

# ÇOK MEYİLLİ KANALLARDA KANAL TABANI ÜZERİNDE İNŞA EDİLECEK PÜRÜZLÜLÜK BLOKLARI İLE ZARARLI OLABİLECEK KİNETİK ENERJİNİN YUTULMASI ESASLARI

Ali ÖZDENGİZ (1)

## ÖZET

*Su nakli için yapılacak yatırımların tasarrufunda göz önünde tutulması gereken önemli hususlardan birisi, suyun mümkün olduğu kadar en kısa yoldan kullanma yerine naklidir.*

*Su alınma yerine göre kötü düşük olan alanlara suyun, özellikle açık kanallarla en kısa yoldan naklini güçleştiren en önemli husus ise büyük akım hızından doğacak yüksek kinetik enerjinin kanalda kuvvetli erozyona sebep olmasıdır.*

*Bu koşullarda, yani çok meyilli kanallarda zararlı olabilecek büyük akım hızının kırılması için uygulanması mümkün olan yöntemlerden birisi, kanal tabanı genişliğinde taban üzerine inşa edilecek "Pürüzlülük Blokları" yasitisiyle kanalda periyodik yüzeysel sıçramanın oluturulmasıyla fazla kinetik enerjinin yutulmasıdır.*

*Bu yöntemin etkinliği, verilen koşullarda, yüzeysel sıçramayı oluşturan parametrelerin doğru olarak saptanmasıyla mümkündür.*

## GİRİŞ

Çeşitli maksatlarla suyun belirli bir yerden alınarak kullanılma alanına nakli için gerekli kanal veya boru hattı proje yatırımlarının büyük bir kesimini teşkil eder.

Su nakli için yapılacak yatırımların tasarrufunda göz önünde tutulması ge-

reken en önemli hususlardan birisi, suyun mümkün olduğu kadar en kısa yoldan kullanma yerine naklidir. Bu durum ise birinci derecede suyun alınma yeri ile kullanma alanı arasındaki kot farkına ve arazinin topoğrafik durumuna göre değişmektedir. su alınma yerine gö-

---

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik ve Ziraat Alet ve Makinaları Bölümü Öğretim Doçenti, Erzurum.

Dergi Komisyonuna geliş tarihi: 21.3.1973.

re kot farkı çok büyük olan alanlara suyun açık kanallarda en kısa yoldan naklini güçleştiren en önemli husus ise suyun yüksek akım hızından doğacak kinetik enerjinin kanalda kuvvetli erozyona sebep olması ve su yolu üzerindeki sınaî tesislere zarar verebilecek duruma gelmesidir. Bunun içindir ki, bu gibi koşullarda akım meylinin azatılması için kanal güzergâhının arazinin topoğrafyasına uydurulması zorunluluğu doğmaktadır. Bu durum ise kanalın boyunu büyük miktarda uzatmakta ve bunun sonucu olarak kanal inşasına yapılacak yatırım miktarını artırmaktadır.

Bazı durumlarda ise arazinin topoğrafik durumu, suyun kullanma alanına büyük bir meyille naklini zorunlu kılmaktadır.

Bu gibi durumlarda, suyun çok meyilli kanallarda naklinde meydana gelen ve zararlı olabilecek kinetik enerjinin yutulması genel olarak kanal tabanının belirli mesafelerde düşürülmesi suretiyle şütlerin meydana getirilmesi veya kanal taban üzerine inşa edilecek pürüzlülük blokları vasıtasıyla yüzyesnel sıçramanın oluşturulması ile sağlanabilir. Bu iki genel yöntemin teorik esasları aynı olmakla beraber, planlama esasları oldukça farklılık arz etmektedir.

Burada bu iki yöntemden sadece kanalın tabanı üzerine inşa edilecek "Prüzlülük Blokları" vasıtasıyla, çok meyilli kanallarda yüksek akım hızının kırılması ve zararlı olabilecek fazla kinetik enerjinin yutulmasının teorik ve planlama esasları incelenecektir.

### ÖZGÜL ENERJİ, KRİTİK DERİNLİK ve YÜZEYSEL SİÇRAMA

Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için açık kanallarda akan suyun özgül

enerji, kritik derinlik ve yüzesel sıçrama kavramlarının gözden geçirilmesi faydalı olacaktır.

Bir kanalda akan suyun kanal tabanına göre enerji durumu aşağıdaki denklemle ifade edilmektedir:

$$H = y + \alpha \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (1)$$

Burada:

H = Özgül enerji (m)

y = Su derinliği (m)

$\alpha$  Hız dağılım katsayısı (Kinetik enerji dağılım katsayısı)

V = Akımın ortalama hızı (m/sn)

g = Yer çekim ivmesi (m/sn<sup>2</sup>)'dir.

Muntazam kesitli kanallar için  $\alpha = 1$  alınır ve dikdörtgen kesitli bir kanalda birim kanal genişliği için

$$V = \frac{q}{y} \text{ değeri denklem (1)'de}$$

yerine konulursa, birim kanal genişliğinden akan sabit q debisi için

$$H = y + \frac{q^2}{2gy^2} = f(y) \dots\dots(2)$$

eşitliği yazılabilir. Bu denklem q'ya göre çözümlerse

$$q = \sqrt{2g(y_H^2 - y^3)} \text{ (m}^3\text{/sn/m) olur..(2a)}$$

Bu eşitlik dikdörtgen kesitli bir kanalda da debi (q), özgül enerji (H) ve su derinliği (y) arasındaki bağıntıyı ifade etmektedir.

Denkem (2)'de q = sabit iken özgül enerjiyi minimum veya H = sabit iken debiyi maksimum yapan su derinliği 'Kritik Derinlik' olarak tanımlanmaktadır.

Özgül enerjinin minimum olması için  $dH/dy = 0$  şartının sağlanması gerekir.

Denklem (2)'de

$$\frac{dH}{dy} = 1 - \frac{2}{3} \frac{q^2}{g y^3} = 0$$

Burada kritik derinlik  $y_c$  için

$$y = y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \dots \dots \dots (3)$$

veya

$$q = \sqrt{g y_c^3}$$

bağıntısı elde edilir.

Eşitlik (3), debinin sadece kritik derinliğin bir fonksiyonu olduğunu ifade etmektedir.

Aynı şekilde özgül enerji  $H = \text{sabit}$  iken debinin maximum olması için denklem (2)'a da  $dq/dy = 0$  şartının sağlanması icab eder.

Buradan:

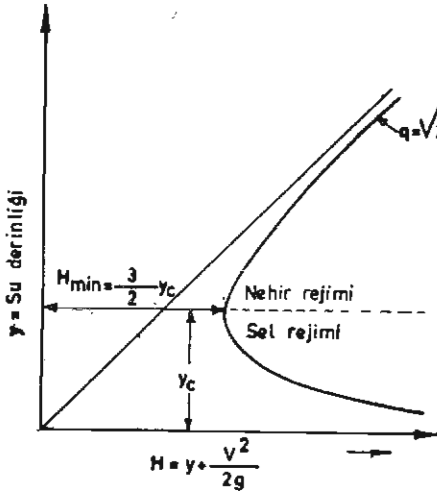
$$y_c = \frac{2}{3} H \dots \dots \dots (4)$$

veya

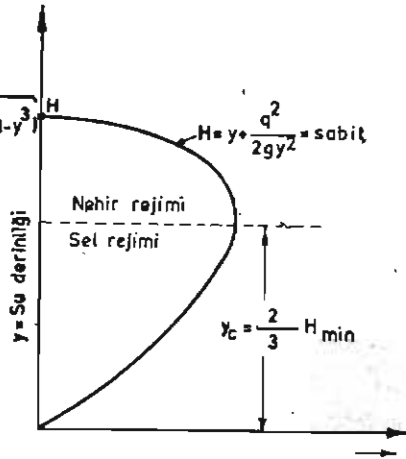
$$H = \frac{3}{2} y_c \dots \dots \dots (4a)$$

Sabit debi ( $q$ ) ve sabit özgül enerji ( $H$ ) değerleri için denklem (2) ve denklem (2 a)'daki bağıntılar Şekil 1'de grafiklerle gösterilmiştir.

Genel olarak bir kanal veya nehirde akan su, su akım hızına göre, *nehir rejimi* ve *sel rejimi* olmak üzere iki ayrı rejimde incelenir.



a. Sabit  $q$  için  $H$  eğrisi



b. Sabit  $H$ , için  $q$  eğrisi

Şekil: 1 Özgül enerji diyagramı.

Belirli bir debide bir kanaldan akan suyun derinliği eşitlik (3) yardımıyla hesaplanan veya şekil 1'de gösterilen kritik derinlikten küçük ise Belirli bir debide bir kanaldan akan suyun derinliği eşitlik (3) yardımıyla

hesaplanan veya şekil 1'de gösterilen kritik derinlikten küçük ise akım sel rejimindedir diye tanımlanır.

Kritik derinlikte akan suyun sahip olduğu akım hızı kritik hız olarak ta-

nımlanır. Eşitlik (3) hız cinsinden yazılırsa:

$$q = V_c \cdot y_c = \sqrt{g y_c^3}$$

veya

$$V_c = \sqrt{g y_c} \text{ olur. .... (5)}$$

Dikdörtgen kesitli bir kanalda akan suyun akım hızı ve derinliği aşağıdaki şekilde boyutsuz olarak ifade edilebilir:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g y}} \cdot \frac{q}{\sqrt{g y^3}} \dots (6)$$

Bu eşitlikteki F değeri Froude sayısı olup akımın kritik rejimde, ne hir rejiminde (sab kritik)) veya sel rejiminde (süperkritik) olup olmadığının analizinde en etkin bir ölçü olarak kullanılmaktadır.

Eşitlik (5)'te verilen kritik hız ( $V_c$ ) değeri dikkate alınırsa kritik akım rejiminde  $F = 1$  olduğu kolayca görülür. Buna göre nenir rejiminde  $F < 1$  ve sel rejiminde ise  $F > 1$ 'dir.

### KRİTİK AKIM REJİMİNİN OLUŞUMU

Yukarıda ifade edildiği gibi, kritik akım rejimi,

$$F = \frac{V}{\sqrt{g y}} = 1$$

olduğu koşullardaki akımın rejimidir. Bu şartın gerçekleştiği durumda akımın su derinliği kritik derinliğe eşit olmaktadır.

Bir kanalda akan suyun önüne bir engel yerleştirip üzerinden suyun ak-

masına müsaade edilirse bu engel kanalda bir kontrol kesiti husule getirir ve buradan minimum özgül enerjiye tekabül eden maksimum debi geçerken, su engel üzerinde bir noktada kritik derinlikten geçmek zorunda kalır; örneğin suyun savaklar üzerinden akmasında olduğu gibi; savak üzerinde mevcut enerji ile akan debi maksimum ise savak üzerinde bir noktada su kritik derinlikten geçiyor demektir. Debi ile özgül enerji bağıntısını ifade eden (2 a)'yı tekrar yazalım:

$$q = \sqrt{2 g (y^2 H - y^3)} \dots (2a)$$

Dikdörtgen kesitli kanalın genişliği b ise

$$Q = q b = b \sqrt{2 g (y^2 H - y^3)} \text{ olur.}$$

Bu ifadede  $y = y_c = 2H/3$  konulursa, maksimum debiyi veren aşağıdaki denklem elde edilir.

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{2g}}{\sqrt{3}} b H^3 / 2 \dots (7)$$

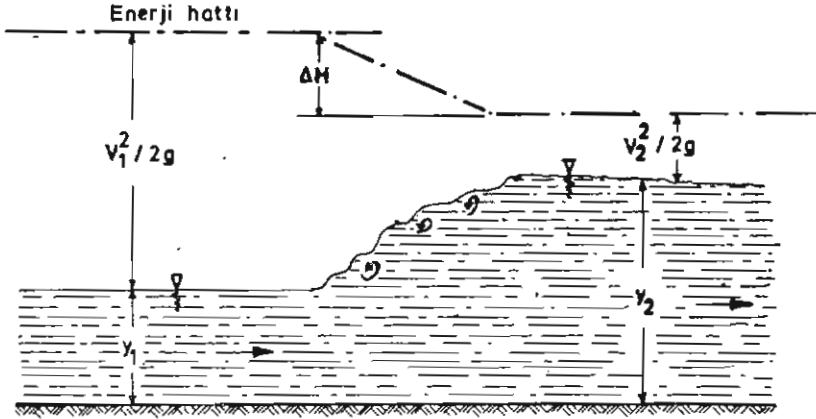
Bu ifadenin savaklardan geçen debiyi veren  $Q = K \cdot b \cdot H^{3/2}$  şeklindeki denklemden ibaret olduğu görülmektedir.

Su yolu üzerinde kritik derinliği oluşturan başka bir durum ise, kanal tabanının belirli noktalarda ani olarak düşürülmesi sonucunda meydana gelen şütler üzerinden suyun akma halidir Bu koşullarda su şüt üzerinden düşü yapılarak geçmeden önce yine belli bir noktada kritik derinlikten geçmek zorundadır.

## YÜZEYSEL SİÇRAMA

Bir kanalda akım hızı sel rejiminden nehir rejimine (Şekil 1) geçerken akım yönünde su derinliği yüselir. Bu

şekilde bir kanalda veya daha genel olarak bir su yolunda su akerken, belirli yerlerde su seviyesinin normal seviyeye göre yükselmesi "Yüzeysel Sıçrama" olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2).



Şekil : 2. Yüzeysel sıçrama.

Akım sel rejiminden nehir rejimine geçerken meydana gelen yüzeysel sıçrama ile suyun kinetik enerjisinin büyük bir kısmı sıçramada meydana gelen çevrıntiler veya girdaplanmalar vasıtasıyla kaybolmakta, yani yutulmaktadır. Bu bakımdan sıçrama zararlı ola-

bilecek fazla kinetik enerjinin yutulması için en etkin bir vasıta olarak kullanılmaktadır. Dikdörtgen kesitli bir kanalda yüzeysel sıçrama sonucunda meydana gelen su derinliği ( $y_2$ ) ile sel rejimindeki su derinliği ( $y_1$ ) arasındaki bağıntı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

### DENKLEMLER

$$y_2 = \frac{1}{2} y_1 \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{8q^2}{gy^3}} \right] \dots\dots\dots (8)$$

veya

$$y_2 = \frac{1}{2} y_1 \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{8V_1^2}{gy_1}} \right] = \frac{1}{2} y_1 \left[ -1 + \sqrt{1 + 8F_1^2} \right] \dots\dots\dots (8a)$$

Yukarıdaki bağıntılardan anlaşılacağı gibi yüzeysel sıçramanın oluşumu için memba tarafındaki akım hızının ve su derinliğinin  $V_1^2/gy_1 > 1$  şartını sağlamaları gerekir.

Daha önce işaret edildiği gibi

$$\frac{V_1^2}{gy_1} = F_1^2 \text{ dir.}$$

(8 a) bağıntısından kolayca görüleceği gibi,

$$\frac{V_1^2}{gy_1} = 1 \text{ için } y_1 = y_2$$

olacağından, yüzeysel sıçrama mevcut değildir. Bu sonuca göre yüzeysel sıçramanın Froude sayısının bir fonksiyonu olduğu ve meydana gelecek yüzeysel sıçramanın memba tarafındaki (sel rejimindeki) koşulların oluşturacağı Froude sayısının değerine bağlı olarak

$$\Delta H = (y_1 + \frac{V_1^2}{2g}) - (y_2 + \frac{V_2^2}{2g}) \dots\dots\dots (9)$$

$$\Delta H = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2} \dots\dots\dots (9a)$$

Bir örnek olarak bir dolu savağın topuğunda yüzeysel sıçramanın oluşumunu ve bu oluşumda meydana gelecek enerji kaybını hesaplayalım:

Dolu savağın birim metre genişliğinden akan debi,  $q = 10 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$

$$q = V_1 y_1$$

$$y_1 = \frac{q}{V_1} = \frac{10 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}}{10 \text{ m}/\text{sn}} = 1 \text{ m}$$

$$\frac{10^2}{9,81} > 1$$

olduğundan, dolu savağın topuğunda yüzeysel sıçrama oluşacaktır.

$$y_2 = \frac{1}{2} \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{800}{9,81}} \right] = 4 \text{ m} \dots\dots\dots (8 a)$$

Buradan

$$H = \frac{(4 - 1)^3}{4,4} \cong 1,7 \text{ m olur.}$$

Bu enerji kaybının beygir gücü olarak değeri

$$N = \frac{10 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m} \cdot 1000 \cdot 1,7}{75} = 227 \text{ dir.}$$

farklı şekillerde meydana geleceği açıkça görülmektedir.

## YÜZESEL SICRAMADA ENERJİ KAYBI

Yüzeysel sıçramada meydana gelen enerji kaybı aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanabilir (Şekil 2).

ve akımın hızı,  $V_2 = 10 \text{ m}/\text{sn}$  ise savağın topuğundaki yatay kanalda yüzeysel sıçramanın oluşması için  $V_2^2/gy_1 > 1$  veya  $F_1^2 > 1$  şartının sağlanması gerekir.

Bu hesaplamada elde edilen değerin, kanalın birim metre genişliğinde meydana gelen enerji kaybı olduğu dikkate alınır, yüzeysel sıçramanın etkin bir enerji yutma vasıtası olduğu daha açık olarak anlaşılır.

### **KANAL GENİŞLİĞİNDE, KANAL TABANI ÜZERİNE YERLEŞTİRİLEN PÜRÜZLÜLÜK BLOKLARI VASİTASIYLA PERİYODİK YÜZEYSEL SİÇRAMANIN OLUŞTURULMASI**

Yüzeysel sıçrama vasıtasıyla çok meyilli kanallarda zararlı olabilecek fazla kinetik enerjinin yutulması için alınacak en etkin ve ekonomik tedbir, kanalın tabanı üzerine akım yönüne dikey olacak şekilde beton bloklar yerleştirmek suretiyle karalda periyodik yüzeysel sıçramanın oluşturulmasıdır.

Genel olarak yukarıda ifade edildiği şekilde tabanı bloklarla pürüzlendirilmiş, çok meyilli bir kanalda su üç ayrı rejimde akabilmektedir (Şekil 3).

1. Düşük hızlı akım (nehir rejimi),
2. Büyük hızlı akım (sel rejimi),
3. Yüzeysel sıçramalı akım.

Bu akım rejimlerinden herhangi birinin oluşumu debi (Q), kanal meyli (S) ve pürüzlülük bloklarının yükseklik (K) ve ara mesafelerine (L) bağlıdır.

#### **1. Düşük Hızlı Akım Rejimi (Nehir Rejimi)**

Bu akım enerji genellikle taban meyli % 1-3'e kadar olan ve su derinliği fazla olan kanallarda meydana gelmektedir. Bu rejimde akımın hızı küçük olduğundan, kanal tabanı üzerine yerleştirilen blokların akım üzerine fazla

bir etkisi görülmemektedir. Blokların etrafındaki basınç dağılışı hidrostatiktir. Bloklar arasındaki alanda kanal tabanına yakın bölgede akımın hızı sifıra yakın olup bu bölgede çevrıntiler de mevcut değildir. Bu bakımdan bu akım rejiminde blokların hız kırmada veya enerjiyi yutmada etkileri yok denecek kadar azdır.

#### **2. Büyük Hızlı Akım Rejimi (Sel Rejimi)**

Bu akım rejimi, taban meyli % 30'a kadar olan çok meyilli kanallarda ve büyük debilerde oluşmaktadır. Akımın hızı büyük olduğundan su blokları yalıyarak geçmektedir. Bloklar üzerinde su derinliği kritik derinlikten küçüktür. Yapılan araştırmalarda bloklar arası L mesafesinin fazla olduğu durumlarda, bu akım rejiminden yüzeysel sıçramalı akım rejimine geçildiği saptanmıştır.

Bu rejimde bloklar arasındaki bölgede çevrıntiler olduğundan nehir rejiminde olduğundan daha çok enerji kaybı meydana gelmektedir.

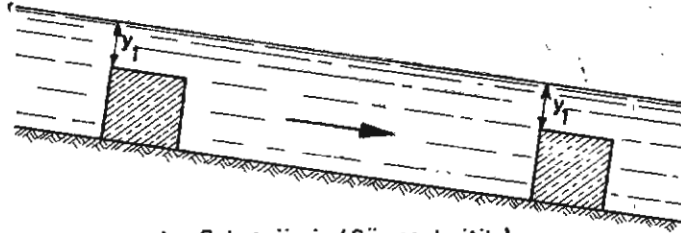
#### **3. Yüzeysel Sıçramalı Akım**

Bu akım rejimi büyük hızlı akım rejiminin olduğu meyillerde, fakat daha üçük debilerde meydana gelmektedir. Kritik akım rejiminin özel bir hali olan bu rejimde akımın hızı süperkritikten (sel rejiminden) sabkiritik (nehir rejimi) durumuna geçmekte ve bu durum periyodik olarak tekrarlanmaktadır. Akım hızının periyodik olarak bu değişimi sonucunda periyodik olarak oluşan yüzeysel sıçramalar büyük enerji kaybına sebep olmaktadır.

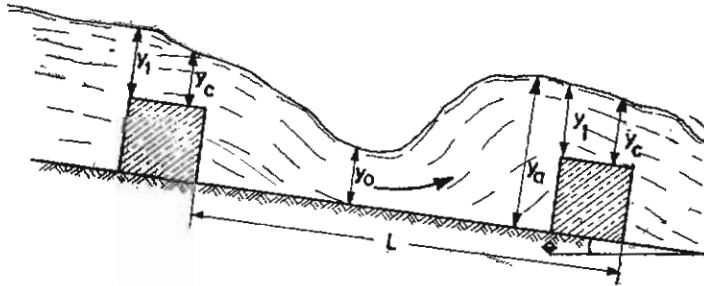
Buraya kadar kısaca izah edilen her üç akım rejimi Şekil 3'te şematik olarak gösterilmiştir.



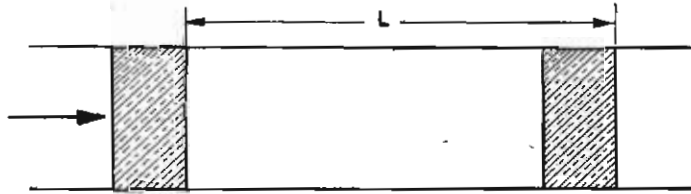
a. Nehir rejimi (Sabit kritik)



b. Sel rejimi (Süper kritik)



c. Periyodik yüzeysel sıçramalı akım



d. Üst görünüş

Şekil : 3 Çok meyilli kanallarda farklı akım rejimleri.

Çok meyilli kanallarda büyük akım hızından meydana gelen ve zararlı olabilecek fazla kinetik enerjinin yutulmasında yüzeysel sıçramanın en etkin bir vasıta olmasından dolayı burada özellikle periyodik yüzeysel sıçra-

malı akım rejiminin oluşum koşullarının planlama esasları incelenecektir.

Bu tip akım rejiminin oluşumu ve devamlılığı kanal meylinin, debinin, kanal tabanı üzerine yerleştirilecek blokların yüksekliğinin (K) ve bloklar



arası mesafenin (L) bir fonksiyonudur. Bu parametreler doğru olarak planlanmadığı takdirde beklenen periyodik yüzeysel sıçramanın tam olarak oluşumu mümkün değildir.

### PERİYODİK YÜZEYSEL SİÇRAMANIN PLANLAMA KRİTERLERİ

Sıçramalı akım rejiminde kanal tabanı üzerine yerleştirilen her blok

$$V_c = \sqrt{g y_c} \dots\dots\dots (5)$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \dots\dots\dots (3)$$

Bu bağıntılardan kritik hız için debiye bağlı olarak aşağıdaki değer yazılabilir:

$$V_c = \sqrt[3]{g q} \dots\dots\dots (10)$$

Denklem (10) yardımıyla, q debsini değiştirmek suretiyle suyu kanalın aşağı kesimlerine, yani kullanma alanına erozyon yapmayan bir  $V_c$  hızıyla akıtmak mümkün olmaktadır.

### PERİYODİK YÜZEYSEL SİÇRAMANIN HER PERİYODUNDA MEYDANA GELEN ENERJİ KAYBI

Yüzeysel sıçramada bir kontrol kesit meydana getiren pürüzlülük blo-

$$K + L \sin \theta + \frac{V_1^2}{2g} y_1 = y_a + \alpha \frac{V_a^2}{2g} + \Delta H \dots\dots\dots (11)$$

Burada :

$\alpha$  = Kinetik enerji dağılım katsayısıdır (dikkate alınması lazımdır. Çünkü a kesiminde eğrisel hare-

bir kontrol kesiti meydana getirmektedir. Su her blok üzerinden geçerken bir noktada kritik derinlikten geçecektir. Sabit bir debide kritik derinlikten geçen su minimum enerji ile akacağından suyun erozyon veya sürükleme gücü de azalmış olacaktır.

Kanal tabanı üzerine yerleştirilen her pürüzlülük bloku üzerinden geçen suyun hızı aşağıdaki bağıntılarla kolayca hesaplanabilir :

ku üzerinde su derinliği  $y_1$  ve her blokun hemen hemen memba kesimindeki yaklaşım hızı  $V_a$  olan suyun derinliği  $y_a$  ise (Şekil 3 c) bu iki kesim için süreklilik denkleminde:

$$V_a y_a = V_1 y_1$$

ve

$$y_a = y_1 + k$$

$$V_1 y_1 = V_a (y_1 + k)$$

bağıntıları yazılabilir. Kanal taban meyil açısı ( $\theta$ ) dikkate alınarak her iki nokta için enerji denklemi yazılırsa (Şekil 3 c):

hareketten dolayı hız dağılımı üniform değildir.)

Bu enerji denkleminde,  $y_a = y_1 + k$  yazılırsa,

$$L \sin \theta + \frac{V_1^2}{2g} = \alpha \frac{V_1^2}{2g} + \Delta H \text{ olur.} \quad (12)$$

Yukarıda tanımlanan yüzeysel sıçramalı akım, periyodik bir üniform akım olduğundan, her periyotta kanal meylinde dolayı meydana gelen enerji kazanımının, aynı periyotta sıçramadan dolayı meydana gelen enerji kay-

bına eşit olması gerekir. Bundan dolayı  $L \sin \theta = \Delta H$ 'dir ..... (13).

Bu bağıntı dikkate alınrsa, denklem (12)'de  $\alpha$  değeri için aşağıdaki ifade yazılabilir :

$$\alpha = \left( \frac{V_1}{V_a} \right)^2 = \left( \frac{y_a}{y_1} \right)^2 = \left( 1 + \frac{K}{y_1} \right) \quad (14)$$

### PÜRÜZLÜLÜK BLOKLARININ YÜKSEKLİK ve ARA MESAFELERİNİN SAPTANMASI

Yukarıda tanımlanan (Şekil 3) periyodik yüzeysel sıçramanın oluşumu için minimum K yüksekliğinin ve L

ara mesafesinin doğru olarak saptanması gerekir.

#### a) Yüzeysel Sıçramayı Oluşturan Minimum K Yüksekliği

Yüzeysel sıçramanın, genel deklemini tekrar yazalım (Şekil 2):

$$y_2 = \frac{1}{2} y_1 \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{8 \cdot q^2}{g y_1^3}} \right] = \frac{1}{2} y_1 \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{8 V_1^2}{g y_1}} \right] \dots (8a)$$

Burada:

- $y_2$  = Yüzeysel sıçrama sonucunda oluşan su derinliği,
- $y_1$  = Yüzeysel sıçramadan önceki su derinliğidir.

üzerinde oluşan yüzeysel sıçramanın derinliği tahmini olarak  $y_2 = K + y_1 = K + y_c$  alınabilir.

Şekil (3 c')de su blok üzerinde bir noktada kritik derinlikten geçeceğinden blokun memba tarafındaki köşesi

İkinci blok üzerinde sıçramanın oluşumu için sıçramadan önceki su derinliği  $y_0$  ise, denklem (8)'de aşağıdaki bağıntı yazılabilir (kanal meyli dikkate alınmadan) :

$$K + y_c = \frac{1}{2} y_0 \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{8 q^2}{g y_0^3}} \right]$$

$$q^2 = g y_0^3 \text{ yazılırsa} \quad (3)$$

K yüksekliği için şu bağıntı elde edilir.

$$K = \frac{1}{2} y_0 \left[ -1 + \sqrt{1 + 8 \left( \frac{y_c}{y_0} \right)^3} \right] - y_c \quad (15)$$

Kanal tabanının meyil açısı dik-kate alınarak yapılar araştırmalarda

K yüksekliği için ampirik olarak aşa-đıdaki denklem elde edilmiştir :

$$K = \frac{1}{2} y_o \left[ -1 + \sqrt{8 \left( \frac{y_c}{y_o} \right)^3 + \frac{1}{(1 - \tan \theta)^2}} \right] - (1 - \tan \theta) y_c^2 \dots \dots (16)$$

veya

$$K = y_c \sqrt{\frac{2}{(1 - \tan \theta)^2} - \frac{y_c}{y_o}} - (1 - \tan \theta)^2 \dots \dots \dots (17)$$

Bu denklemde iki bok arasındaki L mesafesi normal su derinliğinin oluşumu için yeterli ise  $y_c$  su derinliği Manning denklemiyle yaklaşık olarak hesaplanabilir :

$$q = V y_o = \frac{1}{n} R^{2/3} (\tan \theta)^{1/2} y_o$$

Su derinliği çok olmayan kanallarda, hidrolik yarıçap su derinliğine eşit alınabileceğinden :

$$y_o = \left( \frac{n \cdot q}{\sqrt{\tan \theta}} \right)^{3/5} \text{ olur. } \dots (18)$$

Burada :

$y_o = y_n$  normal, üniform su derinliği,

$n$  = kanal cidarının sürtünme katsayısı'dır.

### İKİ BLOK ARASINDAKİ OPTİMÜML MESAFESİ

Pratikte genel olarak iki blok arasındaki L mesafesi normal su derinliğinin oluşumu için yeterli uzunlukta değildir. Bu bakımdan denklem (18) yardımıyla hesaplanan  $y_o$  su derinliği normal derinlikten büyük olabilir. ( $y_o > y_n$ ). Bu

ise hesaplanan K yüksekliğinin biraz küçültülmesi sonucunu vermektedir.

Periyodik yüzeysel sıçramalı akımda pürüzlülük blokları arasındaki akımın türbülanslı oluş durumu çok komplekstir. Bu bakımdan analitik yollarla K yüksekliğini ve L mesafesini tam doğru olarak saptamak çok zordur. L mesafesinin K yüksekliğine bağlı olarak saptanması daha çok ampirik metodlarla olmaktadır. Model denemelerinde elde edilen sonuçlara göre, Şekil (3 c)'de gösterilen periyodik yüzeysel sıçramanın oluşumu ve devamlılığı için, iki blok arasındaki optimum L mesafesi, K yüksekliğine bağlı olarak  $L = 8,5 K$  ile  $L = 10 K$  arasında değişmektedir.

L mesafesi yukarıdaki değerlerden büyük olduğu takdirde, iki blok arasında normal, üniform su derinliği oluşmakta, fakat iki blok arasında su ivme kazanarak sel rejimine yaklaşmakta ve blokları yalıyarak geçmektedir.

$L = 5 K$  ve daha küçük olduğu durumlarda, her ne kadar yüzeysel sıçrama oluşmakta ise de, su yüzeyinde arzu edilmeyen darbeleri dalgalar meydana gelmektedir.

## PERİYODİK YÜZEYSEL SIÇRAMANIN OLUŞUMU İÇİN MİNİMUM BLOK SAYISI

Periyodik yüzeysel sıçramalı akım üniform bir akımdır. Her blok üzerinde aynı şartlar periyodik olarak tekrarlanmaktadır. Bu bakımdan her blok üzerinden geçen suyun kritik hızı ( $V_c$ ) aynı olup, bu hız blok sayısına bağlı değildir. Suyun denklem (10) yardımıyla hesaplanan akım hızı ile kullanma alanına erişmesi için, blokların mansap tarafından başlanarak memba yönüne doğru yerleştirilmeleri gerekir.

Blokların sayısını tayin eden etkenlerin başında bu maksat için yapılacak yatırımın mümkün olduğu kadar az miktarda tutulması gelmektedir. Her blok üzerinde yüzeysel sıçramanın oluşumundan dolayı bloklar üzerinde su yüzeyi de yükselecektir. Bu ise blokların bulunduğu kanal kesiminde hava payının büyütülmesini zorunlu kılacaktır.

tır. Gerek hava payının büyütülme zorunluğu, gerek blok sayısının artırılması yatırımı artıran hususlardır.

Yapılan model denemelerinde meyil ve debiye göre değişmekle beraber minimum blok sayısının beş adetten az olmamasının gerektiği saptanmıştır.

Buraya kadar anlatılan yöntemde dikdörtgen kesitli bloklar esas alınmıştır (Şekil 3).

Farklı ve çeşitli kesitlerdeki blokların kullanılması halinde, projelendirme kriterlerinin saptanması için model denemelerinin yapılması zorunludur.

Yukarıda anlatılan yöntemle çok meyilli kanallarda zararlı olabilecek fazla kinetik enerjinin yutulması veya yüksek akım hızının kırılması için kullanılan pürüzlülük bloklarının suyun büyük sürüklenme gücüne karşı koyabilmesi için, kanal tabanına gereken kuvvetle bağlanması zorunluluğu projelirmede ihmal edilmemelidir.

## LİTERATÜR LİSTESİ

- Morris, H. M., 1968. Hydraulics of Energy Dissipation in Steep, Rough Channels. Bulletin 19, Research Division Virginia Polytechnic Institute. Blacksburg, Virginia
- Petarko A.J. 1963 Engineering Monograph 25, United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation.
- Rössert, R., 1964. Hydraulik im Wasserbau. R. Oldenbourg Verlag München.
- Timm, J. 1970. Hydromechanisches Berechnen. B. G. Teubner Stuttgart.
- Vennard, J. K. 1961. Elementary Fluid Mechanics. John Wiley and Sons, Inc.
- Woodward, S. M. Posey, C. J. 1962. Hydraulics of steady Flow in Open Channels. John Wiley and Sons, Inc.