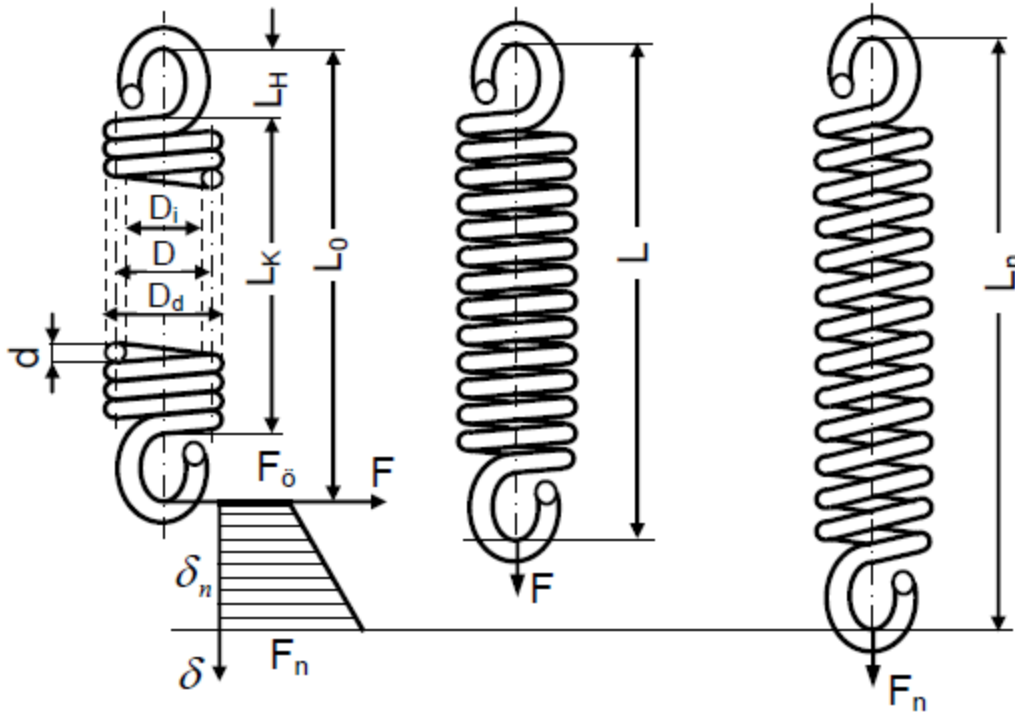
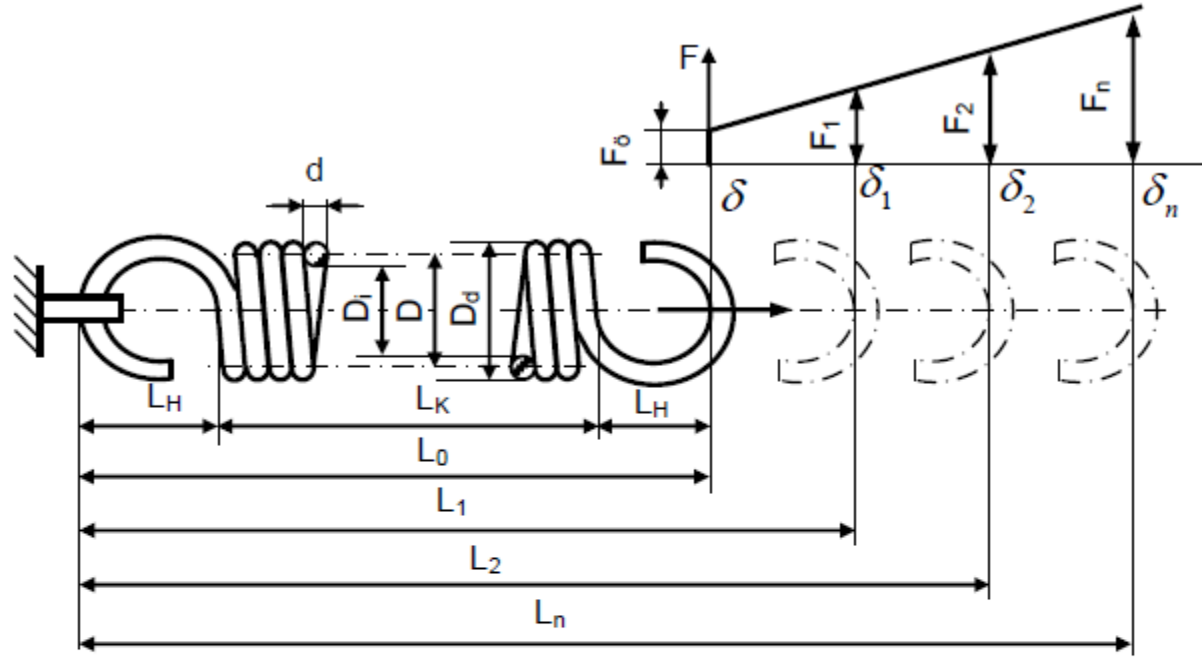


2) Çekme kuvveti ile zorlanan yaylar (Çeki yayları)

Bu yaylar genellikle sağ sarımlı olup belirli bir ön gerilme kuvveti (F_0) altında sarılarak imal edilirler. Ön gerilmeden dolayı yüksüz durumda yay sargıları birbirine temas etmektedir. Yaya etkiyen işletme kuvveti ön yükleme (gerilme) kuvvetini aştığında ($F > F_0$) yay esneyip uzama başlar. Şekil-10.31'de çekmeye çalışan bir yayın geometrik büyüklükleri ve kuvvet etkisinde uzama durumları gösterilmiştir.



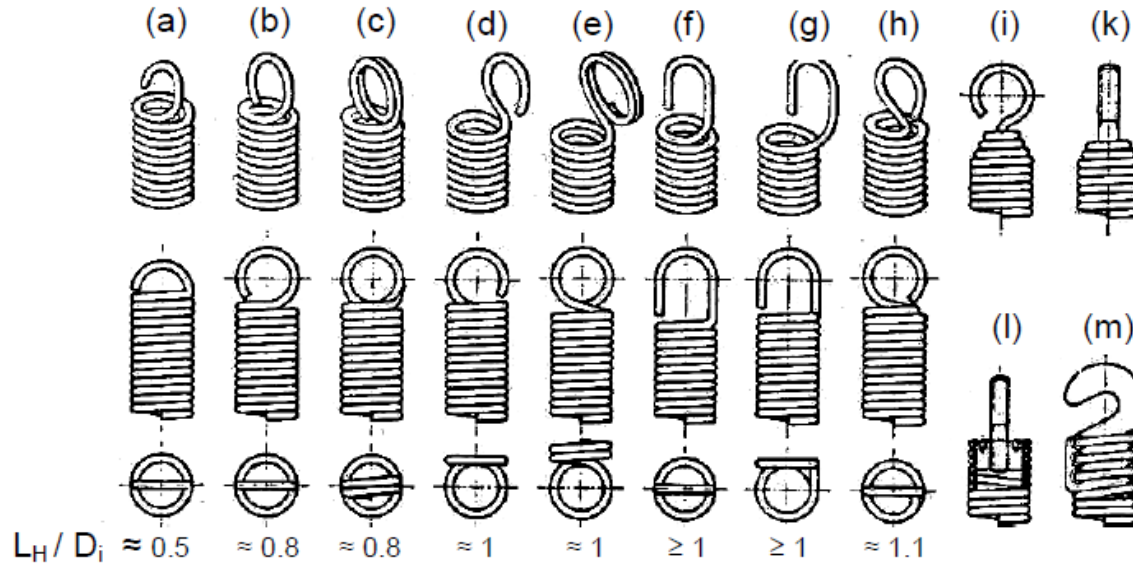
(a)



(b)

Şekil-10.31 Çekmeye çalışan yaylar [1, 3]

Çeki yayları belirli bir tel çapına kadar ($d \leq 17 \text{ mm}$) ön gerilme altında soğuk olarak sarılır. Daha büyük çaplı tele sahip çeki yayları ise sıcak sarıldıktan sonra tavlânır. Bu durumda sarımda oluşan ön gerilme sarım sonrası ısıl işlem nedeniyle kaybolur ve sarımlar birbirine temas etmeyebilir. Çekme kuvvetiyle zorlanan yayların uçları bağlantı yapabilmek ve çekme kuvvetini iletebilmek için çok farklı biçimlerde üretilirler. Şekil-10.32 uygulamada karşılaşılabilen çeki yay uç konstrüksiyonlarını göstermektedir.



Şekil-10.32 Çeşitli çeki yay uç konstrüksiyonları [1]

Yay uçları aynı telden olabileceği gibi özel kancalı takmalı başlardan da oluşabilir (Şekil-10.32 k,l,m gibi). Şekilde yay uçlarının (kancaların) uzunlukları hakkında da bilgi verilmiştir. Çengeller aynı düzlemde olabileceği gibi birbirine dik düzlemlerde de bulunabilirler.

Yayda yenilmesi gereken ön gerilme kuvveti, maksimum işletme kuvvetinin %25'i civarındadır ($F_0 \leq 0.25F$). Bu yaylarda ön yükleme nedeniyle bir serbest boy tanımı anlamlı olmayıp yayın kuvvet uygulanmamış (uzamamış) haldeki toplam uzunluğu

$$L_0 = L_k + 2L_H \quad (10.79)$$

ve sargı bölümünün uzunluğu

$$L_k = (i + 1)d \quad (10.80)$$

şeklinde hesaplanır. Burada i etkili sarım sayısı, d tel çapı ve L_H uç kısımlarının uzunluğudur. Baş uzunluğu

$$L_H = (0.8 \dots 1.1)D_i$$

şeklinde seçilebilmektedir. F_n işletme kuvveti etkisinde yay uzamasından dolayı oluşan yay uzunluğu

$$L_n = L_k + 2L_H + \delta_n \quad (10.81)$$

olarak hesaplanabilmektedir (Şekil-10.31b).

Bu yayların hesabı basma kuvvetiyle zorlanan yayların hesabı gibidir. Burada F_δ ön gerilme kuvveti değerlendirmeye alınmaktadır. Bu amaçla yay uzaması için

$$\delta = \frac{8D^3i}{Gd^4}(F - F_\delta) \quad (10.82)$$

eşitliği kullanılmaktadır. Yaya uygulanan ön gerilme kuvveti

$$F_\delta = \frac{1}{K} \frac{\pi d^3}{8D} \tau_\delta \quad (10.83)$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada K gerilme faktörü, τ_δ F_δ 'ye karşılık gelen kayma ön gerilmesidir. τ_δ değeri değişik çap oranlarında tablolaştırılmıştır [6].

Yay uç kısımlarındaki çengelde oluşan gerilmeler de hesaplanmalıdır. Şekil-10.33 yay ucundaki zorlanmalar için değerlendirildiğinde aşağıdaki analiz yapılabilir. Genel olarak bu gerilmeler yay gövdesindeki gerilmelerden büyüktür. Yay uç kısmında A kesiti

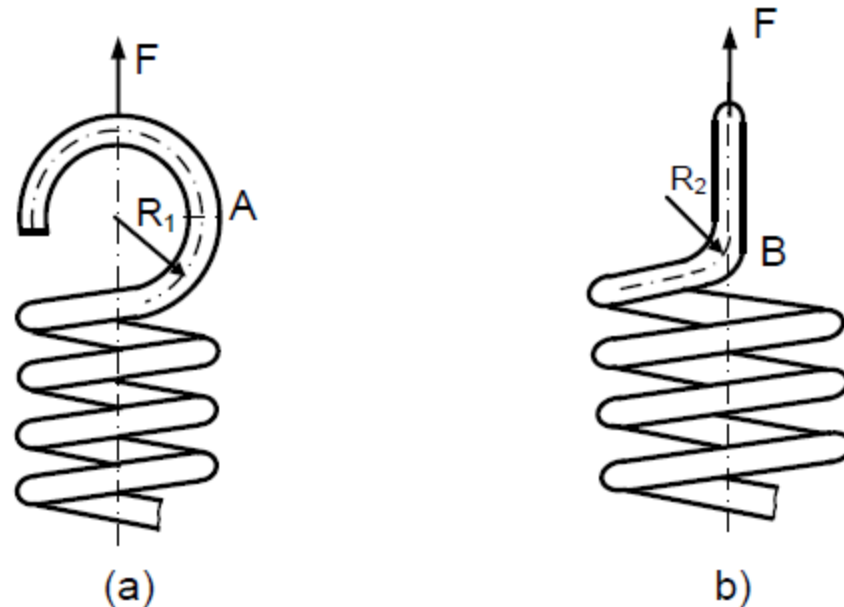
FR_1 eğilme momenti etkisinde eğilmeye ve F çekme kuvveti etkisinde çekmeye çalışır ve bu kesitteki toplam gerilme

$$\sigma = K_1 \frac{32FR_1}{\pi d^3} \quad (10.84)$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada K_1 gerilme yığılma faktörü olup

$$K_1 = \frac{4C_1^2 - C_1 - 1}{4C_1(C_1 - 1)} \quad (10.85)$$

şeklinde hesaplanır [7]. Bu ifadede $C_1 = 2R_1 / d$ olarak tanımlanmıştır.



Şekil-10.33 Yay ucunda zorlanma

Burulmaya zorlanan en tehlikeli tel kesiti B olup (Şekil-10.33b) $M_b = FD/2$ burulma momenti etkisinde oluşan burulma gerilmesi (kayma gerilmesi)

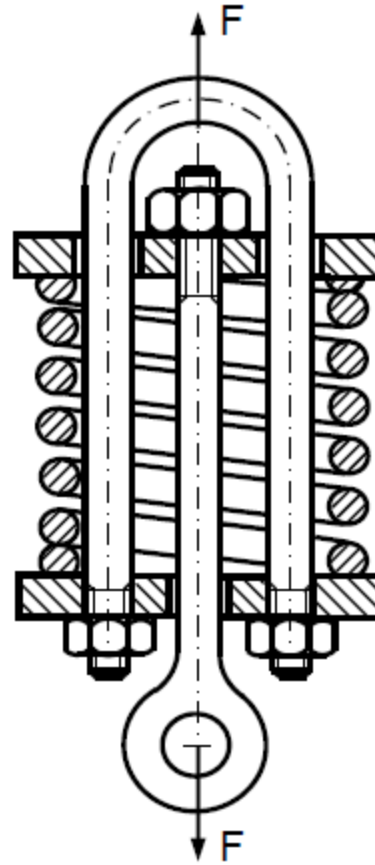
$$\tau = K_2 \frac{8FD}{\pi d^3} \quad (10.86)$$

şeklinde elde edilir. Burada

$$K_2 = \frac{4C_2 - 1}{4C_2 - 4} \quad (10.87)$$

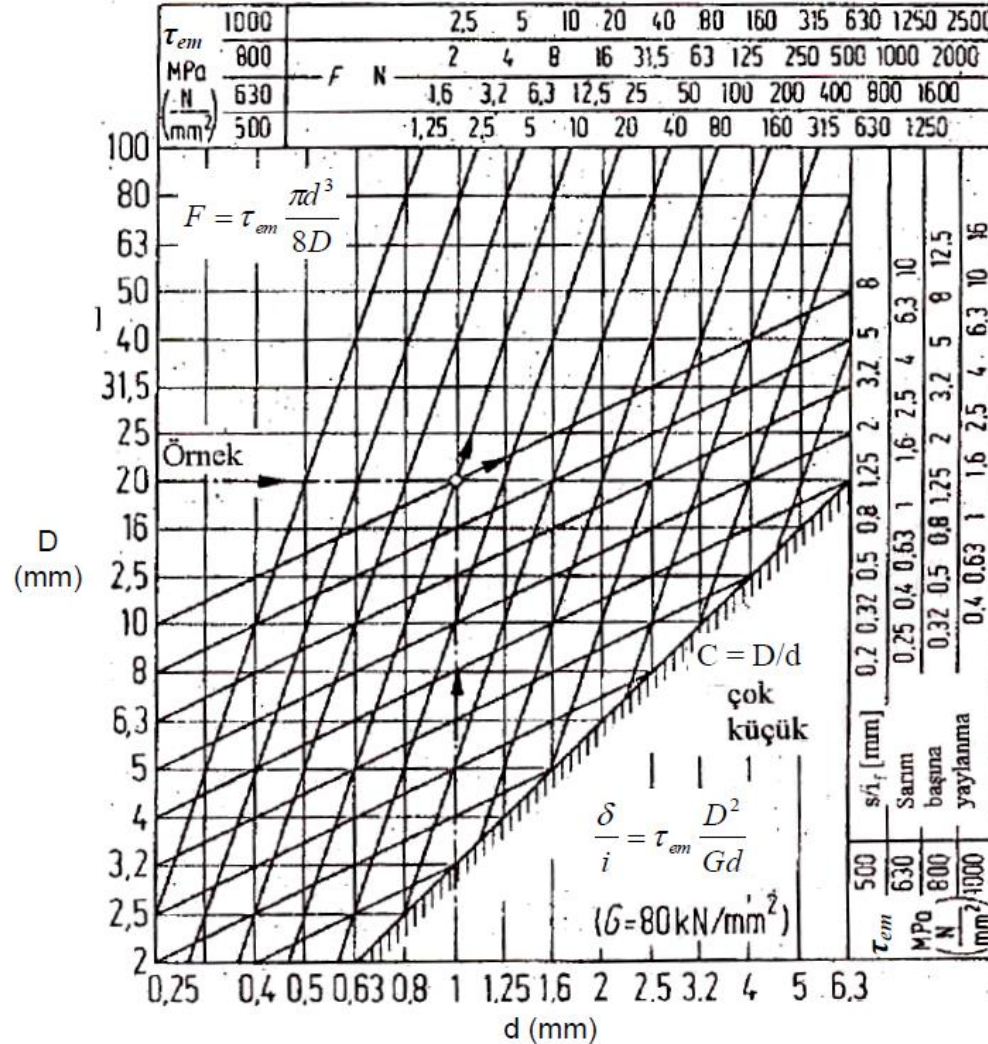
olup $C_2 = 2R_2/d$ şeklinde tanımlanmaktadır. Bu ifadede $C_2 = 1$ için $K_2 \rightarrow \infty$ olmaktadır. Normal şartlarda $C_2 \geq 4.2$ ve $R_2 > 2.1d$ alınmaktadır. Yay uçlarındaki gerilmeleri küçültmek için ya A noktasında eğrilik yarıçapı arttırılmalı ya da sarım çapı kademeli olarak uç kısma doğru küçültülmelidir.

Çeki yayları patikte basmaya zorlanan yaylardan daha az kullanılır. İmalatı daha pahalı olup elastiklik sınırının üstünde yaylanma karakteristiklerini kaybeder. Bunun için yay uzamasını önleyen sınırlayıcılar kullanılır. Bu nedenlerle çoğu zaman çekmeye çalışan yay yerine basma yayları kullanılır. Şekil-10.34 bu tür yaylara bir örnek vermektedir.



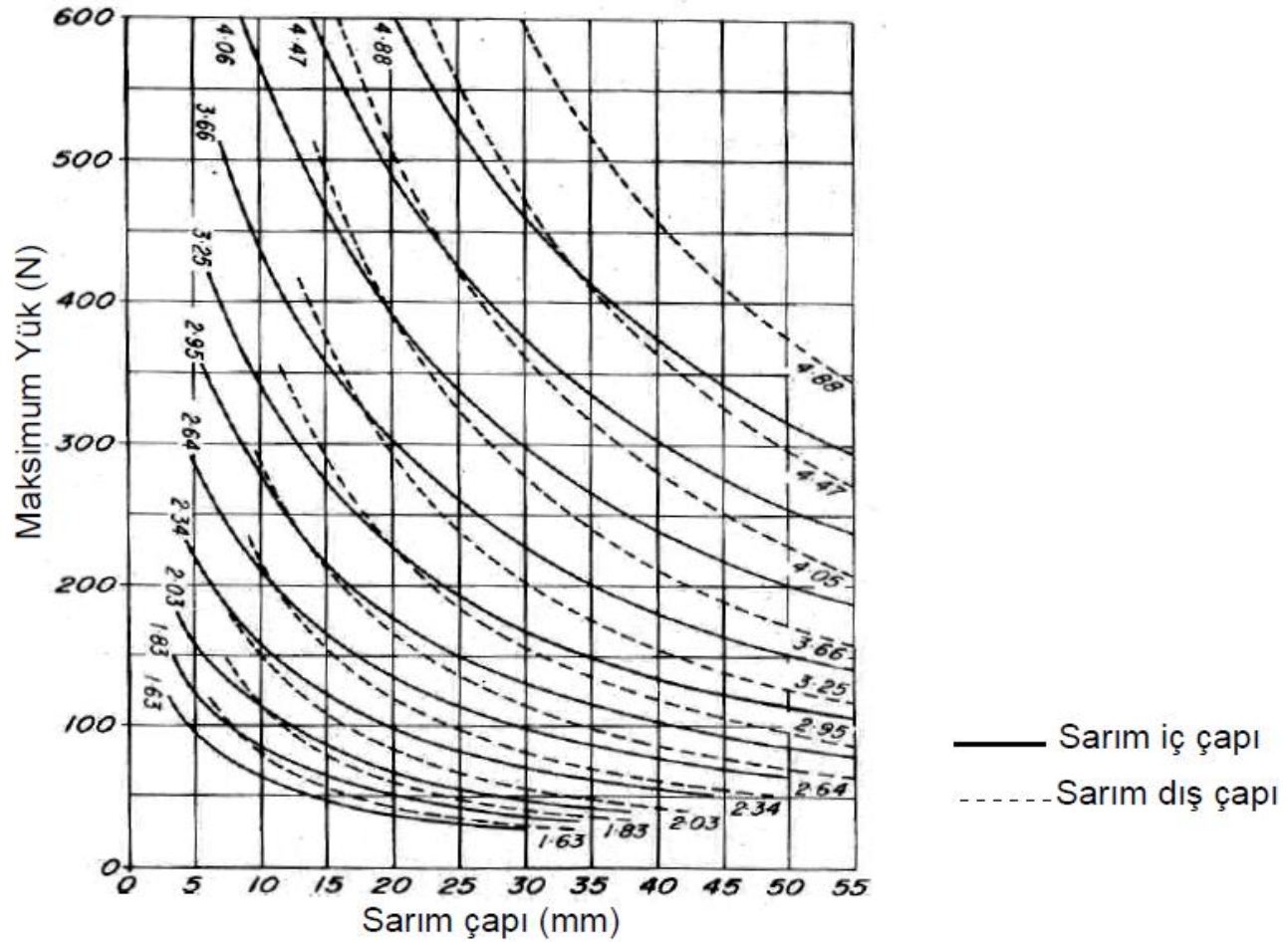
Şekil-10.34 Çekme yayı yerine basma yayı kullanımı [24]

esas alınarak değişik τ_{em} değerlerinde yay kuvveti F ve sargı başına yaylanma (deformasyon) miktarı δ/i arasındaki ilişki kullanılabilmektedir. Şekilde verilen diyagramdaki örnekte $\tau_{em} = 500 \text{ N/mm}^2$ için $d = 1 \text{ mm}$ tel çapı ve $D = 20 \text{ mm}$ sargı çapında yayda $F = 10 \text{ N}$ kuvvetin sargı başına 8 mm deformasyon verdiği görülebilmektedir.

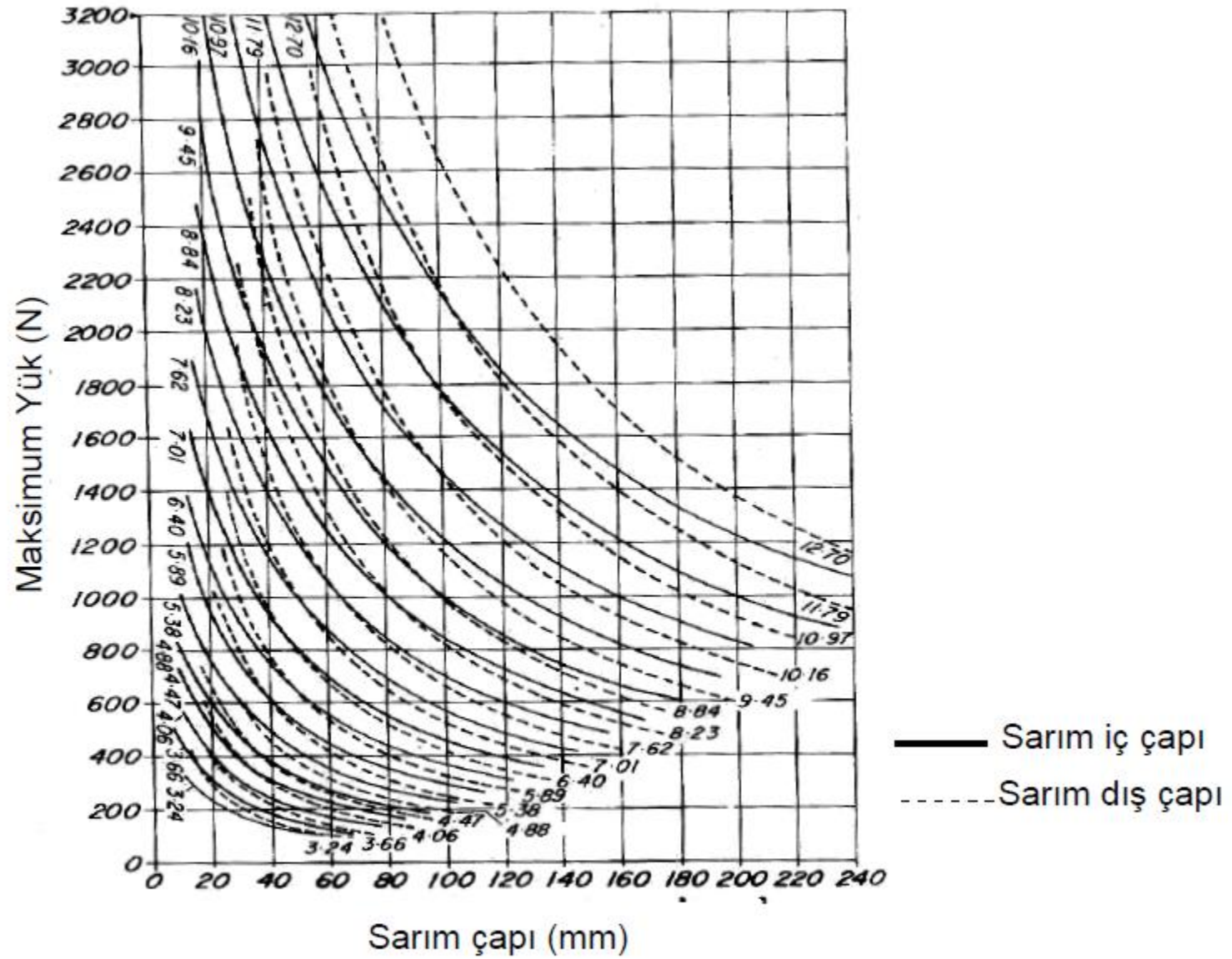


Şekil-10.35 Helisel yay seçimi için çeşitli büyüklükler [3]

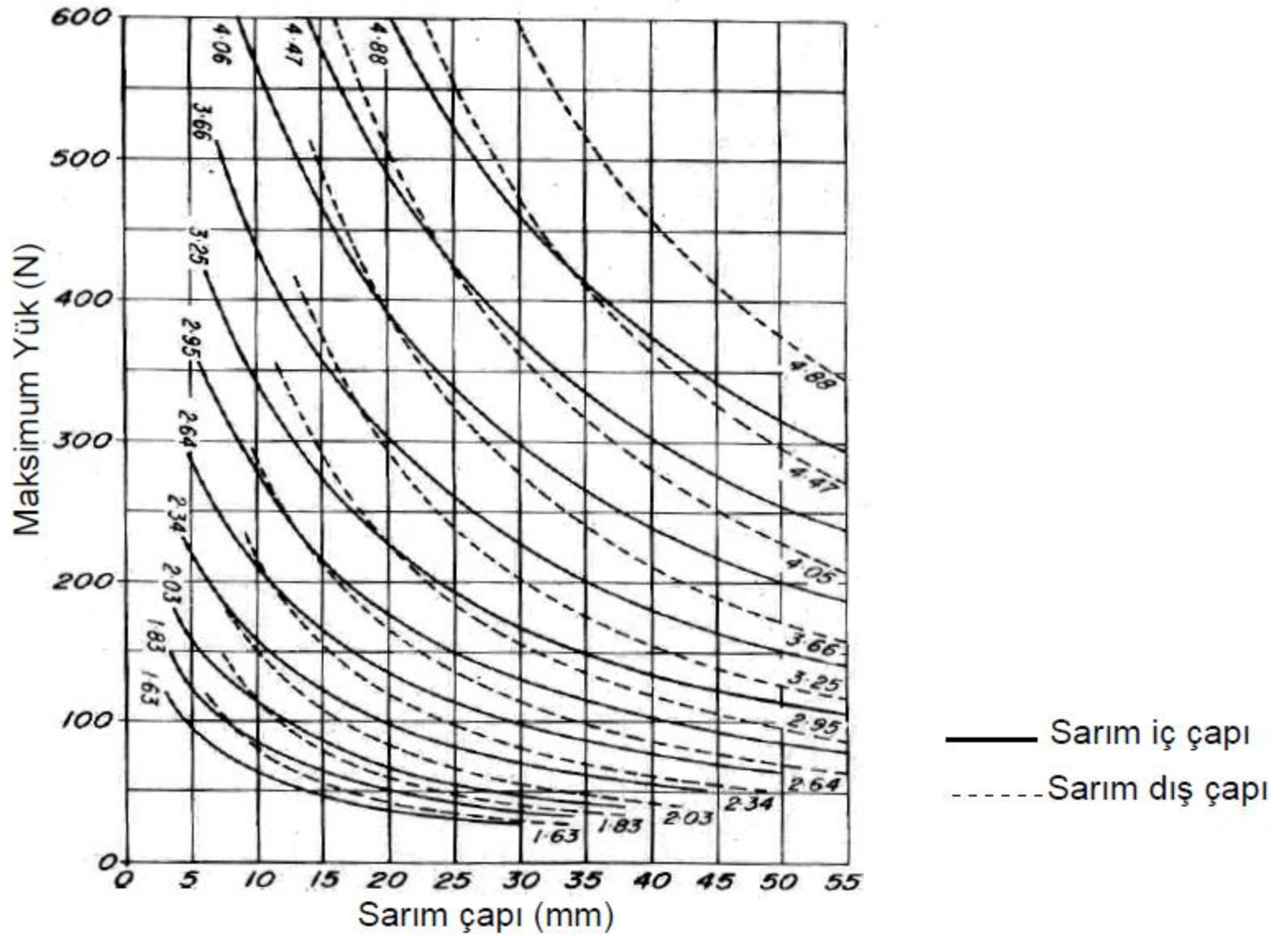
Dairesel kesitli tele sahip helisel bası ve çeki yayları için yay seçiminde kullanılabilecek pratik değerler Şekil-10.36 ve 10.37'den da alınabilmektedir. Şekillerdeki düşey eksen emniyetle taşınabilecek maksimum yükü (N) yatay eksen ise yay sarım çapı (mm) olarak verilmiştir. Eğriler d tel çaplarına karşılık gelmekte olup kesikli çizgili eğriler dış yay çapını, sürekli çizgili eğriler ise iç yay çapını temsil etmektedir.



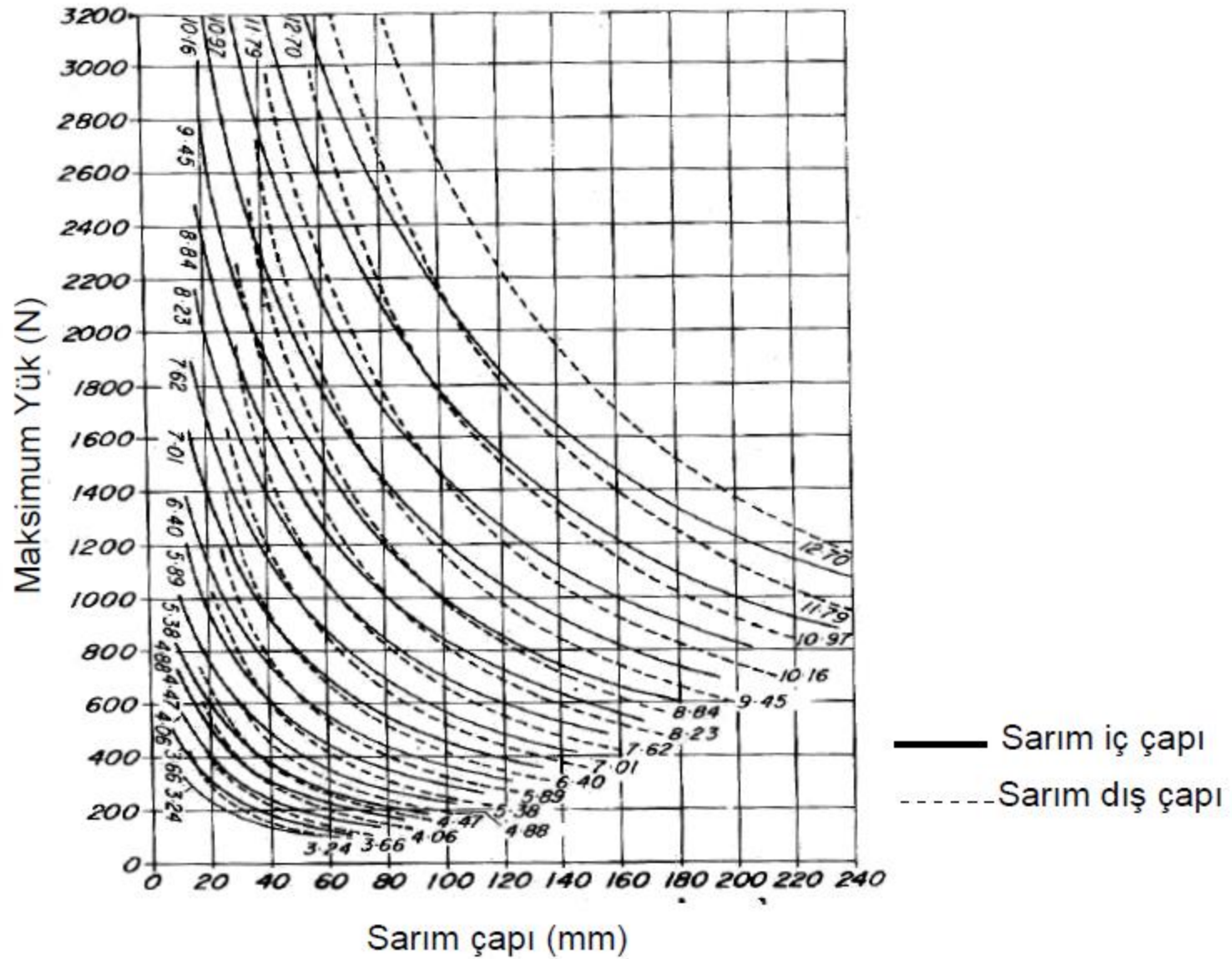
Şekil-10.36 Çeşitli sarım ve tel çapları için maksimum yükler ($d \leq 4.88$ mm) [5]



Şekil-10.37 Çeşitli sarım ve tel çapları için maksimum yükler ($d \leq 12.70$ mm) [5]



Şekil-10.36 Çeşitli sarım ve tel çapları için maksimum yükler ($d \leq 4.88$ mm) [5]



Şekil-10.37 Çeşitli sarım ve tel çapları için maksimum yükler ($d \leq 12.70$ mm) [5]

10.4.2 Çekme ve Basmaya Zorlanan Yaylar

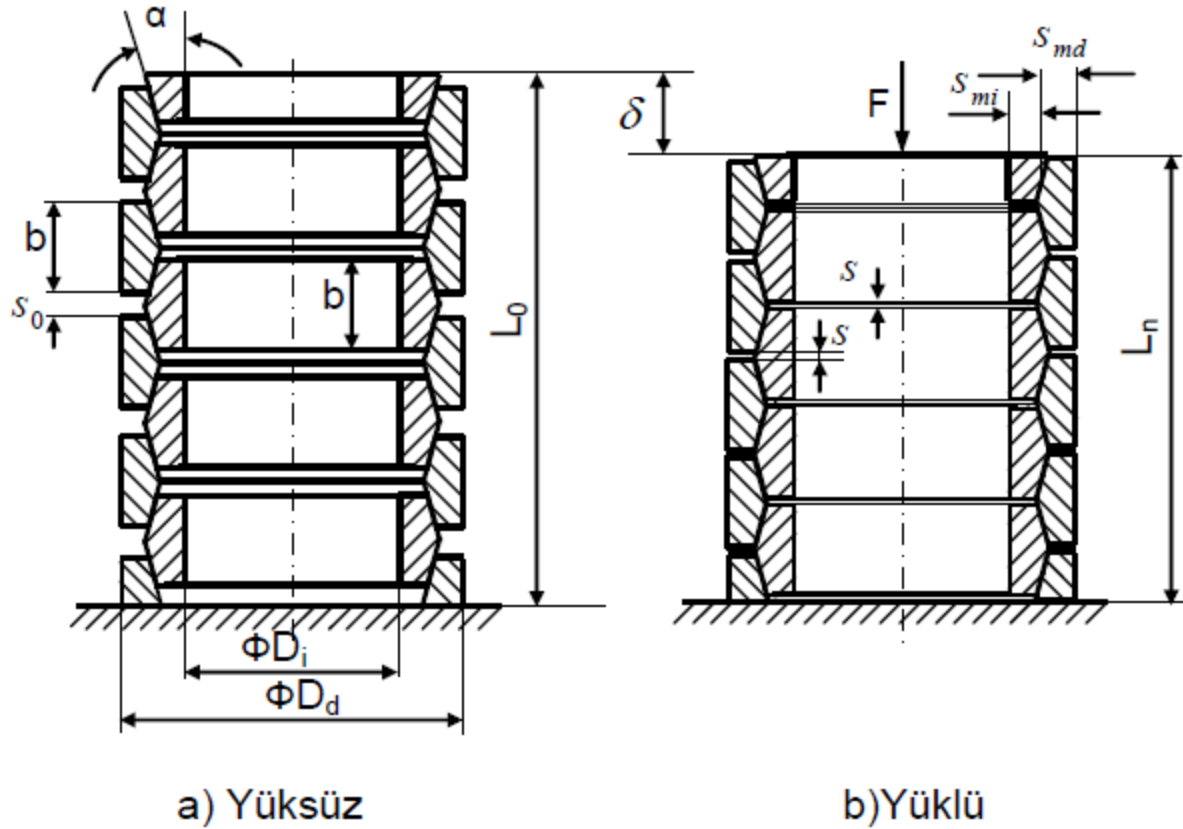
10.4.2.1 Çubuk Yaylar

Çubuk yay, eksenel yönde zorlanan sabit kesitli basit bir çubuk veya tel olup şekilden faydalanma derecesi η maksimumdur (tüm hacim aynı oranda zorlandığı için $\eta = 1$). Pratikte rijitliklerinin çok yüksek olması nedeniyle hemen hemen hiç kullanılmaz. Makina temellerinde kullanılan kauçuk tampon yaylar çubuk yaylara örnek olarak gösterilebilir.

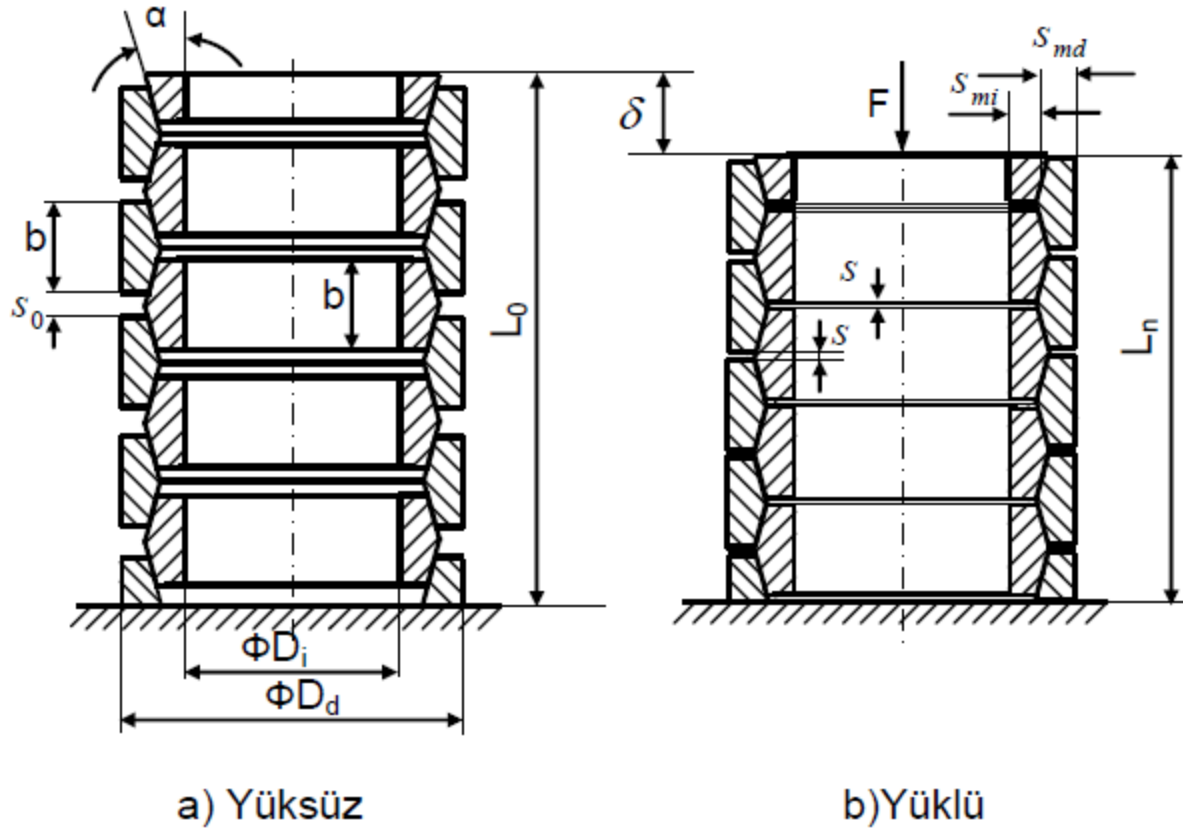
10.4.2.2 Bilezik Yaylar

Yüzeyleri konik işlenmiş iç ve dış bileziklerin üst üste yerleştirilmesiyle oluşturulan bu yaylarda dış yüzeyi konik iç bileziklerle iç yüzeyi konik dış bileziklerin bir sütun oluşturması söz konusudur. Eksenel bir kuvvet etkisinde yay bileziklerinin temas yüzeylerinde oluşan P basıncı nedeniyle dış bilezikler radyal yönde genişler iç bilezikler ise büzülür. Böylece dış bilezikler çekmeye iç bilezikler ise basmaya zorlanır. Şekil-10.43 deformasyona uğramış tipik bir bilezik yayı geometrik büyüklükleriyle birlikte göstermektedir. Bileziklerde oluşan çap değişiklikleriyle bilezikler birbiri üzerinde kayar ve δ değeri kadar basılmış olurlar.

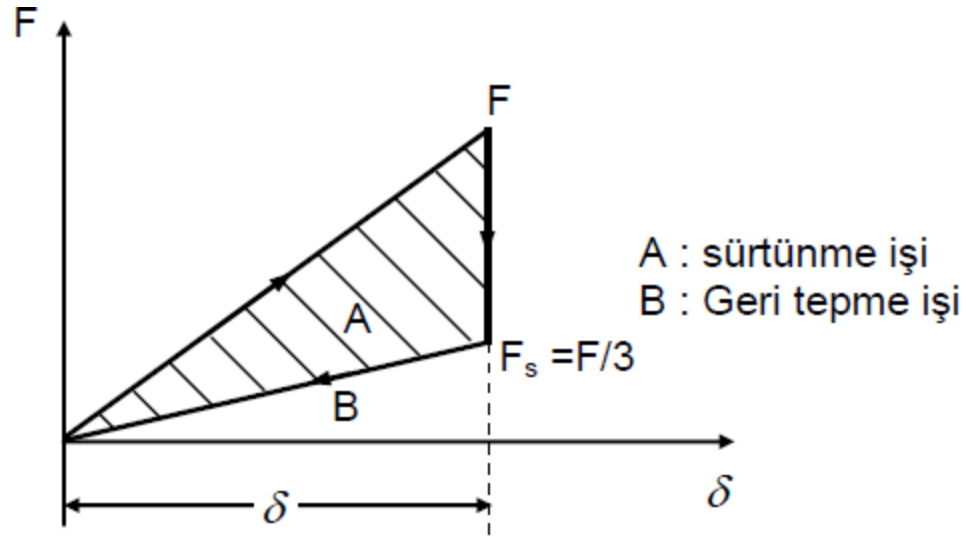
Bileziklerin sıkışması sırasında kayma yüzeylerinde önemli oranda sürtünme oluşur ve yayın sıkışması için bu sürtünmenin yenilmesi gerekir. Yay serbest bırakıldığı zaman da depo edilen işin büyük bir kısmı sürtünmeye harcanır ve kaybolur. Bu şekilde yayın genişlemesini sağlayan kuvvet büyük ölçüde azalır. Bu tip yaylarda depolanan enerjinin yaklaşık 2/3'ü sürtünme nedeniyle ısıya dönüşür. Şekil-10.44 bilezik yaylarda yay karakteristiğini göstermektedir.



Şekil-10.43 Bilezik yay ve deformasyon [4]

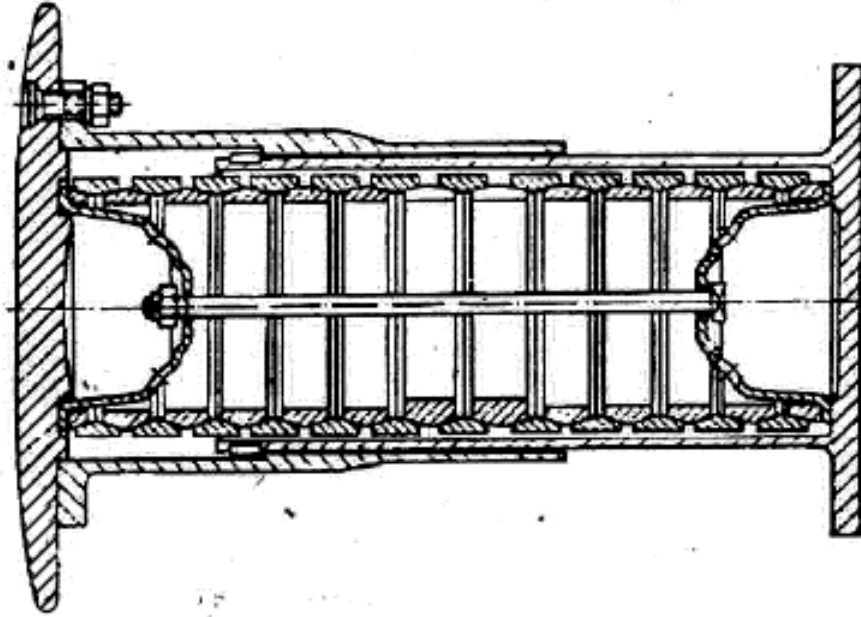


Şekil-10.43 Bilezik yay ve deformasyon [4]



Şekil-10.44 Bilezik yaylarda yay karakteristiđi

Bilezik yayların büyük bir sönümleme özelliği vardır. Sönümleme katsayısı $\psi = 40 \dots 70$ arasında olup bu yaylar büyük darbelere maruz kalan yerlerde tampon yayı olarak kullanılır (ekil-10.45).

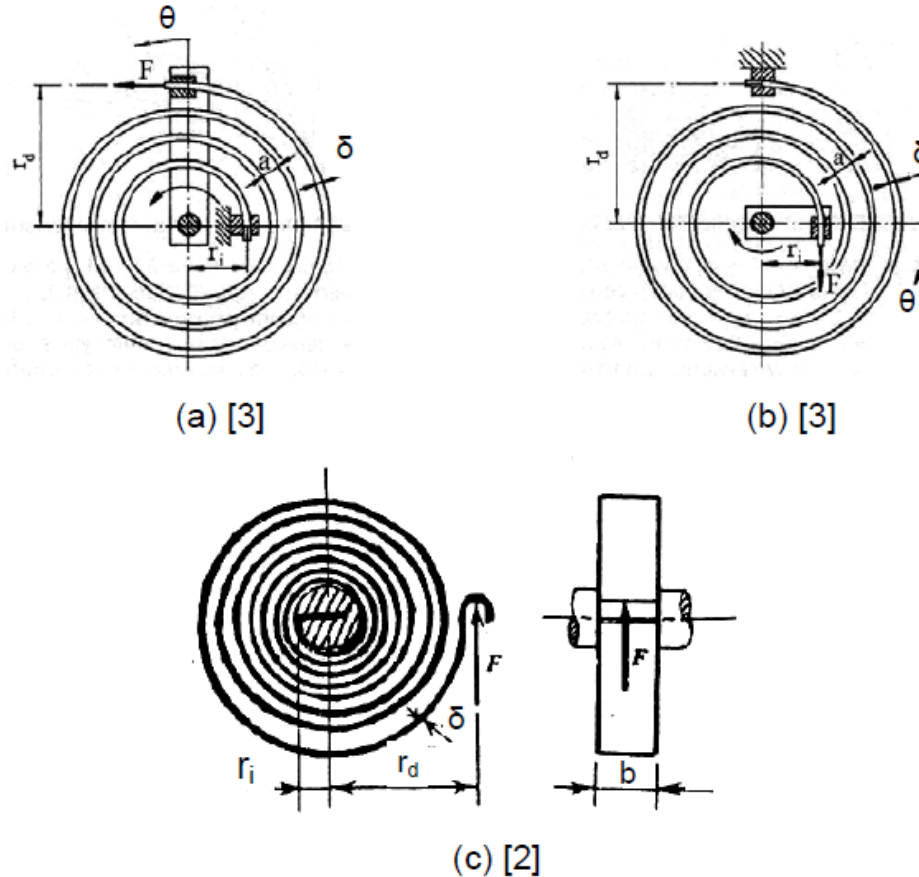


Şekil-10.45 Bilezik yaylı bir vagon tamponu [6]

10.4.3 Eğilmeye Zorlanan Yaylar

10.4.3.1 Spiral Yaylar

Şekil bakımından helisel yaylara benzeyen spiral yayların helis boyunca eğilmeye zorlanmalarından dolayı çalışma prensipleri farklıdır. Bu yaylar; Şekil-10.46'da gösterildiği gibi, bir düzlem üzerinde aralarında yaklaşık eşit mesafe kalacak şekilde, yay malzemesinin, bir eğri oluşturarak (Archimedes spirali olarak da adlandırılır) sarılması ile elde edilir. Dikdörtgen veya daire kesitli tellerden oluşan spiral yayların bir ucu sabit diğer ucu hareketli elemana bağlı olup yay, hareketli uç tarafından sarılarak kurulur. Bu yaylarda kurma ucu içte veya dışta olabilir (Şekil-10.46a,b).



Şekil-10.46 Çeşitli spiral yaylar

10.4.3.2 Kangal Yaylar

Kapı mandalı, kapak menteşesi, fare kapanı, manivela, kilit ve taşıt marşlarında çok geniş bir kullanım alanı bulmakta olan kangal yaylar, dönme eksenini etrafında küçük bir dönme momenti oluşturarak (geri getirme momenti gibi) manivelaların geri itilmesinde, kavramalarda ve emniyet tırnaklarının bastırılması gibi yerlerde de kullanılmaktadır. Şekil-10.48 seçilmiş kangal yay uygulamalarına örnekler vermektedir. Yayların iki ucu sarılmadan kol şeklinde uzun tutulmakta ve uçlardan biri sabit diğeri ise hareketli parçaya tespit edilmektedir.

Kangal yayların zorlanmaları spiral yaylar gibi olup hesaplarında aynı eşitlikler kullanılabilir. Dairesel kesitli tipik bir kangal yayda dönme açısı, yay uzunluğu

$$L = \pi D i \quad (10.125)$$

olmak üzere

$$\theta = \frac{FrL}{EI} = \frac{64Fr D i}{Ed^4} \quad (10.126)$$

şeklinde belirlenir. Burada i etkin sarım sayısıdır. Yay rijitliği de

$$k = \frac{Fr}{\theta} = \frac{Ed^4}{64Di} \quad (10.127)$$

olur. Yay uzunluğu (yayın sarılan kısmının uzunluğu) yay hatvesine bağlı olup

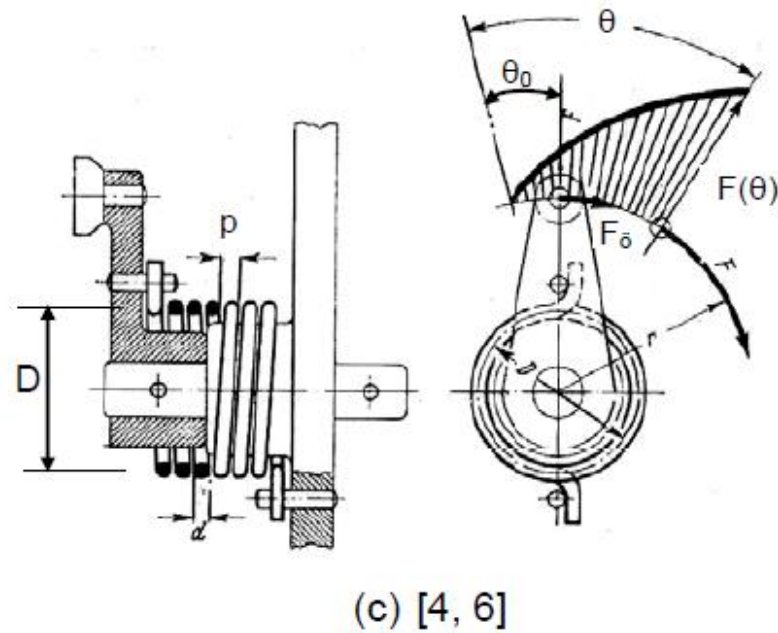
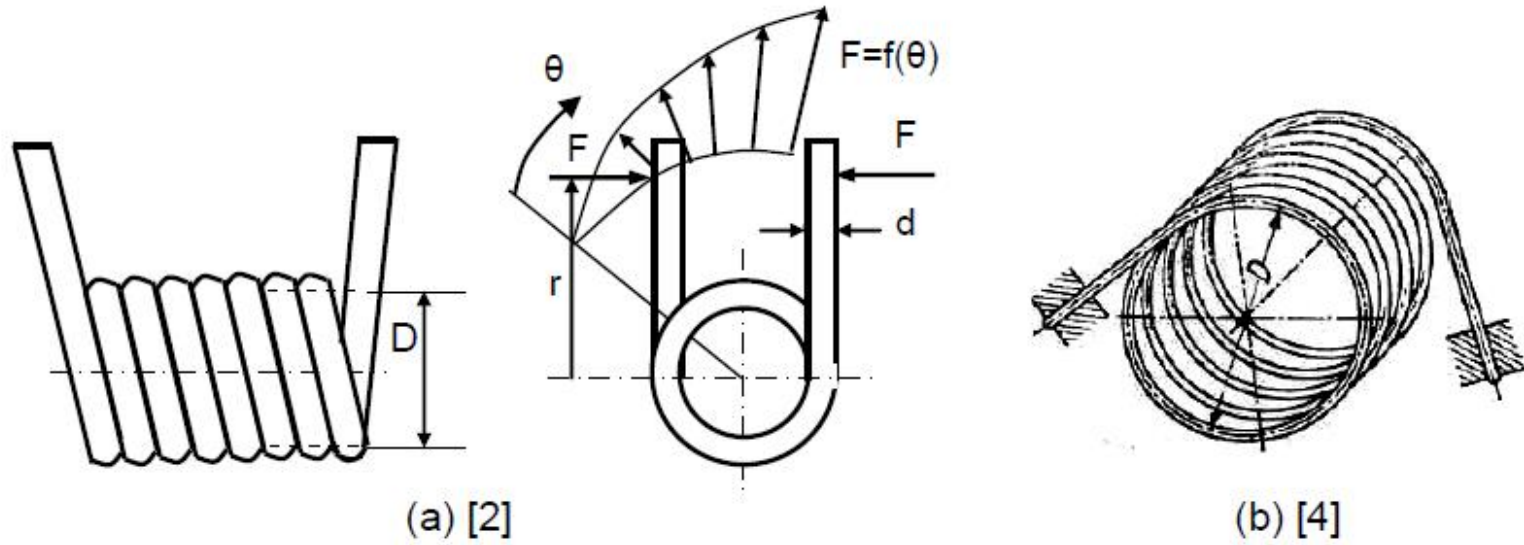
$$p \leq D/4 \quad \text{için} \quad L = \pi D i \quad (10.128)$$

$$p > D/4 \quad \text{için} \quad L = i\sqrt{\pi D^2 + p}$$

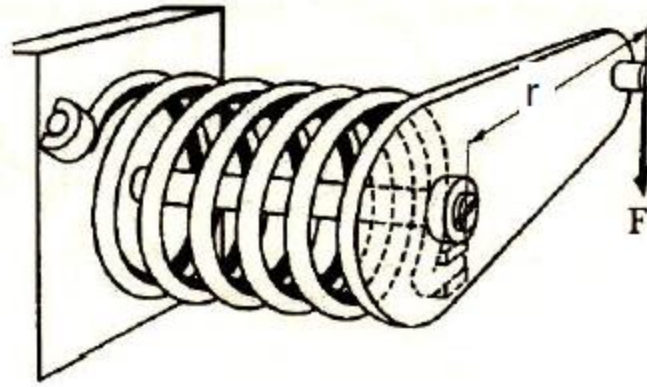
eşitlikleri ile belirlenebilir [1].

Kangal yaylarda genellikle sarım oranı $D/d=4.....15$ arasında seçilir. Sarımlar arasında küçük bir boşluk bulunması sürtünmeyi önleme açısından önemli olmaktadır. Bu nedenle çalışma sırasında sarımlar birbirine temas etmemelidir. Kangal yayın iki ucuna uygulanan moment sargı uçlarını birbirine yaklaştırdığından sargı sayısı artmakta ve yay ortalama çapı değişmektedir. Ön gerilmeli kumanda kolu gibi konstrüksiyonlarda (Şekil-10.48c) başlangıçta yay F_0 kuvvetinin etkisi ile hareketli parçayı sabit bir dayanağa bastırır. Bu kuvvet yenildikten sonra hareketle birlikte F kuvveti de θ açısıyla birlikte artar.

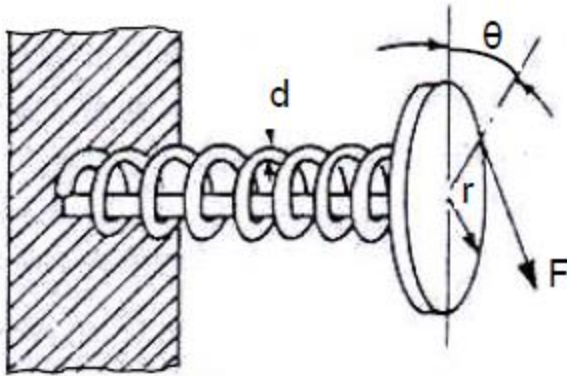
Kangal yaylar genellikle silindirik yay telinden 12 mm çapa kadar çelikten soğuk şekil verme ile, daha büyük çaplarda, sargı kuvveti daha büyük olacağından sıcak şekil verme ile üretilir. Çelik dışında kalay bronzu, pirinç ve bakır-berilyum gibi malzemeler de kullanılır.



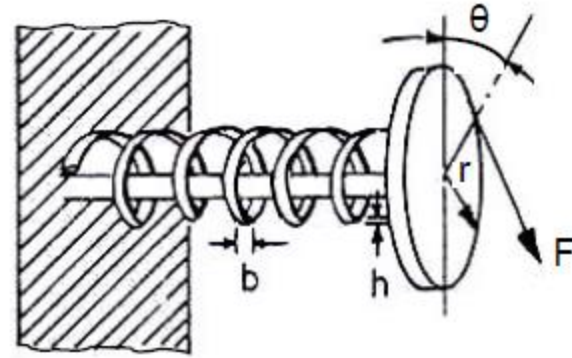
Şekil-10.48 Seçilmiş kangal yaylar



(a) [3]



(b)



(c)

Şekil-10.49 Eğilmeye zorlanan helisel yaylar (kangal yaylar)