

REGÜLATİRLERİN (BAĞLAMALARIN) PLANLAMA VE PROJELEME ESASLARI

(1) Feridun HAKGÖREN

I. GİRİŞ

Yurdumuzun büyük bir kısmında arid ve yarı arid iklim şartları hakimdir. Bu bölgelerde yıllık toplam yağış az olduğu gibi, yağışın büyük bir kısmı mahsulün büyüme devresi dışına düşmektedir. Bitki yetişmesi için gerekli olan suyun tabii yollardan temininin problem olduğu bu gibi sahalarda bitkilerin ihtiyacı olan su çeşitli yollardan sağlanır. Bunlar cazibe (gravite), pompaj veya bunların ikisinin kombinasyonu şeklinde olabilir.

Bir sahaya sulama suyu temin edecek bir proje yapılırken herşeyden önce rantabilite düşünülmelidir. Bu nedenle suyun ihtiyaç duyulan sahaya nakli yukarıda belirtilen yollardan en ekonomik olanı ile yapılmalıdır. Şüphesiz ki, en ekonomik olan cazibe ile su teminidir. Fakat bazı durumlarda su kaynağı ile suyun nakledilmesi istenilen saha arasında büyük bir kot farkı olabilir. Bu durumda suyun istenilen araziye verilmesi ya pompaj ile sağlanacak veya akarsu yatağında arzu edilen miktarda suyun kabartılması gerekecektir. İşte bu kabarmayı sağlayacak akarsu yatağın-

daki su yapısına regülatör (Bağlama) denir. Regülatörlerin planlama ve projelendirme esaslarına geçmeden önce bir tarifini yapmak gerekir. Bir akarsuda suyu istenilen miktarda kabartan, arzu edilen miktarda prizlere veren ve o noktada akarsu yatağını sabit tutmaya yarayan tesislere regülatör denir. Regülatörler yapıları bakımından iki tiptirler: a) dolu gövdeli (sabit), b) kapaklı (hareketli). Kapaklı regülatörlerde kapak tipine göre tek veya çift kapaklıdır.

Regülatörler planlanırken bu tiplerden hangisinin seçileceğine karar vermede birçok kriterlerden yararlanılır. İlk bakışta en dar yerin regülatör için en elverişli olacağı hatıra gelirse de bu hal her zaman mümkün değildir. Akarsuyun feyezan anında taşıdığı su miktarı çok büyük ise bent savağının metre tulünden geçmesi gereken debi büyük olacak ve su savağın üzerinde normalden fazla kabarcaktır. Bunun neticesi olarakta memba kısmındaki taşmalar nedeniyle arazi kayıpları meydana gelecek ve bu sahalarda drenaj problemi ortaya çıkacaktır.

(1) Kültürteknik ve Ziraat Alet ve Makinaları Bölümü Asistanı.

Dergi Komisyonun a geliş tarihi: 31.8.1973.

İşletme bakım masrafları dikkate alındığında sabit regülatörler diğer regülatörlerden daha ucuza mal olurlar. Fakat dere yatağının meyli sert, debi fazla, yatak dar, rüsüp hareketlerinin fazla olduğu yerlerde bu tipin teşkili sakıncalı olacağından kapaklı tipin seçimi daha uygun olacaktır. Genel olarak akarsu yatağının metre tulünden geçen debi 5-6 m³/sn'den fazla olduğu durumlarda ya savak tulü uzaltılarak sabit tip teşkil edilir veya kapaklı tipin seçimi gerekir. Feyezan anındaki su miktarının fazla olduğu ve bir dolu savağı teşkil için yer bulunamadığı hal-lerde de kapaklı bağlamalar inşa edilebilir. Bütün bu alternatifler etüt esnasındaki mevcut şartlara göre değerlendirilerek tiplerden en uygunu ve ekonomik olanı seçilmiştir.

II. REGÜLATÖRLERİN PROJELENMESİNDE TAKİP EDİLECEK SIRA

Bir regülatör projesi yapılırken takip edilmesi gereken sıra şu şekildedir.

1. Akarsuyun hidrolojik karakterinin tesbiti

Su yapılarının çok masraflı olması, projelerin hidrolojik dönemlere göre hazırlanmasını zorunlu kılmaktadır. Tatbik edilen projelerin bir taraftan emniyetli ve uzun ömürlü olması, diğer taraftan ekonomik olması için belirli zaman aralıklarıyla (20, 50, 100, 500 ve hatta daha fazla yılda bir) meydana

Rasyonel formül

$$Q_{\text{maks}} = \frac{C.I.A}{3,6}$$

Formülde:

$$Q_{\text{maks}} = \text{Debi (m}^3/\text{sn)}$$

gelecek olan maksimum akışın bilinmesi gerekmektedir (9 a, s. 129).

Akarsuların taşıdığı debinin tesbiti için birçok metot vardır. Bunlardan en uygunu yatak üzerine inşa edilecek eşeller yardımı ile o akarsuyun anahtar eğrilerini çıkararak taşıdığı debileri bulmaktır. Akarsuların hidrolojik karakterleri; minimum, ortalama ve maksimum debi olmak üzere üçe ayrılır (18 s. 15). Minimum debi, akarsuyun yatağından geçen en küçük debidir. Ortalama debi ise, her sene gelmesi muhtemel olan debi olup, tesisin normal olarak geçireceği debidir. Elde rasat yoksa "İskowsky" nin amprik formülü bu hususta bir fikir verebilir (9a, s. 128). Maksimum debi regülatörün korkusuzca geçirebileceği feyezan debisidir. Bu debi 100 yılda bir tekrür eden feyezanın getireceği debidir.

Regülatörlerin hesabı azami debiye göre yapılır. Regülatör inşa olduktan sonra 1000 yıllık bir feyezan gelirse yapacağı hasara katlanmak gerekir. Bazen bu hasar çok büyük olur, bazanda yapılacak küçük bir tadilatla tesis çalışır hale getirilebilir.

Regülatörün üzerinde inşa edileceği akarsuyun maksimum debisi akarsu yatağında alınacak en kesitlerle ve amprik formüllerle hesaplanır. Bugün tatbikatta en çok kullanılan amprik formüller şunlardır : (9a, s. 136, 9b. 137 ve 19, s. 6):

- C = Yüzey akış katsayısı
 İ = Projede kullanılacak tekerrür periyoduna göre yağış şiddeti (mm/saat)
 A = Su toplama havzası (km²)

İskowsky formülü

$$Q_{\min} = 0,0063. K. a. h. E$$

Formülde:

- Q_{\min} = Debi (m³/sn)
 K = Havza özelliğine tabi bir kat sayı
 a = Ortalama yıllık akış kat sayısı
 h = Havzanın ortalama yıllık yağış miktarı (m)
 E = Havza alanı (km²)

$$Q_{\max} = C_h. m. h. A$$

Formülde:

- Q_{\max} = Debi (m³/sn)
 C_h = Havzanın özelliğine tabi bir kat sayı
 m = Yağış alanı büyüklüğüne tabi bir kat sayı
 h = Yıllık toplam yağış miktarı (m)
 A = Havza alanı (km²)

Kresnik formülü

$$Q_{\max} = \frac{32}{0,5 \sqrt{E}} a. E$$

Formülde:

- Q_{\max} = Debi (m³/sn)
 a = Havza özelliğine ve iklim şartlarına bağlı bir katsayı (Ekseri bir'dir.)
 E = Havza alanı (km²)

Hofbauer formülü

$$Q_{\max} = 60. \beta \sqrt{E}$$

Formülde:

- β = kat sayı
 E = Havza alanı (km²)
 20.000 > E > 10 km²

Regülatörlerin projelenmesinde, akarsuyun hidrolojik karakterleri tesbit

edilirken bu dört amprik formülden başka en kesit metoduna göre de debi

ölçmeleri, yapılır. Mahallen yapılan soruşturmalardan ve akarsu yatağındaki incelemelerden maksimum feyazan seviyesi tesbit edilir. Regülatörün yapılacağı yerde akarsuyun ortalama talveg eğiminin tesbiti için boyuna profil, debi miktarının tesbiti içinde enine profiller çıkarılır. Çıkarılacak bu kesitlerde genel olarak uzunluklar 1/500- 1/1000 ve derinlikler 1/50-1/100 ölçeğinde çizilir (9a, s. 220 ve 15, s. 3). Bu en kesitler üzerinde tesbit edilen alçak ve yüksek su seviyelerine göre bulunan alanlardan "Manning formülü yardımı ile debi bulunur. Yüksek su seviyesine göre bulunan maksimum debinin 1,4 katı alınarak, taşkın debisi hesaplanır. Projelemede esas olacak akarsuyun azami debisi, amprik formüllerle ve en kesit metoduyla elde edilen debilerin ortalamasıdır (6, s. 36).

2. Regülatörün yeri ve temel tipinin tayini

Regülatör yerinin seçilmesi, akarsuyun hidrolojik ve jeolojik karakterleri, malzeme ocakları, bağlama tipi ve yüksekliği proje mühendisinin üzerinde dikkatle duracağı mevzulardır. Bu bakımdan regülatör yerinin tayini; regülatörün inşa sebebi bakımından ve temel bakımından da etüd edilmelidir. Mühendislikte önemli faktörlerden biri de ekonomi olduğuna göre, akarsuyun üzerinde bağlamanın yeri tesbit edilirken seçilen alternatiflerden inşaatı en ucuza mal edecek olanına öncelik verilmelidir. Maliyet üzerinde ise en önemli rolü temel oynar. Eksen yeri seçilirken bu durumun göz önünde bulundurulması gerekir.

Regülatör temelleri zemin cinslerine ve inşa tarzlarına göre iki grupta mütalâa edilir.

A. Zemin cinsine göre

a) Kaya zeminlere oturan temeller: En iyi temel cinsidir. Ucuza mal olur ve büyük gerilmeler meydana gelmediğinden her cins kaya üzerinde inşaat yapılabilir. Yalnız bu gibi yerlerde regülatör inşa edilirken deprem hattından ve faylardan kaçınmak gerekir. Zemindeki kaya çatlaksız ise düşü havuzu radyesine lüzum yoktur. Burada kayaya gerekli formun verilmesi yeterlidir. Çatlaklı kayada ise en etkili çare çimento enjeksiyonu ile çatlakların izalesidir (7, s. 40).

b. Kum-çakıl zeminlere oturan temeller: Yapılmış regülatörlerin ekserisi bu tip temel zeminine sahiptir. Kum-çakıl tabakasının kalınlığının yeterli olması halinde stabilize bakımından hiç bir engel yoktur. Fakat zemindeki çakılları büyük olduğunda sızma tulü artacaktır. Bu tulü karşılamak için düşey palplanş perdeleri teşkil edilir. Kum-çakıl içine ahşap palplanşların çakılması güçtür. Çelik palplanşların ise timini zor olduğundan ya kil halılar ile sızma tulünü uzatmak veya metre tul debisini azaltmak için daha geniş bir dolu savak sahasının tesbiti gerekir.

c) Kil zeminlere oturan temeller: En pahalı ve güç temellerdir. Genel olarak bu gibi yerlerden kaçmak lazımdır. Temel kil ise bazı tedbirlerle inşaat yapılabilir. Fakat plastik kil ve çamur halinde başka bir yer aramak daha faydalı olacaktır. Kil temellerde sızma tulü kısa çıkar. Palplanş kolaylıkla çakılır ve yeraltı suyu kolayca önlenir. Killerin hususiyetleri su etkisi ile şişmeleridir. Dengedeki kil tabakasının üzerindeki yükü kaldırırsak bu tabaka hariçten su alarak şişer. Bu şişme ve su alma plastiklik hudu-

duna gelecek olursa killerin içsel sür-
tünme açısı 8-10°'ye kadar düşeceğ-
ğinden kaymalar olabilir. Diğer du-
rumda dengedeki killer feyezan zaman-
larında fazla yüklenmekte, bünyele-
rindeki suyu dışarı veyekte ve neticede
çökmelere sebep olmaktadır. Bu du-
rumda ya böyle zeminlerden kaçınmak
veya sağlam zemin buluncaya kadar
şahmerdanla ahşap palplanş çakılma-
lıdır.

B. İnşa tarzlarına göre

a) Normal temeller: Normal temel-
ler sağlam zeminler üzerine doğrudan
doğruya atılan ve herhangi bir tak-
viyeye ihtiyaç göstermeyen temellerdir.

b) Kesonlu temeller: Yukarda be-
lirtilen tipler tatbik edilemediğinde
kesonlu sisteme gidilir. Bozuk zeminlerde
ve taşlı kum-çakıl temellerde temel
dikdörtgen veya silindir şeklinde keson
kuyular indirilerek inşa edilebilir.

Regülatör inşaaşı için temel yeri
tesbit edildikten sonra regülatörün o-
turacağı zeminin taşıma gücü (zemin
emniyet gerilmesi) şu metotlarla tesbit
edilir (7, s. 44).

1) Regülatör temel alt seviyesine
kadar çukurlar açıp yükleme deneyi
yapmak,

2) Sondaj esnasında seri penetras-
yon deneyi yapmak.

3) Sondaj esnasında bozulmamış
numune alarak laboratuvarlarda ge-
rekli analizleri yapmak.

3. Regülatörün hidrolik hesabı

Regülatör yeri seçilerek geçire-
ceği debiler tesbit edildikten sonra
hidrolik hesaba mansaptan itibaren
başlanır. Bu hesaplamada takip edile-
cek sırayı şu şekilde tesbit edebiliriz:

a) Regülatör mansabının yatak eğiminin tesbiti

Bunun için regülatör yerinden en
az 250 m membaa ve 250 m mansaba
doğru talveg hattı boyunca nivelman
yapılır. Bu boyuna profil 1/1000 yatay
ve 1/100 düşey ölçeğinde çizilir (15
s. 9). Tersim edilen boyuna profilden
ortalama talveg eğimi bulunur. Orta-
lama talveg hattının regülatör yerinden
geçtiği noktanın kotu regülatör yerindeki
talveg kotu olarak alınır.

b) Kabarma eğrileri (su hattının çizilmesi)

Akarsular üzerinde inşa edilen su
yapıları neticesinde su üst yüzü kotu
yükseltildiği takdirde, meydana gelecek
karbarmanın membaya doğru seyrinin
bilinmesi gereklidir (13, s. 200).

Su hatlarının çizilmesinde birçok
usuller vardır. Burada tatbikatta çok
kullanılan ikisinden bahsedeceğiz.

1) Bernouilli denklemi ile su hattının çizilmesi

Şekil 1'de görüldüğü gibi herhangi
bir akarsu mecrasında bir bent vasita-
sıyla suyun kabartıldığını düşünelim.
Burada su hattının çizilmesi için arala-
larında L mesafesi bulunan 1-2 kesit-
lerine Bernouilli denklemini uygulayıp,
Manning formülünü kullanılarak aşağıda
ki eşitlik elde edilir. Yalnız bent sa-
vağının çekim bölgesi dışında kalması
için 2 kesitinin $L_1 = 5h$ mesafeden
bende yakın olmaması gerekir (13, s.
200 ve 16, s. 213).

$$\Delta h = \alpha \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} + \frac{2}{n} \frac{Q^2 L}{A^2 R^{4/3}}$$

Formüle:

$A =$ 1-2 kesitleri arasındaki ortalama ıslak kesit

$R =$ 1-2 kesitleri arasındaki ortalama hidrolik yarı çap

$\alpha = V_2 \leq V_1$ için $\alpha = 1$

$V_2 > V_1$ için $\alpha = 2/3$

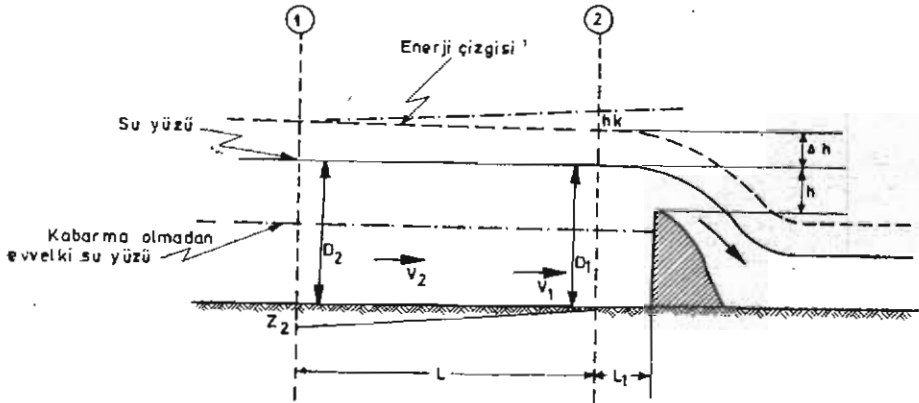
$L =$ İki kesit arasındaki yatay mesafe

$\Delta h =$ Kabartmalar için pozitif, alçalmalar için negatiftir.

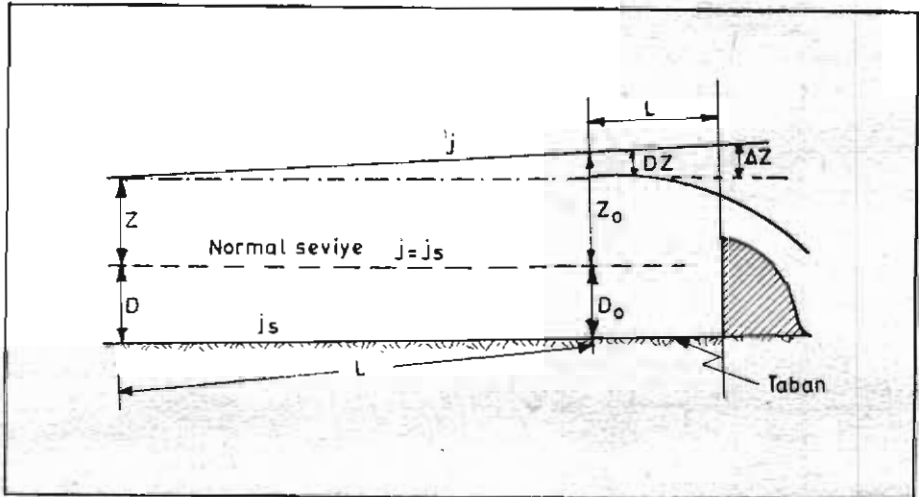
2) Tolkmit metodu ile su hattının çizilmesi

Su hatlarının çizilmesinde çok kullanılan bir metottür. Tolkmit akarsu yatağını parabol şeklinde kabul etmiş ve aşağıdaki formülü geliştirmiştir (Şekil 2). (16, s. 213).

$$L = D/j \left[f\left(\frac{D+Z_e}{D}\right) - f\left(\frac{D+Z}{D}\right) \right]$$



Şekil 1



Şekil 2

Formülde:

- L= Kabarma uzunluğu (m)
Z= Kabartılan miktarı (m)
Z= Kabarma miktarı (m)
D= Su derinliği (m)
j= Akarsu yatağının meyli

Formüldeki $f \left(\frac{D+Z}{D} \right)$ ifadesinin

$$L_1 = D/j \left[f \left(\frac{D-Z}{D} \right) - f \left(\frac{D-Z_0}{D} \right) \right] \left(1 - \frac{jC^2}{g} \right) - \frac{D-Z}{D}$$

Formülde C Bazin'in Chezy katsayısıdır.

Bu iki metottan bir ile alçak ve yüksek su seviyelerinde akarsu yatağı boyunca meydana gelecek kabarma uzunlukları ve miktarları tesbit edilebilir. Bununla da akarsu yatağında herhangi bir noktada yapacağımız bir kabartma ile membada meydana gelebilecek taşmalar neticesinde su baskınlarını tesbit edip, yatak boyunca uygun tetbirler alınabilir.

c) Regülatör mansabındaki oyulmanın tesbiti

1. Oyuntu derinliği: Regülatörlerin mansabında meydana gelecek oyulmaların derinliği Meyer-Peter formülü ile hesaplanabilir (18, s, 36).

$$t = W \frac{h_4^{4,5} \cdot q^{0,6}}{D_{90}^{0,4}} - h_2$$

Formülde:

- t= Oyuntu derinliği (m)
W= Sabite (10,35 olarak alınır)
h₄= Mamba ve mansab enerji seviyeleri arasındaki fark (m)
h₂= Mansaptaki su yüksekliği (m)

D ve Z'ye göre değerleri tablolar halinde verilmiştir (16, s. 215-216).

Dolu savakların çekiş mntıkalarında Tolkmıt'in kabarma eğrisi formülü sıhhatli olarak tatbik edilemediğiden L₁ uzunluğu dahilinde tatbik edilmek üzere Tolkmıt şu formülü geliştirmiştir (13, s. 205).

q= Dolu savaktan geçen metre tul debi (m³/sn)

D₉₀= Mansaptaki malzemenin % 90'ını geçiren eleğin çapı (mm)

2. Oyuntu boyu: Oyuntu boyunun hesabı şu formülle yapılır.

$$l = 2(t + h_2)$$

l = Oyuntu boyu (m)

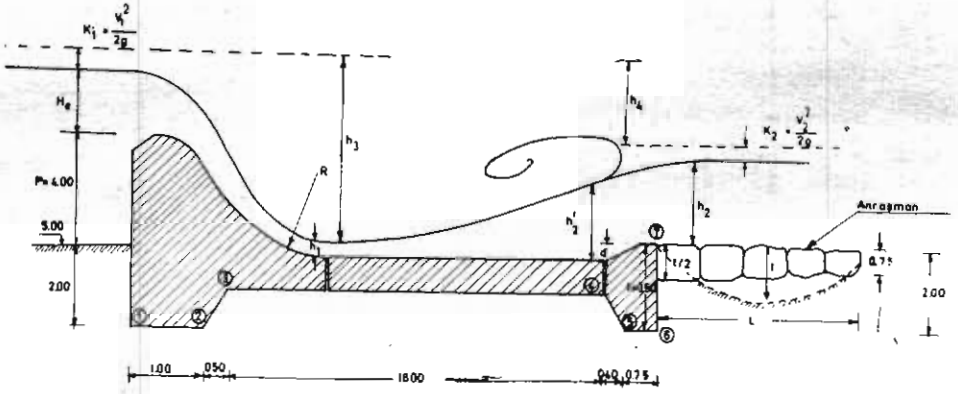
t = Oyuntu derinliği (m)

h₂ = Mansaptaki su yüksekliği (m)

Regülatör mansabında meydana gelecek oyuntu boyu ve derinliğinin miktarına göre parafüy önüne anroşman yapılır, Anşormanın boyu oyuntu boyu kadar olur. Fakat oyutu boyu L < 10 m olursa anroşman uzunluğu emniyet nedeniyle 10 m alınır. Yapılacak anroşmanın parafüy önündeki kalınlığı t/2, anroşman sonu ise 0,75 m olmalıdır. Parafüy yüksekliği t+ 0,50, çakıl geçidi önündeki anroşman uzunluğu 1,5 L olmalıdır (Şekil 3).

d) Sızma hattının tayini ve alttan basınç diyagramının tesbiti

1. Sızma hattının tayini: Sızma hattının tesbiti regülatör hesaplarının önemli kısımlarındandır. Gövdenin al-



Şekil 3

tından sızan suyun kaldırma kuvveti "Lane" teorisine göre bulunur (11, s. 7-13 ve 4, s. 125).

$L = C.H$ Formülde:

L = Sızma tülü (m)

C = Zemin cinsine bağlı bir kat sayı

H = Kret üzerindeki azami yük (m)

Formüldeki su yükü (H) iki şekilde tesbit edilir. 1) feyezan anındaki su yükü, 2) feyezan dışında suyun kanallara alındığı hallerdeki su yükü.

Regülatörün membaî tamamen dolu mansab boş iken (H) hesaplanmalı, feyezan halindeki (H_1) su yükü ile mukayese edilmelidir. Bunlardan hangisi daha büyük ise onu seçmek gerekir (18, s. 38).

Lane teorisine göre sızma hattının uzunluğu, dikey mesafeler (dikeyle 45° den küçük açı yapan) olduğu gibi, yatay mesafeler (yatayla 45° den küçük

açı yapan) mesafeler üçe bölünerek hesaplanır (Şekil 3).

Tatbikatta çok kullanılan "Lane" formülü ile sızma hattının hesaplanmasına bir örnek verelim:

Zemini kum ve ince çakıl olan bir dere yatağına regülatör yapacağımızı kabul edelim. Kret yüksekliği 4 m, mansaptaki su yüksekliği 2 m, proje hesaplamalarında kullanılacak azami debi (feyezan anında) $Q=100 \text{ m}^3/\text{sn}$ ve ye kret uzunluğu (P) 40 m ise sızma hattının uzunluğu ne olur?

$L = C.H$ $C = 3,5$ zemin cinsine göre tablodan

$P = 4 \text{ m}$

$h_2 = 2 \text{ m}$ (mansaptaki su yüksekliği)

Su yükü H iki şekilde hesaplanır:

1- Feyezan halindeki su yükü

2- Feyezan dışında suyun kanala alındığı hallerde (bu anda kretten su aşması bahis mevzu değildir ve su yüksekliği bent elevasyonuna kadardır).

$H_e = 1,5 d_c$

$q = 100/40 = 2,5 \text{ m}^3/\text{sn}$ dir.

$H_{fey} = P + H_e - h_2$

$$dc = \sqrt[3]{\frac{H_1 = P}{\frac{q^2}{g}}} = \sqrt[3]{\frac{2,52}{9,81}} = 0,63 \text{ m}$$

$$H_{fev} = 4,00 + 1,5 \cdot 0,63 - 2,00 = 2,95 \text{ m}$$

$$H_1 = P = 4,00 \text{ m}$$

$H_1 > H_{fev}$ olduğundan sızma tulü;

$$L = C \cdot H_1 = 3,5 \cdot 4,00 = 14,00 \text{ m}$$

Şekil 3'deki sızma tulü ise:

$$L = 2,00 + 1/3 + 0,50 + 18,00/3 + 0,40 + 0,75/3 + 2,00 = 11,48 \text{ m}$$

$L > L$ olmalıdır. O halde:

14,00 - 11,48 = 2,52 m'lik ilave bir tüle ihtiyaç vardır.

Tahkiki sağlamak için bu tul çeşitli usullerle elde edilebilir. Bu usuller şu şekilde sıralanabilir (18, s. 39).

a- Palplanş usülü: Regülatörün memba ve mansap sonlarına palplanş çakılabildiğini kabul edelim. Bu durumda gerekli palplanş tulü;

$$2,52 = 4X$$

$X = 0,63 \text{ m}$ olarak bulunur.

b- Memba geçirimsizlik perdesi usülü: Sızma tulünü uzaltmak için bağlamanın memba tarafı beton kil bir perde ile kaplanabilir.

c- Parafüyleri derinleştirmek veya düşü havuzunu uzaltmak usülü: Bu çözüm şekli diğerlerine göre daha eko-

nomik olduğu durumlarda tatbik edilebilir. Aksi hallerde tatbik edilmemelidir.

2- Alttan basınç diyağramının tesbiti: Tesbit edilen Lane sızma tulü L ve yük H olduğuna göre metre tul yük kaybı:

$$j = \frac{H}{L} \text{ olur.}$$

O halde statik basınçtan (jL) miktarlarını çıkartarak alttan basınç diyağramını elde etmiş oluruz. Şekil 3'teki örneğin çözümü konuyu açılıyacaktır. Şekilde ebatları verilmiş olan regülatörün radye tahkikini yapalım ve alt basınç diyağramını bir tablo halinde gösterelim ($L = 11,48 \text{ m}$.)

Nokta	Statik basınç	Sızma tulü(1)	$j=H/L$	$j \cdot L$	Alt basınç
1	6,00	2,00	4/11,48	0,70	5,30
2	6,00	2,33	"	0,82	5,18
3	5,50	2,83	"	0,99	5,01
4	5,50	8,83	"	3,09	2,91
5	6,00	9,23	"	3,23	2,77
6	6,00	9,58	"	3,35	2,65
7	4,00	11,48	"	4,00	0,00

Yedi nolu noktada alt basıncın sıfır veya negatif çıkması gerekir. Sıfırdan büyük olması halinde hesaplar yenilenir. Bundan sonra radye tahkiki (düşü havuzu kalınlığı) 3 ve 4 nolu noktaları arasında aşağıdaki bağıntıya göre tahkik edilir.

$$\frac{\text{Gövde basıncı}}{\text{Alt basınç}} \geq 1,1 \text{ olmalıdır}$$

Eğer herhangi bir noktada yukarıdaki bağıntı sağlanmaz ise, o noktada göde kalınlığı artırılır. Bu tahkikler neticesinde memba kısmında radye kalınlığı fazla olursa, 1,5-2,0 m ara ile 0,15 x 0,15 m² ebadında radye kalınlığı boyunca üzeri ızgaralı olacak şekilde delikler yerleştirilir. Alttan sızma ile gelen su bu deliklerden düşü havuzuna çıkar. Neticede alt basınç bu noktada % 35 düşürülmüş ve radye kalınlığı azaltılmış olur (16, s. 217).

e- Düşü havuzu derinliğinin ve uzunluğunun tesbiti

Yapılmış olan tesislerde meydana gelmiş tahriplerin hemen hemen hepsi düşü havuzundaki sıçramanın kontrol altına alınmamasından olmuştur. Regülatörlerde düşü havuzlarının boyu amprik formüllerle hesaplanan sıçrama uzunluğuna göre tesbit edilir. Fakat sıçrama uzunluklarını tam olarak bulmaya imkân yoktur. Bu bakımdan kati projeler tanzim edilirken model deneyler istemek en doğru yoldur. Tatbikatçılar aşağıda gösterilen amprik formüllerle hesaplanan ortalama sıçrama uzunluğunun 3/4'nü düşü havuzu boyu olarak almayı tavsiye ederler.

Sıçrama uzunluğunu tesbit için tatbikatta en çok kullanılan formüller şunlardır (16, s. 211).

Pietrowski formülü

$$L = 5,9.h_1.M = 4,33.h_2$$

Mazmann formülü

$$L = \frac{(h_2 + h_1)(h_2 - h_1)}{2.h_1}$$

Bachmeteff formülü

$$L = \left(\frac{5,4.h_1}{h_2} - 0,06 \right) \left[\frac{h_2}{h_1} - 1 \right] h_1$$

Smetana formülü

$$L = 6 (h_2 - h_1)$$

Voycicki formülü

$$L = (h_2 - h_1) [8 - 0,025 (-1 + \sqrt{1 + 8M^2})]$$

Ludin formülü

$$\frac{h_2 - h_1}{L} = \frac{1}{4,5} - \frac{1}{6M}$$

Formüllerde:

L = Sıçrama uzunluğu (m)

h₂ = Sıçramadan sonraki derinlik (m)

h₁ = Sıçramadan evvelki derinlik (m)

$$M = \text{Froude sayısı} = \frac{V_1}{\sqrt{g.h_1}}$$

Tatbikatta düşü havuzunun boyunu tesbitte şu yol takip edilir (18, s. 49):

a) Sızma hattını karşılayacak düşü yatağı uzunluğu hesaplanır,

b) Amprik formüllerle hesap edilen ortalama sıçrama uzunluğunun 3/4'ü alınır ve yukardaki uzunluk ile karşılaştırılır,

c) Birinci halde bulunan tul uzun ise parafüylere bir miktar küçültülerek tul

$$\text{Creager formülü} \quad h_2 = \sqrt{\frac{2, q^2}{g \cdot h_1} + \frac{h_1^2}{4}} - \frac{h_1}{2}$$

$$h_1 = q/v \quad V = (\text{yaklaşım hızı}) = \sqrt{2gh_3}$$

Düşü havuzu derinliği (d)=h₂'-h₂
h₂'<h₂+d olmalıdır ki uyun enerjisi düşü havuzunda kırılabilsin

Rehbock formülü d=0,08.h^{2/3}.p^{1/3}

Formülde: h= Kret su yükü (m)

P= Kret yükseklik (m)

d= Düşü havuzu derinliği (m)

f- Bent gövdesinin hidrolik hesabı

Regülâtör gövdesinin hidrolik hesabına savak eşiği (kret) kotunun tayini ile başlamak gerekir. Bu kot bağ-

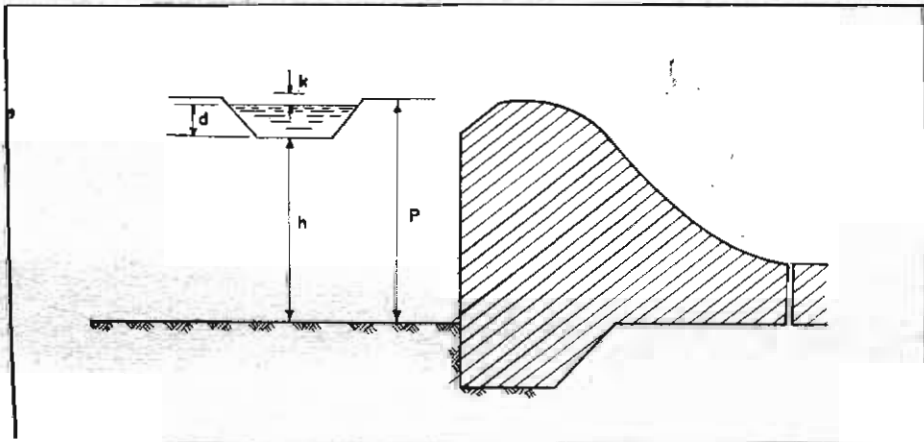
kısaltılır ve böylece elde edilen iki çözüm ekonomik bakımdan birbirleri ile mukayese edilir. (a) şıkkının verdiği netice diğerlerinden küçük ise (bu hale pek rastlanmaz), o takdirde formüllerle elde edilen ortalama tul esas alınır.

Düşü havuzu derinliği Creager'in tavsiye ettiği ve fevkalade neticeler verdiği metoda (18, s. 71). veya Rehbock'un metoduna (6, s. 384) göre tesbit edilir (Şekil 3).

lamanın göreceği hizmet bakımından olduğu gibi hidrolik faktörler bakımından da dikkatle tesbit edilmelidir (18, s. 71).

Kret yüksekliği ana kanaldaki su üst kotundan (dalga payı) 0,15-0,20 m yüksek olması yeterlidir. Regülâtörün memba kısmında talveg kotu ile priz tabanı kotu arasındaki mesafe (h), prizdeki su yüksekliği (d) ve prizdeki hava payı (k) ise kret yüksekliği (P) Şekil 4'den:

P=h+d+k şeklinde bulunur.



Şekil 4

Keret yüksekliğini tesbit ettikten sonra bent, gövdesinin hidrolik hesabının yapılması için aşağıdaki sıra akıp edilir.

1- Bent savak uzunluğunun seçilmesi: Regülatör projesi yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan birisi de savak uzunluğunun tesbitidir. Regülatörün yerini bir bakıma azami feyezan sarfiyatı tayin eder. Bent gövdesinin uzunluğu azaldıkça feyezan debisini geçirecek savak üzerindeki su yükünün artacağı muhakkaktır.

Savak yükünün artması ile:

- Sızma tulü artacak,
- Alttan basınç artacak,
- Bütün üstyapı yükselecektir.

Sızma tulü ve alttan basıncın artması düşü yatağı tabanının kalınlaşmasını, parafüylerin derinleşmesini veya palplanş çakılmasını gerektirecektir. Bu şartlar altında dar yerlerde inşa edilecek regülatör geniş yerlerde inşa edilecek olanlardan daha pahalıya mal olabilecektir (18, s. 72).

Dolu gödeli regülöterlerde bent savak tulü metre tuldən 5-6 m³/sn'lik bir debiyi geçirebilecek bir uzunlukta olmalıdır. Bu bakımdan bent savak uzunluğu feyezan anındaki debinin 5'e bölünmesi ile elde edilir.

$$b = Q/5 \quad b = \text{Çakıl geçitleri dahil savak tulü}$$

$$Q = \text{feyezan anındaki debi}$$

$$b = \text{Savak tabanı} + \text{çakıl geçidi} + \text{yan koruma (gido) duvarları}$$

Mevcut yatak genişliği (b') ile savak tulü (b) arasında aşağıdaki bağıntılar vardır:

1- $b > b'$ halinde regülatör için dere yatağı küçüktür. Bunun içinde ya regülatör yeri değiştirilir veya 5 m³/sn'lik debiden fazla debi geçirilmeğe çalışılır, dolayısıyla kapaklı tip seçimine gidilir,

2- $b = b'$ halinde dere yatağı regülatörü yapmamız için yeterli genişliktedir.

— $b < b'$ durumu bize alternatif verecek en iyi haldir.

2- Bent savak profilinin tesbiti

Dolu gövdeli regülatörlerde savak profilinin büyük önemi vardır. Genel olarak savak profilinin çiziminde üç metot kullanılır (18, s. 75). Bu metotlar: a) Creager profili, b) üçüncü derecede parabol, c) 1/0,60 eğimli doğru parçasıdır.

Bugün tatbikatta en çok kullanılan savak şekli Creager profilli savaklardır. Creager'e göre savak profilleri iki tipte seçilmektedir. Birinci tipteki eğride meydana gelen savak kesiti bazan statik değerlerden ince kalır. İkinci tip ile çizilen gövde ise memba tarafının eğimli olması nedeniyle hem debiyi birinci şekilden daha iyi aktarır hem de statik bakımdan tabkiki kolayca sağlar. Şekil 5 ve 6 daki tablolar birim yük altında Creager profilinin nasıl çizileceğini vermektedir (16, s. 180).

Bent profilinin düşü havuzu ile birleştiği yerdeki etek çizimi ise;

$$R = k \left(\frac{q}{V_2} + h_4 \right)$$

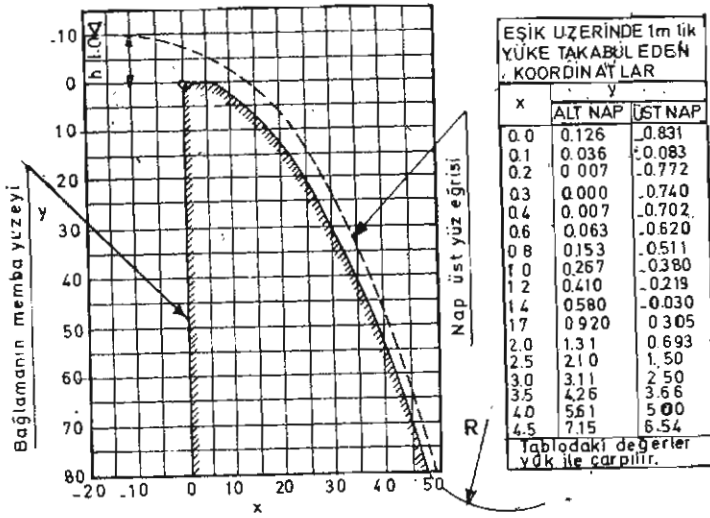
Formülde:

$$V_2 = \sqrt{2gh_4}$$

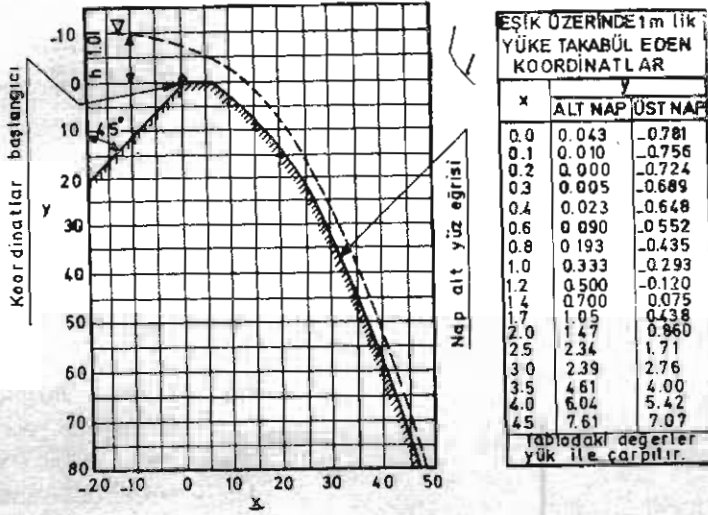
$h_4 =$ Memba ve mansap su seviyeleri arasındaki fark

$k =$ Froud sayısına
göre abaklardan bu-

lunan minimum yarı
çap kat sayısı



Şekil 5



Şekil 6

3- Bent savaklarından geçecek de- binin hesabı :

Bent savağı üzerinden suyun akı-
şında a) serbest naplı b) batık naplı
olmak üzere iki hal mevcuttur.

a) Serbest naplı akımda; Bendin
gövde yüksekliği mansaptaki su yük-
sekliğinden fazladır. Dere yatağı meyli
binde mertebesinde, yatak geniş ve sü-
rüntü malzemesi az olan yerlerde akı-

mın serbest olduğu regülatör yapılabılır. Bu durum Creager profilli savaklarda görülür. Serbest naplı savaklardan geçen debi aşağıdaki formülle hesaplanır (15, s. 20 ve 16, s. 181).

$$Q = m \cdot L \cdot h \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Formülde:

$$h = H_e = 1,5 \cdot d_c$$

$$m = \text{Debi kat sayısı}$$

$$L = \text{Savak tulü (m)}$$

Bütün savak problemlerinde tatbikatçıyı en çok meşgul eden husus debi kat sayısıdır. Bu kat sayı benzin meydana getireceği kabartma ile ilgilidir. Randolph yaptığı araştırmada debi katsayısı (m) için şu formülü vermiştir (18, s. 77);

$$m = m_0 (h_4/H_e)^{0.17}$$

Formülde:

$$m_0 = \text{Savak profilini çizmek için kullandığı}$$

$$Q = 2/3 \mu L \sqrt{2g} \left[(h_4 + \frac{V^2}{2g})^{3/2} - (\frac{V^2}{2g})^{3/2} \right] + \mu L \sqrt{2g} (H_e - h_4) \sqrt{h_4 + V^2/2g}$$

Formülde:

$$L = \text{Savak tulü (m)}$$

$$\mu = \text{Kat sayı}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \text{Yaklaşım hızı}$$

$$h_4 = \text{Membra ve mansap su seviyeleri arasındaki fark}$$

g- Priz boyutlarının tesbiti

Regülatör prizi (su alma tesisi) mecbur kalınmadıkça bent aksına paralel yerleştirmemelidir. İlk yaklaşım için

muz yüke tekabül eden debi kat sayısı

$$h_4 = \text{Membra ve mansaptaki su seviyeleri arasındaki kot farkı}$$

Hesapla bulunan H_e değeri ($H_e = 1,5 \cdot d_c$) yukarıdaki debi formülünde kullanılarak bir debi bulunur. Bulunan debi feyezan debisinden küçük ise H_e değerini azaltıp çoğaltmak suretiyle (totanmanla) feyezan anındaki debiyi veren H_e değeri bulunur. Bu değer enerji çizgisinin hesabında esas alınır (Şekil 3).

b) Batık naplı akımda; Regülatörün gövde yüksekliği mansaptaki su yüksekliğinden azdır. Dere yatağında meyil sert, debi fazla, rüsüp hareketi fazla olduğu yerlerde ancak kretin alçak olmasıyla regülatör tatbik edilebilir. Bu tip savaklarda debi su formülle hesaplanır (15, s. 21 ve 16, s. 181).

1/3 eğimle yerleştirmek yeterlidir. Daha sonra gerekli verelik verilebilir (7, s. 40). Prizden alınacak debi sulanacak arazi için lüzumlu su kadar olacaktır. Bu nedenle priz ebetleri debi bilindiğine göre kolayca tesbit edilebilir. Prizden iri tanelerin ve teressübatın geçmemesi için talvegden itibaren 0,60 m'lik (en az) bir eşik yapılır. Eşiğin tabanının 1/4 daire şeklinde yuvarlatılması arzu edilir.

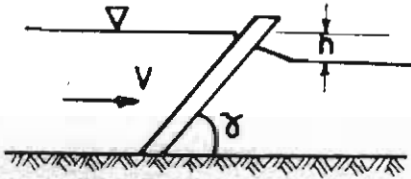
Priz girişinde akım suya batmış orifis şeklindedir. Debi aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$Q = \mu \cdot b \cdot h \sqrt{2g(h+k)}$$

Formülde:

- Q = Debi (m³/sn)
 b = Kapak genişliği (m)
 h = Kapak açıklığı (m)
 k = Yaklaşım hızı (V²/2g)
 μ = Debi kat sayısı

Prizerin önlerinde genellikle bir ızgara bulunur. Izgaradan dolayı girişte bir yük kaybı olacaktır (16, s. 171). Bu yük kaybı aşağıdaki formülden hesaplanabilir (Şekil 7):



Şekil 7

$$h = \frac{V^2}{2g} C \quad C = \beta (S/b)^{4/3} \cdot \sin \gamma$$

Formülde:

- β = Izgara şekline göre bir kat sayısı
 S = Izgara çubukları kalınlığı

$$Q = 2/3 \cdot C \cdot L \sqrt{2g} \left[(h+h_a)^{2/3} - h_a^{2/3} \right] + C \cdot L \sqrt{2gH} \sqrt{h+h_a}$$

Formülde:

- Q = Çakıl geçidinden geçecek debi (m³/sn)
 C = Debi kat sayısı (0,65 olarak alınması tavsiye edilir (7, s. 38))
 L = Çakıl geçidi genişliği (m)
 h_a = Kinetik yükseklik (V²/2g)
 V = Yaklaşım hızı (m/sn)

- b = Izgara çubukları aralığı
 γ = Izgara meyil açısı

h- Çakıl geçidi boyutlarının tesbiti ve rüsup problemi

Regülatör gövdesinin memba kısmı kısa zamanda akarsuyun taşıdığı rüsubat ile dolacağından bu rüsubatın prizlere girip ana kanalı doldurma ihtimali daima mevcuttur. Çakıl geçidinin görevi regülatör membaında biriken rüsubatı mansap kısmına geçirmektir. Bu geçid priz önünü bir duvarla ayırarak meydana gelen koridorun sonuna bir kapak koymakla elde edilir (18, s. 84).

Elli metre kadar dolu gövde uzunluğu olan regülatörlerde çakıl geçidi tek gözlü, daha uzun olanlarda iki gözlü inşa edilmesi uygundur (7, s. 40).

Hidrolik hesap suyun çakıl geçidi üzerinden veya kapak altından geçmesi durumuna göre iki halde yapılır.

1- Suyun çakıl geçidi üzerinden akması hali: Bu halde çakıl geçidinden geçecek debi aşağıdaki formülden hesaplanır:

- h = Memba ve mansap su seviyeleri arasındaki fark (m)

2- Suyun çakıl geçidi kapağı altından geçmesi hali: Bu halde akım suya batmış bir orifis şeklindedir. Çakıl geçidinden geçecek debi şu formülle hesaplanır:

$$Q = \mu \cdot b \cdot h \sqrt{2g(h+k)}$$

Formülde:

- Q = Çakıl geçidinden geçen debi (m³/sn)

μ = debi katsayısı (0,70 olarak alınır)

b = Kapak genişliği (m)

h = Kapak açıklığı (m)

$k = V^2/2g$

Her iki formülde de Q sulama mevsiminde akarsu yatağında mevcut maksimum debidir.

i- Çökeltim havuzu boyunun hesabı

Kanala giren sürüntü maddesinin işletme anında bir çok güçlükler meydana getireceği bilinir. Bu nedenle zararlı olan sürüntü maddesinin tutulması için her türlü tedbiri almak gerekir. İşte çökeltim havuzu su alma prizinden geçen bu tanelerin tutulmasına hizmet eder. Havuzda danenin çökeltmesini sağlayacak havuz uzunluğu model deneyleri veya hesaplamayla tesbit edilir. Çökeltim havuzunun boyunun hesabında esas olan çökeltilecek dane çapının bilinmesidir. Kanalda sürüklenen dane çapının hesapla bulunuşunun deneysel formülü (7, s. 67-68).

$$0,06 = \frac{\tau}{W.Q} \quad \tau = 1000.R.j$$

Formülde:

τ = Kanal sürüklenme gücü (kg/m^2)

W = Su içinde dane özgül ağırlığı (1,65 alınabilir)

Q = Sürüklenen dane çapı (mm)

R = Hidrolik yarı çap (m)

j = Kanal meyli

Çökeltilecek dane çapı tesbit edildikten sonra havuz boyu aşağıdaki formül ve abaklar yardımı ile bulunabilir:

$$V_s = \frac{3600.Q}{L.B} \quad (m/saat)$$

Formülde:

V_s = Çökme hızı (m/saat)

Q = Geçen debi (m^3/sn)

L = Çökelti havuzu boyu (m)

B = Çökelti havuz genişliği (m)

\emptyset dane çapına göre Stoc egrisinden (7, s. 68) V_s çökme hızı bulunarak B çökeltim havuzu genişliği bilindiğine göre L havuz boyu hesaplanabilir (Şekil 8).

4. Regülatörlerin statik hesabı

Dolu gövdeli regülatörlerin statik hesaplarının yapılmasında gerekli olan elemanlar:

a- Gövde: Regülatör gövdesinin statik hesabına giren kuvvetler

1) Su etkisi

2) Toprak etkisi a) aktif toprak etkisi, b) pasif toprak etkisi

3) Alttan basın

4) Regülatör gövdesinin ağırlığı

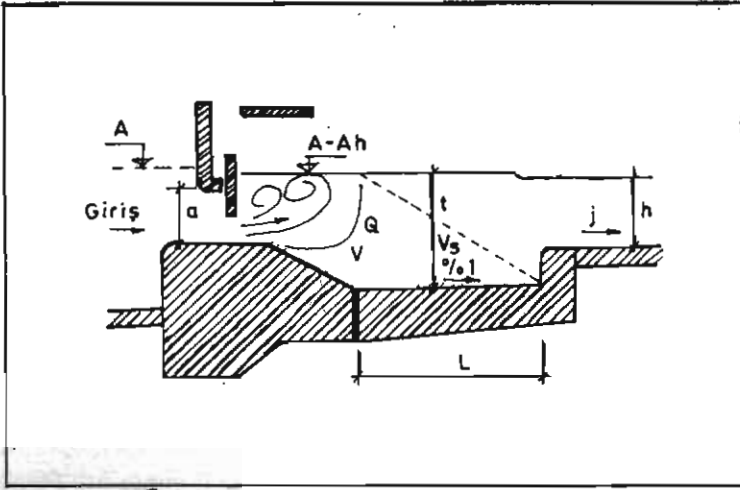
5) Üstten gelen su basıncı

b- Düşü havuzu: Düşü havuzunun statik hesabında

1) Düşü havuzu radyesinin hesabı

2) Düşü havuzu sonundaki tırnağın (Diş) hesabı

Regülatör gövdesine etki eden bu kuvvetler tesbit edildikten sonra statik bakımdan aşağıdaki tahkikler yapılır.



Şekil 8

1- Devrilme tahkiki

$$\text{Devrilme emniyeti} = \frac{\text{ faydalı momentler}}{\text{ devirici momentler}} \geq 1,5 \text{ olmalı}$$

2- Kayma tahkiki

$$\text{Kayma emniyeti} = \frac{\text{ yatay kuvvetler}}{\text{ hafifletilmiş ağırlık kuvveti}} < \text{Zemin emniyet gerilmesi}$$

3- Kaldırma emniyeti

$$\text{Kayma emniyeti} = \frac{\text{Düşey kuvvetler}}{\text{ alttan kaldırma kuvveti}} > 1,1 \text{ olmalı}$$

4- Zemin gerilme tahkiki

$$\text{Zemin gerilmesi} = \frac{\sum \text{moment}}{F} \left(1 \mp \frac{6e}{b} \right)$$

Formülde:

F = Alan

e = Eksantrite

$$e = \frac{\text{toplam moment}}{\text{toplam kitle}}$$

FAYDALANILAN ESERLER

1. Alkan, Z. 1972. Zirai İnşaat, Atatürk Üniversitesi yayınları, Atatürk Üniversitesi basımevi, Erzurum.
2. Babbitt, H. E., Doland, j. j. ve Cleabsy j. L. 1967. Water Supply Engineering. McGraw-Hill Book company Inc, Newyork.
3. Berkman, İ. 1965. Küçük Toprak Barajlar, Köy İşleri Bakanlığı yayınları No. 24, Ankara.
4. Bogomolow, G. V. Silin, A. İ. ve Bektounourine, 1965. Özel hidroloji. (Çevirenler: Karacadağ, K., Şebner, A ve Türkmen, M) DSİ yayınları No. 485 Ankara.
5. Chow, V. T. 1959. Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill Book Company Inc, Newyork.
6. Dönmezer, H., 1951. Su Kuvvetleri Tesisleri Teknik, Okul yayınları say. 55. İstanbul.
7. DSİ Sınai Yapıları Fen Heyeti, 1969. Regülatör Proje Kriterleri. DSİ yayınları No. 619, Ankara.
8. DSİ, 1955, Bent Tipinin tayinine ait esaslar. Teknik Klavuz, No. 4 DSİ yayınları No. 18 Ankara.
- 9a. Engenez, N. 1963. Su Yapıları. Cilt. 1, İTÜ yayınları sayı, 524, İstanbul.
- 9b. Engenez, N. 1964. Su Yapıları, Cilt, 2. İTÜ yayınları, sayı 581, İstanbul.
10. Karabey, O. 1969. Tirol Tipi Bentler. Köy İşleri Bakanlığı yayınları, No. 111, Ankara.
11. Özal, K., 1967. Küçük Toprak Barajların Planlama Projelendirme İnşaat ve İşletme Esasları. ODTÜ mühendislik fakültesi sulama ve kurak bölge araştırma laboratuvarı, Ankara.
12. Özdengiz, A. 1970. Hidrolik ve Hidroloji, Atatürk Üniversitesi Zir. Fak. ders notları, Erzurum.
13. Perçin, M., 1963. Hidrolik, Topraksu Genel Müdürlüğü yayınları sayı, 167, İstanbul.
14. Rouse, H., 1964. Engineering Hydraulics, John Wiley and Inc. Newyork.
15. Saidoğlu, Y., 1967. Bağlama Ders Notları, Topraksu Eğitim Merkezi Tarsus.
16. Sayman, D., Şentürk, F., 1959. İnşaat Mühendisleri İçin Yardımcı Cetveller, 3. baskı, İstanbul.
17. Schleiermacher, E., 1967. Su Kuvvetleri, İnşaat ve Proje Esasları. İTÜ Yayınları sayı: 702. İstanbul.
18. Şentürk, F., 1958. Bağlamalar, İstiklal Matbaası, Anara.
19. Soykan, İ., 1964. Hidroloji I ve II cilt, Topraksu Eğitim Merkezi ders notları, Bornova- İzmir.