Design of open channel تصميم القنوات المفتوحة

القناة المفتوحة هي القناة الناقلة للمياه وهي اما ان تكون قناة ري او قناة بزل تبعاً للغرض من الانشاء. اذ ان قناة الري تنشأ لغرض نقل المياه الى الحقل وقناة البزل تنشأ لغرض التخلص من المياه الزائدة في الحقل. هناك عدة معادلات يمكن استخدامها لغرض تصميم القنوات المفتوحة ولكن الاساس العلمي لجميع هذه المعادلات هو الجمع بين معادلة Bernoulli eq. ومعادلة دارسي ويسباخ (Darcy-Weisbach eq.).

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + y_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + y_2 + h_L \quad \text{— Bernoulli eq — (1)}$$

المسافة بين نقطتين

$$h_L = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \quad \text{— Darcy eq. — (2)}$$

معامل الاحتكاك ، قطر الانبوب ، تعجيل الارضي

وعندما تكون حركة الماء بين النقطتين في قناة مفتوحة نعوض عن قيمة d بما يساويها من نصف القطر الهيدروليكي (Hydraulic Radius R) والذي من خلاله يمكن ايجاد العلاقة بين d و R باتباع العلاقات الآتية

$$A = \pi r^2 = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$\bar{W} = \pi d$$

$$R = \frac{A}{\bar{W}} = \frac{\pi d^2}{4 * \pi d} = \frac{d}{4} \Rightarrow d = 4R$$

where

A : cross sectional area for pipe (cm^2)

r : radius (cm) , d : diameter of pipe (cm) ,

$\bar{W}$: Wetted perimeter المحيط المبتل R : Hydraulic radius = مساحة المقطع العرضي لجريان المياه / المحيط المبتل

هناك الكثير من العوامل المختلفة الواجب اخذها بالاعتبار عند التصميم مثل الاحتياجات المائية ومستوى جريان القنوات وقوة تحمل التربة الذي يتحدد بموجبه الانحدار الجانبي للقناة والعوامل الاقتصادية وغيرها من العوامل.

بالعودة الى معادلة دارسي ويسباخ eq (1)

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

$$V = \sqrt{\frac{8g}{f}} \sqrt{\frac{h_L}{L} R} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{8g}{f}} \sqrt{SR} \Rightarrow V = C\sqrt{RS} \quad \text{— (3)}$$

من معادلة (3) يتضح بأن سرعة الماء في القناة تتناسب طرديا مع الجذر التربيعي لانحدار القناة والجذر التربيعي لنصف القطر الهيدروليكي والذي يدخل ضمن المتغيرات عند تصميم المقطع للمبزل. لقد جاء كل من العلماء معادلات مشابهة لمعادلة رقم (3) منهم العالم جيزكي (Chezy) مع تغيير بسيط في قيمة الثابت C

$$V = C\sqrt{RS}$$ — chezy eq.

$$C = \sqrt{\frac{f_w}{f}}$$ where C: ثابت جيزي ويعتمد على خشونة السطح الداخلي للقناة

f_w: كثافة الماء — f: معامل الاحتكاك

لقد اجرى الكثير من العلماء سلسلة من التجارب لغرض ايجاد قيمة محددة لثابت جيزي ولكن العالم مانينگ Maning حيث استخدم المعادلة ادناه

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

n: Rougness Coefficient معامل الخشونة , R: نصف القطر الهيدروليكي

حيث ان معادلة مانينگ تصبح على النحو الاتي عند تعويضنا فيه ثابت C :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$ ——— (4) Maning eq.

V: سرعة الجريان cm/sec , R: نصف القطر الهيدروليكي (cm) , S: انحدار القناة

طرق حل معادلة مانينگ

1- طريقة معامل القطع Section factor

يمكن كتابة معادلة مانينگ بالصيغة الآتية

$$AR^{2/3} = \frac{nQ}{S^{1/2}}$$

حيث $Q = V.A$

وحيث ان $AR^{2/3}$ تمثل معامل القطع وان صعوبة هذا المعامل يعد ذا فائدة في حساب الجريان المستقيم وعليه يمكن حساب معامل القطع من معرفة كمية المياه المراد ضخها (Q) وانحدار القناة (S) ومعامل الخشونة (n) حيث ان معامل القطع يكون ذا قيمة ثابتة لمقطع ما والمتغير هو ابعاد المقطع.

ان المقطع الذي يكون المحيط المبتل ذا قيمة قليلة يكون ذا سعة كبيرة لنقل المياه. وان المقطع الذي يتصف بهذه الصفة هو شبه الدائرة. وبسبب عدم امكان حفر او ادامة الشكل شبه الدائري لقناة البزل فانها تصمم على شكل شبه منحرف.

Design Criteria المعايير التصميمية

1- Permissible Velocity السرعة المسموح بها

لقد كانت اولى المحاولات في وضع معادله لحساب السرعه المسموح بها والتي لا تحيت فاقدها اي ترسب للعالق المحمول ولا تحيت اي اجراف او تعرية للتربه من قبل العالم Kennedy والمتمثلة :

$$V = C y^{x}$$

V = السرعه المسموح بها (ft/sec)

y = عمق الماء في القناة (ft)

x = ثابت يعتمد على وجود عالق او خلوه من الماء وتكون قيمته ٠,٦٤ في الماء الخالي من العالق .

C = ثابت يعتمد على نسجه التربه وتتحدد قيمته ٠,٨٤ - ١,٠٩ ابتداءً من التربه الناعمه النسجه الى الخشنه .

2- Discharge التصريف

التصميم الناجح هو المبزل المفتوح هو الذي يستوعب التصريف العالي دون ان يؤثر على نمو النباتات والذي يجعل من العمق الحر Freeboard سيتوعب ما لا يقل عن ٥٠٪ من السعه التصميمية للمبزل.

3- side slope اختيار الجوانب

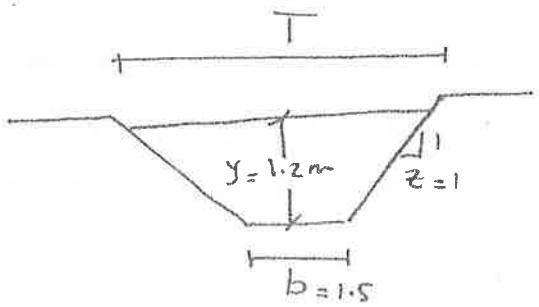
يجب ان يكون اختيار الجوانب ثابت ومستقر مع مرور الزمن وثباته يرتبط بنسجه التربه حيث يتراوح محدود ١:١ الى ١:٢ وقد يكون اكبر من ذلك اعتمادا على الوقت الذي يكون اختيار الجوانب من التربه الطينية حوالي ١:١ الى ١:١ .

Ex: Canal with bed width 1,5m, sideslope 1:1, depth of water = 1,2m. If the longitudinal slope equal to 1:1000, n = 0.04, Find the expected discharge for this canal.

Sol. $T = 1.5 + 2 * 1.2 = 3.9m$

$$A = \frac{T+b}{2} * 1.2$$

$$= \frac{3.9+1.5}{2} * 1.2 = 3.24\ m^2$$



$$W = 1.5 + 2\sqrt{1.2^2 + 1.2^2} = 4.89m$$

$$R = \frac{A}{W} \quad \frac{3.24}{4.89} = 0.663$$

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

$$= \frac{1}{0.04} * 3.24 * 0.663^{2/3} * \left(\frac{1}{1000}\right)^{1/2} \Rightarrow Q = 1.97\ m^3/sec$$

تابع الـ Design Criteria اختيار الجوانب Side slope

نسجة التربة	اختيار جانب القناة (H : V)
١- رملية مزيجية (Sandy loam)	2 : 1
٢- طينية مزيجية (clayly loam) أو silty loam	1.5 - 1
٣- طينية ثقيلة (clayly soil)	1 : 1
٤- رملية (sandy soil)	3 : 1
٥- مبطنة بالكونكريت (lined with concrete)	0.5 : 1

← هذا الجدول يستخدم لاختيار الاختيار الجانبي المناسب وحسب التربة المتوافرة موقعياً .

4- Free board FB and B/y ratio (فضلة العمق)

فضلة العمق (FB) : مقدار ارتفاع جانب القناة فوق المستوى التصميمي لسطح ماء القناة وهي ضرورية لحماية جوانب القناة من خطر الانهيار بواسطة الامواج المتدابرة

يمكن حساب الـ F.B من خلال استخدام الصيغة التي قدرها مكتب الاستصلاح الامريكي USBR

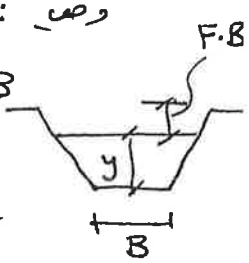
$$F.B = Cy$$

وهي :

F.B : فضلة العمق بالامتار

y : عمق الجريان بالامتار

C : معامل يتبدل من 0.46 لقناة ذات سعة $0.56 \frac{m^3}{s}$ الى 0.76 لقناة ذات سعة $85 \frac{m^3}{s}$



$C = 0.46$ for $Q \leq 0.56\ m^3/s$

$C = 0.76$ for $Q \leq 85\ m^3/s$

$\frac{B}{y}$: نسبة عرض قعر القناة الى عمق الماء في القناة .

$\frac{B}{y} < 3$ for $Q < 10 \frac{m^3}{s}$, $\frac{B}{y} > 3$ for $Q > 10 \frac{m^3}{s}$

5-

Ex: Design a non-erodible boundary channel laid on a slope of 0.0016 with discharge 9.1 m^3/s. Assume Mannings $n = 0.015$ with permissible velocity 1.3 m/s. Assume trapizoidal channel with 0.5 H : 1 V

Sol.

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{9.1}{1.3} = 7\,m^2 = (B + 0.5y)\,y$$

$$A = By + 0.5y^2 \Rightarrow By + 0.5y^2 = 7 \quad ---(A)$$

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

$$1.3 = \frac{1}{0.015} R^{2/3} (0.0016)^{1/2} \Rightarrow R = 0.4875\ m$$

$$R = \frac{A}{P} \Rightarrow 0.4875 = \frac{7}{B + 2y\sqrt{1+z^2}}$$

$$B = 14.359 - 2.36y \quad ---(B)$$

sub. eq (B) in eq (A)

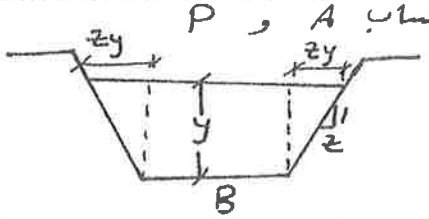
$$1.736y^2 - 14.359y + 7 = 0$$

$y = 0.52\ m$ and $y = 7.7\ m$ ← نرفض لانه عند تعويضها في (B) ينتج B سالب

$\therefore y = 0.52\ m$, $B = 13.2\ m$

for trapezoidal channel

P , A لحساب



$$A = \frac{B + (B + 2zy)}{2} * y$$

$$= \left\{\frac{2B}{2} + \frac{2zy}{2}\right\} y$$

$$A = By + zy^2 \text{ or } A = (B + zy)y$$

$$P = B + 2\sqrt{(zy)^2 + y^2}$$

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

Ex: Design a trapezoidal channel carrying 11.327 m^3/s is built with non-erodible bed (سطح غير قابل للتعرية) having $S = 0.0016$, $n = 0.025$ assuming B/Y ratio = 5. assume $z = 1$

Sol.

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \Rightarrow AR^{2/3} = \frac{Q \cdot n}{\sqrt{S}} = 7.08\ m^{8/3}$$

$$B = 5y$$

$$A = (B + zy)y = (5y + zy)y = 5y^2 + y^2 \quad (\text{since } z = 1)$$

$$A = 6y^2$$

$$P = 2y\sqrt{1+z^2} + B = 2y\sqrt{1+z^2} + 5y = y(2\sqrt{2} + 5)$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{6y^2}{y(5 + 2\sqrt{2})} = \frac{6y}{7.828}$$

$$AR^{2/3} = 6y^2 \cdot \left(\frac{6y}{7.828}\right)^{2/3} = 7.08 \Rightarrow 5.02\,y^{8/3} = 7.08 \Rightarrow y^{8/3} = 0.7$$

$y = 0.879\ m$, $B = 4.39\ m$ } $A = 4.63\ m^2$, $R = 3.54$ } $Q = 17.2 \frac{y^3}{s}$ ⇒ 11.327

when $\frac{B}{y} = 4$

$A = 5y^2$

$P = 2y\sqrt{2} + 4y = 6.82y$

$R = \frac{5y^2}{6.82y} = 0.733y$

$AR^{2/3} = 5y^2 (0.733y)^{2/3} = 7.08$

$y = 1.23\ m$, $B = 4.9\ m$, $R = 0.9$, $A = 7.54\ m^2$ } $Q = 11.21\ m^3/s$

Design by section factor method

خطوات التصميم بأستخدام طريقة ال Section Factor (By using chart)

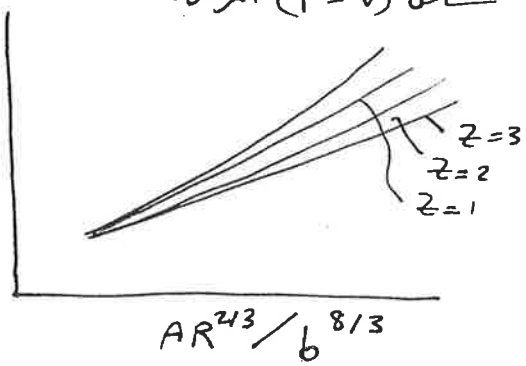
١- n و Q و S معلوم

٢- b تفرض ، z تفرض او تعطى

٣- من معادلة (manning) يتم حساب $AR^{2/3}$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{0.5} \Rightarrow \frac{Q \cdot n}{S^{0.5}} = AR^{2/3}$$

٤- بالرجوع الى chart شكل (٧-١) المرفقة



حيث يتم حساب

$AR^{2/3} / b^{8/3}$

وتقاطع مع منحنى z

لايجاد $\frac{y}{b}$

ومنها يتم الحصول على منسوب y (عمق الماء في القناة).

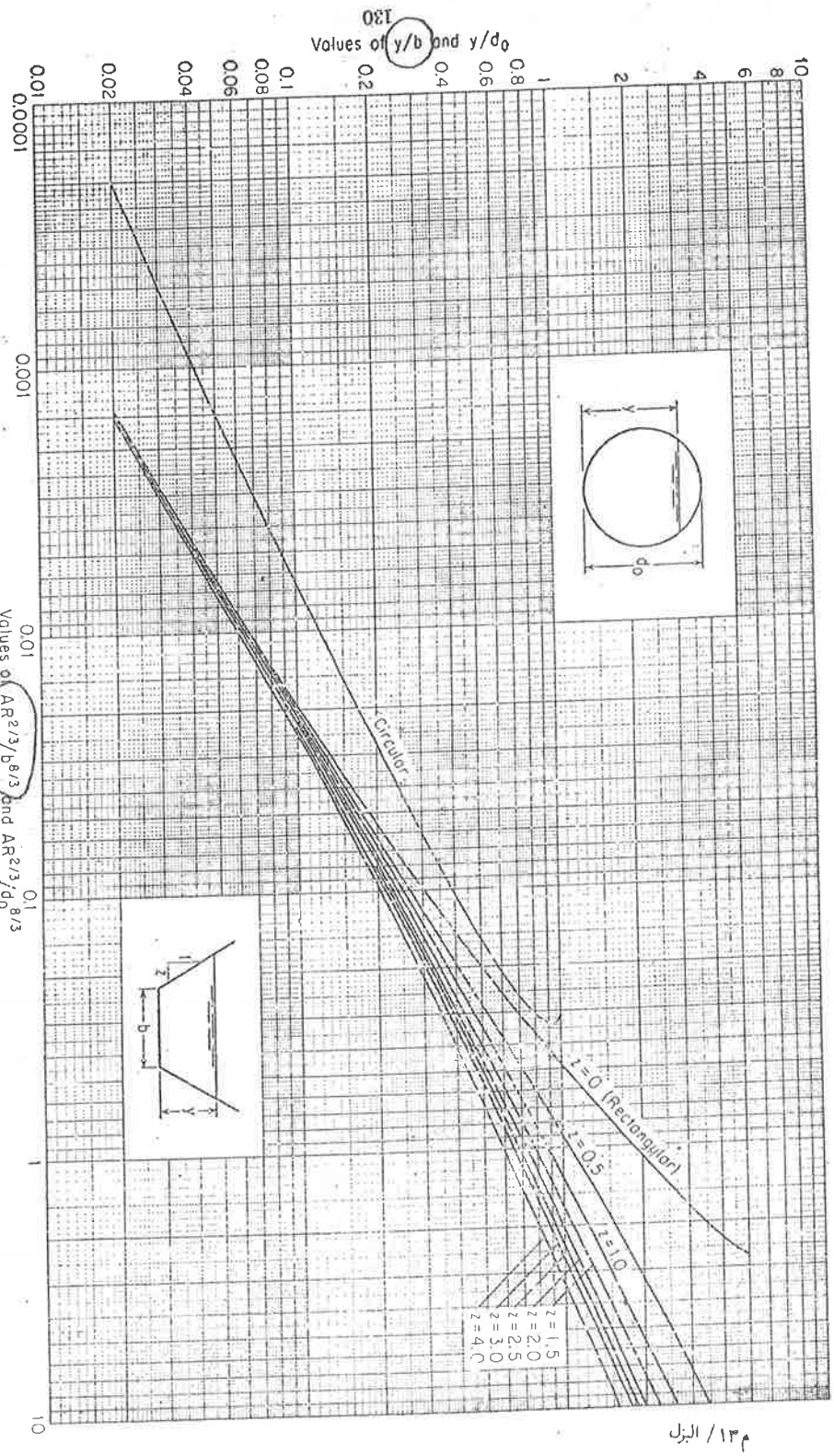
٥- يتم حساب سرعة $V = \frac{Q}{A}$ حيث يجب ان تقارن مع السرعة المسموح بها في الجدول ادناه

نوع التربة	السرعة المسموح بها m/s ماء صافي	ماء حاوي على عالقات
مزيجية رملية Sandy loam	0.55	0.75
مزيجية غرينية silty loam	0.6	0.9
تربة طينية صلدة clayly soil	0.75	1
تربة رملية sandy soil	0.45	0.75

حيث من المفضل ان تكون السرعة اكبر من $0.8 \frac{m}{s}$ في القنوات الترابية ذات البناء الجيد لمنع نمو الحشائش ولكن هذه السرعة غير عملية للقنوات الصغيرة التي يكون فيها التدفق اقل من $5 \frac{m^3}{s}$

٦- يتم حساب Froud no. $F_r = \frac{V}{\sqrt{gy}}$ حيث ان هذا الرقم مهم لمعرفة ماذا كان الجريان فوق الحرج (سرعة عالية) او تحت الحرج (سرعة منخفضة) حيث يجب ان يكون اقل من 0.6

$$F_r < 0.6$$



الشكل (٧-١): منحنيات تصميم عش الله (عن Chow 1959)

$Q = 0$

$S = 0$

$z = 1$

$n = 0$

$AR^{2/3} =$

$AR^{2/3} / b^{8}$

قيمة y والتي هي

$y = 0.3$ (

بالسرعة المسموح

بعد اضافة قيمة

طريقة (Section factor method)

Ex: Design a cross section of a channel carrying discharge of $0.15 \frac{m^3}{s}$, $S = 0.001$, $z = 1$, $n = 0.025$ by using section factor method. check with permissible velocity 0.9 m/s

Sol.

$$Q = 0.15 \frac{m^3}{s} \quad , S = 0.001 \quad , z = 1 \quad , n = 0.025$$

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

$$\frac{Q.n}{S^{0.5}} = AR^{2/3} \Rightarrow \frac{0.15 * 0.025}{0.001^{0.5}} = AR^{2/3} \Rightarrow AR^{2/3} = 0.1186$$

Assume $b = 0.3$ m

$$\frac{AR^{2/3}}{b^{8/3}} = 2.94 \text{ , for } z = 1 \Big\} \text{ from fig } \frac{y}{b} = 1.48$$

$$\therefore \quad y = 0.3(1.48) = 0.44 \text{ m}$$

$$A = by + zy^2 \Rightarrow A = 0.3 * 0.44 + 1 * 0.44^2 = 0.325 \text{ m}^2$$

$$Q = V \cdot A \Rightarrow V = \frac{Q}{A} \Rightarrow V = \frac{0.15}{0.325} = 0.46 \text{ m/s} < 0.9 \frac{m}{s}$$

بما ان السرعة اقل من $5 \frac{m^3}{s}$ ∴ تعتبر السرعة مقبولة

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}} \Rightarrow Fr = \frac{0.46}{\sqrt{9.81 * 0.44}} = 0.22 < 0.6$$

∴ O.K

H.W

Design across section of a clayly soil channel carying $Q = 1.8 \text{ m}^3/\text{sec}$, $S = 20 \text{ cm/Km}$, $n = 0.015$. Design by using a section factor. $z = 1$

$V = 0.9$ m/s

Most Economical section of channel ٢- مقطع القناة الأكثر اقتصادياً

من معادلة chezy او manning تكون سرعة الجريان في اقصاها اذا كانت فيه $(R=\frac{A}{P})$ في اقصاها . حيث بثبوت مساحة مقطع الجريان يكون طفيف المقطع الهيدروليكي R في اقصاه فيه له عندما يكون المحيط المبلل P اقل ما يمكن .

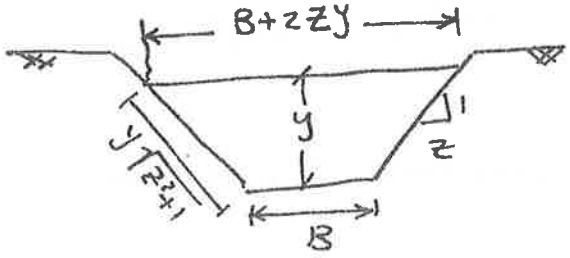
على فرض مقطع الجريان سطح مائل (trapezoidal)

$$A=(B+zy)y \quad \text{—— ①}$$

$$\frac{A}{y}=B+zy$$

$$B=\frac{A}{y}-zy \quad \text{—— ②}$$

$$P=B+2y\sqrt{z^2+1} \quad \text{—— ③}$$



وبالتعويض عن قيمة B من معادلة ② في معادلة ③ ينتج

$$P=\left(\frac{A}{y}-zy\right)+2y\sqrt{z^2+1}$$

وكما بينا في اعلاه يكون المقطع اقتصادي عندما يكون المحيط المبلل اقل ما يمكن

$$\therefore \frac{dP}{dy}=0$$

$$\text{or } \frac{d}{dy}\left[\frac{A}{y}-zy+2y\sqrt{z^2+1}\right]=0$$

$$-\frac{A}{y^2}-z+2\sqrt{z^2+1}=0 \qquad [\text{since } z \text{ is constant}]$$

$$\frac{A}{y^2}+z=2\sqrt{z^2+1}$$

وبالتعويض عن قيمة A من معادلة ① ينتج

$$\frac{(B+zy)y}{y^2}+z=2\sqrt{z^2+1} \Rightarrow \frac{B+zy}{y}+z=2\sqrt{z^2+1}$$

$$\frac{B+zy+zy}{y}=2\sqrt{z^2+1} \Rightarrow B+2zy=2y\sqrt{z^2+1}$$

$$\therefore \boxed{\frac{B+2zy}{2}=y\sqrt{z^2+1}} \quad \text{—— ④}$$

Half of top width = one of the sloping side : يعني

For hydraulic Radius $R=\frac{A}{P}$:

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

وبتعويض معادلة ④ في معادلة المحيط المبلل ينتج

$$P=B+B+2yz=2(B+zy)$$

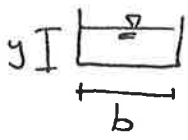
$$\therefore \quad R = \frac{(B+2y)y}{2(B+2y)} = \frac{y}{2} \qquad \boxed{R = \frac{y}{2}}$$

The hydraulic radius equals half of the flow depth (يعني)

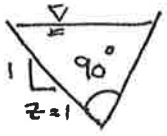
Conditions for economic section

1- Rectangular $y = \frac{B}{2}$

The depth is half of the width



2- Triangular : side slope (Z H : 1 V) $Z = 1$ angle $= 90^\circ$



3- Trapezoidal : $\frac{B}{2} + Zy = y\sqrt{1+Z^2}$

4- Circular $y = 0.938\,D$ (for maximum Q with Manning's eq.)

H.W Derive an economic section for rectangular channel.

EX: Design an open drain carrying discharge of ($3\ m^3/s$), the permissible velocity ($1\ m/s$) and side slope 1:2 assume chezy Cobf. ($C = 55$). Use economical section.

Sol.

$$Q = V \cdot A$$

$$A = \frac{3}{1} = 3\ m^2$$

$$P = b + 2y\sqrt{1+Z^2} = b + 2y\sqrt{5}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{3}{b+2y\sqrt{5}}$$

$R = \frac{y}{2}$ [since we are design using economic section]

$$\therefore \quad \frac{3}{b+2y\sqrt{5}} = \frac{y}{2} \quad \Rightarrow \quad 6 = by + 2y^2\sqrt{5}$$

$A = by + Zy^2$

$3 = by + 2y^2 \Rightarrow by = 3 - 2y^2$ sub in $\Rightarrow 6 = 3 - 2y^2 + 4.472\,y^2$

$\boxed{y = 1.101\ m}$

$\therefore b = 0.527\ m$

$V = C\sqrt{RS}$ $\quad R = \frac{y}{2} = 0.55\ m$ $\quad \therefore 1 = 55\,(0.55)^{1/2} \cdot S^{1/2}$

$S = 6 \times 10^{-4}\ m/m$

٢- طريقة قوة السحب The tractive force Method

قوة السحب (tractive force , drag force) تتكون نتيجة لجريان الماء في القناة اتجاهها يكون باتجاه الجريان . قوة السحب على قاع القناة يرمز لها (τ_o) اما التي على جوانب القناة (τ_s) .

حيث معادلة الزخم (momentum eq) :

$$P_1 - P_2 - F_R + W\sin\theta = \rho Q(V_2 - V_1)$$

where :

P : pressure , V : Velocity

F_R : Resultant force , W : weight of soil particle

ρ : density of water Q : discharge

فاذا كان الجريان منتظم (uniform flow) فان $V_1 = V_2$, $P_1 = P_2$

[من تعريف الجريان المنتظم $\frac{\partial V}{\partial s} = 0$, $\frac{\partial h}{\partial s}$: اي لا يوجد تغير من السرعة والعمق لمسافة على طول القناة]

$$\therefore F_R = W\sin\theta$$

$$F_R = \tau_o * p * L$$

حيث ان محصلة القوى F_R تمثل القوة المحركة لجزيئات القاع والجوانب باتجاه الجريان

$$\therefore \tau_o * p * L = W\sin\theta$$

$$\tau_o * p * L = (\gamma A L)\sin\theta$$

P : wetted parameter , A : cross sectional area

L : length of channel S : longitudinal slope of channel

τ_o : tractive force

$$\tau_o * p * \cancel{L} = \gamma A \cancel{L} S$$

[if θ small $\sin\theta = \tan\theta$ where $S = \tan\theta$]

$$\boxed{\tau_o = \gamma R S}$$

$$K = \frac{\tau_s}{\tau_o} = \sqrt{1 - \frac{\sin^2\theta}{\sin^2\phi}}$$, where : K : tractive ratio

θ : side slope

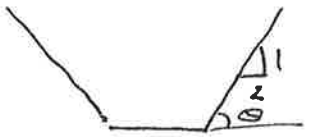
ϕ : زاوية استقرار جزيئة

Ex: Design a trapizoidal channel laid on a slope of 0.0016 and carrying a discharge of $11.33 \frac{m^3}{s}$, if you know $\phi = 33.5^\circ$ $z = 2$, $n = 0.025$, $\tau_{o\,critical} = 0.0217\ KN/m^2$ [Design by tractive force method]

Sol. assume $\frac{b}{y} = 5$ [since $Q > 10 \frac{m^3}{s}$]

$$\tau_s = 0.75\,\gamma\,y\,S = 0.01177\,y$$

$$K = \frac{\tau_s}{\tau_L} = \sqrt{1 - \frac{\sin^2\theta}{\sin^2\phi}}$$



$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{2}\right) = 26.56^\circ$

$$= \sqrt{1 - \frac{\sin^2 26.56}{\sin^2 33.5}} = 0.586$$

$\tau_o \quad K$

$\therefore \tau_o = 0.0217 \Rightarrow \tau_s = 0.0217 * 0.586$

$= 0.0127\ KN/m^2$

$\therefore 0.0127 = 0.01177\,y \Rightarrow y = 1.08\,m$ {يمكن اعتماد تقريبي كونه متحفظ ولا اعتماد على قيمه يحتاج لحسابات}

$\frac{b}{y} = 5 \Rightarrow b = 5.4\,m$

$A = by + zy^2$

$= 5.4 * 1.08 + 2 * 1.08^2 = 8.1\,m^2$

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

$= 2 * 1.08\sqrt{1+2^2} + 5.4 = 10.229$

$R = \frac{A}{P} = \frac{8.1}{10.229} = 0.792$

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

$= \frac{1}{0.025} * 8.1 * 0.792^{2/3} * 0.0016^{1/2} = 11.094 \frac{m^3}{s} \approx 11.33 \frac{m^3}{s}$ ∴ O.K

[يجب مقارنه التقريب المستخدم مع التقريب العلمي ففي حال وجود فرق واضح بين القيمتين يجب اعاده الحل بفرضنا قيمه اقرب لـ $\frac{b}{y}$]

$\tau_o = \gamma R S$

$= 9.81 * 0.792 * 0.0016 = 0.0124 < 0.0217$ ∴ O.K

H.W Design the cross section of trapizoidal channel carrying discharge of $1.6\ m^3/S$, if $S = 30\ cm/km$, the bed material is silty loam. use $n = 0.025$ and the maximum tractive force is $\tau_o = 559\ N/m^2$

$V_{min} = 0.4\,y^{0.64}$ $V_{max} = 0.66\,y^{0.64}$ $\phi = 26.3^\circ$

Ex:

Design the earth canal with the following:

$Q = 1\ m^3/s$, $S = 0.002$, $n = 0.025$, $z = 2$

$V_{min} = 0.4\ y^{0.64}$, $V_{max} = 2.5\ y^{0.64}$ [where y depth of water in m]

تعطى معادلات V_{max} و V_{min} في حاله عدم توافر الجدول الموجود في ص 9

Sol.

Since $Q < 10 \frac{m^3}{s}$ $\therefore \frac{B}{y} < 3$

* يمكن حل المثال بطريقة Section factor الـ method

let $\frac{B}{y} = 1.5 \Rightarrow B = 1.5y$

$A = By + zy^2$

$= 1.5y^2 + 2y^2 = 3.5y^2$

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

$= 2y\sqrt{5} + 1.5y = 5.972y$

$R = \frac{A}{P} = \frac{3.5y^2}{5.97y} = 0.59y$

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

$1 = \frac{1}{0.025} 3.5y^2 * (0.59y)^{2/3} (0.002)^{1/2}$

$y = \left[\frac{1 * 0.025}{(0.59y)^{2/3} * (0.002)^{1/2} * 3.5} \right]^{0.5}$

[let say $y = 1m$] كل بالمحاوله والخطأ اي نفرض قيمه اوليه لـ y ثم نعوضها بالطرف الايمن من المعادله اعلاه تنتج قيمه جديدة لـ y حيث نأخذ القيمه الجديده ونعوضها بالطرف الايمن وهكذا حتى تثبت قيمه الـ y المستخرجه

$y=1 \rightarrow 0.47 \rightarrow 0.61 \rightarrow 0.56 \rightarrow 0.57$ $\therefore y = 0.57\ m$

$\therefore B = 0.86\ m$

$A = 1.137\ m^2$

$V = \frac{Q}{A} = \frac{1\ m/s}{1.137\ m^2} = 0.879\ m/s$

$V_{max} = 2.5 * 0.57^{0.64} = 1.74\ m/s$

$V_{min} = 0.4 * 0.57^{0.64} = 0.279\ m/s$

$\therefore V_{max} > V > V_{min}$ $\therefore$ O.K

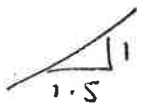
في حالة عدم تحقق الشرط يتم فرض قيمه اخرى لـ $\frac{B}{y}$ واعاده الحل هنا يتحقق الشرطين السابقين والـ F_r

$F_r = \frac{V}{\sqrt{gy}} = 0.37 < 0.6$ $\therefore$ O.K

Q5

حل الـ H.W في الـ IS

$$K = \frac{\tau_s}{\tau_o} = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 33.6}{\sin^2 36.3}} = 0.355$$



$\theta = 33.6^\circ$

$$\tau_s = 0.355 * 5.59 = 1.984 \ N/m^2$$

$$\tau_s = 0.75 \gamma y S$$

$$1.984 = 0.75 * 9810 * y * 0.0003 \Rightarrow y = 0.899 \approx 0.9 \ m$$

Let $\frac{B}{y} = 2.2 \Rightarrow B = 1.97 m$

$A = 2.98 \ m^2$

$P = 2y\sqrt{1+2^2} + B = 5.2$ } $R = 0.57$

$$Q = \frac{1}{0.025} * 2.98 * 0.57^{2/3} * 0.0003^{0.5} = 1.42 < 1.6 \ m^3/s$$

∴ Let $\frac{B}{y} = 2.4 \Rightarrow B = 2.16 m$

$A = 3.15$
$P = 5.4$ } $R = 0.582$ $\quad Q = 1.52 < 1.6$

∴ Let $\frac{B}{y} = 2.6 \Rightarrow B = 2.34 m$

$A = 3.32$
$P = 5.58$ } $R = 0.594$

$$Q = \frac{1}{0.025} * 3.32 * 0.594^{2/3} * 0.0003^{0.5} = 1.62 \approx 1.6 \ m^3/s$$

∴ o.k

∴ $\boxed{B = 2.34 m \quad y = 0.9 m}$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1.6}{3.32} = 0.48 \ m/s$$

$V_{min} = 0.4 (0.9)^{0.64} = 0.37 \ m/s$ } السرعة تحقق V
$V_{max} = 0.66 (0.9)^{0.64} = 0.616 \ m/s$ } ∴ o.k

$\tau_o = 9810 * 0.594 * 0.0003 = 1.7 < 5.59$ ∴ o.k

$$Fr = \frac{0.48}{\sqrt{9.8 * 0.9}} = 0.16 < 0.6 \ \therefore \text{o.k}$$