

# AKINTILI BİR DENİZ ORTAMINDA TABANA OTURAN SİLİNDİRE ETKİYEN KUVVETLER

Şevket ÇOKGÖR

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalı, 80626, Maslak, İSTANBUL.*

## ÖZ

Akım ortamında yeralan cisimler, akım-yapı etkileşimi nedeniyle akım yapısında değişikliğe ve kararsızlığa neden olurlar. Akımdaki bu kararsızlık nedeniyle cisim üzerine akım kaynaklı hidrodinamik yükler etkir. Deniz ya da akarsu içerisinde yeralan boru hattı, ulaşım tüneli, köprü-iskele ayakları bu tip hidrodinamik yüklerin etkisi altındadır. Bu yüklerin doğru olarak belirlenmesi, tasarlanan yapının güvenli oluşu açısından önemlidir.

Bu çalışmada, deniz ortamında gözlenebilecek, kararlı akım, salt dalga veya akım ile dalganın birlikte görülmesi durumlarında deniz tabanına oturan bir silindir üzerindeki kuvvetlerin silindir üzerindeki basınç dağılımının deneysel olarak ölçülerek belirlenmesi anlatılacaktır.

## 1. GİRİŞ

Deniz tabanında yeralan bir silindir, üzerindeki su yükü nedeniyle oluşan hidrostatik yüklerin yanında, denizdeki akıntılar ve özellikle yakın kıyı bölgesinde dalganın meydana getirdiği hidrodinamik yüklerin etkisi altındadır. Sonsuz akım ortamı içerisinde yeralan bir silindir üzerine gerek akıntı, gerekse dalga etkisiyle, silindir üzerinde oluşan sınır tabakası, silindirin iz bölgesinde sınır tabakasında ayrılma nedeni ile oluşan çevriler gibi etkiler sebebiyle yapıya etkiyen yüklerin belirlenmesi ile ilgili yapılmış çok sayıda sistematik çalışma mevcuttur (Sarpkaya 1988; Sümer ve diğ., 1990). Silindirin deniz tabanında yeralması durumunda ise bu yüklerin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar daha kısıtlı sayıdadır (Bearman ve Zdravkovich 1978).

Deniz tabanına oturan bir silindir üzerindeki yüklerin deneysel olarak belirlenmesi hem sistemin güvenli tasarımı hem de oluşturulacak nümerik modellerin kalibrasyonunda ve test edilmesinde önemlidir. Günümüzün gelişen teknolojisinde elektronik ölçüm donanımları ve bilgisayar kontrolleri ile deneysel çalışmalarda çok hassas sonuçlar elde edilebilmektedir.

## 2. DENEY SİSTEMİ

Deniz tabanına oturan bir silindire etkiyen yüklerin deneysel olarak belirlenmesinde çeşitli ölçüm ve deney sistemleri kullanılmaktadır. Bu çalışma, İTÜ, İnşaat Fakültesi, Hidrolik Laboratuvarında 26x1x1 boyutlarında düzenli dalga üretilen bir deney kanalında gerçekleştirilmiştir. Deney kanalında su sirkülasyonu sağlanarak kararlı akım etkisi de sağlanmaktadır. Kanalın ölçüm kesitinde, tabana çapı 9 cm olan PVC bir silindir yerleştirilmiştir. Silindirin dış yüzeyi, doğal yapıya uygun olması ve silindir üzerindeki sınır tabakası oluşmasını kolaylaştırması amacıyla pürüzlendirilmiştir ( $k_s/D=5.5 \times 10^{-3}$ ). Silindirin içine, kanal eksenindeki kesitine 30° lik açılarla elektronik ( ENDEVCO Model

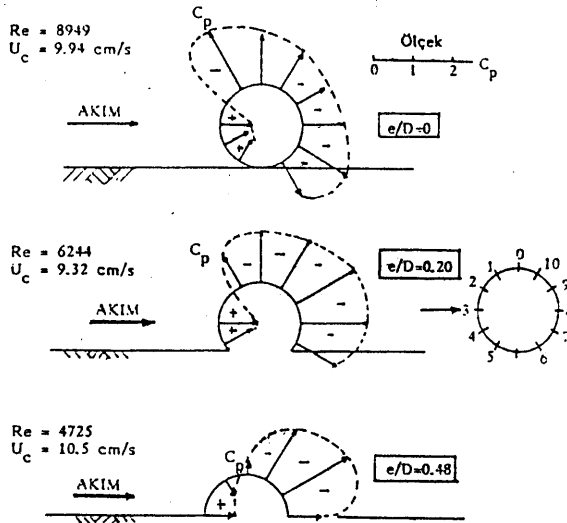
8510 B-2) basınç dönüştürücüler yerleştirilmiştir. Bu dönüştürücülerle silindir üzerindeki basınç gerilmelerinin zamanla değişimi izlenebilmektedir. Kanalda dalga özelliklerini belirlenek için akımın silindirden etkilenmeyeceği kadar menbana (~ 1.5 m), silindir tepe noktası seviyesine bir mikromuline yerleştirilmiştir. Dalga ölçümleri mikromuline ile aynı keside ve silindir eksenine yerleştirilmiş HB11 tipi basınç dönüştürücüler ile yapılmıştır. Bütün bu elektronik ölçüm aletlerinden çıkan sinyaller bir BKS amplifiyer ile ayarlanmakta ve AD dönüştürücü kart ile bilgisayar sinyaline dönüştürülüp, sayısal ortama aktarılmaktadır.

### 3. DENİZ TABANINA OTURAN SİLİNDİR ÜZERİNDEKİ KUVVETLERİN BELİRLENMESİ

Laboratuarda oluşturulan ölçme ve değerlendirme sistemi yardımı ile silindir üzerindeki basınç dağılımı belirlenmiştir. Kararlı akım etkisinde silindir üzerinde meydana gelen basınç dağılımı ve silindirin tabana gömülmesi ile basınç dağılımında meydana gelen değişiklikler Şekil 1'de verilmiştir (AVCI ve diğ., 1996). Şekilde silindir üzerinde ölçülen basınç değerleri,  $C_p$  basınç sabiti ile ifade edilmiştir.  $C_p$ ;

$$C_p = \frac{P_i - P_0}{\frac{1}{2} \rho U_c^2} \quad (1)$$

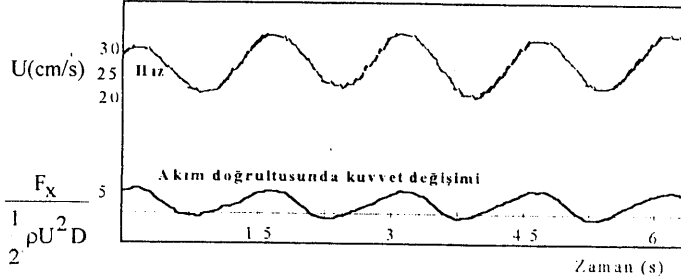
olarak belirlenmiştir. İfadede,  $P_i$  o noktada ölçülen basınç değerini,  $P_0$  o noktadaki hidrostatik haldeki basınç değerini,  $U_c$  silindirin tepe noktası seviyesindeki basınç hızını göstermektedir.



Şekil 1. Kararlı akım durumunda değişik gömülme oranlarında silindir üzerindeki basınç dağılımı (Avci ve diğ. 1996)

Silindir üzerindeki basınç dağılımı belirlenerek, akımın yapı üzerindeki etkisi gözlemlenebilir. Şekil 1'den pozitif basıncın en büyük olduğu durak noktası, pozitif

basınçtan negatif basınca geçtiği sınır tabakasından ayrılma noktası ve bu noktanın gömülme oranı ile yapı üzerindeki yeri görülebilir. Silindir üzerinde zaman serisi şeklinde simültane olarak ölçülen basınç gerilmelerinin akıma dik ve akım doğrultusunda integrasyonu ile yapıya bu doğrultularda etkiyen kuvvetler zaman serisi olarak elde edilmiştir. Tabana oturan bir silindire kararlı akım + dalga akım koşullarında etkiyen akım doğrultusundaki kuvvetin zamanla değişimi örnek olarak Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Akım + dalga etkisinde kuvvetin zamanla değişimi

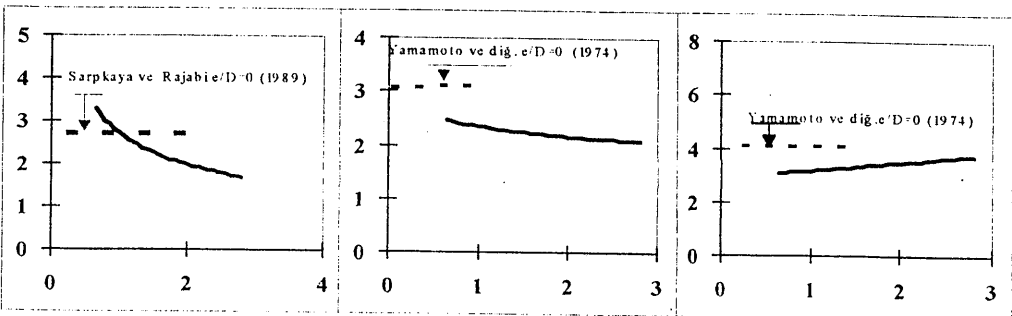
Zaman serisi şeklinde ifade edilen kuvvetlerin tasarımında kullanılabilmesi için kuvvet sabitleri cinsinden ifade edilmeleri gereklidir. Kararlı akım durumunda, akım doğrultusunda sürüklenme kuvveti katsayısı ( $C_D$ ) ve akıma dik doğrultuda ise kaldırma kuvveti katsayısı ( $C_L$ ) belirlenirken dalga ve akım+dalga etkisinde olayın mekaniği gereği atalet kuvveti katsayısı, ( $C_M$ ) belirlenmelidir. Kararlı akım durumunda,  $C_D$  ve  $C_L$ , Re sayısıyla;

$$Re = \frac{U_c D}{\nu} \quad (2)$$

değişirken, dalga durumunda dalga hareketini belirten Keulegan-Carpenter (KC) sayısıyla;

$$KC = \frac{U_M T}{D} \quad (3)$$

değişir. Bu ifadelerde;  $U_c$ , kararlı akım hızı,  $D$ , silindir çapı,  $\nu$ , akışkanın dinamik viskozitesi,  $U_M$ , dalga hareketinin maksimum yatay hız bileşeni,  $T$ , dalga periyodudur. Akım+dalganın birlikte görüldüğü durumda, bu sayılardan başka  $U_c/U_M$  oranında ( $\alpha$ ) gözönünde bulundurulmalıdır. Şekil 3'te tabana oturan silindir için sadece dalga durumunda kuvvet katsayılarının KC ile değişimi görülmektedir (Çokgör 1997).



Şekil 3. Sadece dalga etkisinde kuvvet katsayılarının  $C_D$  ile değişimi

#### 4. SONUÇLAR

Çalışmada, deneysel olarak, tabana oturan silindire etkiyen kuvvetlerin ne şekilde belirleneceği anlatılmıştır. Bu çalışma kapsamında deney kanalı kısıtları da gözönüne alınarak çeşitli sınır şartları (gömülme oranları vs.) ve farklı akım şartlarında (akım, akım-dalga, dalga) kuvvet katsayıları belirlenmiştir. Belirlenen sonuçlar ışığında, deniz tabanında yer alan bir yapıya etkiyen kuvvetler, gerek akım koşulları gerekse sınır koşullarından çok fazla etkilendiği söylenebilir. Sonuçta, bu tip yapıların tasarımında deneysel sonuçlardan yararlanmak ve sık sık kullanılan nümerik modelleride laboratuvar sonuçları ile kalibre etmek gereklidir.

#### 5. TEŞEKKÜR

Yazar bu çalışmayı INTAG 816, "Deniz Tabanına Oturan Bir Tünelin Yakınındaki Akım Alanı ve Tünele Etkiyen Kuvvetler" adlı proje ile destekleyen TÜBİTAK İnşaat Teknolojileri Araştırma Grubuna teşekkür eder.

#### NOTASYON LİSTESİ

|                 |  |
|-----------------|--|
| $C_p$           | : Basınç Sabiti  |
| $\rho$          | : Akışkanın Özgül Kütlesi  |
| $P$             | : Noktasal Anlık Basınç  |
| $U_c$           | : Kararlı Akım Hızı  |
| $D$             | : Silindirin Çapı  |
| $C_D, C_L, C_M$ | : Kuvvet Sabitleri   |
| $F_X$           | : Akım Doğrultusunda Kuvvet                                      |
| $U_M$           | : Dalga Hızının Akım Doğrultusundaki Bileşeninin Maksimum Değeri |
| $T$             | : Dalga Periyodu   |
| $\nu$           | : Akışkanın Dinamik Viskozitesi                                  |

#### KAYNAKLAR

Bearman, P.W. and Zdravkovich, M.M., "Flow Around a Circular Cylinder Near a Plane Boundary", Journal of Fluid Mechanics, Vol.89, pp.33-47, 1978.

Sümer, B.M., Jensen, B.L. and Fredsoe, J., "Pressure Measurement Around a Marine Pipeline", Proc. of the 9th Inter. Conf. on Offshore Mech. and Arctic Eng., pp.85-91, 1990.

Sarpkaya, T., "On Effect of Roughness on Cylinders", Proc. of the 7th Inter. Conf. on Offshore Mech. and Arctic Eng., pp. 47-55, 1988.

Avcı, İ., Bayazıt, M., Çokgör, Ş. ve Sümer, B.M., "Deniz Tabanına Oturan Bir Tünelin Yakınındaki Akım Alanı ve Tünele Etkiyen Kuvvetler", Teknik Rapor, INTAG 816 TÜBİTAK, İstanbul, 1996.

Çokgör, Ş., " Akıntılı Bir Deniz Ortamında Tabana Oturan Silindire Etkiyen Kuvvetler", Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1997.