

معادلة الجريان الحر للبوابات المنزقة العمودية والمائلة

الدكتور
باسل خضر داود
مدرس

احمد يونس محمد
مدرس مساعد

الدكتور
مؤيد سعد اللة خليل
استاذ مساعد

قسم الموارد المائية / كلية الهندسة / جامعة الموصل

الخلاصة

تم في هذا البحث إجراء دراسة هيدروليكية للجريان الحر الخارج قنارة مختبرية مستطيلة المقطع ومستوية باستخدام ستة حالات للبوابة (بوابة عمودية ومائلة بزوايا () °) اتجاه الجريان وبزوايا () ° عكسه فتحات بوابية (. , , , .) وخمس شحنات للماء مقدم البوابة (. , , , .) .

جرى تقييم معامل التصريف (C_d) حيث لوحظ بان معدل هذ يزداد من (.) للبوابة العمودية ليصل إلى (.) للبوابة المائلة مع اتجاه الجريان بزواوية () بينما يقل ليصبح (.) بزواوية () .

ة عامة للجريان الحر لبوابة العمودية والمائلة بأي زاوية مع اتجاه الجريان وعكسه (.) . (%) .

Free Flow Equation for Vertical and Inclined

Sluice Gates

Dr. Moayed S. Khaleel
Asst. Prof.

Ahmed Y. Mohammed
Asst. Lect.

Dr. Basil K. Daowd
Lect.

Water Resources Dept., Coll. of Eng., Mosul Univ.

Abstract

In this paper a hydraulic study on free flow under sluice gate have been carried out in a rectangular flume using six gate cases (vertical gate and inclined with angles $(30,45,60)^\circ$ with a horizon in flow direction and $(30\&45)^\circ$ opposite it. Four gate opening (2,3,4,4.5) cm and five different upstream heads (18.9,21,24,26,28.9) cm, were used. The coefficient of discharge (C_d) have been evaluated and shown that the average value of this coefficient increases from (0.645) for vertical gate to (0.832) for inclined gate $(60)^\circ$ with flow direction, while it decreases to (0.576) for inclined gate $(45)^\circ$ opposite flow direction .

A general equation of free flow under vertical and inclined gates, with any angle and with flow or opposite it, was contrived with error percentage not exceed (12.32)%.

قبل في 2006/4/26

أستلم في 2004/9/13

زاوية ميل البوابة العمودي

الشحنة الكلية مقدم البوابة.

معامل التصريف

التصريف النظري

التصريف الحقيقي

منسوب الماء الذيلي

() تصريف البوابة

H_o

C_d

a

Q_{the}

Q_{act}

y_o

C_c

b

Q

التعجيل الأرضي

V_0

g

اللزوجة الدينامكية

μ

F_0

رقم رينولدز

R_0

المقدمة:

تصمم البوابات على أساس أن يكون جريان أسفلها، (لذلك تسمى البوابات ذات الجريان السفلي) والذي يكون مشابها من الناحية الهيدروليكية للجريان خلال فتحة حادة. تصمم أحيانا لتسمح بمرور الماء فوقها، (وعندها تسمى البوابات ذات الجريان العلوي) يكون مشابها من الناحية الهيدروليكية للجريان فوق السد الغاطس.

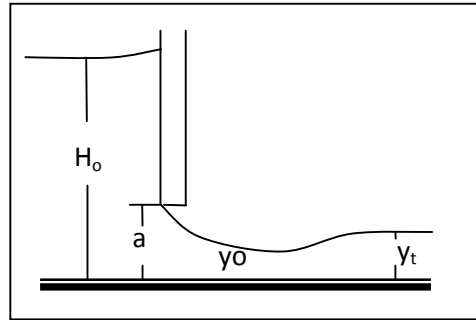
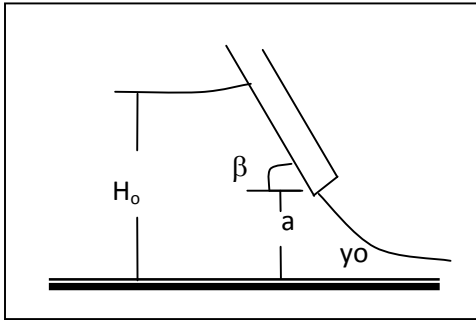
نظرا لأهمية البوابات فقد انشغل العديد من الباحثين بدراسة هيدروليكية الجريان للبوابات حيث درس كل من Subramanya Rajaratnam () Fangmeier () Strelkoff () Isaacs () Cheng () وأخيرا () Masliyah () آخرون () الجريان أسفل البوابات العمودية نظريا وبصورة مفصلة أما Montes () فقام بدراسة نظرية للجريان أسفل البوابات العمودية والمائلة بزوايا () عموديا مع اتجاه الجريان. بينما قام كل من Rajaratnam () Nago () Fanariotis Noutsopoulos () Betts () Hagar () بدراسة هيدروليكية لجريان لبوابات العمودية مختبريا وكان التركيز في جميع هذه الدراسات على إيجاد معاملات التقلص والسرعة والتصريف والتي تعتمد على بعض المتغيرات الهيدروليكية المؤثرة في الجريان الخارج من حيث يمكن تقسيمه إلى (الجريان الحر والمغمور) م مخطط سطح الماء بالإضافة إلى إيجاد معادلات الجريان أسفل لبوابات العمودية. ومع تطور العلم واتساع استخدام البوابات في الكثير من المشاريع الهيدروليكية فقد باتت من الضروري دراسة الجريان لـ لبوابات ومنها مما يتطلب إيجاد معادلات تصريف جديدة لجميع حالات ميل البوابة.

تم في هذا البحث دراسة الجريان أسفل البوابات العمودية والمائلة بزوي () مساوية إلى (, ,) مع اتجاه الجريان وبزوايا (,) عكسه. وتم استنباط معادلة عامة للجريان الحر للبوابة العمودية والمائلة بأي زاوية مع اتجاه الجريان وعكسه كما جرى تقييم ومقارنة معاملات التصريف لجميع الحالات.

العمل المختبري:

أجريت التجارب في قناة مختبريه بمقطع مستطيل الشكل بأبعاد () م طول و (.) ذات جدران من الزجاج وقعر من الألمنيوم وتحتوي على سد غاطس (.) () سم في مؤخر القناة لقياس التصريف في القناة.

صنعت البوابة المستخدمة في البحث من الخشب بعرض () سم وارتفاع () () ملم بحافة مستوية (موازية لقعر القناة) ووضعت على بعد (.) م من مدخل القناة بصورة عمودية ومائلة عموديا بزوايا (, ,) ° عموديا مع اتجاه الجريان وبزوايا (,) ° عكسه واستخدمت أربع فتحات بوابية (a) مساوي إلى (, , ,) (H₀) تراوحت بين (. - .) سم ولجميع حالات ميل البوابة. () تجربة من خلالها أجريت كافة الحسابات النظرية الـ () .



B

A

()...مخطط توضيحي للجريان الحر اسفل البوابة

(a) البوابة العمودية. (b)

معامل التصريف:

إن قيم معامل التصريف ($C_d = Q_{act}/Q_{the.}$) بشكل عام مقارنة لقيم معامل التقلص ($C_c =$ y_0/a) حيث ان (y_0) تمثل اقل ارتفاع للماء بعد البوابة لذلك فان التغيرات والاختلافات في قيمهما تكون متشابهة مع وجود فارق قليل يمكن ملاحظته بالرجوع إلى البيانات المختبرية قيم (C_d) للبوابة العمودية تتغير بين (0.596-0.674) (0.645) أما لبقية لبوابة فأن قيم (C_d) تتغير كما هو موضح بالجدول ().

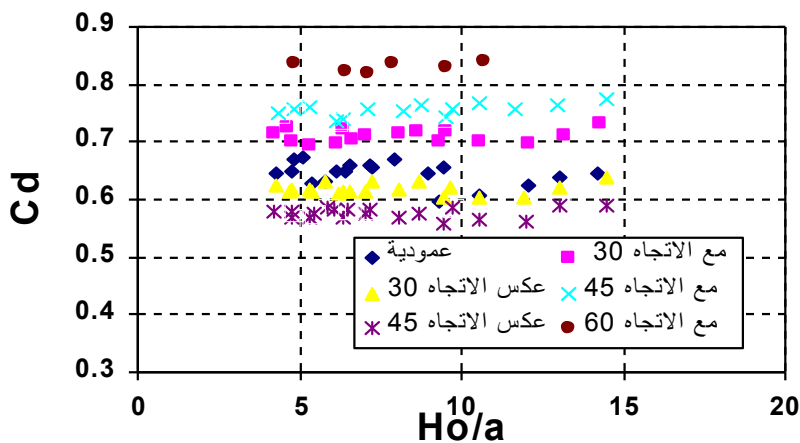
جدول (1) مقارنة حدود قيم معامل التصريف (C_d) للبحث الحالي مع بحوث سابقة

حالة البوابة		البحر الحالي		Sbramanya *		Strelkoff *		m		Isaacs (1977)		Nargo (1977)		(1978)		*		(1981)		et.al. *		(1985)		(1999)	

عمودية	مع (الاتجاه	مع (الاتجاه	مع (الاتجاه	عكس الاتجاه	عكس الاتجاه
0.074	0.7/0	0.7/0	0.7/0	0.000	0.000
0.070	0.7/0	0.7/0	0.7/0	0.000	0.000
0.043	0.7/0	0.7/0	0.7/0	0.010	0.070
0.03	-	-	-	-	-
0.08	-	-	-	-	-
0.01	-	-	-	-	-
0.09	-	-	-	-	-
0.03	-	-	-	-	-
0.030	-	-	-	-	-
0.04	-	-	-	-	-
0.0	-	-	-	-	-
0.021	-	-	-	-	-
0.03	-	-	-	-	-
0.03	-	-	-	-	-
0.034	-	-	-	-	-
0.039	0.03	0.7	0.78	-	-
0.03	0.08	0.0	0.03	-	-
0.038	0.010	0.038	0.7/10	-	-
0.039	-	-	-	-	-
0.03	-	-	-	-	-
0.030	-	-	-	-	-
0.039	-	-	-	-	-
0.034	-	-	-	-	-
0.0302	-	-	-	-	-
0.039	-	-	-	-	-
0.03	-	-	-	-	-
0.030	-	-	-	-	-

* الأبحاث النظرية

قيم معامل التصريف (C_d) عمق الماء مقدم البوابة الى فتحة البوابة (H_0/a) ولجميع حالات ميل البوابة كما في الشكل (). يلاحظ من هذا الشكل تزايد قيم معامل



التصريف مع ازدياد ميل البوابة باتجاه الجريان وتناقصها مع ازدياد ميل البوابة بعكس الجريان. لزيادة في معدل (C_d) للبوابة المائلة مع اتجاه الجريان تراوحت بين (10-29)% مقارنة بمعدله للبوابة العمودية.

()...علاقة التغير بالمنسوب مقدم البوابة نسبة إلى

فتحة البوابة مع معامل التصريف لجميع الحالات

وقد لوحظت هذه الزيادة من قبل Nago (1978). أما نسبة التناقص في معدل قيم (C_d) للبوابة المائلة عكس اتجاه الجريان فتراوحت بين (- 0.7)% قياسا بمعدله للبوابة العمودية. وهذه الاختلافات ترجع أيضا إلى تأثير الطبقة المتاخمة وباختلاف حالات ميل البوابة (Montes,1997; Nago,1978).

دراسة معامل التصريف للبوابات المائلة قليلة جدا مقارنة بالبوابات العمودية ، حيث كان التركيز بدراستها نظريا وعمليا. () يبين مقارنة معامل التصريف لـ Subramanya Rajaratnam () Strelkoff Fangmeier () Rajaratnam () Isaacs () Hagar () Cheng () و آخرون () Masliyah ()

() مع البوابة العمودية والمائلة للبحث الحالي. حيث يلاحظ أن القيم المختبرية للبحث الحالي أعلى من القيم العملية للبحوث السابقة ، و أسباب هذا الاختلاف كما ذكر سابقا يرجع إلى طبيعة البوابة المستخدمة والظروف المحيطة بالتجارب فضلا عن القناة المختبرية المستخدمة (Hager,1999).

() يلاحظ أن القيم المختبرية لمعامل التصريف سجلت ارتفاعا عن القيم المحسوبة نظريا وبنسبة تصل إلى (19.5) % ، ولوحظ هذا التباين من قبل Fanariotis Noutsopoulos () فقد ذكرا أن هذا الاختلاف يرجع إلى طبيعة الجريان حيث يكون في مركز القناة أكبر مما هو عليه في الجوانب ، فضلا عن اختلاف الظروف المختبرية المحيطة بأجراء هذه التجارب وحالات الجريان المختلفة ، وتزداد هذه التأثيرات مع (Hager,1999).

معادلة التصريف الوضعية:

لمتغيرات المؤثرة في الجريان خلال البوابة،

يمكن ان وضح بالمعادلة التالية:

$$Q = f_1 (V_0, g, a, \rho, \mu, y_0, \beta, H_0, b) \dots\dots\dots(1)$$

حيث أن:

f_1		
Q:	(L ³ /T)	تصريف البوابة
V ₀ :	(L / T)	
g:	(L /T ²)	التعجيل الأرضي
a:	(L)	
:	(M/L ³)	
μ:	(M/L.T)	اللزوجة الدينامكية
y ₀ :	(L)	منسوب الماء الذيلي
:	-	زاوية ميل البوابة العمودي
H ₀ :	(L)	الشحنة الكلية مقدم البوابة.

b:

(L)

وبعد إجراء التحليل البعدي لهذه المتغيرات تنتج المعادلة التالية:

$$Q = H_o^2 \sqrt{gH_o} f_2 (F_o, R_o, \beta, \frac{H_o}{a}, \frac{H_o}{y_o}, \frac{H_o}{b}) \dots\dots\dots (2)$$

حيث ان:

$$=f_2$$

$$=F_o$$

$$=R_o \text{ رقم رينولدز}$$

تم اختبار عدة صيغ افتراضية للحصول على معادلة وضعية عامة لتمثيل التصريف الحقيقي الناتج من البوابة بمختلف اوضاعها حيث افترضت الصيغة التالية:

$$Q_{act.} = k_1 \left(\frac{H_o}{a} \right)^{k_2 \beta} ab \sqrt{gH_o} \dots\dots\dots ()$$

حيث إن ;

$$= k_1, k_2$$

وبالتعويض عن قيم (Q, a, b, g, H_o, β) في المعادلة أعلاه والتي تم الحصول عليها من التجارب العملية للبوابة العمودية والمائلة بزواوية () مع اتجاه الجريان وزاوية () عكسه (Spss. V.7.5) الإحصائي تم الحصول على قيم المعام (k₂, k₁) يلي:

$$Q_{act} = 0.865 \left(\frac{H_o}{a} \right)^{0.00148\beta} ab \sqrt{gH_o} \dots\dots\dots ()$$

$$(R=0.989)$$

ولإيجاد دقة المعادلة أعلاه تمت مقارنة التصريف الحقيقي المحسوب من هذه المعادلة مع التصريف الحقيقي المقاس في التجارب لحالات البوابات الثلاثة الأخرى (مائلة بزوايا) مع اتجاه الجريان وزاوية () عكسه وكانت أعلى نسبة خطأ لا تتجاوز (1.) % .

(4) : (2)

	()	()	()
	Diff. %	Diff. %	Diff. %
A1	6.259	2.985	13.1
A2	5.552	1.918	9.82
A3	-	1.776	6.818
A4	-	3.025	6.081
A5	-	0.259	5.028
B1	6.942	1.857	7.827
B2	5.508	3.2	8.434
B3	6.085	1.892	5.868
B4	-	2.658	4.382
B5	-	0.345	3.097
C1	7.734	-0.3	7.064
C2	-	2.722	3.458
C3	-	2.254	2.58
C4	-	-	2.057
C5	-	-	-0.08
D1	-	1.07	4.981
D2	-	-	1.582
D3	-	-	0.619
D4	-	-	0.765
معدل القيم			
	6.347	1.833	4.92

ومن خلال ما تقدم وبغية التوصل إلى صيغة عامة لحساب التصريف المار عبر البوابة لجميع حالات الميل تم التعويض عن القيم السابقة لجميع حالات ميل البوابة ،
(Spss. V.7.5) أيضا تم الحصول على قيم جديدة (k₂, k₁) وكما يلي :

$$Q_{act} = 0.877 \left(\frac{H_o}{a} \right)^{0.00154\beta} ab \sqrt{gH_o}$$

(R=0.983).

تصريف الحقيقي المحسوب من المعادلة أعلاه مع التصريف الحقيقي المقاس
ولجميع حالات ميل البوابة وكانت أعلى نسبة خطأ لهذه المعادلة لا تتجاوز (12.32)%

الاستنتاجات:

. ان معدل قيم معامل التصريف (C_d) تزداد من (.) للبوابة العمودية لتصل إلى
(.) بزواوية () ° مع اتجاه الجريان بينما تقل لتصبح (.)
بزواوية () ° .
قيم معامل التصريف (C_d) بشكل عام مقارنة لقيم معامل النقل (C_c) حيث يشاهد بان قيم
(C_c) للبوابة العمودية تتغير بين (0.6-0.68) وبمعدل (0.65) بينما قيم (C_d) للبوابة
العمودية تتغير بين (0.596-0.674) (0.645).
تزداد قيم معامل التصريف (C_d) مع ازدياد ميل البوابة باتجاه الجريان وتقل مع ازدياد الميل
عكس الجريان وينسب تصل إلى (.) % على التوالي مقارنة بالبوابة العمودية بسبب
تأثير الطبقة المتاخمة في جوانب وقعر القناة ، وهذا مشابه لما قدمه (Nago) (.) .
القيم المختبرية اكبر من القيم المحسوبة نظريا (بنسبة تصل إلى (.) % مقارنة بالبوابة
العمودية).
التوصل إلى معادلة عامة لحساب التصريف الخارج من البوابات العمودية والمائلة ، المعادلة
(.) (.) % .

المصادر:

- Betts P.L. (1978)."Discussion of Numerical Solution for Flow under Sluice Gates." J. Hydra. Div., ASCE, 104(2), 313-315.
- Cheng A.H-D. , Liggett J.A.and Liu P.L-F. (1981)."Boundary Calculations of Sluice and Spillway Flows." J. Hydra. Div., ASCE, 107(10), 1163-1178.
- Fangmeier D.D.and Strelkoff T.S. (196)"Solution for Gravity Flow Under a Sluice Gate." J.eng.Mech. Div., ASCE, 94(2), 153-176.
- Hager W.H. (1999)."Underflow of Standard Sluice Gate." Experiments in Fluids, 27(4), 339-350.
- Isaacs L.T. (1977)."Numerical Solution for Flow under Sluice Gates." J.Hydra. Div., ASCE, 103(5), 473-481.
- Masliyah J.H., Handakumark. , Hemphill F. and Fung L. (198)."Body-Fitted Coordinates for Flow under Sluice Gates." J. Hydra. Div., ASCE, 111(6), 922-933.
- Montes J.S. (1997)."Irrotational Flow and Real Fluid Effects under Planar Sluice Gates." J. Hydra. Eng., ASCE, 123(3), 219-232.
- Nago H. (1978)."Influence of Gate Shapes on Discharge Coefficients." Proc. Of JSCE, 10(2), 59-71.
- Noutsopoulos G.K., and Fanariotis S. (1978)."Discussion of Free Flow Immediately Below Sluice Gates." J.Hydra. Div., ASCE, 104(3), 451-455.
- Rajaratnam N. (1977)." Free Flow Immediately Below Sluice Gates." J. Hydra. Div., ASCE, 103(4), 345-351.
- Rajaratnam N. and Humphries J. A. (1982)."Free Flow Upstream of Vertical Sluice Gates." J. Hydra. Res., IAHR, 20(5), 427-437.
- Rajaratnam N. and Subramanya K. (1967)."Flow Equation for the Sluice Gate." J. Irr. & Dra. Div., ASCE, 93(9), 16