

Sifonlu Şaft Savaklarda Yarı Sifonik Akım Durumunun İncelenmesi

Cevat ERKEK *

Ali Çetin OKTAY**

1. GİRİŞ

Dolu savak probleminin çözümünde özellikle dolu savağın baraj gövdesinden bağımsız olarak tertiplenmesinin zorunlu olduğu hallerde sifon ve şaft savaklar kullanılabilir. Bunun yanında şaft savak ve bunun giriş ağzı üzerine ilave edilecek bir başlıkla oluşturulan sifonun meydana getirdiği sifonlu şaft savaklarda bu problemin çözümünde kullanılacak bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır.

Sifon ve şaft savaklara göre sifonlu şaft savağın, boyutlarının küçük olması, maksimum kapasitede çalışmasının daha büyük kret yüklerinde temin edilmesi tam kapasitede çalışırken hazne su seviyesinin yükselmesinin kapasiteyi pek fazla etkilememesi, başlığın vorteks kırıcı olarak da görev yapması, avantajları olarak verilebilir. Bunların yanında büyük kütük ve buzları geçirememesi, titreşimlerin olması, açık savaklara göre kapasitelerinin maksimum bir değerle sınırlı olması mahzurlarını teşkil eder.

2. SIFONLU ŞAFT SAVAKLARDA AKIM DURUMLARI

Sifonlu şaft savaklarda su seviyesine bağlı olarak meydana gelen akım durumları üç ana grupta toplanabilir.

(a) Serbest yüzeyli Savak Akımı

Hazne su seviyesinin kret kotunu aştığı anda, su yüzeyinin tamamen atmosfere açık olduğu akım durumudur. Savaktan geçen debi; serbest yüzeyli savak akımının bağlı olduğu hidrolik hesap metodlarına göre bulunabilir.

* Doçent, Dr. - İng., İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Su Yapıları Kürsüsü Taşkılla - İstanbul.

** Yük. Müh. D.S.İ. Barajlar Dairesi - Ankara.

(b) Yarı Sifonik Akım

Sifonlu şaft savak içinde mevcut basınçlar atmosfer basıncına eşit değildir. Savak debisi, serbest yüzeyli savak eşitlikleri ile hesaplanamaz, mevcut basınçlarında gözönüne alınması gerekir.

(c) Sifonik Akım

Yarı sifonik akım durumunda suyla birlikte dışarı atılan hava tamamen boşaltılınca, sistemin dolu olarak çalışmaya başladığı akım durumuna sifonik akım denir.

2.1. Sifonlu Şaft Savaklarda Yarı Sifonik Akım

Sifonlu şaft savaklarda serbest yüzeyli savak akımı ile sifonik akım arasındaki geçiş bölgesi akımına yarı sifonik akım denir. Sifon esaslı ile çalışan savaklarda tam randıman alınabilmesi için, akımın çok kısa bir sürede yarı sifonik halden sifonik hale geçmesi gerekir.

Sifonlu şaft savaklarda hazne su seviyesi kret kotunu aştığı anda serbest yüzeyli savak akımı başlar, kısa bir süre sonra da akım yarı sifonik hale dönüşür. Hazneye gelen su miktarının belirli bir değeri aşmaması halinde, sürekli serbest yüzeyli savak akımı meydana gelebileceği gibi, sistem yarı sifonik akım durumunda çalışırken, hazneye gelen su, sifonlu şaft savakın o andaki kapasitesinden az olursa, akım tekrar serbest yüzeyli savak akımına dönüşebilir ve daha sonra tekrar yarı sifonik hale geçmesi mümkündür. Hazneye gelen suyun miktarında değişiklik olmadığı sürece bu durum ardışık olarak devam eder.

Sistem yarı sifonik halde çalışırken hazneye gelen su, sistemin o andaki kapasitesinden fazla olursa hazne su seviyesindeki artışla birlikte, yemlenme olur ve sifonik akım başlar. Bu durumda da hazneye gelen suyun değişimine göre sistem sifonik çalışmaya devam edebileceği gibi, tekrar yarı sifonik akım durumuna da dönüşebilir.

Yarı sifonik akımın başlıca mahzurları,

- a) Hava - su karışım oranının çok zor tesbit edilebilmesi,
- b) Hava emilmesi sırasında meydana gelen büyük gürültü,
- c) Stabil olmayan akım durumlarının meydana gelmesinin mümkün olabilmesi,
- d) Hava emilmesi nedeniyle, şaft ve galeride kavitasyonun daha kolay meydana gelebilmesi,

e) Hava emilmesi nedeniyle kapasitede azalma olabilmesidir.

Bu mahzurları nedeniyle sifonlu şaft savaklarda yarı sifonik akımın meydana gelmesi istenmez. Buna rağmen yarı sifonik akımın meydana gelmesini önlemek de mümkün değildir.

2.2. Sifonlu Şaft Savaklarda Hava Sürüklenmesine Tesir Eden Faktörler

Sifonlu şaft savaklarda yarı sifonik akımın önemi daha önce belirtilmiştir. Yarı sifonik akımın su - hava karışımından oluştuğu göz önüne alınınca, sifonlu şaft savaklarda hava sürüklenmesinin önemi ortaya çıkar.

Sifonlu şaft savaklarda hava sürüklenmesine tesir eden parametreler boyut analizi yapılarak belirlenebilir. Boyut analizinde kullanılan ve olaya en fazla tesir eden büyüklükler, yapılan deneylerde tesbit edilmiştir. Sifonlu şaft savaklarda hava sürüklenmesini aşağıdaki büyüklüklerin fonksiyonu olarak göstermek mümkündür.

$$f(Q, Q_H, H, M, D, a, d, p, c, \gamma, \rho, \mu) = 0$$

Burada,

Q = Debi; Q_H = Hava debisi; H = Çalışma yükü;

M = Çıkışın batmışlık durumu; D = Galeri çıkış çapı;

a = Başlığın savak kretinden itibaren batma miktarı;

d = Kret üstü geçiş yüksekliği;

c = Şaft - başlık yatay aralığı; γ = Akışkanın birim ağırlığı;

ρ = Akışkanın özgül kütlesi; μ = Viskozite.

Bu büyüklüklere Buckingham'ın π - teoremi uygulanırsa aşağıdaki boyutsuz parametreler elde edilir.

$$\pi_1 = \frac{Q_H}{Q} = \beta, \quad \pi_2 = \frac{H}{D}, \quad \pi_3 = \frac{\mu}{D}, \quad \pi_4 = \frac{a}{D}$$

$$\pi_5 = \frac{\gamma D}{\rho}, \quad \pi_6 = \frac{d}{D}, \quad \pi_7 = \frac{c}{D}, \quad \pi_8 = \frac{Q\mu}{PD^3}, \quad \pi_9 = \frac{\rho Q^2}{PD^4}$$

olmak üzere

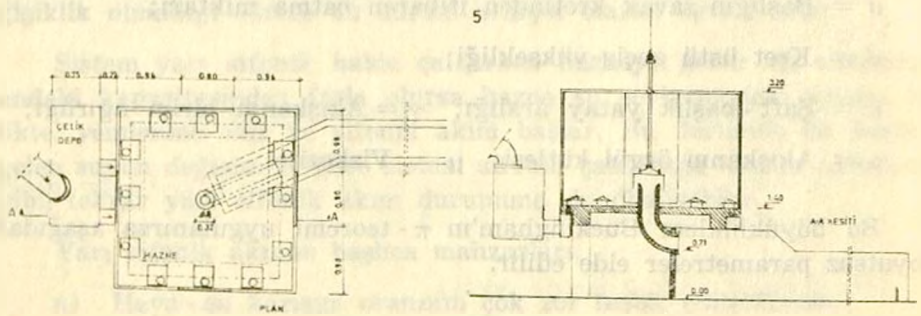
$$\beta = \frac{Q_H}{Q} = f \left(\frac{H}{D}, \frac{\gamma D}{P}, \frac{c}{D}, \frac{\mu}{D}, \frac{a}{D}, \frac{d}{D}, \frac{Q\mu}{PD^3}, \frac{\rho Q^2}{PD^4} \right) \quad (1)$$

eşitliği elde edilir.

3. MODEL

Sifonlu şaft savaklarda başlık bölgesinin projelendirilmesi için henüz geliştirilmiş kriterler mevcut olmadığından kullanılacak başlık boyutlarını daha küçük tutabilmek için, şaft giriş ağzı profili standart profil olarak seçilmiştir.

Deneyler, daha önce N. Ağırlioğlu [1] tarafından kullanılan modelde bazı ufak değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Deney için taban boyutları 275×275 cm, yüksekliği 185 cm olan bir hazne inşa edilmiştir. Haznenin dört tarafında 2 cm kalınlığında 100×180 cm boyutlarında cam levhalar yerleştirilerek hazne içinin gözlenebilmesi sağlanmıştır. Haznenin diğer kısımları betonarme plaklarla çevrilmiştir. Modelin yanına yapılan bir depo ile basınçlı su önce hazne tabanına yerleştirilen dikdörtgen kesitli bir boruya, oradan da hazneye açılan 12 delikle hazneye verilmektedir (Şekil 1). Delikler hazne tabanına tam simetrik yerleştirilerek suyun şafta düzgün yaklaşması sağlanmış ayrıca çıkış delikleri üzerine sakinleştirici ızgaralar yerleştirilerek, hazne su seviyesinde salınımların oluşması önlenilmeye çalışılmıştır.



ŞEKİL 1. Modelin Genel Durumu [1]

Modelde Froude benzeşim kanunu geçerlidir. Modelin geometrik lineer ölçeği M_1 olmak üzere model/prototip karakteristik özellikleri arasında, uzunluk, genişlik, yükseklik için $1/M_1$, hız ve zaman için $1/M_1^{(1/2)}$ debi için $1/M_1^{(5/2)}$ bağıntıları mevcuttur.

Başlıklar içinin görülebilmesine imkan verdiğinden pleksiglas levhalardan imal edilmiştir. Başlıkların orta noktalarında 6 cm^2 çapında delikler açılarak, hava pompasından çıkan hava önce havagazı saatine oradan da plastik bir boru ile başlığa verilerek, akımın sürekliliğini bozmadan havanın sifonlu şaft savak içine verilmesi sağlanmıştır. Başlıklar şaftın üzerine hareketli bir mekanizma ile asılmış ve çeşitli konumlarında deney yapılabilmesine olanak vermesi açısından sistem bir kurşun ağırlıkla dengelenmiştir. Sifonlu şaft savağın diğer kısımları betondan imal edilmiştir.

3.1. Ölçme Tekniği

Modelde çeşitli büyüklükteki başlıkların çeşitli konumlarında ve çeşitli mansap şartlarında ($M = \text{Atmosfere açık}$, $M = 24 \text{ cm}$, $M = 59 \text{ cm}$), farklı hazne su seviyelerinde, savaktan geçen debi değerleri ve çeşitli noktalardaki basınçlar ile sifonlu şaft savağa verilen hava miktarı (Q_H) ölçülmüştür.

Hazne su seviyeleri kararlı durum elde edildikten sonra limnigraf ile belirlenmiştir. Limnigrafı yapılan seviye ölçümleri ayrıca hazne tabanına yerleştirilen üç adet piyazometre borusu ile de kontrol edilmiştir.

Deneyde önceden seçilen dirsek içinde ve dışında birer (D_1 ve D_7) şaft profili üzerinde iki (P_2 ve P_3), başlık üzerinde iki (M_2 ve M_3) noktada olmak üzere toplam altı kritik noktada basınç okumaları yapılması araştırma için yeterli görülmüştür.

Kararlı seviyede sifonlu şaft savağa verilen hava miktarı (hava debisi) hava saati ile ölçülmüştür. Ölçümlerde belirli ΔT aralıklarında saatten geçen toplam hava miktarı okunarak, hava debisi (Q_H) lt/sn cinsinden tesbit edilmiştir.

3.2. Deney Programı

Yarı sifonik akım durumunda, sifonlu şaft savağın emdiği havanın, kapasite üzerindeki etkisini anlamak için yapılan bu deneylerde, tam sifonik akım durumunda çalışan şaft savağa değişik miktarlarda hava verilerek havanın sifonlu şaft savak akımlarına etkileri incelenmiştir.

Silindirik şekilde farklı çap (38, 42, 47, 56 cm) ve yükseklikteki (11.4, 19.4, 27.4 cm) oniki adet başlığın üç farklı konumunda (a), üç ayrı mansap şartında (M), çeşitli hazne su seviyelerinde debi, hava debisi ve basınç değişimleri okunmuştur (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Bir Başlık İçin Deney Programı

C	C=3 (5, 7.5, 12)									D=38 (42, 47, 56)								
H	11.4			19.4						27.4								
a	8			8			16			8			16			24		
M	10	24	59	10	24	59	10	24	59	10	24	59	10	24	59	10	24	59
d	3.4			11.4			3.4			19.4			11.4			3.4		

Deneylerde kullanılan bütün başlıklar gözönüne alındığında toplam olarak 72 deney yapılmıştır. Her bir deneyde ortalama 8-10 farklı hava debisi, su debisi ve hazne su seviyesi okunarak, toplam olarak 650 adet hava ve su debisi ile hazne su seviyesi okunmuştur. Yapılan deneylerde aynı zamanda 4000 adet basınç değeri de tesbit edilmiştir. Ölçmelerde $2.5 \leq H/D \leq 10.0$ ve $0,001 \leq \beta = \frac{Q_H}{Q} \leq 0,150$ aralığı taranmıştır.

4. DENEYLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sifonlu şaft savaklarda yarı sifonik akımın su - hava karışımından oluştuğu ve akımı karakterize eden parametrelerin (1) eşitliği ile ifade edilebileceği bölüm 2.2 de gösterilmiştir. Hava ve su debilerinin oranı olan β değeri ile boyutsuz parametreler arasındaki bağıntının belirlenebilmesi için, sifonik akım durumunda çalışan sifonlu şaft savağa dışarıdan hava verilerek zoraki bir yarı sifonik akım oluşturulmuştur. Bu durumda hava miktarındaki artışa bağlı olarak savak kapasitesinde azalma olmakta, aynı zamanda hazne su seviyesi yükselmektedir. β değerinde meydana getirilen artış sonucu hazne su seviyesinde meydana gelen yükselmeler grafiklerle gösterilmiştir. Burada deneylerde ölçülen değerler yardımıyla çizilen şekillerden [7] bir kaç karakteristik örnek verilmiştir (Şekil 3, 4, 5). Farklı konum (a) ve yükseklikteki (H) çeşitli başlıkların (C) değişik mansap (M) şartlarında $f(\beta, H/D)$ fonksiyonları verilmiştir. Böylece β ile H/D arasında aşağıdaki lineer bağıntının mevcut olduğu gösterilmiştir. (Korelasyon katsayısı: $R=0,90, -0,98$).

$$\beta = m \cdot \frac{H}{D} + n$$

(3) eşitliğindeki m eğimi başlık boyutu değişmedikçe sabit kalmaktadır. Bu değerler :

$c=3$ için $m=0,0958$, $c=7.5$ için $m=0,0908$, $c=5$ için $m=0,1113$,
 $m=0,1113$, $c=12$ için $m=0,0992$

olarak bulunmuştur. Doğrunun ordinat eksenini kestiği noktadaki (n) değerinin, m , a ve \bar{H} değerlerinin fonksiyonu olduğu söylenebilir. M değerinin n değerine etkisi (Şekil 3, 4, 5) de görülmektedir. Aynı çalışma yüksekliğinde farklı M değerlerinde β değişmektedir. Grafiklerden aynı H/D için M ve β değerleri bulunup iki değişkenli lineer regresyon analizi yapılıncaya M ve β arasındaki korelasyonunun $R=0,99$ mertebesinde olduğu görülür. Bulunan korelasyon katsayısı çok yüksek olmasına rağmen, bunun hesaplanmasında kullanılan değişken sayısının çok az ($N=3$) olması nedeniyle güvenilirliği azalmaktadır. Burada β ve M değerleri arasında iyi bir korelasyon bulunduğu söylenebilirse de kesin yargıya ancak fazla sayıda batmışlık (M) durumunda yapılacak deneylerden elde edilecek neticelerle varılabilir.

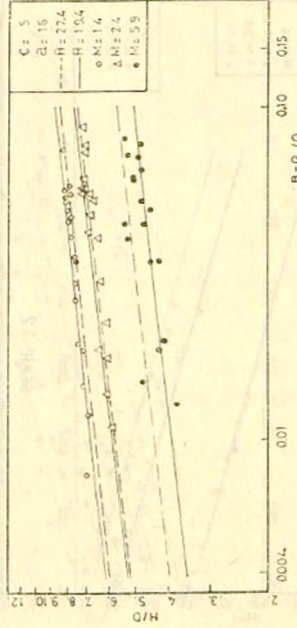
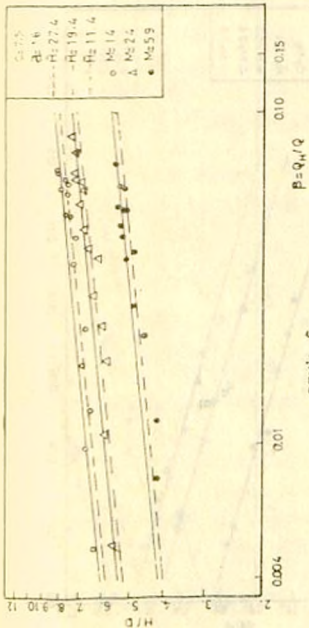
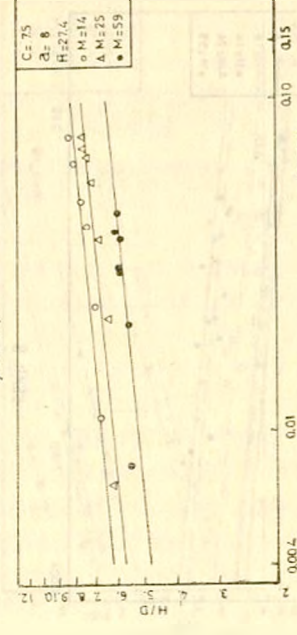
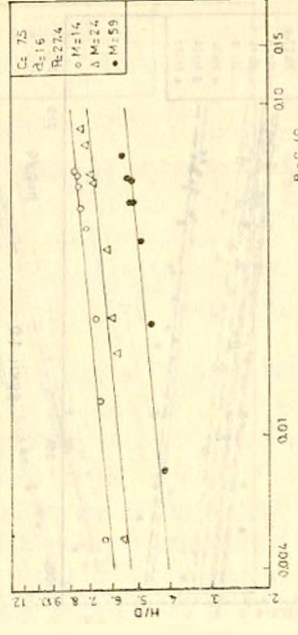
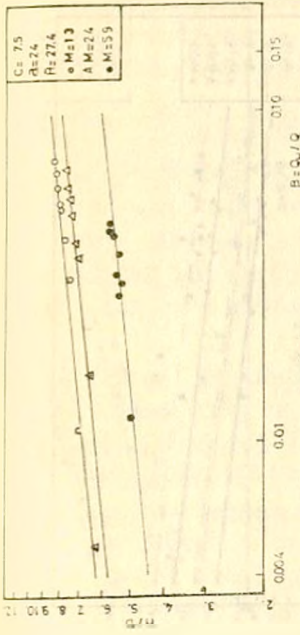
β ile H/D değerleri arasında çizilen grafiklerden sabit c ve a değerleri için \bar{H} değerinin n değerine etkisi araştırılmıştır. (Şekil 6, 7, 8).

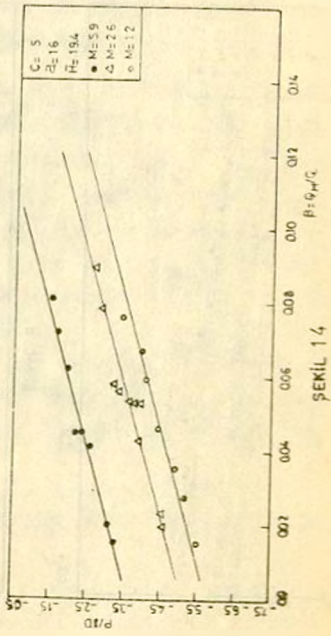
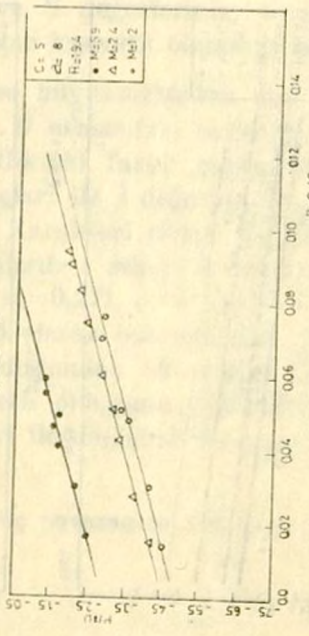
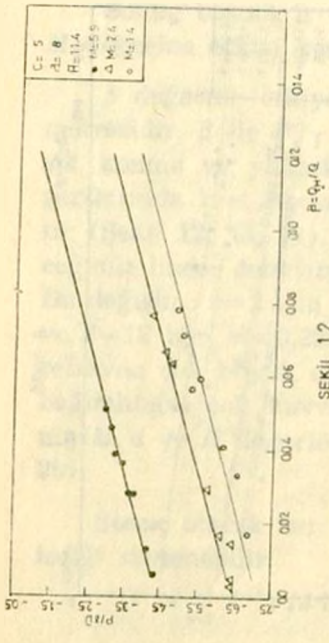
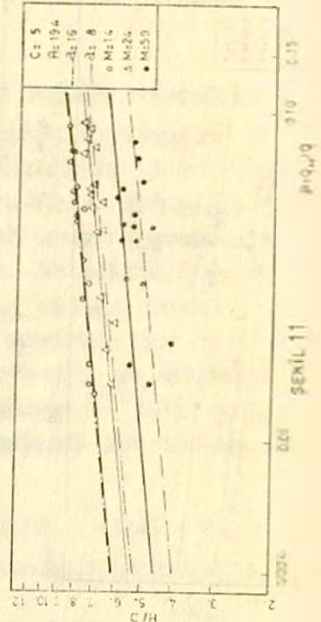
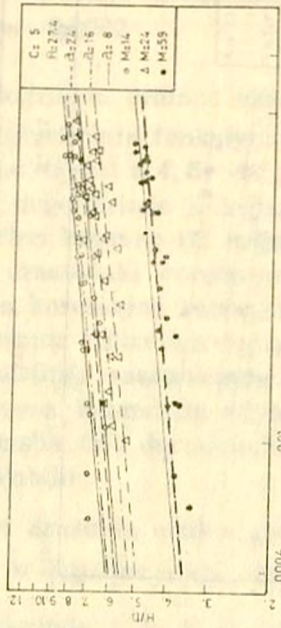
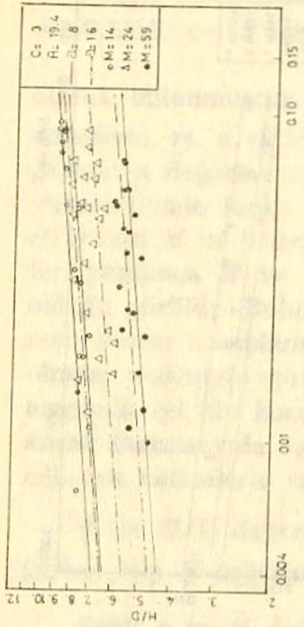
Sabit c ve \bar{H} değerlerinde β ile H/D arasında çizilen grafiklerde a değerinin n değerine etkisi gösterilmiştir (Şekil 9, 10, 11).

Sonuç olarak a ve \bar{H} değerlerinin, n değeri üzerindeki etkilerinin M değerine etkisi kadar kuvvetli olmadığı söylenebilir.

β değerine etkiyen büyüklüklerden biri de $P/\gamma \cdot D$ boyutsuz parametresidir. β ile $P/\gamma \cdot D$ arasındaki bağıntıyı belirleyebilmek için, değişik konum ve yükseklikteki farklı çapta başlıklarda, değişik mansap şartlarında kret basınçları ile β değerleri arasındaki bağıntı incelenmiştir (Şekil 12, 13, 14). Karakteri itibarı ile (3) eşitliği ile tanımlayabileceğimiz lineer denklemlerde c değeri değiştikçe eğim (m) değişmektedir. Bu değişim: $c=3$ için $m=0,271$, $c=5$ için $m=0,286$, $c=7.5$ için $m=0,260$ ve $c=12$ için $m=0,255$ olarak bulunmuştur. β ile $p/\gamma \cdot D$ arasındaki korelasyon çok büyük olduğundan ($R=0,99$), her iki büyüklük arasındaki bağımlılığın çok kuvvetli olduğunu söyleyebiliriz. Burada da n değerinin M , a ve H değerleri ile değişimi incelenmiştir. (Şekil 15, 17, 18, 19, 20).

Sonuç olarak her üç parametre (M , a ve H) nin de n değerini etkilediği söylenebilir.







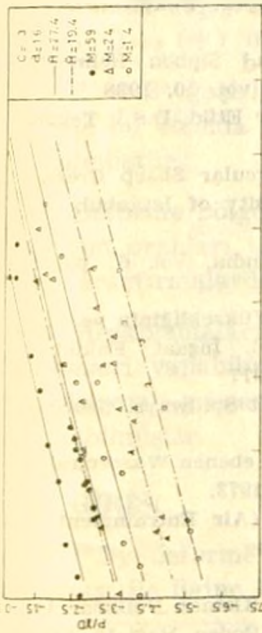
ŞEKİL 15



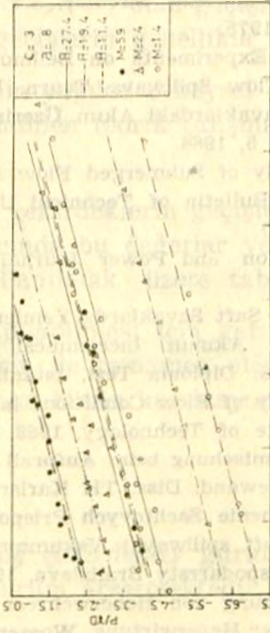
ŞEKİL 16



ŞEKİL 17



ŞEKİL 18



ŞEKİL 19



ŞEKİL 20

5. SONUÇLAR

Yarı sifonik akımı oluşturan su - hava karışımında etkiyen büyüklükler, Buckingham'ın π teoremine göre boyutsuz parametreleri ile gösterilmiş ve bu parametrelerin hava - su karışım oranına etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak,

a — Hava - su karışım oranı ile H/D arasında lineer bir bağıntının mevcut olduğu ve bu denklemin eğiminin şaft - başlık yatay aralığı ile değiştiği, lineer denklemin ordinat eksenini kesim noktasındaki değerinin, çıkış kesitinin batmışlık durumu, başlığın savak kretinden itibaren batma miktarı ve başlık yüksekliği ile değiştiği, bu değerlerden çıkış kesitinin batmışlık durumunun diğer iki değişkene göre daha fazla etkideği belirlenmiştir.

b — Hava - su karışım oranı ile savak kret basınçları arasında da lineer bir bağıntı olduğu ve lineer denklemin eğiminin şaft - başlık yatay aralığı ile değiştiği gösterilmiştir. Lineer denklemin ordinat eksenini kesim noktasındaki değerinin değişimini, başlığın savak kretinden itibaren batma miktarının, başlık yüksekliğinin ve çıkış kesitinin batmışlık durumunun etkilediği tesbit edilmiştir.

REFERANSLAR

- | | |
|--|--|
| [1] Ağırlioğlu, N. | Sifonlu Şaft Savaklarda Akım Durumunun Etüdü ve Başlık Şeklinin Geliştirilmesi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, 1977. (Tez). |
| [2] Avcı, İ. | Su Almalardaki Sifonlar, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, 1975. |
| [3] Birie, G.M. | Model Experiments on Bellmouth and Siphon - Belmouth Over Flow Spillways. Tourn. I.C.E. vol. 10, 1938. |
| [4] Çataklı, O.N. | Şaft Savaklardaki Akım Üzerine Bir Etüd, D.S.İ. Teknik Bülteni 5, 1966. |
| [5] Çataklı, O.N. | A Study of Submerged Flow in Circular Sharp Crested weirs. Bulletin of Technical University of Istanbul, vol. 18, 1965. |
| [6] Joglegar, D.V.,
Siphon Spillways. | Irrigation and Power Journal of India. Vol. 6, pat 4, 1959. |
| [7] Oktay, A.Ç. | Sifonlu Şaft Savaklarda Yemlenme Yüksekliğinin ve Yarı Sifonik Akımın İncelenmesi. İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi M.M.L.S. Diploma Tezi, İstanbul, 1977 |
| [8] Mussolli, Y.G. | A Study of Flow Conditions in Shaft Spillways. Georgia, Institute of Technology, 1969. |
| [9] Renner, J. | Luftemischung beim Aufprall eines ebenen Wassertrahls auf einewand. Diss. TH Karlsruhe, 1973. |
| [10] Sikora, A. | Zovdusnenie Sachtovych Prieopodow (Air Entrainment in the shaft spillways) Vskumny Ustov Vadohospodarrsty Bralislava, 1965. |
| [LL] Unsek, K. | Berechnung von Heberwehrem mit Kleiner Fullhöhe bei partieller Heberwirtung. Wosser und Boden. Heft 12, 1976. |
| [12] U.S. Bureau of
of Reckmation | Design of Small Dams, 1960.
U.S. Dept. of Interior. |