

HİDRODİNAMİK KAYMALI YATAK DENEYLERİ

A- DENEY DOZENEGİ

Radyal hidrodinamik kaymali yataklarda yağ miktarı radyal boşluk ve hız gibi faktörlere bağlı olarak meydana gelen basıncı dağılımı, sürtünme momenti ve mil konumunun belirlenebilmesine olanak veren hidrodinamik yağlama sistemidir.

1- Basınçlı Yağlama Sistemi : Bir yağ silindirini pnömatik olarak ileri geri çalıştıran çift etkili bir silindirden ibarettir. Devrede ki çek valfler silindirin her iki strokta pompalama-sına olanak vermek için kullanılır. Devrede bulunan 8 barlık hidrolik besleyici pompalama stroku değişirken sistemin basıncını korur. Ayrıca devrede, kaymali yatak ve hidrostatik yastığın besleme basıncını yaklaşık olarak kaymali yataktaki 1,5 bar hidrostatik yastıkta 16 barda sınırlandıran iki adet basıncı emniyet valfi vardır. Kaymali yatak ve hidrostatik yastıktan sızan yağlar toplama tablasından tekrar tanka geri gider.

2- Kontrol Sistemleri :

a. Hız Kontrol Ünitesi : Hız kontrolo 0 ± 1000 d/dak aralığında hızı ayarlanabilen bir D.C hız değiştirilebilir kontrol Ünitesi ile yapılmaktadır. Bunun için ön paneldeki hız kontrol başlığı kullanılır. Hız göstergesinde okunan değerin sağlıklı olabilmesi için ayrıca bir takometre ile kontrol edilmesi gereklidir.

b. Moment Ölçümü : Milin dönmesiyle oluşan sürtünme momenti eksenin serbestçe dönebilen yatak gövdesine bağlı yay-ibre sistemiyle ölçülmektedir. Bu ölçümde, milin dönmesiyle serbest olan yatak gövdesi sürtünme momentine eşit bir momentle ters yönde döndürülmektedir. Buna bağlı kalibre edilmiş yay ibreyi harekete geçiricektir. Deneylere başlamadan önce moment ölçü düzenegi yatak konuma getirilip çengele 204 grlik bir kalibrasyon kütlesi asılmalıdır. Bu durumda göstergedeki sürtünme momenti değeri 0,2 Nm olarak okunmalıdır.

c. Kontak (Temas) Göstergesi : Eğer varsa yatak ve mil arasındaki temas derecesini göstermek için kullanılır.

d. Basınc Ölçerler: Yağ ve hava besleme basınclarını gösteren basınç ölçerler ön panoda yerleştirilmiştir.

e. Ayar Vanaları : Yağ ve hava beslemelerini kontrol etmek için ayar vanaları sisteme bağlanmıştır.

f. Yağ Çıkışları: Kaymali yatak ve hidrostatik yastığı beslemek için yağ çıkışları bulunmaktadır.

3- Kaymali Yatak Yuvası

Kaymali yatak yuvası dökme demirden yapılmış ve motorlu taşıtlarda kullanıldığı gibi standart ince cidarlı yatak zarfının yerleştirilmesi için honlanmış delik hassasiyetine sahip elemandır. Ayrıca eş merkezli hidrostatik yastığın yerleştirilmesine de olanak verir.

4- Yatak Milleri (Muylu)

Farklı çaplıarda, sertleştirilmiş, üç muylu 0,025, 0,05, 0,075 mm nominal radyal boşluk vermek için standart olarak yapılmışlardır.

5- Hidrostatik Yastık

Hidrostatik yastık yumuşak çelikten yapılmış ve yataktaki yuvasına hassas olarak oturtmak için leplemistiir. Etrafindaki 11 (onbir) adet paskartacı delik, duyarlı sürtünme momenti ölçümlemini etkilememekszin, 500 N'a kadar olan yükleri yatağa aktarılmasını sağlayan hidrostatik kaldırma için yağ sağlar.

6- Basınç Dağılımının Ölçülmesini Sağlayan Aparatlar

Yatak malzemesi	Dökme demir
Nominal delik çapı	50,85 mm
Nominal Yatak genişliği	44,5 mm

Yatak yüzeyi üzerindeki basınç dağılımını belirtmek amacıyla çevresel ve eksenel olmak üzere 30 adet delikli geçitleri olan dökme demir yatak yuvasından ibarettir. Yatak yüzeyinde çeşitli noktalara gelen basınclar bu delikler sayesinde sondaj borusu bulunan kadrانlı monometre ile ölçülmektedir.

B- DENEYLERİN YAPILISI

1. Kaymali Yatakta Sürtünme Momentinin Ölçülmesi :

Kaymali yatak düzenli bir çalışmaya sahip olduğu zaman temas yüzeyleri arasında metal-metal değişmesi olmaz. Bu durumda sürtünme momenti yalnızca viskoz etkilere bağlıdır.

Yatağın yarıçapı R , genişliği L , açısal hızı ω ; radyal boşluk C ve kullanılan yağın viskozitesi η olsun. Viskoz akışkanlar için Newton yasası kullanılarak çevresel sürtünme kuvveti bulunur.



Buna göre sürtünme kuvveti

$$F = \rho \times 2\pi \times RL \times \frac{\omega R}{C} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

Buradan sürtünme momenti

$$M_s = F \cdot R = 2\pi \frac{\rho R^2 L}{C} \omega \eta \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

Sekilden yatak için sartname momenti

$$M_s = \mu W R \text{ ve sürtünme katsayısı} \\ \mu = \frac{M_s}{W R} \text{ dir. (2) denkleminden;}$$

$$\mu = 2\pi \frac{R^2 L}{C} = \frac{\omega_2}{4\pi} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

Yatak basinci

$$R_i = \frac{w}{2\pi R_i} ; \text{ ve } (3) \text{ esitliginden}$$

(1) nolu eşitlik genellikle Petroff eşitliği olarak adlandırılır.
(4) nolu eşitlik hafif yüklerde yataklarda yeterli doğrulukta sonuç
verirken yük arttıkça hatada artmaktadır.

Sürtünme momentinin yükle ve hızla göre değişimini çizelgeye aktarip $M_S - n$, $M_S - W$ diyagramları çizilip irdelenecektir. Sürtünme momentinin hızla olan değişimleri her sabit yük için aynı diyagramda gösterilebilir.

Ayrıca sürtonme katsayısı hesaplanarak belirli bir yük için hızı göre değişimi diyagramda gösterilecektir.

Sabit değerler
Mil çapı
Yatak çapı
Radyal boyluk
Viskozite
Yatak genişliği

2. Basınç Dağılıminin Ölçümü

Basınç dağılıminin ölçülmesi amacıyla deney düzeneğinde kullanılan yatağın yüzeyinde, çevresel 6 ve eksenel 5 sıra olmak üzere toplam 30 delik vardır. Yatak yüzeyinde çeşitli noktalara gelen basınçları bu delikler sayesinde sondaj borusu bulunan kadrانlı manometre ile ölçülmektedir.

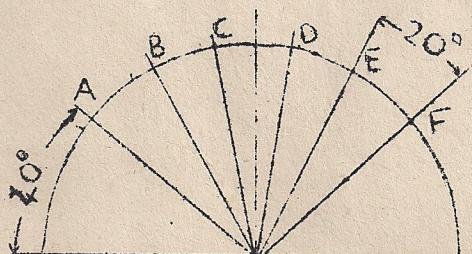
Dökme demirden yapılan yatağı, ağırlık kanca takımını ve en küçük çaplı muyluyu (en büyük radyal boşluğu veren yatak mili) motor miline yerleştiriniz.

Kontrol vanasını kullanarak yatağa yağ ikmali yapıp basıncı 0,5 bara ayarlaşınız. Bu basıncın değişmemesine, degisirse tekrar ayarlanmasına dikkat ediniz.

Yağın yataktan akmasını sağladıkten sonra işletme motorunu çalıştırıp mil hızını 300 d/dak ayarlayınız. Yatağı 50 kg lik bir kotle ile yükleyip, elektrikli degmə direnci ölçucusunu kullanarak muylu ve yatak arasında hiç bir yüzey teması olmamasını sağlamak için kontrol ediniz. Eğer temas varsa, temas ortadan kalkana kadar, yükü azaltınız ya da hızı artırınız.

Basınç ölçer takımını kullanarak sistemli olarak yatak üzerindeki çevresel ve eksenel basınçları okuyunuz. Basınç ölçüleri eksenel ve çevresel bir sıra olmak üzere toplam 10 delik üzerinden olacaktır. Böylece aynı yük altında değişik devir sayılarındaki basınç dağılımları için okumaları elde ediniz. Aynı deneyleri 30 ve 10 kg lik yükler altında tekrarlayarak yükün ve hızın basınç dağılımı üzerindeki etkisini belirleyiniz.

Basınç Dağılımı Ölçüm Yatağı



Yatağın açılmış haldeki görünüşü

Eksenel	A	B	C	D	E	F
5						
4						
3						
2						
1						

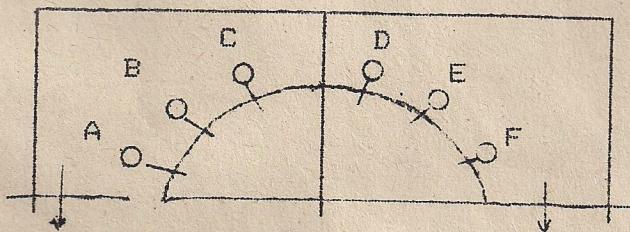
→ Radyal

Deneysel

- 1) Minimum film kalınlığı bölgesinde (radyal yönde E sırasında)
- 2) B sırasında olmak üzere iki değişik yük değeri için yapılarak aşağıdaki çizelge doldurulacak ve eksenel basınç diyagramları (P-L, P-W) çizilecektir. Ayrıca minimum film bölgesinde yük sabit tutularak hız parametresine göre eksenel basınç dağılımı incelenerek P-n diyagramında gösterilecek, diyagramlar irdelenecektir.

$w =$	$w =$
$n =$	
E	B
E	B

$w =$			
E sırasındaki basınç değer.			
$n =$	$n =$	$n =$	$n =$



3. sıradan

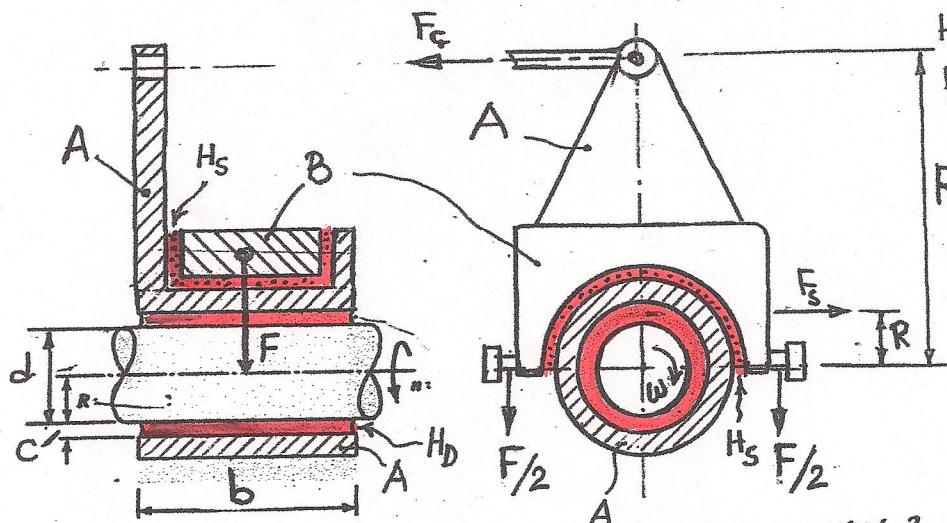
Sabit Değerler :
 Mil Çapı :
 Yatak Çapı :
 Radyal Boşluk :
 Viskozite :

$n =$		
$w =$	$w =$	$w =$
A		
B		
C		
D		
E		
F		

$w =$			
$n =$	$n =$	$n =$	$n =$
A			
B			
C			
D			
E			
F			

Radyal basınç dağılımı yatagın eksenel 3.sırasında sabit hızda üç farklı yük değeri için belirlenecektir. Ayrıca sabit bir yük altında milin hızı değiştirilerek radyal basınç dağılımına etkisi incelenecektir. Çizelge doldurulduktan sonra P-θ, P-n diyagramları çizilerek sonuçlar irdelenecektir.

Sürtünme Momenti Ölçümü :



$d = 50,76 \text{ mm}$ $b = 18 \text{ mm}$ $c = 0,045 \text{ mm}$ $\gamma = 0,2 \text{ Ns/m}^2$
1. Kaymali Yatakta Sürtünme Teorisi:

Akışkan tabakasındaki kayma genilmesi

$$\tau = \gamma \frac{du}{dy}; \quad \tau = \frac{F_s}{A_1}; \quad \frac{du}{dy} \approx \frac{U}{c} \quad \frac{F_s}{A_1} = \gamma \frac{U}{c}$$

$$F_s = \gamma A_1 \frac{U}{c} = \gamma 2\pi R b \frac{U}{c}; \quad U = RW$$

$$F_s = \gamma 2\pi R b \frac{RW}{c}; \quad M_s = F_s \cdot R$$

$$M_s = M_{FR} \rightarrow M = \frac{M_s}{FR} \quad M = \gamma \frac{2\pi R b \cdot RW}{F}$$

$$M = \pi \frac{R}{c} \frac{\gamma W}{P} \quad (\text{Petroff Eşitliği})$$

$\frac{\gamma W}{P}$: Yatak Parametresi

2. Deneyel ölçme

$$M_s = F_F R_G = M_s = M_{FR} \rightarrow M = \frac{F_F R_G}{FR}$$

Ölçülen (F_F) değerleri :

F	n						
$F_1 =$							
$F_2 =$							
$F_3 =$							

F	n						
$F_1 =$							
$F_2 =$							
$F_3 =$							

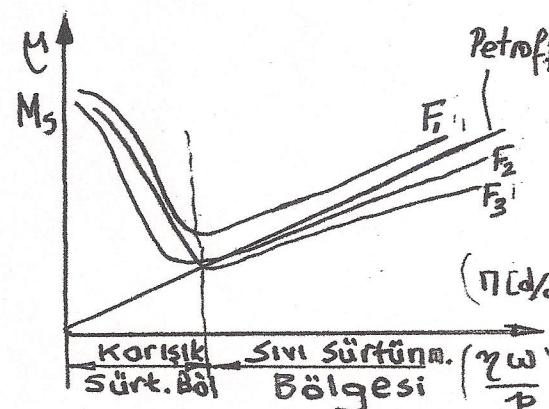
H_S : Hidrostatik yağ filmi
 H_D : Hidrodinamik yağ filmi
 $R_G = 102,5 \text{ mm}$
 A : Yatak Yuva Gövdesi
 B : Yükleme Papucusu
 F_g : Çevresel geki kuvveti
 R_G : Geki yarıçapı
 F : Yatak kuvveti
 b : Yatak genişliği
 R : Mil yarıçapı
 c : Radyal boşluk
 Π : Milin devir sayısı
 w : Açısal hız
 γ : Dinamik viskozite

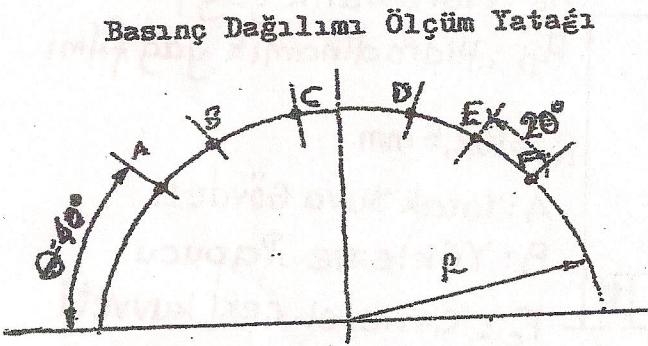
F_s : Hidrodinamik yağ filmindeki sürtünme kuvveti

U : Milin çevresel hızı

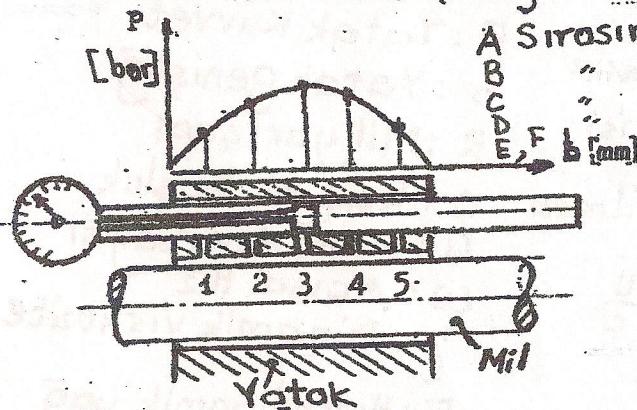
M_s : Yağ filmindeki sürtünme momenti

$P = \frac{F}{2Rb}$: Ortalama yüzey basıncı





1. Eksenel Basınç Dağılımı



Mil Çapı : $d = 50,76 \text{ mm}$

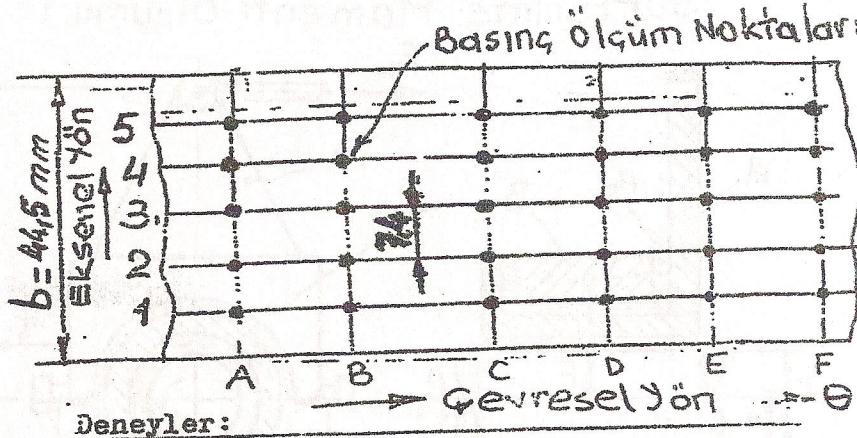
Yatak Çapı : D =

Radyal Boşluk: C = 0,045 mm

$$\text{Viskozite : } \eta = 0,02 \text{ Ns/m}^2$$

Viskosite: 1.47
Vatak Genişliği: $b = 445$ mm

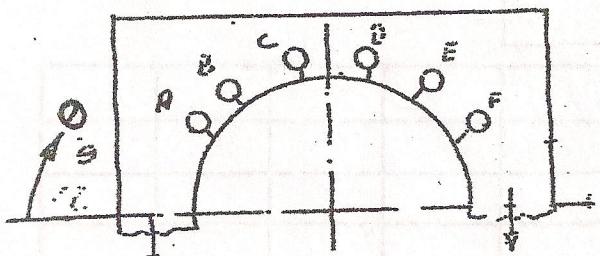
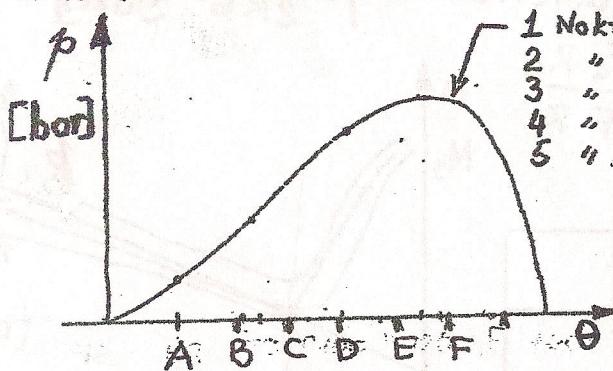
Yatak Genişliği $b = 44,3 \text{ mm}$



$D_1 =$	$F =$	$n_1 =$	$n_2 =$	$n_3 =$	$n_4 =$
E_x	E_z				
E	E	E sırasındaki basıncı degi.			
1					
2					
3					
4					
5					

	$F =$	N	$\eta =$	d/dk		
	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3						
4						
5						

2. Gevresel basınç dağılımı

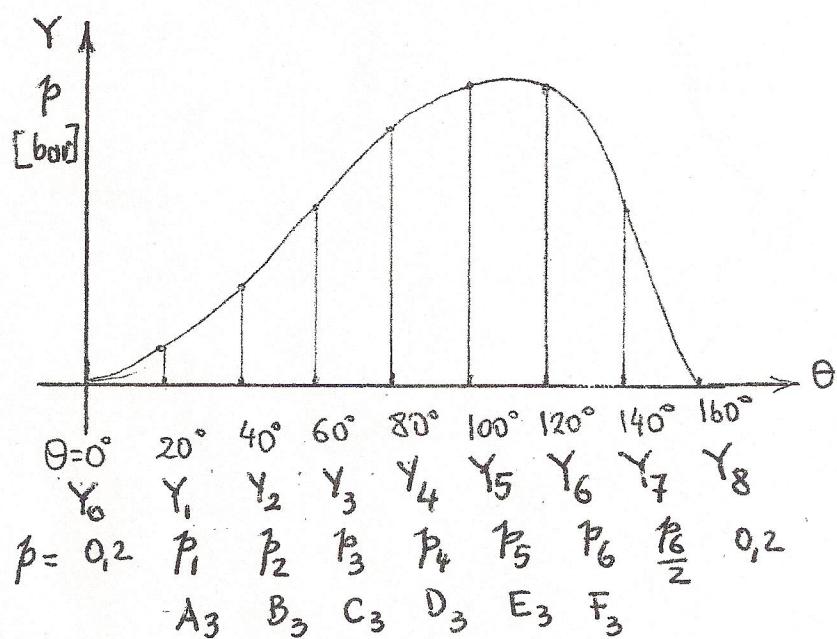
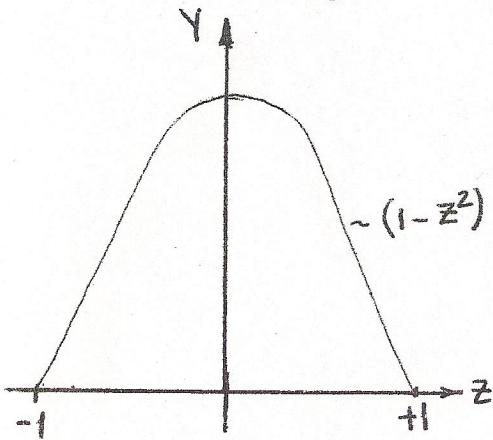


1 Noktalı 3.sıradaki çevresel basinc değerleri

	$n =$	$\%_{dk}$	$F_A =$	$n =$	$n =$
A					
B					
C					
D					
E					
F					

Yataktaki "Eksenel Basing Dağılımı" ve
"Gevresel Basing Dağılımı" gözönüne
 alınan " F ", " π " ve benzeri parametre-
lere göre ayrı ayrı sizilip yorumlanır.

Basinq Dağılıminin Integrasyonu ve Yatak Kuvveti



Yataktaki yağ filminde ölçülen basinq değerlerinin integrasyonu için Simpson-Kuralı uygulanabilir.

Genel form: $J = \int_{x_0}^{x_n} Y(x) dx \approx \frac{h}{3} (Y_0 + 4Y_1 + 2Y_2 + 4Y_3 + \dots + 2Y_{n-2} + 4Y_{n-1} + Y_n)$

Kaymali yataklara uygulanarak yatak kuvveti şu şekilde hesaplanabilir. [AB]. Burada Eksenel yönde basinq dağılımı parabolik olarak alınmıştır.

$$J_x = \frac{4}{3} \frac{h}{3} [Y_0 \cos\theta_0 + 4Y_1 \cos\theta_1 + 2Y_2 \cos\theta_2 + 4Y_3 \cos\theta_3 + 2Y_4 \cos\theta_4 + 4Y_5 \cos\theta_5 + 2Y_6 \cos\theta_6 + 4Y_7 \cos\theta_7 + Y_8 \cos\theta_8]$$

$$J_y = \frac{4}{3} \frac{h}{3} [Y_0 \sin\theta_0 + 4Y_1 \sin\theta_1 + 2Y_2 \sin\theta_2 + 4Y_3 \sin\theta_3 + 2Y_4 \sin\theta_4 + 4Y_5 \sin\theta_5 + 2Y_6 \sin\theta_6 + 4Y_7 \sin\theta_7 + Y_8 \sin\theta_8]$$

$$h = \frac{\pi}{9} \approx 3,14$$

$$\Pi = \frac{1}{4} \sqrt{J_x^2 + J_y^2}$$

$$F = b \cdot d \cdot \Pi \cdot 0,1 \text{ [N]} ; d = 50,76 \text{ mm}, b = 44,5 \text{ mm}$$

Hesap ile bulunan F yatak kuvveti ile yatağa uygulanan kuvvet arasındaki farklılık irdelenerek yorumlanacaktır.

Prof. Dr. A. Bıyıklıoğlu