www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

ارائه کتابها و جزوات رایگان مهندسی عمران

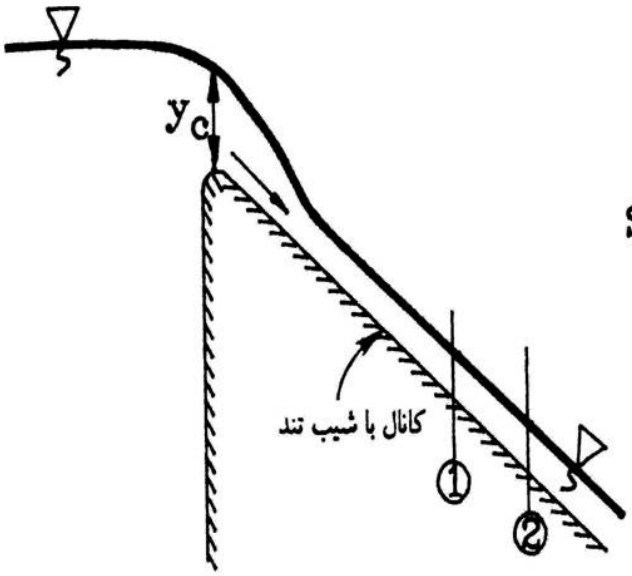
بهترین و برترین مقالات روز عمران

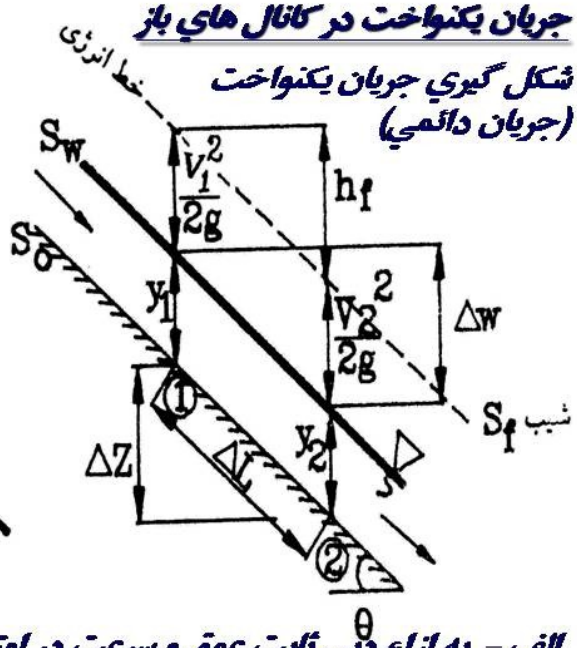
انجمن های تخصصی مهندسی عمران

فروشگاه تخصصی مهندسی عمران

جریان یکنواخت در کانال های باز

شکل گیری جریان یکنواخت
(جریان دائمی)





الف – به ازاء دبي ثابت عمق و سرعت در امتداد طولي جریان ثابت است

$$\left.\begin{aligned} y_1 = y_2 &\Rightarrow \frac{dy}{dx} = 0 \\ V_1 = V_2 &\Rightarrow \frac{dV}{dx} = 0 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \text{جریان یکنواخت دائمي}$$

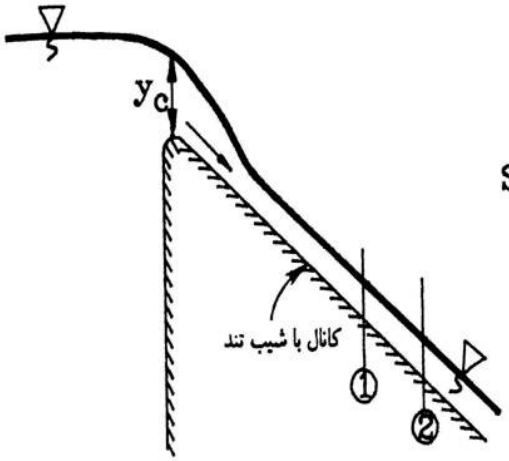
جریان یکنواخت دائمي = جریان یکنواخت = جریان نرمال ($y = y_n$)

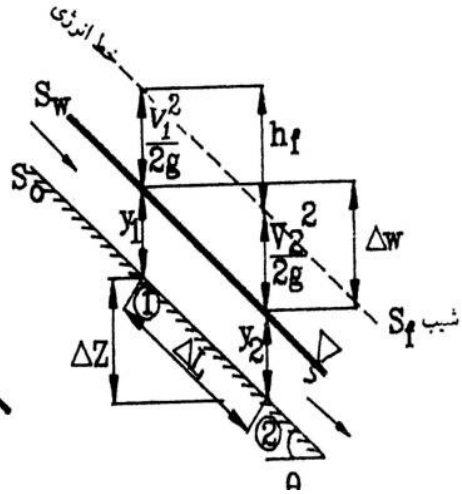
جریان یکنواخت بحراني $y_n = y_c$

جریان یکنواخت زیر بحراني $y_n \rangle y_c$

جریان یکنواخت فوق بحراني $y_n \langle y_c$

ب – در صورتیکه فاصله دو مقطع ۱ و ۲ در امتداد جریان برابر ΔL باشد میتوان نوشت





شيب خط انرژي = شيب سطح آب = شيب كف كانال

$$S_o = S_w = S_f = S$$

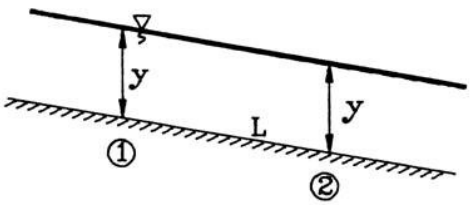
ΔZ = تغيير ارتفاع كف كانال

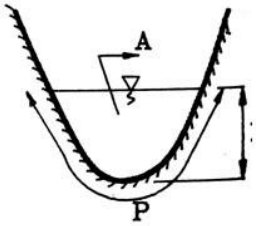
ΔW = تغيير ارتفاع سطح آب

h_f = افت انرژي

$$\frac{\Delta Z}{\Delta L} = \frac{\Delta W}{\Delta L} = \frac{h_f}{\Delta L} = S = Sin\theta$$

سرعت متوسط در جريان هاي يكنواخت





۱- رابطه شزي

فرضيات:

۱- جريان يكنواخت

۲- كانال منشوري با مقطع دلخواه

$$Momentum\ Eq. with\ \beta_1 = \beta_2 = 1 \Rightarrow$$

$$F_{P1} - F_{P2} - F_f + W\ Sin\theta = \rho Q\left(V_2 - V_1\right)$$

$$V_1 = V_2 \quad , \quad F_{P1} = F_{P2}$$

$$W\ Sin\theta - F_f = 0 \Rightarrow W\ Sin\theta = F_f \qquad (I)$$

$$F_f = \tau_0 PL$$

τ_0 = تنش برشي متوسط در كف

$$W\ Sin\theta = \gamma\ AL\ Sin\theta \qquad (II)$$

$$(II) \rightarrow (I) \Rightarrow \gamma\ AL\ Sin\theta = \tau_0 PL \Rightarrow \tau_0 = \gamma \frac{A}{P} Sin\theta$$

$$\tau_o = \gamma\ R\ Sin\theta = \gamma\ R\ S$$

فرض: تنش برشي متوسط جداره كه عكس تنش حاصل از نيروي رانش بر كف كانال مي باشد متناسب با مجذور سرعت متوسط جريان مي باشد يعني:

$$\tau_0 = K\ \rho V^2$$

$$K\ \rho V^2 = \gamma\ RS \Rightarrow V = \frac{\sqrt{g}}{K}\sqrt{RS}$$

$$\frac{\sqrt{g}}{K} = C \Rightarrow V = C\sqrt{RS} \qquad C = \frac{L^{1/2}}{T}$$

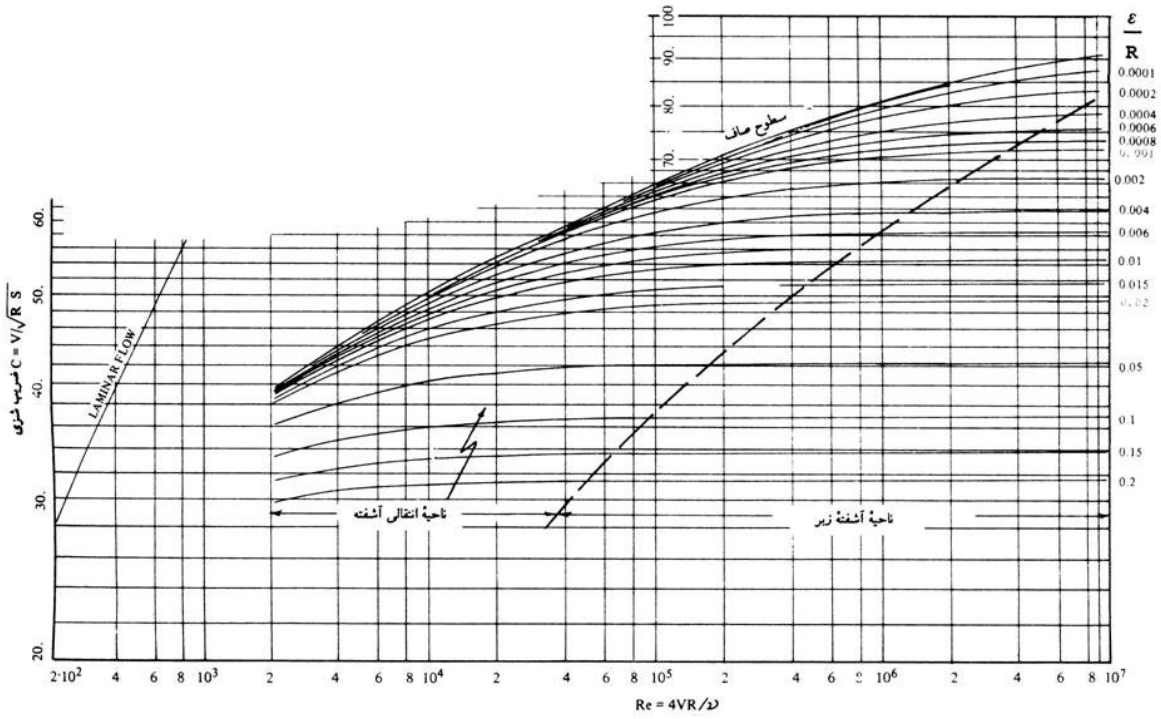
تعيين ضريب شزي بر مبناي ضريب اصطكاک دارسي ـ وايسباخ

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

f = ضريب اصطكاک بدون بعد دارسي ـ وايسباخ بوده كه تابعي از عدد رينولدز جريان ($4\rho VR/\mu$) و زبري نسبي ($\varepsilon/4R$) در لوله مي باشد

$$\frac{h_f}{L} = S_f = \frac{f}{4R}\frac{V^2}{2g}$$

$$V = \sqrt{\frac{8g}{f}}\sqrt{RS_f} \xrightarrow{\text{uniform flow}} \left.\begin{array}{l} V = \sqrt{\frac{8g}{f}}\sqrt{RS} \\ V = C\sqrt{RS} \end{array}\right\} \Rightarrow C = \sqrt{\frac{8g}{f}}$$



تعیین ضریب شزي با استفاده از رابطه بیزن

$$C = \frac{87}{1 + \gamma / \sqrt{R}}$$

$R =$ شعاع هیدرولیکي

$\gamma =$ ضریب زبري بستر کانال

تعیین ضریب شزي با استفاده از رابطه گانگلیت _ کاتر

$$C = \frac{(23 + 0.00155/S) + 1/n}{1 + (23 + 0.00155/S)\, n/\sqrt{R}}$$

$n =$ ضریب زبري بستر کانال

$S =$ شیب طولي کانال

تعیین سرعت متوسط در کانالها با استفاده از معادله مانینگ

$$C \propto R^{1/6} \quad \Rightarrow C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

$n =$ ضریب زبري بستر کانال در رابطه کاتر

$$V = C\sqrt{RS} \quad \Rightarrow V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \Rightarrow Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$(SI \rightarrow English) \Rightarrow \left(\frac{1}{n} \rightarrow \frac{1.486}{n} \right) \Rightarrow \frac{L^{1/3}}{T}$$

تخمين ضريب زبري مانينگ: ضريب زبري مانينگ كليه عوامل موثر در مقاومت بستر كانال در مقابل جريان را در خود مستتر دارد.

همچنين از تشابه فرمول دارسي ـ وايسباخ مشاهده مي شود كه اين ضريب شدت افت انرژي را در يک جريان نشان مي دهد.

راه مناسب در تخمين صحيح تر ضريب n شناخت عوامل موثر در اين ضريب مي باشد. اين عوامل عبارتند از زبري بستر كانال(جنس كانال)، نامنظمي سطح مقطع، پوشش گياهي(نوع و ميزان تراكم آن)، شكل مسير(مستقيم يا مارپيچي بودن مسير)، وجود موانع در مسير جريان و حتي عمق و دبي جريان، كه علاوه بر تأثير در افت طولي در مسير جريان، تا حدودي دربرگيرنده افتهاي ناشي از تغيير شكل جريان(افت هاي موضعي) نيز مي باشند.

تأثير گذشت زمان و تغيير فصول را نيز بايد در تغييرات n در نظر داشت.

تعيين n توسط روابط تجربي

۱ - **رابطه استريكلر**: مرسوم ترين و معمول ترين رابطه جهت برآورد ضريب مانينگ

$$n = \frac{d_{50}^{1/6}}{21.1}$$

d_{50} = اندازه متوسط دانه ها(شماره الكي كه ۵۰% وزني ذرات از آن عبور مي كنند)

۲ - رابطه مير(Meyer): در مورد رودخانه هاي كوهستاني كه مصالح جدار آنها عمدتاً شامل مصالح درشت دانه است كاربرد دارد.

$$n = \frac{d_{90}^{1/6}}{26}$$

d_{90} = اندازه دانه اي است كه ۹۰% وزني ذرات از آن ريزتر مي باشند (بر حسب متر)

محاسبات جريان يكنواخت

برقراري جريان يكنواخت در كانالها يک فرض ايده آل است ، ولي در عمل طراحي كانال ها بر اساس روابط جريان يكنواخت صورت مي گيرد.

ضريب انتقال

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} \sqrt{S} \Rightarrow Q = \sqrt{S}\left(\frac{1}{n} A R^{2/3}\right)$$

$$Q = CA\sqrt{RS} \Rightarrow Q = \sqrt{S}\left(CA\sqrt{R}\right)$$

فاكتور سطح: در صورتيكه در محاسبه جريان يكنواخت از رابطه مانينگ استفاده شود، عبارت $AR^{2/3}$ را فاكتور سطح گويند.

انواع مسايلي كه د رمطالعات هيدروليكي جريان يكنواخت پيش مي آيند

۱ - در نوع اول y_0، n و S و مشخصات هندسي مقطع جريان مشخص و سرعت V و يا دبي جريان Q مجهول هستند.

۲- در مسائل نوع دوم y_0، n و Q و مشخصات هندسي مقطع جريان معلوم ولي شيب كانال S مجهول مي باشد.

۳- در اينحالت y_0، S و Q و مشخصات هندسي مقطع جريان معين و ضريب زبري مانينگ n مجهول مي باشد.

٤- در نوع چهارم n ، S و Q و مشخصات هندسي مقطع جريان مشخص، عمق نرمال y_0 مجهول ميباشد.

٥- در نوع آخر n ، S ، Q و y_0 و هندسه عمومي كانال معلوم ولي مشخصات هندسي مقطع جريان بايد محاسبه گردند.

مثال: يک كانال ذوزنقه اي با عرض كف ٥ متر و شيب كناره هاي $1(V) : 1.5(H)$ داراي شيب طولي ۰/۰۰۰۳۵ مي باشد. عمق نرمال را براي دبي ۲۰ متر مكعب بر ثانيه محاسبه نماييد. $(n=0.015)$

$$A = (b + zy_0)y_0 = (5 + 1.5\,y_0)y_0$$

$$P = b + 2\sqrt{1+z^2}\,y_0 = 5 + 3.606\,y_0$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(5 + 1.5\,y_0)y_0}{5 + 3.606\,y_0}$$

$$20 = \frac{1}{0.015}(0.00035)^{1/2}\left[\frac{(5 + 1.5\,y_0)y_0}{5 + 3.606\,y_0}\right]^{2/3}(5 + 1.5\,y_0)y_0$$

آزمون و خطا $\Rightarrow y_0 = 1.82\,m$

مثال: يک كانال بتني $(n=0.015)$ با مقطع ذوزنقه اي داراي شيب كناره هاي ۱:۱ مي باشد. اگر شيب طولي كانال ۰/۰۰٤ باشد، عرض كف را بگونه اي محاسبه نماييد كه كانال بتواند دبي ۱۰ متر مكعب بر ثانيه را در عمق نرمال ۵/۲ متر انتقال دهد.

$$A = (b + zy_0)y_0 = (b + 2.5)2.5$$

$$P = b + 2\sqrt{1+z^2}\,y_0 = b + 7.071$$

$$\Rightarrow R = \frac{A}{P} = \frac{(b + 1.5)2.5}{b + 7.071}$$

$$100 = \frac{1}{0.015}(0.0004)^{1/2}\left[\frac{(5 + 2.5)2.5}{5 + 7.071}\right]^{2/3}(b + 2.5)2.5$$

آزمون و خطا $\Rightarrow b = 16.33\,m$

محاسبه عمق نرمال

روشهاي محاسبه:

الف - روش عددي آزمون و خطا: در اين روش معلومات مسئله در فرمول مانينگ قرار داده شده ، مجهول بر اساس قضاوت مهندسي و تجربه با آزمون و خطا پيدا مي شود.

ب - روش استفاده از نمودارها يا جداول كمكي: در صورتيكه در يک مقطع مستطيلي فاكتور سطح در محاسبه جريان يكنواخت بر مقدار عرض كف به توان 8/3 تقسيم گردد، پارامتر بدون بعد حاصل تابعي از y/b خواهد بود.

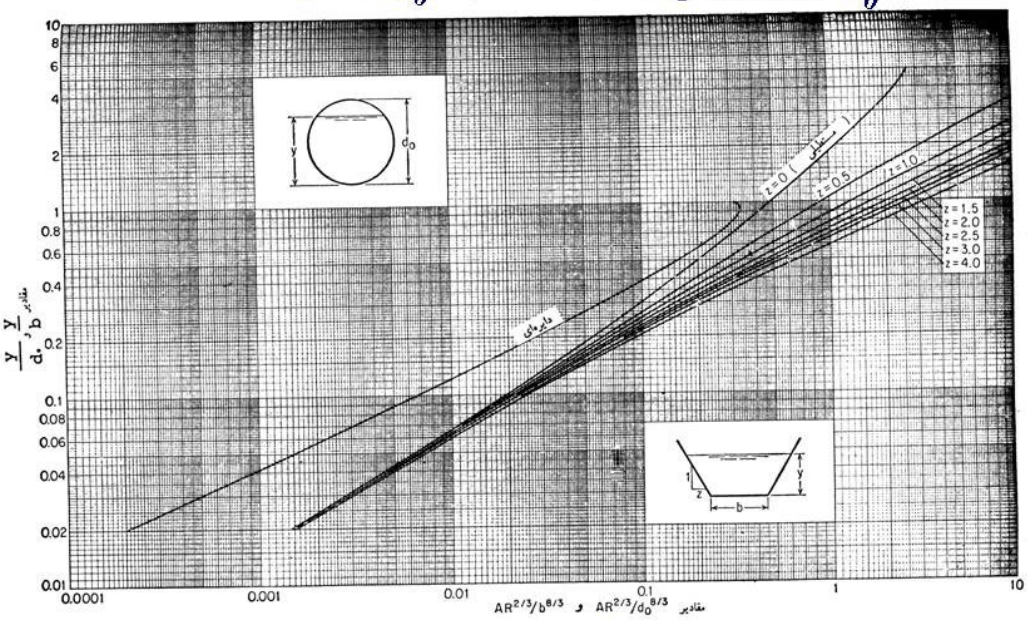
$$\frac{AR^{2/3}}{b^{8/3}} = \frac{A^{5/3}}{b^{8/3}P^{2/3}} = \frac{b^{5/3}y^{5/3}}{b^{8/3}(b+2y)^{2/3}} = \frac{y^{5/3}}{b(b+2y)^{2/3}}$$

$$\frac{AR^{2/3}}{b^{8/3}} = \frac{y^{5/3}}{b(b+2y)^{2/3}} = \frac{y}{b}\left(\frac{y}{b+2y}\right)^{2/3} = \frac{y}{b}\left(\frac{y/b}{1+2y/b}\right)^{2/3} = f_1\left(\frac{y}{b}\right)$$

در مقاطع ذوزنقه اي و دايره اي

$$\left(\frac{AR^{2/3}}{b^{8/3}}\right)^{2/3} = f_2\left(\frac{y}{b}, Z\right) \qquad \left(\frac{AR^{2/3}}{d_0^{8/3}}\right)^{2/3} = f_3\left(\frac{y}{d_0}\right)$$

منحني تغييرات $\frac{AR^{2/3}}{d_0^{8/3}}$ و $\frac{AR^{2/3}}{b^{8/3}}$ به ترتيب برحسب $\frac{y}{d_0}$ و $\frac{y}{b}$ ترسيم مي گردد.



$$Q = \frac{1}{n}AR^{2/3}S^{1/2} \Rightarrow \frac{nQ}{\sqrt{S}\,d_0^{8/3}} = \frac{AR^{2/3}}{d_0^{8/3}}$$

مثال: در یک کانال ذوزنقه اي به عرض کف ٦ متر، شیب کناره هاي ۲:۱ و ضریب مانینگ ۰۲۵/۰ مطلوبست:

الف - تعیین شیب نرمال (S_n)اگر عمق نرمال ۵/۱ متر و دبي ۱۰ متر مکعب بر ثانیه در نظر گرفته شود.

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$y_0 = 1.5\,m \Rightarrow A = (b + zy_0)y_0 = (6 + 2 \times 1.5)1.5 = 13.5\,m^2$$

$$P = b + 2\sqrt{1+z^2}\,y_0 = 6 + 2 \times 1.5\sqrt{1+4} = 12.71\,m$$

$$R = \frac{A}{P} = 1.062\,m$$

$$10 = \frac{1}{0.025}(13.5)(1.062)^{2/3} S_n^{1/2} \Rightarrow S_n = 0.000315$$

ب - تعیین شیب بحراني (S_c)و عمق نرمال (y_0) در صورتیکه دبي ۱۰ متر مکعب بر ثانیه در نظر گرفته شود.

$$y_c = y_0 \Rightarrow Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S_c^{1/2}$$

$$\frac{Z_c}{b^{2/5}} = \frac{Q}{\sqrt{g}\,b^{2/5}} = \frac{10}{\sqrt{9.81}\;6^{2/5}} = 0.036$$

$$\frac{Z_c}{b^{2/5}} = 0.036 \xrightarrow{\text{نمودار}} \frac{y_c}{b} = 0.1 \Rightarrow y_c = 0.6\,m = y_0$$

$$A = (b + zy_0)y_0 = (6 + 2 \times 0.6)0.6 = 4.32\,m^2$$

$$P = b + 2\sqrt{1+z^2}\,y_0 = 6 + 2\sqrt{1+4} \times 0.6 = 8.6\,m$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{4.32}{8.6} = 0.497\,m$$

$$10 = \frac{1}{0.025}(0.32)(0.497)^{2/3} S_c^{1/2} \Rightarrow S_c = 0.00846$$

ج - تعیین شیب بحرانی نرمال (S_{cn}) و مقدار دبی در صورتیکه عمق نرمال ۱/۵ متر در نظر گرفته شود.

$$y_c = y_0 = 1.5\,m$$

$$A = (b + zy_0)y_0 = 13.5\,m^2$$

$$T = b + 2zy_c = 6 + 2\times 2\times 1.5 = 12\,m$$

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T} \Rightarrow \frac{Q^2}{9.81} = \frac{(13.5)^3}{12} \Rightarrow Q = 44.85\ {}^{m^3}\!/_{s}$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$P = b + 2\sqrt{1+z^2}\,y_0 = 6 + 2\times 1.5\sqrt{1+4} = 12.71\,m$$

$$R = \frac{A}{P} = 1.062\,m$$

$$44.85 = \frac{1}{0.025}(13.5)(1.062)^{2/3} S_{cn}^{\ 1/2} \Rightarrow S_{cn} = 0.0063$$

زبري معادل

در کانالهایي که ضریب زبري مانینگ و به عبارتي جنس بدنه کانال در قسمتهاي مختلف متفاوت باشد نیز مي توان از رابطه مانینگ استفاده نمود ولي این امر مستلزم آنستکه براي بستر کانال یک زبري معادل معرفي گردد. بگونه اي که چنانچه این زبري معادل در فرمول مانینگ قرار داده شود دبي واقعي را بدست دهد.

روشهاي مختلف در تخمین زبري معادل

۱- رابطه هورتن _ اینستین: در این رابطه فرض گردیده که هر جزئ مساحت(A_i) از مقطع تحت تأثیر پیرامون مرطوب (P_i) و ضریب زبري مانینگ(n_i) و همچنین سرعت متوسط در هر یک از جزئ مساحتها مساوي و برابر سرعت متوسط کل جریان برمبناي زبري معادل باشد.

$$A_1 + A_2 + ... + A_i + ... + A_n = A$$

$$V_1 = V_2 = ... = V_i = ... = V_n = V$$

$$S_o^{\ 1/2} = \frac{V_1 n_1}{R_1^{\ 2/3}} = \frac{V_2 n_2}{R_2^{\ 2/3}} = ... = \frac{V n_e}{R^{2/3}}$$

n_e = زبري معادل مقطع

R_1 , R_2 , ... = شعاع هیدرولیکي در هر یک از مساحتهاي جزئي

R = شعاع هیدرولیکي کل مقطع یعني حاصل تقسیم مساحت مقطع بر پیرامون مرطوب کل

$$\frac{V_i n_i}{R_i^{2/3}} = \frac{V n_e}{R^{2/3}} \Rightarrow \left(\frac{A_i}{A}\right)^{2/3} = \frac{n_i P_i^{2/3}}{n_e P^{2/3}} \quad \Rightarrow A_i = A\frac{n_i^{3/2} P_i}{n_e^{3/2} P}$$

$$\Rightarrow \sum A_i = A = A\frac{\sum n_i^{3/2} P_i}{n_e^{3/2} P} \quad \Rightarrow n_e = \frac{\left(\sum n_i^{3/2} P_i\right)^{2/3}}{P^{2/3}}$$

۲- رابطه پاولوفسکي: در اين رابطه فرض گرديده که نيروي رانش کل در يک بازه از کانال بر مبناي سرعت متوسط و پيرامون مرطوب کل معادل با جمع نيروي رانش در هر يک از مساحت هاي تفکيک شده باشد.

$$n_e = \frac{\left(\sum n_i^{2} P_i\right)^{1/2}}{P^{1/2}}$$

۳- رابطه لوتز: در اين رابطه فرض گرديده که دبي جريان در کل مقطع معادل با جمع دبي جريان در هر يک از مساحتهاي جزء مي باشد.

$$n_e = \frac{PR^{5/3}}{\sum\left(P_i R_i^{5/3} / n_i\right)}$$

زبري معادل در مقطع مرکب

در تخمين دبي جريان در اين گونه کانال ها و در هنگاميکه عمق جريان کم مي باشدعبارتست از تقسيم مقطع به اجزاء کوچکتر و مقاطع منفرد و تعيين دبي در هر يک از اين مقاطع و محاسبه مجموع آنها به عنوان دبي کل.

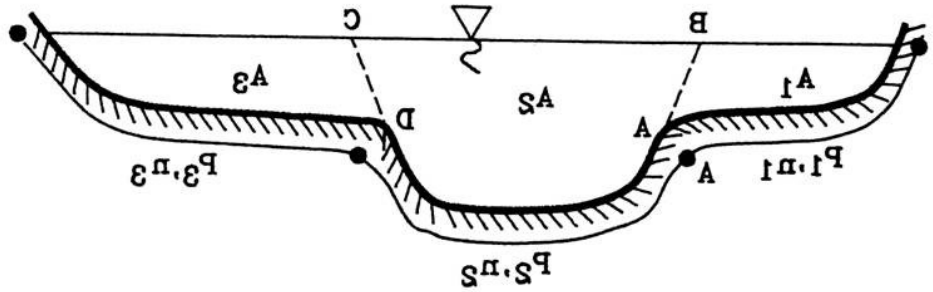
مثلاً چنانچه مطابق شکل مقطع مرکبي وجود داشته باشد، مي توان آن را به سه مقطع جزء A_1، A_2 ، A_3 تقسيم نموده و دبي کل را از جمع دبي جريان در هر يک از مساحت هاي تفکيک شده تعيين نمود.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 =$$

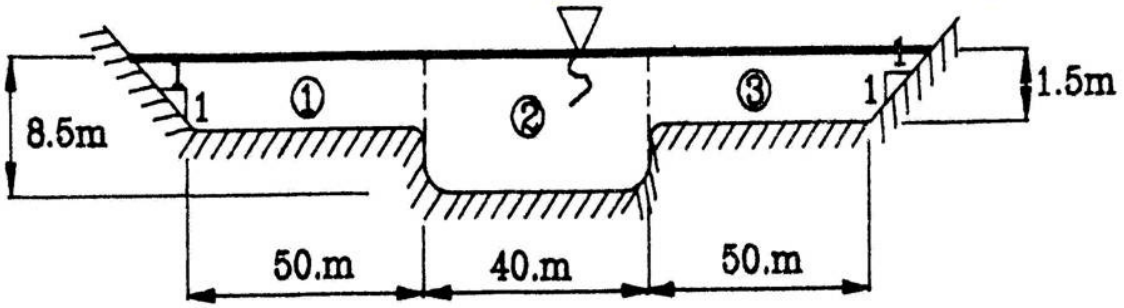
$$\frac{1}{n_1} A_1 R_1^{2/3} S^{1/2} + \frac{1}{n_2} A_2 R_2^{2/3} S^{1/2} + \frac{1}{n_3} A_3 R_3^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q = \left(K_1 + K_2 + K_3\right)\sqrt{S}$$

K_1 , K_2 , ... = ضريب انتقال در هر يک از مقاطع



مثال: شکل زیر مقطع یک رودخانه را در زمان سیلاب نشان می دهد. با فرض اینکه ضریب زبری مانینگ در کانال اصلی ۰۳/۰ و در دشتهای سیلابی ۰٤/۰ باشد، دبی رودخانه را تخمین بزنید. شیب طولی رودخانه معادل ۰۰۵/۰ فرض می گردد.



نخست مشخصات جریان را در هر یک از مقاطع محاسبه می نماییم.

$$A_1 = A_3 = 50 \times 1.5 + \tfrac{1}{2}\left(1 \times 1.5 \times 1.5\right) = 76.125\ m^2$$

$$P_1 = P_3 = 50 + \frac{1.5}{Cos45} = 52.12\ m$$

$$R_1 = R_3 = 1.46\ m$$

$$K_1 = K_3 = \frac{1}{n_1} A_1 R_1^{2/3} = \frac{1}{0.04} \times (76.125)(1.46)^{2/3} = 244926\ m^3/s$$

$$A_2 = 40 \times 8.5 = 340\ m^2$$

$$P_2 = 54 + 3 = 57\ m$$

$$R_2 = \frac{340}{57} = 5.965\ m$$

$$K_2 = \frac{1}{n_2} A_1 R_1^{2/3} = \frac{1}{0.03} \times (340)(5.965)^{2/3} = 37275.76\ m^3/s$$

$$Q = \left(K_1 + K_2 + K_3\right)\sqrt{S} = \left(2 \times 2449.26 + 37275.76\right)\sqrt{0.005}$$

$$Q = 2982.17\ m^3/s$$

$$\Rightarrow A = 492.25\ m^2 \qquad P = 158.24\ m \qquad \Rightarrow R = 3.11\ m$$

هورتن $\Rightarrow n_e = \dfrac{\left(\sum n_i^{3/2} P_i\right)^{2/3}}{P^{2/3}} \Rightarrow n_e = 0.0367 \Rightarrow Q = 2021\ m^3/s$

پاولوفسکي $\Rightarrow n_e = \dfrac{\left(\sum n_i^{2} P_i\right)^{1/2}}{P^{1/2}} \Rightarrow n_e = 0.0369 \Rightarrow Q = 2010\ m^3/s$

لوتر $\Rightarrow n_e = \dfrac{PR^{5/3}}{\sum\left(P_i R_i^{5/3} / n_i\right)} \Rightarrow n_e = 0.0241 \Rightarrow Q = 3077\ m^3/s$

بهترين مقطع هيدروليكي

با توجه به اينكه پارامترهاي هندسي متفاوتي در شكل هندسي يک مقطع نقش دارند چه تناسبي از ابعاد بهترين مي باشد.

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{n} A \frac{A^{2/3}}{P^{2/3}} S^{1/2} = \frac{A^{5/3} S^{1/2}}{n P^{2/3}} \quad \Rightarrow if\ \ P = min \Rightarrow Q = max$$

$$A = \frac{Q^{3/5} n^{3/5}}{S^{3/10}} P^{2/5} = K_1 P^{2/5}$$

بهترين مقطع هيدروليكي مستطيلي

$$A = by \Rightarrow b = \frac{A}{y} \qquad P = b + 2y \Rightarrow P = \frac{A}{y} + 2y$$

$$\frac{dP}{dy} = 0 \Rightarrow -\frac{A}{y^2} + 2 = 0$$

$$A = 2y^2 \Rightarrow by = 2y^2 \Rightarrow b = 2y$$

بهترين مقطع هيدروليكي مستطيلي به روش k_1

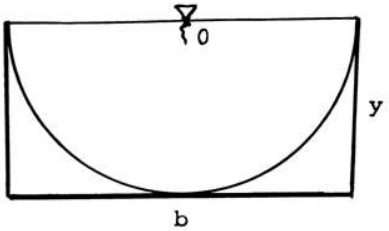
$$A = by$$

$$P = b + 2y \Rightarrow P = \frac{A}{y} + 2y = 2y + \frac{K_1 P^{2/5}}{y}$$

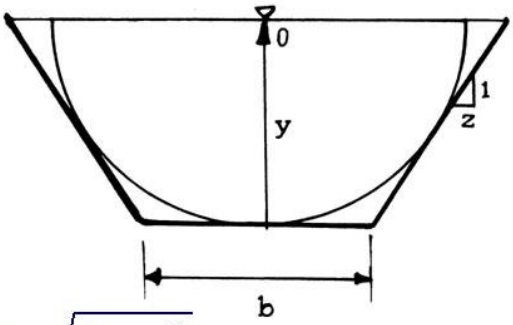
$$\frac{dP}{dy} = 2 + \frac{K}{y} \times \frac{2}{5} P^{-3/5} \frac{dP}{dy} + K_1 P^{2/5}\left(-\frac{1}{y^2}\right)$$

$$\frac{dP}{dy} = 0 \Rightarrow 0 = 2 - K_1 P^{2/5}\left(\frac{1}{y^2}\right)$$

$$2 - \frac{A}{y^2} = 0 \Rightarrow 2 - \frac{b}{y} = 0 \Rightarrow b = 2y$$



بهترين مقطع هيدروليكي ذوزنقه اي



$$A = (b + zy)y$$

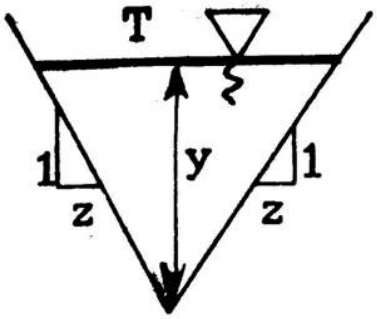
$$P = b + 2y\sqrt{1+z^2} = \frac{A}{y} - zy + 2y\sqrt{1+z^2}$$

$$\frac{dP}{dy} = 0 \Rightarrow -\frac{A}{y^2} - z + 2\sqrt{1+z^2} = 0$$

$$\frac{-(b+zy)y}{y^2} + 2\sqrt{1+z^2} - z = 0$$

$$b = 2y\left(\sqrt{1+z^2} - z\right)$$

بهترين مقطع هيدروليكي مثلثي



$$A = zy^2$$

$$P = 2\sqrt{1+z^2}\,y$$

$$P^2 = 4(1+z^2)y^2 = 4(1+z^2)\frac{A}{z}$$

$$\frac{dP^2}{dz} = 0 \Rightarrow \left(1 - \frac{1}{z^2}\right) = 0 \Rightarrow z = +1$$

مثلثي با زاويه رأس ۹۰ درجه

مثال: یک کانال با شیب طولي ۲۰۰۰ : ۱ در مصالحي از جنس رس ساخته مي شود. اگر قرار باشد این کانال دبي ٦۰ متر مکعب بر ثانیه را منتقل نماید، هزینه نسبي دو مقطع زیر را با یکدیگر مقایسه نمایید.

فرض نمایید هزینه پوشش به ازاء هر متر مربع دو برابر هزینه حفاري به ازاء هر متر مکعب باشد.

الف_ مقطع مستطیلي با پوششي از بتن (۰۱٤/۰ = n)

$$b = 2y \Rightarrow A = 2y^2$$

$$R = \frac{2y^2}{2y + 2y} = 0.5y$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad \Rightarrow 60 = \frac{1}{0.014}\left(\frac{1}{2000}\right)^{1/2}(0.5y)^{2/3}(2y^2)$$

$$y = 3.572\,m$$

$$b = 7.144\,m$$

در صورتیکه هزینه حفاري به ازاء هر متر مکعب x فرض شودو محاسبات را براي طول کانال انجام دهیم

$$\text{هزینه} = (3.572 \times 7.144)x + 14.288(2x)$$

$$\text{هزینه} = 54.096x$$

ب _ مقطع ذوزنقه اي (۱/۵= z) و بدون پوشش (۰۲۵/۰ = n)

$$b = 2y\left(\sqrt{1+z^2} - z\right) = 2y\left(\sqrt{1+1.5^2} - 1.5\right) = 0.606y$$

$$A = (b + zy)y = (0.606y + 1.5y)y = 2.106y^2$$

$$R = 0.5y$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad \Rightarrow 60 = \frac{1}{0.025}\left(\frac{1}{2000}\right)^{1/2}(0.5y)^{2/3}(2.106y^2)$$

$$y = 4.354\,m \qquad A = 39.93\,m^2$$

$$\text{هزینه} = 39.93x$$

مشخصات هيدروليكي جريان در مقاطع دايروي

هدف بررسي جريان در كانالهاي باز با سقف بسته همگرا است. مانند مقاطع دايره اي و مثلثي.

يک كانال دايره اي شكل با قطر d_0 ، شيب طولي S ، و ضريب مانينگ n در حالت پر قابليت انتقال دبي Q_0 را تحت سرعت V_0 خواهد داشت.

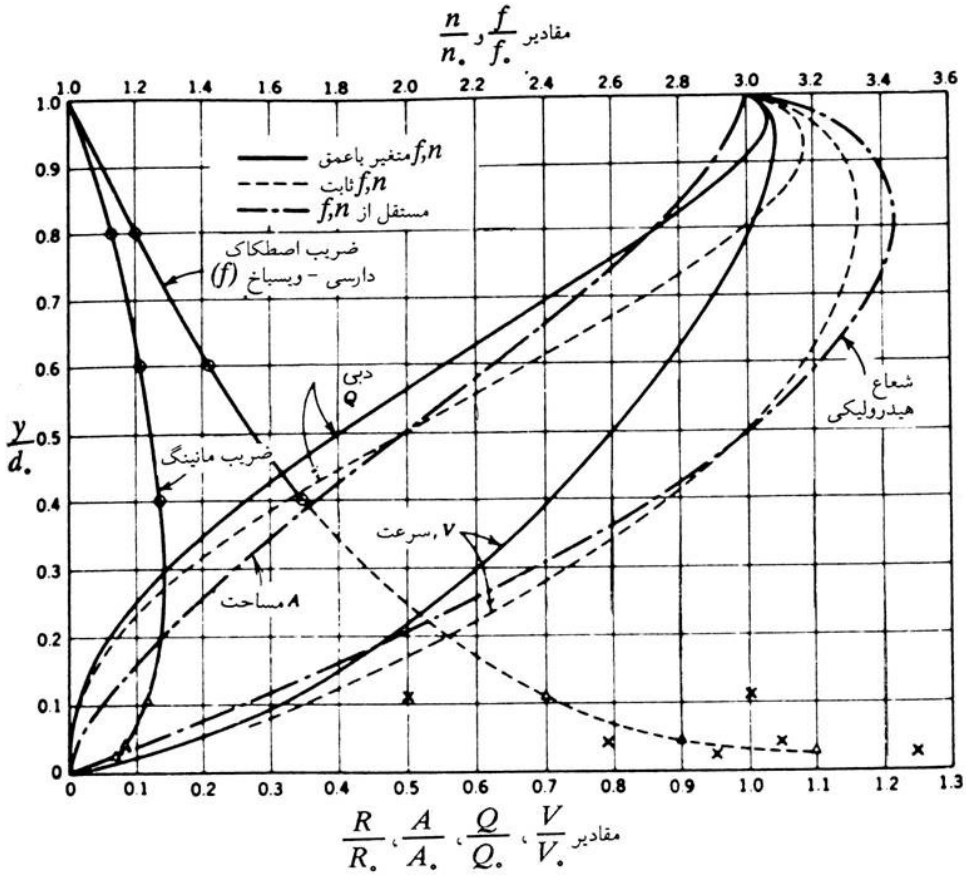
$$Q_\circ = \frac{1}{n} A_\circ R_\circ^{2/3} S^{1/2}$$

$$V_\circ = \frac{1}{n} R_\circ^{2/3} S^{1/2}$$

به ازاء هر دبي ديگر كه حالت جريان آزاد در كانال برقرار باشد مي توان نوشت

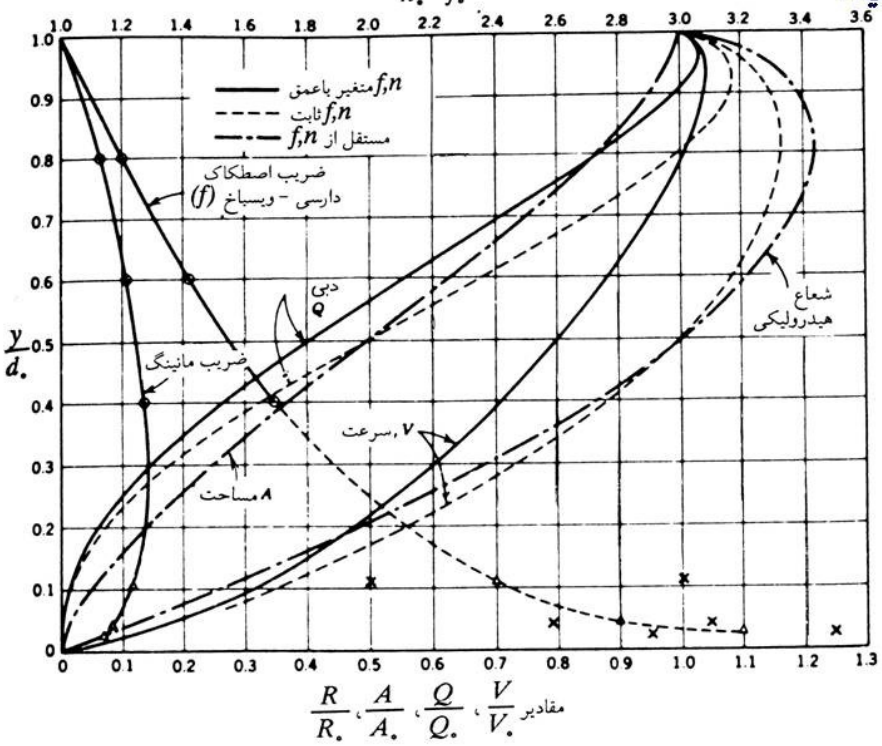
$$\frac{Q}{Q_\circ} = \frac{AR^{2/3}}{A_\circ R_\circ^{2/3}} \Rightarrow \frac{Q}{Q_\circ} = f_1\left(\frac{y}{d_\circ}\right)$$

$$\frac{V}{V_\circ} = \frac{R^{2/3}}{R_\circ^{2/3}} \Rightarrow \frac{V}{V_\circ} = f_2\left(\frac{y}{d_\circ}\right)$$

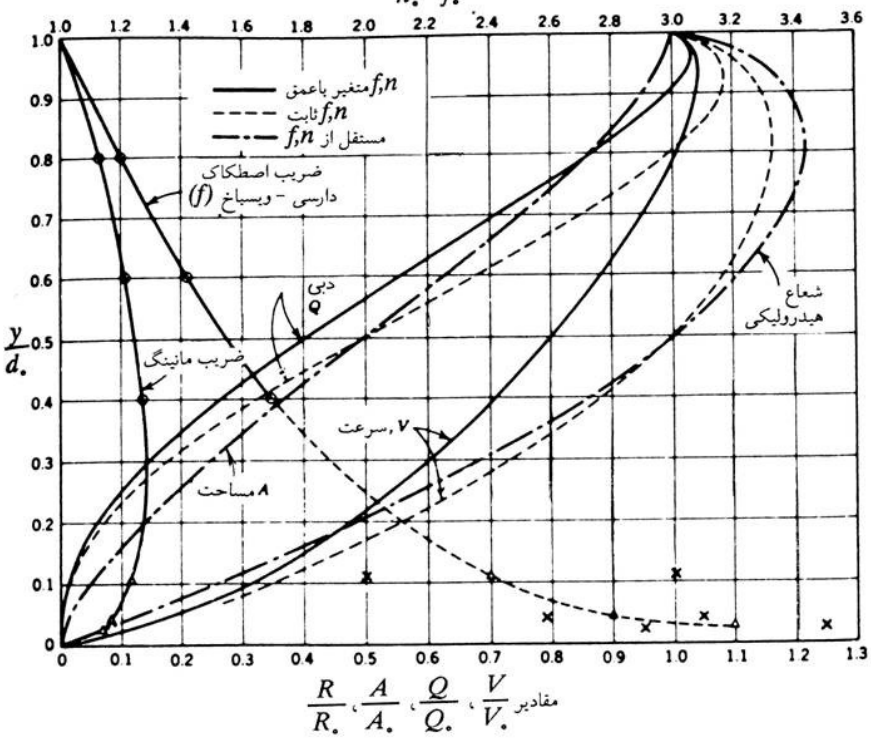


بررسي منحني

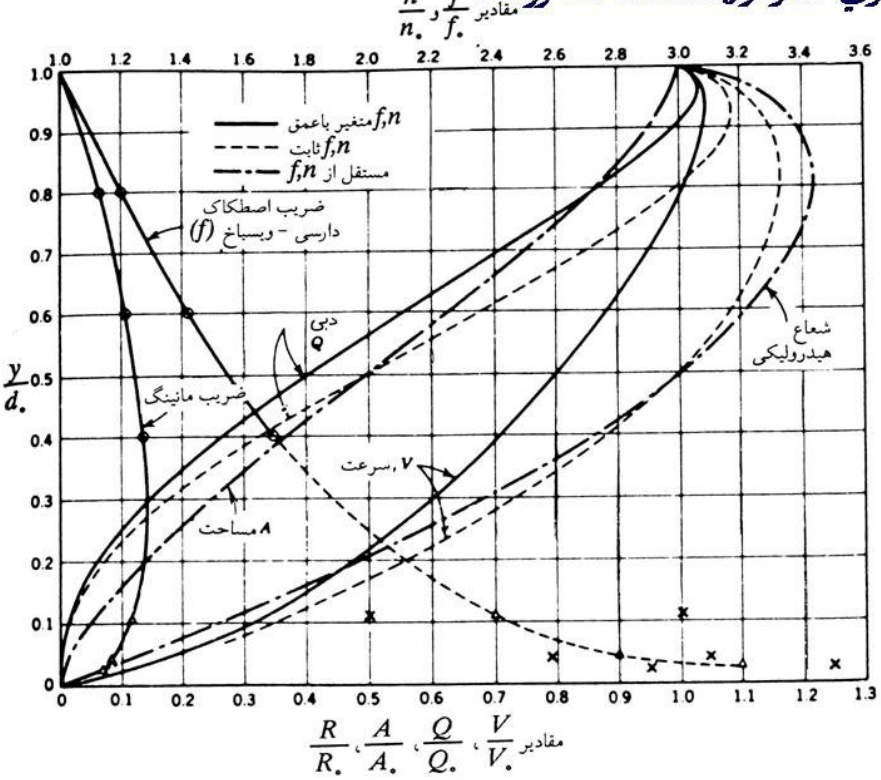
۱- براي يک کانال با شيب و زبري ثابت (در تمام مقطع) حداکثر سرعت در عمقي برابر $0.81d_o$ پيش مي آيد.



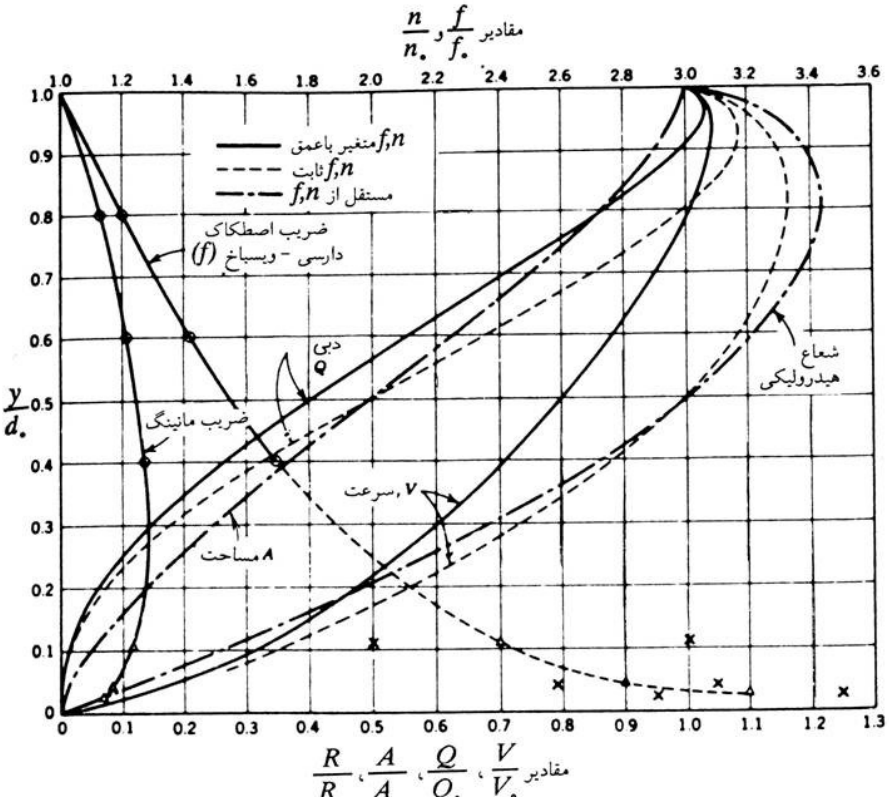
۲- براي يک کانال با شيب و زبري ثابت (در تمام مقطع)حداکثر دبي در عمقي برابر $0.938d_o$ انتقال مي يابد(نه در حالت پر).



۳- براي هر دبي معين در عمق جريان كه $y > 0.82d_o$ مي توان دو عمق نرمال يكي بيش از $0.938d_o$ و ديگري كمتر از $0.938d_o$ متصور شد.



٤- براي هر سرعت معين و در عمق هاي $y > 0.5d_o$ دو عمق بيشتر $0.81d_o$ و كمتر از $0.81d_o$ موجود است.



براي بدست آوردن ضرايب $0.81d_o$ و $0.938d_o$

$$\frac{d\left(AR^{2/3}\right)}{d\theta} = 0 \Rightarrow \theta = 302.3^{\circ} \Rightarrow \frac{y}{d_{\circ}} = 0.938$$

$$\frac{d\left(R^{2/3}\right)}{d\theta} = 0 \Rightarrow \theta = 256.6^{\circ} \Rightarrow \frac{y}{d_{\circ}} = 0.81$$

در صورت استفاده از رابطه شزي فقط ضريب ۹۳۸/۰ به ۹۵/۰ تبديل مي گردد.

با توجه به انكه ضريب مانينگ از عمق تاثير مي پذيرد اگر تغييرات آن را با عمق در نظر گرفته شود در اينصورت منحني هاي رسم شده از تغييرات n/n_o تاثير مي پذيردو تغيير مي نمايد.

جريان متغير تدريجي(دائمي) در كانالهاي باز

جريان متغير تدريجي: انحناء جريان در آن كوچك بوده و تغييرات عمق در فاصله طولاني از مسير جريان صورت مي گيرد.