



TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Mekanik Yapı Elemanları

▪ Yaylar

Doç. Dr. Garip GENÇ

Kaynaklar :

1. Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke, Mechanical Engineering Design
2. R. C. Hibbeler, Mechanics of Materials
3. Prof. Dr. Nihat Akkuş, Ders Notları
4. Yrd. Doç. Dr. Vedat Temiz, Ders Notları

www.garipgenc.com

Page 1

► Giriş

- ✓ Büyük miktarda şekil değiştirme ile potansiyel enerji depo eden makina elemanlarıdır.
- ✓ Bu enerji yayın türüne göre az veya çok sürtünme kaybı ile geri verilir.
- ✓ Bazı yaylar sadece sönüm amacı ile de kullanılabilirler.



www.garipgenc.com

Page 2

> Uygulamaları

- ✓ Enerji depolama amacı ile; saat mekanizmalarında
- ✓ Kuvvet sınırlayıcı olarak; preslerde
- ✓ Darbe sönümleyici olarak; taşıt yayları, raylı taşıtların tampon yayları
- ✓ Kuvvet bağı elde etmek veya kuvveti dağıtmak için; gergi yayları, temas yayları
- ✓ Kuvvet ölçmek için; yaylı dinamometreler, basküller
- ✓ Kuvvet bağının devamı için; hareket ve aşınmanın olduğu haller
- ✓ Titreşim tekniğinde makinaların desteklenmesi için; kırıcılar, öğütücüler, çekiçler vb.

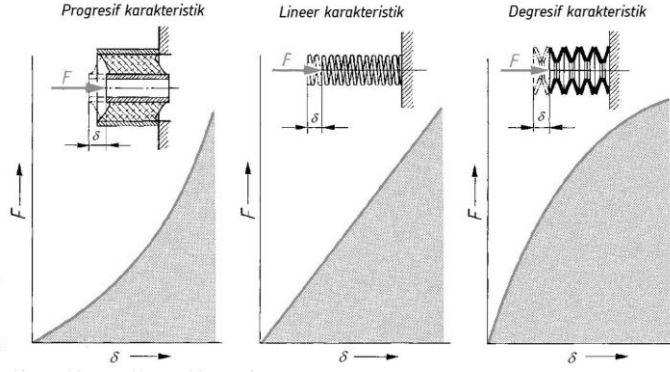
> Sınıflandırmaları

- ✓ Metal yaylar esas olarak **yayın şekline** veya **yaydaki zorlanmanın cinsine** göre sınıflandırılırlar.

		Metal yaylar				
Yayda oluşan zorlanma türü	Çeki - Bası	Çeki veya bası yay çubukları		Bilezik yaylar		
	Eğilime	Düz formda olanlar	Spiral formda olanlar		Disk veya özel formda olanlar	
		Yaprak yaylar	Spiral yaylar	Kangal yaylar	Tabak yaylar	Membranlar
Burulma	Burulma çubukları	Helisel yaylar		Silindirik olmayan helisel sarımlı yaylar		
		Bası yayı	Çeki yayı	Konik	Dış bükey	İç bükey

➤ Yay karakteristikleri

- ✓ Yay karakteristiği kuvvet ile uzama arasındaki ilişkidir. Bu ilişki en genel hali ile üç değişik şekilde olabilir.

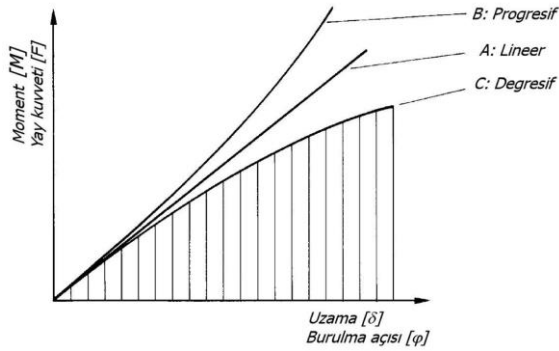


www.garipgenc.com

Page 5

➤ Yaylanma rijitliği [C]

- ✓ Esas olarak yay karakteristiğinin eğimidir.

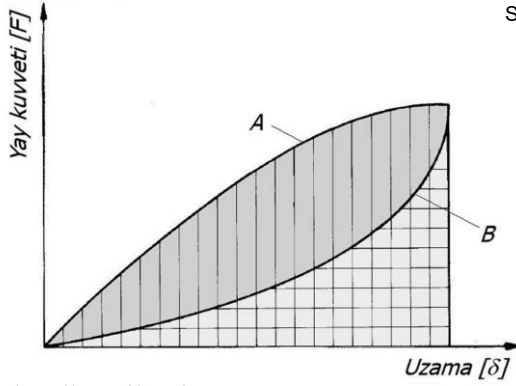


Kuvvet etkisinde uzama halinde: $C = \frac{dF}{d\delta}$ Moment etkisinde dönme halinde: $C_b = \frac{dM}{d\varphi}$

www.garipgenc.com

Page 6

Depolanan Enerji - Sönüm



Sönüm faktörü:
$$\psi = \frac{W_A - W_B}{W_A}$$

✓ Sönüm 2 türlü olabilir:

1. Coulomb sönümü
2. Viskoz sönüm

Yayın depo edebileceği enerji:

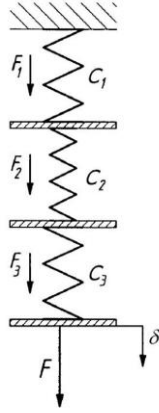
$$W \int_0^{\delta_{\text{maks}}} F \cdot d\delta$$

Yay sistemleri

- ✓ Uygulamaya bağlı olarak bazen tek yay yerine, birden fazla yayın seri veya paralel bağlanmış halleri kullanılır.
- ✓ Yay sistemleri genel olarak;
 - Kullanma hacminin sınırlı olduğu
 - Tek yaya göre daha efektif olduğu
 - İstenilen karakteristiklerin tek yaydan elde edilemediği hallerde kullanılırlar.

➤ Seri bağlı yay sistemleri

- ✓ Tek yaya göre daha yumuşaktır. (yaylanma rijitliği düşüktür)

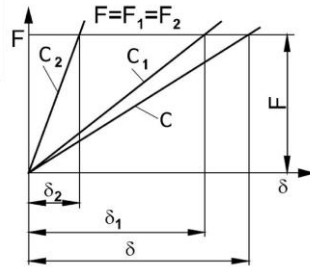
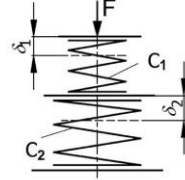


Her yaydaki kuvvetaynıdır

$$\delta_{\text{top}} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \dots$$

$$\frac{F}{C_{\text{eş}}} = \frac{F}{C_1} + \frac{F}{C_2} + \frac{F}{C_3} \dots$$

$$\frac{1}{C_{\text{eş}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots$$



www.garipgenc.com

Page 9

➤ Paralel bağlı yay sistemleri

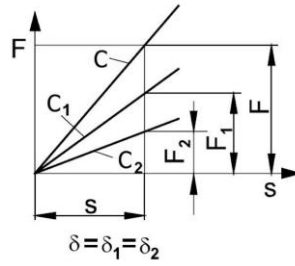
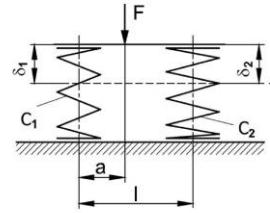
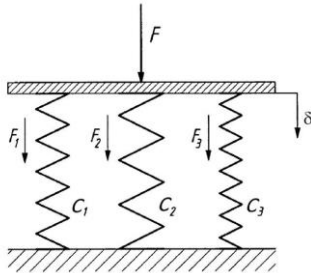
- ✓ Tek yaya göre daha serttir. (yaylanma rijitliği büyüktür)

Her yaydaki uzama aynıdır

$$F_{\text{top}} = F_1 + F_2 + F_3 + \dots$$

$$C_{\text{eş}} \cdot \delta = C_1 \cdot \delta + C_2 \cdot \delta + C_3 \cdot \delta \dots$$

$$C_{\text{eş}} = C_1 + C_2 + C_3 \dots$$

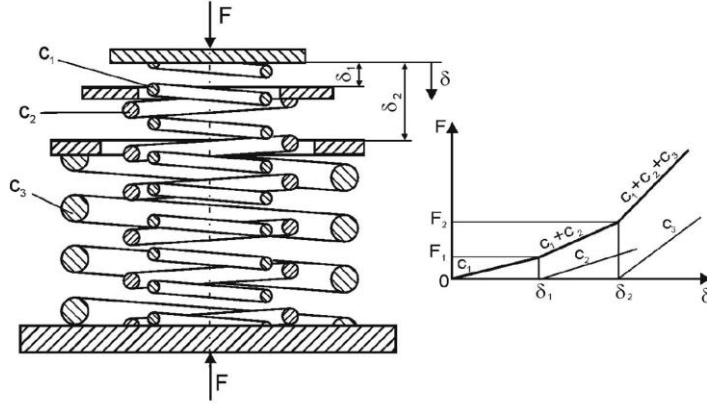


www.garipgenc.com

Page 10

➤ Paralel bağılı yay sistemleri

✓ Uygulama örneği



➤ Yay malzemeleri

İstenen özellikler;

- 1.Yüksek elastiklik sınırı
- 2.Yüksek zaman mukavemeti ve sürekli mukavemet
- 3.Yüksek uzama ve büzülme özelliği

✓ Bu özellikleri iyileştirmek için yüksek karbonlu çelik ve/veya Si, Cr, Mn ve V alaşımları...

➤ Yay malzemeleri

- ✓ Yay malzemesinin çekme veya kesme mukavemeti tel çapına bağlı olarak değişir.

Genel olarak:

Malzeme	m üsteli	Çap [mm]	A [MPa.mm ^m]	İzafi maliyet
Müzik teli	0.145	0.10–6.5	2211	2.6
Yağda ısıtılmış ve temperlenmiş tel	0.187	0.5–12.7	1855	1.3
Soğuk çekilmiş tel	0.190	0.7–12.7	1783	1.0
Krom-vanadyum teli	0.168	0.8–11.1	2005	3.1
Krom-silisyum teli	0.108	1.6–9.5	1974	4.0
302 Paslanmaz çelik tel	0.146	0.3–2.5	1867	7.6–11
	0.263	2.5–5	2065	
	0.478	5–10	2911	
Fosfor bronz teli	0	0.1–0.6	1000	8.0
	0.028	0.6–2	913	
	0.064	2–7.5	932	

Genel uygulamalarda

$$\tau_{AK} \approx 0,4 \cdot \sigma_{AK}$$

Eğilme zorlanması halinde

$$\sigma_{em} \leq 0,8 \cdot \sigma_{AK}$$

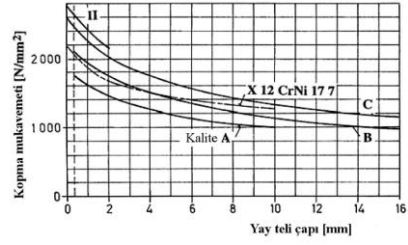
$$\sigma_k \approx \frac{A}{d^m}$$

➤ Yay teli kalitesi

Tel-cinsi	Kullanıldığı yer	d mm	En düşük çekme [MPa] mukavemet değeri
A	Çekme, basma ve burulma etkisinde, küçük kuvvetlerle statik ve çok seyrek dinamik yüklemde çalışan yaylar	1 ... 10	$\sigma_k \approx 1720 - 660 \cdot \log d$
B	Çekme, basma ve burulma etkisinde, küçük kuvvetlerle statik ve seyrek dinamik yüklemde çalışan yaylar	0,3 ... 20	$\sigma_k \approx 1980 - 740 \cdot \log d$
C	Çekme, basma ve burulma etkisinde, küçük kuvvetlerle statik ve seyrek dinamik yüklemde çalışan yaylar	2 ... 20	$\sigma_k \approx 2220 - 820 \cdot \log d$
D	Çekme, basma ve burulma etkisinde, küçük kuvvetlerle statik ve orta/büyük dinamik yüklemde çalışan yaylar	0,2 ... 20	$\sigma_k \approx 2220 - 820 \cdot \log d$
FD	Çelik yay teli (alaşimsız) statik yüklemeler için.	0,5 ... 17	$\sigma_k \approx 1846 - 480 \cdot \log d$
VD	Ventil yayı teli (alaşimsız) büyük dinamik torsiyon etkisinde çevre ısısında çalışan yaylar	0,5 ... 10	$\sigma_k \approx 1800 - 415 \cdot \log d$

➤ Popüler yay malzemeleri için tipik değerler (yay teli kalitesi)

Yuvarlak kesitli yay malzemeleri		[DIN 17223, Part 1 (12.84)]			
Tel kalitesi ->	A	B	C	D	
Tel çapı [mm]	Kıpma mukavemeti - N/mm ²				
0.07	-	-	-	-	2800-3100
0.3	-	2370-2650	-	-	2660-2940
1	1720-1970	1980-2220	-	-	2230-2470
2	1520-1760	1760-1970	1980-2200	1990-2200	
3	1410-1620	1630-1830	1840-2040	1840-2040	
4	1320-1520	1530-1730	1740-1930	1740-1930	
5	1260-1450	1460-1650	1660-1840	1660-1840	
6	1210-1390	1400-1580	1590-1770	1590-1770	
7	1160-1340	1350-1530	1540-1710	1540-1710	
8	1120-1300	1310-1480	1490-1660	1490-1660	
9	1090-1260	1270-1440	1450-1610	1450-1610	
10	1060-1230	1240-1400	1410-1570	1410-1570	
11	-	1210-1370	1380-1530	1380-1530	
12	-	1180-1340	1350-1500	1350-1500	
13	-	1160-1310	1320-1470	1320-1470	
14	-	1130-1280	1290-1440	1290-1440	
15	-	1110-1260	1270-1410	1270-1410	
16	-	1090-1230	1240-1390	1240-1390	
17	-	1070-1210	1220-1360	1220-1360	
18	-	1050-1190	1200-1340	1200-1340	
19	-	1030-1170	1180-1320	1180-1320	
20	-	1020-1150	1160-1300	1160-1300	

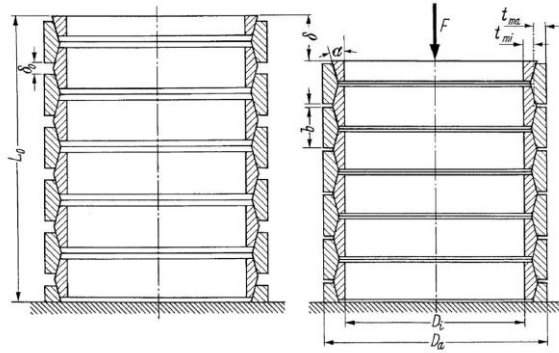


www.garipgenc.com

Page 15

➤ Bilezik yaylar

- ✓ Daha çok sönmüleme amacı ile tampon olarak kullanılırlar.



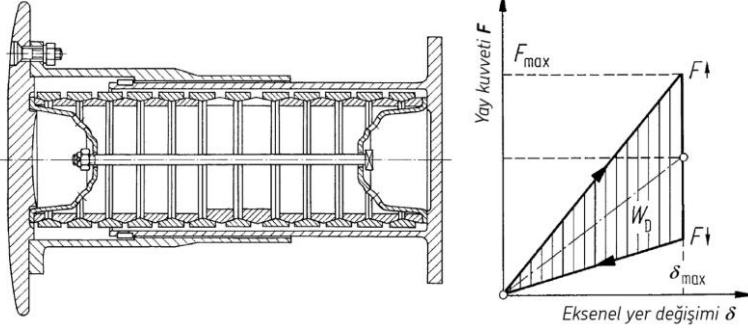
- ✓ Bilezik yüzeylerinin işlenme ve yağlama durumuna bağlı olarak $\rho=7...9^\circ$ kadardır. Bu nedenle α açısının $12...15^\circ$ alınması uygun olur.

www.garipgenc.com

Page 16

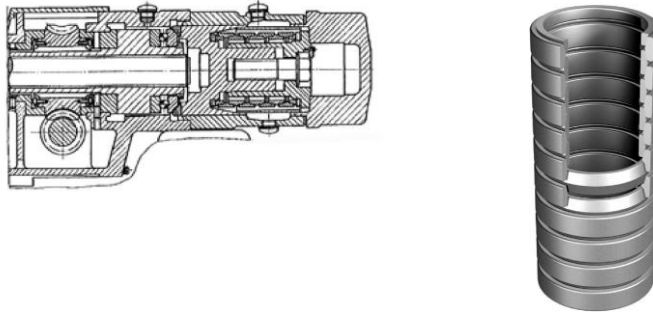
➤ Bilezik yaylar

- ✓ Endüstriyel bir vagon tamponu.



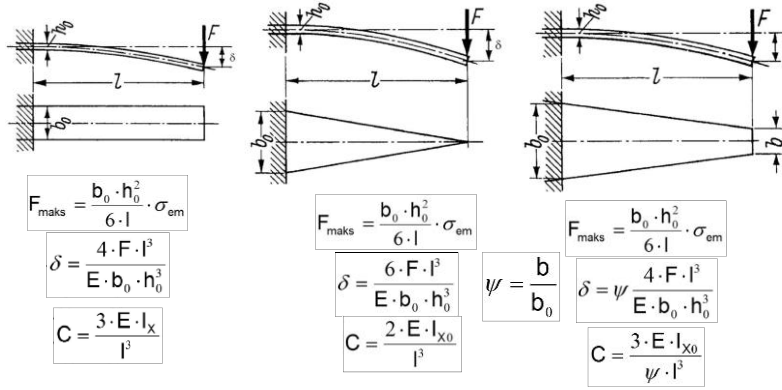
➤ Bilezik yaylar

- ✓ Bilezik yayların bir kaynak makinasındaki uygulaması.

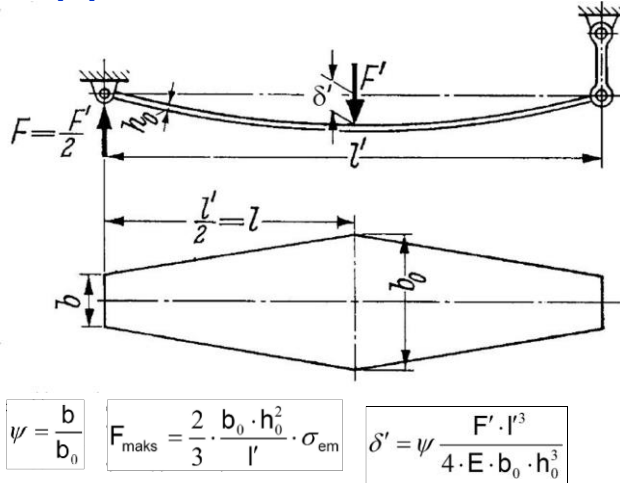


➤ Yaprak yaylar

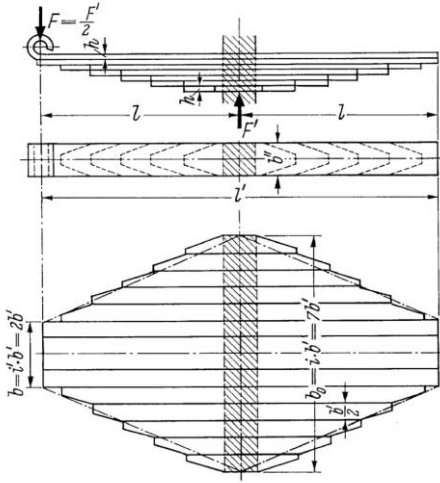
- ✓ Hesabı esas olarak eğilmeye maruz bir ankastre kiriş ile tamamen aynıdır.



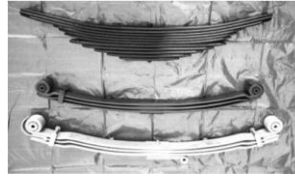
➤ Yaprak yaylar



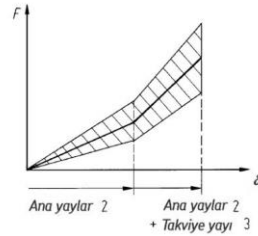
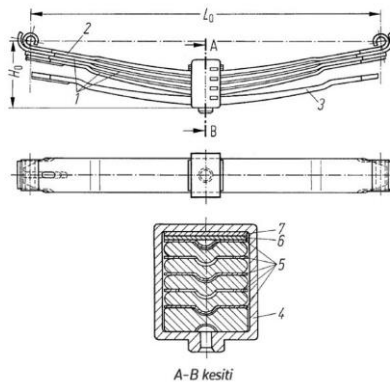
➤ Çok katlı yaprak yaylar



Yapraklar arasındaki sürtünme ihmal edilirse, tek katlılar gibi hesaplanabilirler. Formüllerde $b_0 = i \cdot b'$ ve $b = i \cdot b'$ konmalıdır. (i = yaprak veya kat adedi)

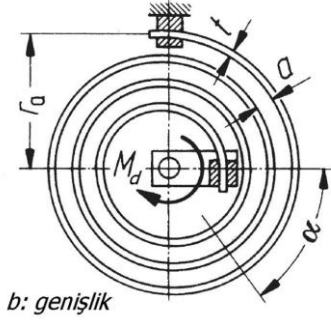


➤ Yaprak yay uygulaması



➤ Spiral yaylar

- ✓ Eğilmeye çalışan yaylardır. En bilinen türü mekanik saatlerin zemberek yaylarıdır. Eğilmeye çalışan eğri eksenli bir kiriş gibi hesaplanabilir.



$$M_{d\text{maks}} = \frac{b \cdot t^2}{6} \cdot \sigma_{em} \quad \alpha = \frac{M_d \cdot l}{E \cdot I_x} = \frac{12 \cdot M_d \cdot l}{E \cdot b \cdot t^3}$$

$$l \approx 2 \cdot \pi \cdot i \cdot \left[r_a - \frac{i}{2}(t+a) \right] \quad i: \text{ sarım sayısı}$$

$$\alpha_{em} = \frac{2 \cdot l \cdot \sigma_{em}}{E \cdot t} \quad C_b = \frac{E \cdot b \cdot t^3}{12 \cdot l}$$

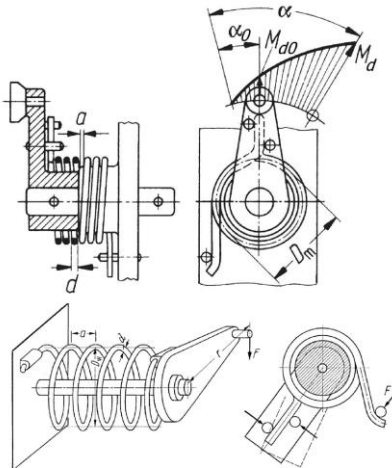


www.garipgenc.com

Page 23

➤ Kangal yaylar

- ✓ Kapak mafsallarında, manivelalarda, kilit, mandal gibi elemanlarda sıklıkla kullanılırlar.



$$M_{d\text{maks}} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \cdot \sigma_{em}$$

$$\alpha = \frac{M_d \cdot l}{E \cdot I_x} = \frac{64 \cdot M_d \cdot l}{\pi \cdot d^4 \cdot E}$$

$$l \approx \pi \cdot D_m \cdot i \quad i: \text{ sarım sayısı}$$

$$\alpha_{em} = \frac{2 \cdot l \cdot \sigma_{em}}{E \cdot d}$$

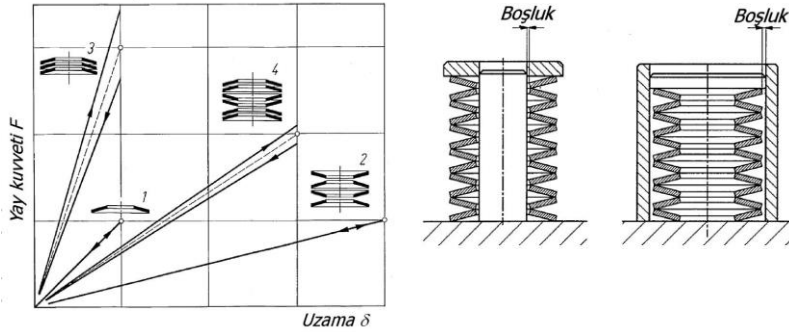
$$C_b = \frac{\pi \cdot d^4 \cdot E}{64 \cdot l}$$

www.garipgenc.com

Page 24

➤ Disk (tabak) yaylar

- ✓ Çok az deformasyonla, büyük kuvvetler gerektiğinde kullanılan nonlineer karakteristikli yaylardır.
- ✓ Tek bir disk yayın karakteristiği yeterli olmadığında, yay paketleri halinde kullanılırlar. Çok değişik kombinasyonlarla istenilen karakteristik kolaylıkla elde edilebilir.

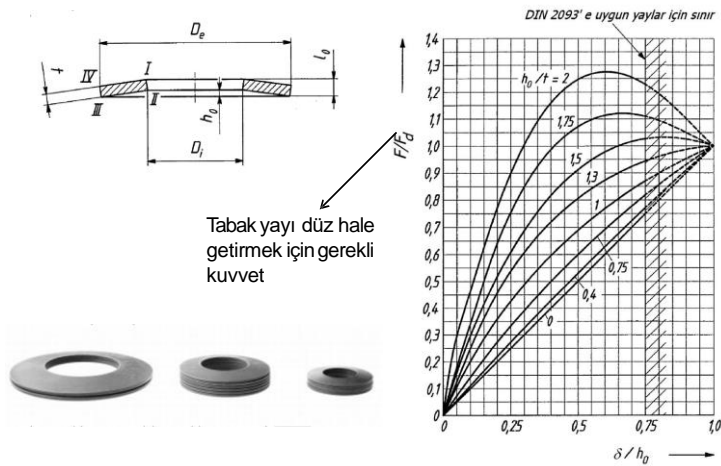


www.garipgenc.com

Page 25

➤ Disk (tabak) yaylar

➤ Kuvvet-uzama ilişkisi



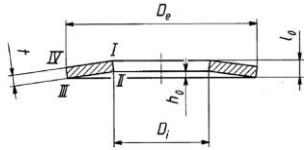
www.garipgenc.com

Page 26

➤ Disk (tabak) yaylar

➤ Kuvvet-uzama ilişkisi

$$F = \frac{4 \cdot E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{t^4}{K_1 \cdot D_e^2} \cdot \frac{\delta}{t} \cdot \left[\left(\frac{h_0}{t} - \frac{\delta}{t} \right) \cdot \left(\frac{h_0}{t} - \frac{\delta}{2 \cdot t} \right) + 1 \right]$$



$$K_1 = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{\left(\frac{Q-1}{Q} \right)}{Q+1 - \frac{2}{2}}; Q = \frac{D_e}{D_i}$$

- ✓ E: Elastiklik modülü
- ✓ ν: Poisson oranı

$$F_d = \frac{4 \cdot E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{t^3 \cdot h_0}{K_1 \cdot D_e^2}$$

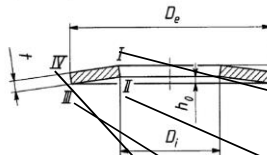
Tabak yayı düz hale getirmek için gerekli kuvvet

$$C = \frac{dF}{d\delta} = \frac{4 \cdot E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{t^3}{K_1 \cdot D_e^2} \cdot \left[\left(\frac{h_0}{t} \right)^2 - 3 \cdot \frac{h_0}{t} \cdot \frac{\delta}{t} + \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{\delta}{t} \right)^2 + 1 \right]$$

Yaylanma rijitliği

➤ Disk (tabak) yaylar

➤ Meydana gelen gerilmeler (eğilme)



$$\sigma_I = -\frac{4 \cdot E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{t^2}{K_1 \cdot D_e^2} \cdot \frac{\delta}{t} \cdot \left[K_2 \cdot \left(\frac{h_0}{t} - \frac{\delta}{2 \cdot t} \right) + K_3 \right]$$

$$\sigma_{II} = -\frac{4 \cdot E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{t^2}{K_1 \cdot D_e^2} \cdot \frac{\delta}{t} \cdot \left[K_2 \cdot \left(\frac{h_0}{t} - \frac{\delta}{2 \cdot t} \right) - K_3 \right]$$

$$\sigma_{III} = -\frac{4 \cdot E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{t^2}{K_1 \cdot D_e^2} \cdot \frac{1}{Q} \cdot \frac{\delta}{t} \cdot \left[(K_2 - 2 \cdot K_3) \cdot \left(\frac{h_0}{t} - \frac{\delta}{2 \cdot t} \right) - K_3 \right]$$

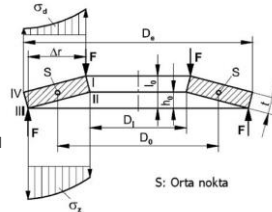
$$\sigma_{IV} = -\frac{4 \cdot E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{t^2}{K_1 \cdot D_e^2} \cdot \frac{1}{Q} \cdot \frac{\delta}{t} \cdot \left[(K_2 - 2 \cdot K_3) \cdot \left(\frac{h_0}{t} - \frac{\delta}{2 \cdot t} \right) + K_3 \right]$$

$$K_1 = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{\left(\frac{Q-1}{Q} \right)}{Q+1 - \frac{2}{2}}; Q = \frac{D_e}{D_i}$$

$$K_2 = \frac{6}{\pi} \cdot \frac{\left(\frac{Q-1}{\ln Q} \right)}{\ln Q}; Q = \frac{D_e}{D_i}$$

$$K_3 = \frac{3}{\pi} \cdot \frac{Q-1}{\ln Q}; Q = \frac{D_e}{D_i}$$

- ✓ E: Elastiklik modülü
- ✓ ν: Poisson oranı

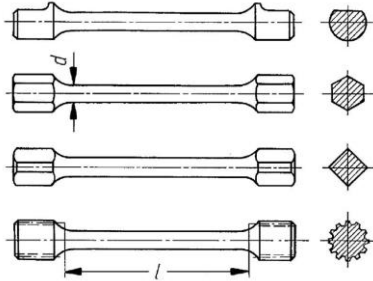
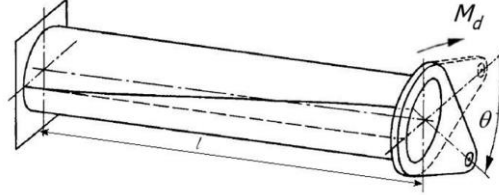


➤ Burulmaya çalışan yaylar

➤ Burulma çubukları

Burulma gerilmesi

$$\tau_b = \frac{M_d}{W_p} = \frac{16 \cdot M_d}{\pi \cdot d^3} \leq \tau_{em}$$



Burulma açısı

$$\theta = \frac{M_d \cdot l}{G \cdot I_p} = \frac{32 \cdot M_d \cdot l}{\pi \cdot G \cdot d^4}$$

Yaylanma rijitliği

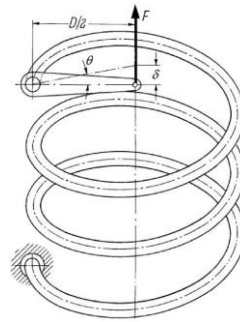
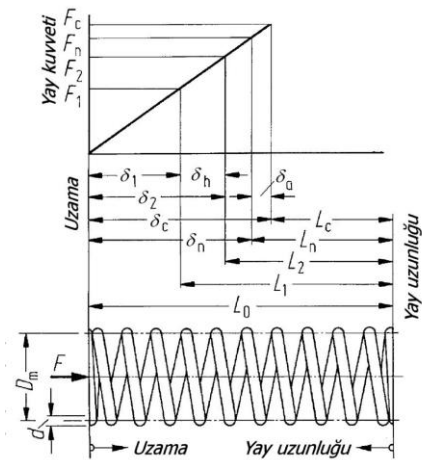
$$C_b = \frac{M_d}{\theta} = \frac{\pi \cdot G \cdot d^4}{32 \cdot l}$$

www.garipgenc.com

Page 29

➤ Helisel bası yayları

- ✓ Burulmaya çalışan yaylardır.



L_c : blokaj boyu

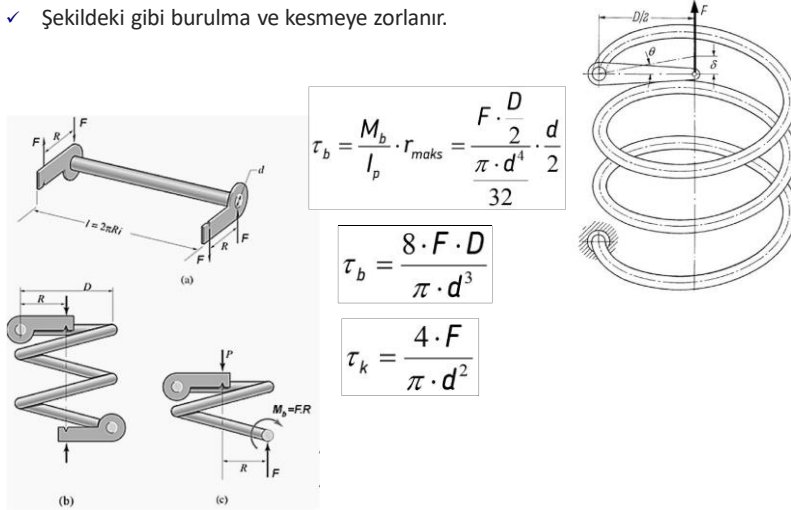
www.garipgenc.com

Page 30

➤ Helisel bası yayları

➤ Gerilmeler

- ✓ Şekildeki gibi burulma ve kesmeye zorlanır.



$$\tau_b = \frac{M_b}{I_p} \cdot r_{maks} = \frac{F \cdot \frac{D}{2}}{\frac{\pi \cdot d^4}{32}} \cdot \frac{d}{2}$$

$$\tau_b = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3}$$

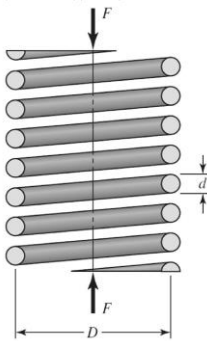
$$\tau_k = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2}$$

www.garipgenc.com

Page 31

➤ Helisel bası yayları

➤ Gerilmeler



$$\tau_b = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3}$$

$$\tau_k = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2}$$

$C_k = D/d$ oranı ile denklem yeniden düzenlenirse

$$\tau_b = k_s \cdot \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3}$$

$$k_s = \frac{2 \cdot C_k + 1}{2 \cdot C_k}$$

$C_k = 3 \dots 16$ (tavsiye: $6 \dots 12$)

Helisel yayın eğrisel kiriş olduğu da dikkate alınırsa

$$\tau_b = k_W \cdot \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3}$$

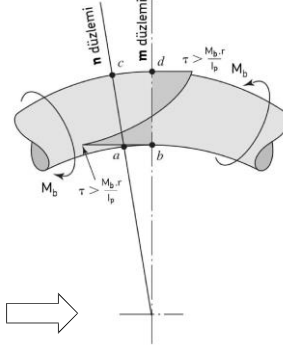
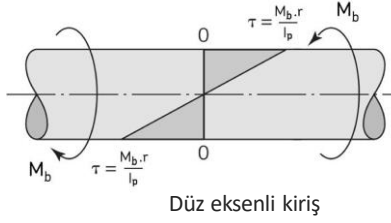
$$k_W = \frac{4 \cdot C_k - 1}{4 \cdot C_k - 4} + \frac{0,615}{C_k}$$

Wahl faktörü

www.garipgenc.com

Page 32

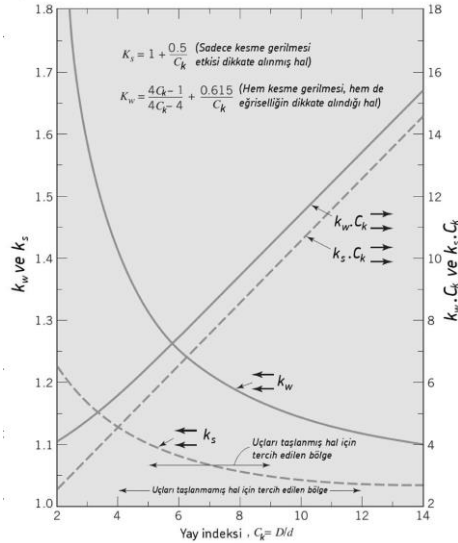
➤ Wahl Faktörü



Yayın uçlarına uygulanan Mb momentinin m ve n düzlemleri arasında 1° lik bir dönmeye neden olduğu varsayılırsa, bu bir derecelik dönme yayın içteki ab (kısa) kısmı ile dıştaki cb (uzun) kısmına farklı oranda dağılır. Bunun sonucunda da şekildeki gerilme gradyeni oluşur.

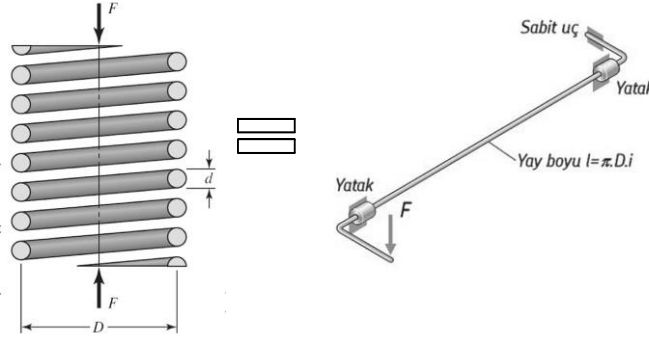
$$k_w = \frac{4 \cdot C_k - 1}{4 \cdot C_k - 4} + \frac{0,615}{C_k}$$

➤ Helisel yaylar için düzeltme faktörleri



➤ Helisel bası yayı hesabı

- ✓ Helisel yayda en önemli husus kuvvet etkisinde yay eksenine doğrultusunda oluşan deformasyonun (δ) hesaplanmasıdır. Hesap basitliği için helisel yay, burulmaya maruz bir ankastre kiriş gibi hayal edilebilir.



www.garipgenc.com

Page 35

➤ Helisel bası yayları

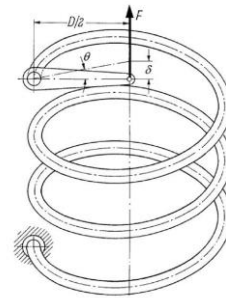
➤ Uzamalar

Yayın uç kısmında döndürme momenti etkisindeki açılal dönme:

$$\theta = \frac{M_b \cdot l}{G \cdot I_p} = \frac{F \cdot \frac{D}{2} \cdot l}{G \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{32}} = \frac{16 \cdot F \cdot D \cdot l}{\pi \cdot G \cdot d^4}$$

Formüldeki l uzunluğu $l \cong \pi \cdot D \cdot i$: sarım sayısı

$$\theta = \frac{M_b \cdot l}{G \cdot I_p} = \frac{16 \cdot F \cdot D \cdot \pi \cdot D \cdot i}{\pi \cdot G \cdot d^4}$$



$$C = \frac{F}{\delta} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot i}$$

Çökme ile açıl arasındaki ilişki

$$\delta = \frac{D}{2} \cdot \theta = \frac{D}{2} \cdot \frac{16 \cdot F \cdot D \cdot \pi \cdot D \cdot i}{\pi \cdot G \cdot d^4} = \frac{8 \cdot F \cdot D^3 \cdot i}{G \cdot d^4}$$

www.garipgenc.com

Page 36

➤ Helisel bası yayları

➤ Uzamalar

$$C = \frac{F}{\delta} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot i}$$

Aktif sarım sayısı yayın uç kısmının işlenme durumuna göre değişiklik gösterir.

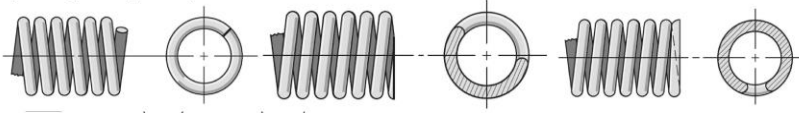
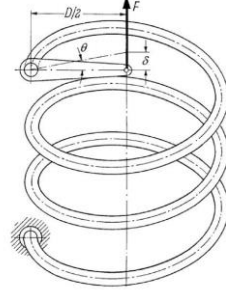
$i=i_t$; uçları işlem görmemiş yaylarda

$i=i_t - 1,5$; uçları sadece taşlanmış yaylarda

$i=i_t - 2$; uçları taşlanmış ve düzeltilmiş yaylarda

i : aktif sarım sayısı

i_t : toplam sarım sayısı

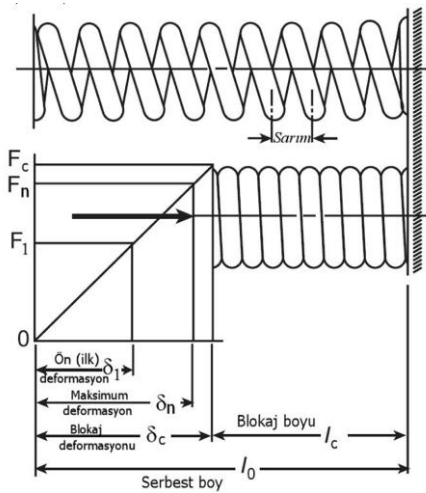


www.garipgenc.com

Page 37

➤ Helisel bası yayları

➤ Yay boyu ile ilgili değerler



Blokaj uzunluğu

Soğuk sarılmış, uçları taşlanmamış yaylarda $L_c = (i_t + 1) \cdot d$

Soğuk sarılmış, uçları düz taşlanmış yaylarda $L_c = i_t \cdot d$

Sıcak sarılmış, uçları düzeltilip, taşlanmış yaylarda $L_c = (i_t - 0,3) \cdot d$

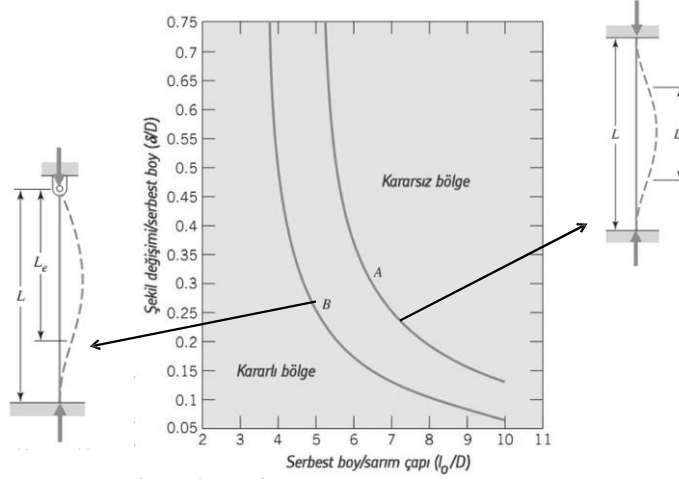
Sıcak sarılmış, uçları işlenmemiş yaylarda $L_c = (i_t + 1,1) \cdot d$

i_t : toplam sarım sayısı

www.garipgenc.com

Page 38

➤ Burkulma durumu

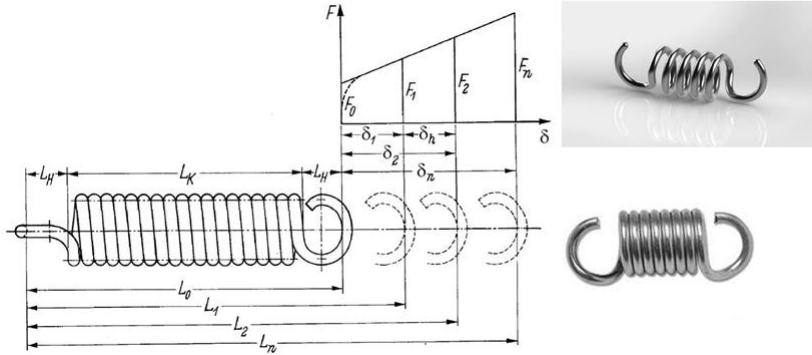


www.garipgenc.com

Page 39

➤ Helisel çeki yayları

- ✓ Uç formları çekmeye uygun şekillendirilmiştir. $d \leq 17$ mm için ön gerilmeli olarak soğuk sarılırlar. Bu çapın üstünde ise sıcak sarılırlar. Hesapları bası yayları ile aynıdır.

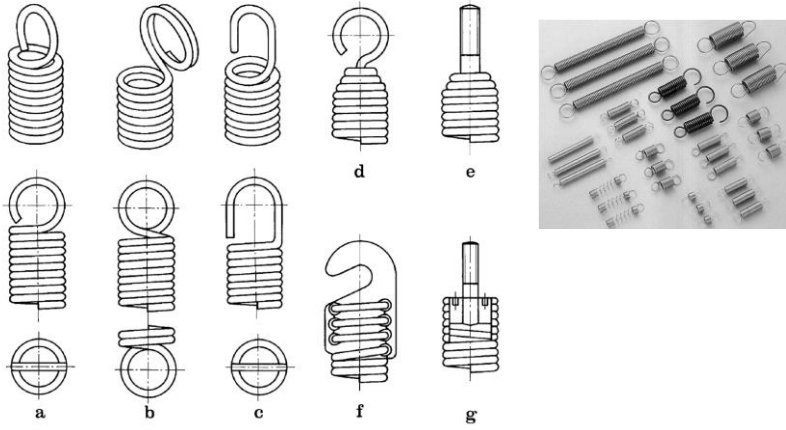


www.garipgenc.com

Page 40

➤ Helisel çeki yayları

➤ Değişik Uç formları



www.garipgenc.com

Page 41

➤ Değişik helisel yay konstrüksiyonları

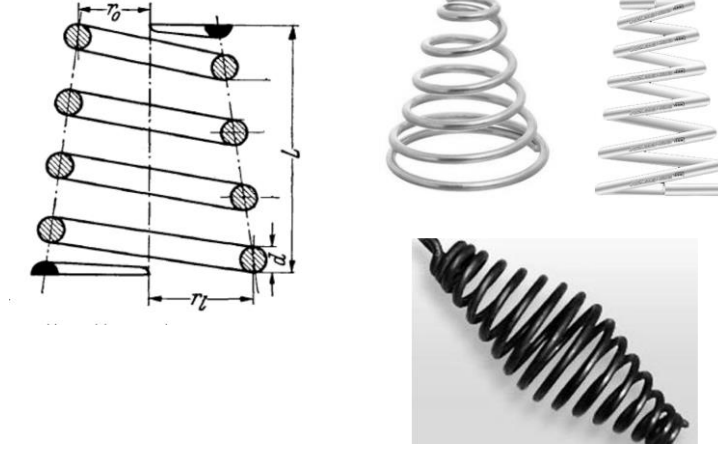
- ✓ Dikdörtgen kesitli helisel bası yayları daha çok kalıp yayı olarak kullanılır.



www.garipgenc.com

Page 42

➤ Değişik helisel yay konstrüksiyonları



www.garipgenc.com

Page 43

➤ Değişik helisel yay konstrüksiyonları

- ✓ Konik sarımlı dikdörtgen kesitli yaylar

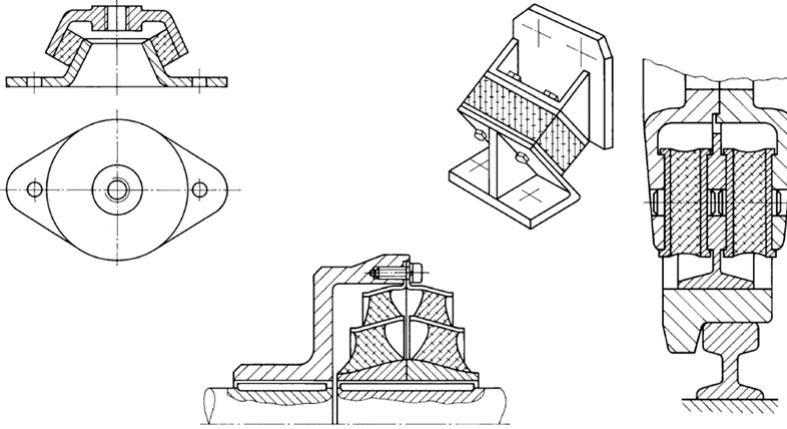


www.garipgenc.com

Page 44

➤ Elastomer yaylar

- ✓ Hem elastiklik, hem sönüm, hem de ısı ve elektriksel yalıtkanlık sağlarlar. Genellikle sönüm amaçlı tercih edilirler.



www.garipgenc.com

Page 45

➤ Yay titreşimi

- ✓ Yayın ikaz frekansı ile doğal frekansı birbirine çok yakınsa bir rezonans olayı meydana gelir. Bunun için yayın doğal frekansının hesaplanması önem kazanır.

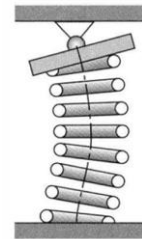
Her iki ucu da tespit edilmiş yay halinde ; $\omega_n = \pi \cdot \sqrt{\frac{C \cdot g}{W}}$

ω_n : Doğal frekans

C: Yaylanma rijitliği

W: Yay ağırlığı

g: Yerçekimi ivmesi



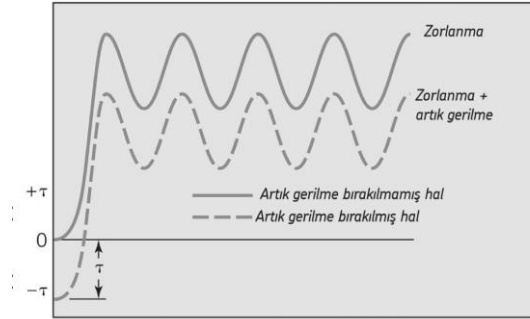
Aktif çalışan yay kısmının ağırlığı: $W = \frac{\pi^2 \cdot d^2 \cdot D \cdot i \cdot \rho}{4}$

www.garipgenc.com

Page 46

➤ Faydalı artık gerilme

- ✓ Helisel bası yayları faydalı artık gerilme için ideal yaylardır. Bu yayların akma sınırını geçecek şekilde aşırı yüklenmesi işletme sırasında aynı doğrultuda etkiyen yükler altında çalışma için çok faydalı artık gerilmeler oluşturur.



➤ Yaylar ile ilgili faydalı videolar

- <https://www.youtube.com/watch?v=uKFYiNMzgSI>
- https://www.youtube.com/watch?v=SNX_ONaeHLQ
- <https://www.youtube.com/watch?v=NYKSqhn1g28>
- <https://www.youtube.com/watch?v=kInQuEwhyPw>
- <https://www.youtube.com/watch?v=omfmfCYwKFQ>
- <https://www.youtube.com/watch?v=qSSfUktSVkk>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ns5Gj9m1akM>
- <https://www.youtube.com/watch?v=xI2t42XmEns>
- <https://www.youtube.com/watch?v=pL7kX7ka564>



Coulomb damping vs Viscous Damping

<https://www.youtube.com/watch?v=QUreAM7JTwk>