

Bölüm 8

Açık Kanal Akımları

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.1

Trapez kesitli beton bir kanalda kesit özellikleri, $b=5\text{m}$, $h=2\text{m}$ ve $m=1$, kanal taban eğimi $S=0.0005$ olduğuna göre, üniform akım durumunda akımın ortalama hızı ve debiyi, a) Chezy, $\gamma_b=0.06$, b) Manning, $n=0.013$ ve c) Darcy-Weisbach, $\lambda=0.015$, formülleri ile hesaplayınız.

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}} = \frac{(5 + 1 * 2) * 2}{5 + 2 * 2\sqrt{1 + 1^2}} = \frac{14}{10.66} = 1.31\text{m}$$

a) Chezy formülü:

$$V = C\sqrt{RS}, \quad C = \frac{87\sqrt{R}}{\gamma_b + \sqrt{R}}$$

$$C = \frac{87\sqrt{R}}{\gamma_b + \sqrt{R}} = \frac{87 * \sqrt{1.31}}{0.06 + \sqrt{1.31}} = \frac{99.58}{1.21} = 82.30$$

$$V = C\sqrt{RS} = 82.30 * \sqrt{1.31 * 0.0005} = 2.11\text{m/s}$$

$$Q = VA = 2.11 * 14 = 29.54\text{m}^3/\text{s}$$

b) Manning formülü:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{0.013} * 1.31^{2/3} * 0.0005^{1/2} = 2.06\text{m/s}$$

$$Q = VA = 2.06 * 14 = 28.84\text{m}^3/\text{s}$$

c) Darcy-Weisbach Formülü:

$$V = \sqrt{\frac{8g}{\lambda} R^{1/2} S^{1/2}} = \sqrt{\frac{8 * 9.81}{0.015}} * 1.31^{1/2} * 0.0005^{1/2} = 1.85\text{m/s}$$

$$Q = VA = 1.85 * 14 = 25.90\text{m}^3/\text{s}$$

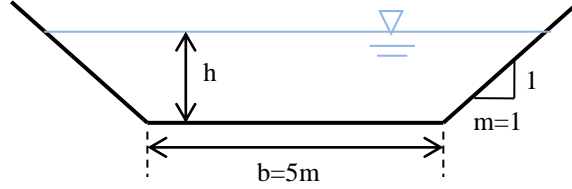
AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.2 (Kırkgöz ve ark, 1994)

$b=5$ m, $m=1$, $S=0.0006$ ve $n=0.016$ olan trapez kesitli bir kanalda 25 m³/s debili su iletilmektedir. Akımın normal derinliğini ve ortalama hızını bulunuz.

Trapez kesit için:



$$A = (b + m h) h$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{n} A \left(\frac{A}{P} \right)^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} S^{1/2}$$

$$A = (5 + h)h, \quad P = 5 + 2h\sqrt{1 + 1} = 5 + 2.83h$$

$$25 = \frac{1}{0.016} \frac{[(5 + h)h]^{5/3}}{(5 + 2.83h)^{2/3}} (0.0006)^{1/2}$$

Deneme yanılma ile $h=2$ m

$$A = (5 + 2) 2 = 14 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{25}{14} = 1.79 \text{ m/s}$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.3

Taban genişliği 8m olan dikdörtgen kesitli uzun bir kanaldan 20 m³/s debi geçmektedir. Kanal taban eğimi 0.002 ve n=0.015 olarak bilindiğine göre; kanaldaki akım derinliğini ve hızını bulunuz, kanaldaki akım türünün aşağıdaki sınıflardan hangisine girdiğini, nedenleriyle belirtiniz: Laminer, Türbülans, Permenant, Permenant olmayan, Potansiyel çevrintili, Üniform, Üniform olmayan, Nehir rejimi, Sel rejimi,

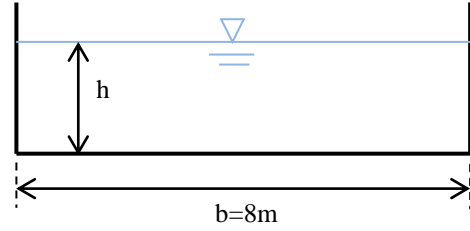
Maning denklemi kullanılarak debi:

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

$$A = bh$$

$$P = b + 2h$$

$$20 = \frac{1}{0.015} * (8 + h) * \left(\frac{8 * h}{8 + 2 * h} \right)^{2/3} 0.002^{1/2}$$



Deneme yanılma ile çözülür ise: $h=1.0m$

$$A = 8 * 1 = 8m^2$$

$$P = 8 + 2 * 1 = 10m$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{8}{10} = 0.8m$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{20}{8} = 2.5 m/s$$

$$Re = \frac{4VR}{\nu} = \frac{4 * 2.5 * 8}{1 * 10^{-6}} = 8.0 * 10^6 > 2000$$

Akım türbülanslı

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} = \frac{2.5}{\sqrt{9.81 * 1}} = 0.80 < 1.0$$

Akım nehir rejiminde

Akım karakteristikleri zamana göre değişmediğinden düzenli, Doğadaki akımların pek çoğu gibi açık kanallardaki akımlar çevrintilidir, -Kanal uzun olduğundan üniform olması beklenir.

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.4 (Güney, 2013)

Şekilde görülen üçgen kanalda $n=0.016$, $Q=9\text{m}^3/\text{s}$ ve $S=0.001$ durumunda oluşacak h su derinliğini hesaplayınız.

$$m = \cot 60^\circ = 0.58$$

$$A = mh^2 = 0.58h^2$$

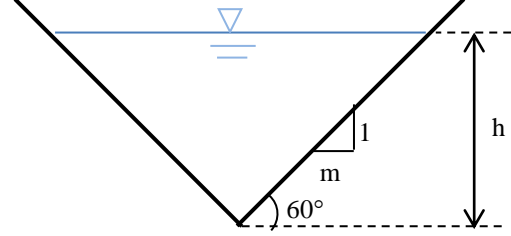
$$P = 2h\sqrt{1+m^2} = 2.31h$$

$$R = \frac{mh^2}{2h\sqrt{1+m^2}} = \frac{0.58h^2}{2.31h} = 0.25h$$

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

$$9 = \frac{1}{0.016} * 0.58h^2 * 0.25h^{2/3} * 0.001^{1/2}$$

$$h = 3.06\text{m}$$

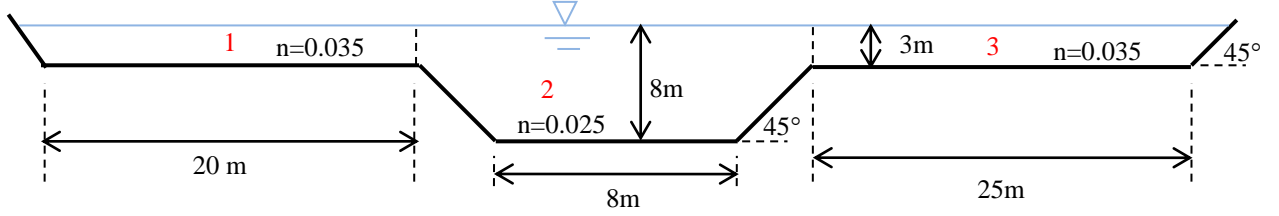


AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.5

Şekilde kesit özellikleri verilen kanalın taban eğimi 0.0007 olduğuna göre kanaldan geçen debiyi hesaplayınız.



$$A_1 = \frac{3 \cdot 3}{2} + 3 \cdot 20 = 64.5 \text{ m}^2$$

$$A_2 = (5 + 8 + 5) \cdot 3 + [8 + (5 + 8 + 5)] \cdot \frac{5}{2} = 119.0 \text{ m}^2$$

$$A_3 = \frac{3 \cdot 3}{2} + 3 \cdot 25 = 79.5 \text{ m}^2$$

$$P_1 = 20 + \sqrt{3^2 + 3^2} = 24.24 \text{ m}$$

$$P_2 = 8 + 2 \cdot \sqrt{5^2 + 5^2} = 22.14 \text{ m}$$

$$P_3 = 25 + \sqrt{3^2 + 3^2} = 29.24 \text{ m}$$

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1} = \frac{64.5}{24.24} = 2.66 \text{ m} \quad R_2 = \frac{A_2}{P_2} = \frac{119.0}{22.14} = 5.37 \text{ m} \quad R_3 = \frac{A_3}{P_3} = \frac{79.5}{29.24} = 2.72 \text{ m}$$

$$Q_1 = \frac{1}{0.035} \cdot 64.5 \cdot 2.66^{2/3} \cdot 0.0007^{1/2} = 93.91 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = \frac{1}{0.025} \cdot 119.0 \cdot 5.37^{2/3} \cdot 0.0007^{1/2} = 386.19 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_3 = \frac{1}{0.035} \cdot 79.5 \cdot 2.72^{2/3} \cdot 0.0007^{1/2} = 117.49 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 93.91 + 386.19 + 117.49 = 597.59 \text{ m}^3/\text{s}$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

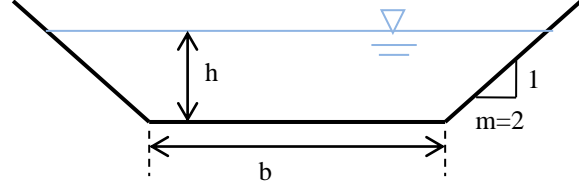
Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.6 (Yüksel, 2008)

Trapez kesitli sulama kanalı siltli kumlu zeminde açılmış olup $10\text{m}^3/\text{s}$ debili su iletmektedir. Kanal taban eğimi $S=1/10\ 000$ olduğuna göre kanalı boyutlandırınız. $n=0.02$, $\tau_{\text{krit}}=2.4\ \text{N/m}^2$, $\phi=30^\circ$.

$$\tau_{\text{krş}} = \tau_{\text{krit}} \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \phi}}$$

$$\tau_{\text{krş}} = 2.4 \sqrt{1 - \frac{\sin^2 26.6}{\sin^2 30}} = 1.07\ \text{N/m}^2$$



Geniş kanallar için şev kayma gerilmesi: $\tau_s=0.76\rho g h S_0$ kritik şev kayma gerilmesinden küçük olmalı yani:

$$\tau_s = 0.76\rho g h S_0 < \tau_{\text{krş}} = 1.07\ \text{N/m}^2$$

bu ifadeden h çekilir ise:

$$h \leq \frac{1.07}{0.76 * 9810 * 0.0001} \Rightarrow h = 1.44\text{m}$$

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

$$10 = \frac{1}{0.02} (b + 2 * 1.44) * 1.44 * \left[\frac{(b + 2 * 1.44) * 1.44}{b + 2 * 1.44 \sqrt{1 + 2^2}} \right]^{2/3} * 0.0001^{1/2}$$

$$b = 9.95\ \text{m}$$

Kanaldaki akım hızı:

$$A = (b + mh)h = (9.95 + 2 * 1.44) * 1.44 = 18.48\ \text{m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{10}{18.48} = 0.54\ \text{m/s}$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

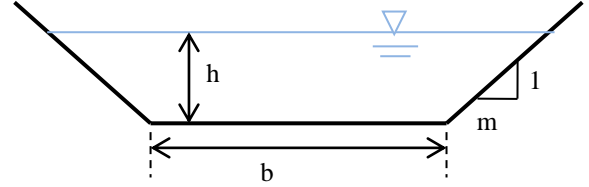
Problem 8.7 (Kırkgöz ve ark, 1994)

Beton kaplamalı trapez bir kanal $30 \text{ m}^3/\text{s}$ lik su debisini 1.5 m/s ortalama hız ile iletmesi isteniyor. (a) En iyi hidrolik kesiti boyutlandırınız ve taban eğimini bulunuz, (b) derinlik 2 m olacak şekilde kanalı boyutlandırınız ve taban eğimini bulunuz. $n=0.012$.

(a) En iyi hidrolik kesit trapez kanal için:

$$b + 2 m h = 2 h \sqrt{1 + m^2}$$

$$b + 2 \frac{1}{\sqrt{3}} h = 2 h \sqrt{1 + 1/3} \Rightarrow b = 1.16 h$$



Kesit alanı:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ m}^2$$

$$\left(b + \frac{1}{\sqrt{3}} h \right) h = 20$$

$$\left(1.16 h + \frac{1}{\sqrt{3}} h \right) h = 20 \Rightarrow h = 3.39 \text{ m}$$

$$b = 1.16 * 3.39 = 3.93 \text{ m}$$

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

$$1.5 = \frac{1}{0.012} \left(\frac{3.39}{2} \right)^{2/3} S^{1/2} \Rightarrow S = 0.00016 = 1 / 6250$$

$$(b) \quad h=2 \text{ m için : } \left(b + \frac{1}{\sqrt{3}} 2 \right) 2 = 20 \Rightarrow b = 8.85 \text{ m}$$

$$R = \frac{20}{8.85 + 2 * 2 \sqrt{1 + 1/3}} = 1.48 \text{ m}$$

$$1.5 = \frac{1}{0.012} 1.48^{2/3} S^{1/2} \Rightarrow S = 0.000192 = 1 / 5208$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.8

Trapez kesitli bir kanalda $Q=10\text{m}^3/\text{s}$, $m=2$, $n=0.02$, $S=0.0016$ olduğuna göre; Kanalı hidrolik bakımdan en iyi şekilde boyutlandırınız, $b=5\text{m}$ için üniform akım derinliğini bulunuz.

$$b + 2 m h = 2 h \sqrt{1 + m^2}$$

$$b + 2 * 2 h = 2 h \sqrt{1 + 2^2}$$

$$b + 4h = 4.47h$$

$$b = 0.47h$$

$$A = (b + mh)h$$

$$A = (0.47h + 2h)h$$

$$A = 2.47h^2$$

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

$$10 = \frac{1}{0.02} * \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} * 0.0016^{1/2} * 2.47h^2$$

$$h = 1.55\text{m}$$

$$b = 0.47h$$

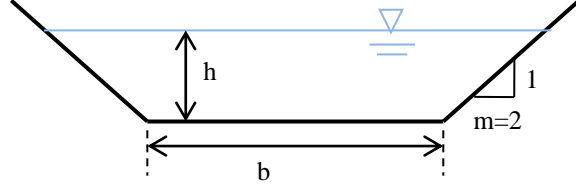
$$b = 0.47 * 1.55$$

$$b = 0.73\text{m}$$

$B=5\text{m}$ için üniform akım derinliği:

$$10 = \frac{1}{0.02} * \left(\frac{(5 + 2h)h}{5 + 2h\sqrt{5}}\right)^{2/3} * 0.0016^{1/2} * (5 + 2h)h \Rightarrow h = 0.93\text{m}$$

$$h = 0.93\text{m}$$



AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

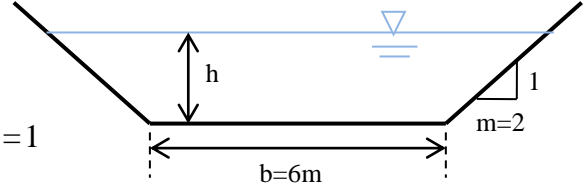
Problem 8.9 (Kırkgöz ve ark, 1994)

Taban genişliği 6 m, şev eğimi 1/2 olan trapez kesitli bir kanal 10 m³/s debili su iletmektedir. Akımda; kritik derinliği, kritik hızı, minimum özgül enerjiyi ve kritik eğimi bulunuz, n=0.013.

$$T = b + 2 m h = 6 + 4 h$$

$$A = (b + m h) h = (6 + 2 h) h$$

$$\frac{Q^2 B_{kr}}{g A_{kr}^3} = 1 \Rightarrow \frac{10^2 (6 + 4h_{kr})}{9.81 [(6 + 2h_{kr})h_{kr}]^3} = 1$$



$$h_{kr} = 0.0245 [(6 + 2h_{kr})h_{kr}]^3 - 1.5$$

Deneme yanılma ile: $h_{kr}=0.62$ m.

$$A_{kr} = (6 + 2 * 0.62) * 0.62 = 4.49 \text{ m}^2$$

$$V_{kr} = \frac{Q}{A_{kr}} = \frac{10}{4.49} = 2.23 \text{ m/s}$$

$$E_{min} = h_{kr} + \frac{V_{kr}^2}{2g} = 0.62 + \frac{2.23^2}{19.62} = 0.87 \text{ m}$$

$$P_{kr} = b + 2h_{kr} \sqrt{1 + m^2} = 6 + 2 * 0.62 \sqrt{1 + 2^2} = 8.77 \text{ m}$$

$$R_{kr} = \frac{A_{kr}}{P_{kr}} = \frac{4.49}{8.77} = 0.51 \text{ m}$$

$$V_{kr} = \frac{1}{n} R_{kr}^{2/3} S_{kr}^{1/2}$$

$$S_{kr} = \left(\frac{V_{kr} * n}{R_{kr}^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{2.23 * 0.013}{0.51^{2/3}} \right)^2 = 0.0021$$

AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.10

Taban genişliği 0.8m olan trapez açısı 60° ve taban eğimi açısı 0.3° olan trapez kanalda su derinliği $h=0.52\text{m}$ olduğuna göre kanaldan geçen suyun debisini hesaplayın. Kanaldaki akımın rejimini ve kritik derinliği belirleyiniz, $n=0.03$.

Şev açısı $\theta=60^\circ \Rightarrow m=1/\tan 60=0.58$

$$A = (b + mh)h = (0.8 + 0.58 * 0.52) * 0.52 = 0.572 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2} = 0.82 * 0.52\sqrt{1 + 0.58^2} = 2.0 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.572}{2.0} = 0.286 \text{ m}$$

Kanal taban eğimi : $S_0 = \tan 0.3 = 0.00524$

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A = \frac{1}{0.03} * 0.286^{2/3} * 0.00524^{1/2} * 0.572 = 0.60 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.60}{0.572} = 1.05 \text{ m/s}$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} = \frac{1.05}{\sqrt{9.81 * 0.52}} = 0.47 < 1.0 \text{ akım nehir rejimi}$$

$$\frac{Q^2 B}{gA^3} = 1 \Rightarrow \frac{0.6^2 * [0.8 + 2 * 0.58 * h_{kr}]}{9.81 * [(0.8 + 0.58 * h_{kt}) * h_{kr}]^3} = 1$$

Bu ifadeden h_{kr} çekilir ise:

$$h_{kt} = 0.35 \text{ m}$$

AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.11

Taban genişliği 5m olan ve su derinliği h olan, bir dikdörtgen kanalda, $Q=20\text{m}^3/\text{s}$ debi geçmektedir. Kanalı en iyi kesit olarak boyutlandırınız, akım rejimini bulunuz, verilen debinin $E=1.84\text{m}$ lik enerji ile geçirecek h derinliğini bulunuz, akımın rejimini belirleyiniz, minimum enerji yüksekliğini bulunuz.

En uygun dikdörtgen kesit:

$$b=2h \quad \text{ve} \quad h=2.5 \text{ m}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{20}{5 * 2.5} = 1.6 \text{ m/s}$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} = \frac{1.6}{\sqrt{9.81 * 2.5}} = 0.32 < 1.0 \text{ akım nehir rejimi}$$

$$E = h + \frac{V^2}{2g} = 1.84$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{20}{5 * h} = \frac{4}{h}$$

$$1.84 = h + \frac{4^2}{2gh^2}$$

$$h_1=1.45\text{m} \quad \text{ve} \quad h_2=1.0\text{m}$$

Akımın rejimi:

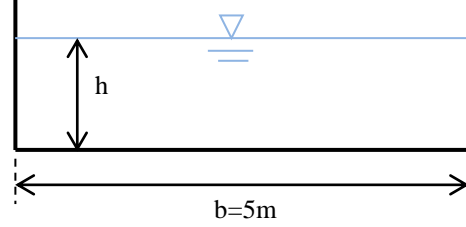
$$h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^2}} = \sqrt[3]{\frac{20^2}{9.81 * 5^2}} = 1.18\text{m}$$

$h_1=1.45\text{m}$ için $> h_{kr}$ Akım nehir rejimi

$h_2=1.0\text{m}$ için $< h_{kr}$ Akım sel rejimi

Minimum enerji yüksekliği:

$$E_{min} = \frac{3}{2} h_{kr} = \frac{3}{2} * 1.18 = 1.77\text{m}$$



AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.12

Bir dikdörtgen kesitli açık kanalda $Q= 10\text{m}^3/\text{s}$, $S= 0.0004$ ve $1/n =70$ olduğuna göre; kanal taban genişliği $b= 4$ m iken üniform akım derinliğini hesaplayınız ve akımın rejimini belirleyiniz, bu kanalı hidrolik bakımdan en uygun olacak şekilde boyutlandırınız, $b=?$ $h=?$, $b=4$ m iken verilen debiyi minimum enerji ile geçirebilecek akım derinliğini, akım hızını ve kanal taban eğimini hesaplayınız.

Dikdörtgen kesitli kanalda:

$$A = b * h = 4h$$

$$P = b + 2h = 4 + 2h$$

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

$$10 = 70 * \left(\frac{4h}{4 + 2h} \right)^{2/3} * 0.0004^{1/2} * 4h \quad h=1.84\text{m}$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{10}{4} = 2.5\text{m}^3/\text{s}$$

$$h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{2.5^2}{9.81}} = 0.86\text{m}$$

$$h=1.84 > h_{kr}=0.86 \text{ Nehir rejimi}$$

En uygun dikdörtgen kesit $b=2h$ olan kesittir.

$$A = b * h = 2h^2$$

$$P = b + 2h = 2h + 2h = 4h$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{2h^2}{4h} = \frac{h}{2}$$

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

$$10 = 70 * \left(\frac{h}{2} \right)^{2/3} * 0.0004^{1/2} * 2h^2$$

$$h=1.93\text{m}$$

$$b=2h=3.86\text{m}$$

Minimum enerji ile geçirilebilecek akım derinliği kritik derinliktir.

$$V_{kr} = \sqrt{gh_{kr}} = \sqrt{9.81 * 0.86} = 2.91\text{m/s}$$

$$R_{kr} = \frac{A_{kr}}{P_{kr}} = \frac{4 * 0.86}{4 + 2 * 0.86} = 0.60\text{m}$$

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

$$2.91 = 70 * 0.60^{2/3} S^{1/2}$$

$$S=0.00339$$

AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.13

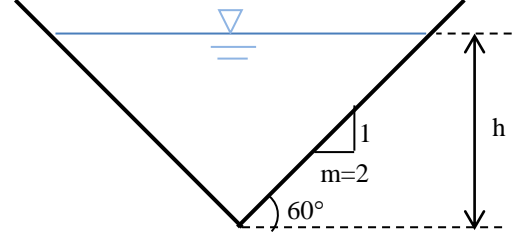
Şekilde görülen üçgen kanalda $n=0.016$, $Q=9\text{m}^3/\text{s}$ durumunda kritik derinlik, kritik hız ve derinliği hesaplayınız.

$$B=2mh=4h_{kr}$$

$$A_{kr} = mh^2 = 2h_{kr}^2$$

$$P_{kr} = 2h_{kr} \sqrt{1+m^2} = 4.47h_{kr}$$

$$R = \frac{A_{kr}}{P_{kr}} = \frac{2h_{kr}^2}{4.47h_{kr}} = 0.45h_{kr}$$



Kritik akım için:

$$\frac{Q^2 B_{kr}}{g A_{kr}^3} = 1$$

$$\frac{9^2 * 4h_{kr}}{9.81 * (2h_{kr}^2)^3} = 1$$

$$\frac{324 * h_{kr}}{78.48 * h_{kr}^6} = 1$$

$$4.13 = h_{kr}^5$$

$$h_{kr}=1.32\text{m}$$

$$V_{kr} = \frac{Q}{A_{kr}} = \frac{9}{2 * 1.32^2} = 2.58\text{m/s}$$

$$R = \frac{A_{kr}}{P_{kr}} = 0.45h_{kr} = 0.45 * 1.32^2 = 0.78\text{m}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \Rightarrow S = \left(\frac{n V_{kr}}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$S = \left(\frac{0.016 * 2.58}{0.78^{2/3}} \right)^2$$

$$S=0.0024$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.14 (Yüksel, 2008)

Şekildeki yarı dairesel kanal kritik akım şartlarında su taşımaktadır. Bu kanaldan geçen akıma ait kritik hızı, eğimi ve debiyi belirleyiniz. $n=0.013$

$$h_{mkr} = \frac{A}{B} = \frac{\frac{1}{2} * \pi * 0.45^2}{0.9} = 0.35\text{m}$$

$$V_{kr} = \sqrt{gh_{mkr}} = \sqrt{9.81 * 0.35} = 1.86\text{ m/s}$$

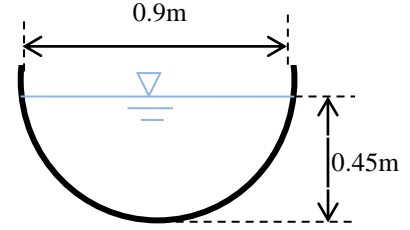
$$R = \frac{A}{P} = \frac{\frac{1}{2} * \pi * 0.45^2}{\pi * 0.45} = 0.23\text{m}$$

$$V_{kr} = \frac{1}{n} R_{kr}^{2/3} S_{kr}^{1/2}$$

$$1.86 = \frac{1}{0.013} 0.23^{2/3} S_{kr}^{1/2}$$

$$S_{kr} = 0.00427$$

$$Q_{kr} = V_{kr} A_{kr} = 1.86 * \frac{\pi * 0.45^2}{2} = 0.592\text{ m}^3/\text{s}$$

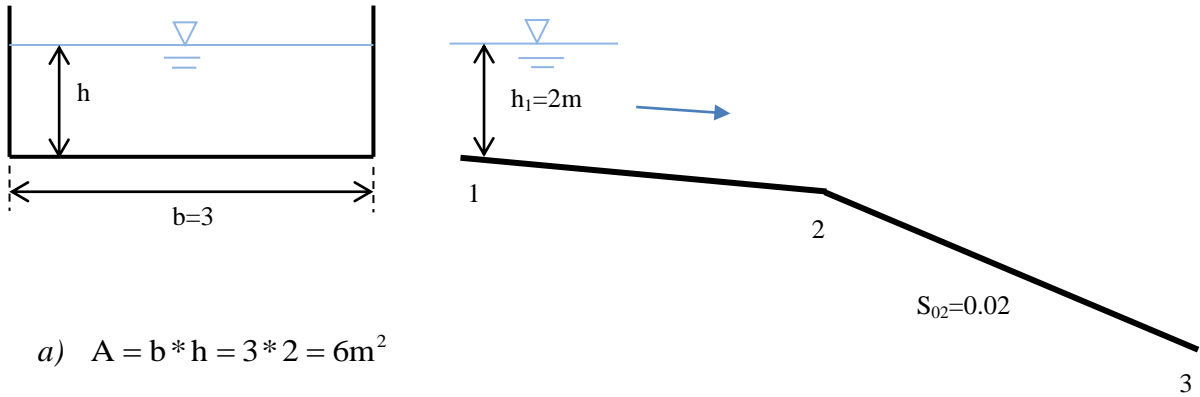


AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.15 (Sığiner ve Sümer, 1980)

Bir dikdörtgen kesitli açık kanalda $Q= 10\text{m}^3/\text{s}$, $1/n =50$, $B=3\text{m}$ dir. a) kanalda üniform akım derinliği 2m iken kanal taban eğimini ve akımın rejimini belirleyiniz. b) Kanal taban eğimi 2 kesitinden itibaren $S_0=0.02$ ye çıkarılırsa bu kısımdaki akım derinliğini ve akımın rejimini belirleyiniz. c) Kanal 1-2 kesiminde akım derinliğini değiştirmeden tabanda yapılacak bir eşişe verilebilecek maksimum yüksekliği belirleyiniz.



$$a) \quad A = b \cdot h = 3 \cdot 2 = 6\text{m}^2$$

$$P = b + 2h = 3 + 2 \cdot 2 = 7\text{m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{6}{7} = 0.857\text{m}$$

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A \Rightarrow S_{01} = \frac{Q^2}{A^2 (1/n)^2 R^{4/3}}$$

$$S_{01} = \frac{10^2}{6^2 \cdot 50^2 \cdot 0.857^{4/3}} \Rightarrow S_{01} = 0.001366$$

$$q = \frac{Q}{B} = \frac{10}{3} = 3.333\text{m}^3/\text{s}$$

$$y_{kr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{3.333^2}{9.81}} = 1.043\text{m}$$

$y_0=2\text{m} > y_{kr}=1.043\text{m}$ olduğundan akım nehir rejimindedir.

$$b) \quad A_{kr} = b \cdot h_{kr} = 3 \cdot 1.043 = 3.129\text{m}^2$$

$$P_{kr} = b + 2h_{kr} = 3 + 2 \cdot 1.043 = 5.086\text{m}$$

$$R_{kr} = \frac{A_{kr}}{P_{kr}} = \frac{3.129}{5.086} = 0.615\text{m}$$

AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

$$Q = \frac{1}{n} R_{kr}^{2/3} S_{kr}^{1/2} A_{kr} \Rightarrow S_{kr} = \frac{Q^2}{A_{kr}^2 (1/n)^2 R_{kr}^{4/3}}$$

$$S_{kr} = \frac{10^2}{3.129^2 * 50^2 * 0.615^{4/3}} \Rightarrow S_{kr} = 0.00781$$

$S_{02}=0.02 > S_{kr}=0.00781$ olduğundan akım sel rejimindedir.

Akım derinliği:

$$A = b * h_2 = 3h_2$$

$$P = b * 2h_2 = 3 + 2h_2$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{3h_2}{3 + 2h_2}$$

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A \Rightarrow 10 = 50 * \left(\frac{3h_2}{3 + 2h_2} \right)^{2/3} 0.02^{1/2} * 3h_2$$

Deneme yanılma ile çözülmüş: $h_2=0.75m$

c) Enerji sabit kabul edilerek:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{10}{2 * 3} = 1.67m/s$$

$$E = h + \frac{V^2}{2g} = 2 + \frac{1.67^2}{19.62} = 2.14m$$

$$E_{min} = 1.5h_{kr} = 1.5 * 1.043 = 1.56m$$

$$E_0 = E_{min} + \Delta z_{mak}$$

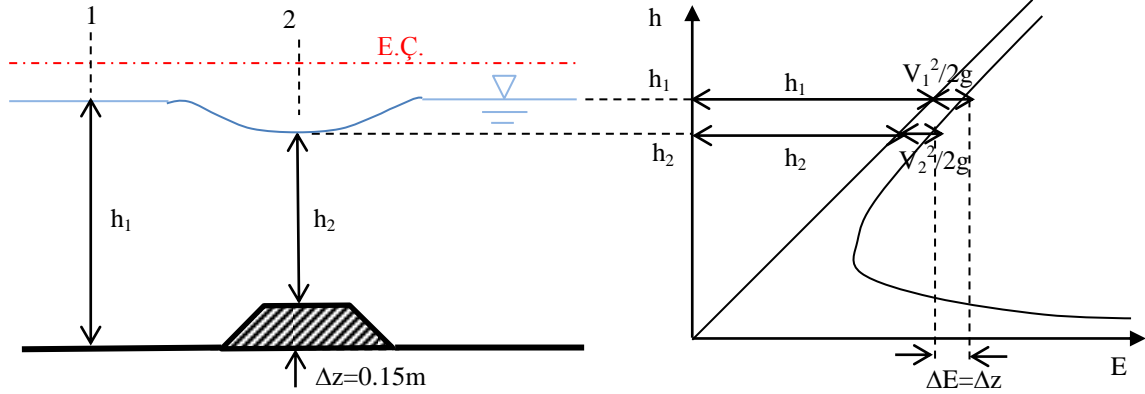
$$\Delta z_{mak} = 2.14 - 1.56 = 0.58m$$

AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.16 (Kırkgöz ve ark, 1994)

Genişliği 2 m olan dikdörtgen bir kanal 1 m derinlik ve $3 \text{ m}^3/\text{s}$ debi ile su iletmektedir. (a) Kanal tabanındaki 0.15 m lik bir yerel yükselmenin üzerinde oluşacak akım derinliğini, ve (b) üzerinde kritik derinlik oluşturacak taban yükselmesini bulunuz.



a) $V_1 = Q / A_1 = 3 / (2 * 1) = 1.5 \text{ m/s}$

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g h_1}} = \frac{1.5}{\sqrt{9.81 * 1}} = 0.48 < 1 \Rightarrow \text{Kritik altı akım}$$

1 ve 2 kesitleri arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + \Delta z, \quad V_2 = Q / A_2 = 3 / (2h_2) = 1.5 / h_2$$

$$\frac{1.5^2}{19.62} + 1 = \frac{1.5^2}{19.62 h_2^2} + h_2 + 0.15 \quad h_2 = 0.965 - \frac{0.115}{h_2^2}$$

Deneme yanılma ile $h_2 = 0.77 \text{ m}$

Kritik akımı oluşturacak taban yükselmesi için 1 ve 2 kesitleri arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{V_{kr}^2}{2g} + h_{kr} + \Delta z_{kr}$$

$$h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{(3/2)^2}{9.81}} = 0.61 \text{ m}, \quad V_{kr} = \sqrt{g h_{kr}} = \sqrt{9.81 * 0.61} = 2.45 \text{ m/s}$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

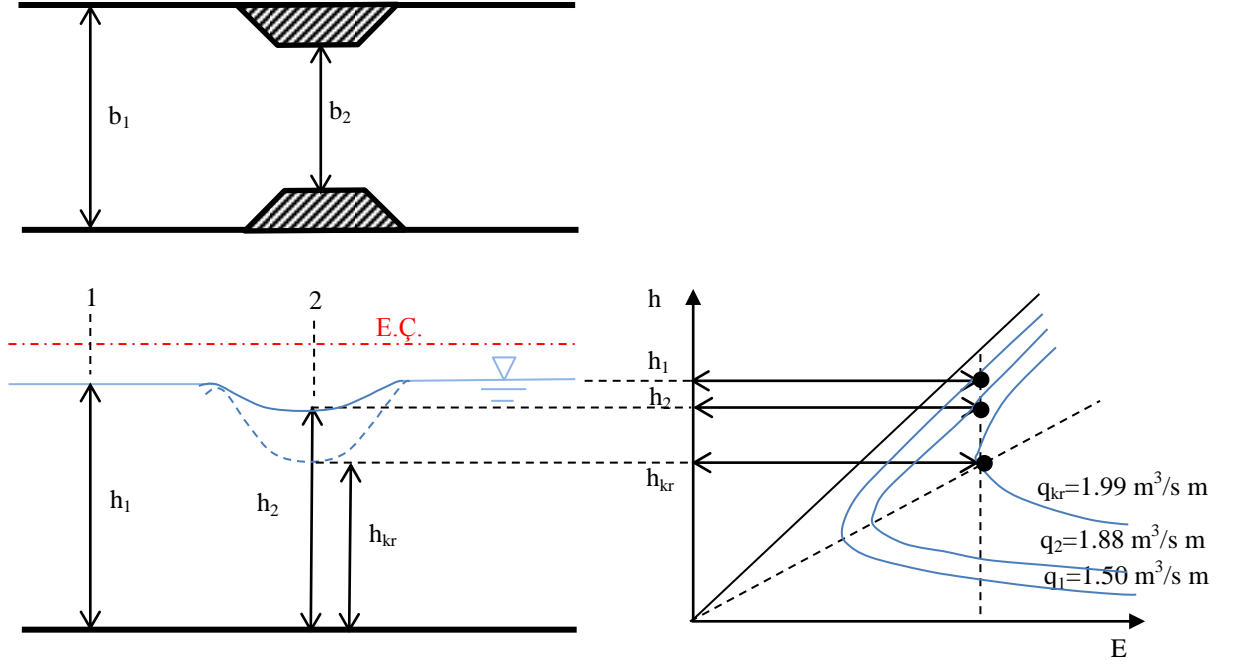
$$\frac{1.5^2}{19.62} + 1 = \frac{2.45^2}{19.62} + 0.61 + \Delta z_{kr} \quad \Rightarrow \quad \Delta z_{kr} = 0.20 \text{ m}$$

AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.17 (Kırkgöz ve ark, 1994)

Genişliği 2 m olan dikdörtgen bir kanal 1 m derinlik ve $3 \text{ m}^3/\text{s}$ debi ile su iletmektedir. (a) Kanal genişliğinin yerel bir daralma ile 1.6 m ye düşmesi halinde oluşacak akım derinliğini ve (b) kritik derinliğin oluşacağı kanal genişliğini bulunuz.



a) 1 ve 2 kesitleri arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{V_2^2}{2g} + h_2$$

$$V_1 = \frac{3}{2 \cdot 1} = 1.5 \text{ m/s}, \quad V_2 = \frac{3}{1.6h_2}, \quad q_2 = \frac{3}{1.6} = 1.88 \text{ m}^3/\text{s m}$$

$$\frac{1.5^2}{19.62} + 1 = \frac{3^2}{19.62 (1.6h_2)^2} + h_2 \quad h_2 = 1.115 - \frac{0.179}{h_2^2}$$

Deneme yanılma ile $h_2=0.89 \text{ m}$

b) Kritik derinliğin oluşacağı daralma halinde 1 ve 2 kesitleri arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{V_{kr}^2}{2g} + h_{kr} = E_{\min}, \quad E_{\min} = \frac{3}{2} h_{kr}$$

AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

$$\frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{3}{2} h_{kr}$$

$$\frac{1.5^2}{19.62} + 1 = \frac{3}{2} h_{kr} \Rightarrow h_{kr} = 0.74 \text{ m}$$

$$V_{kr} = \sqrt{g h_{kr}} = \sqrt{9.81 * 0.74} = 2.69 \text{ m/s}$$

$$b_{kr} = \frac{Q}{V_{kr} h_{kr}} = \frac{3}{2.69 * 0.74} = 1.51 \text{ m}$$

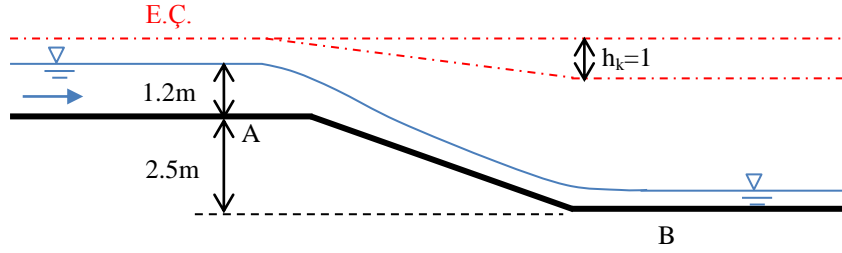
$$q_{kr} = 3 / 1.51 = 1.99 \text{ m}^3 / \text{s m}$$

AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.18 (Sığiner ve Sümer, 1980)

Genişliği 3m olan dikdörtgen bir açık kanalın kesiti şekilde verildiği gibidir. A kesitinde hız 5m/s olduğuna göre, a) enerji kayıplarını ihmal ederek B kesitinde oluşabilecek su derinliklerini bulunuz, b) A-B arası enerji kaybı 1m ise B kesitinde oluşabilecek su derinliklerini hesaplayınız.



A kesitinde enerji yüksekliği:

$$E_A = z_A + h_A + \frac{V_A^2}{2g} = 2.5 + 1.2 + \frac{5^2}{19.62} = 4.97\text{m}$$

A kesitinden geçen debi:

$$Q_A = VA = 5 * (3 * 1.2) = 18\text{m}^3 / \text{s}$$

Süreklilik denkleminden:

$$Q_A = Q_B = V_B * (3 * h_B) \Rightarrow V_B = \frac{18}{3h_B} \Rightarrow V_B = \frac{6}{h_B}$$

B kesitinde enerji yüksekliği:

$$E_B = h_B + \frac{V_B^2}{2g} = h_B + \frac{36}{19.62 * h_B^2} = h_B + \frac{1.84}{h_B^2}$$

A ve B kesitleri arasında enerji kaybı olmadığından:

$$E_A = E_B \Rightarrow 4.97 = h_B + \frac{1.84}{h_B^2} \Rightarrow h_B^3 - 4.97h_B^2 + 1.84 = 0$$

Bu denklemin iki pozitif kökü vardır. Deneme yanılma ile çözüldüğünde:

$$h_{B1} = 0.66\text{m} \quad \text{ve} \quad h_{B2} = 4.9\text{m}$$

Kanaldaki kritik derinlik:

AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

$$h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^2}} = \sqrt[3]{\frac{18^2}{9.81 * 9}} = 1.54m$$

$$h_{B1} = 0.66m < h_{kr} = 1.54m \text{ sel rejimi}$$

$$h_{B2} = 4.9m > h_{kr} = 1.54m \text{ nehir rejimi}$$

A ve B kesitleri arasında 1m enerji kaybı olması durumunda:

$$E_A = E_B + 1 \Rightarrow 4.97 = h_B + \frac{V_B^2}{2g} + 1 = h_B + \frac{1.84}{h_B^2} + 1$$

$$h_B^3 - 3.97h_B^2 + 1.84 = 0$$

Bu denklemin iki pozitif kökü vardır. Deneme yanılma ile çözüldüğünde:

$$h_{B1} = 0.75m \text{ ve } h_{B2} = 3.85m$$

$$h_{B1} = 0.75m, < h_{kr} = 1.54m \text{ sel rejimi}$$

$$h_{B2} = 3.85m, > h_{kr} = 1.54m \text{ nehir rejimi}$$

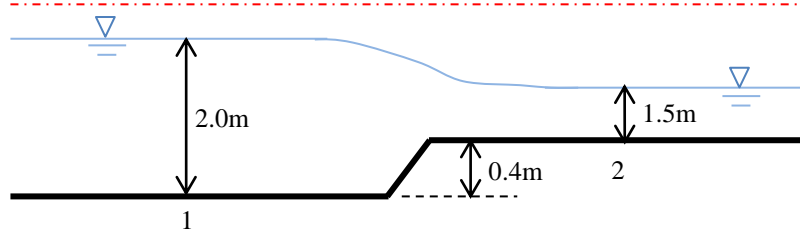
AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.19 (İlgaz ve ark., 2013)

Taban genişliği 4m olan dikdörtgen enkesitli bir açık kanalın kesiti şekilde verildiği gibidir. Enerji kayıplarını ihmal ederek, akımın debisini, kritik derinliği, 1 ve 2 kesitlerinde akımın rejimini, eşiğe verilecek maksimum yüksekliği bulunuz.

E.Ç.



1 ve 2 kesitlerinde özgül enerji eşitlinden:

$$E_1 = E_2 + \Delta z$$

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta z$$

Dikdörtgen kesitli kanalda:

$$q = \frac{Q}{B} \Rightarrow q = V_1 h_1 = V_2 h_2 \Rightarrow V_1 = \frac{q}{h_1}, V_2 = \frac{q}{h_2}$$

$$h_1 + \frac{q^2}{2gh_1^2} = h_2 + \frac{q^2}{2gh_2^2} + \Delta z$$

$$2 + \frac{q^2}{19.62 * 4} = 1.5 + \frac{q^2}{19.62 * 2.25} + 0.4$$

$$2 - 1.9 = 0.02265q^2 - 0.01274q^2$$

$$0.00991q^2 = 0.10 \Rightarrow q = 3.176 \text{ m}^3 / \text{s m}$$

$$Q = qb = 3.176 * 4 = 12.71 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{3.176^2}{9.81}} = 1.01 \text{ m}$$

$h_1 = 2.0 \text{ m}, > h_{kr} = 1.01 \text{ m}$ nehir rejimi,

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

$h_2 = 1.5 \text{ m}$, $> h_{kr} = 1.01 \text{ m}$ nehir rejimi

Eşiğe verilecek maksimum yükseklik için:

$$E_1 = E_2 + \Delta z_{\text{mak}}$$

$$V_1 = \frac{Q}{Bh_1} = \frac{12.71}{4 * 2} = 1.59 \text{ m/s}$$

$$E_{\text{min}} = 1.5h_{kr} = 1.5 * 1.01 = 1.515$$

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = E_{\text{min}} + h_2 + \Delta z_{\text{mak}}$$

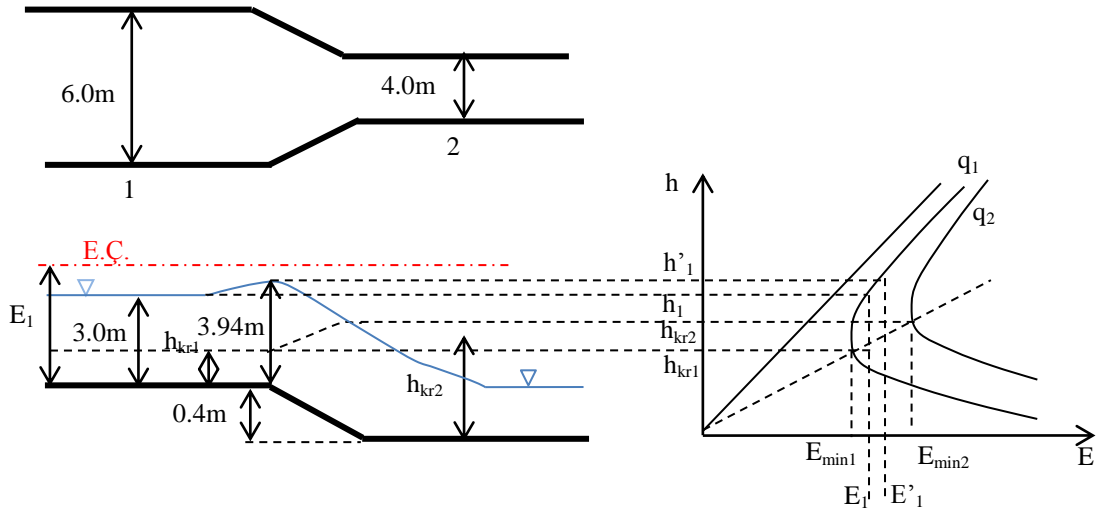
$$\Delta z_{\text{mak}} = 2 + \frac{1.59^2}{19.62} - 1.515 = 0.614 \text{ m}$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.20 (Yüksel, 2008)

Dikdörtgen kesitli bir açık kanalın genişliği $b=6\text{m}$ olup, $V=4\text{m/s}$ hız ve $h=3\text{m}$ derinliğinde su iletmektedir. Kanalın bir kesitinde hem her iki tarafından eşit miktarda daralma ve aynı zamanda taban çukuru mevcuttur. Enerji kayıplarını ihmal ederek, a) gelen akımın rejimini, b) suyun söz konusu kesitten rejim değişikliği olmadan geçip geçemeyeceğini, c) akımın derinliğini belirleyerek su yüzü profillerini çiziniz.



a)

$$Q = VA = 4 * (3 * 6) = 72\text{m}^3 / \text{s}$$

$$q_1 = \frac{Q}{b_1} = \frac{72}{6} = 12\text{m}^3 / \text{s m}$$

$$h_{kr1} = \sqrt[3]{\frac{q_1}{g}} = \sqrt[3]{\frac{12^2}{9.81}} = 2.448\text{m}$$

$h_1=3.0\text{m} > h_{kr}=2.45\text{m}$ olduğundan 1 kesitinde akım nehir rejimindedir.

b)

$$E_2 = E_1 + \Delta z$$

$$E_1 = h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = 3 + \frac{4^2}{19.62} = 3.815\text{m}$$

$$E_2 = 3.815 + 0.4 = 4.215\text{m}$$

$$q_2 = \frac{Q}{b_2} = \frac{72}{4} = 18\text{m}^3 / \text{s m}$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

$$h_{kr2} = \sqrt[3]{\frac{q_2^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{18^2}{9.81}} = 3.208\text{m}$$

$$E_{\min 2} = \frac{3}{2} h_{kr2} = \frac{3}{2} 3.208 = 4.813\text{m}$$

$E_{\min 2} > E_2$ olduğundan rejim değişikliği mevcuttur.

c)

$$E_{\min 2} = E_1' + \Delta z$$

$$E_1' = 4.813 - 0.4 = 4.413\text{m}$$

$$E_1' = 4.413 = h_1' + \frac{q_1^2}{2gh_1'^2} = h_1' + \frac{12^2}{19.62 * h_1'^2}$$

$$h_1'^3 - 4.413h_1'^2 + 7.339 = 0$$

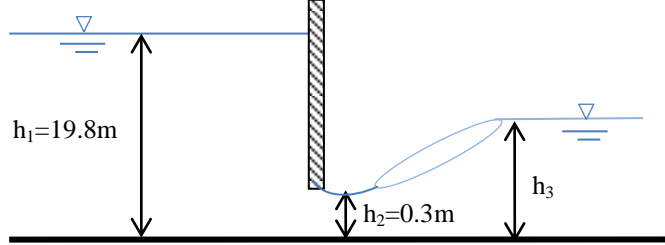
$$h_1' = 3.94\text{m}$$

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.21 (Yüksel, 2008)

1.5m genişliğinde yatay dikdörtgen kesitli kanala şekilde görülen düşey kapak yerleştirilmiştir. Hidrolik sıçramadan sonraki derinliği ve hidrolik sıçrama sırasında kaybolacak enerjiyi bulunuz.



$$h_1 = h_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$19.8 = 0.3 + \frac{V_2^2}{19.62} \Rightarrow V_2 = 19.56 \text{ m/s}$$

$$Fr_2 = \frac{V_2}{\sqrt{gh_2}} = \frac{19.56}{\sqrt{9.81 * 0.3}} = 11.40 > \text{Sel Re jimi}$$

$$\frac{h_3}{h_2} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr_2} - 1) \Rightarrow h_3 = 4.7 \text{ m}$$

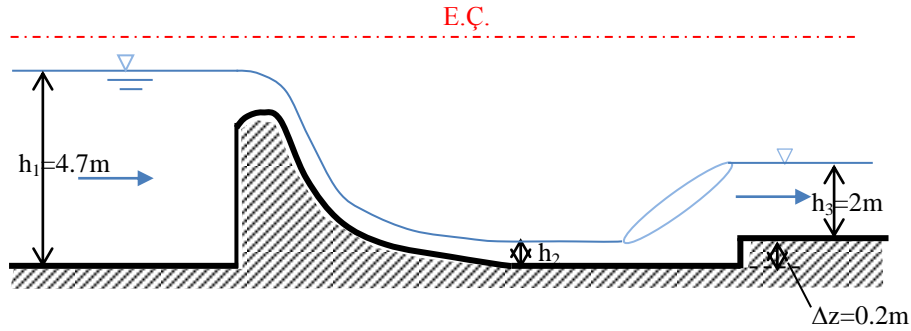
$$\Delta E = \frac{(h_3 - h_2)^3}{4h_2h_3} = \frac{(4.7 - 0.3)^3}{4 * 0.3 * 4.7} = 15.1 \text{ m}$$

AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.22 (Sığiner ve Sümer, 1980)

Şekilde görülen bağlama savağı üzerinden şekil düzlemine dik birim uzunluktan geçen debi $q=3.68 \text{ m}^3/\text{s}$ dir. Sürtünme tesirlerini ihmal ederek, a) bağlama savağı eteğindeki su derinliğini bulunuz, b) bağlama savağı eteğindeki akım rejimini bulunuz, c) Akımın enerjisini kırmak için 0.2m yüksekliğinde bir eşik yapılmıştır eşik üzerinde su derinliği 2m olarak bilindiğine göre akımın eşiğe etki ettiği kuvveti bulunuz.



a) Süreklilik denkleminde:

$$q = V_1 h_1 \Rightarrow V_1 = \frac{q}{h_1} = \frac{3.68}{4.7} = 0.78 \text{ m/s}$$

$$q = V_2 h_2 \Rightarrow V_2 = \frac{q}{h_2} = \frac{3.68}{h_2}$$

1 ve 2 noktaları arasında enerji denkleminde:

$$\frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{V_2^2}{2g} + h_2$$

$$\frac{0.78^2}{19.62} + 4.7 = \frac{(3.68/h_2)^2}{19.62} + h_2$$

Deneme yanılma ile çözülür ise:

$$h_2 = 0.40 \text{ m bulunur.}$$

b) Kritik derinlik:

$$h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{3.68^2}{9.81}} = 1.11 \text{ m}$$

$h_{kr} = 1.11 \text{ m} > h_2 = 0.4 \text{ m}$ olduğundan akım sel rejimindedir.

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

c) Hidrolik sıçrama öncesi ve sonrası kesitler için impuls momentum denklemi yazılır ise:

$$\sum F_x = \rho Q(V_3 - V_2)$$

$$V_2 = \frac{q}{h_2} = \frac{3.68}{0.4} = 9.2 \text{ m/s}$$

$$V_3 = \frac{q}{h_2} = \frac{3.68}{2} = 1.84 \text{ m/s}$$

$$\frac{1}{2} \gamma h_2^2 - \frac{1}{2} \gamma h_3^2 - R = \rho Q(V_3 - V_2)$$

$$\frac{1}{2} 9810 * 0.4^2 - \frac{1}{2} 9810 * 2^2 - R = 1000 * 3.68 * (1.84 - 9.2)$$

$$784.8 - 19620 - R = 6771.2 - 33856$$

$$R = 8249.6 \text{ N} = 8.25 \text{ kN}$$

AKIŞKANLAR MEKANIĞI

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Problem 8.23

Laboratuvar kanalına yerleştirilen savaklar için $h=10\text{cm}$ ve debi katsayısı $C_s=0.6$ alınarak a) savak genişliği $b=20\text{ cm}$ olan dikdörtgen savaktan geçen debiyi, b) tepe açısı $\theta=60^\circ$ olan üçgen savaktan geçen debiyi c) kanal genişliği $B=20\text{ cm}$ olan geniş başlıklı savaktan geçen debiyi hesaplayınız.

a) Dikdörtgen savak için:

$$Q = C_s \frac{2}{3} \sqrt{2gh} b h^{3/2}$$

$$Q = 0.6 \frac{2}{3} \sqrt{19.62} * 0.2 * 0.10^{3/2} = 0.01121 \text{ m}^3 / \text{s} = 11.21 \text{ lt} / \text{s}$$

b) Üçgen savak için:

$$Q = C_s \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} h^{5/2}$$

$$Q = 0.6 \frac{8}{15} \sqrt{19.62} * \tan \frac{60}{2} * 0.10^{5/2} = 0.00259 \text{ m}^3 / \text{s} = 2.59 \text{ lt} / \text{s}$$

c) Geniş başlıklı savak için:

$$Q = C_s 1.7 B h^{3/2}$$

$$Q = 0.6 * 1.7 * 0.2 * 0.10^{3/2} = 0.00645 \text{ m}^3 / \text{s} = 6.45 \text{ lt} / \text{s}$$