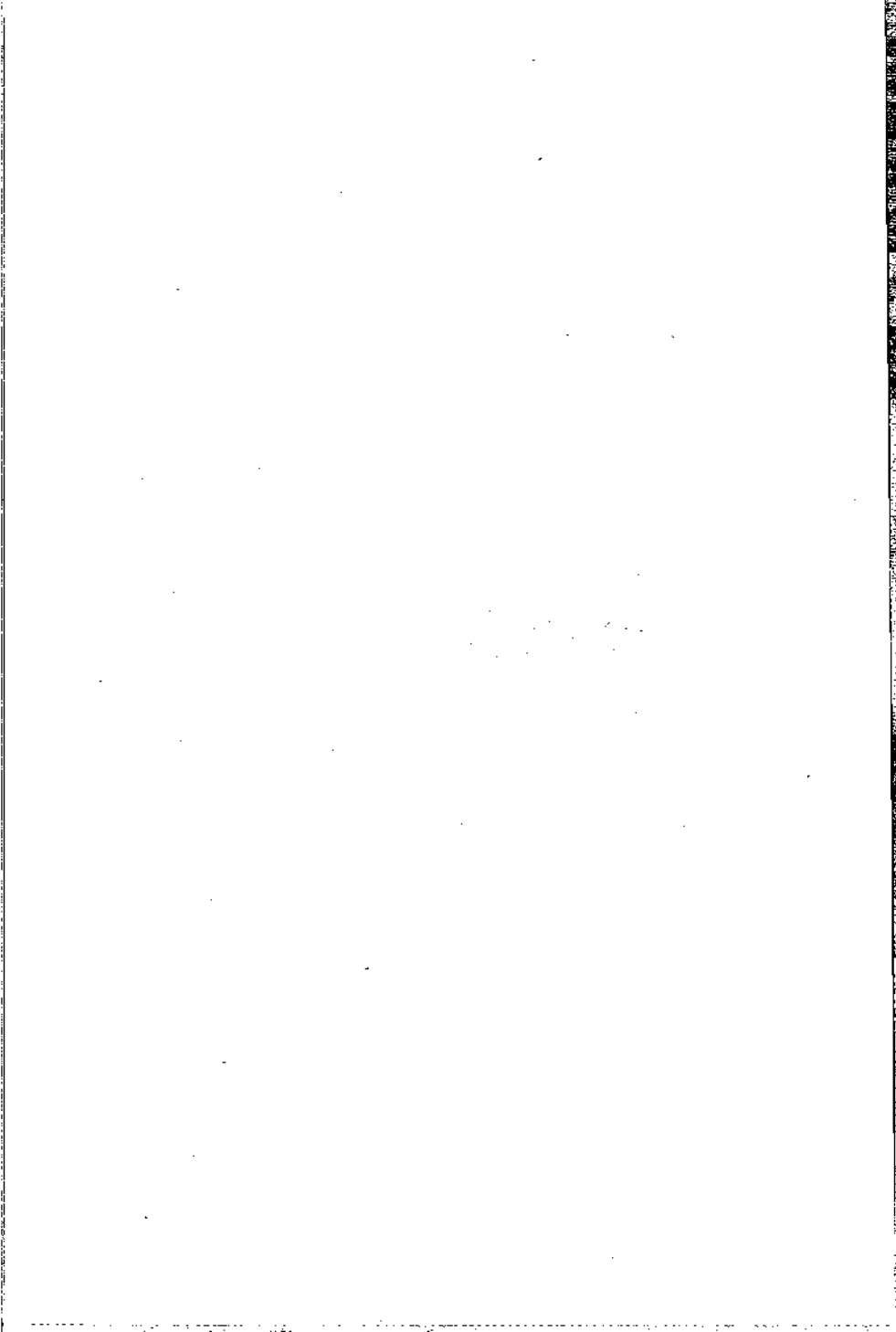


HIDROLİK



DÜZLEMSSEL YÜZEYLERE ETKİYEN BASINÇ KUVVETİ

Şekildeki gibi eğimli bir yüzeye üzerindeki taralı "A" alanına etkiyen basınç kuvveti "dA" elamanter alanının su tarafında basınç $p_0 + \gamma.h$; hava tarafındaki basınç ise p_0 olduğuna göre bileşke basınç " $\gamma.h$ " olur. dA alanına etkiyen kuvvet ise

$$dF = \gamma.h.dA \text{ olacaktır.}$$

Bu kuvvetin yatay ve düşey bileşenleri ise;

$$dF_x = \gamma.h.dA \cdot \cos \alpha = \gamma.h.dA_x$$

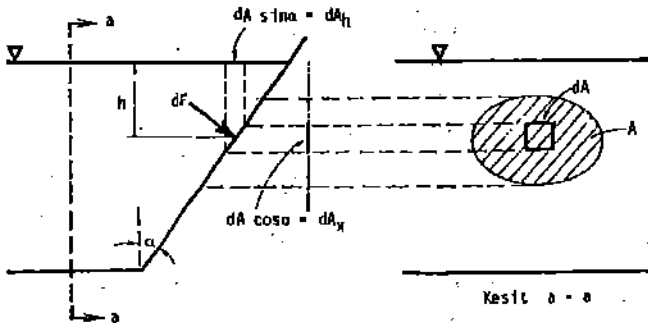
$$dF_h = \gamma.h.dA \cdot \sin \alpha = \gamma.h.dA_h \text{ 'dir.}$$

Burada dF_x soldan sağa doğru dF_h ise yukarıdan aşağıya doğru etkimektedir. A alanına etkiyen toplam basınç kuvvetinin ;

$$\text{yatay bileşeni } F_x = \int_{Ax} \gamma.h.dA_x$$

$$\text{düşey bileşeni } F_h = \int_{Ah} \gamma.h.dA_h \text{ 'dir.}$$

Eğimli yüzey üzerine etkiyen kuvvetler.



SÜREKLİLİK DENKLEMİ

Kütlenin korunumu kanununa dayanan "süreklilik denklemi" Şekil 5.1'de görüldüğü gibi taraflı olarak gösterilen sonsuz küçük kesitli akım borusu için herhangi bir "t" anındaki hacmi ile "t+dt" anındaki hacmi arasındaki denge denklemleri yazıldığında aşağıdaki süreklilik denklemi elde edilir.

$$u_1 \cdot dA_1 = u_2 \cdot dA_2$$

Denklemin her iki tarafının integrali alınırsa;

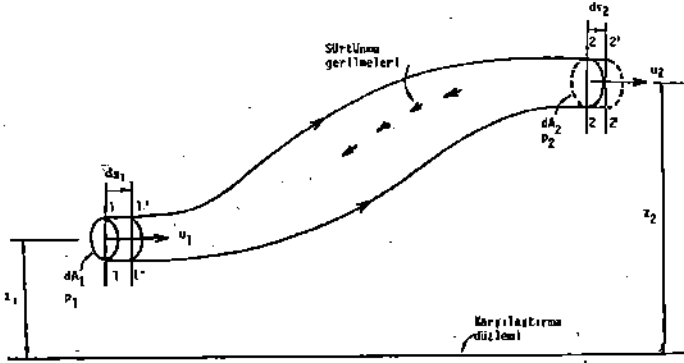
$$\int_{A_1} u_1 \cdot dA_1 = \int_{A_2} u_2 \cdot dA_2$$

1-1 Kesitinde dA_1 alanından geçen debi $u_1 \cdot dA_1$; toplam kesit alanından geçen debi e

$$Q = \int_{A_1} u_1 \cdot dA_1 \text{ 'dir.}$$

1-1 kesitindeki ortalama hız V_1 ile kesit alanın çarptığımız zaman bize Q debisini verir. Diğer taraftan 1-1 ve 2-2 kesitlerinde debinin değişmediği bilindiğine göre süreklilik denklemi aşağıdaki halini alır.

$$Q = V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2$$



Şekil 5.1 Süreklilik denklemine ait şematik görünüş.

ENERJİ DENKLEMİ

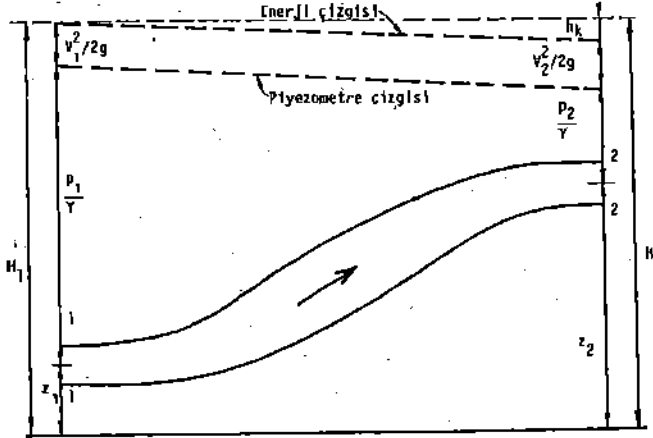
Şekil 5.1'de görülen sonsuz küçük bir akım borusunun "t" anındaki 1221 hacmini işgal eden akışkanın dA_1 vs dA_2 kesitlerine p_1 ve p_2 basınç gerilmeleri ve akım borusunun yanıl yüzeyine sürtünme gerilmesi etkir. "t" anında 1221 konumunda bulunan akışkanın "t+dt" anındaki 1'2'2'1' konumuna gelirken basınç gerilmelerinin yapıdığı iş "dB" ve sürtünme gerilmelerinin yaptığı iş "-dS" olsun. Enerjinin korunumu esasına göre;

$$E_t + dB - dS = E_{t+dt} \text{ 'dir.}$$

Buradan kuvvetler yerine konur ve gerekli düzenlemeler yapılırsa:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_K$$

Burada h_K iki kesit arasında harcanan enerjidir.



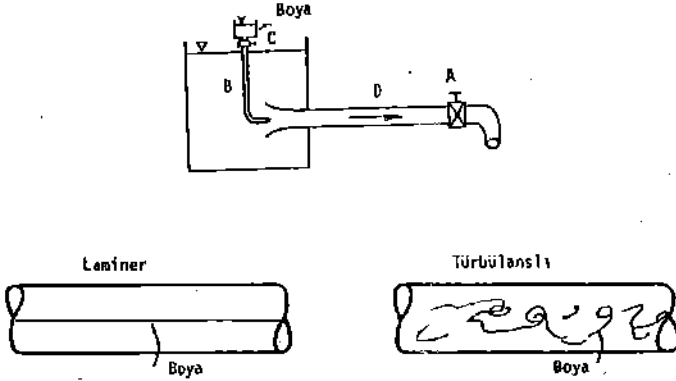
Şekil 5.2- Bernoulli denklemindeki büyüklüklerin şematik gösterimi.

LAMİNER VE TÜRBÜLANSLI AKIM

Gerçek akışkanların yaptığı akım laminer ve türbülanslı olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bu iki akım rejiminin özellikleri Reynolds tarafından yapılan ve Şekil 5.3'de verilen deney düzeneği kullanılarak incelenmiştir. Hazneden bir cam boruya giren akım boru ucundaki A vanası ile ayarlanmaktadır. A Vanasının açıklığına göre suyun hızı artmakta veya azalmaktadır. Hazne içerisindeki cam borudan verilen boya boru içerisindeki akım hızı küçük iken boyanın akım içerisinde yayılmamakta, boru eksenine paralel ince düz bir çizgi halinde kalmaktadır, (laminer akım hali). A vanası açıldığında daha büyük akım hızları elde edilmiş ve bu halde boya içiği dalgalanarak yer yer kırılmış ve boyanın borudan akmakta olan suyun içerisinde üç boyutlu olarak yayıldığı görülmüştür, (Şekil 5.3.b). Bu akım şekli "türbülanslı" akımı karakterize eder. Akımın türbülanslı akım veya laminer akım olduğunu anlamamız için $Re = \frac{VD}{\nu}$ olarak tanımlanan Reynolds Sayısı değerine

bakarız.

$Re \leq 2000$ ise akım "laminer"; $Re \geq 2000$ ise akım "türbülanslı"dır.



Şekil 5.3 - Türbülanslı ve laminer akım hali

BORULAR İÇERİSİNDE AKIM

Enkesitin tamamen dolu olarak aktığı ve atmosferle temasta olan hiçbir akışkan parçacığının bulunmadığı akımlara "basınçlı akım" adı verilir. Borular ve galeriler içerisindeki akım basınçlı akımlara örneklerdir.

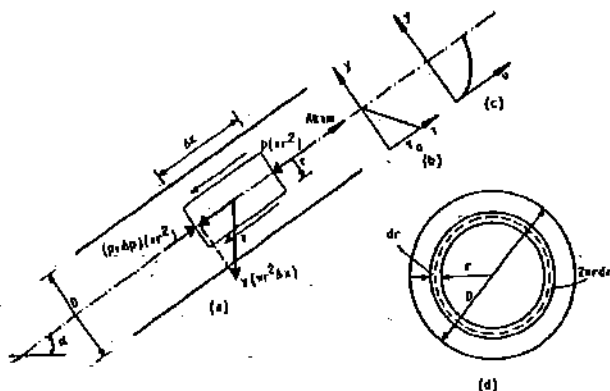
HAREKET DENKLEMİ

Şekil 1'de gösterilen D çaplı boru içerisindeki zamanla değişmeyen akımda ΔX boyundaki silindirik akışkan parçası için hareket denklemini yazalım
 $(p + \Delta p)\pi r^2 - p\pi r^2 - \gamma(\pi r^2 \Delta X) \sin \alpha - \tau(2\pi r \Delta X) = \text{Kütle} \times \text{İvme}$
 Boru çapı ve akım hızı sabit kabul edilip denklem düzenlenirse;

$$\tau = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta p}{\Delta X} - \gamma \cdot \sin \alpha \right) \cdot r \quad \text{olur.}$$

Boru cidarındaki kayma gerilmesine τ_0 dersek ve $r = \frac{D}{2}$ yerine konursa

$$\tau = \tau_0 \left(1 - \frac{y}{D/2} \right) \quad \text{olur.}$$



Şekil 1 - Silindirik akışkan parçacığına etkiyen kuvvetler.

LAMİNER AKIM HALİ

Laminer akımlarda " τ " kayma gerilnesi Newton'un elemanter stürtünme

kanununa göre $\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy}$ kayma hızı olarak $u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$

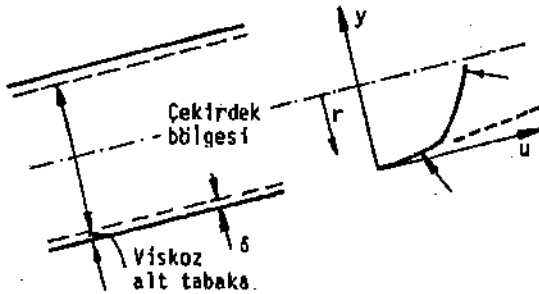
hız dağılımı; $u = \frac{u_*^2}{\nu} \left(y - \frac{y^2}{D} \right)$;

ortalama hız $V = \frac{D^2}{32 \cdot \mu} \left(\frac{\Delta p}{\Delta x} - \gamma \cdot \sin \alpha \right)$

TÜRBÜLANSLI AKIM HALİ

Laminer akımda hızlar küçük türbülanslı akımlarda ise büyüktür. Vizkoz alt tabaka kalınlığı " δ " ise " u_* " kayma hızına bağlı olarak ; $\delta = 11,6 \cdot \frac{\nu}{u_*}$ ile

boru içerisindeki ortalama hız ise $V = \left(2,5 \cdot \ln \frac{u_* \cdot D}{2 \cdot \nu} \cdot 1,75 \right) u_*$ (Hid. cilalı cidar).



Şekil 7.2 Türbülanslı akımlarda hız dağılımı.

Vizkoz alt tabaka kalmılığına bağlı olarak cıdarlar üç kısma ayrılırlar;

$$* k_S \pi 11,6 \cdot \frac{V}{u_*} \text{ ise hidrolik cilalı cıdar}$$

$$* k_S \phi 70 \cdot \frac{V}{u_*} \text{ ise pürüzlü cıdar}$$

$$* 11,6 \frac{V}{u_*} \pi k_S \pi 70 \cdot \frac{V}{u_*} \text{ ise geçiş hali}$$

pürüzlü cıdar halinde ortalama akım hızı "V" aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$V = \left(2,5 \cdot \ln \frac{D}{2 \cdot k_S} + 4,73 \right) u_*$$

ENERJİ KAYBI

Şekilde verilen bir boru parçasının 1 kesiti ile 2 kesiti arasındaki enerji kaybı yüksekliği aşağıdaki gibidir.

$$h_K = \left(\frac{V^2}{2g} + \frac{p + \Delta p}{\gamma} + z_1 \right) - \left(\frac{V^2}{2g} + \frac{p + \Delta p}{\gamma} + z_2 \right) = \frac{\Delta p}{\gamma} - (z_2 - z_1)$$

Akışkanın birim boyunda enerjisindeki azalmaya hidrolik eğim "J" dersek;

$$J = \frac{h_K}{\Delta X} = \frac{\Delta p}{\gamma \cdot \Delta X} - \sin \alpha \quad \text{olur. Enerji kaybını "u_*" cinsinden ifadesi}$$

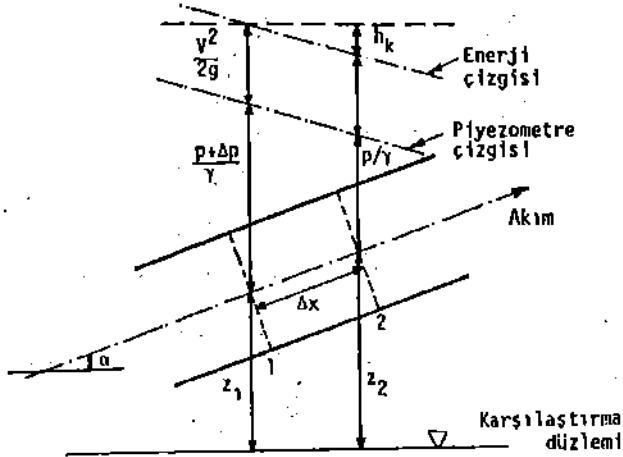
$$J = \frac{4 \cdot u_*^2}{gd} \text{ 'de "u_*" yerine ortalama akım hızı "V" yazılırsa ortalama akım}$$

hızı cinsinden enerji eğimi "J"; $J = f \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$ olur. Burada "f" Darcy-Weisbach Tablo 7.1'de Verilmiştir.

$$\sqrt{\frac{8}{f}} = 2,5 \cdot \ln \frac{D}{k_S} + 4,73 - 2,5 \ln \left[1 + \frac{9,28}{Re \cdot \sqrt{f}} \right]$$

Tablo 7.1- "f" sürtünme katsayısının akım rejimine göre değişimi

Laminer akım hali ($Re \lesssim 2000$)		$f = \frac{64}{Re}$	(10.38)
Türbülanslı akım hali ($Re \gtrsim 2000$)	Hidrolik cilalı cidar ($k_s < 11,6 \frac{v}{u_*}$)	$\sqrt{\frac{8}{f}} = 2,5 \ln (Re \sqrt{\frac{f}{32}}) + 1,75$	(10.39)
	Pürüzlü cidar ($k_s > 70 \frac{v}{u_*}$)	$\sqrt{\frac{8}{f}} = 2,5 \ln \frac{D}{2k_s} + 4,73$	(10.40)



Şekil Bir boru parçasının enerji yüksekliğinin şematik görünüşü

YERSEL ENERJİ KAYIPLARI

Sürekli enerji kayıplarının yanında vanalar, hazneye giriş-çıkış, dirsekler, ayrımlar, kesit değişimlerinin olduğu bölgede yersel yük kayıpları oluşmaktadır. Bazı yersel yük kayıpları Tablo 7.2'de aşağıda verilmiştir.

Tablo 7.2- Bazı yersel yük kayıpları

YÜK KAYBI ÇEŞİDİ	YÜK KAYBI HESABI
ANİ GENİŞLEME	$h'_K = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g}$
ANİ DARALMA (a büzülmüş kesit)	$h'_K = \frac{(V_a - V_2)^2}{2g} = \left(\frac{A_2}{A_a} - 1\right)^2 \frac{V_2^2}{2g}$
HAZNEYE GİRİŞ	$h'_K = \frac{V_1^2}{2g}$
HAZNEDEN ÇIKIŞ	$h'_K = 0,5 \cdot \frac{V_2^2}{2g}$
DİĞER KAYIPLAR	$h'_K = \xi \cdot \frac{V^2}{2g}$

AÇIK KANALLARDA AKIM

Enkesitin tamamı dolu olmayan üstü hava ile temasta olan akışkanların akımına açık kanal akımı adı verilir. Akarsulardaki, suflama, drenaj ve kanalizasyon kanallarındaki akımların tamamı açık kanal akımıdır. Açık kanallarda, kanal başı ve sonundaki koşullara, taban eğimine ve kanal kaplama cinsine bağlı olarak "üniform" ve "üniform olmayan" akım olmak üzere iki tip akım vardır. Kanal içerisindeki su derinliği kanal boyunca sabit olan akımlara üniform akım, su derinliği kanal boyunca değişim gösteren akımlara da üniform olmayan akım denir.

ÜNİFORM AKIMLAR

Tanımlı gereği üniform akımlarda kanal boyunca su derinliği değişmemektedir. Şekil 8.1'de verilen bir açık kanaldaki basınç değişimi incelendiğinde; etkiyen dış kuvvetlerin dengesinden aşağıdaki eşitliği yazabiliriz.

$$\sum F_n = (p + dp) \cdot 1 - p \cdot 1 - (\gamma \cdot dh \cdot 1 \cdot 1) \cos \alpha = 0$$

Buradan integrasyonla ve $h=0$ ve $P=P_0$ sınır koşullarını kullanarak

$$p = p_0 + \gamma \cdot h \cdot \cos \alpha \text{ bulunur.}$$

Eğer kanal eğimi çok küçük ise $\cos \alpha \cong 1$ olacağından

$$p = p_0 + \gamma \cdot h \text{ olur.}$$

ENERJİ KAYBI

Akışkanların hareketindeki enerji kaybı cidar bölgesindeki pürüzlülük ile derinlik boyunca oluşan farklı akım hızına ait akışkan tabakaları arasındaki sürtünmeden kaynaklanmaktadır. Şekil 8.2'de verilen bir açık kanaldaki akıma etkiyen kuvvetlerin dengesinden

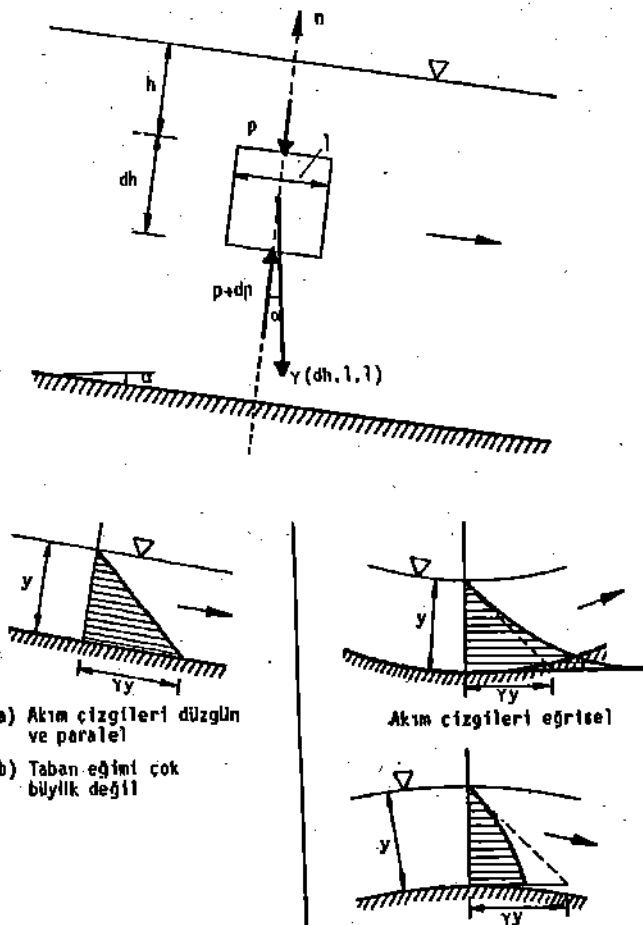
$$\gamma \cdot A \cdot J_0 - \tau_0 \cdot U \cdot \Delta x = \text{Kütle} \times \text{İvme'dir.}$$

Burada "U" ıslak çevre "J₀" taban eğimidir. Bu denklem düzenlenirse,

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot J_0 \text{ olur.}$$

Burada $R = A / U$ 'dur. Şekil 8.3'de bir açık kanalın boyuna kesitindeki 1 ve 2 kesitlerinden birim zamanda birim ağırlıktaki akışkanın enerjileri;

$$\frac{V^2}{2g} + \frac{\text{Atm.Bas.}}{\gamma} + (y + z_1) \text{ ve } \frac{V^2}{2g} + \frac{\text{Atm.Bas.}}{\gamma} + (y + z_2) \text{ dir.}$$



Şekil 8.1 Basıç değişiminin şematik görüntüsü

Açık kanal içerisinde üniform akım bulunması durumunda iki kesi arasındaki enerji kaybı $h_K = Z_1 - Z_2$ olur.

Hidrolik eğim ise

$$J = \frac{h_K}{\Delta X} = \frac{Z_1 - Z_2}{\Delta X} \text{ dir.}$$

Denklemdaki

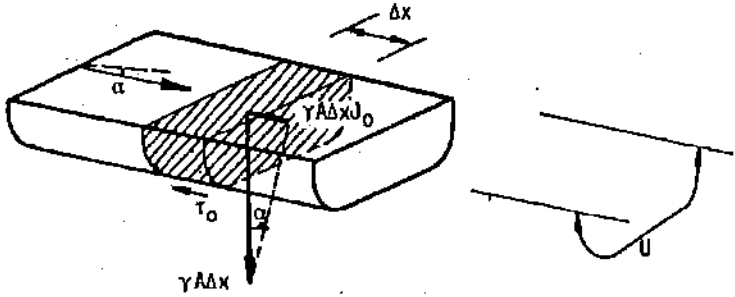
$$\frac{Z_1 - Z_2}{\Delta X} = \sin \alpha = J_0 = J_e \text{ dir.}$$

Yani üniform akımlarda enerji eğimi ve taban eğimi birbirine eşittir.

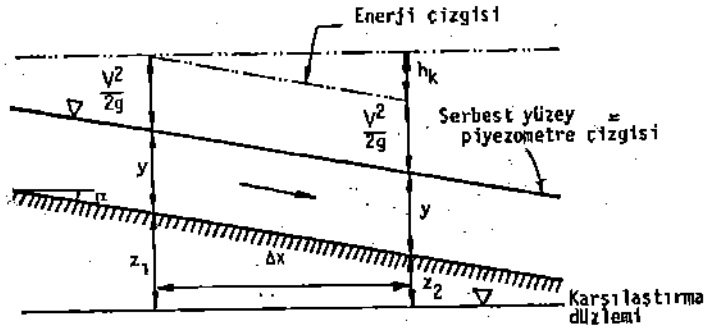
Üniform akımlarda ortalama akım hızlarını hesaplamak için bazı ampirik formüller vardır. Bunlardan en çok kullanılan iki tanesi aşağıda verilmiştir.

Chezy formülü : $V = \sqrt{\frac{8g}{f}} \cdot \sqrt{R \cdot J_0}$

Manning-Strickler formülü : $V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot J_0^{1/2}$



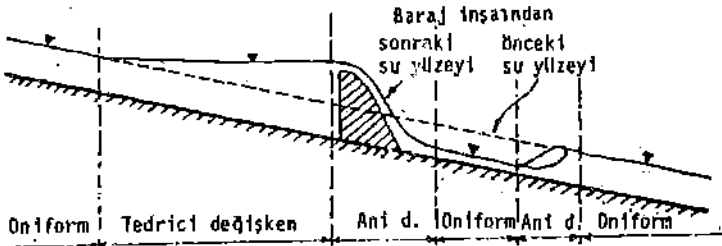
Şekil 8.2- Açık kanallı akımlarda akıma etkiyen kuvvetlerin şematik görünüşü



Şekil 8.3 - Açık kanallı akımlarda enerji yüksekliğinin şematik görünüşü

ÜNİFORM OLMAYAN AKIMLAR

Üniform olmayan akımlar "yavaş değişken akımlar" ve "ani değişken akımlar" olmak üzere iki gruba ayrılırlar, (Şekil 8.4). Yavaş Değişken akımlarlarda şım çizgilerinin yaklaşık olarak düzgün ve birbirine paralel olduğu kabul edildiğinden ve kanal taban eğimlerinde çok büyük değilse kesit içerisindeki basınçları hidrostatik olarak kabul edilebilirler. Ani değişken akımlarda ise basınç değişimi hidrostatik olarak kabul edilemez.



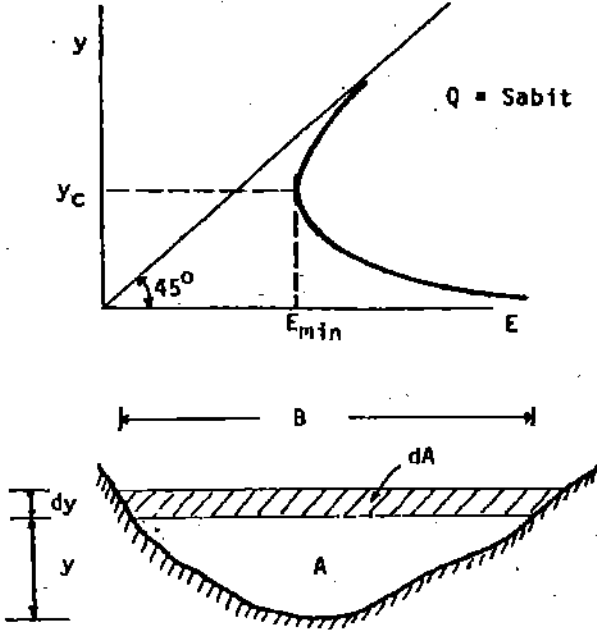
Şekil 8.4- Üniform olmayan akımların şematik görünüşü

ÖZGÜL ENERJİ

Karşılaştırma düzlemi kanal enkesitinin en düşük kotlu notasında bulunan akışkanın sahip olduğu enerjiye "Özgül Enerji" denir ve aşağıdaki bağıntı ile belirlenir.

$$E = \frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = \frac{V^2}{2g} + y = y + \frac{Q^2}{2g.A^2} \text{ dir.}$$

Özgül enerji ile derinlik arasında Şekil 8.5'deki bir ilişki vardır ve bu eğrinin Her bir sabit Q debisi için E_{min} değeri vardır. Özgül enerjiyi minimum yapan akım derinliğine de "kritik akım derinliği" denir ve " y_c " ile gösterilmektedir.



Şekil 8.5 - Özgül enerji ile akım derinliği arasındaki ilişki

NEHİR VE SEL REJİMİ

Derinliğin kritik derinlikten büyük, hızında kritik hızdan küçük olduğu akımlara "nehir rejimindeki akımlar"; derinliğin kritik derinlikten küçük, hızında kritik hızdan büyük olduğu akımlara da "sel rejimindeki akımlar" denir. Akım rejimi aynı zamanda $Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}}$ olan Froude sayısına göre

belirlenir. $Fr \pi 1$ ise nehir rejiminde ; $Fr \phi 1$ ise sel rejimindedir.

Nehir rejimindeki akımların mansap bölgesinde akım koşullarını değiştirecek bir olay bütün akım alanında hissedildiği halde sel rejimindeki akımlarda bu olayın etkileri sadece mansap tarafında duyulacaktır . Bu nedenle nehir rejimindeki akımlara "mansap kontrollü", sel rejimindeki akımlara da "membra kontrollü akımlar" denilmektedir.

KANAL EĞİMLERİ

Sabit bir "q" debisini kritik akım derinliği olan "y_c" değerinde akıtacak taban eğimine kritik eğim denir ve J_c ile gösterilir. Kanal eğimleri kritik eğim değerine göre değerlendirilerek üç gruba ayrılırlar.

$J_0 \pi J_c$ ve $y_0 \phi y_c$ ise küçük eğimli kanal

$J_0 = J_c$ ve $y_0 = y_c$ ise kritik eğimli kanal

$J_0 \phi J_c$ ve $y_0 \pi y_c$ ise büyük eğimli kanaldır.

SU YÜZEYİNİN DİFERANSİYEL DENKLEMİ

Bir kanal boyunca su yüzeyinin diferansiyel denklemi ;

$$\frac{dy}{dx} = \frac{J_0 - J}{1 - Fr^2} \text{ dir.}$$

Burada J₀ kanal taban eğimi, J enerji eğimi, Fr da Foude sayısıdır.

Üniform olmayan akımlarda boyuna su yüzü profilleri akım derinliğinin, kritik ve üniform akım derinliğine hangi bölgesinde olduğu duruma göre tiplere ayrılmaktadır. Genellikle kanal tiplerine göre de

Küçük eğimli kanallarda	M tipi;	Büyük eğimli kanallarda	S tipi
Yatay kanallarda	H tipi;	Ters eğimli kanallarda	A tipi
Kritik eğimli kanallarda	C tipi	su yüzü profilleri oluşur.	

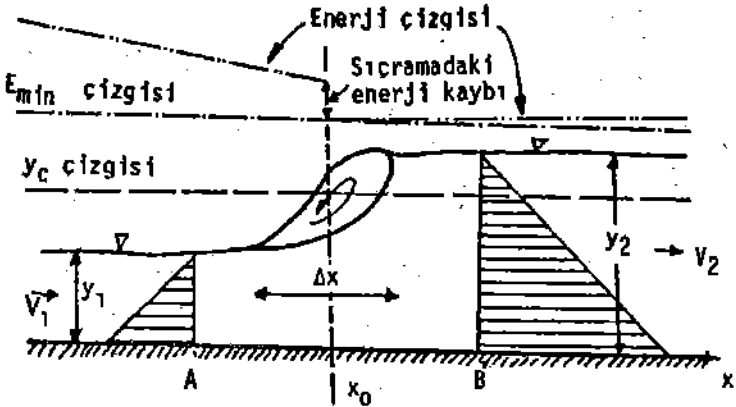
HİDROLİK SIÇRAMA

Şekil 8.6'da görüldüğü gibi sel rejiminden nehir rejimine geçiş sırasında su yüzü seviyesi sürekli olmaz ve yersel bir kabarmaya yapar. İşte bu su yüzündeki yersel kabarmaya hidrolik sıçrama denir. Hidrolik sıçrama öncesi ve sonrası akın derinlikleri arasındaki bağıntı aşağıdaki gibidir.

$$y_1 = \frac{y_2}{2} \left(\sqrt{1 + 8.Fr^2} - 1 \right)$$

Hidrolik sıçram sonrasındaki enerji kaybı ise;

$$h'_k = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4.y_1.y_2} \text{ dir.}$$



Şekil 8.6 – Hidrolik sıçrama

ENKESİT DEĞİŞİMLERİ

Akış kesitindeki değişme ya bir küçülme (kanal genişliğinin daralması veya kanal tabanının yükseltilmesi) veya bir büyüme (kanal genişliğinin büyümesi veya kanal tabanının alçaltılması) şeklinde olabilir. Değişimin olduğu yerdeki özgül enerji, kanaldaki "q" debisindeki akımı savakayabilecek olan minimum enerji olan "E_{min}" değerinden küçükse membaya doğru kabarma olur. Eğer değişimin olduğu yerdeki özgül enerji, kanaldaki "q" debisindeki akımı savakayabilecek olan minimum enerji olan "E_{min}" değerinden büyükse enkesitteki değişimi hissetmeden yani su yüzünde bir kabarma olmadan akım kesitten geçecektir anlamına gelir. Yani;

$$E_{\min} = \frac{3}{2} \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \phi E_0 \quad \text{ise kabarma olur.}$$

$$E_{\min} = \frac{3}{2} \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \pi E_0 \quad \text{ise kabarma olmaz.}$$

KAPAK ALTI AKIMLARI

Kanallardaki kontrol görevini yapan kapaklar aldıkları geometrik şekillere göre adlandırılırlar. Kapak tiplerine göre büzülme katsayılarının değişmesine rağmen genel olarak kapaklar üzerine gelen kuvvetler ve hidrolik koşullar birbirine benzemektedir. Şekil 8.7'de verilen bir düşey kapakta iki hidrolik koşul oluşmaktadır.

- 1-) Batmış akım hali
- 2-) Batmamış akım hali

Batmış akım halinde debi değeri

$$q = C_d \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot y_1} \quad \text{dir.}$$

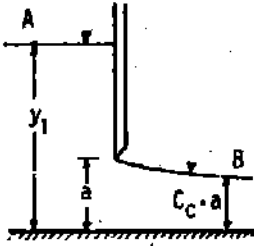
Burada C_C büzülme katsayısı

Debi katsayısı

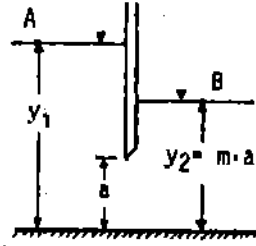
$$C_d = \frac{C_c}{\sqrt{1 + C_c \cdot \frac{a}{y_1}}} \text{ dir.}$$

Batmış akım halindeki debi katsayısı ise

$$C_d = \frac{m}{\sqrt{1 + \frac{m \cdot a}{y_1}}} \text{ dir.}$$



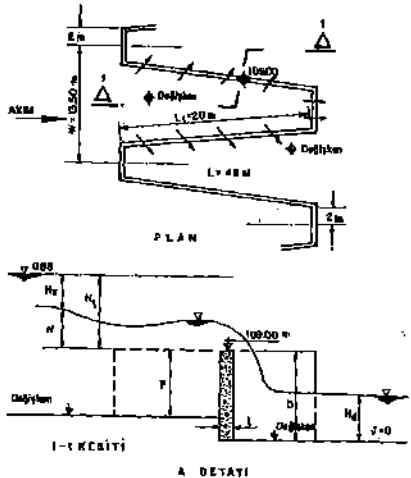
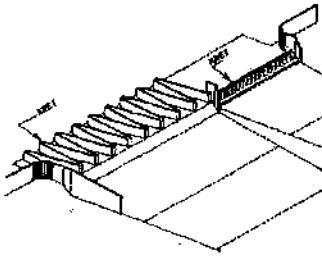
(a) Batmamış akım



(b) Batmış akım

Şekil 8.7 - Kapakaltı akımlardaki akım koşulları

LABİRENT SAVAKLAR



Şekil 12.7- Kızılcapınar Barajı labirant dolusavak yerleşim planı A Detayı

SAVAK EŞİTLİĞİ

Bir labirent savağın projelendirilmesi için önerilen bu metotta lineer bir savağın temel eşitliği kullanılmıştır.

$$Q = \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot L_{ef} \cdot \sqrt{2g} \cdot H_1^{1.5} \dots\dots\dots (1)$$

Burada;

C_d = Boyutsuz deşarj katsayısı

g = Yerçekimi ivmesi

L = Savağın etkili uzunluğu

H_1 = Kret üzerindeki toplam yük

UWRL'de yapılan araştırmaların en önemli bölümünü üzerinde çalışılan değişkenlerin en geniş aralığında C_d deşarj katsayısını tespit etmek oluşturmuştur. Labirent duvar açılarının (α) 6° ile 35° arasındaki değerleri için elde edilen deşarj katsayıları aşağıda verilmiştir. Labirent dolusavakların projelendirilmesinde bir projelendirme tablosu oluşturmak için C_d nin H_1 / P ile değişimini dikkate alan (2-9) no.lu regresyon eşitlikleri elde edilerek kullanılmıştır. Bu eşitlikler $t < A < 2t$, $H_1 / P < 0,9$ $t = P/6$, memba kret formu çeyrek daire, kret daire yarıçapı $R = P/12$ değerleri için geçerlidir, [1].

$$C_d = 0.49 - 0.24(H_1 / P) - 1.20(H_1 / P)^2 + 2.17(H_1 / P)^3 - 1.03(H_1 / P)^4; \dots\dots \alpha = 6^\circ \dots\dots (2)$$

$$C_d = 0.49 - 1.08(H_1 / P) - 5.27(H_1 / P)^2 + 6.79(H_1 / P)^3 - 2.83(H_1 / P)^4; \dots\dots \alpha = 8^\circ \dots\dots (3)$$

$$C_d = 0.49 - 1.06(H_1 / P) - 4.43(H_1 / P)^2 + 5.18(H_1 / P)^3 - 1.97(H_1 / P)^4; \dots\dots \alpha = 12^\circ \dots\dots (4)$$

$$C_d = 0.49 - 1.00(H_1 / P) - 3.57(H_1 / P)^2 + 3.82(H_1 / P)^3 - 1.38(H_1 / P)^4; \dots\dots \alpha = 15^\circ \dots\dots (5)$$

$$C_d = 0.49 - 1.32(H_1 / P) - 4.13(H_1 / P)^2 + 4.24(H_1 / P)^3 - 1.50(H_1 / P)^4; \dots\dots \alpha = 18^\circ \dots\dots (6)$$

$$C_d = 0.49 - 1.54(H_1 / P) - 3.83(H_1 / P)^2 + 3.40(H_1 / P)^3 - 1.05(H_1 / P)^4; \dots\dots \alpha = 25^\circ \dots\dots (7)$$

$$C_d = 0.49 - 1.69(H_1 / P) - 4.05(H_1 / P)^2 + 3.62(H_1 / P)^3 - 1.10(H_1 / P)^4; \dots\dots \alpha = 35^\circ \dots\dots (8)$$

$$C_d = 0.49 - 1.46(H_1 / P) - 2.56(H_1 / P)^2 + 1.44(H_1 / P)^3; H_1 / P < 0.7 \text{ ve } \dots\dots \alpha = 90^\circ \dots\dots (9)$$

Tablo 1- Labirent dolusavakların projelendirme çizelgesi [1]

Parametreler (1)	Sembol (2)	Değer (3)	Birim (4)	Kaynak / Eşitlik / Notlar (5)
(a) Proje verileri				
Maksimum debi	Q_{max}	1,538	(m ³ /s)	Proje için belirlenen veriler
Maksimum göl su seviyesi	--	1,68	(m)	Proje için belirlenen veriler
Yaklaşım kanalı taban kotu	--	0,91	(m)	Proje için belirlenen veriler
Dolusavak kret kotu	--	1,675.75	(m)	Proje için belirlenen veriler
Toplam su yükü	H_1	1,678.80	(m)	Rezervuar su kotu-kret kotu-kayıp
		1,975		
(b) Seçilen değerler				
Q_{max} 'ta tahmin edilen giriş yük kaybı	Kayıp	0,13	(m)	Tahmin
Labirent göz sayısı	N	13	--	$W/P \approx 3-4$ olacak şekilde
Labirent duvarı yüksekliği	P	3,05	(m)	seçilecek
Labirent yan duvar açısı	α	8,0	(m)	$P \approx 1,4 \cdot H_1$
				Normal olarak $8^\circ - 16^\circ$
(c) Hesaplanan değerler				
Duvar kalınlığı	t	0,51	(m)	$t = P / 6$
Duvar ucu iç genişliği	A	0,95	(m)	t ve 2t arasında bir değer seçilir
Duvar ucu dış genişliği	D_1	1,83	(m)	$D_1 = A + 2t \cdot \tan(45 - \alpha / 2)$
Toplam yük / Savak yüksekliği	H_1 / P	0,648	--	--
Deşarj katsayısı	C_d	0,3255	--	Eşitlik (6.6)
Etkili kret uzunluğu	L_{et}	576,6	(m)	$1,5 Q_{max} / ((C_w \cdot H_1^{1,5}) \cdot (2g)^{0,5})$
Taban uzunluğu (akıma paralel)	B	22,75	(m)	$B = (L / (2N) + t) \cdot \tan(45 - \alpha / 2)$
Yan duvarların gerçek uzunluğu	L_1	22,45	(m)	$\cos(\alpha) \cdot H$
Labirent yan duvarlarının etkili uzunluğu	L_2	22,02	(m)	$L_1 = (B - t) / \cos(\alpha)$
Duvarların toplam uzunluğu	L_3	620	(m)	$L_2 = L_1 - t \cdot \tan(45 - \alpha / 2)$
Labirent gözleri arasındaki mesafe	W	9,42	(m)	$L_3 = N(2L_1 + D_1 + A)$
Labirent genişliği (akıma normal doğrultuda)	W_1	123	(m)	$W = 2L_1 \cdot \sin(\alpha) + A + D_1$
Aynı debi için doğrusal savak uzunluğu	--	249	(m)	$W_1 = N \cdot W$
Gözler arasındaki mesafe / Duvar yüksekliği	W/P	3,09	--	$1,5 Q_{max} / ((C_w \cdot H_1^{1,5}) \cdot (2g)^{0,5})$; (C_w doğrusal savak için)
				Normal olarak 3 - 4 arasında
(d) Beton hacmi				
Duvar betonu hacmi	--	293	(m ³)	Hacim = $L_3 \cdot P \cdot 1$
Taban betonu hacmi ^(*)	--	431	(m ³)	Hacim = $W \cdot B \cdot 1$
Toplamı	--	655	(m ³)	--

(*) Taban beton kaplaması için kaplama kalınlığı duvar kalınlığı ile eşit alınmıştır.

DOLUSAVAK KANALINDA ENERJİ KAYBI

Şekilde, model dolusavağın ve akımın boykesiti ile akımda enerji çizgisi (E.Ç.) sematik olarak görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi dolusavak kanalı üzerindeki bir A noktasının hazne seviyesinden olan düşey yükseklik farkı

$$H = h \cos \theta + \alpha \frac{V^2}{2g} + h_s$$

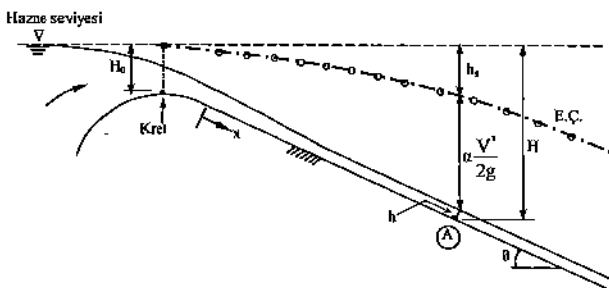
şeklinde dir. Burada, h kesit derinliği, θ kanal tabanının yatayla yaptığı açı, h_s hazne ile A noktası arasındaki enerji kaybı, V akımda kesit ortalama hızı ve α kinetik enerji düzeltme faktörüdür. Kanalın herhangi bir kesitinde, birim genişlik için kinetik enerji yüksekliği ölçülen hız profilleri kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\alpha \frac{V^2}{2g} = \frac{1}{Vh} \int_0^b \frac{u^3}{2g} dz$$

eşitliğin integrasyonu, hız profili üzerindeki ardışık hız değerlerinin trapez kuralında kullanılması ile kesit derinliği üzerinde sayısal olarak gerçekleştirilebilir, yani:

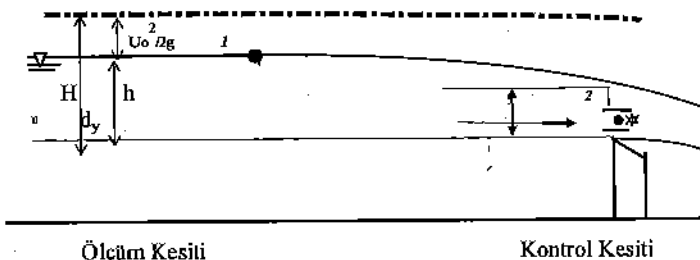
$$\alpha \frac{V^2}{2g} = \frac{1}{Vh} \frac{1}{2g} \left[\sum_1^n \frac{u_i + u_{i+1}}{2} (z_{i+1} - z_i) \right]$$

bu eşitlikte, $u_1 (=0)$ ve u_{n+1} , sırasıyla, kanal tabanındaki ve su yüzeyindeki akım hızlarını temsil etmektedir.



Şekil Dolusavak kanalı boy kesiti ve akımın enerji çizgisi

KESKİN KENARLI SAVAKLAR



Şekil Keskin kenarlı savak kesiti

Savak üzerinden geçen akıma ait akım çizgilerinin doğrusal olduğu kabul edilerek Şekilde belirtilen 1 ve 2 noktaları arasında Bernoulli eşitliğini yazılabilir.

$$h = (h - y) + \frac{u^2}{2g}$$

Bu eşitlikte h , savak üzerindeki su yüksekliği, y , seçilen noktadan su seviyesine olan mesafe, u , 2 nolu noktadan geçen akımın hızı, ve g ' de yerçekimi ivmesidir. 1 Nolu noktada akımın hızı "sıfır" kabul edilerek ihmal edilmiştir. Savak üzerinden geçen teorik birim debi, q_t için aşağıdaki ifade yazılarak, $q_t = \int u dA$ ve 1 nolu eşitlik 2 nolu denklemde yerine konularak,

$$q_t = \frac{2}{3} (2g)^{1/2} h^{3/2} \text{ eşitliği elde edilir.}$$

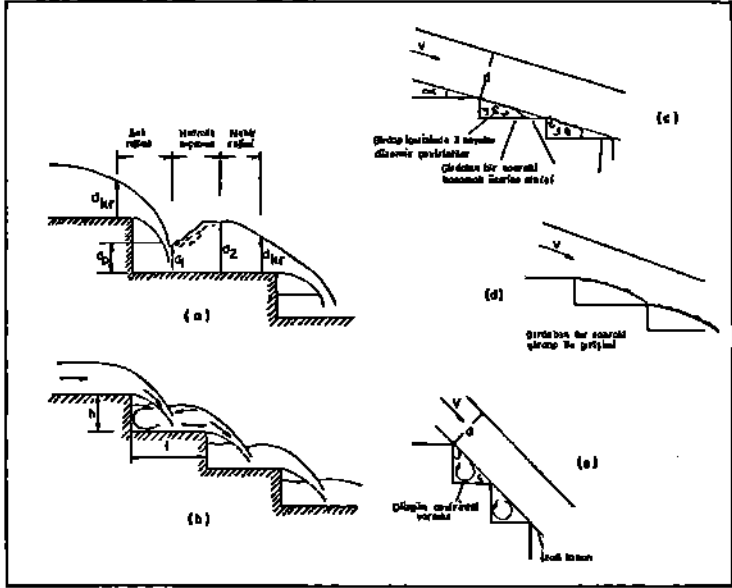
Bu eşitlik elde edilirken yük kayıpları ve akımın daralması ihmal edildiği için, gerçek debi hesaplanırken, teorik hesaplardan bulunan akım debisi belirli bir yüzde azaltılmalıdır. Bu nedenle pratikte, akımın debisini bulabilmek için teorik olarak bulunan debi denkleminin, debi katsayısı veya savak katsayısı adı verilen C_d ile çarpılması gerekir.

$$q_t = \frac{2}{3} h^{3/2} C_d \sqrt{2g}$$

BASAMAKLI KANAL BOYUNCA AKIM TİPLERİ

Basamaklı dolusavak boşaltım kanalındaki basamaklar akımın enerjisinin büyük bir bölümünün boşaltım kanalı boyunca sönmülmesini sağlayarak, mansaba yapılacak enerji kırıcı yapıların boyutlarını yaklaşık %30-40 oranında azaltmaktadır. Bu güne kadar yapılan model çalışmaları ve daha önceki araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda [8, 9] basamaklı dolusavaklar üzerindeki akım koşulları aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

- Nap akımı (Nappe flow)
- Sıçramalı akım (Skimming flow)
- Geçiş akımı (Transition flow) (Şekil 1).



Şekil 1. Basamaklı bir boşaltım kanalındaki akım rejimleri ;

- tam gelişmiş hidrolik sıçramalı nap akımı,
- kısmi gelişmiş hidrolik sıçramalı nap akımı,
- girdap-basamak girişiminde sıçramalı akım ($27^\circ < \alpha < 35^\circ$),
- girdap-girdap girişiminde sıçramalı akım ($35^\circ < \alpha < 45^\circ$),

e) düzgün çevrıntiler ile sıçramalı akım (dik eğimler $\alpha > 45^\circ$),

$$\frac{(d_{kr})_{basla}}{h} = 1,1 - 0,4 \frac{h}{\lambda} \quad (4)$$

Burada; $(d_{kr})_{basla}$ = sıçramalı akım tipinde karakteristik kritik akım derinliği
 h = basamak yüksekliği λ = basamak uzunluğudur.

Sıçramalı akım $d_{kr} > (d_{kr})_{basla}$ durumunda oluşur. Sıçramalı akım koşullarında akım basamak yüzeylerinden bir kararlı nehir gibi akarak basamakların üzerinden sekip basamak boşluğu ve akım arasındaki bölgede oluşan çevrıntiler ile (recirculating fluid) yastıklanır. Basamakların dış uçlarının birleşim yerlerinden geçen, akımın üzerinden sekip geçeceği izafi bir taban oluşturur, (Şekil e). İzafi taban altında çevrıntiler oluşur ve basamakların ucundan geçen akımdan oluşan kayma gerilmelerinin sürekliliği sağlanır.

Genel Bağlama Denklemi

Yaklaşım hızı bütünüyle önemsiz olan bir bağlamada

$$Q = (2/3)\mu \sqrt{2g} L(h_0)^{3/2} \text{ idi.}$$

Burada $c = (2/3)\mu \sqrt{2g}$.dersek

$V_0 \sim 0$ için $h_0 = H_0 = H_c$ alırsak

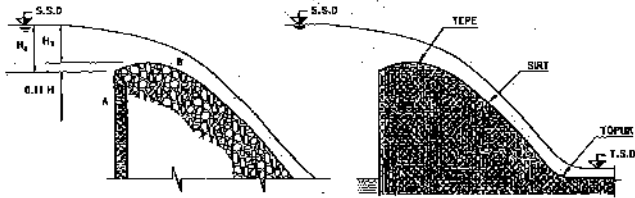
$$Q = C.L.H_c^{3/2}$$

$$(3.1.4)$$

Biçimini alır.

Buna genel bağlama denklemi denir. (U.S.B.R.)

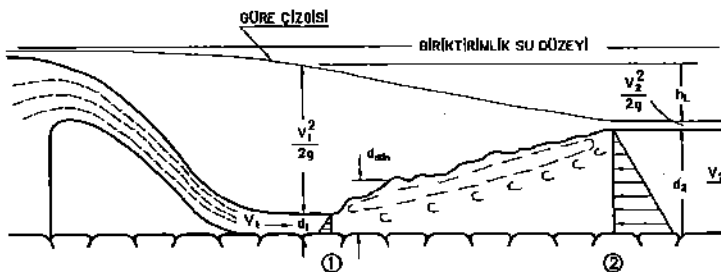
Bağlama eşik yapısı üst gidiş çizgisi keskin kıraklı bir savağın su örtüsü alt gidiş çizgisi olarak alınır (Bkz. Çizim 29).



Çizim 29. Bağlama Eşik Kesiti Oluşturumu

Eğer bağlama sırtı keskin kıraklı savağın su örtüsü al gidiş çizgisi ise bağlama tepesindeki basınç $P=0$ 'dır. Eğer bağlama sırtı keskin kıraklı bağlamanın alt gidiş çizgisinden daha alttaysa bağlama tepesinde ve sırtında $P \neq 0$, $p < 0$ alt (eski) basınç değeri oluşur. Bu eski basınç boşaltım

değerinin artmasını sağlar. Ne var ki belli bir değerden çok olursa kovuklanmaya (kavitasyona) neden olur. Avrupa öğretilerinde bağlama tepesinde belli bir değerde alt basınca göz yumulmaktadır.



Çizim 99. Düşü Gölmeçlerinde Akım

$$\rho \cdot Q \cdot V_1 + \gamma \cdot d_1^2 / 2 = \rho \cdot Q \cdot V_2 + \gamma \cdot d_2^2 / 2 \quad Q_1 = V_1 \cdot A_1$$

$$\rho \cdot V_1 \cdot d_1 \cdot V_1 + \gamma \cdot d_1^2 / 2 = \rho \cdot V_2 \cdot d_2 \cdot V_2 + \gamma \cdot d_2^2 / 2$$

$$q_1 = V_1 \cdot d_1 \cdot 1 \text{ (birim boşaltım)}$$

$$\rho \cdot V_1^2 \cdot d_1 + \gamma \cdot d_1^2 / 2 = \rho \cdot V_2^2 \cdot d_2 + \gamma \cdot d_2^2 / 2$$

$$Q_1 = Q_2 = Q \text{ süreklilik denkleminde}$$

$$q_1 = q_2 = q \text{ 'dur.}$$

$$d_1 \cdot V_1 = d_2 \cdot V_2 \text{ 'dir. } \rightarrow V_2 = d_1 \cdot V_1 / 2$$

$$\rho \cdot V_1^2 \cdot d_1 + \gamma \cdot d_1^2 / 2 = \rho \cdot (d_1 \cdot V_1 / d_2)^2 \cdot d_2 + \gamma \cdot d_2^2 / 2$$

$$\rho \cdot V_1^2 \cdot d_1 / \gamma + \gamma \cdot d_1^2 / (2 \cdot \gamma) = \rho \cdot d_1^2 \cdot V_1^2 \cdot d_2 / (d_2^2 \cdot \gamma) + \gamma \cdot d_2^2 / (2 \cdot \gamma)$$

$$\gamma / \rho = g \rightarrow \text{idi } \rho / \gamma = 1/g \text{ 'dir.}$$

$$d_1^2 V_1^2 / g + d_1^2 / 2 = d_1^2 V_1^2 / (g \cdot d_2) + d_2^2 / 2$$

$$d_1^2 / 2 - d_2^2 / 2 = d_1^2 V_1^2 / (g \cdot d_2) - d_1^2 V_1^2 / g$$

$$\frac{1}{2} (d_1 - d_2)(d_1 + d_2) = \frac{d_1^2 V_1^2 - d_1 \cdot d_2 \cdot V_1^2}{g \cdot d_2}$$

$$\frac{1}{2} (d_1 + d_2)(d_1 + d_2) = \frac{d_1 V_1^2 (d_1 - d_2)}{g \cdot d_2}$$

$$\frac{1}{2} (d_1 + d_2) = \frac{d_1 \cdot V_1^2}{g \cdot d_2}$$

$$d_1 + d_2 + d_2^2 = \frac{2 \cdot d_1 \cdot V_1^2}{g}$$

$$d_2^2 + d_1 d_2 - 2 \frac{d_1 V_1^2}{g} = 0$$

d_1 : değişmez

V_1 : değişmez

$$D = d_1^2 + \frac{8d_1 V_1^2}{g}$$

$$d_{2(1,2)} = \frac{-d_1 \pm \sqrt{d_1^2 + \frac{8d_1 V_1^2}{g}}}{2(1)}$$

$$d_2 = -\frac{d_1}{2} + \frac{\sqrt{d_1^2 + \frac{8d_1 V_1^2}{g}}}{\sqrt{4}}$$

$$d_2 = -\frac{d_1}{2} + \sqrt{\frac{d_1^2}{4} + \frac{2d_1 V_1^2}{g}}$$

bu eşitliğin her iki yanını $d_1/2$ 'ye bölünürse

$$\frac{d_2}{\frac{d_1}{2}} = \frac{\frac{d_1}{2}}{\frac{d_1}{2}} + \frac{\sqrt{\frac{d_1^2}{4} + \frac{2d_1 V_1^2}{g}}}{\sqrt{\frac{d_1^2}{4}}} \quad \frac{d_2}{\frac{d_1}{2}} = \sqrt{\frac{d_1^2}{4}}$$

$$\frac{2d_2}{d_1} = -1 + \sqrt{1 + 8 \frac{V_1^2}{gd_1}}$$

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8 \frac{V_1^2}{gd_1}} - 1 \right)$$

$$\frac{V_1^2}{gd_1} = Fr_1^2 \text{ dir.}$$

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right)$$

olarak bulunur.

Bu d_1 ve d_2 derinliklerine eşlenik derinlikler denir.

Sıçramadan Dolayı Oluşan Yük Yitkisi (Kaybı) Sayışımı

Sıçrama oluşmadan önceki güre yüksekliği

$$E_1 = d_1 + \frac{V_1^2}{2g}$$

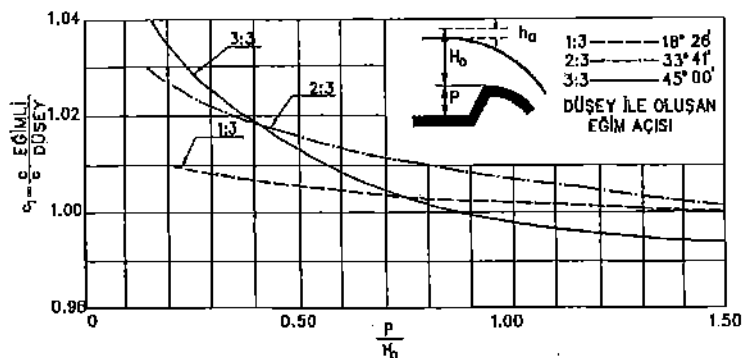
Sıçramadan sonraki güre yüksekliği

$$E_2 = d_2 + \frac{V_2^2}{2g} \text{ dir.}$$

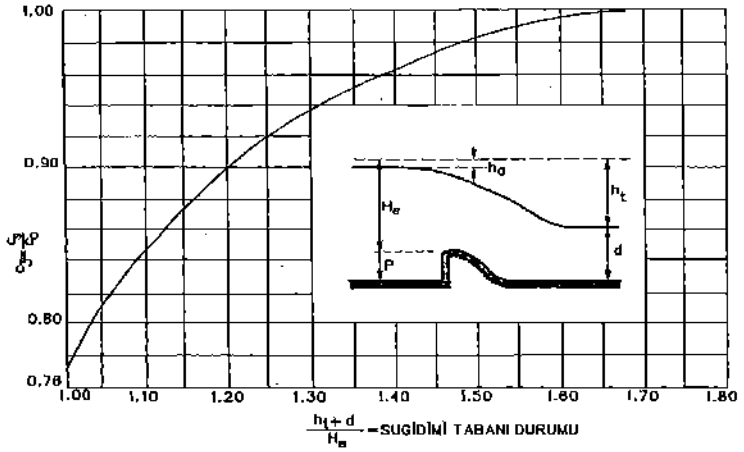
Burada $\Delta E = E_1 - E_2 = H_v$ diyelim

$$\Delta E = d_1 + \frac{V_1^2}{2g} - \left(d_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right)$$

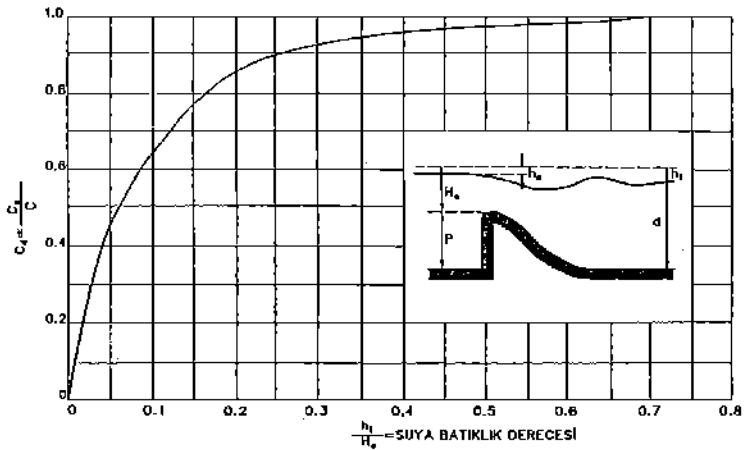
$$\Delta E = (d_1 - d_2) + \left(\frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} \right)$$



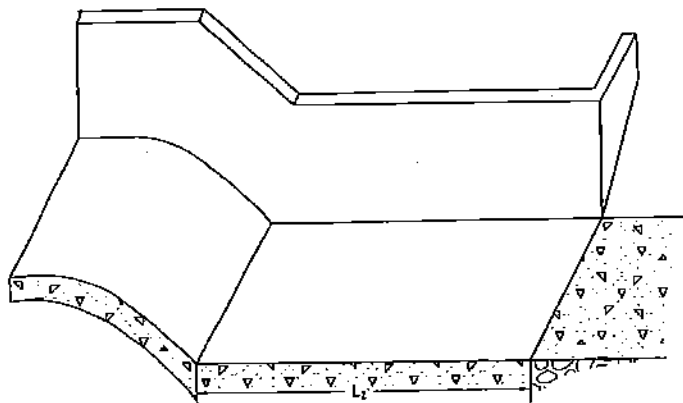
Çizim 34a. Sugelim Yüzöl Eğimli Kesite ilişkin Boşaltım Katsayısı



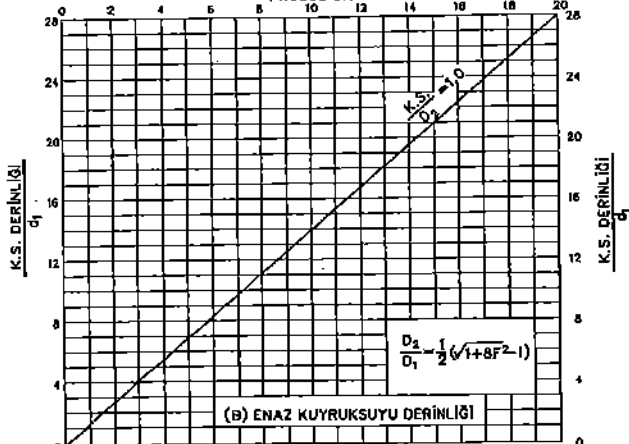
Çizim 34b. Boşaltım Katsayısına Sugıdımın Etkisi



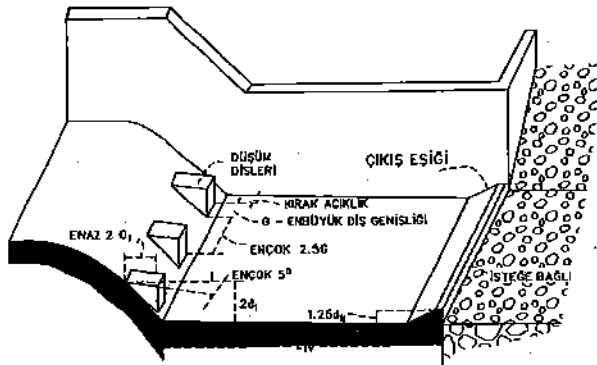
Çizim 35. Sugıdım Su Düzeyinin Boşaltım Katsayısına Etkisi



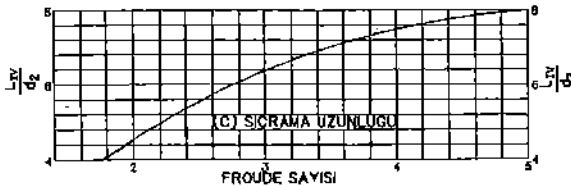
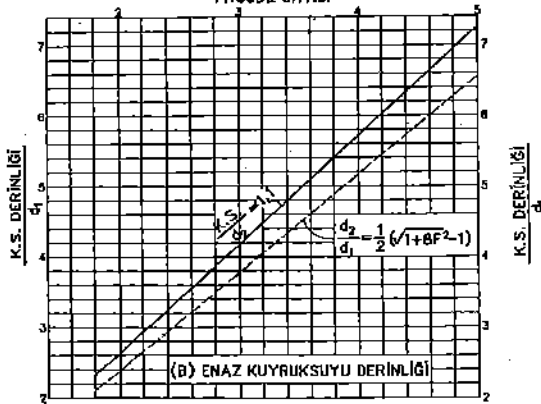
DÜŞÜ GÖLMECİ I
FROUDE SAYISI



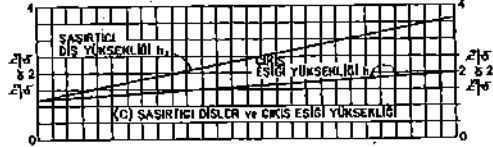
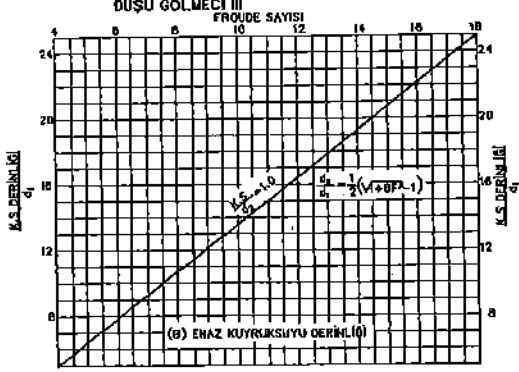
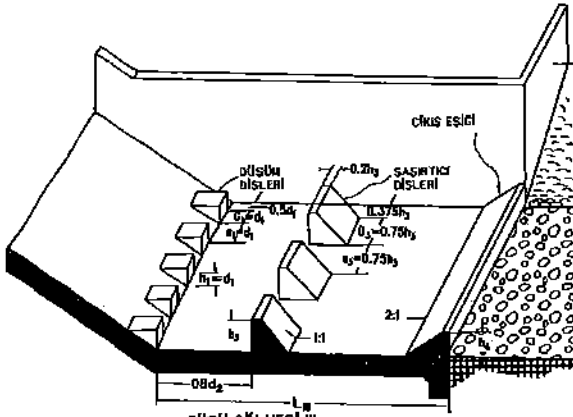
Cizim 102. Düşü Gölmeci P'in Özyapısal Değerleri



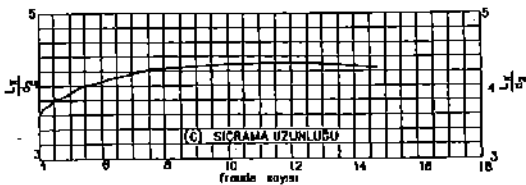
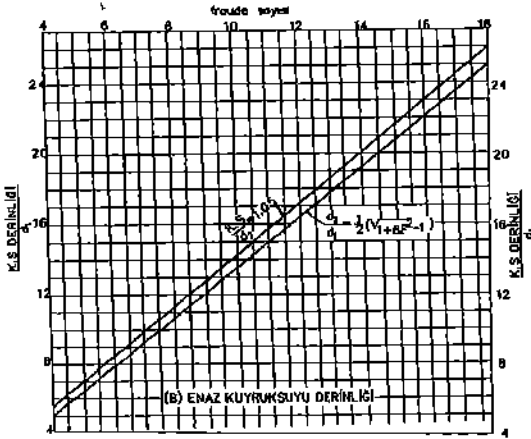
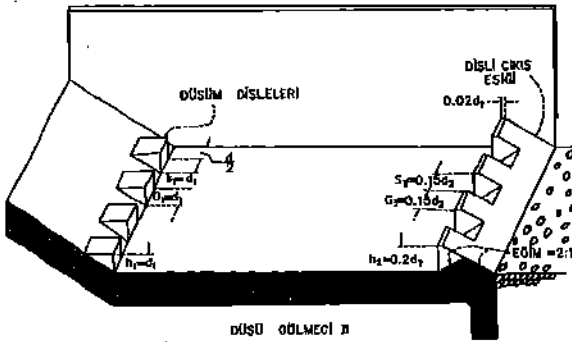
DÜŞÜ GÖLMECİ TV
FROUDE SAYISI



Çizim 103. 2.5 ve 4.5 arası Froude Sayıları için
Düşü Gölmecei Özyapısal Değerleri



Çizim 104. Froude Sayısının 4.5'dan Büyük Olduğu Durumda Düşü Gölmece Özyapısal Değerleri (Giriş hızı, $V_{giriş} > 1.5$ m/s)



Çizim 105. Froude Sayısının 4.5'den Büyük olduğu Durumlarda Düşü Gölmecei Özyapısal Değerleri

Kesit Sayışmaları (Hesaplamaları)

Tasarımcılar ilgilendikleri akımlar için yukarıda verilen devinim (hareket) denklemleri ve süreklilik denklemini kullanarak sorunları çözmeyi pek sevmezler. Bu yüzden uygulamada daha kolay kimi gözlemlik (ampirik) akım bağıntılarını kullanmayı yeğlemektedirler.

Bugün uygulamada kesit sayışmaları (hesapları) için kullanılan akım bağıntıları genel olarak aşağıda verilen biçimdeki bağıntılardır.

$$v = K \cdot R^x \cdot J^y$$

Burada:

K: sürtünme katsayısını

x ve y: gerçek birer sayı

$$v = \frac{Q}{A} \quad \text{ile tanımlana kesit içerisinde düzgün yayılı olduğu}$$

varsayılan ortalama hız

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{olarak tanımlanan suluk (hidrolik) yarıçapı}$$

$$J_e = \frac{dy}{dx} \quad \text{olarak tanımlanan birim boydaki yiten (kaybolan)}$$

güreyi yada güre çizgisi gidiş eğimini verir.

Chez 'y Bağıntısı:

$$v = K \cdot \sqrt{R \cdot J_e} \quad \text{ya da}$$

$$V = K \cdot R^{1/2} \cdot J_e^{1/2}$$

Stricler Bağıntısı:

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot J_e^{1/2}$$

Manning Bağntısı:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot J_e^{1/2}$$

Darcy-Weissbach Bağntısı:

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

Olarak verilmiştir.

Bu eşitliklerde, K , η , f sürtünme katsayılarıdır.

Kesit sayısmalarında bu katsayıların belirlenmesi çok önemlidir. Bu bağıntılardan Chezy bağıntısı ile Darcy - Weissbach bağıntısı

$$K = \sqrt{\frac{2g}{f}} \text{ alındığında ve } K = \frac{1}{n} \text{ için Manning bağıntısı ile Strickler}$$

bağıntısı birdek (aynı) değildir. Diğer yandan $K = k \cdot R^{1/6}$ $K = \frac{R^{1/6}}{n}$ olduğu

göz önüne alınırsa bütün bağıntılar eşdeğer olur.

Bu durumda kesit sayısmalarına başlamadan önce bu katsayıların belirlenmesi gereklidir.

Düzgün yada diğer bir deyişle birbiçimli (üniform) akım koşullarında bu katsayılar akım boyunca değişmezler ise de genel olarak bunların Reynolds sayısının ve katı çeperlerin göreceli (rölatif) pürüzlülüğünün bir işlevi (fonksiyonu) oldukları bilinmektedir.

Sözgelimi Darcy-Weissbach pürüzlülük katsayısı

$f = f(\text{Reynolds sayısı, göreceli pürüzlülük})$ dir.

* * Ancak bu katsayılar düzgün yada birbiçimli olmayan akımlarda akım boyunca kesitten kesite değişiklik gösterir. Bu bakımdan bu katsayıları gerçeğe yakın bir biçimde seçmek çok önemlidir.

Sürtünme Katsayıları

Sürtünme katsayılarından Manning' in (n) katsayısı, Bazin' in (y) ve Kutter' in (m) katsayısı çizelge olarak akmaç çeperinin durumuna göre verilmiştir.

Manning pürüzlülük katsayısı yurdumuzda en çok kullanılan katsayıdır. Bu katsayı türlü koşullar altında değişik değerler alır. Yapılan gözlemler göstermiştir ki düzgün (üniform) bir akmacın pürüzlülük katsayısı n_0 ise akmaç yüzeyinin düzgün olmamasından dolayı n_1 , akmaç enkesitinin biçiminden dolayı n_2 , akmaç üzerindeki yapıların etkisinden dolayı n_3 , varsa bitki örtüsünden dolayı n_4 değerleri eklenmeli ve eğer akmaç bir çok kıvrımlardan oluşuyorsa bu sonucu bir m etkeni (faktörü) ile çarpmak gerekir. Yani;
 $n = m(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$ olarak sayılmalıdır.

BASINÇLI DİZGELERİN AKIŞKAN YASALARINA GÖRE TASARIMI

Basınçlı Oyutlar (Tüneller) ve Basınçlı Borular (Cebri Borular)

Basınçlı dizgelerin sayışımında son 200 yıldır bu amaçla bir çok bağıntı önerilmiştir. Bunları çoğu deneyime dayanan bağıntılardır. Ne varki bu bağıntılardan hangisinin en iyisi olduğu konusunda kesin bir düştünü(fikir) birliğine varılamamıştır. Bununla birlikte kullanılan bağıntı sayısı giderek azalmış ve sözgelimi Amerika'da bu sayı on dolayına inmiştir. Geçmişte kullanılan deneyime dayalı bağıntılar 3 öbekte değeriendirilebilir.

$$1) \text{ Chezy Bağıntısı, } V = K \cdot \sqrt{R \cdot J}$$

(9.1.1)

$$2) \text{ Darcy-Weisbach Bağıntısı, } \Delta H = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

(9.1.2)

$$3) \text{ Üslü Bağıntılar, } V = C \cdot R^x \cdot J^y$$

(9.1.3)

Burada K deneyime dayalı bir katsayı

D = Basınçlı boru çapı

g = Yerçekimi ivmesi

ΔH = L uzunluğundaki bir borunun sürtünmeden dolayı oluşan yük yitkisi

R = Suluk yarıçap

J = Güre çizgisi eğimi

V = Ortalama hızdır.

X ve y ise deneysel olarak saptanan üslerdir.

Sözgelimi Avrupa'da tegere(daire) kesitler için en çok kullanılan

$$V = 0.85K.R^{0.61}.J^{0.54}$$

(9.1.4)

ya da

$$Q = 0.279.K.D^{2.61}.J^{0.54}$$

(9.1.5)

Birden Kapanmada Oluşan Aşırı Basınç

Bu olayın çözümlü L.Allievin'ce verilmiştir. Aylanç kapaklarının kapanması sonucunda borudaki V hızı azalır, eylemsizlik (atalet) yüzünden

$$P = -m \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} \text{ bir etke } \Delta t \text{ geçesinde(zamanında) hızı } \Delta v \text{ nicelikteki}$$

azalmasından dolayı olur. birden kapanmalarda yani $\Delta t=0$ alındığında sıvın hızının azalması birden yokuz(sıfır) olmaz. Çünkü sıvının esnek sıkışması borunun esneklikten dolayı genişlemesi sonucunda V hızının yokuza düşmesi belli bir sürede olur. Boru içerisindeki L boyundaki bir sıvının $\Delta t'$ lik bir geçede (zamanda) yokuza düştüğü düşünülürse

$$P = \frac{\gamma.L.A}{g} \cdot \frac{V}{\Delta t} \text{ olur.}$$

Birden kapanma durumunda

$$\Delta v = -V \text{ olur.}$$

Basınç gerilmesi $\tau = \frac{P}{A}$ Δh aşırı basınç dersek.

$$\frac{P}{A} = \frac{\gamma L}{g} \cdot \frac{V}{\Delta t} \text{ olur}$$

$$\frac{P}{\gamma} = \Delta h$$

$$\frac{P}{\gamma \cdot A} = \frac{\gamma L}{\gamma \cdot g} \cdot \frac{V}{\Delta t}$$

$$\frac{P}{\gamma \cdot A} = \frac{L \cdot V}{g \cdot \Delta t} \text{ olur.}$$

Bu durumda L uzunluğundaki su yığını gerek borunun genişlemesi, gerek suyun sıkışması sonucunda ΔL niceliğinde kısalır. Bunun yanındaki (L) boyundaki kesimde hızın V olduğu varsayılabilir.

ΔL niceliğinde küçülmüş olan yığma(kütleye) ilişkin kesimi doldurur. Bu

ikinci su yığını da ΔL niceliğinde sıkıştır. $\frac{L}{t}$ basıncın yayılma hızını

vermektedir. Aşırı basınç yayılma hızını (a) ile gösterirsek.

$$\Delta h = \frac{P}{\gamma} = \frac{L \cdot V}{\Delta t \cdot g}$$

$$\Delta h = \frac{a \cdot V}{g} \text{ olur.}$$

$$a = \sqrt{\frac{E_D}{\rho}} \text{ (m/sn)}$$

$$\frac{1}{E_D} = \frac{1}{E_{su}} + \frac{1}{E_B \cdot \frac{e}{D_i}} \text{ olur.}$$

E_D : Dizgenin esneklik ölçkesi(modülü)

E_{su} : Suyun esneklik ölçkesi

E_B : Borunun esneklik ölçkesi

e : Borunun et kalınlığı

D_i : Borunun iç çapıdır.

$$V = \sqrt{\frac{1}{\rho \left(\frac{1}{E_{su}} + \frac{1}{E_B \cdot \frac{D_i}{e}} \right)}} \text{ bulunur.}$$

Uygulamada

$$\frac{T}{4} = \frac{L}{a} \text{ olduğuna göre}$$

L boru uzunluğu T_K : kapanma süresi

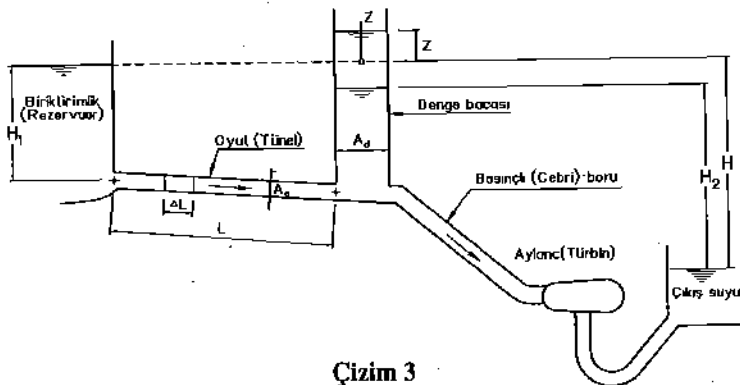
$$T_K > \frac{T}{2} \text{ olursa bu durumda tükel(tanı) kapanma olmadan basınç}$$

dalgası $\frac{2L}{a}$ gibi bir yol alarak kapanma organına geri dönmüş olur.

Oluşacak en büyük basınç yüksekliği

$$\Delta h_{\text{enb}} = \frac{2}{g} \cdot \frac{V \cdot L}{T_K} \text{ olur.}$$

Denge Bacaları Sayışımı (Hesaplaması)



Çizim 3

$$Z = Z_{enb} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right)$$

(1.5.14)

$$Z_{enb} = V_0 \sqrt{\frac{L}{g} \cdot \frac{A_0}{A_d}}$$

(1.5.15)

olup salınım sıklığı (periyodu)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L A_d}{g A_0}} \text{ olur}$$

(1.5.16)

