

Hareketli Bağlamaların Düşüm Yataklarında Öngörülen Enerji Kırıcı Eşiklerin İncelenmesi

Cevat ERKEK *

Sedat KAPDAŞLI **

1. GİRİŞ

Bağlamaların mansabında meydana gelen oyulmalar yapının kayma ve devrilme emniyetini tehlikeye düşürür. Bu oyulmaları önlemek veya emniyeti tehlikeye düşürmeyecek mertebeye indirmek amacıyla bağlamaların mansap tarafında düşüm yatakları öngörülür. Düşüm yatakları menba ve mansap akım şartlarına göre çeşitli tip ve özellikte yapılabilir.

Düşüm yataklarında enerjiyi kırmak amacıyla çeşitli tedbirler öngörülür. Bu tedbirler sayesinde enerjinin harcanması, sıçramanın kararlılığı, sıçramadan sonraki su derinliğinin azaltılması sağlanır.

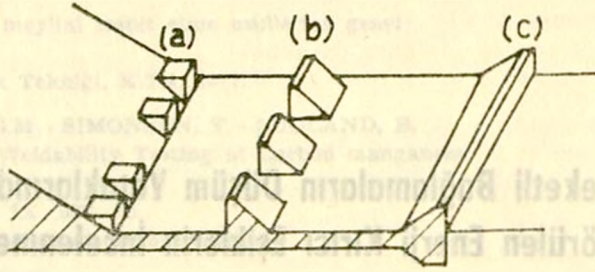
Düşüm yataklarının projelendirilmesi ve boyutlandırılması en iyi şekilde model çalışmaları ile yapılmakla beraber genel olarak alınacak başlıca tedbirler üç grupta toplanabilirler. [2].

(a) Akım dağıtıcıları

Akım dağıtıcılar bağlamadan hemen sonra düşüm yatağının başlangıcına yerleştirilirler ve akım derinliğini h_1 den h_1' değerine yükseltmek suretiyle sıçramadan sonraki h_2 derinliğinin h_2' değerine düşmesini sağlarlar. Ayrıca akımı jetlere ayırırlar, türbülansın meydana gelmesini sağlayarak istenilen enerji kaybını temin ederek düşüm yatağının boyunun azaltılmasına yardımcı olurlar. Şekil 1.(a).

* Doçent, Dr. - Ing., İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Su Yapıları Kürsüsü Taşkışla - İstanbul.

** Asis. Yük. Müh. İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Su Yapıları Kürsüsü Taşkışla - İstanbul.



Şekil 1. Düşüm yataklarında kullanılan enerji kırıcılar

(a) = Akım dağıtıcıları, (b) = Enerji kırıcılar,

(c) = Son eşik

(b) Enerji kırıcılar

Bu tip yapılar akıma karşı büyük bir direnç gösterdiklerinden düşüm yatağında enerji kırmak için öngörülebilecek en önemli tedbirlerdendirler. İmpuls eşitliğine direkt etki ederek sıçramanın teşekkülünün kararlılığını sağlarlar ve enerji harcanması için gerekli türbülansı temine yardımcı olduklarından düşüm yatağının boyutlarını % 15 - 20 azaltabilirler.

Enerji kırıcılar minimum debilerde mansap su seviyesini düzenler, max. debilerde akımı nehir yatağından başka yöne çevirirler. Bu tedbirler öngörüldüklerinde mansap suyu derinliği azalır ve daha kısa bir düşüm yatağı uzunluğu temin edilir. Şekil 1.(b).

Enerji kırıcı blokların toplam genişliği kesit genişliğinin % 40 - 55 arasını alması gerekmektedir. Verilen değerler arasında kullanıldığında daha iyi sonuçlar elde edilmektedir.

Enerji kırıcıların bir çok tip ve şekillerinden amaca en uygun olanı ancak model deneyleri ile bulunabilir.

(c) Son eşik

Düşey basamaklı, eğimli veya dişli olarak düşüm yatağının sonunda öngörülen eşikler akımı tabandan yüzeye çevirir ve ortada bir çevrinti yaratır. Bu çevrinti malzemeyi düşüm yatağının hemen ardına yığar bu sayede oyulmayı düşüm yatağından uzaklaştırır ve sıçramanın düşüm yatağının içinde meydana gelmesine yardımcı olur Şekil 1. (c)

Bu çalışmada şimdiye kadar çok az araştırılan kapakların altından ve üstünden su geçmesi durumu esas alınarak enerji kırıcı eşiklerin kullanıldığı düşüm yatakları incelenmiş ve düşüm yatağında enerji kırıcı eşiklerin kullanılması ve kullanılmaması durumlarının bir karşılaştırılması yapılmıştır.

2. DÜŞÜM YATAĞI BOYUTLARINA TESİR EDEN FAKTÖRLER

Oyulma olayı aşağıdaki parametrelerin fonksiyonu olarak gösterilebilir.

$$F = f(l_d, q_a, q_u, g, \nu, s, h_0, v_1, h_1, h_3, t_0, l_i, d_m)$$

Bu parametrelere boyut analizi uygulanacak olursa aşağıdaki boyutsuz sayılar bulunur.

$$F' = f\left(\frac{q_a \cdot g}{v_1^3}, \frac{l_d \cdot g}{v_1^2}, \frac{q_u \cdot g}{v_1^3}, \frac{\nu \cdot g}{v_1^3}, \frac{s \cdot g}{v_1^2}, \frac{h_0 \cdot g}{v_1^2}, \frac{h_1 \cdot g}{v_1^2}, \frac{d_m \cdot g}{v_1^2}, \frac{h_3 \cdot g}{v_1^2}, \frac{t_0 \cdot g}{v_1^2}, \frac{l_i \cdot g}{v_1^2}\right)$$

Burada; l_d = Düşüm yatağı boyu; q_a = Kapağın altından geçen birim debi; q_u = Kapağın üstünden geçen birim debi; g = Yerçekimi ivmesi; ν = Suyun kinematik vizkozitesi; s = Eşiğin yüksekliği; h_0 = Kapağın arkasındaki su seviyesi; v_1 = Sıçramanın başlangıcındaki su hızı; h_1 = Sıçramanın başlangıcındaki su derinliği; h_3 = Mansap su derinliği; t_0 = Oyulma derinliği; l_i = Oyulma boyu; d_m = Ortalama dane çapıdır.

3. BENZERLİK KANUNLARI

Medel deneylerinden elde edilen sonuçların tabiatta da geçerli olabilmesi için model ile tabiat arasında belirli benzerlik kanunlarının bulunması gerekir. Model ile prototip arasında geometrik, kinematik ve dinamik benzerlik olmak üzere üç benzemiş kriteri düşünebilir.

Geometrik benzerlikte prototip ve modeldeki bütün boyutlar arasında sabit bir oran şartı aranır. Bu şart ise model ve tabiattaki kullanılan hareketli taban malzemelerinin bütün danelerinin yer ve şekil benzerliğini gerektirir.

Kinematik benzerlik geometrik benzerlik yanında tabiattaki ve modeldeki zamanlar arasındada belirli bir oranı gerektirir.

Dinamik benzerlik ise diğer iki benzerliğe ilaveten homolog noktalara etkiyen kuvvetler arasında da belirli bir oran olması şartını getirir.

Oyulma problemlerinde viskoz kuvvetlerin etkisi ortadan kalktığından veya ihmal edilebilecek büyüklükte olduğundan Froude benzerlik kanununun geçerli olduğu kabul edilebilir. Bu benzerlik kanunu model ve tabiatda Froude sayılarının eşit olması esasına dayanır.

$$\frac{F_{r,m}}{F_{r,N}} = F_{r,r} = \frac{u_r}{g_r^{1/2} L_r^{1/2}} = 1 \quad (1)$$

Burada g_r = Yerçekimi ivmesi ölçeği; L_r = Geometrik boy ölçeği; $u_r = L_r^{1/2}$ = Hız ölçeği; $M_r = L_r^3$ = Kütle ölçeği; $T_r = L_r^{1/2}$ = Zaman ölçeği; $Q_r = L_r^{5/2}$ = Debi ölçeği; $q_r = L_r^{3/2}$ = Birim debi ölçeği; $K_r = L_r^{-1/6}$ = Pürüzlülük katsayısı ölçeğidir.

Modelde kullanılacak malzemenin geometrik ölçeğe göre küçültülmesi bilhassa ince daneli taban malzemesi olduğu yerlerde dane çapının çok küçük olmasına yol açar. Bu şekilde çok ince daneli malzeme kullanıldığında danelerin hareket mekanizması çok farklı olacağından benzerlik kanunlarının gerçekleşmesi mümkün değildir.

Bu gibi durumlarda hafif fakat daha kaba malzeme kullanılması daha iyi neticeler vermektedir. Bu durumda hareket eden dane kütlelerinin benzerlik kriteri tam teşekkül etmiş pürüzlü akımlar için [1].

$$\lambda_s \cdot \lambda_D \cdot L_r^{-1} = 1 \quad (2)$$

eşitliği ile ifade edilebilir.

Burada; λ_s = Rölatif yoğunluk ölçeği; λ_D = Dane büyüklük ölçeği; L_r = Model ölçeğidir.

Verilen benzerlik kriteri sürüntü maddesi hareketi ve hareketin başlangıcı için yeterlidir.

Oyulmalar çevrinti ve çözümlerin tesiri altında olduğundan bu tip problemlerin geçerli benzerlik şartı aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir.

$$\delta = \frac{V - V_{krit}}{W} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{A_r}} > 100 \quad (3)$$

Burada; \bar{V} = Ortalama hız (m/sn); V_{krit} = Sürüntü maddesi hareketinin başlaması için kritik ortalama hız (m/sn); W = Çökelme hızı (m/sn); A_x = Boyutsuz büyüklük olup,

$$A_x = \frac{1}{\Delta} \cdot \frac{v^2}{gd^3}$$

ifadesi ile verilebilir.

Burada; Δ = Rölatif yoğunluk; d = Ortalama dane çapıdır.

Yalın [7] model deneylerindeki sürüntü maddesi hareketinin benzerliği için Froude benzerlik kanununa göre zaman ölçeği olan $T_r = L_c^{1/2}$ eşitliğinin geçerli olabilmesi için modelde katı madde olarak min. 1,8 mm çaplı taban malzemesi gerektiğini göstermiştir. Sınır şartları Yalın tarafından

$$\begin{aligned} \gamma_m &= \gamma_N \\ \lambda_D &= L_r \\ d_m &> 1.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

olarak belirlenmiştir.

İki boyutlu oyulma problemlerinde oyulma derinliğinin ölçeği,

$$(t_{max})_N = \lambda_w \frac{L_r^{3/2}}{\lambda_{V_{krit}}} (h_3 - t_{max})_M - (h_3)_N \quad (4)$$

şeklinde yazılabilir.

Burada; N = Tabiat; M = Model; t_{max} = Max oyulma derinliği; h_3 = Mansap su seviyesi; L_r = Model ölçeği; λ_w = Akımın türbülans derecesi ve hız profili için ölçek; λ_v = Kritik hız ölçeğidir.

V_{krit} - değeri Shields'e göre $V_{s, krit}$ ve aşağıdaki ifadeler yardımıyla hesaplanabilir.

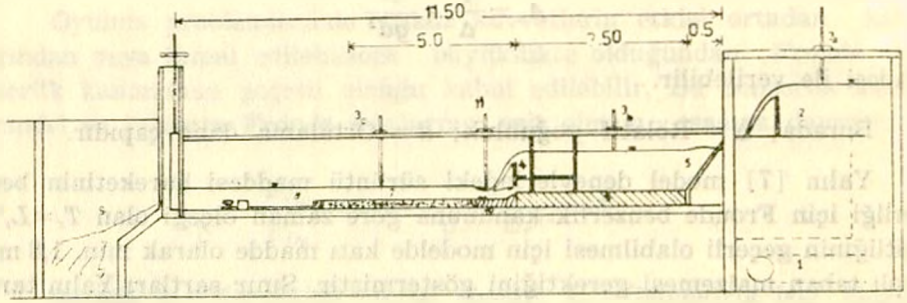
$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,74 - 2 \log \left(\frac{K_s}{D/2} - \frac{18,7}{R_s \sqrt{\lambda}} \right) \quad (5)$$

$$V_{krit} = \frac{8}{\sqrt{\lambda}} V_{s, krit} \quad (6)$$

4. MODEL ÇALIŞMALARI

Düşüm yataklarının sonunda öngörülen eşiklerin tesir dereceleri İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Su Yapıları Laboratuvarında bir açık kanal modelinde incelenmiştir.

Açık kanalın boyu 11,50 m, genişliği 0,595 m ve derinliği 0,80 m dir. Kanaldaki mevcut deney teçhizatı ve çalışma şekli Şekil 2 de gösterilmiştir.



- | | |
|--------------------------------|-------------------|
| 1. Giriş borusu | 5. Delikli sac |
| 2. Ön kanal | 6. Beton yatak |
| 3 _a . 1. Limnometre | 7. Kum yatağı |
| 3 _b . 2. » | 8. Kum tutucu |
| 3 _c . 3. » | 9. Deşarj kanalı |
| 4. Hareketli kapak | 10. Düşüm yatağı |
| | 11. 4. Limnometre |

Şekil 2. Model düzeni

Kanalın sonundaki bir hareketli kapakla mansap su seviyesi ayarlanabilmektedir. Kanalın başlangıcından 4.0 m uzaklıktaki enkesitine hareketli kapak yerleştirilmiştir ve kapak arkasında düşüm yatağı öngörülmüştür.

Düşüm yatağının mansabına açık kanalının tabanına granülometrisi elek analizi ile elde edilen hareketli malzeme yerleştirilmiştir.

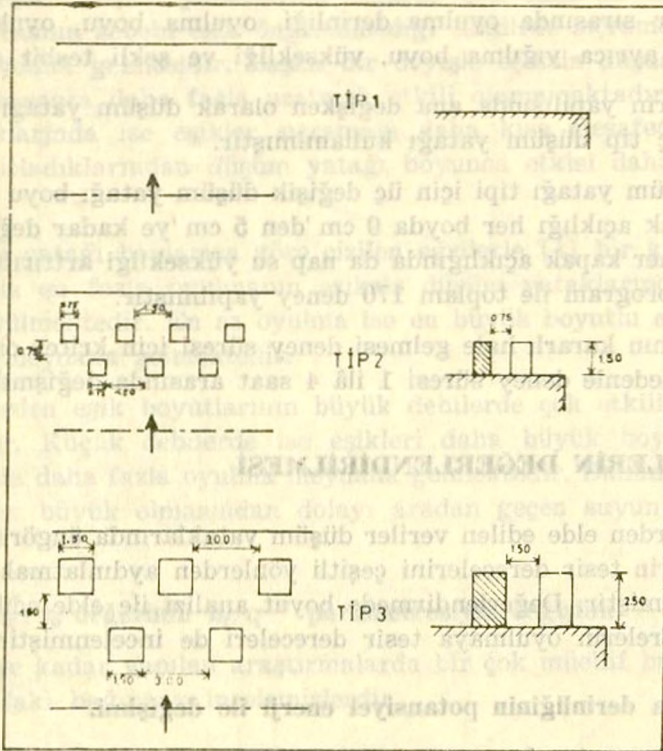
Modele su, laboratuvarın ana deposunda cazibe kuvveti ile gelmektedir. Ana depodan gelen su kanala geçmeden evvel sakinleştirici bölüme gelmekte ve oradan nisbeten sakinleşmiş olarak kanala geçmektedir. Kanalın girişinde de suyu sakinleştirici özel tedbirler öngörülmüştür.

Hareketli kapak 2 cm kalınlığında fiberglastan yapılmıştır ve her iki ucu 45° lik açıyla kesilmiştir. Kapağın arkasında öngörülen düşüm yatağının taban kotu kapak alt seviyesinden 10 cm aşağıda olacak şekilde plânlanmıştır.

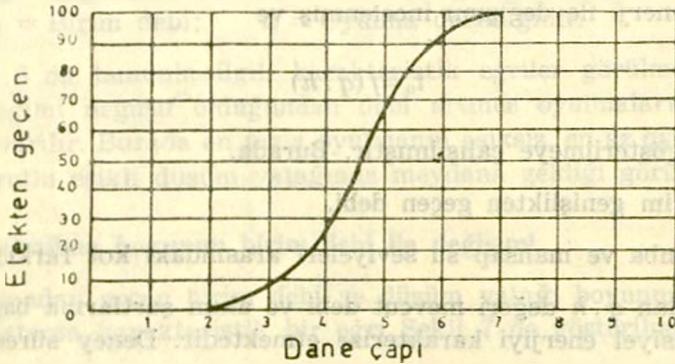
Hareketli taban ile düşüm yatağı her deneye başlamadan önce aynı seviyeye getirilmişlerdir.

Şekil 3 de gösterilen enerji kırıcı eşikler ahşaptan yapılmıştır ve belirli bir düzende fiberglas levhaya yerleştirilmişlerdir.

Deneylerde bir tip kohezyonsuz malzeme kullanılmıştır (Şekil 4).



Şekil 3. Araştırmada kullanılan enerji kırıcılar.



Şekil 4. Deneylerin yapıldığı malzemenin granülometrik eğrisi.

Deneylerde dane çapı ölçeği ile modelin geometrik ölçeği birbirine eşit alınmıştır.

Modeldeki debi ve seviye ölçmeleri 3_a , 3_b ve 3_c limnometreleri ile yapılmıştır. (Şekil 2). Oyulma ve yığılma ölçmeleri ise kanalın kenarına çizilen çizelge yardımıyla yapılmıştır.

Deneyler sırasında oyulma derinliği, oyulma boyu, oyulma çukurunun şekli ayrıca yığılma boyu, yüksekliği ve şekli tesbit edilmiştir.

Deneylerin yapılışında ana değişken olarak düşüm yatağı tipi alınmıştır ve üç tip düşüm yatağı kullanılmıştır.

Her düşüm yatağı tipi için üç değişik düşüm yatağı boyu esas alınmıştır. Kapak açıklığı her boyda 0 cm 'den 5 cm 'ye kadar değiştirilmiştir. Ayrıca her kapak açıklığında da nap su yüksekliği arttırılmıştır. Bu şekilde bir program ile toplam 170 deney yapılmıştır.

Oyulmanın kararlı hale gelmesi deney süresi için kriter olarak alınmıştır. Bu nedenle deney süresi 1 ilâ 4 saat arasında değişmektedir.

5. DENEYLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Deneylerden elde edilen veriler düşüm yataklarında öngörülen enerji kırıcı eşiklerin tesir derecelerini çeşitli yönlerden aydınlatmak amacıyla değerlendirilmiştir. Değerlendirmede boyut analizi ile elde edilen boyutsuz parametrelerin oyulmaya tesir dereceleri de incelenmiştir.

5.1. Oyulma derinliğinin potansiyel enerji ile değişimi.

Oyulmaya tesir eden en önemli büyüklük bağlamanın arkasında toplanan suyun potansiyel enerjisi olması nedeniyle oyulma derinliğinin potansiyel enerji ile değişimi incelenmiş ve

$$t_0 = f(q \cdot h)$$

ifadesi ile gösterilmeye çalışılmıştır. Burada,

q = Birim genişlikten geçen debi,

h = Menba ve mansap su seviyeleri arasındaki kot farkıdır.

Kullanılan $q \cdot h$ değeri mevcut debi ve akım şartlarına bağlı olarak anlık potansiyel enerjiyi karakterize etmektedir. Deney süresince akı-

mın aynı özelliklerde olmasına dikkat edildiğinde oyulma derinliğinin $q \cdot h$ anlık potansiyel enerjisi ile değişimini veren eğriler önem kazanmaktadır. Oyulma derinliğinin anlık potansiyel enerji ile değişimini gösteren karakteristik bir eğri Şekil 5 de gösterilmiştir.

Eşiksiz düşüm yataklarında düşüm yatağının uzatılmasının oyulmaya etkisi eşikli düşüm yataklarına nazaran çok daha az olduğu görülmektedir. Bunun sebebi eşik öngörülmediği takdirde sıçramanın serbest olarak meydana gelmesidir. Başka bir deyişle eşiksiz düşüm yatakları sıçramadan sonra daha fazla uzatmak etkili olamamaktadır. Eşikli düşüm yataklarında ise eşikler sıçramayı daha kısa mesafede meydana gelmeye zorladıklarından düşüm yatağı boyunca etkisi daha büyük olmaktadır.

Düşüm yatağı boylarına göre çizilen eğrilerle [4] bir karşılaştırma yapıldığında en fazla oyulmanın eşiksiz düşüm yataklarında meydana geldiği görülmektedir. En az oyulma ise en büyük boyutlu eşikli düşüm yatağında meydana gelmektedir.

Eğrilerden eşik boyutlarının büyük debilerde çok etkili olduğu görülmektedir. Küçük debilerde ise eşikleri daha büyük boyutlu düşüm yataklarında daha fazla oyulma meydana gelmektedir. Bunun sebebi eşik aralıklarının büyük olmasından dolayı aradan geçen suyun daha fazla olmasıdır.

5.2. $h_2 + t_0$ değerinin $h_2/q^{2/3}$ parametresiyle değişimi

Şimdiye kadar yapılan araştırmalarda bir çok müellif bu iki büyüklük arasındaki bağıntıyı incelemişlerdir.

Burada;

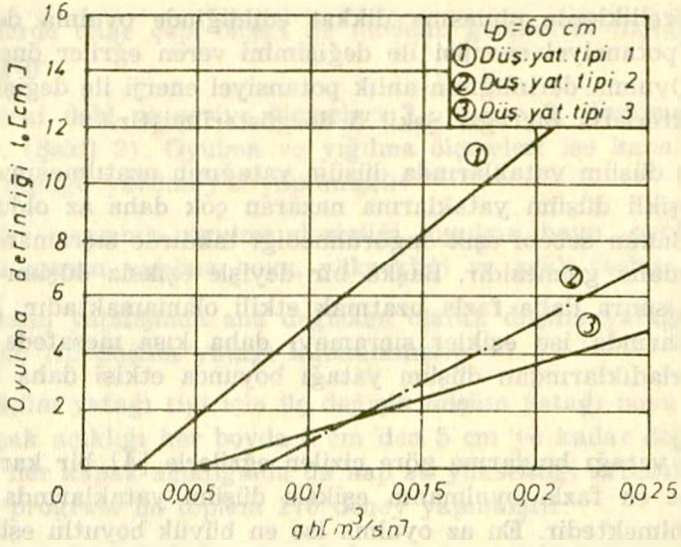
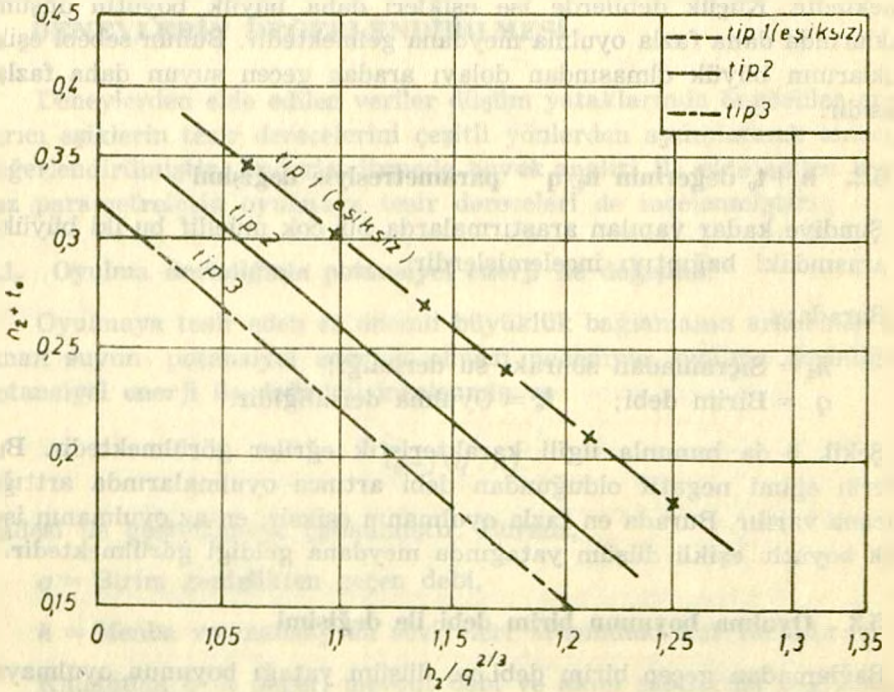
$$h_2 = \text{Sıçramadan sonraki su derinliği};$$

$$q = \text{Birim debi}; \quad t_0 = \text{Oyulma derinliğidir.}$$

Şekil. 6 da bununla ilgili karakteristik eğriler görülmektedir. Bu eğrilerin eğimi negatif olduğundan debi artınca oyulmalarında arttığı sonucuna varılır. Burada en fazla oyulmanın eşiksiz, en az oyulmanın ise büyük boyutlu eşikli düşüm yatağında meydana geldiği görülmektedir.

5.3. Oyulma boyunun birim debi ile değişimi

Bağlamadan geçen birim debi ve düşüm yatağı boyunun oyulmaya tesirini gösteren karakteristik bir eğri Şekil 7 de gösterilmiştir [4].

Şekil 5. Oyulma derinliğinin potansiyel enerji ile değişimi (L_p=60 cm)Şekil 6. h₂ + t₀ değerinin h₂/q^{2/3} değeriyle değişimi.

Buradan en fazla oyulma boyunun eşiksiz düşüm yataklarında en az oyulma boyunun en büyük boyutlu eşiklere sahip düşüm yataklarında meydana geldiği görülmektedir. Beklenildiği ve şekillerden de görüleceği gibi oyulma boyu düşüm yatağı boyu arttıkça azalmaktadır.

5.4. Boyutsuz parametreler arasındaki ilişkiler.

Deneylerden elde edilen veriler Bölüm 2 de verilen boyutsuz parametreler yardımıyla değerlendirilmeye çalışılmıştır. Deneylerin değerlendirilmesinde

$$\frac{t_0 \cdot g}{v_1^2}, \frac{l_1 \cdot g}{v_1^2} \text{ ve } \frac{h_1 \cdot g}{v_1^2}$$

parametreleri önem kazanmaktadır. Bu boyutsuz sayılar arasındaki ilişkiler her düşüm yatağı tipi ve boyu için incelendiğinde diğer boyutsuz sayılarda gözönüne alınmış olmaktadır.

5.5. Oyulma derinliğinin Froude sayısı ile değişimi.

Froude sayısı sıçramanın başlangıcındaki h_1 su derinliğiyle hesap edilen F_{r1} olarak alınmıştır. F_{r1} bir bakıma kapağın arkasındaki enerji seviyesini vermektedir ve bu bakımdan oyulma derinliğinin F_{r1} ile değişimi önem kazanmaktadır.

Şekil 8 de t_0 ile F_{r1} arasındaki bağıntı gösterilmiştir. Burada da en fazla oyulmanın eşiksiz düşüm yatağında olduğu görülmektedir. Aynı şekilde en az oyulma büyük boyutlu eşikli düşüm yataklarında meydana gelmektedir.

5.5.1. $t_0 \cdot g/v_1^2$ ile $h_1 \cdot g/v_1^2$ parametreleri arasındaki bağıntı.

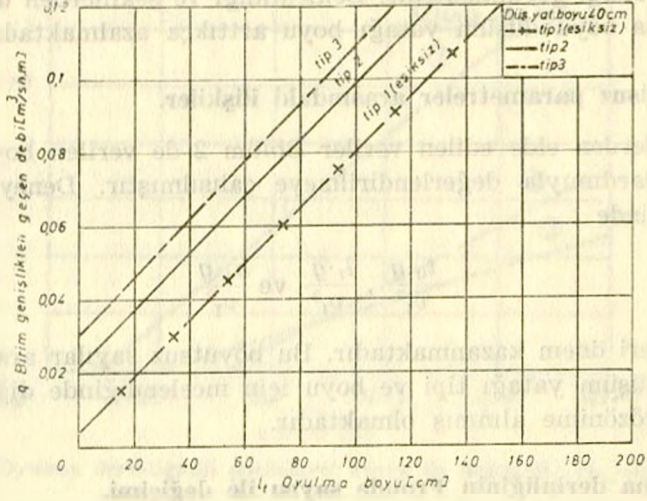
$t_0 \cdot g/v_1^2$ boyutsuz sayısı t_0 oyulma derinliğini ihtiva etmekte $h_1 \cdot g/v_1^2$ ise $\frac{1}{F_{r1}^2}$ olmaktadır. Bu bakımdan bu iki boyutsuz sayı arasındaki bağıntının araştırılması oyulma derinliğinin F_r sayısı ile değişimini göstermesi açısından önemlidir.

Bu boyutsuz sayılar arasında çizilen eğrilerden de [4] daha evvel söylenen sonuçlar elde edilmektedir.

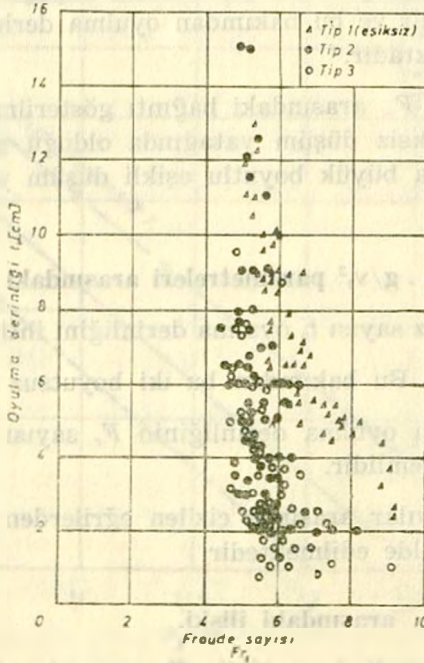
5.5.2. $l_1 \cdot g/v_1^2$ ile F_{r1} arasındaki ilişki.

Diğer bir incelemede $l_1 \cdot g/v_1^2$ ile F_{r1} arasında çizilen eğriler yardımıyla yapılmıştır. Buradan da oyulma boyunun en fazla eşiksiz düşüm

yatağında olduğu, en az oyulma boyunun ise büyük boyutlu eşiklere sahip düşüm yatağında meydana geldiği söylenebilir.



Şekil 7. Oyulma boyunun debi ile değişimi ($L_D=40$ cm)



Şekil 8. Oyulma derinliğinin Fr_1 değeriyle değişimi.

6. SONUÇLAR

Hareketli bağlamaların düşüm yataklarında öngörülen enerji kırıcı eşiklerin oyulmaya etkisini inceleyen bu çalışmada aşağıdaki hususlar tesbit edilmiştir.

a) Oyulma derinliği ile bağlamadan geçen suyun potansiyel enerjisi arasında lineer bir bağıntı mevcuttur.

b) Oyulma derinliğinin $h_2/q^2/3$ parametresi ile lineer olarak değiştiği söylenebilir.

c) Düşüm yatağı boyunun uzatılmasının oyulmaya etkisi düşüm yatağı boyunun belirli bir değerinden sonra çok az olduğu sonucuna varılmıştır.

d) Düşüm yataklarında eşik kullanılması halinde eşiksiz düşüm yataklarında nazaran oyulma yaklaşık yarı yarıya azalmaktadır.

e) Oyulma boyu ile birim genişlikten geçen debi arasında da lineer bir bağıntı mevcuttur.

f) Boyut analizi ile elde edilen boyutsuz sayılarda aynı sonuçları vermektedir.

g) Eşik boyutlarının büyütülmesi oyulmayı azaltıcı etki yapmaktadır.

Sonuç olarak çeşitli parametrelerin düşüm yataklarının mansabında meydana gelen oyulmalara etkisini inceleyen bu çalışmada elde edilen bilgilerin bağlama kapaklarının altından ve üstünden su geçmesi halinde öngörülecek eşikli düşüm yataklarının boyutlandırılmasında yararlı olacağı umulmaktadır.

REFERANSLAR

- [1] DIETZ, J. W., Zur Frage Der Nachbildung Von Kalkvorgängen Im Model.. Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau. Nr. 40, 1976.
- [2] ELAVATORSKI, W., Hydraulics Energy Dissipators. Mc Graw Hill Book Company. 1959.
- [3] HARLEMAN., Effect of Baffle Piers on Stilling Basin Performance. Journal of Boston Society of Civil Engineers. Vol. 42, 1955.

- [4] KAPDAŞLI, S., Hareketli Bağlamaların Düşüm Yataklarında Öngörülen Enerji Kırıcı Eşiklerin İncelenmesi. İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi M.M.L.S. Diploma Tezi, İstanbul, 1977
- [5] MANIAK, U., Gesetzmässigkeiten für die Abmessung Von Höckerschwellen zur Schadloosen Energieumwandlung Hinter Wehren. 1966.
- [6] NARAJANA - UNNY., Shapes for Appurtenances in Stilling Basin. Journal of the Hydraulics Division. ASCE. Vol. 90. No. HY3. May. 1964.
- [7] YALIN, S., Über die Naturähnlichkeit der Geschlebe - bewegung bei Modelversuchen
Die Bautechnik, 1959, H. 3.