

Sığ Suda Yanyana Sıralı İki Silindir Arkasındaki Daimi Olmayan Akış Yapısının İncelenmesi

M. Atakan AKAR^{*1}, Hüseyin AKILLI² ve Beşir ŞAHİN²

¹ Mersin Üniversitesi, Tarsus Teknik Eğt. Fak., Makine Eğitimi Bölümü, Tarsus/Mersin

² Çukurova Üniversitesi, Müh. Mim. Fak., Makine Mühendisliği Bölümü, Adana

Özet

Bu çalışmada, sıg su içerisinde yan-yana sıralı iki silindir arkasında açıklık oranının $G/D=1.25$ (silindir merkezleri arasındaki mesafenin, G , silindir çapına oranı, D) olması durumunda ortaya çıkan daimi olmayan akışın iki boyutlu yapısı boya deneyi ile detaylı olarak incelenmiştir. Deneylerde kullanılan akrilik malzemeden yapılan silindirlerin çapı 40mm, su derinliği 20mm ve serbest akış hızı $V=125\text{mm/s}$ ($ReD=5000$) olarak alınmıştır. Akış içerisinde lazer ışığında parlayan floresan boya gönderilerek, silindirler arkasındaki akışın simetrik olmayan yapısı boya deneyleri ile gözlemlenmiş ve bu akış yapısı hakkında genel bilgiler edinilmiştir. Yapılan bu deneysel çalışma ile silindirler arkasındaki daimi olmayan akış yapısının, silindir arkasında oluşan girdaplardan etkilendiği ve silindir arkasında oluşan girdapların, bir silindir arkasında zamandan bağımsız olarak aniden oluşması neticesinde serbest akış bölgesinden silindirler arkasındaki iz bölgesine doğru momentum transferi nedeni ile silindirler arasındaki akış yönünün kısa bir süre içerisinde diğer silindire doğru değiştiği belirlenmiştir..

Anahtar Kelimeler: Girdap, yan-yana sıralı silindir, sıg su

Unsteady Flow Characteristics behind Two Side-By-Side Cylinders Arranged in Shallow Water

Abstract

In this study, the flow characteristics behind two side-by-side cylinders arranged in shallow water have been experimentally investigated by the dye technique. The diameter of acrylic cylinders used in the experiments are 40 mm, the depth of water is 20 mm and the free-stream velocity is $V=125\text{mm/sec}$. ($ReD=5000$). In the dye experiment, unsymmetrical pattern of the flow behind the cylinders in the gap ratio of $G/D=1.25$, has been observed and general informations have been get about this flow. For the value of $G/D=1.25$, the wake that becomes behind one of the cylinders is smaller than the other one. This unsteady flow origin is changing with time and small wake starts to occur behind the other cylinder. With this experimental study, this unsteady flow pattern has been maximum influenced from vortex. By the occurrence of vortex behind the cylinders independent of time and momentum transfer from free flow area to wake regions behind the cylinder, the direction of the flow between the cylinders has been changed to the other cylinder in a short period.

Key words: Vortex, side-by-side cylinders, shallow water

* Yazışmaların yapılacağı yazar: M. Atakan Akar, Mersin Üniversitesi, Tarsus Teknik Eğt. Fak., Makine Eğitimi Bölümü, Tarsus/Mersin. aakar@mersin.edu.tr

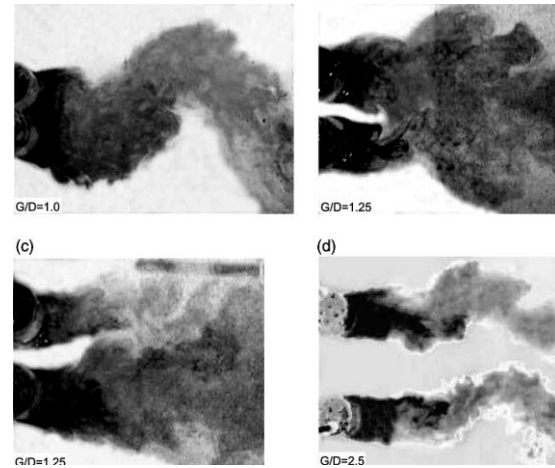
1. GİRİŞ

Silindir etrafındaki akış, hem derin su hem de sığ su mühendislik uygulamalarında karşımıza sıkça çıkmaktadır. Sığ su akışlarında akışın derinliğinin etkisi derin su akışlarına göre oldukça fazladır. Ayrıca akışın derinliğinin az olmasından dolayı serbest yüzeyin akışa etkisi de ihmal edilemeyecek kadar büyüktür. Yan yana sıralı silindirler etrafındaki akışta ise silindirler arasındaki mesafe, akışı çok daha karmaşık hale getirmektedir. Özellikle silindirler arasında oluşan jet akışı ve cisimlerin arkasında oluşan iz bölgesinin oluşumu ve gelişmesi akışın sığ olmasından önemli ölçüde etkilenmektedir. Sığ su akışlarında karışım tabakasının yapısının bilinmesi, bu tür akışların yapısının incelenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Akış içerisinde birden çok silindir/engelin yan yana bulunması durumu, ısı değiştiricileri, nükleer santrallerin soğutma sistemleri, köprü ayakları, bacalar, yan-yana dizili binalar gibi birçok mühendislik probleminde karşımıza çıkmaktadır. Ancak literatürde sığ sulara yan yana dizili silindir ile ilgili çok az sayıda çalışma mevcuttur. Fakat derin sulara sıralı silindirler etrafındaki akışı inceleyen çalışmalara sıklıkla rastlanılmaktadır [Bearman ve Wadcock (1973), Kiya ve ark. (1980), Williamson (1985), Jendrzejczyk ve Chen (1986), Kim ve Durbin(1988), Le Gal ve ark. (1990) ve Sumner ve ark. (1997)]. Yapılan bu çalışmalarda silindirler arasındaki mesafenin akışın yapısı üzerinde çok önemli etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Silindir merkezleri arasındaki mesafenin (G), silindir çapının (D) $G=1.2D$ katına kadar olduğu durumlarda silindirler arkasında tek bir iz bölgesi oluşmaktadır. Aralığın $G=1.2D$ ile $2.2D$ arasında olması durumunda simetrik olmayan bir iz bölgesi oluşmaktadır. Özellikle silindirler arasındaki mesafenin $G/D=1.25$ oranlarında silindirler arasında meydana gelen akışın yönü belirli bir frekansa sahip olmamak kaydıyla bir silindirden diğerine yönelmekte ve silindirlerin birinin arkasındaki iz bölgesinin diğerine göre daha büyük olduğu gözlemlenmektedir.

Akıllı ve ark., (2004) yaptıkları deneylerde, sığ suda yan yana dizilmiş sıralı silindirler arkasında oluşan akış yapısının silindirler arasındaki

mesafeden çok fazla etkilendiğini gözlemlenmişlerdir (Şekil 1). Özellikle düşük G/D oranlarında, silindirler arasındaki jet akışın tabanda erozyona neden olduğunu dolayısı ile tabandaki kirliliğin ve parçacıkların taşınmasına neden olduğunu ayrıca $G/D=1.25$ ile 1.5 arasında, sığ su içerisindeki yan yana dizili silindirler arkasında oluşan belirli bir frekansa sahip girdapların, gerek silindirler üzerinde gerekse bu silindirler arkasında bulunan başka cisimler üzerinde daimi olmayan yörünler oluşturmak suretiyle bu cisimlerde yorulmalara sebep olabileceğini ve ömürlerini kısaltabileceğini söylemişlerdir.



Şekil 1. Sığ suda yan yana dizilmiş sıralı silindirler arkasında oluşan akış yapısı, (Akıllı ve ark., 2004)

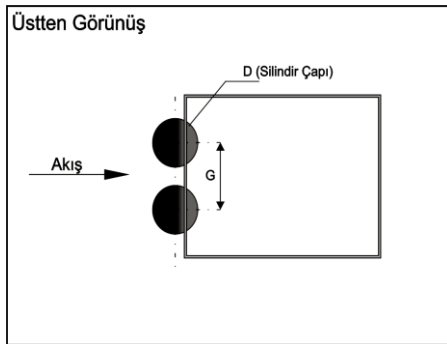
Bu çalışmada yan yana sıralı iki silindir arkasındaki daimi olmayan akışın iki boyutlu yapısı boya deneyi yapılarak incelenmiştir. Yan yana sıralı silindirler ardında net bir şekilde görülen simetrik olmayan iz bölgesinin boyutundaki değişim ve silindirler arasındaki akışın yönün düzensiz bir şekilde bir silindirden diğer silindire doğru değişmesine neden olan mekanizma araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

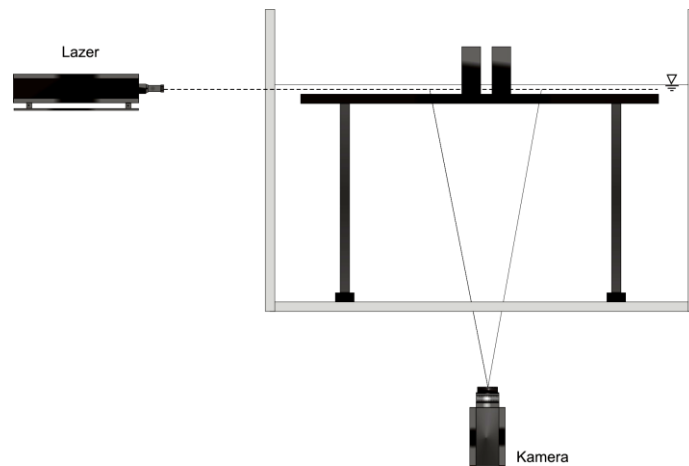
Bu çalışma Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Akışkanlar Mekaniği Laboratuvarında kurulu olan kapalı devre su kanalında gerçekleştirilmiştir. Su kanalı, iki adet

su deposu ve bu iki depo arasında bulunan ve boyutları 8000x1000x750mm (uzunluk x genişlik x yükseklik) olan akrilik kısımdan oluşmaktadır. Kanal içerisindeki suyun hızı, bir hız kontrol ünitesi yardımıyla değişik devirlerde çalışan bir pompa ile ayarlanmıştır.

Deneylerde kullanılan silindirler akrilik malzemeden imal edilmiş olup 40 mm çapa sahiptir. Deneyler boyunca su derinliği $h_w=20$ mm'de sabit tutulmuştur. Deneyler su hızının 125mm/s (silindir çapına bağlı Reynolds sayısı=5000) değeri için ve $G/D=1.25$ açıklık oranında yapılmıştır (Şekil 2).

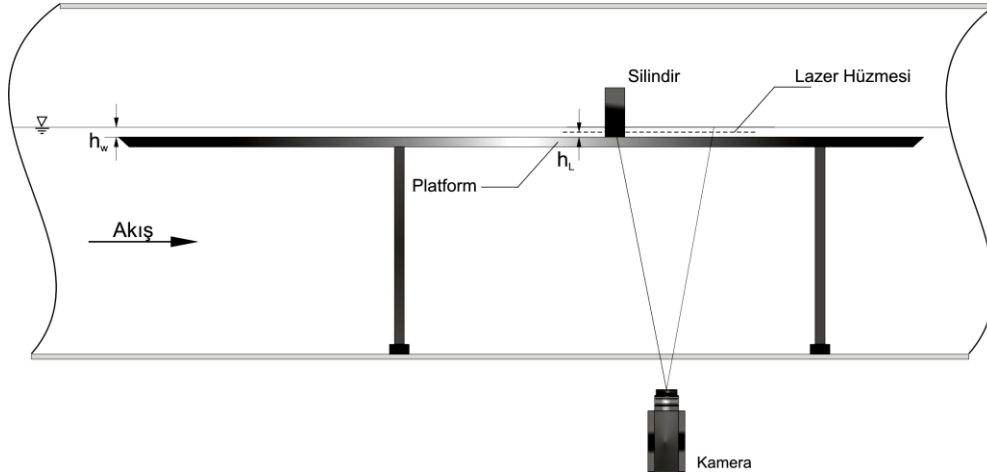


Şekil 2. Deneylerde kullanılan geometri ile ilgili parametreler



Şekil 3. Deney düzeneğinin önden şematik görünümü

Bu çalışmada, yan yana sıralı silindirlerin akış yapısı hakkında genel bilgiler edinmek amacıyla boya deneyleri yapılmıştır. Deneylerde akış alanına Rhodamine 6G boyası gönderilmiş ve ardından akış alanı lazer ışığında aydınlatılarak boyanın parlaması sağlanmış ve görüntüleri kayıt edilmiştir. Bunun için boya akıtma düzeneği, lazer üretici ve SONY DCR-TRV355E model dijital kamera kullanılmıştır. Boya ile akışı görüntüleme deneyinde, boya akıtma düzeneği silindirlerin ön tarafına kurulmuştur. Kanalın yanında suyun akış yönüne dik olarak ve $h_L=10$ mm su yüksekliğindeki kesitten, hüzmeye gönderen lazer ve kanalın altında kamera bulunmaktadır (Şekil 3 ve Şekil 4). Görüntüler kamera yardımıyla bilgisayara aktarılmış ve paket programlar yardımıyla analizleri yapılmıştır.

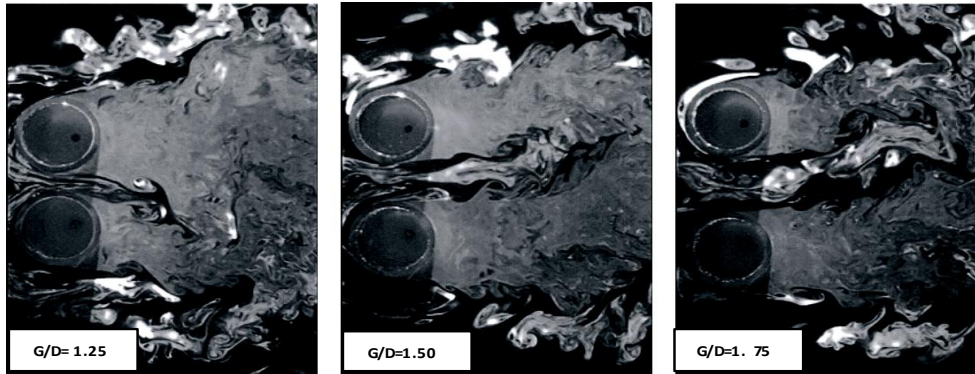


Şekil 4. Deney düzeneğinin yandan şematik görünümü

3. BULGULAR

Geçmişte yapılmış olan çalışmalardan, silindirler arası mesafenin, silindirler arasındaki akış yapısı ve iz bölgesi üzerinde etkili olduğu bilinmektedir.

Özellikle düşük açıklık oranlarında $1.2 < G/D < 2.2$ silindirler arkasında simetrik olmayan bir iz bölgesi oluşmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Sığ suda değişik açıklık oranlarında yan yana dizilmiş sıralı silindirler arkasında oluşan akış yapısı (G/D=1.25, 1.50 ve 1.75)

Silindirlerden bir tanesinin arkasındaki iz bölgesi diğer silindir arkasındaki iz bölgesinden büyük olmaktadır. Bu baskın olma durumu belirli bir frekansa sahip olmamak kaydı ile bir silindirden diğerine geçmekte ve literatürde bu durumun sebebi tam olarak açıklanamamaktadır [Bearman ve Wadcock (1973), Kiya ve ark. (1980), Williamson (1985), Jendrzejczyk ve Chen (1986), Kim ve Durbin(1988), Le Gal ve ark. (1990), Sumner ve ark. (1997) ve Akıllı ve ark. (2004)].

Boya deneyleri, silindirden birinin arkasındaki ölü akış bölgesinin diğer silindir arkasında oluşan ölü

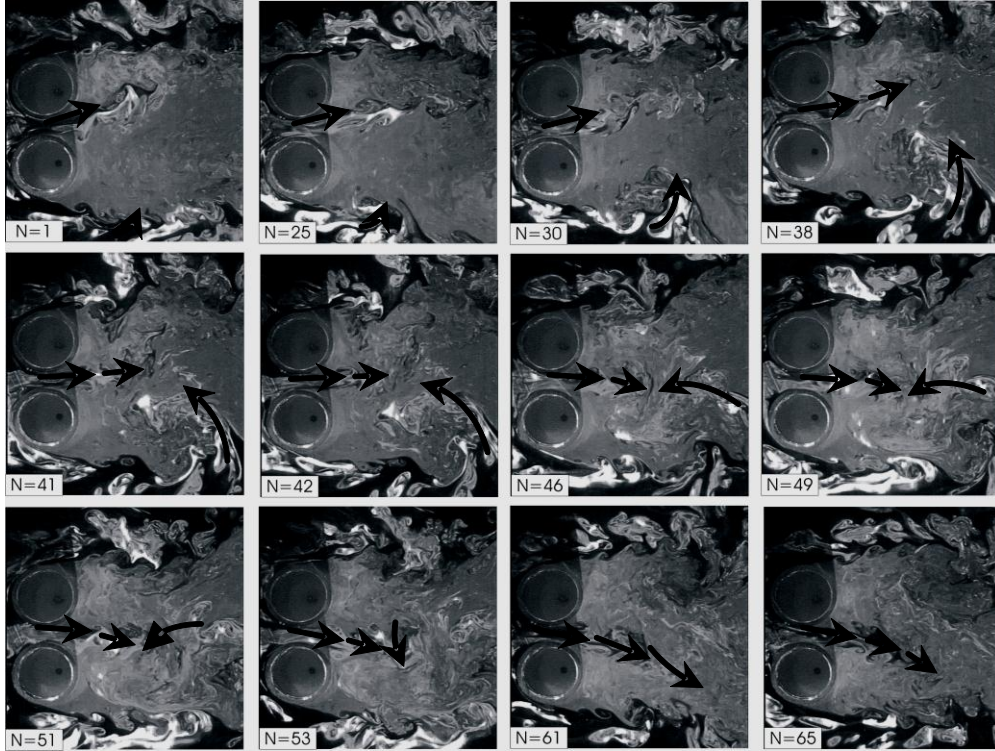
akış bölgesinden daha büyük olduğunu açıkça göstermektedir. Burada serbest akış yönü soldan sağa doğrudur. Şekil 6'dan da anlaşıldığı üzere iki farklı akış yapısı gözlemlenmektedir.

Silindirlerin birisinin arkasındaki iz bölgesi diğer silindir arkasında meydana gelen iz bölgesine nazaran daha geniş olmaktadır. Ancak, geniş iz bölgesi her zaman aynı silindir arkasında oluşmamaktadır. Zaman zaman her iki silindirden birinin arkasında geniş iz bölgesine rastlanmaktadır. Bu tür akış yapısına, literatürde akışın derin su olarak kabul edildiği durumlarda

yapılan deneysel çalışmalarda da rastlanılmıştır [Guillaume and LaRue, 1999].

Bu deneysel çalışmada kullanılan boya ile akış görüntüleme tekniği yardımıyla silindirler arasında meydana gelen jet akışının yönünün değişmesi

sonucunda silindirler arkasındaki iz bölgesi büyüklüğünün de değişmekte olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum Şekil 6'da net bir şekilde görülmektedir (N=1 ve N=65)



Şekil 6. Silindir açıklıklarının $G/D=1.25$ değerinde yan yana sıralı iki silindir arkasındaki akışın yapısındaki değişim

Silindirler arasındaki jet akışının yönünün değişmesi, serbest akış bölgesinden, silindirler arkasındaki iz bölgesine doğru momentum transferini gerçekleştiren belirli bir frekansı olmadan oluşan girdap neticesinde meydana gelmektedir. Zamandan bağımsız bir şekilde meydana gelen girdaplar, silindirler arkasındaki akış bölgesi içerisinde jet akışın tersi yönde hızlar oluşturmaktadır. Silindirlerin iz bölgesinde meydana gelen bu ters akış, silindirler arasından meydana gelen jet akışın yönünü değiştirmeye çalışmaktadır (N=46, 49, 51). Çok kısa bir süre içerisinde jet akışın yönü, silindir arkasında oluşan girdabın etkisi ile değişmekte ve daha önce silindirlerin birinin arkasında olan büyük iz bölgesi, jet akışın yön değiştirmesi ile küçük iz bölgesi haline gelmektedir (N=65).

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada sığ suda yan yana sıralı silindirler arasındaki açıklık oranının $G/D=1.25$ değerinde yan-yana sıralı silindirler arkasında oluşan akışın yapısı boya deneyi yapılarak incelenmiştir. Yan yana iki silindir olması durumunda silindirlerden birisinin arkasında daha büyük bir iz bölgesi oluşmaktadır. Geniş iz bölgesi her zaman aynı silindirin arkasında oluşmamakta zaman zaman bir silindirden diğerine geçmektedir. Bu düzensiz akış yapısının girdaplardan etkilendiği ve girdapların, bir silindir arkasında zamandan bağımsız olarak aniden oluşması ve bu sayede serbest akış bölgesinden silindirler arkasındaki iz bölgesine doğru momentum transferi gerçekleştirerek silindirler arasındaki akışın yönü kısa bir süre

içerisinde diğer silindire doğru değiştiği belirlenmiştir. Bunun neticesinde silindirlerden birinin arkasındaki daha büyük olan ölü akış bölgesi, silindirler arasındaki jet akışının yön değiştirmesi ile daha küçük bir ölü akış bölgesine dönüşmektedir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Tübitak tarafından 105M267 No'lu ve Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeler Birimi tarafından MMF2004BAP12 No'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

6. SEMBOLER

D	Silindir Çapı [mm]
V	Suyun serbest akış hızı [mm/sn]
Re _D	Silindir çapına bağlı Reynolds sayısı [=VρD/μ]
G	Silindir merkezleri arasındaki mesafe [mm]
G/D	Silindir merkezleri arasındaki mesafenin, silindir çapına oranı
h	Suyun derinliği [mm]

7. KAYNAKLAR

1. Bearman, P.W., ve Wadcock, A.J., 1973. The interaction between a pair of circular cylinders normal to a stream. *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 61, pp.499–511.
2. Kiya, M., Arie, M., Tamura, H., ve Mori, H., 1980. Vortex shedding from two circular cylinders in staggered arrangement. *Trans. ASME, Journal of Fluid Engineering*, Vol. 102, pp.166–173.
3. Williamson, C.H.K., 1985. Evolution of a single wake behind a pair of bluff bodies. *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 159, pp.1–18.
4. Jendrzejczyk, J.A., ve Chen, S.S., 1986. Fluid forces on two circular cylinders in cross flow. In *Flow-Induced Vibration, 1986: (eds Chen, S.S., Simonis, J.C., ve Shin, Y.S.)* Chicago, IL, PVP, Vol. 104, pp.1-13.
5. Kim, H.J., ve Durbin, P.A., 1988. Investigation of the flow between a pair of circular cylinders in the flopping regime. *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 196, pp. 431-448.

6. Le Gal, P., Chauve, M.P., Lima, R., ve Rezende, J., 1990. Coupled wakes behind two circular cylinders. *Physical Review A*, Vol. 41, pp.4566-4569.
7. Sumner, D., Wong, S., Price, S.J., ve Paidoussis, M.P., 1997. Two and three side-by-side circular cylinders in steady cross-flow. *Proceeding of the 16th Canadian Congress of Applied Mechanics*, Vol. 1, pp. 273-274.
8. Akilli, H., Akar, A., ve Karakus, C., 2004. Flow characteristics of circular cylinders arranged side-by side in shallow water, *Flow Measurement and Instrumentation*, Vol. 15, pp. 187–197.
9. Guillaume, D. W., ve LaRue J. C., 1999. Investigation of the flopping regime with two-, three- and four-cylinder arrays, *Experiments in Fluids*, Vol. 27, pp.145-156.