ما يستعمل في المشاريع الأروائية لسهولة تنفيذه موقعياً ولتحمله غمراً كبيراً (Submergence) دونما تأثير على دقة القياس وبقاء خطوط الأنسياب مستقيمة نسبياً ولأن التوزيع الهيدروستاتيكي للضغط على حافة السد تتغير قليلاً عند ارتفاع مستوى الماء في مؤخرة السد لذا يستفاد من هذا النوع من السدود لرفع منسوب الماء في مقدمة السد ولقياس التصريف في قنوات الري في الأراضي المستوية .

يحسب التصريف العملي (Q_{act}) من المعادلة التالية [4] :

$$Q_{act} = Cd\,\frac{2}{3}\sqrt{2g}\,bh^{1.5} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(1)}$$

حيث أن :

b = عرض السد الغاطس (m) ، h = أرتفاع الماء فوق حافة السد (m) ، g = التعجيل الجاذبي (m/s^2) .

Cd = معامل التصريف وتتراوح قيمته بين (0.577 – 0.72) .

يهدف البحث الحالي الى دراسة تأثير شكل المقطع الطولي لخطوط الجريان على كفاءة الأداء وذلك من خلال تغيير انحداري مقدم ومؤخر السد لنماذج مختبرية صنعت لهذا الغرض .

3. العمل المختبري

استخدمت قناة مختبرية بطول (5 م) وعرض (75 ملم) وبأرتفاع (1.52 م) وتحتوي على مضخة كهربائية بأنبوب دفع قطره (1.25 انج) بالأضافة الى صمام (Gate Valve) مثبت على هذا ألأنبوب للسيطرة على كمية التصريف المار في القناة مع خزان للماء لقياس التصريف من خلال أثقال تزن (45 كغم) ومسطرة قياس (Point Gauge) تنزلق على حافة القناة بواسطتها يمكن قياس أرتفاع الماء في نقاط مختلفة على طول القناة الشكل (3) [2] . تم استعمال (25) نموذج لسدود غاطسة عريضة الحافة (Broad Crested Weir) صنعت بأنحدارات مختلفة لمقدم ومؤخر كل نموذج وبزوايا مختلفة كما مبين بالشكل (2) وصنعت هذه النماذج

من مادة الخشب الصاج وتم صقلها بمادة السلر لغلق المسامات الموجودة في الخشب وطلاءها بمادة الكلير لمنع نفوذ الماء داخل النموذج لتلافي انتفاخه والجدول (1) يوضح زوايا النماذج المستخدمة في العمل المختبري .

اجريت التجارب بتثبيت النماذج في القناة المختبرية الموضحة بالشكل (3) وبمختلف الزوايا للمقدم والمؤخر بأستخدام مادة معجون الزجاج وتشغيل الجهاز ليندفع الماء في القناة فوق السد والتحكم بكمية الماء المار بواسطة صمام (Gate Valve) ثم قياس أرتفاع الماء في نقاط مختلفة على طول القناة وحساب التصريف العملي (Q_{act}) من خلال وزن كمية معينة من الماء في زمن محدد بأعتبار ان الكثافة الكتلية للماء (ρ= 1000 كغم/م^3) وأُخذت ستة تصاريف مختلفة لكل نموذج وثبتت نتائج العمل المختبري .

4. التحليل النظري

لحساب التصريف النظري (Q_{theo}) للسد الغاطس العريض تُستخدم المعادلة التالية (3,1) :

$$Q_{theo} = \frac{2}{3}\sqrt{2g}\, bh^{1.5} \quad \text{..... (2)}$$

ومن أجل الحصول على التصريف الفعلي (Q_{act}) لابد من تصحيح التصريف النظري وألأخذ بنظر ألأعتبار تأثير ألأحتكاك واللزوجة وشكل حافات السد وذلك بضربه بمعامل التصريف Cd .

$$Cd = Q_{act.} / Q_{theo.} \quad \text{..... (3)}$$

$$cd = \frac{Q_{act}}{\frac{2}{3}\sqrt{2g}\, bh^{1.5}} \quad \text{..... (4)}$$

بما أن التصريف الفعلي يساوي حاصل ضرب السرعة قبل السد الغاطس V1 بمساحة المقطع (y1.b)

$$Q = V_1 y_1 b \quad \text{..... (5)}$$

$$\therefore\ cd = \frac{V_1\, y_1\, b}{\frac{2}{3}\sqrt{2g}\, b\, h^{1.5}}$$

بما أن رقم فراود في مقدم السد الغاطس (Fr1) يُمثّل بالمعادلة التالية

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g\, y_1}} \quad \text{..... (6)}$$

وبضرب طرفي المعادلة في $\sqrt{y_1}$ نحصل:-

$$Cd = \frac{V_1\, y_1}{\frac{2}{3}\sqrt{2}\sqrt{g}\, h^{1.5}} \times \frac{\sqrt{y_1}}{\sqrt{y_1}}$$

$$Cd = \frac{V_1\, y_1 \sqrt{y_1}}{\frac{2}{3}\sqrt{2}\sqrt{g\, y_1}\, h^{1.5}}$$

$$Cd = \frac{Fr_1\, y_1^{1.5}}{\frac{2}{3}\sqrt{2}\, h^{1.5}} \quad \ldots\ldots (7)$$

وبما ان

$y_1 = h + d$

$$\therefore\ Cd = \frac{Fr_1 \left(h+d\right)^{1.5}}{\frac{2}{3}\sqrt{2}\ h^{1.5}}$$

$$Cd = \frac{Fr_1}{\frac{2}{3}\sqrt{2}} \left[\frac{h+d}{h}\right]^{1.5}$$

$$Cd = \frac{Fr_1}{\frac{2}{3}\sqrt{2}} \left[1 + \frac{1}{h/d}\right]^{1.5} \quad \ldots\ldots (8)$$

حيث أن :

Q_{theo} = التصريف النظري m^3/s ، Q_{act} = التصريف العملي m^3/s ، V_1 = السرعة قبل السد m/s ، y_1 = عمق الماء قبل السد الغاطس m ، Fr_1 = رقم فراود في مقدم السد ، h = أرتفاع الماء فوق حافة السد d = أرتفاع السد الغاطس .

من الواضح بأن المعادلة رقم (8) هي للسد الغاطس العريض الحافة ذو ألأوجه القائمة في المقدم والمؤخر فيه (θ_1 = θ_2 = 90^o) وأن معامل التصريف cd هو دالة لرقم فراود (Fr_1)، ارتفاع الماء فوق حافة السد (h) وارتفاع السد الغاطس (d) لهذا النوع من السدود العريضة ، وعندما يؤخذ انحداري المقدم والمؤخر فأن زاويتي انحدار وجه المقدم θ_1 والمؤخر θ_2 ستدخلان ضمن الدالة الجديدة للسد الجديد موضوع البحث لتكون :

$$Cd = f_1\left(Fr_1, h/d, q_1, q_2\right) \quad \ldots\ldots (9)$$

وبما أن :

$y_1 = h + d$

وان y_1 تدخل ضمناً في رقم فراود (Froud Number) فستكون العلاقة التي على أساسها تم أختيار المتغيرات لأجراء التجارب المختبرية هي :

$$cd = f_2\left(Fr_1, q_1, q_2\right) \quad \text{..... (10)}$$

5. تحليل النتائج والمناقشة

من خلال رسم العلاقات تبين بأن معامل التصريف يزداد بزيادة رقم فراود (Froud Number) Fr_1 عند تثبيت انحدار المقدم θ_1 وأن العلاقة بينهما خطية . ويمكن القول بأن النموذج ذو انحدار المؤخر (θ_2=15) ولمختلف انحدارات المقدم θ_1 يعطي أقل معامل تصريف كما مبين بألأشكال (من 4 الى 8) . أما عند رسم العلاقة بين معامل التصريف ورقم فراود عند تثبيت انحدار المؤخر θ_2 فان العلاقة تكون خطية أيضاً وان النموذج الذي يكون المقدم فيه قائم (θ_1= 90^o) ولمختلف انحدارات المؤخر يعطي أقل قيمة لمعامل التصريف ، ومن الملاحظ ان هناك زيادة حادة بقيمة معامل التصريف لنفس انحدار المقدم مقارنة مع النماذج الباقية وهذا واضح في الشكل (5) .

وعند تثبيت رقم فراود Fr_1 لكافة النماذج المستخدمة ومن خلال رسم العلاقة بين معامل التصريف وانحدار المقدم والمؤخر لوحظ بأن معامل التصريف يزداد بزيادة انحدار المقدم θ_1 حتى يصل أكثر من (45^o) وبعدها يبدأ بالتناقص كما موضح بالشكل (6) . أما عند رسم العلاقة بين انحدار المؤخر θ_2 ومعامل التصريف لمختلف انحدارات المقدم θ_1 لوحظ بأن معامل التصريف يزداد بزيادة انحدار المؤخر θ_2 الا أنه يأخذ بالتناقص عند بلوغ θ_2 أكثر من (45^o) ولمختلف الانحدارات في المقدم ما عدا عندما يكون انحدار المقدم (θ_1=15) فأن معامل التصريف يزداد بنسبة قليلة ويبدو ذلك واضحاً في الشكل (7) . وقد تم أيضاً رسم العلاقة اللوغارتمية بين التصريف Q والشحنة فوق السد h ولوحظ بأن التصريف يزداد بزيادة الشحنة ولمختلف الأنحدارات كما موضح بالشكل (8) ومن خلال تحليل النتائج المختبرية بتفصيل أكثر تبين أن معامل التصريف يعتمد بصورة جزئية على انحداري المقدم والمؤخر وهذا واضح من خلال كون السد الغاطس الذي انحدار المقدم والمؤخر فيه (^{o} 15= θ_1=θ_2) لا يعطي أعلى معامل تصريف ويعزى السبب في ذلك الى زيادة طوله بنسبة كبيرة مما يؤدي الى زيادة قيمة ضائع الأحتكاك . أما عندما تكون أوجه السد الغاطس ذو الحافة العريضة قائمة في المقدم والمؤخر (θ_1= θ_2 =90^o) فأن هذا الشكل أيضاً لا يعطي أفضل معامل تصريف بسبب أرتفاع شدة ألأضطراب وحصول الدوامات في مقدم ومؤخر السد أي أن خطوط الأنسياب (Flow Lines) تفقد حالة ألأنتظام ويخضع الجريان لحالة من الأضطراب مما يسبب انخفاض في معامل التصريف علماً بأن هذا السد يستخدم حالياً في الكثير من المشاريع الأروائية في العراق ومن مساوئه الرئيسية أنه يساعد على حصول الترسبات في مقدم السد ويسمح بحالة النحر في قاع القناة غير المبطنة عند المؤخر اضافة الى أن معامل التصريف لهذا النوع قليل نسبياً . أما أفضل

انحدارين في المقدم والمؤخر يمكن استخدامها مع السد الغاطس ذو الحافة العريضة هما (θ_1= 45^o، θ_2= 60^o) وهذا واضح بالشكل (5) وأن هذين ألأنحدارين سوف يقللان من حدوث الدوامات والترسبات في مقدم السد والتآكل في قاع القناة غير المبطنة في مؤخر السد ويسببان كذلك زيادة ملحوظة في معامل التصريف مقارنة مع معامل التصريف للسد الغاطس ذو الحافة العريضة وألأوجه القائمة (θ_1= θ_2=90^o) حيث أن معامل التصريف له يتراوح بين (0.5 – 0.58) . وقد تبين من خلال التجارب التي أجريت على مثل هذا النوع من السدود الغاطسة بأن معدل معامل التصريف كان (0.56) في حين ان معدل معامل التصريف للسد الغاطس العريض ذو انحدار المقدم (θ_1= 45^o) وانحدار المؤخر (θ_2=60^o) هو (0.644) . الأشكال (11,10,9) توضح المقاطع الطولية للجريان والمقاطع العرضية للسد وتغير سطح الماء لجميع المحاولات المختبرية التي تم تحليلها فيما يخص مقدار النحر وحركة القاع الرملي في مقدم ومؤخر المنشأ لكل تجربة مختبرية فقد تم الأكتفاء بمقارنة عمق ومساحة وموقع الترسيب لكل تجربة بالمعاينة والتدوين مع التركيز على الحالات التي تسبب أكبر جرف في القاع عند المؤخر وترسيب في المقدم وهي غالباً الحالات ذات الأنحدارات الحادة التي تزيد زاوية ألأنحدار فيها عن (60^o) وهي حالات مطروقة سابقاً.

6. الأستنتاجات

من خلال تحليل النتائج المختبرية للبحث الحالي تم التوصل الى أن أفضل انحدارين في المقدم والمؤخر يمكن استخدامهما مع السد الغاطس ذو الحافة العريضة هما (θ_1= 45^o، θ_2 =60 ^{o}) حيث أن معدل معامل التصريف لهذا النموذج (0.644) وهذا واضح بالشكل (5)

7. المصادر

1. هنتر راوس، سايمن انسن "تاريخ الهيدروليك"، الجزء الثاني – ترجمة د. جميل الملائكة، وزارة التعليم العالي، 1972.

2. وسام علي حسين "هيدروليكية الجريان فوق السدود الغاطسة العريضة الحافة " وزارة التعليم، الجامعة التكنولوجية، 2001.

3. Albertson, M.L. “Fluid Mechanics for Engineers”, Prentice Hall, Inc. 1960.

4. Bureau of Reclamation “Design of Small Canal Structures”, Water Resources Technical Publication, U.S.A., 1974.

5. Gourley, H.J.F., “Experiments on Flow of water Over Sharp-Edged Circular Weirs”, Vol. 184, PP.297, 1910.

6. Hilckox, G.H. “Aeration of Spillways”, Vol. 109, PP. 537-556, 1944.

7. John A. Robeson, M Hanif Chaudhry and John J. Cassidy, 1995,

"Hydraulic Engineering", Chapter 7, USA.

8. Mathew, G.D. "The Influence of Curvature Surface Tension and Viscosity on Flow over Round-Crested Weirs", Vol. 25, PP. 511-524, 1963.

9. P. NOVAK, A.I.B. Moffat, C. Nalluri and R. Narayanan, 2003, 3rd edition, Chapter 8, U.S.A.

10. Prof. Hubert Chanson, " The Hydraulics of open channel flow ", Technology Engineering, 2004.

11. Prof. Hubert Chanson, " Environmental Hydraulics for open channel flows ", Technology

Engineering, 2004.

12. Rehbock, T.H. "Discussion on Precise Weir Measurements" by Ernest W.Schoder and Kenneth, B. Turner, Vol. 93, PP. 1143-1162, 1929.

13. Stevens, J.C., "Flow Through Circular Weirs", Journal of the Hydraulics Division, 1455, 1957.

14. Vennard J.K., and Street, R.L., "Elementary Fluid Mechanics", 6th edition, SI version, New York, U.S.A., 1982.

15. www.uq.edu.au/byprof.hubertchanson,2000.