

توزيع سرع الجريان عند مناطق انضغاط التيار حول منشآت حماية الضفاف

عبد الكريم سعد الله شهاب⁽¹⁾

DOI: <https://doi.org/10.54172/mjsc.v6i1.479>

الملخص

تمت في هذه الدراسة مناقشة بعض المشاهدات العملية لمناطق الجريان المحيطة بمنشآت حماية الضفاف وكذلك دراسة خصائص كل منطقة منها ، وقد قسمت هذه إلى مناطق ثلاثة هي : الفيض والانضغاط والاتساع ، وكذلك قسمت منطقة الانضغاط إلى مناطق فرعية حسب التشوه الذي يحصل لكل جزء من أجزاء التيار نتيجة لتأثير المنشأ . وقد وجد أن نظرية التيارات الحرة المضطربة التي وضعها العالمان Schlichting و Abramovich تنطبق انطباقا تاما على مناطق التأثير المتبادل للجريان بين الضفة والجري الرئيسي ، وكذلك على الضفة في منطقة التيارات المضطربة المكثفة ، وقد تمت دراسة السرعة العكسية وكيفية تغيرها على طول منطقة الدوران العكسية بعد المنشأ ، وكذلك أسباب تكون هذه السرعة العكسية . وبسبب صعوبة قياس هذه السرعة فقد تم اشتقاق معادلة نظرية لحساب مقدار السرعة العكسية بالاعتماد على تكامل معادلة التصريف في مقطع الانضغاط والاستناد إلى مخطط توزيع السرعة الناتج من نتيجة التجارب العملية التي قام بها المؤلف (Shehab, 1991) . إن هذه الدراسة يمكن أن تكون مهمة بالنسبة لحساب أطوال مناطق الجريان وسرعتها وذلك عند تحويل مجاري الأنهار أثناء إقامة وإنشاء محطات الطاقة الكهربائية والمنشآت الهيدروليكية الأخرى وذلك لغرض معرفة السرعة المسموح بها وكذلك في حماية المناطق المعرضة للانجراف وكذلك في تهذيب مجرى النهر .

⁽¹⁾ قسم الهندسة المدنية - جامعة عمر المختار - ليبيا .

المقدمة

تتصف القوانين العامة للتأثير المتبادل بين التيار المنضغط نتيجة للتخصر الناتج من منشآت حماية الضفاف ومنشآت تحويل مجاري الأنهار أثناء فترات الإنشاء ، وبين مجرى النهر بالصفات التالية : تتشكل مناطق انحراف موضعية عند رأس المنشأ ، وينضغط التيار بصورة أكبر بعد التخصر مما يؤدي إلى زيادة في الانحراف وبصورة مكثفة عند المنشأ ، وتتشكل مناطق دوران التيار قبل المنشأ وبعده وهذه المناطق تؤدي بدورها إلى زيادة مقاومة الجريان وكذلك ازدياد قوى القص على طول هذه المناطق (شكل 1) ، ويتكون هذه المناطق الدورانية تقلل سرعة الجريان العكسي داخلها مما يؤدي إلى زيادة في ترسيب المواد الترابية المحمولة بواسطة الماء ، وكذلك يمكن تمييز منطقة التيار الانتقالي بصورة واضحة ومنطقة التيارات العكسية الدورانية ، القليلة السرعة والمنطقة الفاصلة بينهما . وتزداد سرعة الجريان بعد المنشأ في منطقة التيار الانتقالي حتى تصل إلى قيمها العظمى في موقع خط الانضغاط C-C الأقصى وبعد ذلك تبدأ منطقة الاتساع وعندها تبدأ السرعة بالتناقص ، وعند موقع الانضغاط الأقصى ونتيجة لأن السرعة تبلغ قيمتها القصوى تحصل عمليات انحراف وقد تطول عملية الانحراف هذه إلى الضفة المقابلة للمنشأ .

تقسيم مناطق الجريان

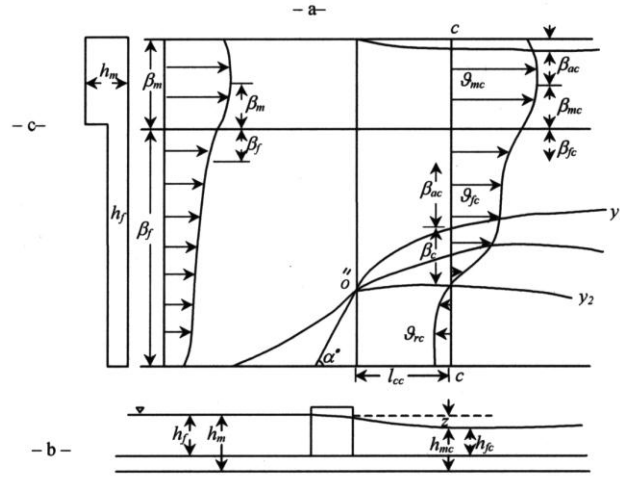
يمكن بصورة عامة تقسيم مناطق الجريان حول المنشأ إلى ثلاث وهي :

- منطقة الفيض ويحصل فيها ازدياد في الطاقة الكامنة وذلك حيث أن عمق الجريان فيها يكون أكبر مما يمكن .
- منطقة الانضغاط والتخصر وفيها تتحول الطاقة الكامنة الكبيرة إلى طاقة حركية وتبلغ سرعة الجريان بذلك أقصى ما يمكن .
- منطقة الاتساع وفيها يعاد تحول الطاقة الحركية إلى كامنة مع فقدان في الطاقة عن منطقة الفيض حيث أنه بعد هذه المنطقة تتقلل خصائص الجريان إلى ما كانت عليه في وضعها الطبيعي قبل المنشأ .

وكذلك يمكن تقسيم التيار المتخصر والمنضغط إلى : منطقة التيارات المضطربة المكثفة المحصورة بين الخطين $o-y_1$ و $o-y_2$ (شكل 1) ، ومنطقة التيارات ضعيفة التشوه المحصورة بين الضفة المقابلة والخط $o-y_1$ وتقع أسفل الخط $o-y_2$ منطقة التيارات العكسية .

دراسة توزيع السرعة في منطقة التيارات المضطربة المكثفة والتيارات العكسية

في منطقة التيارات المضطربة المكثفة ، وجدنا أن شكل توزيع السرعة على عرض المجرى تنتظم بشكل ينطبق على العلاقة العامة للجريان المضطرب المقترحة في نظرية العالمين (Schlichting) (Abramovich, 1960; 1968) وقد تم رسم هذه



شكل 1 مخطط حسابي يوضح توزيع السرعة في منطقة الانضغاط للمقاطع المركبة حيث : a- مسقط أفقي بين مناطق الجريان ، b- مقطع طولي في المجرى المائي ، c- مقطع عرضي للمجرى المائي

العلاقة (شكل 2) ووجد أنها تنطبق على منطقتي التخصر والانضغاط ومنطقة الاتساع وكذلك تقع حدود هذه المنطقة على الحد الفاصل بين المجرى الرئيسي والضفة والطبقة الحدودية وتمت برهنة ذلك بمقارنة النتائج العملية والنظرية وهذه العلاقة هي :

$$\frac{V_f - V}{V_f - V_r} = f\left(\frac{y_2 - y}{y_2 - y_1}\right) \dots \dots \dots (1)$$

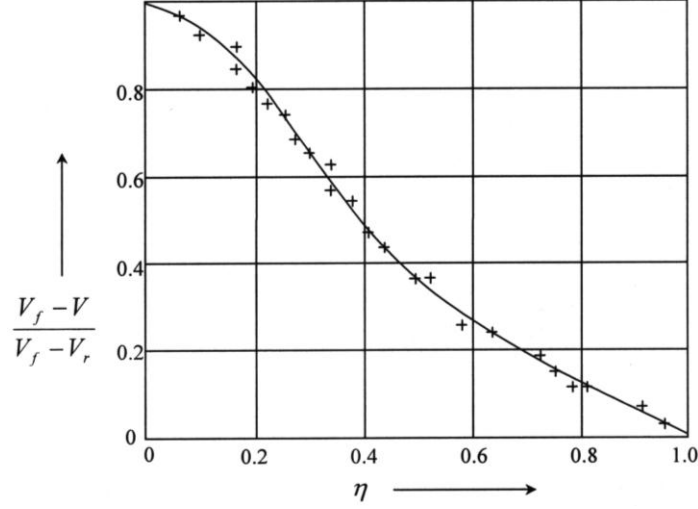
حيث : V_f السرعة القصوى على الضفة ، والتي تتشكل على الحد الفاصل بين منطقة التيارات ضعيفة التشوه والتيارات المضطربة المكثفة على الضفة .
 V_r سرعة الجريان في منطقة التيارات العكسية

المسافة من نقطة معطاة مطلوب حسابها إلى الحدود الخارجية لمنطقة التيارات المضطربة المكثفة .
 عرض منطقة التيارات المضطربة المكثفة والمساوي إلى b . ويرمز لها (b_c) في مقطع الانضغاط وعرض هذه المنطقة يصبح مساويا في منطقة الحد بين المجرى الرئيسي والضفة إلى :

$$b = b_m + b_f$$

حيث : b_f العرض الذي تشغله منطقة التيارات المضطربة المكثفة من الضفة .
 b_m العرض الذي تشغله منطقة التيارات

المضطربة المكثفة من الجرى الرئيسي . الشكل العام لمعادلة (Schlichting, 1968; وبذلك فإن العلاقة (1) تمتلك (Abramovich, 1960).



شكل 2 توزيع السرعة (اللابعدي) في منطقة التيارات المضطربة المكثفة

في منطقة التيارات العكسية والمساوية إلى (V_r) وذلك بسبب قيمتها الصغيرة ، حيث أنها تتكون في المنطقة الواقعة تحت حماية السدة العرضية . ولكنه تم عمليا التوصل إلى أن السرعة العكسية V_r تبدأ بالازدياد من قيمة الصفر في نهاية منطقة تأثير المنشأ إلى أن تصل إلى قيمتها العظمى عن مقطع الانضغاط الأقصى C - C عن الضفة المحمية ثم تبدأ بالتناقص بعد هذا المقطع باتجاه المنشأ إلى أن تصبح قيمتها مساوية لصفر عند موقع المنشأ . وهذا التغير في السرعة العكسية يعود إلى أن التيار الانتقالي عبر

$$\frac{V_f - V}{V_f - V_r} = (1 - \eta^{1/2})^2 \dots \dots \dots (2)$$

حيث : η العلاقة (اللابعدية) على الضفة بين

$$z, b_f \text{ وتساوي } \frac{Z}{b_f} .$$

z بعد أو مسافة على منطقة الاضطراب

يقاس من بداية هذه المنطقة على

الضفة .

ولم يتم التمكن عمليا من قياس وتثبيت السرعة المتوسطة للجريان على عمق الجرى

يحدث على حساب كمية الماء المارة من مقطع التخصر والانضغاط C-C مما يؤدي إلى حدوث السرعة العكسية .

استنتاج معادلة السرعة العكسية

لغرض حساب السرعة العكسية (V_r) سوف نقوم باستخدام (Shehab, 1991) العلاقة التكاملية التصريف في المقطع C-C وأي مقطع يمتلك الخواص الطبيعية للجريان أي في منطقة بعيدة عن المنشأ حيث أن التصريف فيها هو Q ، وبما أن Q ثابتة على جميع مقاطع الجريان فلذلك تصبح علاقة التكامل بالشكل التالي :

$$Q = \rho h_{mc} \int_0^{\delta} V dy + \rho h_{mc} V_{mc} b'_{ac} + \rho h_{mc} \int_0^{b_{mc}} V dy + \rho h_{mc} \int_{b_{mc}}^{b_{mc}+b_{fc}} V dy + \rho h_{fc} V_{fc} b_{ac} + \rho h_{fc} \int_{y_1}^{y_2} V dy + \rho V_{rc} h_{fc} (B_f - b_{fc} - b_c) \dots \dots \dots (3)$$

b_{fc}, b_{mc} عرض منطقة التداخل المتبادل بين الضفة والمجرى الرئيسي على التوالي في المجرى الرئيسي وعلى الضفة .
 B_f عرض الضفة .
 b_c عرض منطقة التيارات المضطربة المكثفة في المقطع المنضغط على الضفة .

منطقة التضييق والذي يمتلك حتى مقطع الانضغاط C-C طاقة حركية كبيرة ، يحمل معه جزء من الماء الموجود في منطقة الدوران والاضطراب . ويطلق هذا الجزء من الماء بعد التوسع إلى أن يصل إلى نهاية منطقة تأثير المنشأ ثم يعود هذا الجزء الذي أطلق بالدوران بالاتجاه المعاكس وهكذا تتكرر عملية الدوران العكسية هذه ، أي أن ذلك علمياً يمكن تفسيره أيضاً نتيجة إلى السرعة المتزايدة للجريان على المنطقة الحدودية الفاصلة بين التيارات ضعيفة التشوه والتيارات المضطربة المكثفة ($y_1 - y_2$) والتي تتكون عندها منطقة هبوط الضغط وبالتالي انسحاب جزء من الماء من منطقة التيارات العكسية إلى هذه المنطقة لغرض موازنة هبوط الضغط . لذلك فإن تصريف الماء الموجود في منطقة التيارات العكسية

حيث : h_{fc}, h_{mc} عمق الماء في مقطع الانضغاط والتخصر على التوالي في المجرى الرئيسي وعلى الضفة .
 b_{ac}, b'_{ac} عرض شعاع التيار في منطقة التيارات ضعيفة التشوه على التوالي في المجرى الرئيسي وعلى الضفة .

وباستخدام معادلة توزيع السرعة في مناطق وهي معادلة (2) ، وبعد التكامل تصبح المعادلة :
 التيارات المضطربة المكثفة من العالمين
 (Schlichting, 1968, Abramovich, 1960)

$$Q = h_{mc} V_{mc} \delta \left(1 - 2.22 \sqrt{\frac{\lambda}{2}} \right) + h_{mc} V_{mc} b'_{ac} + h_{mc} U_{mc} b^* (\Psi_1 + n \Psi_2) +$$

$$h_{fc} V_{mc} b^* (\Psi_3 + n \Psi_4) + h_{fc} V_{fc} b_{ac} + h_{fc} b_c V_{fc} (0.55 + 0.45 M_r) +$$

$$V_{rc} h_{fc} (B_f + b_{fc} + b_{ac} - b_c) \dots \dots \dots (4)$$

حيث أن :

$$\Psi_1 = \frac{b_m}{b^*} - 0.8 \left(\frac{b_m}{b^*} \right)^{2.5} + 0.25 \left(\frac{b_m}{b^*} \right)^4 \dots \dots \dots (5)$$

$$\Psi_2 = 0.8 M \left(\frac{b_m}{b^*} \right)^{2.5} - 0.25 M \left(\frac{b_m}{b^*} \right)^4 \dots \dots \dots (6)$$

$$\Psi_3 = \left(1 - \frac{b_m}{b^*} \right) - 0.8 \left(1 - \frac{b_m}{b^*} \right)^{2.5} + 0.25 \left(1 - \frac{b_m}{b^*} \right)^4 \dots \dots \dots (7)$$

$$\Psi_4 = 0.8 M \left(1 - \frac{b_m}{b^*} \right)^{2.5} - 0.25 M \left(1 - \frac{b_m}{b^*} \right)^4 \dots \dots \dots (8)$$

$$b^* = b_m + b_f \dots \dots \dots (9)$$

$$M = \frac{V_f}{V_m} \dots \dots \dots (10)$$

$$M_{rc} = \frac{V_{rc}}{V_f} \dots \dots \dots (11)$$

حيث : V_{rc} سرعة الجريان العكسية في مقطع الانضغاط .

Ψ معامل القص الهيدروليكي والذي يمكن حسابه من المعادلة التجريبية للعالم (Zagijda A. P.) .

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 4 \log \frac{R}{\Delta} + 4.25 \quad \dots \dots \dots (12)$$

R نصف القطر الهيدروليكي .

Δ الخشونة المطلقة للسطح والتي يتم حسابها من المعادلة التجريبية التالية (Mikhalev, 1971) :

$$\Delta = 1.4d_{50}^{0.45} \quad \dots \dots \dots (13)$$

d_{50} متوسط نصف قطر الحبيبات أو قطر المنخل الذي تمر منه نسبة 50% من الحبيبات .

δ سمك الطبقة الحدودية والتي يتم حسابها من المعادلة التجريبية التالية (Mikhalev, 1971) :

$$\delta = 3.7\lambda_c b^* \quad \dots \dots \dots (14)$$

وباستخدام القيم K_3, K_2, K_1 لغرض التبسيط :

$$K_1 = \left(1 - 2.21 \sqrt{\frac{\lambda_c}{2}} \right) \quad \dots \dots \dots (15)$$

$$K_2 = (\Psi_1 - M\Psi_2) \quad \dots \dots \dots (16)$$

$$K_3 = (\Psi_3 + M\Psi_4) \quad \dots \dots \dots (17)$$

ويقسمة طرقي المعادلة (4) على V_f ، نحصل على :

$$\frac{Q}{V_f} = \frac{V_{mc}}{V_f} [h_{mc}\delta K_1 + h_{mc}b'_{ac} + h_{mc}b^* K_2 + h_{fc}b^* K_3] + \frac{V_{fc}}{V_f} [h_{fc}b_{ac} + (0.55 + 0.45M_r)h_{fc}b_c] + \frac{V_{rc}}{V_f} [h_{fc}(B_f + b_{fc} - b_{ac} - b_c)] \quad \dots \dots \dots (18)$$

وبذلك يصبح قانون تغير السرعة العكسية في مقطع الانضغاط بالشكل التالي :

$$M_{rc} = \frac{\frac{Q}{V_f} - \frac{V_{mc}}{V_f} [h_{mc}\delta K_1 + h_{mc}b'_{ac} + h_{mc}b^* K_2 + h_{fc}b^* K_3] - \frac{V_{fc}}{V_f} [h_{fc}b_{ac} + 0.55h_{fc}b_c]}{\left[0.45 \frac{V_{fc}}{V_f} h_{fc}b_c + h_{fc}(B_n - b_{fc} - b_{ac} - b_c) \right]} \quad \dots (19)$$

إن السرعة العكسية تقل بصورة سريعة
وذلك عند اتجاهها إلى موقع المنشأ ، وبذلك فإن
قيمها في باقي منطقة الانضغاط (أي بين موقع
المنشأ والمقطع C-C) يمكن إيجادها وذلك بمعرفة
بعد المقطع عن موقع الانضغاط الأقصى وضرب
السرعة العكسية المحسوبة نظريا بالنسبة بين مربع بعد
الموقع المطلوب حساب السرعة العكسية فيه وبعد
مقطع الانضغاط الأقصى عن موقع المنشأ وحسب

: (Avrova, 1971)

$$V_r^i = V_{rc} \left(\frac{X}{L_{cc}} \right)^2 \dots \dots \dots (20)$$

حيث أن : V_r^i = قيمة السرعة العكسية في مقطع i ويبعد بمقدار X عن المنشأ .

Velocity Distribution at Contraction Zone Around Bank-Protection Structures

Abdul Kareem S. Shehab*

Abstract

In this study, some observations at the zones of streamflow around bank-protection structures were discussed, and their characteristics were *fixed*, and were divided into three zones: afflux, contraction and expansion. The contraction zone was also, divided into subzones according to their deformation and distortion due to the disturbance which happens from the structure. It was found analytically that, in two zones the velocity distribution pattern similar to that, which was given in the theory of turbulence of Schlichting-Abramovich. Also the backward-velocity distribution profiles were studied with their characteristics and formation. A formula for calculating backward-velocity distribution was derived at the zone of contraction using integral relationship of the discharge at the section in the velocity distribution profile which, was obtained from the results of author's experiments. This study can be useful to calculate the lengths and velocities of the different flow zones, also during river diversion works, for calculating permissible velocities, protection of banks against scouring or erosion and for river training works.

* Department of Civil Engineering, Omar Al-Mukhtar University, El-Beida-Libya.

المراجع

- Abrarnovich G. N. (1960). Theory of Turbulent Flow (Physmatgiz). Moscow. Pp: 716.
- Abdul Kareem S. Shehab. (1991). The Laws of Streamflow distortion around spur-dike constructed on rivers with a wide flood plains. Ph. D. dissertation submitted to the Institute of Hydro-land Reclamation. Moscow, Pp: 150.
- Avrova T. F. (1971). Hydraulics of flow in contraction and expansion zones around cofferdams. Journal of LPI, No. 312. P; 15-20. Mikhalev, M. A. (1971), Hydraulic Calculations of flow during contraction. (Energia) Leningrad, 184 pp.
- Rajaratnam N., Ahmadi R. (1981). Hydraulics of channels with flood plains. Journal of Hydraulic Research-IAHR-Vol. 9. No. 1 p: 43-60.
- Schlichting, 1-1. (1968). Boundary Layer Theory. McGraw-Hill Book Co., New York, pp: 170.
- Ven Te Chow (1983). Open channel hydraulics. Mcgraw-Hill Book Co. N. Y. pp: 680.