

DENEY 6

SİLİNDİRLER ÜZERİNE ETKİ EDEN SÜRÜKLEME KUVVETLERİNİN BELİRLENMESİ

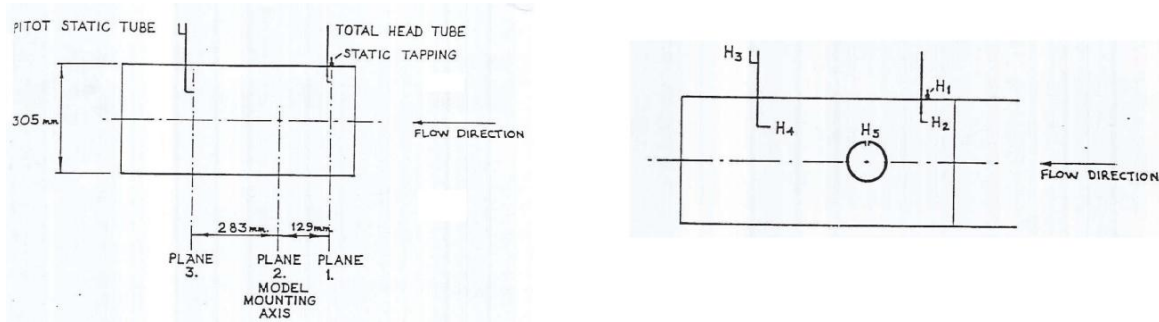
AMAC

Bu deneyin amacı, silindir üzerindeki statik basınç dağılımını, akışkan tarafından silindir üzerine uygulanan kuvveti ve silindir yüzeyindeki sürüklenme katsayısını belirlemektir. Deneyler farklı Reynolds sayıları ile yapılacaktır.

EKİPMAN

Bu deneyi gerçekleştirmek için bir açık devre tipi rüzgar tüneli kullanılmaktadır. Hava, uygun şekil verilmiş ve koruyucu bir ızgara ile kaplanmış bir alandan tünele girer. Deney sisteminin test kısmı şeffaf cam ile kaplanmıştır. Test kısmı kesit boyutları 305 mm x 305 mm'dir. Test kısmından sonra, difüzör ve eksenel fan bulunmaktadır. Fan çıkışında akış hızı çift kelebek vana sayesinde kontrol edilmektedir. Fan susturucu ile çalışmaktadır.

Test bölümünde, bir adet toplam basınç tüpü, bir adet pitot-satik tübü, 24 bölümlük su manometresi, ve 64 mm çapında 305 mm uzunluğunda bir silindir bulunmaktadır. Silindir, basınç ölçüm uçları (tapları) ile birlikte yerleştirilmiştir (Şekil 1).

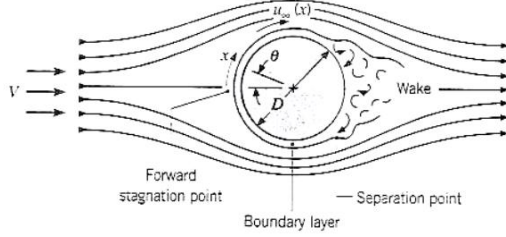


Şekil 1. Çalışma bölümünün şematik olarak görünümü

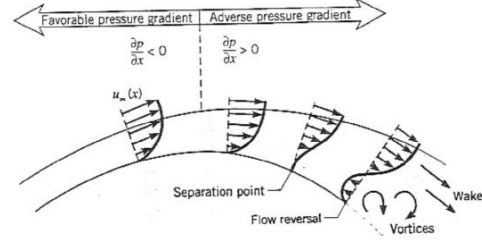
TEORİ

Şekil 2' de görüldüğü gibi, serbest akış ön durma noktasında basınç artışı ile birlikte durmaktadır. Bu noktadan sonra, basınç artan x (akım çizgisi koordinatı) yönünde azalır, ve sınır tabaka uygun bir basınç gradyanı etkisiyle gelişir ($dp/dx < 0$). Bununla birlikte, basınç silindirin sonunda en düşük değerine ulaşmakta ve silindirin arka kısmına doğru, sınır tabaka oluşumu ters yönde bir basınç gradyanının ($dp/dx > 0$) etkisinde kalır. Akışkan durma noktasındaki $u=0$ dan başlayarak, uygun basınç gradyanı ($dp/dx < 0$ olduğunda $du/dx > 0$) ile hızlanmaktadır, $dp/dx=0$ olduğunda en yüksek hıza ulaşır, ve ters basınç gradyanı sonucunda ise ($dp/dx > 0$ olduğunda $du/dx < 0$) yavaşlar. Akışkan yavaşlarken, yüzeydeki hız gradyanı, $(\partial u / \partial y)_{y=0}$, sıfır olmaktadır (Şekil 3). Ayrılma noktası denilen bu yerde, yüzeye yakın akışkanın basınç gradyanını yenmek için yeterli momentumu

yoktur ve aşağı yöndeki hareketi olanaksızdır. Arkadan gelen akışkan, geri yöndeki akışa engel olduğu için, sınır tabaka ayrılması oluşur. Bu noktada sınır tabaka yüzeyden ayrılır ve aşağı akış yönünde bir art bölge oluşur. Bu bölgedeki akış, girdapların oluştuğu, ve düzensiz bir akış olarak karakterize edilir.



Şekil 2. Silindir üzerinde akan akışta sınır tabaka oluşumu ve ayrılma



Şekil 3. Silindir üzerindeki akışta sınır tabakasının ve hız profillerinin şematik gösterimi

Reynolds sayısına bağlı olan sınır tabakanın laminierden türbülansa geçişi, ayrılma noktasının konumundan büyük ölçüde etkilenir. Silindir için karakteristik uzunluk çapı ve Reynolds sayısı,

$$Re_D = \frac{\rho u D}{\mu} = \frac{u D}{\nu} \quad (1)$$

Şeklinde ifade edilir. Burada, ρ havanın yoğunluğu olarak ifade edilir ve değeri ise 1.24 kg/m^3 , ν u hızı Bernoulli denkleminde aşağıdaki şekilde hesaplanabilmektedir:

$$u = (2\Delta h / \rho)^{1/2} \quad (2)$$

Rüzgar tüneli içerisindeki ölçülen basınç düşümü mmSS ile ifade edilir.

$$1 \text{ mm H}_2\text{O} = 9.81 \text{ N/m}^2$$

Burada, Δh dinamik basıncı ifade etmektedir ve 1 nolu düzlemde elde edilmektedir.

$$\Delta h = H_2 - H_1 \quad (3)$$

3 nolu düzlemde ise,

$$\Delta h = H_4 - H_3 \quad (4)$$

Türbülans sınır tabakada akışkanın momentumu, laminier sınır tabakadaki akışkanın momentumundan büyük olduğu için, laminierden türbülansa geçişin ayrılmayı daha ilerideki bir noktaya erteleme beklenir. Ortalama hız değeri için sürtünme kuvveti değeri bulunurken, model üzerindeki blokaj etkisinin oluşmasına izin verildiğine dikkat edilmelidir. Bu durum için düzeltme faktörü 1.06' dır.

Yukarıda sözü edilen olgular, silindire etki eden F_D sürüklenme kuvvetini büyük ölçüde etkiler. Bu kuvvetin iki bileşeni vardır. Bunlardan birincisi sınır tabaka yüzey kayma gerilmesinden kaynaklanır ve sürtünme direnci olarak adlandırılır. Diğer ise, art bölgenin oluşumundan kaynaklanan akış yönündeki basınç farkı ile ilişkilidir ve biçim direnci veya basınç direnci olarak bilinir. Sürüklenme kuvveti aşağıdaki şekilde belirlenebilir;

$$F_3 = (P_3 - P_1) A + \rho A (u_1^2 - u_3^2) \quad (5)$$

burada $P_1 = H_1 g$ ve $P_3 = H_3 g$ olarak elde edilir. Sürüklenme kuvvetinin hesaplanmasından sonra, sürüklenme katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$C_D = F_D / A_f (\rho u^2 / 2) \quad (6)$$

burada A_f , silindirin akışa dik düzlem üzerindeki izdüşüm yüzey alanını (serbest akış yönü hız bileşenine dik doğrultudaki izdüşüm alanı), F_D ise akışkan tarafından silindire etki eden sürüklenme kuvvetini ifade etmektedir.

DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyler, silindir yüzeyi boyunca basınç değişimini farklı Reynolds sayıları için elde etmek amacıyla yapılacaktır. Ölçülen basınç değerleri kullanılarak, sürüklenme katsayısı, C_D , elde edilecektir. Deneyi tamamlamak için, aşağıdaki işlemler akışkanın (havanın) farklı hızları (Reynolds sayısı) için tekrar edilecektir.

- Silindiri açılı pozisyonda yerleştiriniz?
- Tünelin çıkış kısmında bulunan çift kelebek vanayı istenilen Reynolds sayısını sağlayacak şekilde ayarlayın.
- Silindiri döndürerek farklı açılı pozisyonlar için silindir üzerindeki farklı noktalarda basınç değerlerini ölçün.
- Havanın hızını değiştirerek (kelebek vananın pozisyonunu değiştirerek) yukarıdaki işlemleri tekrarlayın.

VERİ ANALİZİ

1. Dairesel silindir çevresindeki basınç dağılımını çizin (en yüksek hız değeri için bir grafik)
2. Silindir çevresindeki basınç dağılımı H_5 değerinin θ değerleri ile değişiminin grafiğini çizdiriniz ve basınç değerinin minimum olduğu yerde ayrılma noktasının açısı değerini belirleyiniz (bir grafik üzerinde üç doğru çizin)
3. Denklem 5' i temel denklemleri (Momentum ve süreklilik denklemleri) kullanarak elde ediniz.
4. Sürüklenme kuvvetinin Reynolds sayısı ile değişiminin grafiğini çizin.
5. Artan Reynolds sayıları ile ayrılma açısı nasıl bir değişim gösterir?
6. Artan Reynolds sayısı ile sürtünme ve ayrılma değerleri nasıl etkilenir?
7. Sürüklenme kuvveti, C_D , değerinde sınır tabaka geçişinden dolayı büyük bir düşme meydana gelir. Ayrılma, art bölge ve biçim direnci değeri nasıl etkilenir?
8. Sınır tabaka geçişinin olup olmadığını açıklayın.
9. Rüzgar tünelinde meydana gelen blokajı belirleyin.
10. Silindirin çapı 64 mm' den daha büyük olursa, ne olur?
11. Statik basınç duvar üzerindeki statik basınç tablalarından veya statik basınç probundan yararlanılarak ölçülmüştür. Bu iki yöntem arasındaki fark nedir?

SİMGELER

A	Tünelin kesit alanı	m^2
A_f	Silindirin ön yüz alanı	m^2
C_D	Sürtünme kuvveti	
D	Silindirin çapı	m
F_D	Sürtünme kuvveti	N
H_1	Çalışma alanına girişteki statik basınç	mmH ₂ O
H_2	Çalışma alanına girişteki toplam basınç	mmH ₂ O
H_3	Modelin alt kısmındaki statik basınç	mmH ₂ O
H_4	Modelin alt kısmındaki toplam basınç	mmH ₂ O
H_5	Model üzerinde basınç tapındaki statik basınç	mmH ₂ O
H_θ	Modelin θ açısı kadar döndürülmesindeki statik basınç	mmH ₂ O
Δh	Dinamik basınç	mmH ₂ O
Re	Silindir için Reynolds sayısı	
u	Hız	m/s
θ	Üst tarafındaki pozisyonadaki basınç tabından itibaren döndürülen silindirin açısı	deg
ρ	Havanın yoğunluğu	kg/m ³
ν	Havanın kinematik viskozitesi	m ² /s
μ	Havanın dinamik viskozitesi	kg/ms

KAYNAKLAR

1. Incropera, F.P. and Dewitt, D.P., “Introduction to Heat Transfer”, Third Edition, John Wiley and Sons, 1996.
2. Fox, R.W. and McDonald, A.T., “Introduction to Fluid Mechanics”, Fourth Edition, John Wiley and Sons, 1994.
3. Cengel, Y.A., “Heat Transfer”, Mc Graw Hill, 1998.

H ₁ =	(mmH ₂ O)
H ₂ =	(mmH ₂ O)
H ₃ =	(mmH ₂ O)
H ₄ =	(mmH ₂ O)
θ (deg)	H ₅ (mmH ₂ O)
0	
20	
40	
60	
80	
100	
120	
140	
160	
180	

H ₁ =	(mmH ₂ O)
H ₂ =	(mmH ₂ O)
H ₃ =	(mmH ₂ O)
H ₄ =	(mmH ₂ O)
θ (deg)	H ₅ (mmH ₂ O)
0	
20	
40	
60	
80	
100	
120	
140	
160	
180	

H ₁ =	(mmH ₂ O)
H ₂ =	(mmH ₂ O)
H ₃ =	(mmH ₂ O)
H ₄ =	(mmH ₂ O)
θ (deg)	H ₅ (mmH ₂ O)
0	
20	
40	
60	
80	
100	
120	
140	
160	
180	
200	
220	
240	
260	
280	
300	
320	
340	
360	