

BİLGİSAYAR DESTEKLİ HELİSEL YAY TASARIMI

Fevzi GÜMÜŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2006

ANKARA

Fevzi GÜMÜŞ tarafından hazırlanan BİLGİSAYAR DESTEKLİ HELİSEL YAY TASARIMI adlı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Kürşad DÜNDAR
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından MAKİNE EĞİTİMİ Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Kürşad DÜNDAR

Üye : Prof. Dr. Muammer NALBANT

Üye : Doç. Dr. Cemil ÇETİNKAYA

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüdayim BAŞAK

Üye : Yrd. Doç Dr. Hamit SARUHAN

Tarih : 01/05/2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Fevzi GÜMÜŞ

BİLGİSAYAR DESTEKLİ HELİSEL YAY TASARIMI**(Yüksek Lisans Tezi)****Fevzi GÜMÜŞ****GAZİ ÜNİVERSİTESİ****FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ****Mayıs 2006****ÖZET**

Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan makine elemanlarından biri olan helisel yayın bilgisayar ortamında tasarımını yapan bir program yapılmıştır. Programda yay çeşitleri, yay malzemeleri, yay hesaplamaları, yay standartları, yay üretimi, yay üreticileri hakkında geniş bilgi verilmektedir. Hesaplama bölümünde tel çapı, gövde çapı, sarım sayısı gibi ölçüleri belirli olan helisel basma ve çekme yayının kuvvet sapma hesapları yapılmıştır. Ayrıca bu yaylara dış çap, iç çap gibi sınırlamalar verilerek yay boyutlarında minimum malzeme veya minimum dış hacime göre optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Bunlara ek olarak Ansys programında helisel basma yayına ait deformasyon analizleri yapıp bulunan yay sabiti değerleri denklemlerle elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler program içerisine dahil edilmiştir.

Bilim Kodu : 708**Anahtar Kelimeler : Helisel Yay, Bilgisayar Destekli Tasarım, CAD, Ansys****Sayfa Adedi : 101****Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Kürşad DÜNDAR**

COMPUTER AIDED HELICAL SPRING DESIGN**(M.Sc. Thesis)****Fevzi GÜMÜŞ****GAZI UNIVERSITY****INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY****May 2006****ABSTRACT**

In this study, a program was designed about design of helical spring which was one of the most common used machine parts, in computer environment. Wide range of information was given in this program about spring samples, spring materials, spring equations, spring standarts, spring producing, spring producers. In calculate part of the program, the force-displacement calculations of helical compression and extension spring was done whose wire diameter, body diameter, coil number was defined. In addition, restricts were given as outer diameter, inner diameter to these springs so it was realized spring dimensions was optimized to minimum outer volume or minimum material. In addition, the deformation analysis of helical coil spring was done and the obtained spring index values were compared to values that obtained from equation. The obtained datas were added to program.

Science Code	:708
Key Words	:Helical Spring, Computer Aided Design, CAD, Ansys
Page Number	:101
Adviser	:Prof. Dr. Kürşad DÜNDAR

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Kürşad DÜNDAR' a, hocam Tolga ÖZKAN' a, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, çalışmalarım sırasında motivasyon kaynağım olan eşim Sultan, annem Sadet, kardeşim Faruk, babam Muharrem GÜMÜŞ' e ve meslektaşım Akın TOROĞLU' na teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	4
3. YAYLARLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR.....	10
3.1. Tanım.....	10
3.2. Sınıflandırma	13
3.3.Yay Karakteristiği	13
3.3.1. Yay sistemlerinde rijitlik.....	15
3.4. Yay Çeşitleri.....	17
3.4.1. Helisel baskı yayları	17
3.4.2. Helisel çekme yayları	25
3.4.3. Helisel burma yayları	30
3.4.4. Helisel konik yaylar	31
3.4.5. Diğer yay çeşitleri	32
3.5. Yay Malzemeleri	39

Sayfa

3.6. Yayların Üretimi.....	43
3.7. Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarında Yay Çizimi.....	45
3.7.1. Solidworks programında yay çizimi ve şekillendirilmesi	45
3.7.2. AutoCAD programında helisel basma yayının çizimi	50
3.7.3. Mechanical desktop programında yay çizimi.....	51
3.7.4. 3d studio max programında yay çizimi	56
4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ YAY TASARIM PROGRAMI.....	58
4.1. Programın Çalıştırılması.....	59
4.2. Ölçüleri Bilinen Helisel Yayların Hesapları	67
4.3. Helisel Basma ve Çekme Yaylarının Ölçülendirme Hesabı	69
4.3.1. Bulunan ölçülendirme sonuçlarının irdelenmesi.....	70
5. ANSYS PROGRAMINDA YAY ANALİZİ	73
5.1. Helisel Baskı Yayının Analizi	73
5.2. Ansys İle Elde Edilen Helisel Baskı Yayındaki Sonuçların İrdelenmesi.....	89
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	92
KAYNAKLAR	95
EKLER.....	98
EK -1 Yay analizi.....	99
ÖZGEÇMİŞ	101

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Helisel basma yaylarının uç biçimleri ve sarım sayıları	20
Çizelge 3.2. Yayın sapma parametreleri	21
Çizelge 3.3. ASTM standart malzemelerine göre katsayılar.....	40
Çizelge 3.4. ASTM standart malzemelerine göre oranlar.....	41
Çizelge 3.5. Yay teli malzemeleri özellikleri.....	42

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Gökbahar'ın tez çalışmasının diyagramı	8
Şekil 2.2. Serdengeçti' nin programına ait çalışma penceresi	9
Şekil 3.1. Çeşitli yay karakteristikleri	14
Şekil 3.2. Paralel bağlı yay sistemi	15
Şekil 3.3. Seri bağlı yay sistemi	16
Şekil 3.4. Helisel baskı yayı parametreleri ve açıklamaları	18
Şekil 3.5. Helisel baskı yayı uzunlukları.....	19
Şekil 3.6. Helisel baskı yayına uygulanan kuvvet.....	20
Şekil 3.7. Yay karakteristiği.....	21
Şekil 3.8. Yayda oluşan gerilmeler	22
Şekil 3.9. Helisel baskı yayında oturma tipleri ve ilgili oturma katsayıları	23
Şekil 3.10. Çekme yayının kuvvet karşısında uzaması	27
Şekil 3.11. Çekme yayı uç gerilimleri.....	28
Şekil 3.12. Yay uçlarındaki gerilmeyi azaltmak için geliştirilmiş uçlar	29
Şekil 3.13. Volut yay örnekleri ve eğim açıları	32
Şekil 3.14. Tek yapraklı yaylar	33
Şekil 3.15. Çok tabakalı yaprak yaylar	34
Şekil 3.16. Gazlı yayın kesiti	37
Şekil 4.1. Yay soft programının ana akış şeması	58
Şekil 4.2. Helisel basma yayının sapma hesabı akım şeması.....	68
Şekil 4.3. Helisel basma yayı ölçülendirme akış şeması.....	71
Şekil 4.4. D/d oranının taşınması istenen kuvvet karşısında değişimi	72

Şekil	Sayfa
Şekil 4.5. D/d oranının istenen sapma miktarı karşısında değişimi	72
Şekil 5.1. Basma yayı sapma analizi sonucunun denklem sonuçları ile karşılaştırılması	90

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Renton coil yay programı ekranı.....	4
Resim 2.2. Southern spring firmasına ait yay hesaplama programı.....	5
Resim 2.3. Mdesign programında yardım penceresi ile yay hakkında bilgi verilişi.....	6
Resim2.4. İstenilen parametrelerin belirtilmesi ve sonuçların değiştirilebilmesi	7
Resim 3.1. Çeşitli yaylar	10
Resim 3.2. Debriyaj balatası ve tamburlu fren.....	12
Resim 3.3. Darbe emici ve otomobil süspansiyonu	12
Resim 3.4. Saat zembereği ve kepenk.....	13
Resim 3.5. Yayların sınıflandırılması	14
Resim 3.6. Helisel baskı yayları.....	17
Resim 3.7. Helisel baskı yayı tipleri	18
Resim 3.8. Çekme yayı örnekleri.....	25
Resim 3.9. Helisel burma yayı örnekleri.....	30
Resim 3.10. Helisel konik yay çeşitleri.....	31
Resim 3.11. Disk yay çeşitleri	33
Resim 3.12. Bilezik yayı örnekleri.....	35
Resim 3.13. Spiral yay çeşitleri.....	36
Resim 3.14. Gazlı yay çeşitleri	37
Resim 3.15. Kauçuk yay çeşitleri.....	38
Resim 3.16. Geleneksel usülde yay üretimi	43
Resim 3.17. CNC yay sarma makinesi.....	44

Resim	Sayfa
Resim 3.18. CNC yay sarma makinesi.....	44
Resim 3.19. Taslak (sketch) oluşturulması	45
Resim 3.20. Eğriler araç çubuğu.....	46
Resim 3.21. Helis eğrisi diyalog penceresi	46
Resim 3.22. Süpürme (sweep) profili	47
Resim 3.23. Süpürme (sweep) komutu	47
Resim 3.24. Yayın oluşturulması.....	48
Resim 3.25. Çekme yayının gövdesinin oluşturulması.....	49
Resim 3.26. Çekme yayının kancasının oluşturulması	49
Resim 3.27. Çekme yayının kancalarının gövde ile montajı	50
Resim 3.28. Solidworks’ da montajı yapılmış basit bir kavrama	51
Resim 3.29. 3D içerik menüsü (Content 3d).....	52
Resim 3.30. Yay standardının belirlenmesi	52
Resim 3.31. Yay veri giriş penceresi	53
Resim 3.32. Standart yaylardan birinin tercih edilmesi	54
Resim 3.33. Yayın çizime eklenmiş hali.....	55
Resim 3.34. Mechanical desktop programında hazırlanmış bir montaj resmi	55
Resim 3.35. Yay (spring) komutu.....	56
Resim 3.36. Helisel basma yayının eklenmesi.....	57
Resim 4.1. Programın giriş penceresi	60
Resim 4.2. Tanıtım penceresi.....	60
Resim 4.3. Yay çeşitleri penceresi	61
Resim 4.4. Yay malzemeleri penceresi	62

Resim	Sayfa
Resim 4.5. Ansys ile yay analizi penceresi	63
Resim 4.6. Yayların üretimini gösteren bölüm	63
Resim 4.7. Yay uygulamalarının bulunduğu kısım.....	64
Resim 4.8. Yay standartları bölümü.....	65
Resim 4.9. Basma yayı hesabının yapıldığı bölüm	66
Resim 4.10. Yay çizim penceresi	66
Resim 4.11. Yardım penceresi	67
Resim 4.12. Ölçüleri bilinen basma yayının hesabı.....	68
Resim 4.13. Basma yayının ölçülendirilmesi bölümü	69
Resim 5.1. Analizi yapılacak yayın Solidworks programında oluşturulması	74
Resim 5.2. Dosyanın ithal (Import) edilmesi işlemi	75
Resim 5.3. İthal edilen sonlu elemanlar modelinin görünümü	75
Resim 5.4. Analiz tipinin belirlenmesi işlemi	76
Resim 5.5. Yazdırma (Plot) işlemi ile görüntünün tazelenmesi	77
Resim 5.6. Malzemeye ait özelliklerin girildiği pencere	78
Resim 5.7. 3D 6serbestlik dereceli, 8 düğüm noktalı Solid73 elemanın resmi	78
Resim 5.8. Eleman tipinin elemanlar kütüphanesinden seçilmesi işlemi	79
Resim 5.9. Solid73 elemanın seçilmesi işlemi.....	80
Resim 5.10. Ağ (Mesh) aracılığı ile parça büyüklüklerinin belirlenmesi	81
Resim 5.11. Modelin parçalanma işleminin uygulanışı	82
Resim 5.12. Parçalama işlemi uygulanmış model	82
Resim 5.13. Diğer ağ (mesh) yapma çalışmalarından bir örnek	83
Resim 5.14. Yayın alt ucundaki yüzey, destek verip sabitlemek için işaretlenir	84

Resim	Sayfa
Resim 5.15. All Dof ile bütün yüzeyin seçilmesi	85
Resim 5.16. Kuvvetin model üzerine uygulanması	85
Resim 5.17. Sonuçların oluşturulması işlemi.....	86
Resim 5.18. Yayın analiz sonucunun animasyon görüntüsünün elde edilmesi	87
Resim 5.19. Deformasyona uğrayan yayın video görüntüsü	88
Resim 5.20. Gerilim dağılımı video görüntüsü	89

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
δ	Sapma miktarı (mm)
τ	Kesme gerilmesi (N/mm^2)
σ	Eğilme gerilmesi (N/mm^2)
ν	Poisson oranı
F	Kuvvet (N)
K	Yay indeksi
d	Tel çapı (mm)
D	Anma çapı (mm)
p	Adım (mm)
L_f	Serbest boy (mm)
D_o	Dış çap (mm)
D_i	İç çap (mm)
N_a	Aktif sarım sayısı
G	Kesme modülü (N/mm^2)
γ	Yoğunluk (kg/dm^3)
f_n	Doğal frekans
K_w	Gerilim düzeltme faktörü(Wahl)
θ	Dönme miktarı
h	Yükseklik (mm)
t	Et kalınlığı (mm)
E	Elastikiyet modülü
b	Genişlik (mm)

Kısaltmalar**Açıklama****ANSI**

American National Standards Institute

CAD

Computer Aided Design

CAM

Computer Aided Manufacturing

WWW

World Wide Web

BMP

Windows Bitmap

GIF

Graphics Interchange Format

JPG

Joint Photographic Experts Group

TIFF

Tag Image File Format

WMF

Windows metafile

BDT

Bilgisayar Destekli Tasarım

PDF

Picture document file

TSE

Türk Standartları Enstitüsü

1.GİRİŞ

Bilgisayar günümüz teknolojisinin temelini oluşturmakta olup makine, bilgi iletişim teknolojileri, eğitim, iletişim, basın ve görsel basın, televizyon, tıp, elektronik, ulaşım, tekstil, gıda, enerji, kimya vb alanlarda gün geçtikçe artan bir oranda kullanıma sahip olmaktadır. Bilgisayarlar imalat sanayinde makine ve teçhizatların kumanda ve kontrolünde, imal edilecek makine veya parçalarının tasarımında etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Özellikle tasarım sürecinde kullanımı gittikçe artmaktadır. Bunda Bilgisayar Destekli Tasarım programlarının tasarım sürecini kısaltması, farklı tasarım alternatifleri sunabilmesi, ortaya çıkacak ürünün maliyetlerine olumlu yönde etki etmesi gibi nedenler sayılabilir.

Bilgisayar destekli tasarım, tasarımın yapılmasını kolaylaştırmak, yapım sürecini hızlandırmak, kalitesini yükseltmek, geliştirilebilirliğini artırmak, tasarım maliyetlerini düşürmek, daha çeşitli alternatifleri de göz önünde bulundurabilmek vb. amaçlar için araç olarak bilgisayarlardan yararlanma eylemi olarak açıklanabilir [1].

Arslan, bilgisayar destekli tasarımı şöyle tanımlamaktadır:

“Bilgisayar Destekli Tasarım, imalatı düşünülen makine elemanlarının imalat resimlerinin, çizim masası, cetvel, pergel, gönye, kalem gibi geleneksel çizim takımları yerine bilgisayar ve çevre ekipmanlarını kullanarak teknik resim standartlarına uygun olarak tasarlanması ve çizilmesidir.” [2]

Bilgisayar destekli tasarım teknolojisinin gelişmesi ile bu teknolojileri uygulayamayan kuruluşların rekabet şansı azalmıştır. Ülkemizde CAD genelde bilgisayarla yapılan çizim olarak anlaşılmaktadır. Ancak CAD konuları içerisinde katı modelleme, teknik resim, mekanizma tasarımı, kuvvet analizi, parçaların dinamik yükler altında mukavemeti ve ömrü yer almaktadır. Ticari CAD programlarında farklı modüller tasarımın değişik aşamalarını gerçekleştirmede kullanılmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım programları katı modelleme, montaj, hareket ve kuvvet analizi, sonlu elemanlarla titreşim ve yorulma analizini ortak veri tabanlarını kullanarak farklı modüllerle gerçekleştirirler [3].

Bilgisayar destekli tasarım programlarının tasarım sürecine olumlu etkilerinden dolayı kullanım alanları giderek genişlemektedir.

Kullanım alanlarının başlıcaları;

- Geometrik tasarım ve modelleme
 - İmalat ve montaj resimlerinin çizimi
 - Malzeme ve parçalar için gerilme analizleri
 - Peyzaj, mimari, inşaat tasarımları
 - Boru ağ tasarımları
 - Baskı ve entegre devre tasarımları
 - Tekstil ürünleri tasarımı
 - Mobilya ürünleri tasarımı
 - Robot sistemleri tasarımları
 - Mekanizma sistemlerinin tasarımı
 - Animasyon ve görsel modelleme
 - CNC tezgahları parça tasarımları
- olarak sıralanabilir.

Bu çalışmada çok yaygın olarak kullanılan makine elemanlarından yayların yine en çok kullanılan çeşidi olan helisel yayların bilgisayar imkanları ile tasarımı hedeflenmiştir. Yapılan programda istenen özelliklerdeki bir helisel yayın ölçülendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Yani gerekli tel çapı, gövde çapı ve sarım sayısı gibi parametrelerin elde edilmesi için verilen sınırlarda tam arama metodu kullanılarak minimum malzeme veya minimum dış hacime göre hesaplama yapılmıştır. Programda ayrıca ölçüleri belli helisel yayların yay sabiti, sapma gibi özellikleri bulunabilmektedir. Bunun yanında program bilgi amaçlı yay malzemeleri, standartları, çeşitleri, hesaplamaları, üretim yöntemleri, bilgisayar destekli tasarım ve çizim programlarından Solidworks, Mechanical Desktop, 3D Studio Max programları ile helisel yay çizim teknikleri, yay üreticileri konularını içermektedir. Programda ölçülendirilen yayın çizimi için Solidworks, Mechanical Desktop, 3D Studio Max programlarına manuel olarak geçilebilmektedir. Ayrıca helisel basma

yayının sonlu elemanlar analiz programı Ansys' de analizinin yapılması için Solidworks programında bir örnek model oluşturulmuştur. Ansys programında basma yayının sapma ve gerilme analizleri yapılmıştır. Yapılan Ansys uygulamasında bulunan yay sabiti ve maksimum gerilmeler kaynaklarda ki denklemlerle bulunan değerlerle karşılaştırılmıştır.

Tezde önce bu alanla ilgili yapılan araştırmalar ve çalışmalar sıralanmıştır. Çalışmada kullanılan bilgisayar destekli tasarım programları, programların kullanım gereklilikleri, program çeşitleri ve bu programlarla ilgili gelişmeler incelenip, yay ölçülerinin, bu programlarda nasıl tasarlandığı irdelenmiştir. Dördüncü bölümde programın oluşturulmasında izlenen metot açıklanıp, hesaplama işlemleri hakkında bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde bilgisayar destekli tasarım programında çizilen helisel basma yayının Ansys isimli sonlu elemanlar programı ile analizi yapılmıştır. Sonuç bölümünde çalışma sonucunda elde edilenler irdelenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Yaylar ile ilgili bu tez çalışmasına yakın tez çalışmaları, bilgisayar tasarım programları ve değişik çalışmaları karşılaştırma ve geliştirme için incelenmiştir.

Yapılmış olan çalışmalardan biri Renton Coil firmasına ait hesaplama programıdır. Bu program basma, çekme, burulma yayı çeşitlerini hesaplamaktadır. Program uzunluk ölçü sistemi olarak parmak (inch) ölçü sistemini, kuvvet birimi olarak ta libreyi (lb) esas almıştır. Malzeme seçimi yaptırmaktadır. Fakat birim sistemi seçimi yaptırmamaktadır. Ayrıca yaylarla ilgili hiçbir bilgi vermemektedir. Görsel olarak hiçbir veri girişi yapılamamaktadır. Sonuçlar ekrana görüntülediği gibi yazıcıdan da çıkarılabilmektedir (Resim 2.1).

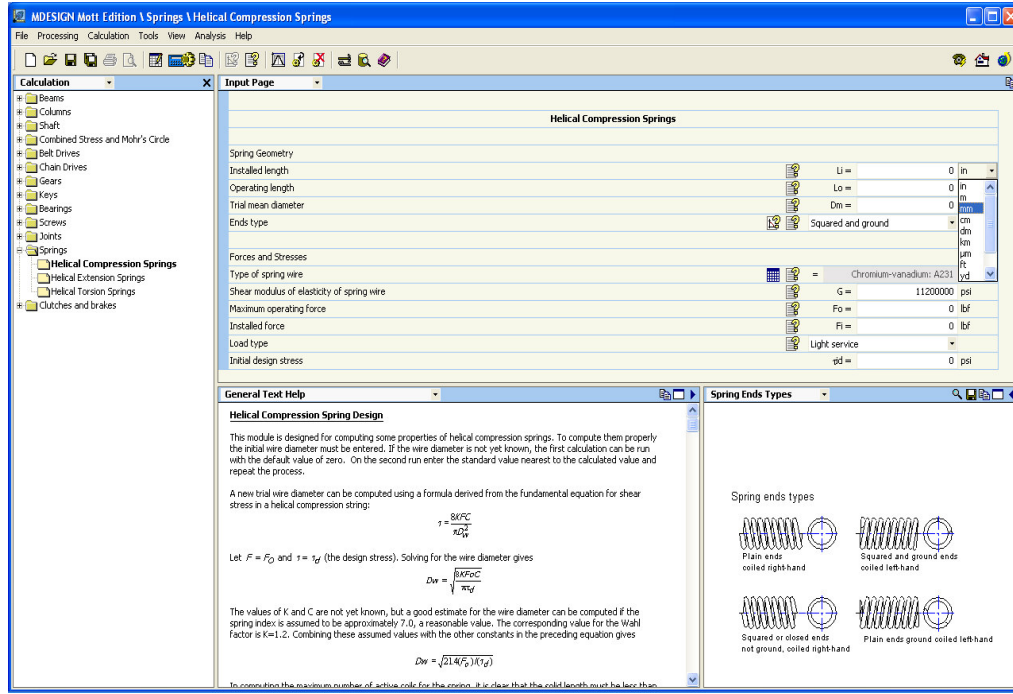
Resim 2.1. Renton coil yay programı ekranı [4]

Yaylarla ilgili yapılmış çalışmalardan bir diğeri de Southern Spring firması tarafından hazırlanmış hesaplama programıdır. Bu program da Basma, çekme, burulma olmak üzere üç çeşit yayın hesabını içermektedir. Malzeme seçimi, birim sistemi seçimi yapılabilmektedir. Dış çap, tel çapı, sarım sayısı veya boya göre

hesaplama yaptırılabilir. Uç tipleri seçilebilir. Girilen veriler bu programda da görsel olarak belirtilmemektedir. Yayın tanıtım ve özelliklerinden hiç bahsedilmemiştir (Resim 2.2).

Resim 2.2. Southern spring firmasına ait yay hesaplama programı [5]

Yay tasarımı ile ilgili bir başka çalışma da Mdesign Mott Edition'dır. Makine mühendisliği hesaplamaları için oluşturulmuş bir programdır. Miller, dişli çarklar vb. gibi makine elemanlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır (Resim 2.3). Programda basma, çekme, burulma olmak üzere üç çeşit yaya yer verilmiştir. Birim sistemi, malzeme, seçimi yapılabilir, girilecek değerler tanıtılmıştır. Program alt penceresinde hızlı bir şekilde yay çeşidi özellikleri, malzeme özellikleri ve hesaplama esasları ile ilgili bilgilere ulaşılabilir.



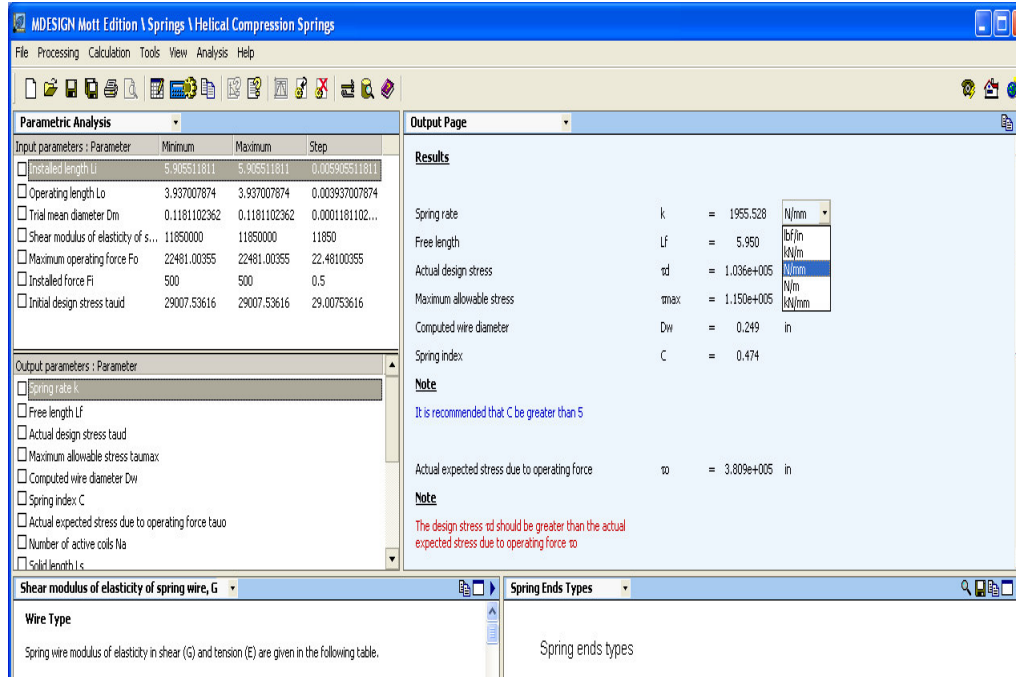
Resim 2.3. Mdesign programında yardım penceresi ile yay hakkında bilgi verilışı [6]

Programda veriler yönlendirmeler eşliğinde girilmekte en sonunda yaptırılan hesaplamalar ekranın bölünen kısmında verilmektedir. Sonuçlar anında istenilen birime çevrilebilmekte ve değerler değiştirilmek suretiyle hesaplanan elemanlar görülebilmektedir. İstenilen parametrelerin girilmesi ve sadece istenilen elemanların hesaplanması sağlanabilmektedir (Resim2.4).

Yaylarla ilgili yapılmış tez çalışmaları da mevcuttur. Bunlar içerisinde hesaplama, titreşim, ölçme ve kontrol aletleri ile ilgili olanlar vardır.

Çıplak, tez çalışmasında sonlu elemanlar yöntemini kullanarak helisel sarımlı yayların dinamik analizlerini incelemiştir [7].

Karabörk, yaptığı çalışmasında helisel yayların çalışmaları sırasında ortaya çıkan titreşim karakteristiklerini analiz etmiştir. Titreşime neden olan argümanları ve titreşimin sonuçlarını belirlemiştir [8].

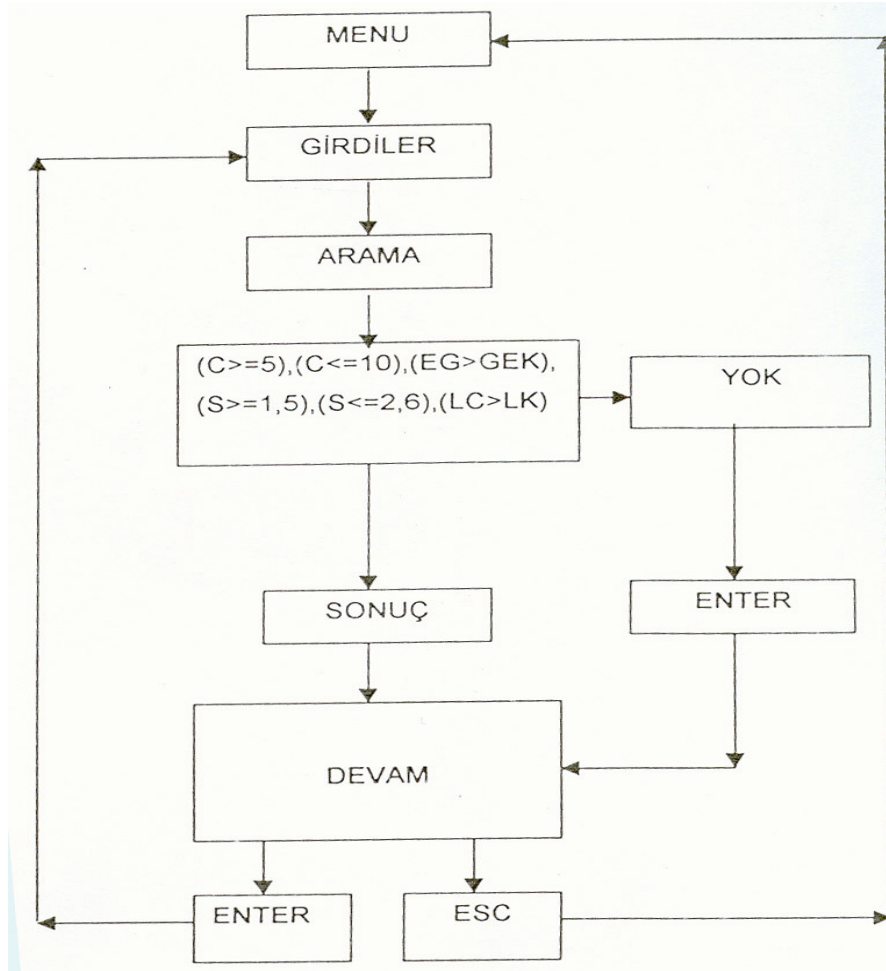


Resim 2.4. İstenilen parametrelerin belirtilmesi ve sonuçların değiştirilebilmesi [6]

Musulluoğlu, yayların karakteristik özelliklerini ölçen ve kontrol eden bir cihazın neleri içermesi gerektiğini incelemiş, örnek bir tasarım gerçekleştirmiş ve imalatını yapmıştır [9].

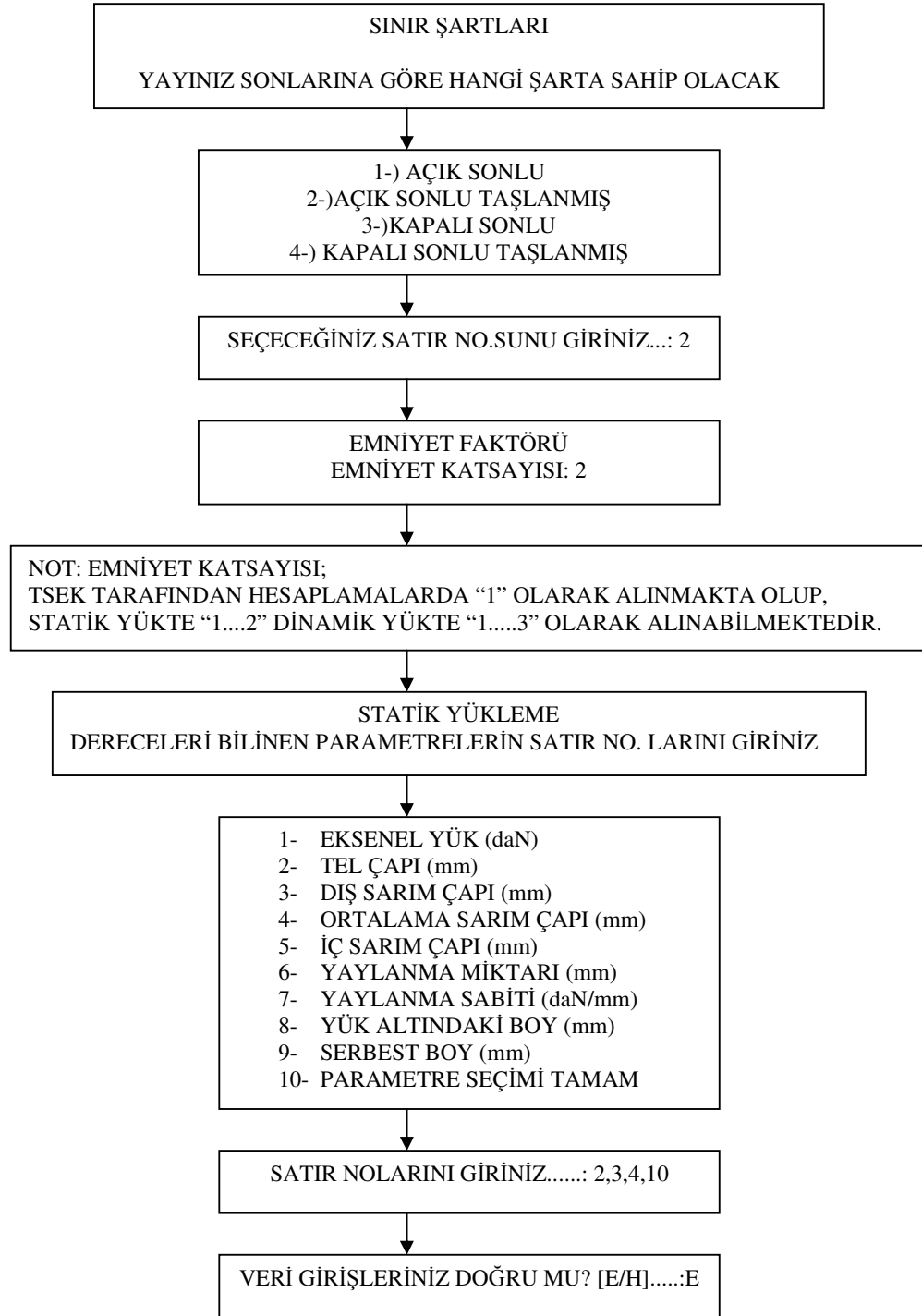
Tekeli, yay çeliklerinin ısıtılma işlemi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yayların malzemelerini, ısıtılma işlem çeşitlerini incelediği çalışmada yay çeliklerine uygulanan ısıtılma işlem yöntemlerini, ısıtılma işlem yöntemi farklılıkları ile elde edilen sonuçları ortaya koymuştur [10].

Gökbakar, yay hesaplamaları çalışmasında Turbo Pascal dilini kullandığı için görsel veri girişi yoktur. Program sadece hesaplama modülü olarak düşünülmüş, yayların tasarım verilerine dönük bilgiler yoktur. Programın akış diyagramı Şekil 2.1’ de görülmektedir [11].



Şekil 2.1. Gökbahar'ın tez çalışmasının akış diyagramı [11]

Serdengeçti, çalışmasında GW Basic programlama dili kullanarak helisel silindirik yay tasarımı yapan bir bilgisayar programı yazmıştır. Program sadece hesaplama modülü olarak düşünülmüş, yayların tasarım verilerine dönük bilgilerini kapsamamaktadır. Tasarımın hazırlandığı program günümüzdeki daha görsel, nesne tabanlı tasarım programlarına uyarlanabilir. Programa ait çalışma penceresi Şekil 2.2' de görülmektedir [12].

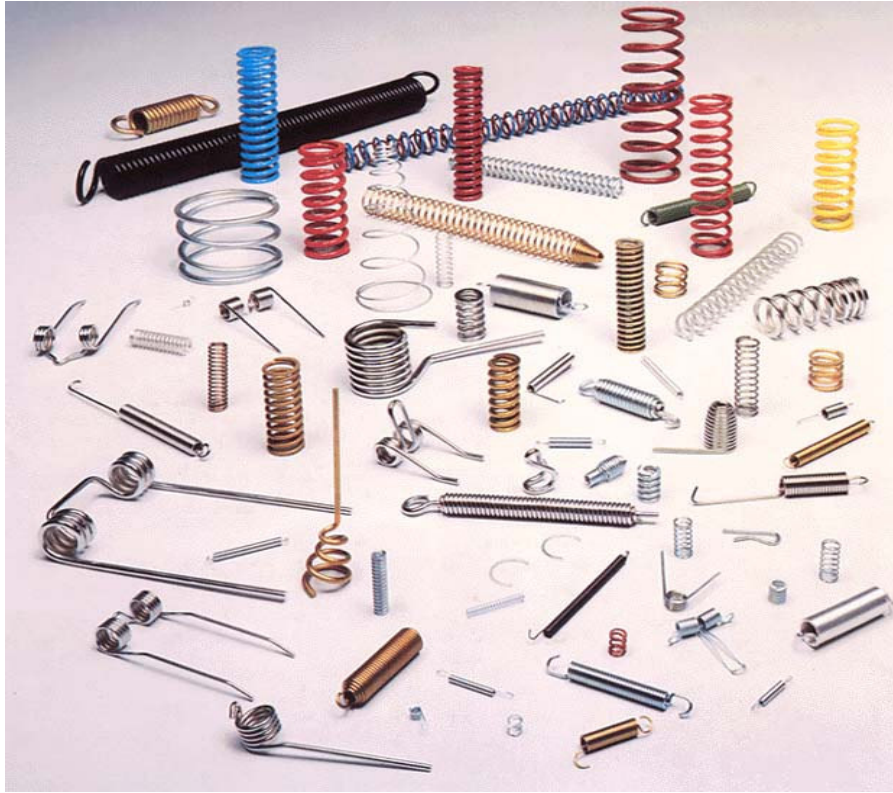


Şekil 2.2. Serdengeçti' nin programına ait çalışma penceresi [12]

3. YAYLARLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

3.1. Tanım

Yaylar kuvvetlerin altında büyük elastik şekil değiştirme gösteren ve kuvvet kaldırıldığında eski haline dönen elemanlardır. Yaylar, yük altında şekil değiştirme sırasında bir enerji biriktirirler ve bunu yük kaldırıldığında kısmen geri verirler[13].



Resim 3.1. Çeşitli yaylar [14]

Temel mekanizmaların olduğu gibi metal yayların ortaya çıkışı Bronz çağına dayanır. Metal yaylar kullanılmadan önce ağaç gibi bitkisel ve hayvansal esaslı malzemelerden yapılmış esneklik kabiliyeti olan yaylar elde edilmiş ve ok yaylarında ve askeri mancınıklar gibi silahlarda kullanılmışlardır. Daha hassas yaylar MS. 1400' lü yılların ortalarına doğru yeni yeni ortaya çıkan mekanik saatlerin vazgeçilmez elemanı olmuşlardır. Daha sonraları yay kendi kendine gidebilen basit araçların

tasarımında yer almaktadır. Buhar makinelerinin ortaya çıktığı devirde yaylar mekanizmaların vazgeçilmez unsurudur artık. Tel ve şerit malzemelerden üretilmektedirler. Tekstil makinelerinde, preslerde, buhar makinelerinde, silahlarda kısaca otomatik hareketlerin bulunduğu her alanda kullanımı artmıştır [12].

Yeni çeşitleri ile, daha dayanımlı malzemeler kullanılmakta, hidrolik, pnomatik ve bilgisayar kontrollü tezgahlarda daha hassas, daha ekonomik ve uzun ömürlü olarak üretilmektedirler.

Günümüzde, yazı yazdığımız kalemlerden kapı kilitlerine, bilgisayarların disket ve CD sürücülerinden en gelişmiş robotlara, yatakların bazalarından, taşıtların ayna, ateşleme, bagaj kapağı gibi neredeyse bütün mekanizmalarına, medikal aletlerden, tarım aletlerine kadar her alanda geniş kullanıma sahiptirler.

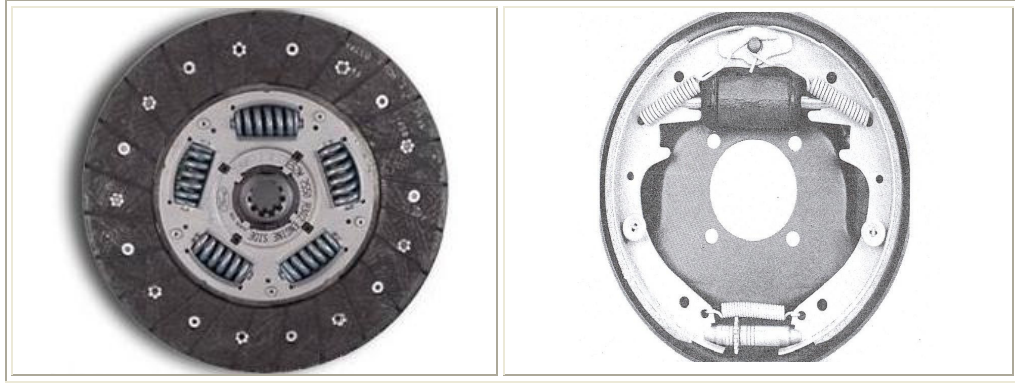
Bunların başında gelen genel kullanım alanları şöyledir:

- Makinalar
- Kavramalar – Frenler
- Araçlar ve Süspansiyon Sistemleri
- Tarım Aletleri
- Elektrik, Elektronik Sanayi
- Mobilya Sektörü
- Demiryolları Sektörü
- Savunma Sanayi
- Havacılık Sektörü
- Denizcilik Sektörü
- Medikal ve Sağlık Sektörü

Yaylar teknikte değişik amaçlarla kullanılmaktadır. En belirgin kullanım amacı bir dereceye kadar esneyerek üzerlerine yüklenen kuvveti taşımak ve kuvvet kaldırılınca kısmen veya tamamen eski konumuna gelerek kuvvetin etkisini karşılamaktır.

Yayların başlıca kullanım amaçları şunlardır.

- Belirli bir kuvvet uygulamak (kavrama, fren, kam mekanizmaları),



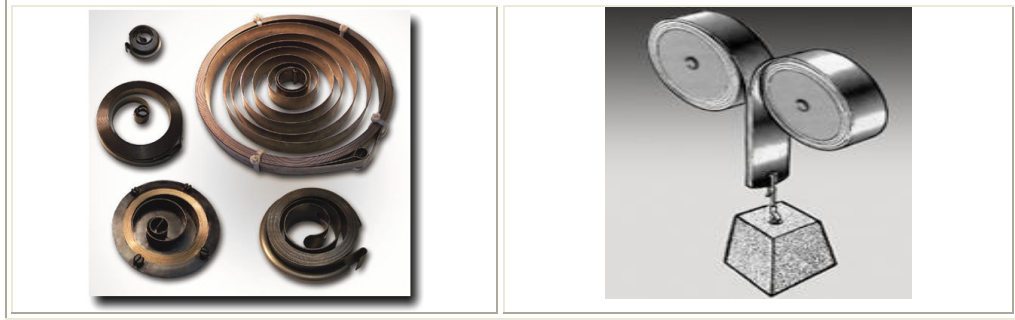
Resim 3.2. Debriyaj balatası ve tamburlu fren [4]

- Darbe ve titreşimlerinin etkilerini azaltmak(sönümleme elemanı olarak vagon tampon yayları, araçlarda süspansiyon elemanı olarak),



Resim 3.3. Darbe emici ve otomobil süspansiyonu [5]

- Biriktirilen enerjiyi harekete dönüştürmek (motor fonksiyonu olarak saat, oyuncak, kepenkler),



Resim 3.4. Saat zembereği ve kepenk [15]

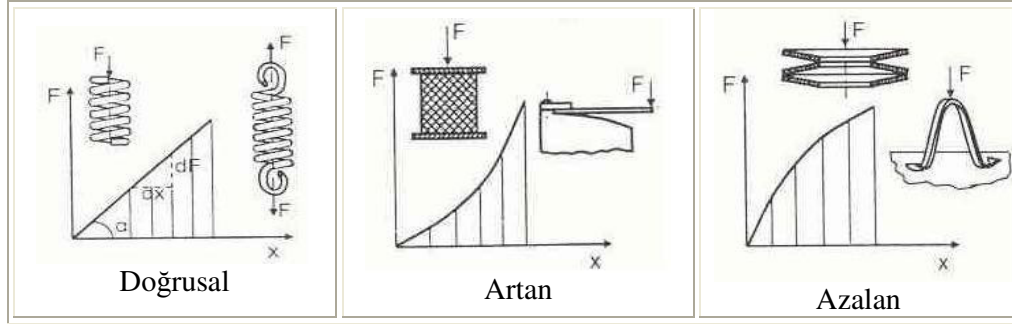
- Kuvvet ölçmek (dinamometre) için kullanılır.

3.2. Sınıflandırma

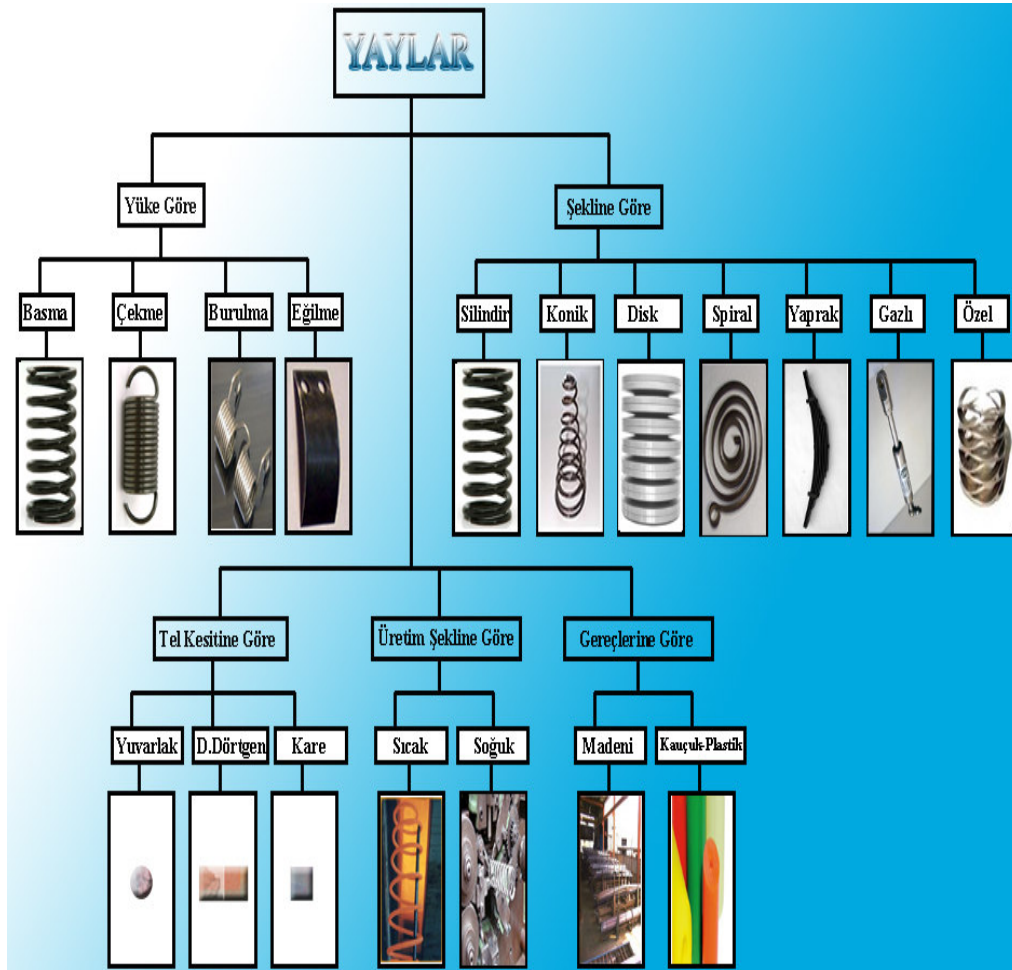
Yaylar; taşıdıkları yüke göre basmaya, çekmeye, burulmaya, eğilmeye çalışan yaylar olarak sınıflandırılmaktadır. Geometrik şekillerine göre silindirik, konik, disk, yaprak, spiral, gazlı ve özel gibi sınıflandırılmaktadır. Tel kesitlerine göre yuvarlak, dikdörtgen ve kare şekilli, üretim şekillerine göre sıcak veya soğuk şekillendirilmiş, malzemelerine göre de madeni, kauçuk veya plastik olarak sınıflandırılırlar [16] (Resim 3.5).

3.3.Yay Karakteristiği

Herhangi bir yaya etkiyen kuvvet veya momentlerle bunların doğurduğu şekil değişiklikleri (boy değişimi veya burulma/dönme açısı) arasındaki ilişkiye yay karakteristiği adı verilir ve bu ilişkiye göre yay özelliği belirlenir. Bu karakteristik doğrusal, yükselen veya alçalan şeklinde olabilir [17] (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çeşitli yay karakteristikleri [18]



Resim 3.5. Yayların sınıflandırılması

Eğimi fazla karakteristiğe sahip yayların rijitlikleri de o nispette büyük olmaktadır. Doğrusal karakteristiğe sahip yayların rijitliği sabit, yükselen veya artan

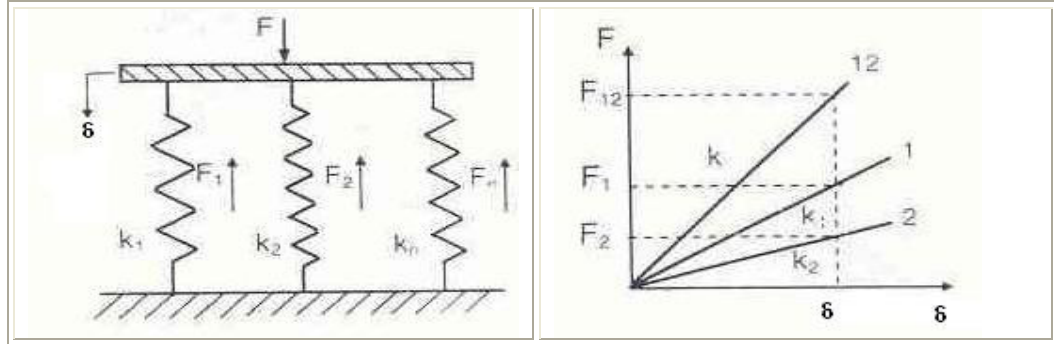
karakteristikli yaylarda rijitlik kuvveti büyümesi ile artarken, alçalan yaylarda kuvvetin büyümesi ile azalmaktadır.

3.3.1. Yay sistemlerinde rijitlik

Uygulamada hacimlerin sınırlı olması halinde veya belirli bir karakteristiğin elde edilmesi için çok sayıda yaydan meydana gelen seri, paralel veya karma olarak bağlanmış çok yaylı sistemler kullanılabilir. Bu yayların rijitlikleri yayların bağlanış şekillerine göre belirlenir [18].

Paralel bağlı yaylar

Böyle bağlanmış yaylarda yayların sapması birbirlerine eşittir. Kuvvet yayların rijitlikleri ile orantılı olarak paylaşılarak taşınırlar (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Paralel bağlı yay sistemi [18]

Toplam sapma miktarı:

$$\delta = \delta_1 = \delta_2 = \dots \delta_n \quad (3.1)$$

Kuvvet

$$F = F_1 + F_2 + \dots + F_n \quad (3.2)$$

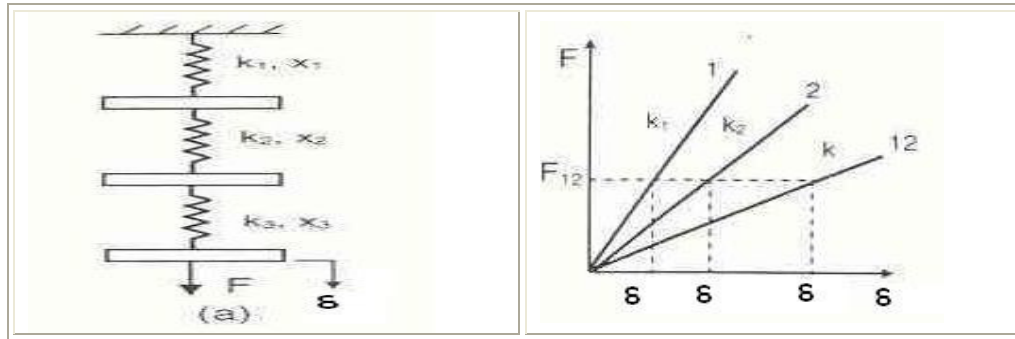
Ve sistemin yay rijitliği

$$k_t = k_1 + k_2 \quad (3.3)$$

eşitlikleri ile bulunur.

Seri bağlı yaylar

Seri bağlanmış olan yay sistemlerinde ise bütün yaylar aynı kuvvetle zorlanırlar. Toplam sapma ise yayların sapmalarının toplamına eşittir (şekil 3.3).



şekil 3.3. Seri bağlı yay sistemi [18]

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n \quad (3.4)$$

Kuvvet

$$F = F_1 = F_2 = \dots = F_n \quad (3.5)$$

Ve sistemin yay rijitliği

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n} \quad (3.6)$$

eşitlikleri ile bulunur.

3.4. Yay Çeşitleri

3.4.1. Helisel baskı yayları

En çok bilinen helisel baskı yayı sabit sargı çapına, sabit adıma sahip yuvarlak telden sarılmış silindirik formlu yaydır. Üzerine uygulanan kuvveti sıkıştırma yoluyla enerji olarak depolamak, istenilen yere kuvvet (yük) uygulamak, gelen darbeleri sönmölemek amacı ile kullanılır.



Resim 3.6. Helisel baskı yayları [19]

Baskı yayları pek çok alanda kullanılmaktadır. Çocukken tükenmez ve kurşun kalemlerin içindeki yayla tanışmışızdır bu çeşit yayla. Arabaların, motosikletlerin, kamyon, otobüs ve trenlerin süspansiyon sistemlerinde, yine motorlu taşıtların pek çok sistemlerinde örneğin motor subap yayı olarak, fren sistemlerinde, debriyaj baskı balatasında, kaput ve, kapı kilit mekanizmalarında vb. kullanılmaktadır.

Kullanım alanları ile ilgili detaylı bilgi programa dahil edilmiştir.

Helisel baskı yay tipleri

Blokaj sorununu çözmek, blok boy ve aşırı titreşimi azaltmak veya lineer olmayan yük (kuvvet) özelliklerini elde etmek için, konik (conical), fıçı (barrel), yada ters fıçı (hour glass, kum saati), değişik adımlı gibi tiplerde basma yay üretimi de yapılabilmektedir (Resim 3.7).

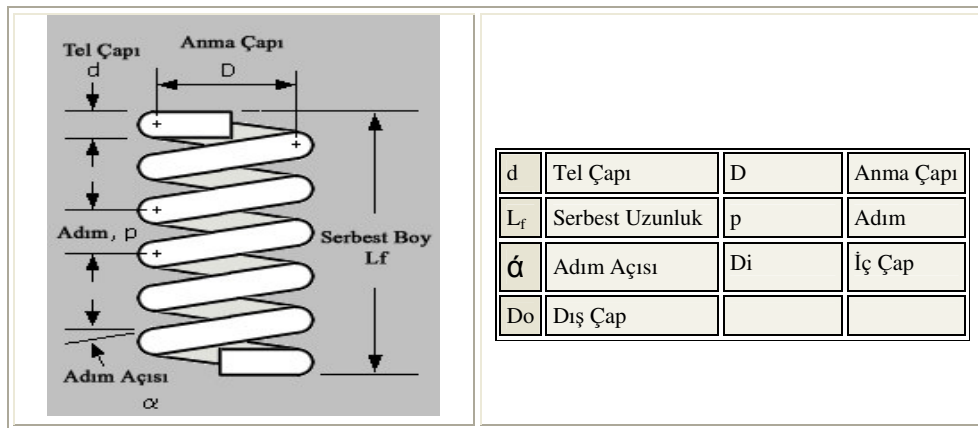
Helisel bir yay sağ helis veya sol helis olarak sarılabilir.



Resim 3.7. Helisel baskı yayı tipleri [19]

Yay parametreleri

Helisel basma yayının tanımlanması için gerekli olan parametreler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 3.4).

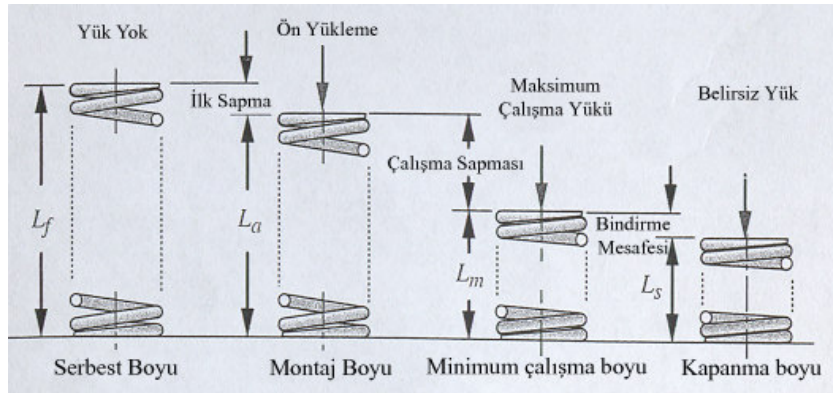


Şekil 3.4. Helisel baskı yayı parametreleri ve açıklamaları [20]

Helisel baskı yayı hesaplama parametreleri

Yay uzunlukları

Baskı yaylarının pek çok uzunluğu ve sapma miktarları vardır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Helisel baskı yayı uzunlukları [13]

Yay boyları ile ilgili detaylı bilgi programa dahil edilmiştir.

Yay uçlarının detayları

Helisel basma yaylarında dört çeşit uç detayı vardır. Serbest, Serbest ve Taşlanmış, Düzeltilmiş ve Düzeltilmiş Taşlanmış. Bunlara ait şekiller aşağıda Çizelge 3.1’de belirtilmiştir [17].

Yay uçları ile ilgili detaylar program içerisinde verilmiştir.

Yay indeksi

Sarım çapının tel çapına oranı yay indeksini verir. Eş. 3.7 yardımıyla bulunur. Burada D yayın anma çapını, d ise tel çapını ifade eder.

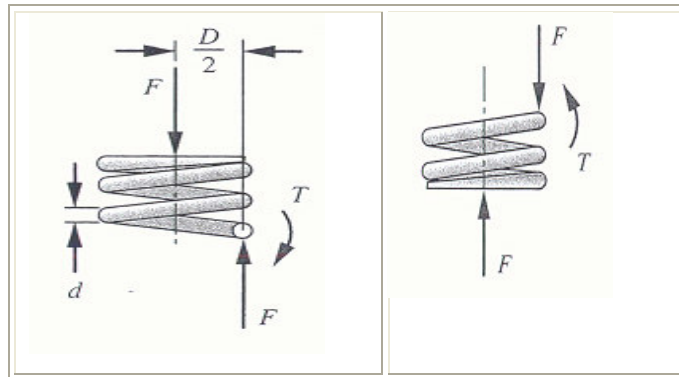
$$C = \frac{D}{d} \quad (3.7)$$

Çizelge3.1. Helisel basma yaylarının uç biçimleri ve sarım sayıları [20]

	Serbest	Düzeltilmiş	Serbest Taşlanmış	Düzeltilmiş Taşlanmış
				
Aktif Sarım Sayısı, N_a	N_t	N_t-2	N_t-1	N_t-2
Serbest Uzunluk, L_f	$N_a p + d$	$N_a p + 3d$	$(N_a + 1)p$	$N_a p + 2d$
Kapanma Boyu, L_s	$(N_a + 1)d$	$(N_a + 1)d$	$(N_a + 1)d$	$(N_a + 2)d$
Adım, p	$(L_f - d)/N_a$	$(L_f - 3d)/N_a$	$L_f/(N_a + 1)$	$(L_f - 2d)/N_a$

Yay sapması

Aşağıdaki helisel yay parçasına (Şekil 3.6.) aksel bir “F” kuvveti uygulanmıştır. Yayın üzerindeki kuvvet baskı kuvveti olmasına rağmen yayın teli burulmaya çalışır. Herhangi bir sarımdaki kuvvetin, teli kendi ekseninde burmaya çalıştığı gibi. Telin eğriliği ihmal edilirse helisel baskı yayı aslında burulmaya çalışan bir çubuktur. Bu çubuk helisel bir şekil alacak biçimde sarılmış bir araya toplanmıştır [13].



Şekil 3.6. Helisel baskı yayına uygulanan kuvvet [13]

Yuvarlak telli bir helisel baskı yayının sapması aşağıdaki Eş. 3.8 ile hesaplanır. Eşitlikteki parametreler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

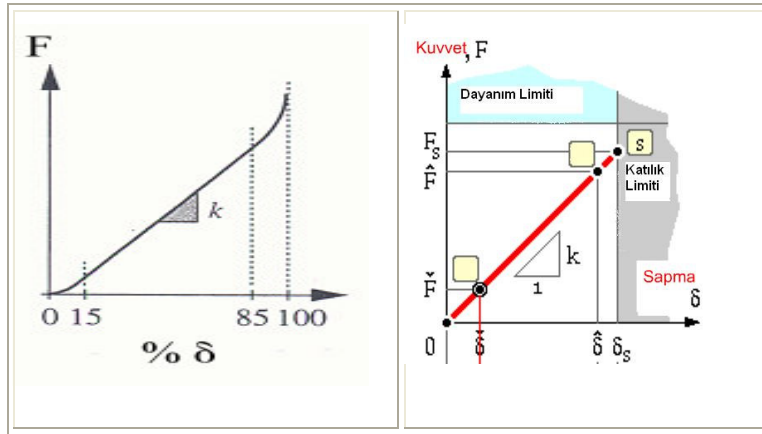
$$\delta = \frac{8 \cdot F \cdot D^3 \cdot N_a}{d^4 \cdot G} \quad (3.8)$$

Çizelge 3.2. Yayın sapma parametreleri

d	Tel Çapı (mm)	D	Anma Çapı (mm)
F	Uygulanan Kuvvet (N)	N _a	Aktif Sarım Sayısı
G	Kesme Modülü (N/mm ²)	δ	Sapma Miktarı (mm)

Yay karakteristiği

Bir yayın performansı, uygulanan kuvvet (F) ile yayda meydana gelen şekil değiştirme (δ) arasındaki bağıntıya bağlıdır (Şekil 3.7) [13].



Şekil 3.7. Yay karakteristiği [13]

$$k = \frac{F}{\delta} = \frac{d^4 \cdot G}{8 \cdot D^3 \cdot N_a} \quad (3.9)$$

Yayın karakteristiği yukarıdaki Eş. 3.9 ile elde edilir.

Helisel baskı yaylarındaki gerilmeler

Yaya uygulanan F kuvveti neticesinde herhangi bir kesitte T momentinden dolayı burulma gerilmesi ve F kuvvetinden dolayı da kesme gerilmesi (Şekil 3.8) oluşur. Bu iki gerilim birbirine eklenirse maksimum kesme gerilmesi $\tau_{\max}$ oluşur;

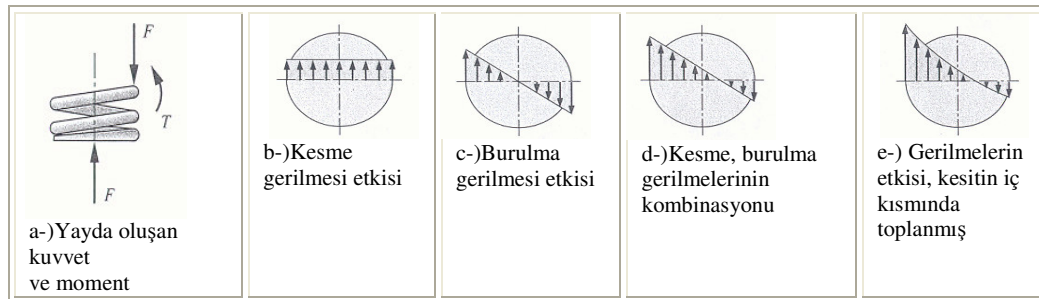
$$\tau_{\max} = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} + \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \quad (3.10)$$

Kesilmekten dolayı tel kesitinde meydana gelen kesilme gerilmelerinin yayılışı düzgün değildir. Bunun için K_s düzeltme faktörü kullanılır.

$$K_s = \left(1 + \frac{0,5}{C} \right) \quad (3.11)$$

$$\tau_{\max} = K_s \cdot \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \quad (3.12)$$

Burada K_s direkt kesme düzeltme faktörüdür. C yay indeksidir. Eğer bir yay statik olarak yüklenirse çökme hata faktörüdür ve $\tau_{\max}$ için Eş. 3.12 kullanılır.



Şekil 3.8. Yayda oluşan gerilmeler [13]

Yayın eğriliği, sarımın tel kesitinin iç yüzeylerinde gerilmenin artmasına sebep olur (Şekil 3.8). Wahl direk kesme gerilimlerini ve eğilme gerilimlerini içine alan bir gerilim düzeltme faktörü (K_w) tespit etmiştir (Bkz. Eş .3.13).

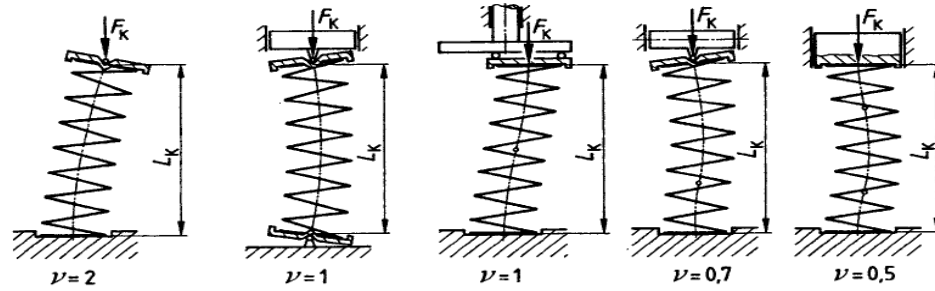
$$K_w = \frac{4 \cdot C - 1}{4 \cdot C + 4} + \frac{0,615}{C} \quad (3.13)$$

$$\tau_{\max} = K_w \cdot \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \quad (3.14)$$

Yay dinamik olarak yüklenirse, Wahl gerilim düzeltme faktörü devreye sokulur ve Eş. 3.14 kullanılır [11].

Helisel baskı yayının burkulması

Eksenel olarak yüklenen yaylar belirli bir kritik uzunluğa kadar sıkıştırıldıklarında burkulmaya meyilli olurlar. Dolayısıyla burkulma davranışlarının kontrol edilmelidir. Bu yayların tasarımında, burkulmaya karşı yeterli bir emniyete müsaade edilmelidir. Uygulamada burkulma sınırına erişme teorik hesaplamaya göre daha muhtemeldir.



Şekil 3.9. Helisel baskı yayında oturma tipleri ve ilgili oturma katsayıları [21]

Yayın serbest boyu L_f nin ortalama çapına oranı $L_f/D > 4$ ise burkulma tehlikesi vardır. Yayın kritik burkulma sapması aşağıdaki eşitlikle bulunabilir.

$$\delta_{cr} = L_f \cdot \frac{0,5}{1 - \frac{G}{E}} \left[1 - \sqrt{\frac{1 - \frac{G}{E}}{0,5 + \frac{G}{E}} \cdot \left(\frac{\pi \cdot D}{\nu \cdot L_f} \right)^2} \right] \quad (3.15)$$

Burkulmaya karşı emniyetli konum programda verilen grafikte değerlendirilebilir. Burkulmayla ilgili detaylı bilgi programa dahil edilmiştir.

Helisel baskı yaylarının titreşimi

Titreşimli zorlamalara maruz kalan yaylarda önlenmesi gereken önemli bir olay rezonans yani yayın doğal frekansı ile kuvvetin oluşturduğu frekans çakışmamalıdır. Yayın ucuna uygulanan bir kuvvetle bunu dalga dalga diğer sargılara aktarır. Bu belirli bir süre gerektirir. Yayın dalgalanması denilen bu süre sonunda, yay kuvveti sönümler ve hareketsiz kalır. İdeal olarak yayın doğal frekansı uygulanan kuvvetin frekansından 13 ile 20 kez fazla olmalıdır[13].

Her iki başı kılavuzlanmış ve çalışma aralığında bir başı periyodik olarak tahrik edilen yayın birinci dereceden tabii frekansı aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$f_n = \frac{3560 \cdot d}{n \cdot D^2} \sqrt{\frac{G}{\gamma}} \quad (3.16)$$

Eşitlikte γ malzemenin yoğunluğunu (kg/dm^3) temsil etmektedir.

3.4.2. Helisel çekme yayları

Helisel çekme yayları helisel basma yaylarına benzerler, yalnız basmaya değil çekmeye çalışırlar. Uç kısımlarındaki kancalar çekme kuvvetinin uygulanabilmesini sağlar. Bu kancalar son sarımın basit bir biçimde bükülmesiyle oluşur.



Resim 3.8. Çekme yayı örnekleri[22]

Çekmeye karşı direnç gösteren bu yaylar, istisnalar dışında sarımları bitişik olarak üretilir. Genellikle sağ sarımlı olarak üretilirler. Bu yaylar bir ön gerilme ile üretilirler. Yaya uygulanan kuvvet bu ön gerilme kuvvetini aştığı zaman yay şekil değiştirmeye başlar. Yay sarımları serbest halde birbirine temas eder. Kuvvet uygulandığında yay uzar ve sargılar arası bir boşluk meydana gelir [17].

Çekmeye çalışan yaylar basmaya zorlanan yaylardan daha az kullanılırlar. Bunda imal edilmelerinin pahalı oluşu, uç kısımlarının şekillendirilişinin zorluğu, uç kısımlarının yayın dayanımını etkilemesi, kancalardan dolayı daha karmaşık bağlama şekillerini gerektirmesi etkilidir [18].

Çekme yaylarının kullanım yerlerini örnekleyecek olursak, çamaşır makinelerinin kazan kısmı çekme yayları ile gövdeye montaj edilmiştir. Fren sistemlerinde mekanizmayı başlangıç konumuna getirmede kullanılmaktadır. Taşıtların gaz ve fren

gibi pedal tertibatlarında, bagaj kapağında, cam silecek mekanizmasında, uçakların iniş takımlarında da çekme yayları kullanılmaktadır. Kullanım yerleri ile ilgili detaylı bilgi programa dahil edilmiştir.

Çekme yayının geometrik büyüklükleri

Çekme yayları belirli bir tel çapına kadar ($d \leq 17$ mm) ön gerilme altında soğuk olarak sarılır. Daha büyük çaplı çeki yaylarında ise sıcak sarıldıktan sonra tavllanır. Bu durumda oluşan ön gerilme sarım sonrası ısıtma işlemi nedeniyle kaybolur ve sarımlar birbiriyle temas etmeyebilir. Çekme kuvvetiyle zorlanan bu yayların uçları bağlantı yapabilmek ve kuvveti iletebilmek için değişik biçimlerde üretilirler [18]. Yay uç biçimleriyle ilgili detaylar programa dahil edilmiştir.

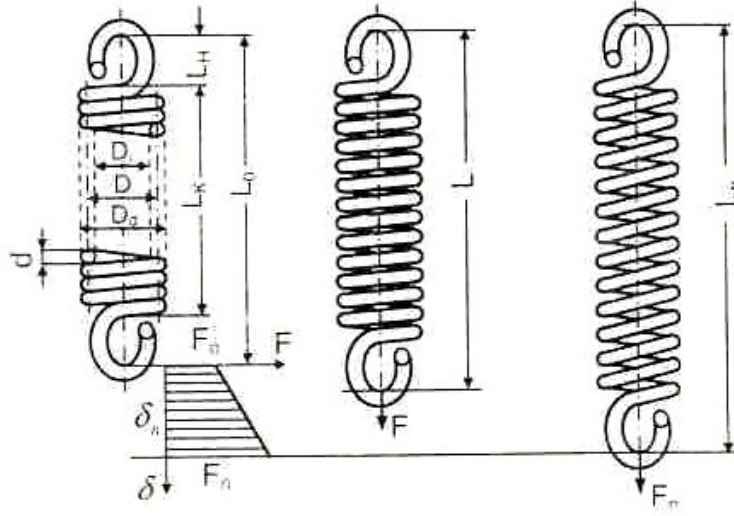
Çekme yayı hesaplama parametreleri

Yayda yenilmesi gereken ön gerilme kuvveti, maksimum işletme kuvvetinin %25'i civarındadır. Yayın uzamasında ön gerilme kuvvetinin göz önüne alınması gerekir.

Yayın sapması aşağıdaki eşitlikten faydalanılarak bulunur.

$$\delta = \frac{8 \cdot D^3 \cdot N_a}{G \cdot d^4} \cdot (F - F_i) \quad (3.17)$$

$$F = \frac{G \cdot d^4 \cdot \delta}{8 \cdot D^3 \cdot N_a} \quad (3.18)$$



Şekil 3.10. Çekme yayının kuvvet karşısında uzaması [17]

Aktif sarımlar

Bütün sarımlar aktif düşünülür ve aktif sarım sayısına bir sarım daha eklenir. Gövde boyunu elde etmek için.

$$N_t = N_a + 1 \quad L_b = d \cdot N_t \quad (3.19)$$

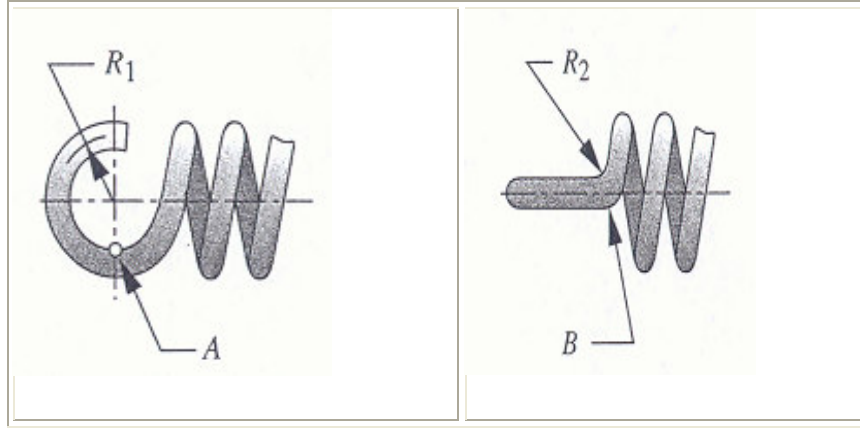
Yay karakteristiği

Yay ön gerilme kuvveti aşılmadan şekil değiştirmez.

$$k = \frac{F - F_i}{\delta} = \frac{d^4 \cdot G}{8 \cdot D^3 \cdot N_a} \quad (3.20)$$

Çekme yayı uç gerilmeleri

A noktasında eğilme ve çekme gerilmeleri mevcuttur (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Çekme yayı uç gerilimleri [13]

$$K_A = \frac{4 \cdot c_1^2 - c_1 - 1}{4 \cdot c_1 (c_1 - 1)} \quad (3.21)$$

$$c_1 = \frac{2 \cdot R_1}{d} \quad (3.22)$$

$$\sigma_A = K_A \cdot \frac{16 \cdot D \cdot F}{\pi \cdot d^3} + \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \sigma_{em} \quad (3.23)$$

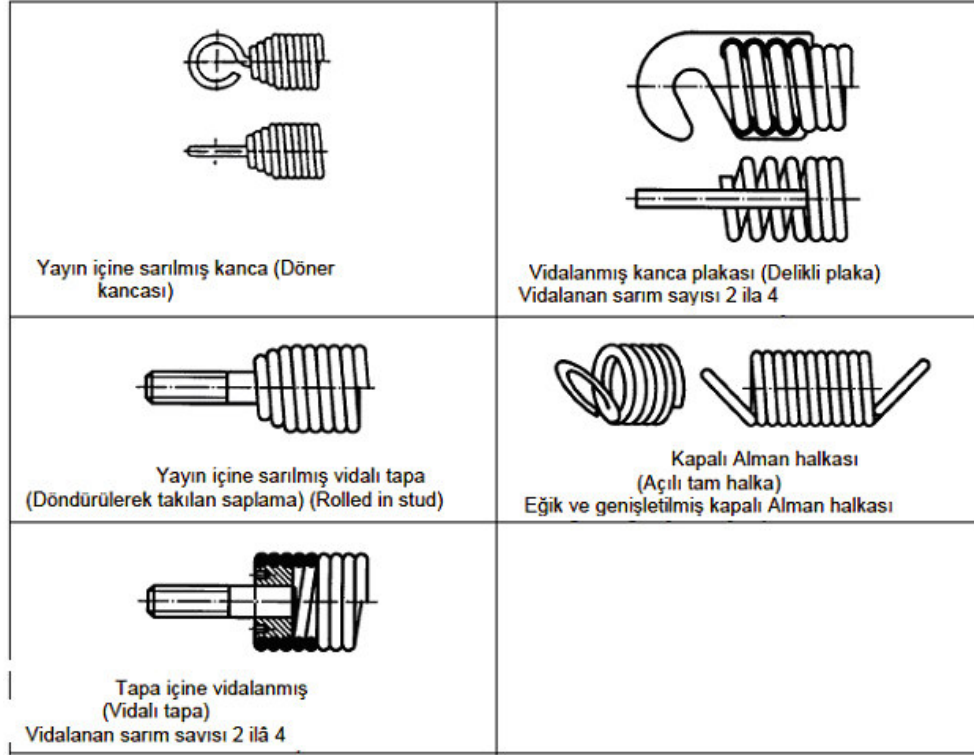
Burulma momentinden dolayı en tehlikeli kesit B'dir ve burulmaya çalışır (Şekil3.11).

$$K_b = \frac{4 \cdot c_2 - 1}{4 \cdot c_2 - 4} \quad (3.24)$$

$$c_2 = \frac{2 \cdot R_2}{d} \quad (3.25)$$

$$\tau = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{4 \cdot c_2 - 1}{4 \cdot c_2 - 4} \leq \tau_{em} \quad (3.26)$$

Çekme yayı uçlarındaki gerilmeyi azaltmak için ya A noktasındaki eğrilik yarıçapı artırılmalı ya da sarım çapı kademeli olarak uç kısma doğru küçültülmelidir [13].



Şekil 3.12. Yay uçlarındaki gerilmeyi azaltmak için geliştirilmiş uçlar [21]

Yayın doğal frekansı

$$f_n = \frac{3560 \cdot d}{n \cdot D^2} \sqrt{\frac{G}{\gamma}} \quad (3.27)$$

Eşitlikte γ malzemenin yoğunluğunu (kg/dm^3) temsil etmektedir.

Çekme yayında oluşan gerilimlerle ve alınacak önlemlerle ilgili detaylı bilgi programda belirtilmiştir.

3.4.3. Helisel burma yayları

Helisel burma yayları basma, çekme yaylarının aksine burulma gerilmesiyle yüklenebilir. Sarımların uçları teğet olarak uzatılmıştır. Bu moment kolunu oluşturmak amacıyla yapılmıştır. Bu kollar uygulandığı yere göre çeşitli şekillerde olabilmektedirler. Sargılar birbirine yakın sarılmıştır. Fakat ön bir kuvvet yüklenmemiştir. Her ne kadar çoğu yay kapalı sarılsa da sargılar arasındaki sürtünmeyi azaltmak için sargılar arası mesafe olacak şekilde sarılabilmektedir [13].

Bu yaylar, bir tork uygulamak veya enerji depolamak için kullanılırlar. Rahat montaj ve çalışma olanakları yaratmak amacı ile çok değişik formlarda kollu yay üretilmektedir.



Resim 3.9. Helisel burma yayı örnekleri [19]

Yay için istenilen ölçüde elde edilmesi, uygulaması kolay ve ucuz olduğu için yuvarlak tel kullanılır. Mandal, fare kapanı en basit uygulamalarıdır. Otomobillerin marş sistemlerinde, kapı, kaput, gaz çubuğu mekanizmalarında, fotokopi ve

yazıcıların kağıt alma mekanizmalarında olduğu gibi küçük bir dönme hareketi sağlayarak moment oluşturmak ve iletmek için kullanılırlar [18]. Burma yayların kullanım alanları ile ilgili detaylı bilgi ve örnekler programda verilmiştir.

3.4.4. Helisel konik yaylar

Tek bir yay ile değişken bir karakteristik elde etmek istenir veya hacim, helisel bir yay için uygun değilse, helisel konik yaylar kullanılır. Bu yaylar dairesel veya dikdörtgen kesitli olarak imal edilir.

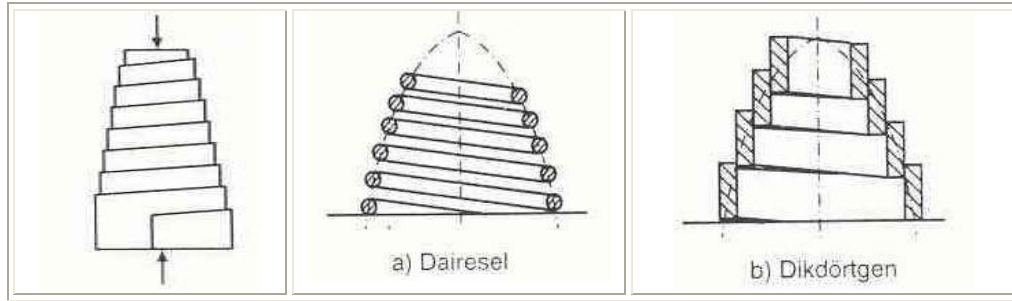
Bu yaylarda kuvvetin büyümesi ile önce büyük çaplı sargılar temasa geçer ve daha sonra küçük sargılar temasa devam eder. Böylelikle yay karakteristiği artan bir şekil alır. Sargılar birbirine temas etmedikçe yayın karakteristiği sabittir. Temastan sonra karakteristik eğrisi büyük bir eğimle artar[17].



Resim 3.10. Helisel konik yay çeşitleri [15]

Bu yaylardan küçülen dikdörtgen kesitli konik yaylar demir yollarında tren vagonların tamponlarında çok kullanılırlar. Helisel konik yaylarda yaylar kuvvet arttıkça iç içe geçeceğinden hacimden faydalanma derecesi çok iyidir. Bu yayların ince telli sarımları pil yuvaları, elektrik anahtarları, valfler gibi yerlerde kullanılırlar.

Teknikte konik yayların yanı sıra birde volut denilen yaylar vardır. Konik yaylarla arasındaki fark ise konik yayların adımları sabittir ve konik olan dış kısma değişken bir eğim açısı vermektedir. Volut yaylarda ise adım değişkendir ve dış kısma paraboloid bir eğim açısı vermektedir[17].



Şekil 3.13. Volut yay örnekleri ve eğim açıları [18]

3.4.5. Diğer yay çeşitleri

Hazırlanan programda helisel yaylar dışında kullanılan diğer yay çeşitleri hakkında da bilgi verilmiştir.

Disk yaylar

Eksenel doğrultuda koniklik verilmiş delikli disk veya tabak şeklini andıran halkalar disk yaylar olarak bilinir. Yay karakteristiklerinin eğilim dik olduğundan çok sert olan disk yaylarda küçük boyutlarda büyük kapasitelere ulaşılabilmektedir.

Bu yaylar sınırlı çalışma alanlarında yüksek yay kuvvetine ihtiyaç duyulan yerlerde, darbeli çalışan makine sistemlerinde, preslerde, zımbalama makinelerinde, takım tezgahlarında, valflerde gergi elemanı olarak, krenlerde, taşıtlarda titreşim sönmüleyici, makinelerin temele tespitinde, rulmanlı yatakların eksenel boşluklarının ayarında ve civatalı bağlantılarda çözülmeyi önlemek için rondela olarak kullanılmaktadır. Sabit basınçlı yay hareketine ihtiyaç duyulan yerlerde (Çok küçük yay karakteristiklerinde kullanılırlar [15].



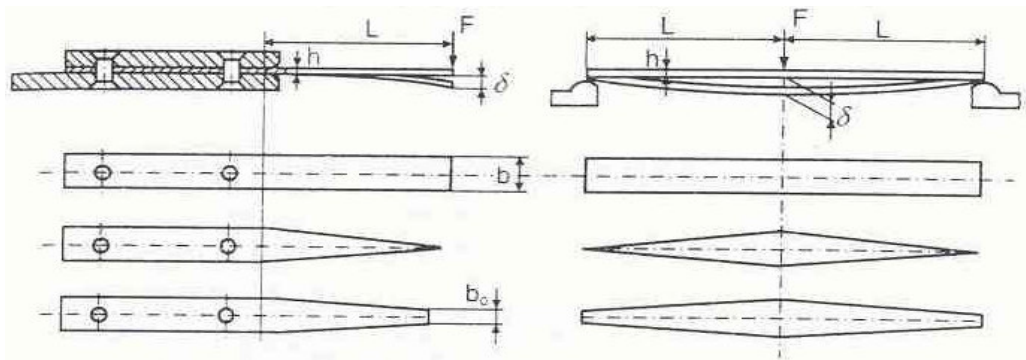
Resim 3.11. Disk yay çeşitleri [24]

Disk yaylarının avantajları ve uygulama yerleri örnekleri programda belirtilmiştir.

Yaprak yaylar

Tek yaprak yaylar

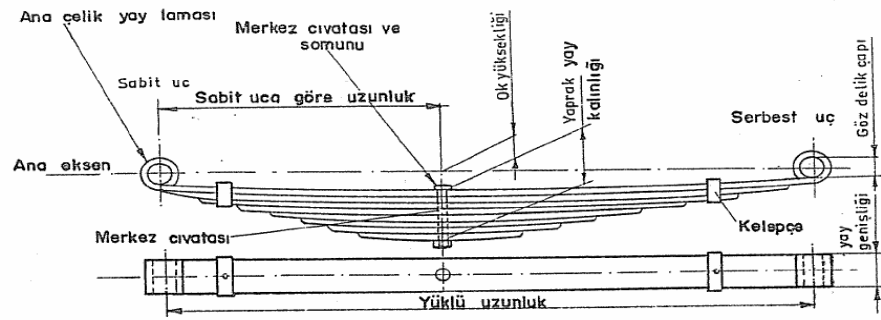
Eğilmeye zorlanan yayların en önemlileri yaprak yaylardır. Bir ucu ankastre, bazen de her iki ucu ankastre şekilde bağlanmış levha ve şeritten ibarettir. Bu yaylar sabit veya değişken kalınlıkta olabilirler. Kesitleri dikdörtgen, üçgen veya trapez olabilmektedir. Çeşitli hassas cihazlarda ve elektrik sanayinde kontaktör olarak kullanılan bu yaylara örnek Şekil de verilmiştir [17].



Şekil 3.14. Tek yapraklı yaylar [17]

Çok tabakalı yaprak yaylar

Dikdörtgen enine kesitli çelik lamalara yarı eliptik bir biçim verildikten ve ısıtılmasından sonra üst üste dizilmesi ve bunların bir merkez cıvatası ve kelepçelerle birbirine bağlanması sonucu oluşan yay demetidir [25].



Şekil 3.15. Çok tabakalı yaprak yaylar [25]

Yaprak yayların elde edilişi, montaj şekilleri, uygulamaları program içerisinde belirtilmiştir.

Yaprak yaylar otobüs, kamyon, lokomotif gibi kara ve demiryollarındaki ağır araçların süspansiyon sistemlerinde kullanılırlar.

Bilezik yayları

Bilezik yay, çift koni yüzeyli iç ve dış bileziklerden meydana gelmiştir. Eksenel bir kuvvet etkisinde yay bileziklerinin temas yüzeylerinde oluşan basınç nedeniyle dış bilezikler radyal yönde genişler, iç bilezikler ise büzülür. Böylece dış bilezikler çekmeye, iç bilezikler ise basmaya zorlanır. Bileziklerde oluşan çap değişikliğiyle bilezikler birbiri üzerinde kayarak yayın sapma değeri kadar basılmış olur [17].



Resim 3.12. Bilezik yayı örnekleri [26]

Bileziklerin sıkışması sırasında kayma yüzeylerinde önemli oranda sürtünme oluşur ve yayın sıkışması için 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 [18].

Spiral yaylar

Sabit güçlü yaylar çekme yaylarının özel bir türüdür. Spiral şekillendirilmiş şerit malzemeden oluşur. Şeridin her dönüşü ile sıkıca iç tarafına sarılıdır. Şerit çekildiğinde yapısı gereği yükleme gücüne karşı koyar, çekme yaylarda olduğu gibi. Çekme yaylarda olduğu gibi yayın bir ön gerilmesi söz konusudur. Yük uygulandıkça diğer sarımlarda açılır [27].



Resim 3.13. Spiral yay çeşitleri [28]

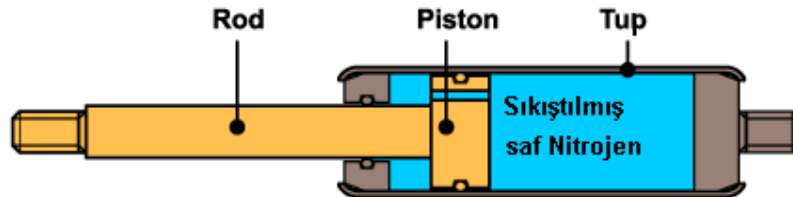
Gazlı yaylar

Ağız kapatılmış yuvarlak silindir içinde belirli bir basınç altında sıkıştırılmış gaz vardır. Bu gaz dışarıdan gelen kuvveti sönmek için kullanılır. Silindirin ağız kısmında bir miktar yağ bulunmaktadır. Bu yağ kuvvetin etkisi kesilince silindir kolunun kontrollü ve yumuşak şekilde eski konumuna gelmesini sağlar. Piston ucunda ve sonunda gazlı yayın düzgün şekilde montaj edilmesi için bağlantı elemanları vardır. Bazı türleri istenilen konumda kilitleme imkanı vermektedir [15].



Resim 3.14. Gazlı yay çeşitleri [29]

- Gıda gibi hassas alanlarda, cam ve görüntü işleme durumlarında kullanılırlar.
- Otomotiv sektöründe bagaj ve kaputun kapağında
- Yatak, tekerlekli sandalye, ilk yardım donanımları gibi hastane ekipmanlarında kullanılırlar. Spor aletlerinin yapımında, ağırlık, yürüme araçları gibi kullanılırlar.
- Koltuk tasarımında koltuk veya sandalyenin yukarı, aşağı, öne, arkaya hareketlerini elde etmede, yatak bazası gibi yerlerde
- İş kalıplarında sıkma işlemleri amaçlı
- Fotokopi makineleri gibi elektronik ofis makinelerinde

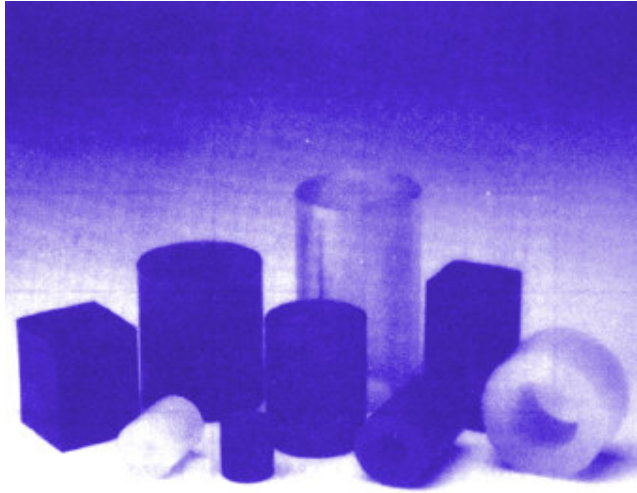


Şekil 3.16. Gazlı yayın kesiti [29]

Gazlı yayların uygulama şekilleri programda belirtilmiştir.

Kauçuk yaylar

Kauçuk yaylar büyük sönümlleme ve esnekliği sahip olduklarından darbe ve titreşime maruz kalan sistemlerde sıkça kullanılırlar. Kauçuğun sönümlleme özelliği iç sürtünmeye bağlıdır. Yay olarak kullanılan kauçuk doğal veya yapay olabilmektedir. Uygulamada daha çok yapay kauçuklar kullanılmaktadır. Doğal kauçuk sıcağa ve bazı kimyasal malzemelere karşı yeterli derecede mukavemetli olmadığından yapay kauçuk türleri geliştirilmiştir. Yapay kauçuklar (Bütadien ve sodyumdan imal edilmiş) doğal kauçuğa göre sıcağa, benzin ve yağa, aşınmaya daha dayanıklıdır[17].



Resim 3.15. Kauçuk yay çeşitleri [15]

- Metal yaylara göre yay karakteristiği daha düşük elastikiyet modülüne sahiptirler.
- Büyük deformasyon yeteneğine sahiptirler.
- İç sönümlmeleri yüksektir. İç sürtünmeler nedeniyle yay işinin %30-35' i ısıya dönüşerek absorbe edilir.
- Bu nedenle daha çok titreşim, darbe ve gürültülü sönümlmesinde kullanılırlar. Ses izolasyonu için motorlu taşıtlarda uygun kullanım alanı bulmuştur.

- Genel olarak kauçuk malzemeler -30...70 °C sıcaklık bölgesinde kullanılırlar.
- Sıcaklık artınca mukavemet azalır, düştüğünde sertlik artar.
- Mekanik davranış olarak Hooke kanuna uymazlar
- İyi ısı elektrik yalıtım yeteneğine sahiptirler.
- Sıcaklık, ışık, gaz, buhar vb. gibi çevre etkileriyle yaşlanmaya maruz kalırlar

3.5. Yay Malzemeleri

Yayın tasarımında ve malzemenin seçiminde yayın yapacağı işin özellikleri belirleyicidir. Yay imalatında kullanılacak malzemelerin şu özelliklere sahip olması istenir.

- Büyük bir elastik şekil değiştirme özelliği göstermeleri için yüksek elastiklik sınırına sahip olmalı.
- Diğer nitelik yüksek dayanımlı olması, yüksek yorulma mukavemeti
- Metal malzemeler yüksek kopma dayanımına sahip olmalı
- Isıya veya korozyona karşı direnç,
- Anti magnetiklik,
- Düşük ısı yayılımı ve ısı karşısında elastik özelliklerin değişmezliği,
- Malzemenin yorulmaya dayanımlı olması sonucu uzun süre özelliği bozulmadan kullanılması,
- Kolay elde edilebilmesi ve ekonomik olması,
- İdeal yay malzemesi maksimum enerji depolamak için yüksek elastikiyet modülüne sahip olması,

gibi özelliklerde çeliğin özel bileşimleri sayesinde elde edilebilir. Bu isteklerin bir kısmı demir olmayan metallerle de elde edilebilir. Örneğin bakır, bronz, titanyum, pirinç, veya diğer alaşımlar gibi. Hatta metal olmayıp elastik özelliğe sahip kauçuk, plastik ağaç, hava ve mantar, seramik gibi malzemelerden de yapılmış yaylar vardır.

Sınırlı sayıdaki malzeme ve alaşımlar yay yapımı için uygundur. İdeal yay malzemesi yüksek mukavemetlere dayanımlı, maksimum enerji depolamak için düşük elastikiyet modülüne sahip olmalıdır. [13]

Yay hesaplarında yay mukavemeti hesaplanırken standart yay malzemesi olarak ASTM standardı esas alınmıştır. Hesaplama Eş. 3.28 kullanılmıştır Malzemeye bağlı olarak elde edilen sabitler kullanılarak mukavemet hesabı yapılmıştır. [30].

$$\sigma_K = A \cdot d^b \quad (3.28)$$

$$\tau_K = 0,67 \cdot \sigma_K \quad (3.29)$$

Çizelge 3.3. ASTM standart malzemelerine göre katsayılar [30]

Malzeme	ASTM No	b	A N/mm ²
Soğuk Çekilmiş	A227	-0,201	1510
Piyano Teli	A228	-0,163	2060
Yağ Temperli	A229	-0,193	1610
Krom Vanadyum	A232	-0,155	1790
Krom Silikon	A401	-0,091	1960

Yay teli malzemeleri

Helisel yay üretiminde en çok kullanılan tel malzemeleri ve özellikleri aşağıya listelenmiştir.

Piyano teli ASTM A228 : En iyi, en dayanımlı ve en çok kullanılan, özellikle ufak yaylarda, yay malzemesidir. Yüksek gerilim dayanımına sahiptir ve diğer yay malzemelerine göre tekrarlanan ve aşırı yüklenmelere karşı daha fazla dayanımlıdır.

Yağda temperlenmiş tel ASTM A229: Piyano telinin imalat için pahalı kaldığı ve daha büyük ölçülerde ihtiyaç olduğunda kullanılan genel maksatlı yay çeliğidir. Darbeli veya vuruntulu yerlerde uygun değildir.

Çizelge 3.4. ASTM standart malzemelerine göre oranlar [30]

Malzeme	ASTM No	τ_{ak}/σ_k	τ_d/σ_k
Soğuk Çekilmiş	A227	0,42	0,21
Piyano Teli	A228	0,4	0,23
Yağ Temperli	A229	0,45	0,22
Krom Vanadyum	A232	0,52	0,2
Krom Silikon	A401	0,52	0,2

Soğuk çekilmiş tel ASTM A227: En ucuz ve en genel kullanımlı yay çeliğidir. Yay ömrünün, ölçü hassasiyetinin ve şekil değiştirmesinin önemli olmadığı durumlarda kullanılır. 0.8mm den 12 mm'ye kadar ölçü aralığında elde edilebilir.

Krom vanadyum ASTM A231: Uzun süreli dayanım, yorulma dayanımı gerektiren, yüksek gerilimlere dayanım istenen yerlerde kullanılır. Yüksek karbonlu çeliklerle de kullanılabilen en popüler alaşımlı yay çeliğidir. Darbeli ve sarsıntılı yerlerde iyidir [31].

Yay malzemeleri çeşitleri ve özellikleri, tabloları, korunma yöntemleri, yüzey işlemleri programda belirtilmiştir.

Çizelge 3.5. Yay teli malzemeleri özellikleri [32]

	MALZEME	Kim. Analizi	Min. Kopma Gerilmesi (MPa)	Elastik Modülü E (MPa $\times 10^3$)	Kayma Modülü G (MPa $\times 10^3$)	Max. Sıcak. °C	Rockwell Sertlik Değeri	Üretim Yöntemi, Esas Kullanım ve Ekstra Özellikler
Yüksek Karbonlu Yay Teli	Piyano Teli ASTM A 228	C 0,70-1,00% Mn 0,20-0,60%	(1586-2751)	(207)	(79,3)	121	C41-60	Soğuk çekilmiş. Yüksek ve aynı gerginlik. Yüksek kalitede yaylar. Periyodik uygulamalar için uygun.
	Soğuk çekilmiş ASTM A 227	C 0,45-0,85% Mn 0,60-1,30%	(1014-1951) (1179-2234)	(207)	(79,3)	121	C31-52	Soğuk çekilmiş . Orta yüklemeli uygulamalar için. Maliyeti daha uygun yaylar.
	ASTM A 679	C 0,65-1,00% Mn 0,20-	(1641-2413)	(207)	(79,3)	121	C31-52	Soğuk çekilmiş. Yüksek kaliteli yay ve tel formları için.
	Yağ temperli ASTM A 229	C 0,55-0,85% Mn 0,60-1,20%	(1138-2020) (1317-2234)	(207)	(79,3)	121	C42-55	Soğuk çekilmiş ve ısıtılmış işlem yapılmış. Genel kullanımlık yay teli.
	Subap yayı ASTM A 230	C 0,60-0,75% Mn 0,60-	(1482-1655)	(207)	(79,3)	121	C45-49	Soğuk çekilmiş ve ısıtılmış işlem yapılmış. İyi yüzey şartları. Periyodik uygulamalar için uygun.
Alaşımlı Çelik Tel	Krom vanadyum ASTM A 231	C 0,48-0,53% Cr 0,80-1,10% V 0,15 min	(1310-2069)	(207)	(79,3)	218	C41-55	Soğuk çekilmiş ve ısıtılmış işlem yapılmış. Ani yüklemeler ve hafif yükseklikteki sıcaklık şartlarında kullanım için.
	Krom silikon ASTM A 401	C 0,51-0,59% Cr 0,60-0,80%	(1620-2069)	(207)	(79,3)	246	C48-55	Soğuk çekilmiş ve ısıtılmış işlem yapılmış. Ani yüklemeler ve hafif yükseklikteki sıcaklık şartlarında kullanım için.
Paslanmaz Çelik Tel	AISI 302/304 ASTM A 313	Cr 17.-19.% Ni 8.-10.%	(862-2241)	(193)	(69,0)	288	C35-45	Soğuk çekilmiş. Genel amaçlı korozyon ve ısıl direnç amaçlı. Antimagnetiklik özelliği.
	AISI 316 ASTM A 313	Cr 16.-18% Ni 10.-14.% Mo 2.-3.%	(758-1689)	(193)	(69,0)	288	C35-45	Soğuk çekilmiş. 302 den daha iyi ısı ve korozyon direnci. Antimagnetiklik
	17-7 PH ASTM A 313 (631)	Cr 16.-18.% Ni 10.-14.% Al 0,75-1,5%	(1620-2310)	(203)	(78,5)	343	C38-57	Soğuk çekilmiş ve üretimden sonra sertleştirilmiştir. Yüksek gerginlik ve genel amaçlı korozyon direnci. Biraz Antimagnetiklik özelliği.

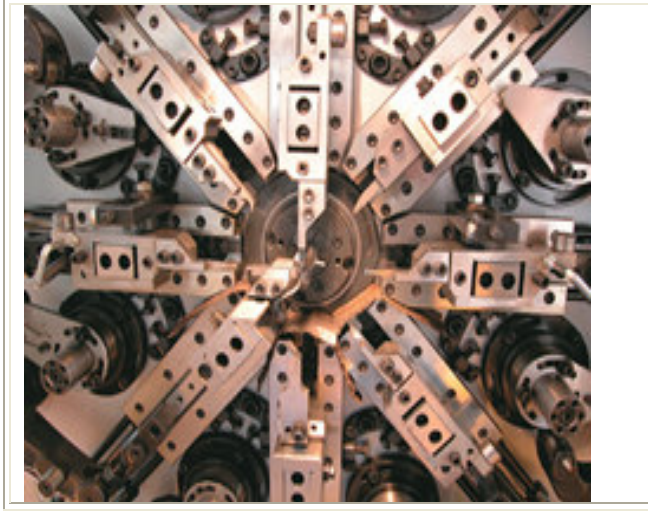
3.6. Yayların Üretimi

Helisel basma, çekme, konik, burma yaylar geleneksel usülde torna tezgahlarında özel aparatlar kullanmak suretiyle elde ediliyordu. Basit olan bu uygulama hassas olmayan yaylar için hala uygulanmaktadır.



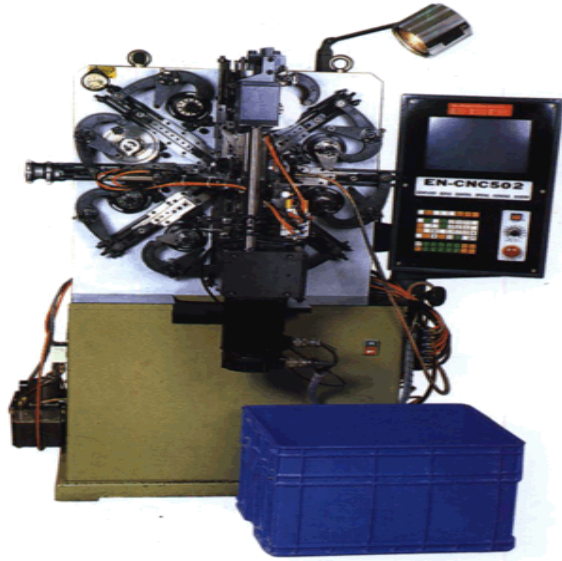
Resim 3.16. Geleneksel usülde yay üretimi [4]

Günümüzde yaylar, kam kumandalı tezgahlarda veya bilgisayar destekli üretim yapan CNC tezgahlarında seri olarak ve yüksek hassasiyette imal edilmektedirler.



Resim 3.17. CNC yay sarma makinesi [4]

CNC tezgahlarında bilgisayarla kontrol edilen servo motorlar sayesinde küçük tel çapı veya sarım çaplarında da üretim yapabilmek mümkündür.



Resim 3.18. CNC yay sarma makinesi [4]

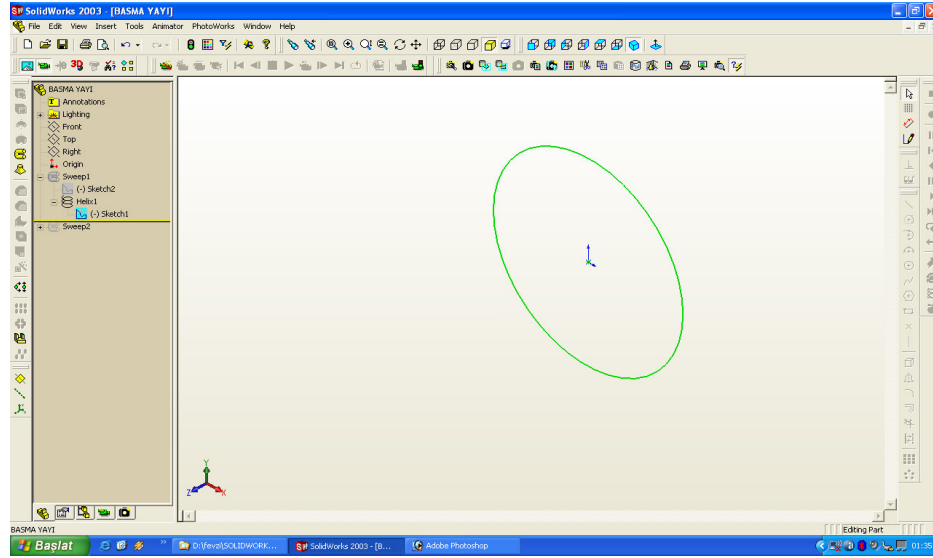
Yay üretimi ile ilgili görsel bilgiler programda belirtilmiştir.

3.7. Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarında Yay Çizimi

Bu bölümde çalışmada kullanılan modellerin tasarlandığı güncel bilgisayar destekli tasarım ve modelleme programları olan Autocad Mechanical Desktop, Solidworks ve 3D Studio Max programlarında helisel yayların nasıl tasarlandığı açıklanmıştır.

3.7.1. Solidworks programında yay çizimi ve şekillendirilmesi

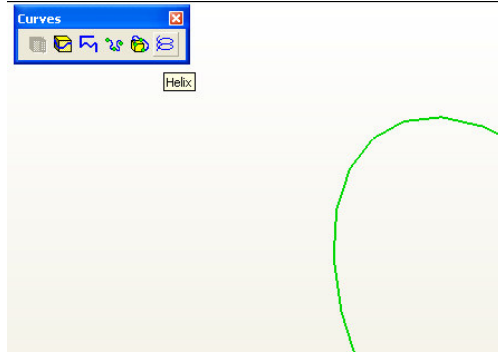
Solidworks programı Curves (Eğriler) komutları içerisine dahil edilmiş olan “Helix” (Helis) komutu yardımıyla helisel biçimli nesnelerin oluşturulabilmesine imkan vermektedir. Bu komut yardımıyla helisel basma yayı, helisel çekme yayı, helisel burma yayı, sabit güç yayı, konik yay, kum saati yayı, değişik adımlı yaylarında tasarlanması mümkündür. Ayrıca yaprak yay, çubuk yay vb. diğer yay çeşitleri de bu programda tasarlanabilmektedir.



Resim 3.19. Taslak (sketch) oluşturulması

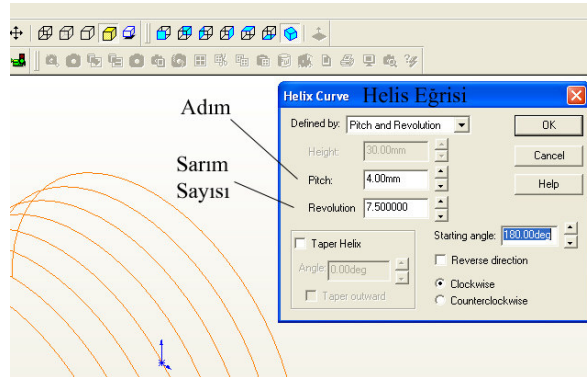
Solidworks programında yay oluşturmak için yayın ortalama sargı dairesi çapı helisel olarak oluşturulmalıdır (Resim 3.19). Sketch komutlarından daire kullanılır.

Helisin oluşturulması için oluşturulan taslak (sketch) seçilir. Eğriler (Curves) araç çubuğundan helis (Helix) seçilir (Resim 3.20).



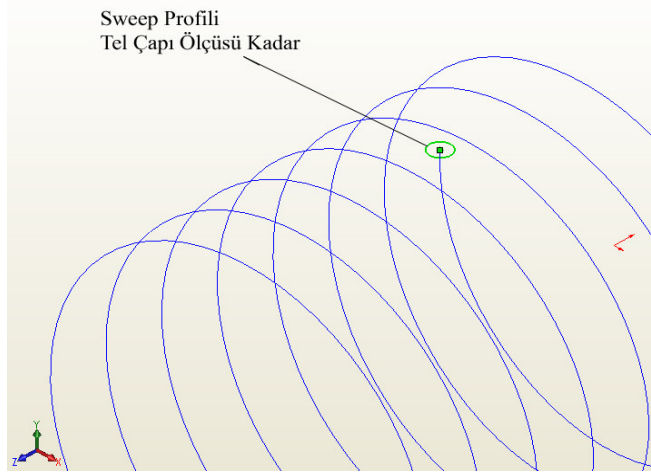
Resim 3.20 Eğriler araç çubuğu

Karşımıza gelen Helis eğrisi diyalog penceresinden (Resim 3.21) helis adımı, sarım sayısı gibi parametreleri belirtiriz. Bu pencereden ayrıca farklı parametreler girerek değişik helisler elde edebiliriz. Örneğin Taper seçeneği ile konik helis oluşturabiliriz. Ayrıca buradan helis yönünü de değiştirebiliriz.



Resim 3.21. Helis eğrisi diyalog penceresi

Bir sonraki adımda oluşturulan helisin başlangıç noktasına tel çapı kadar bir daire çizilir. Böylelikle süpürme (sweep) komutuyla oluşturacağımız Profil oluşturulmuş olur (Resim 3.22).

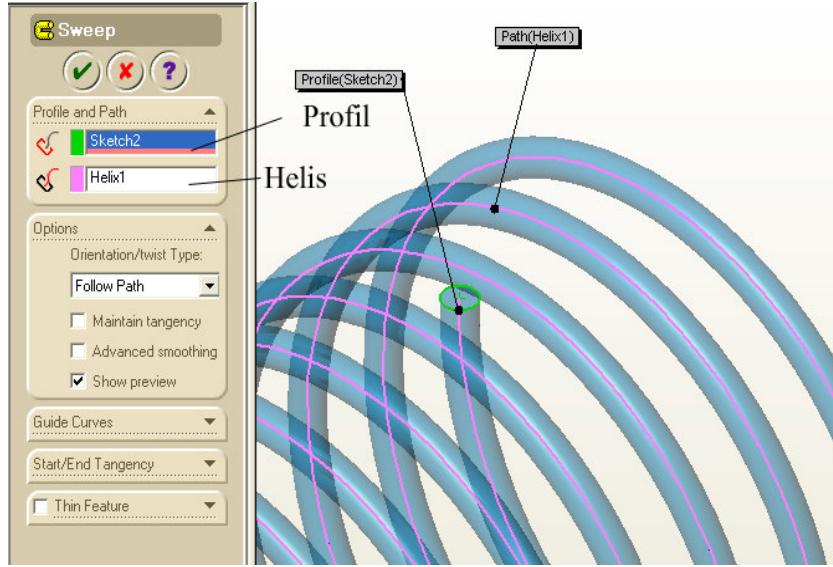


Resim 3.22. Süpürme (sweep) profili

Süpürme (sweep) komutuna girilir (Resim 3.23). Bu komut seçilen profili yine seçilen iz boyunca süpürerek nesneyi oluşturur. Karşımıza gelen pencereden Sweep Profili ve Helis seçilir. Helis de seçilince eğer herhangi bir hata yoksa yayın ön izlemesi ekranda görünür (Resim 3.24).



Resim 3.23. Süpürme (sweep) komutu



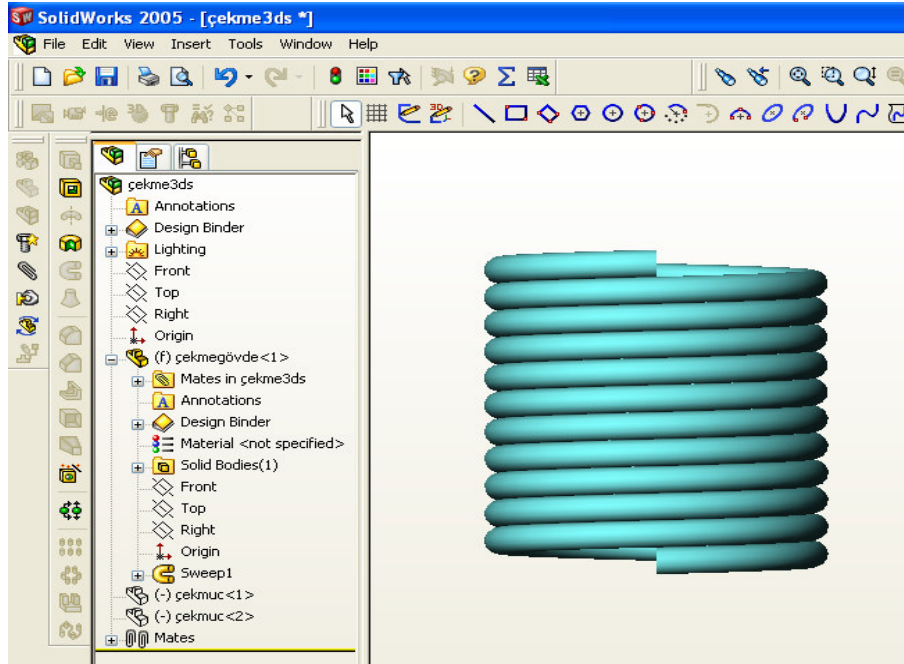
Resim 3.24. Yayın oluşturulması

Verilen adım ve sarım sayısı kadar yay oluşturulmuş olur. Oluşturulan basma yaya bir örnektir. Bu çalışmada Yay soft programında ölçüleri hesaplanan yayların çizimine manuel olarak geçilmektedir.

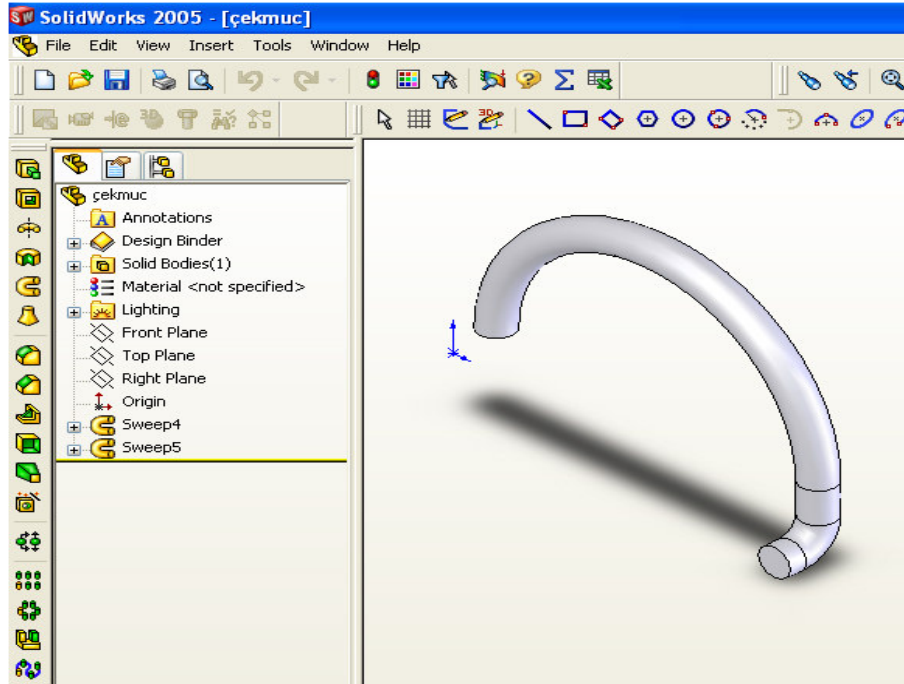
Çekme yayının oluşturulması

Çekme yayı sarımları bir ön gerilme ile sarıldığı için sarımlar birbirine üzerine oturur. Bu görünüşü vermek için helis adımı bu ölçüye ayarlanır.

Helis çizimi basma yayındaki işlemler uygulanarak gerçekleştirilir. Adım mesafesi uygun ölçüde verilerek Loft komutu kullanarak gövde oluşturulur. Kancalar da profile uygun olarak oluşturulur. Üst kanca ile alt kanca ayrı ayrı oluşturulurlar.



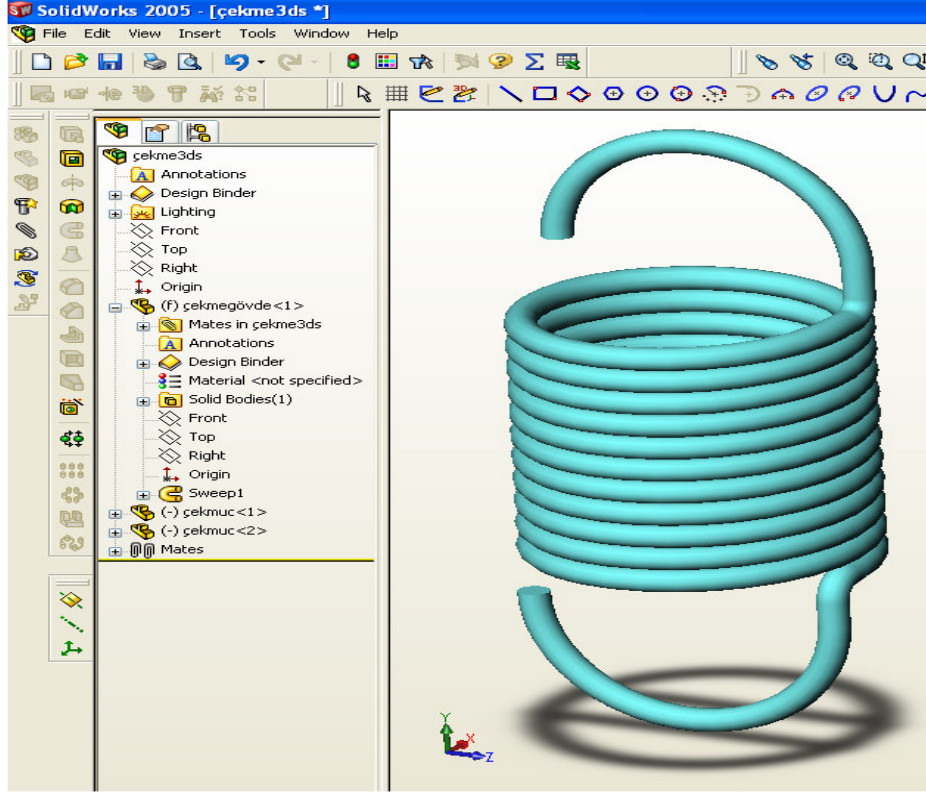
Resim 3.25. Çekme yayının gövdesinin oluşturulması



Resim 3.26. Çekme yayının kancasının oluşturulması

Kancalar gövde ile montaj edilerek çekme yayı tasarımı tamamlanır.

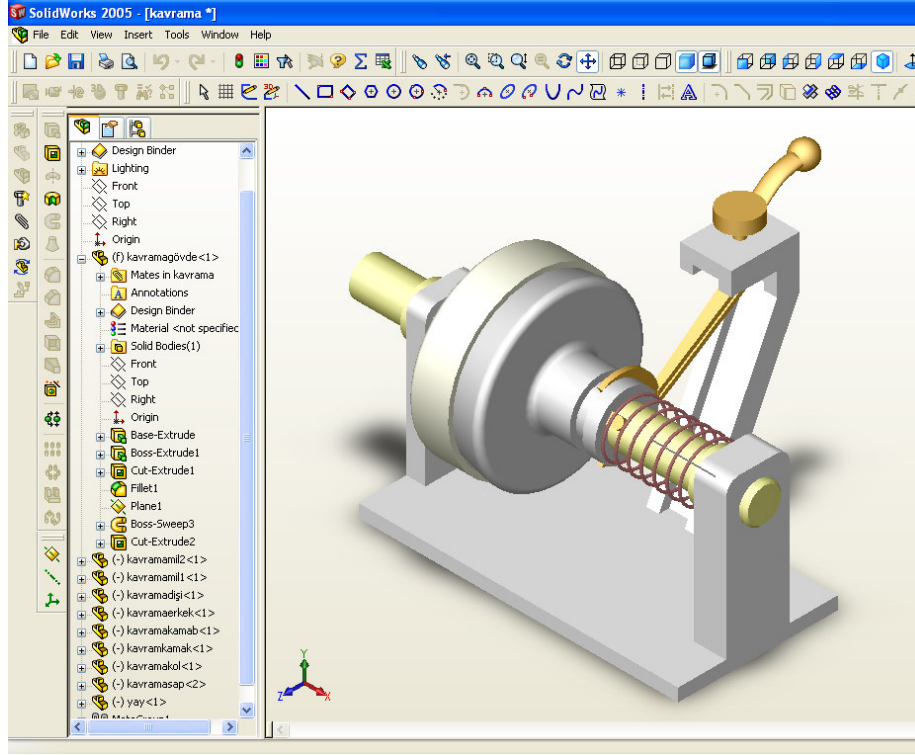
Solidworks' da montajı yapılmış basit bir kavrama Resim 3.28' de görünmektedir.



Resim 3.27. Çekme yayının kancalarının gövde ile montajı

3.7.2. AutoCAD programında helisel basma yayının çizimi

AutoCAD programının yay geometrisini oluşturabileceğimiz helis komutu yoktur. Yay şekline en uygun geometri olan Torus dan (Simit) faydalanılır. Autocad programında yay nasıl çizildiği program içerisinde belirtilmiştir.

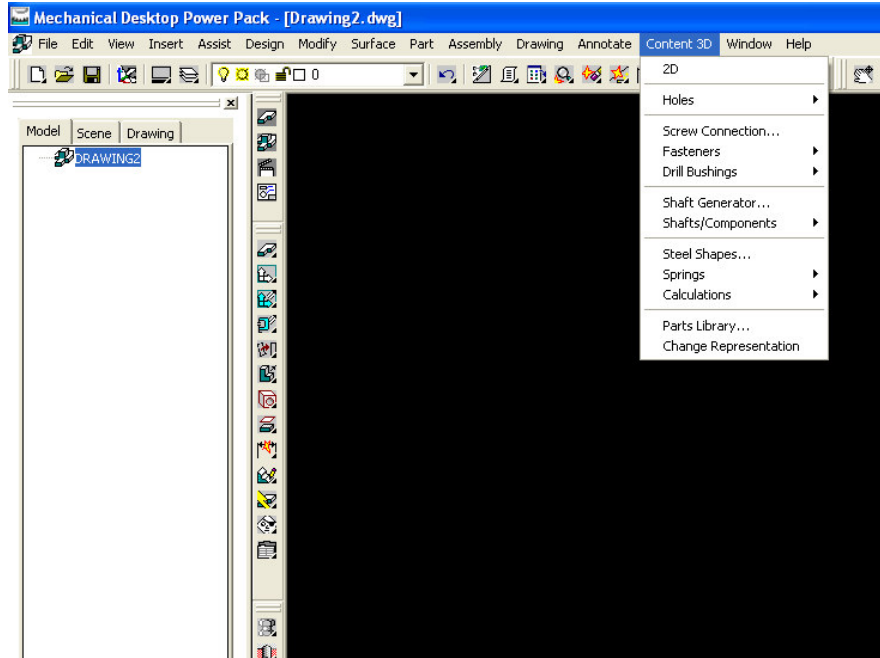


Resim 3.28. Solidworks’ da montajı yapılmış basit bir kavrama

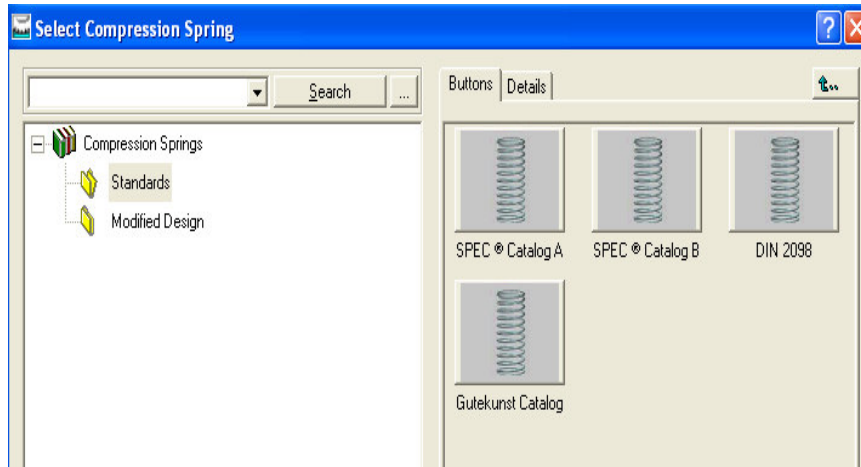
3.7.3. Mechanical desktop programında yay çizimi

Mechanical desktop programı AutoCAD programının sahip olmadığı gelişmiş 3 boyutlu araçlara sahiptir. Makine elemanlarını standartlara uygun olarak, parametrelerini girmek suretiyle tasarlanıp, sonra üzerlerinde düzenleme yapılabilmektedir.

Content 3d menüsü (Resim 3.29) altında bahsettiğimiz standart makine elemanlarına erişebilmekteyiz. Programın power pack sürümünde basma, çekme, burma, disk yaylarını tasarlayabilmekteyiz.

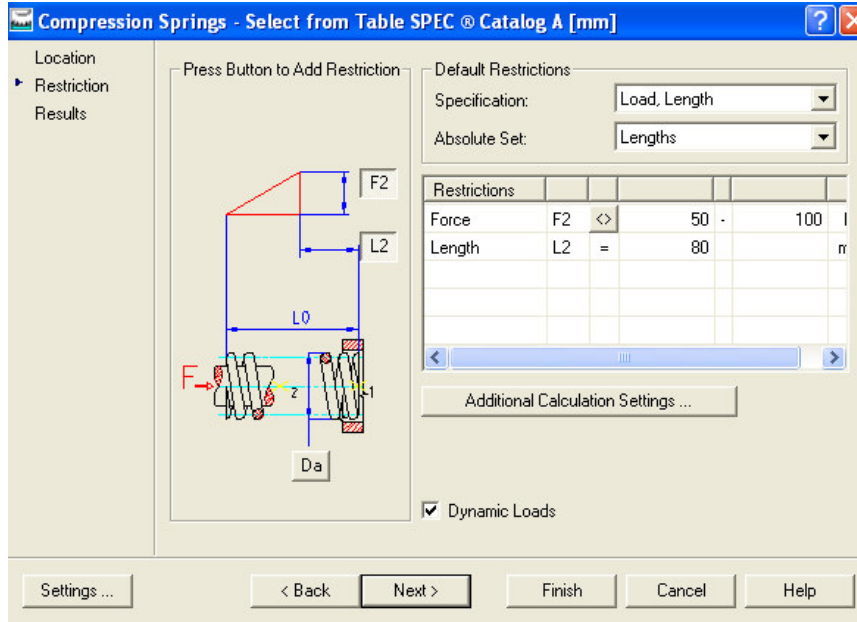


Resim 3.29. 3D içerik menüsü (Content 3d)



Resim 3.30. Yay standardının belirlenmesi

Helisel basma yayı tasarlamak için önce yay tipi seçilmektedir. Daha sonra standart belirlenmektedir (Resim 3.30.). Programda ANSI ve DIN ve SPEC isimli yay üretimi yapan firmanın standartlarına yer verilmiştir. Sonraki adımda tasarım ekranında yayın başlangıç noktası ve doğrultusu (Direction of spring axis) belirtilir.

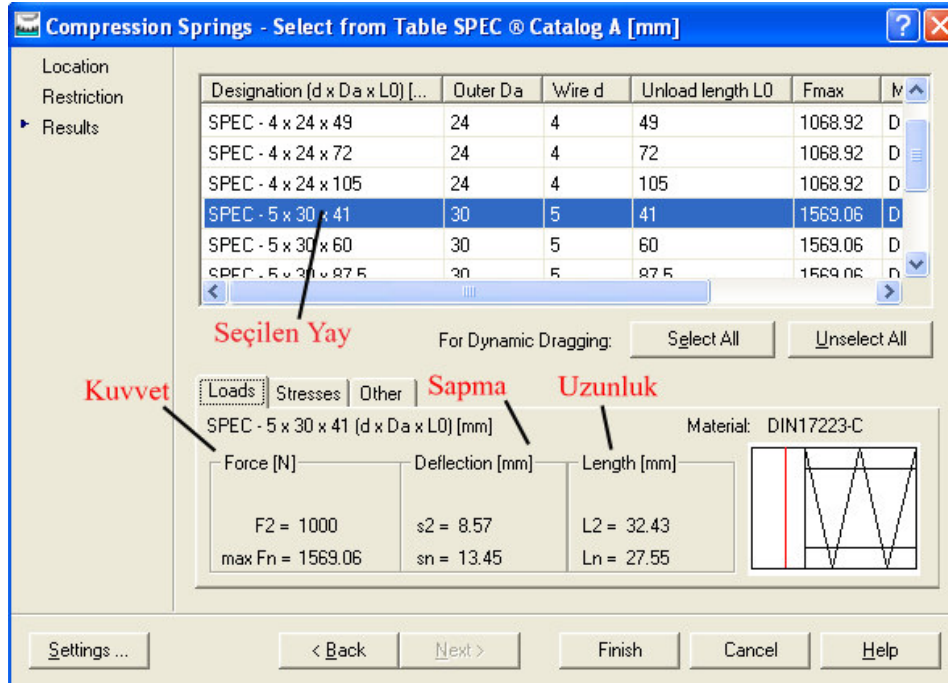


Resim 3.31. Yay veri giriş penceresi

Yayın tasarlanması ile ilgili diğer veriler gelen diyalog penceresinde belirtilir (Resim 3.31).

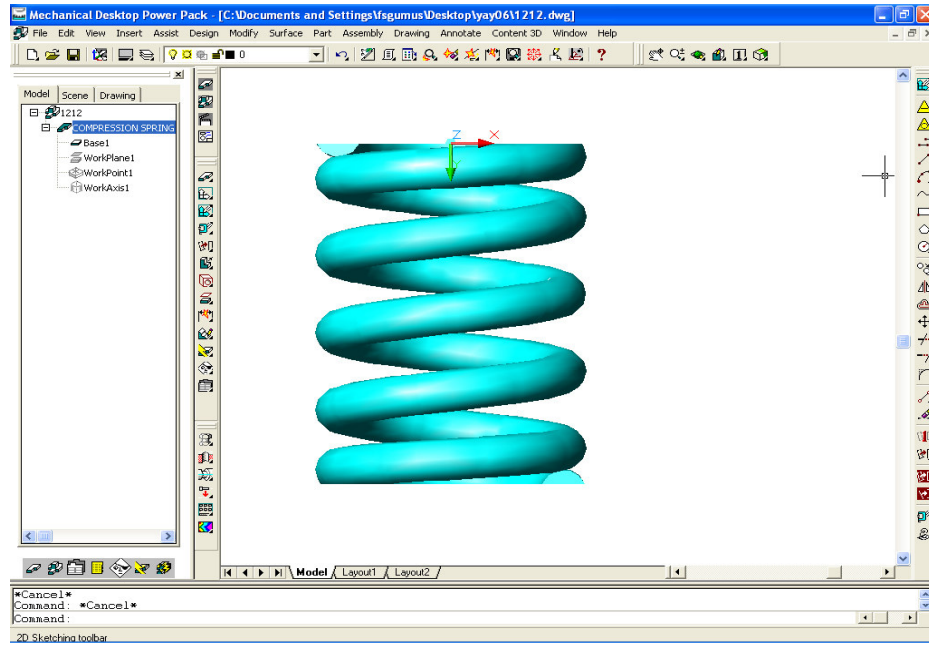
Sınırlamalar (Restrictions) bölümünden Kuvvet-Uzunluk, Kuvvet-Sapma hesaplama seçeneği belirlenir. Kuvvet ve uzunluk, kuvvet ve sapma değerleri tabloya girilir. Dinamik yükler için dynamic loads kısmı işaretlenir. Absolute Set bölümünden seçilecek yayda kuvvetin mi yoksa yay uzunluğunun mu esas alınacağı belirtilir.

İleriki adımda formdan, daha önce seçilmiş olan standart veya katalog içerisindeki hazır yaylardan, verilen kuvvet, uzunluk, sapma gibi sınırlamaları karşılayan bir tanesi seçilir. Seçim esnasında tel çapı, dış çap, malzeme gibi faktörleri de göz önüne alınabilir.

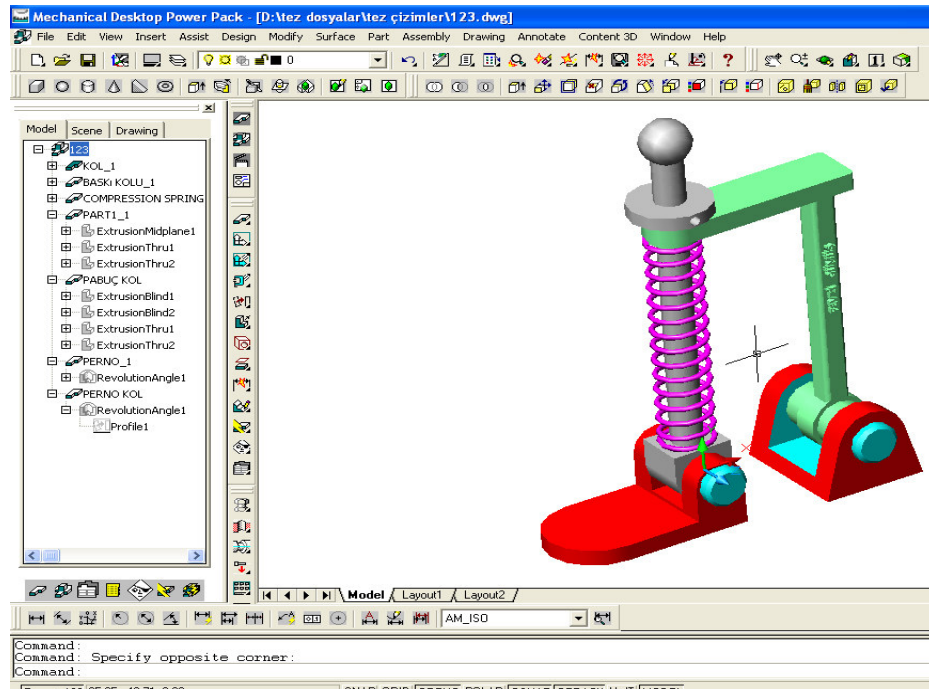


Resim 3.32. Standart yaylardan birinin tercih edilmesi

Seçim yapılır yapılmaz formun alt kısmında kuvvet, uzunluk, sapma gibi özelliklerde ki değişimler görülmektedir. Yay tercihinde bunlar göz önüne alınır. Stress bölümünde seçilen yayda oluşacak gerilimler, gerilim için izin verilen aralık ve emniyeti hesaplanarak belirtilmiştir. Other bölümünde de doğal frekansı ve yaklaşık ömrü belirtilmiştir.



Resim 3.33. Yayın çizime eklenmiş hali

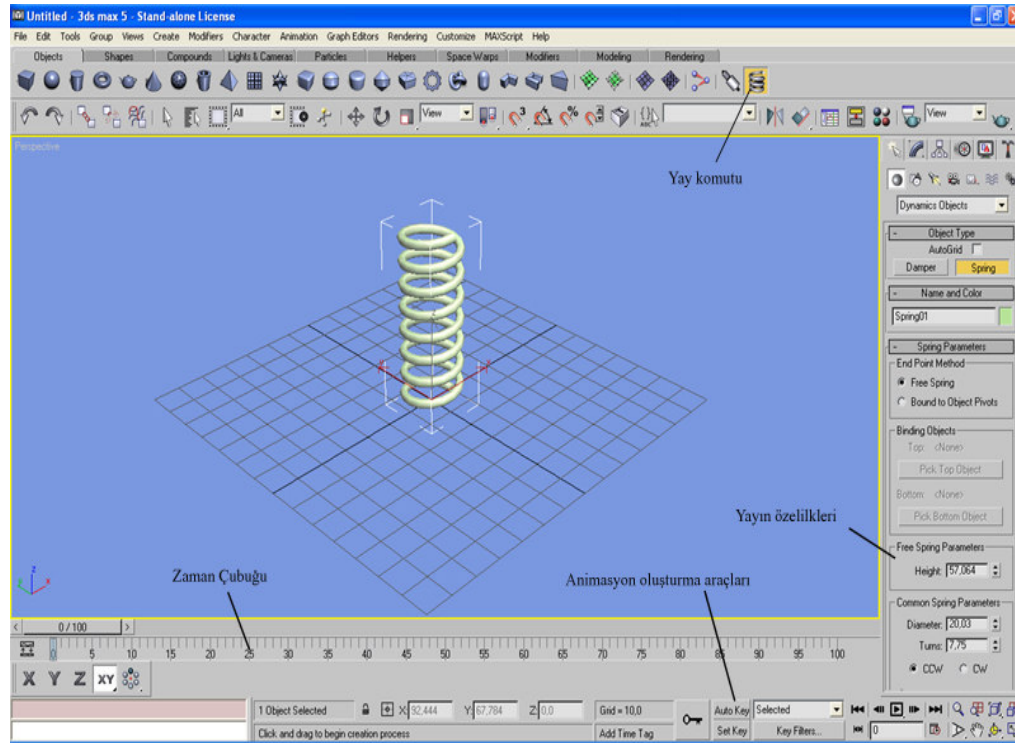


Resim 3.34. Mechanical desktop programında hazırlanmış bir montaj resmi

Son işlem olarak seçilen yay tasarıma eklenmektedir. İstendiğinde geriye dönüp, yayı düzenlemek mümkündür (Resim 3.33). Resim 3.34' de Mechanical desktop programında hazırlanmış yaylı bir montaj görülmektedir.

3.7.4. 3D studio max programında yay çizimi

3d studio max programı modelleme ve animasyon programıdır. Bu programla yay çeşitlerinden basma yayı, çekme yayı tasarlanabilmektedir. Ayrıca oluşturulan yaya zamana karşı hareket verdirilerek animasyon yapabilmek mümkündür. Tasarım için modelleme araçlarından yay (Spring) kullanılır (Resim 3.35).

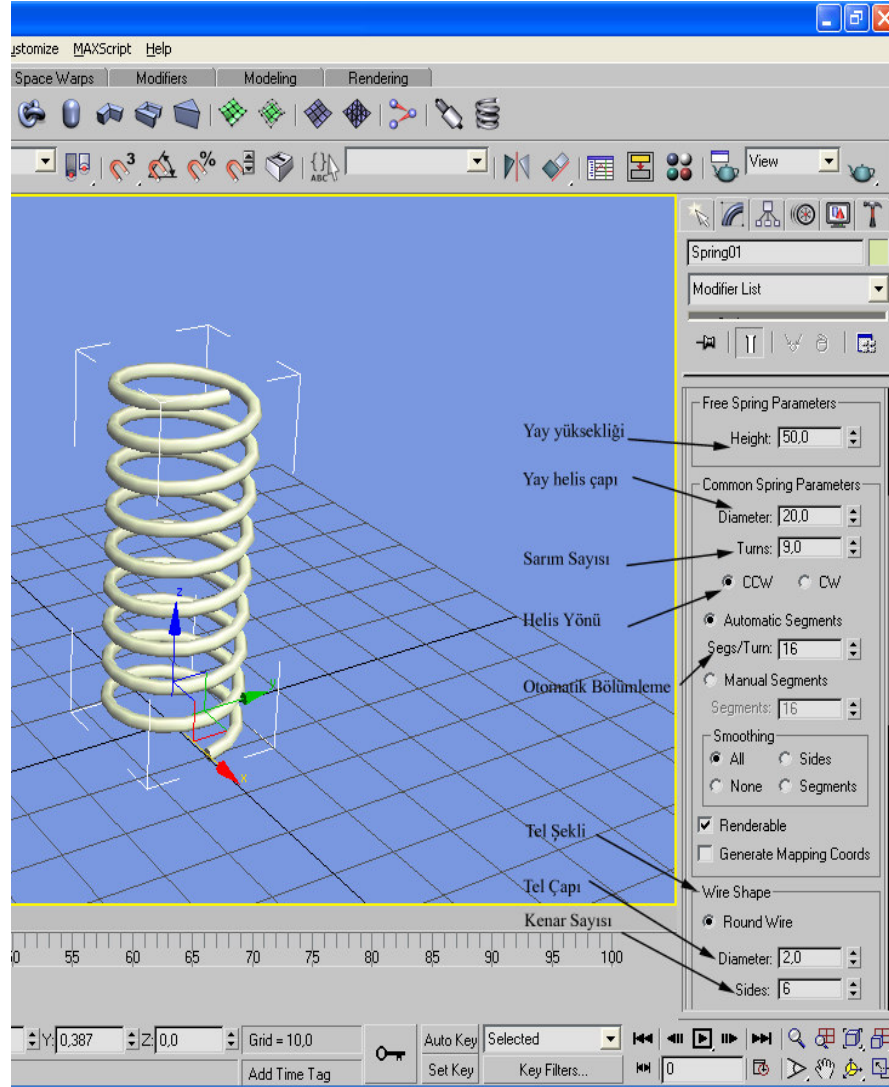


Resim 3.35. Yay (spring) komutu

Spring komutu ile daire kesitli veya dikdörtgen kesitli basma yayı tasarımı yapılabilmektedir. Animasyon araçları kullanılarak yaya hareket verilebilmektedir.

Yayın tasarlanması işlemi Objects araç çubuğundaki Spring komutunun tıklanmasıyla başlar. Ekran üzerinde yayın yerleştirileceği yer işaretlenir ve Mouse

hareket ettirilir. 3d max ekranının en sağında bulunan modify penceresinde basma yayının parametreleri teker teker belirlenir. Yayın yüksekliği, yay helisinin çapı, yayın sarım sayısı, helis yönü, tel kesit şekli, tel çapı parametreleri belirtilir. Ayrıca yayın rengini istenilen bir renge ayarlamak veya yaya malzeme atamak mümkündür.



Resim 3.36. Helisel basma yayının eklenmesi

4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ YAY TASARIM PROGRAMI

Bilgisayar destekli yay tasarım programı Visual Basic 6.0 programında hazırlanmıştır. Bu çalışmada Visual Basic programının kullanılma nedeni bilgisayar destekli tasarım programlarında makro olarak eklenebilir olmasıdır. Programın ana hatları akım şemasında verilmiştir (Şekil 4.1). Programda yayların tanıtımı, çeşitleri, malzeme özellikleri, standartları, üretiminin nasıl gerçekleştirildiği, üretici bilgileri detaylı olarak sunulmuştur.



Şekil 4.1. Yay soft programının ana akış şeması

Program hesaplama kısmında ölçüleri verilen yayların davranışlarını hesaplamaktadır. Ayrıca helisel basma, çekme ve yaprak yayların belirtilen sınırlar içerisinde, minimum malzeme hacmine göre, tam arama metodunu kullanıp optimizasyon yaparak yay ölçülerini çıkarmaktadır. Elde edilen bu ölçülerle yay çizimi modülüyle manuel olarak Solidworks, Mechanical Desktop, 3D Studio max

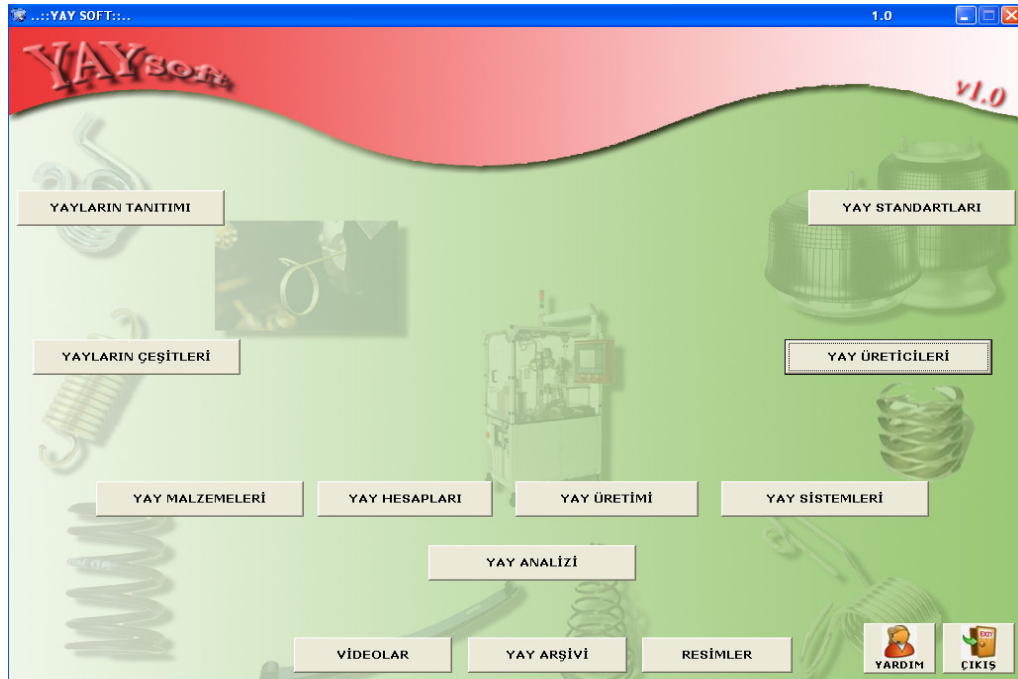
programlarına geçip yayın çizim işlemi gerçekleştirilmektedir. Yay analizi bölümünde çizilmiş olan bu yayın Ansys programında yapılmış deformasyon analizleri vardır.

4.1. Programın alıştırılması

Program Visual Basic'te hazırlandıktan sonra uygulama dosyası olarak çalışması için proje “exe” dosyası haline getirildi. Installer Vise isimli program aracılığıyla çalışması esnasında kullanacağı, resim, video, pdf dosyalarını otomatik olarak bilgisayara yerleştirecek olan Setup (kurulum) dosyası oluşturuldu. Bu program çalıştırıldığında harddiskin “D” sürücüsüne dosyaları kopyalama işlemini otomatik olarak gerçekleştirir. Programa ait bir kısayolu da kurulum programı Windows'un masaüstünde oluşturur. Bilgisayarda olmama ihtimaline karşılık program içerisinde kullanılan OCX dosyaları da Windows işletim sisteminin sistem dosyaları içerisine kopyalanır. Oluşturulan bu kısayol çift tıklanınca program çalışmaya başlar.

Giriş bölümünden programın diğer alt bölümlerine geçilmektedir. Seçilen bölüm açıldığında bu form gizlenir. Açılan formdan ana menü tıklanınca geri yüklenir (Resim 4.1).

Yayların tanıtımı bölümü programın yayların genel olarak tanıtıldığı bölümüdür. Form açılırken Pdf uzantılı bir dosyayı çağırmaktadır (Resim 4.2).

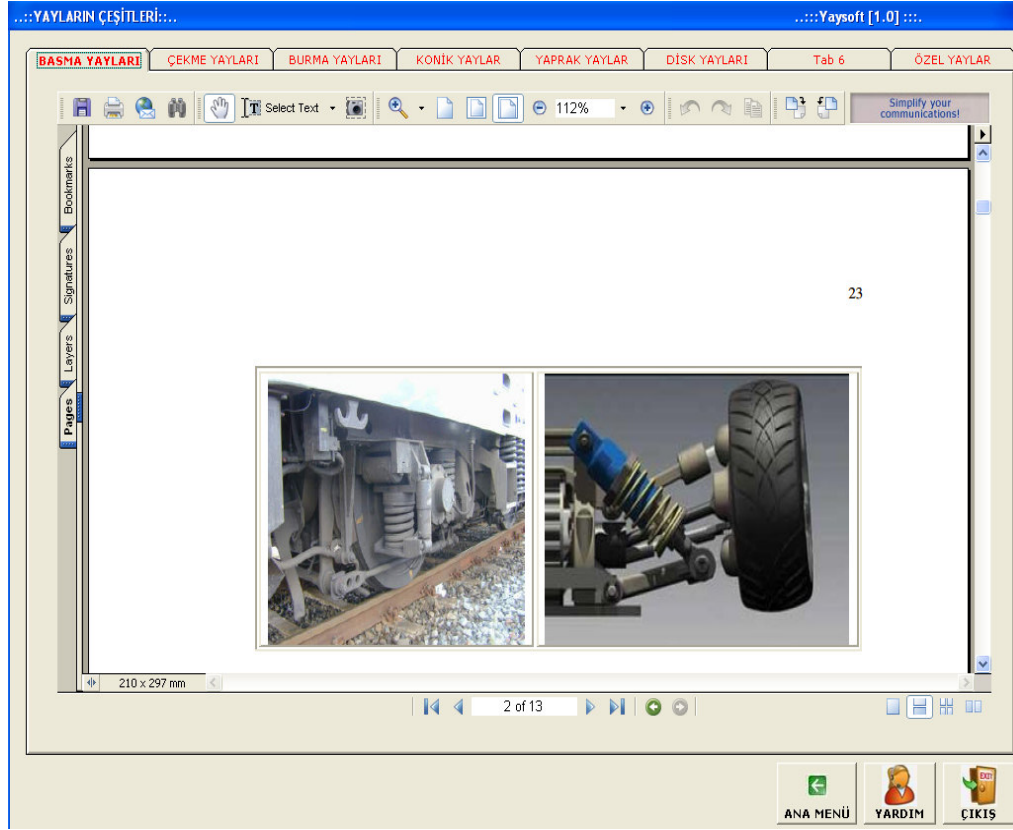


Resim 4.1. Programın giriş penceresi



Resim 4.2. Tanıtım penceresi

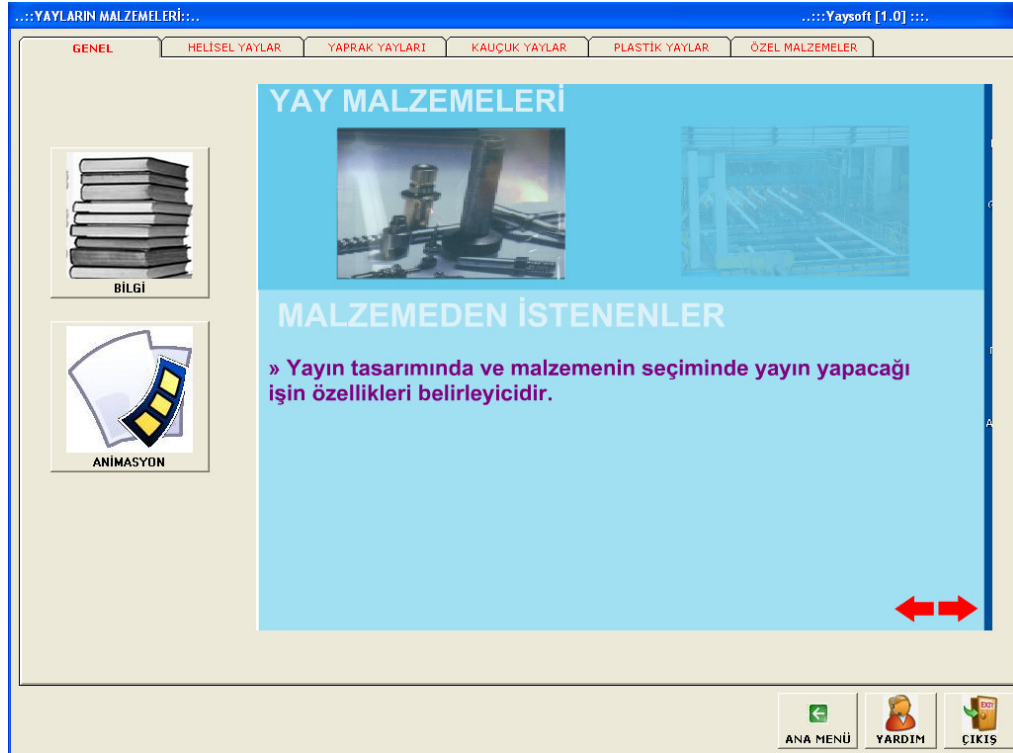
Yay çeşitleri kısmında en çok kullanılan yay çeşitleri hakkında bilgiler vardır. Her çeşit yay için ayrı bir sekme düzenlenmiştir (Resim 4.3).



Resim 4.3. Yay çeşitleri penceresi

Yay malzemeleri bölümünde yayların üretiminde kullanılan malzemeler hakkında detaylı bilgilere ulaşılmaktadır.

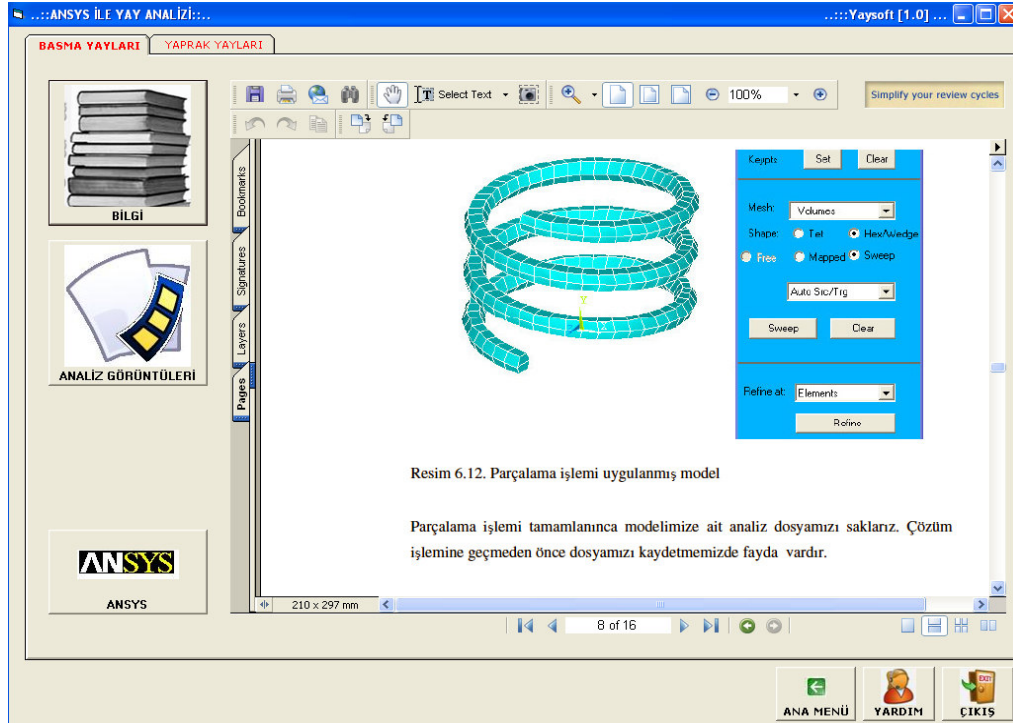
Görsel zenginlik katmak amacıyla malzeme formu üzerine birde Swishmax isimli programda hazırlanan flash tabanlı animasyon yapılar eklenmiştir (Resim 4.4).



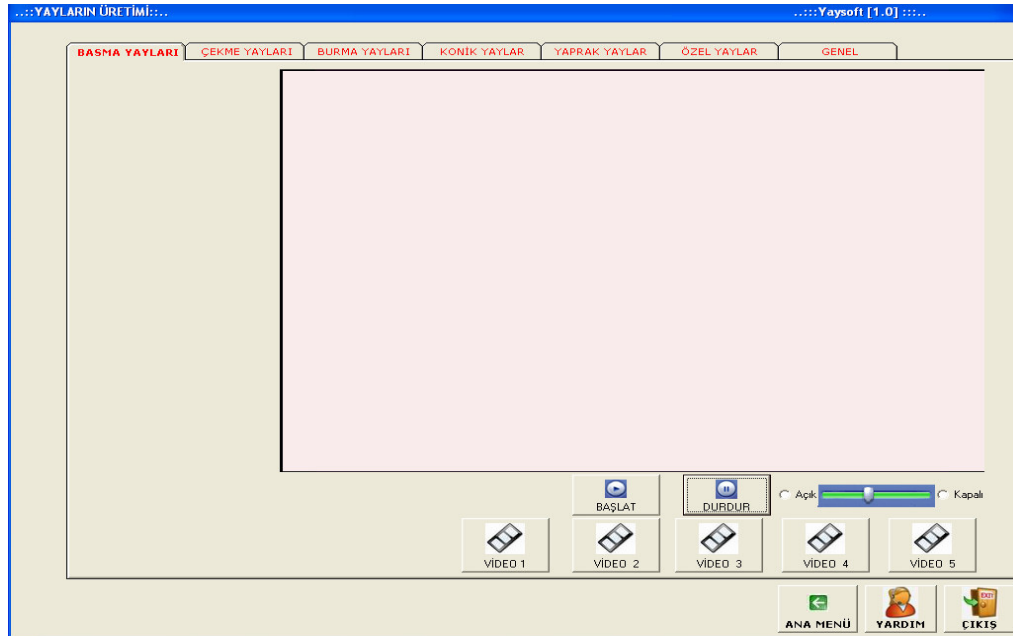
Resim 4.4. Yay malzemeleri penceresi

Yay analizi bölümünde Ansys programında yay analizinin nasıl yapıldığı ile ilgili bilgiler ve programdan elde edilen video görüntüleri vardır. Ayrıca Ansys programına atılan bağlantı sayesinde daha önce oluşturulmuş olan bir yayın analizi irdenelebilmektedir (Resim 4.5).

Yay üretimi kısmında yay çeşitlerinin hangi teknikler kullanılarak üretildiğini gösteren videolar vardır. Bu görüntüler internette web sitesi bulunan üreticilerin sitelerinden indirilip video düzenleme programı olan Ulead Video Studio isimli programda düzenlenmiş, fazlalıkları kesilmiş, hızlı olan kısımları yavaşlatılmıştır (Resim 4.6).

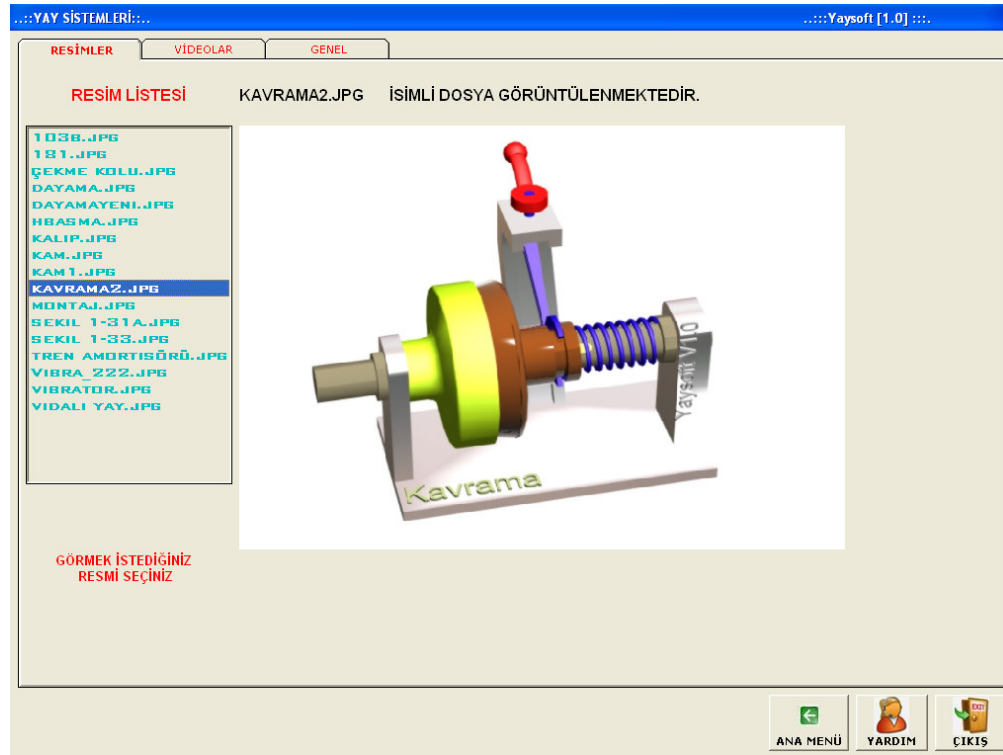


Resim 4.5. Ansys ile yay analizi penceresi



Resim 4.6. Yayların üretimini gösteren bölüm

Yay sistemleri kısmı 3D studio max programında hareketlendirilmiş yay sistemlerini ve uygulamalarını içermektedir. Ayrıca resim olarak da derlenmiş olan görüntüler incelenebilmektedir (Resim 4.7).



Resim 4.7. Yay uygulamalarının bulunduğu kısım

Yay üreticileri bölümünde oluşturulan formula yurtiçinde veya yurtdışında üretim yapan yay firmalarına ait web sitelerinin görüntüleri vardır. İstenildiği takdirde İnternet bağlantısı varsa eğer “Git” tuşu tıklandığında İnternet Explorer programı yardımıyla online olarak bu sayfalara bağlanılabilmektedir.

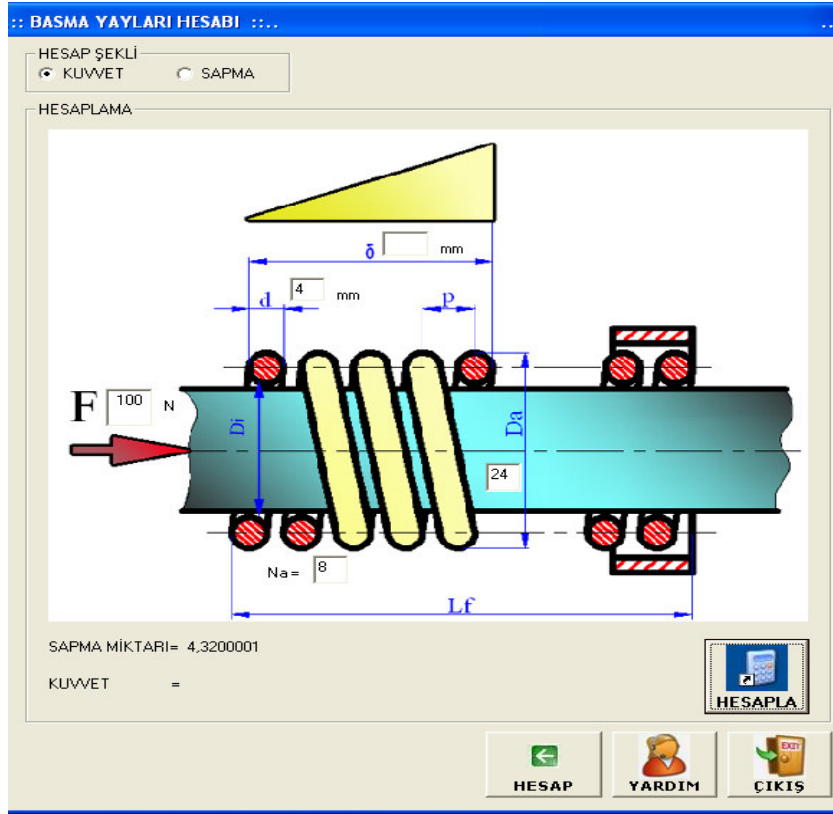
Yay standartları bölümü yaylarla ilgili olarak Türk Standartları Enstitüsü tarafından çıkarılmış olan standartlara erişilebilen bölümdür (Resim 4.8). Standartlar Pdf formatında olduğu için incelenmesi ve bazı bölümlerin kopyalanması bakımından kullanışlıdır.



Resim 4.8. Yay standartları bölümü

Yay hesapları bölümü yay çeşitlerinden basma ve çekme yaylarına ait hesaplamaları içeren bölümdür. Kuvvet-sapma hesabı ve sınır şartlarına göre optimizasyon hesaplamaları bu bölüm içerisinde.

Bu bölüm içinde yapılan hesaplama sonucu elde edilen verileri kullanarak manuel olarak Solidworks, Mechanical Desktop, 3D studio max programlarına geçip yay çizimi gerçekleştirilebilen yay çizimi bölümü de vardır (Resim 4.9).



Resim 4.9. Basma yayı hesabının yapıldığı bölüm

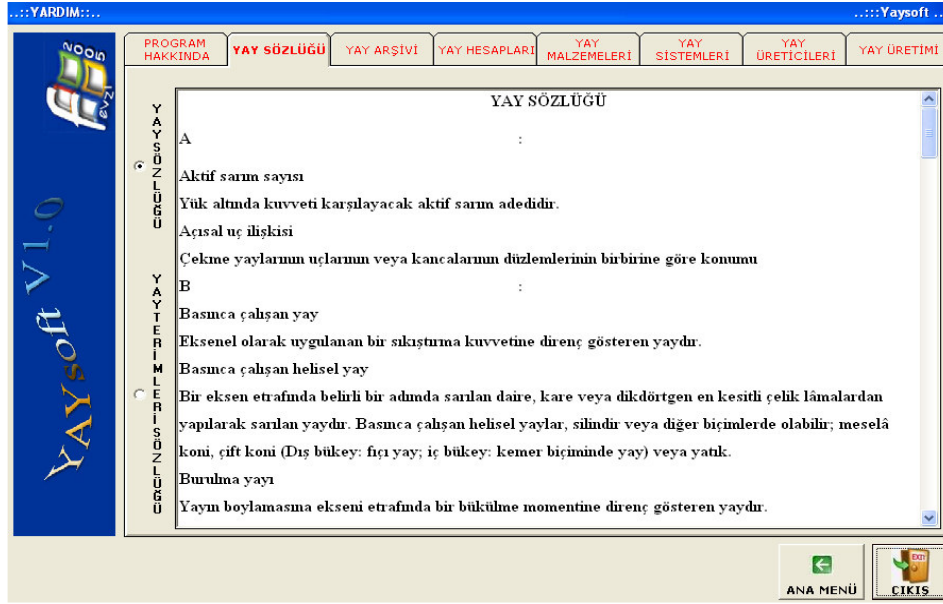
Hesaplama ile elde edilen veriler ile Resim 4.10 da görülen Yay çizimi penceresiyle bilgisayar destekli tasarım programlarına geçiş yapılabilir. Semboller tıklanarak sembole bağlı dosya çağrılmaktadır.



Resim 4.10. Yay çizim penceresi

Programın yaylarla ilgili derlenmiş olan katalog, resim, çizimler vb. gibi materyallerin bulunduğu Yay arşivi bölümü bulunmaktadır. Program içerisindeki

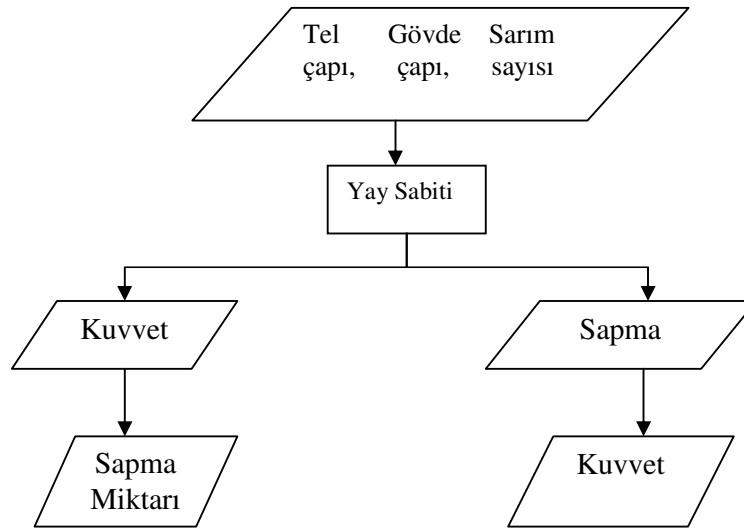
video görüntülerini topluca izleme imkanı veren video bölümüne de Giriş sayfasından ulaşılabilir. Resimler bölümünden de program içerisinde kullanılmış olan veya derlenmiş olan yay resimlerine erişilebilir. Program bölümleri hakkında bilgi veren, yaylarla ilgili terimler sözlüğü ve yine yay konusu ile ilgili Türkçe İngilizce sözlük bulunmaktadır (Resim 4.11).



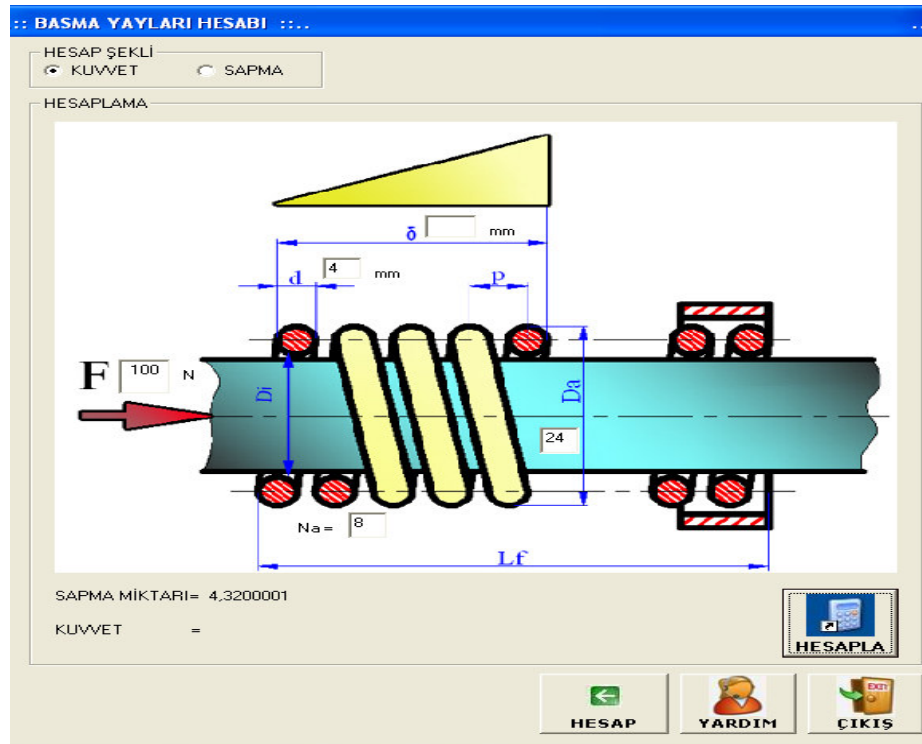
Resim 4.11. Yardım penceresi

4.2. Ölçüleri Bilinen Helisel Yayların Hesapları

Hesaplama bölümünde tel çapı, gövde çapı ve sarım sayısı bilinen helisel yayların belirli kuvvet karşısında sapma miktarları veya belirli sapma için gerekli kuvvet miktarı bulunmaktadır. Çekme ve basma yaylarının hesaplama akış şemaları Şekil 4.2' de görülmektedir. Verilen ölçü ve kuvvet ile Eş 3.9'daen faydalanılarak önce yay sabiti bulunup yayın verilen kuvvet karşısında davranışı incelenmektedir (Şekil 4.2). Genellikle hedef verilen F kuvveti ile istenen sapma miktarıdır.



Şekil 4.2. Helisel basma yayının sapma hesabı akım şeması



Resim 4.12. Ölçüleri bilinen basma yayının hesabı

4.3. Helisel Basma ve Çekme Yaylarının Ölçülendirme Hesabı

Genellikle yaylarda hedef verilen kuvvet karşısında istenen sapma miktarıdır. Yay malzemesi seçilir. Sonuç olarak istenen tel çapı, gövde çapı ölçüleri ve sarım sayısı parametreleridir. Verilen kuvvetin saptmaya oranı yay sabitini verir. Bilinmeyen üç değere karşılık yay sabiti ve Eş. 3.8 birinci denklemi verir. İkinci denklem mukavemet sınırı ile ilgilidir Eş. 3.14. Burada istenen üç parametre ile iki denklem vardır. Çözüm bir optimizasyon kavramına bağlıdır. Bu kavram genellikle minimum dış hacim veya minimum malzeme hacmidir.

The screenshot shows a software window titled "HELİSEL BASMA YAYININ ÖLÇÜLENDİRİLMESİ". It contains various input fields and a diagram of a helical spring. The inputs include:

- Wire diameter: d_{min} tel: 0.5 mm, d_{mak} : 10 mm
- Pitch: d adım: 0.2
- Force: F_{mak} : 100 N, F_{min} : 50 N
- Material: ASTM, S: 2, E: 210000, G: 80000
- Spring dimensions: d , D , L
- Spring rate: k : 1/dak
- Search parameters: d_{min} , d_{mak} , D , L

The diagram shows a helical spring with a force F applied. The dimensions d , D , and L are labeled. The spring is shown in a compressed state with a force F applied to the ends.

Resim 4.13. Basma yayının ölçülendirilmesi bölümü

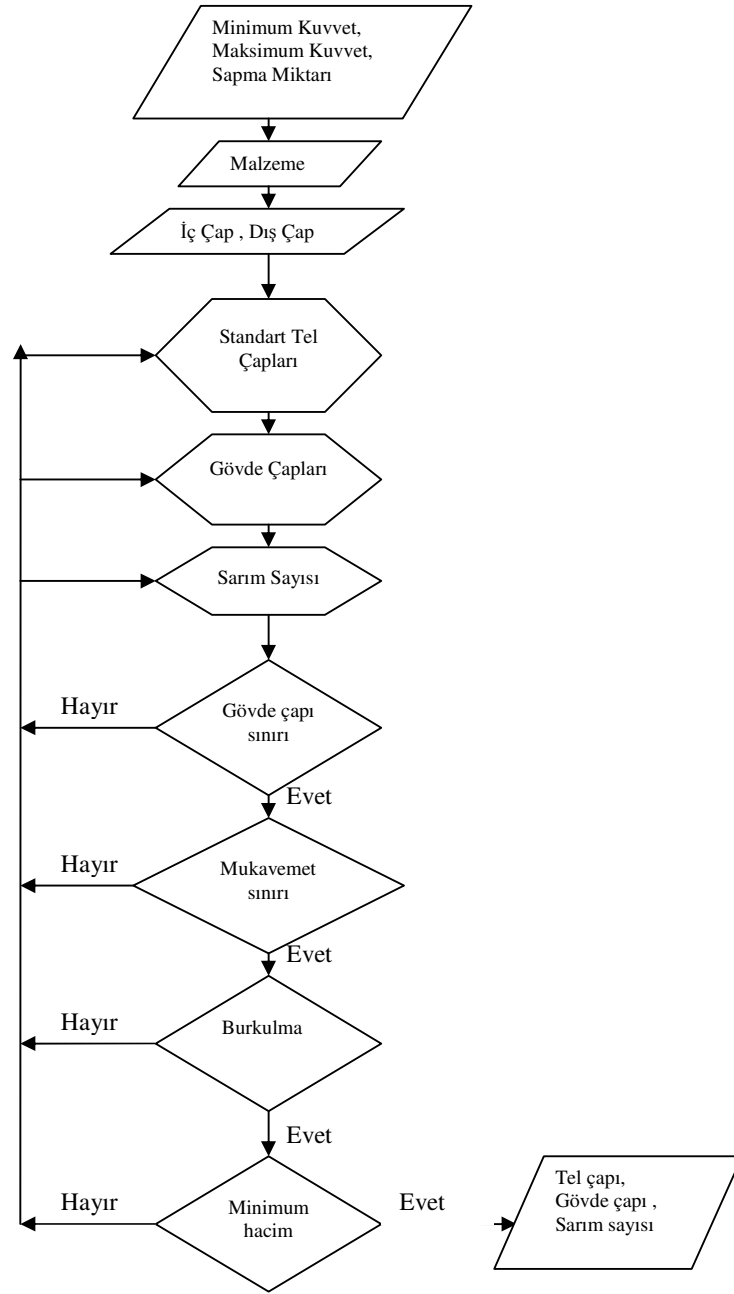
Ayrıca yayların çalışma ortamları gereği bir boru içine veya dışına yerleştirilmiş olabilir. Bu durumda yayın iç çapında veya dış çapında sınırlamalar olabilir. Bunun için verilen sınırlar içinde her üç parametre için ayrı ayrı küçük adımlarla “Tam arama” yapıldı. Bu metotla her verilen değer için malzeme hacmi veya dış hacim hesaplandı. Aralarında minimum dış hacmi veya minimum malzemeyi veren değeri

bulana kadar arama devam ettirildi. Minimum hacim veya minimum malzemeyi sağlayan değerler hafızaya alındı. Programın akış şeması Şekil 4.3’de görülmektedir.

4.3.1. Bulunan ölçülendirme sonuçlarının irdelenmesi

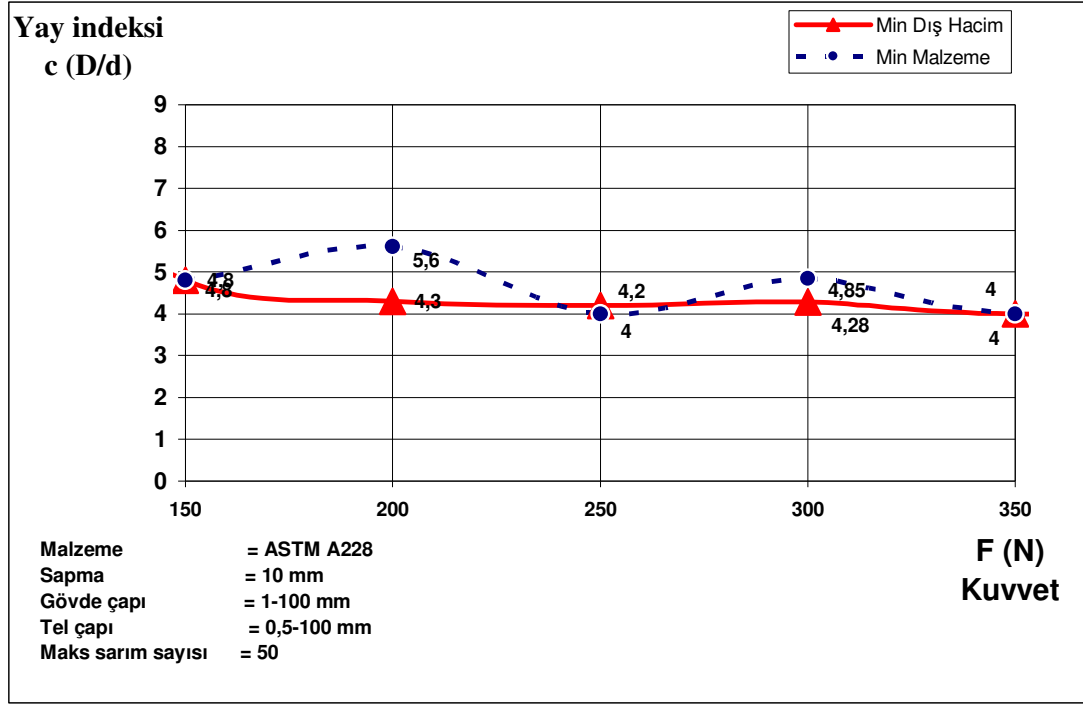
Yapılan optimizasyonda sadece minimum malzeme hacmi veya minimum dış hacim dikkate alınmıştır. Üretim yöntemleri dikkate alınırse D/d oranı küçük olduğuna üretim zorlaşmakta, D/d oranı büyüdükçe de basma yayları flambaja uğramaktadır.

Üretim için ideal D/d oranı 4-12 arasındadır [13]. Oluşturulan programda ölçülendirme sonucu elde edilen D/d oranı 4-6 arasında değerler almaktadır. Bu değerler uygulanan dört ayrı kuvvet karşısında malzeme ve sapma miktarı sabit tutularak elde edilmiştir. Kuvvet karşısında D/d oranını gösteren grafik Şekil 4.4’ de görülmektedir.

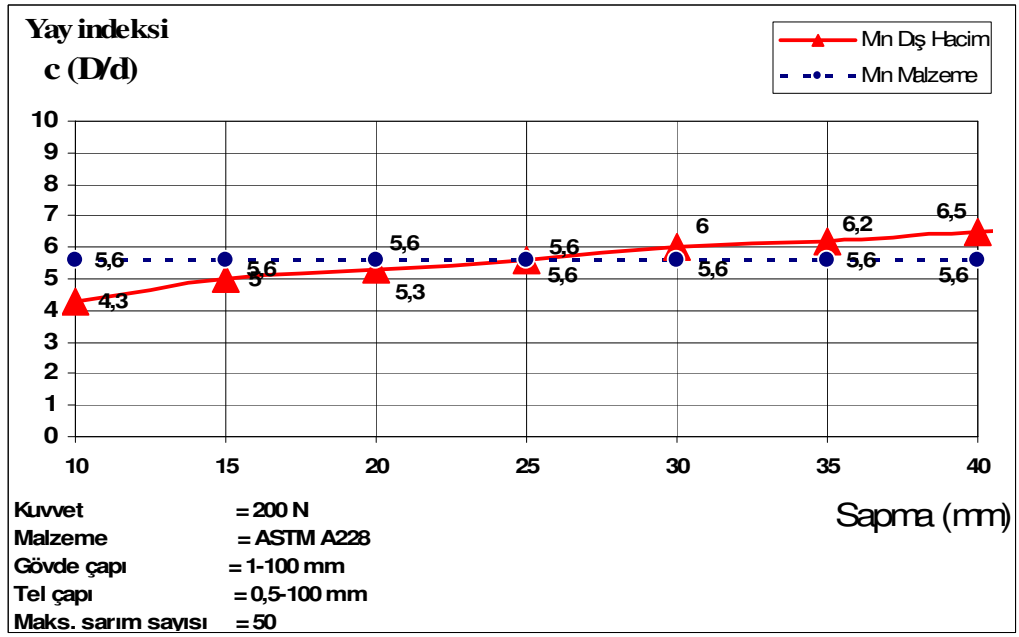


Şekil 4.3. Helisel basma yayı ölçülendirme akış şeması

Kuvvet sabit tutularak sapma miktarı değiştirilince minimum dış hacim ve minimum malzeme miktarına göre elde edilen D/d oranı Şekil 4.5’ de görülmektedir.



Şekil 4.4. D/d oranının taşınması istenen kuvvet karşısında değişimi



Şekil 4.5. D/d oranının istenen sapma miktarı karşısında değişimi

5. ANSYS PROGRAMINDA YAY ANALİZİ

Ansys programı ele alınan bir problemin sonlu elemanlar metoduyla modellenmesi, çözümlenmesi ve çözüm sonuçlarının değerlendirilmesi üç ayrı modülde gerçekleştirilmektedir.

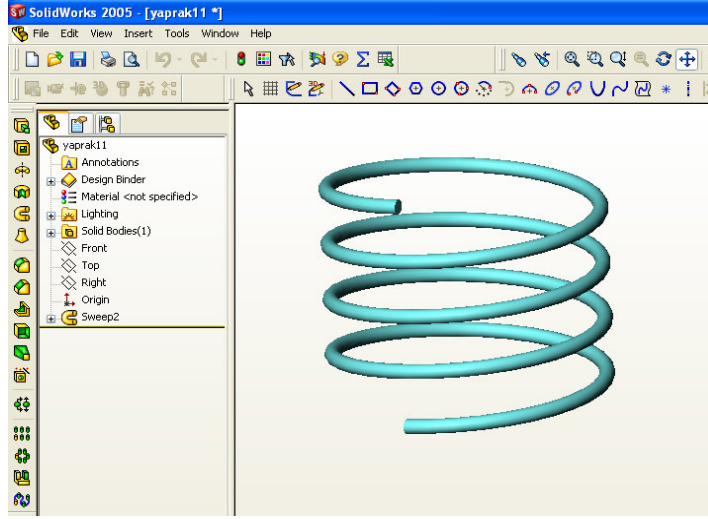
Analizde modele sınır şartlarının tatbik edilmesine kadar olan işlemler programın ön işlemci modülünde (preprocessor), modelin çözümlenmesi çözümleyici modülünde (solution) ve ek hesaplamalar ile sonuçların sayısal veya görsel değerlendirilmesi ise son işlemci (general postprocessor) modülünde gerçekleştirilmektedir.

Bu bölümde ölçüleri verilen bir helisel basma yayının sonlu elemanlar programı Ansys ile analizi yapılmıştır. Bu analizle bulunan sapma değerleri denklemlerle bulunan sapma değerleriyle karşılaştırılmıştır.

5.1. Helisel Baskı Yayının Analizi

Yay geometrisindeki helisellik dolayısıyla sonlu elemanlar modelinin elde edilmesinde bilgisayar destekli tasarım programları kullanıldı. Analizi yapacağımız Ansys programında yay modelimizi elde etmesi zor olduğu için bu yol tercih edildi. Modelimiz Solidworks programında oluşturuldu. Elde edilen model IGES dosya formatına çevrilerek dosyanın kendisiyle aynı dizine kaydedildi.

Analiz işleminin kolay olması için sarım sayısı adedi az tutuldu. Ayrıca analizin yapılmasında eğilmeyi ihmal etmek için yay uçları aynı ekseninde olacak şekilde oluşturuldu.

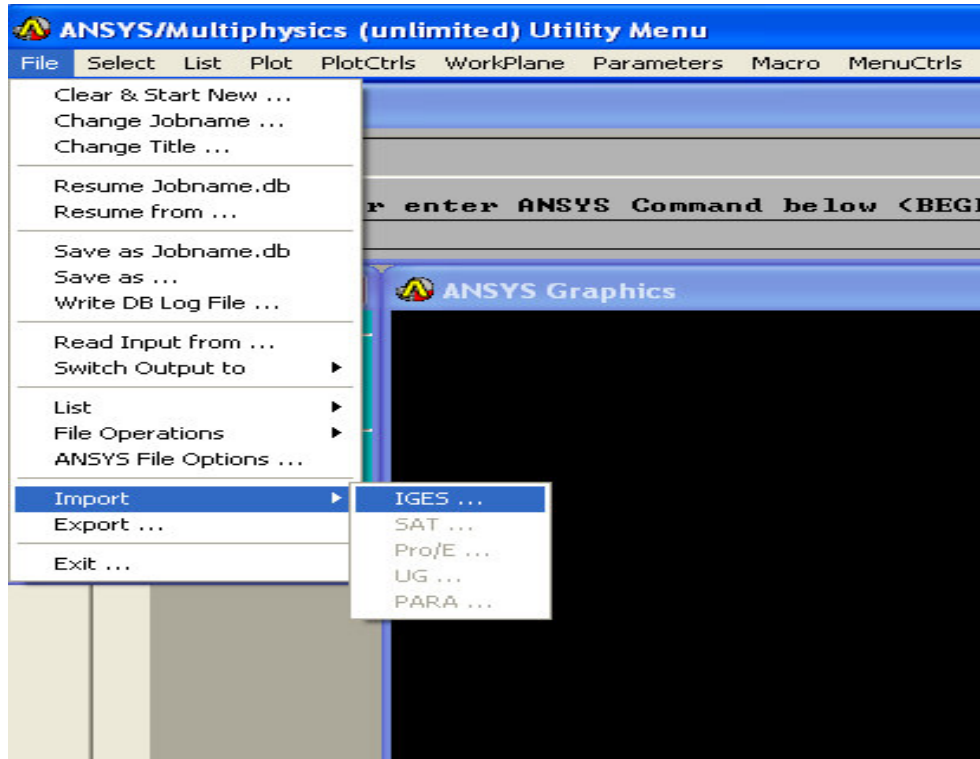


Resim 5.1. Analizi yapılacak yayın Solidworks programında oluşturulması

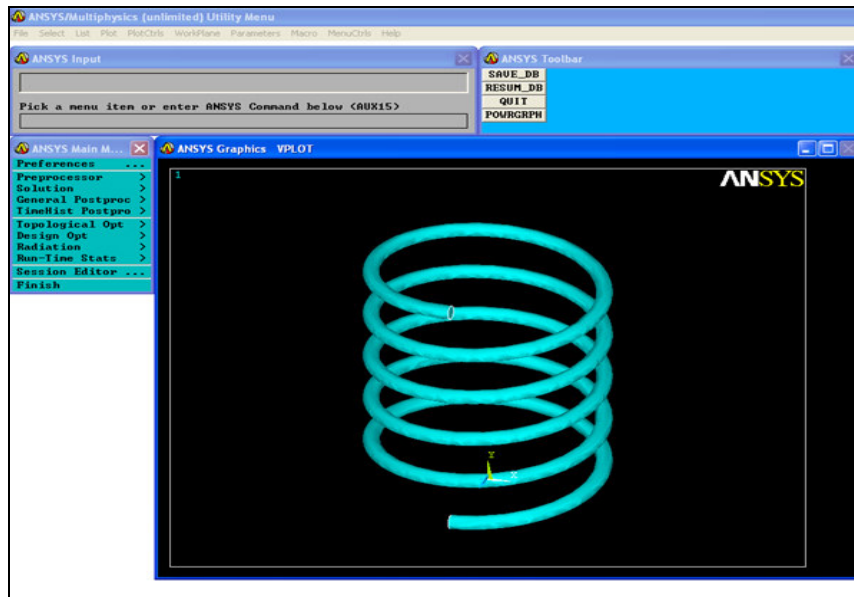
Ansys programında analiz işleminin nasıl gerçekleştirildiği aşağıdaki işlem sırasına göre yapıldı. Adım adım izah edildi.

Ansys programı çalıştırıldıktan sonra File-Import (İthal et) komutu kullanılarak model programa aktarılır. Dosyanın kayıtlı olduğu klasörden IGES uzantılı dosya seçilir.

Dosya ithal (import) edilirken ekrandaki dosyanın sıfırlanması istenir (Resim 5.2). Böylece daha önce oluşturulmuş dataların karışması önlenmiş olur. İthal (Import) seçeneklerinde ayrıca katının oluşturulması, küçük alanların silinmesi ve mevcut anahtar noktaların (keypointlerin) birleştirme seçenekleri seçili olmalıdır.

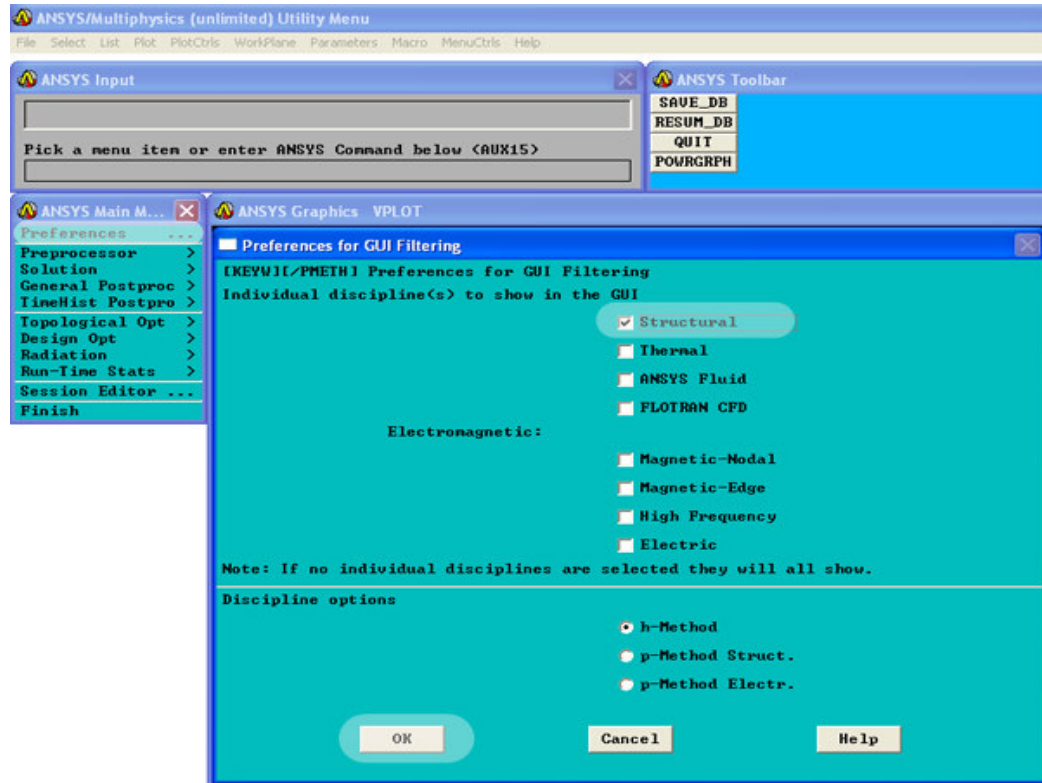


Resim 5.2. Dosyanın ithal (Import) edilmesi işlemi



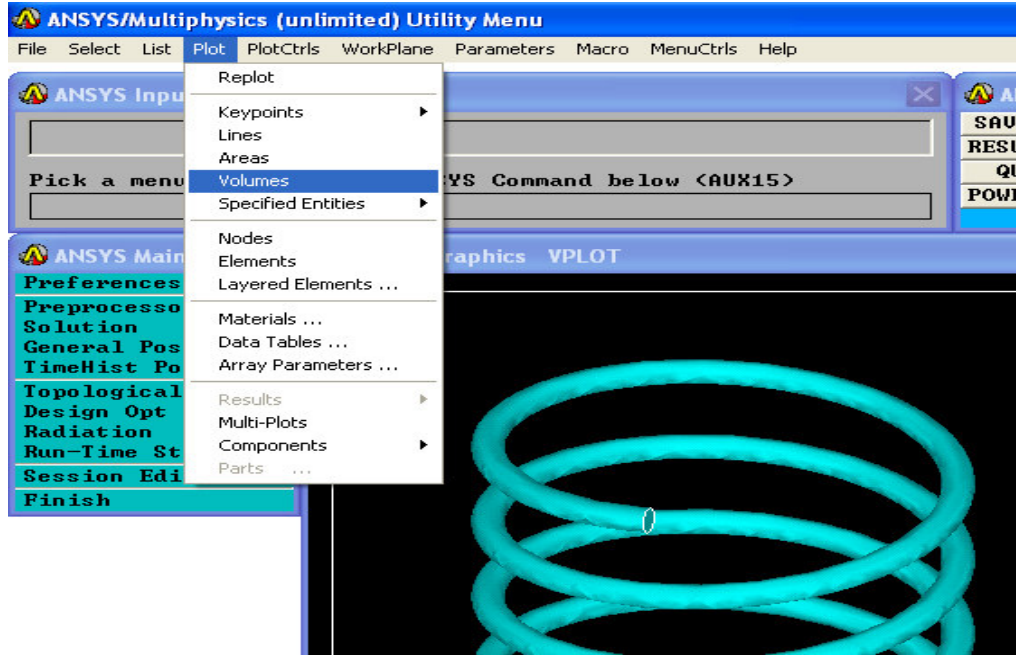
Resim 5.3. İthal edilen sonlu elemanlar modelinin görünümü

Analiz yapılmadan önce analizin ne tür bir analiz olduğunu belirtmek gerekir. Ansys Main menüden- Preferences komutu seçilerek yapacağımız analizin türünü belirtiriz. Biz yapısal analiz yapacağımız için Structural bölümü işaretlenir (Resim 5.4).



Resim 5.4. Analiz tipinin belirlenmesi işlemi

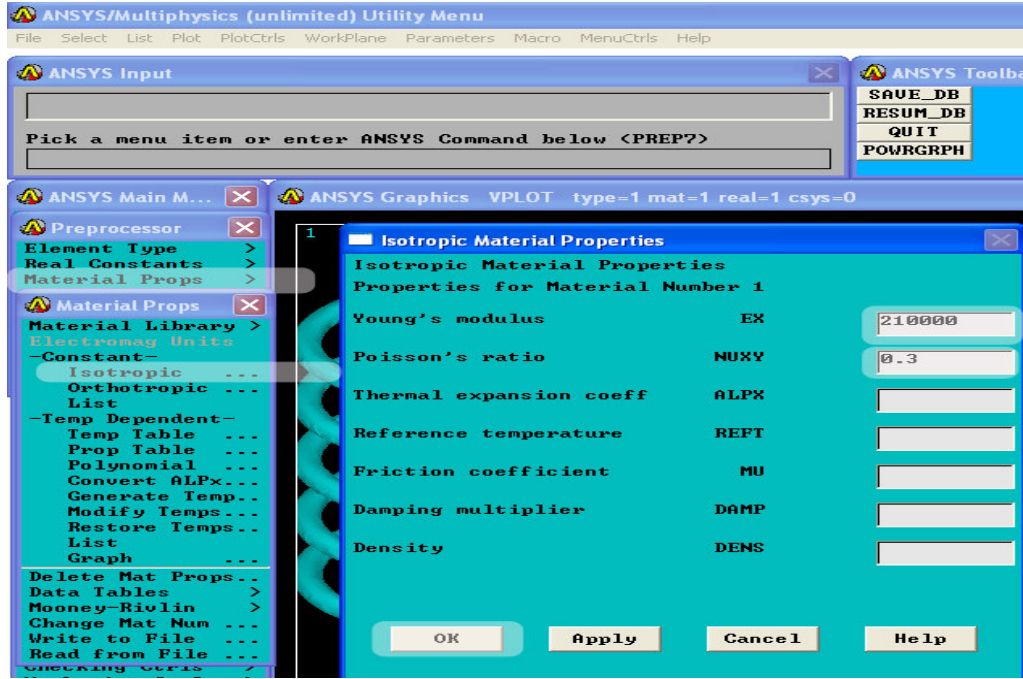
Modelin grafik ekrandan (Graphics Screen) kaybolma durumlarında ekrandaki görüntünün tekrar elde edilmesi sağlanmalıdır. Katı nesneler için Plot- volumes komutu seçilir (Resim 5.5).



Resim 5.5. Yazdırma (Plot) işlemi ile görüntünün tazelenmesi

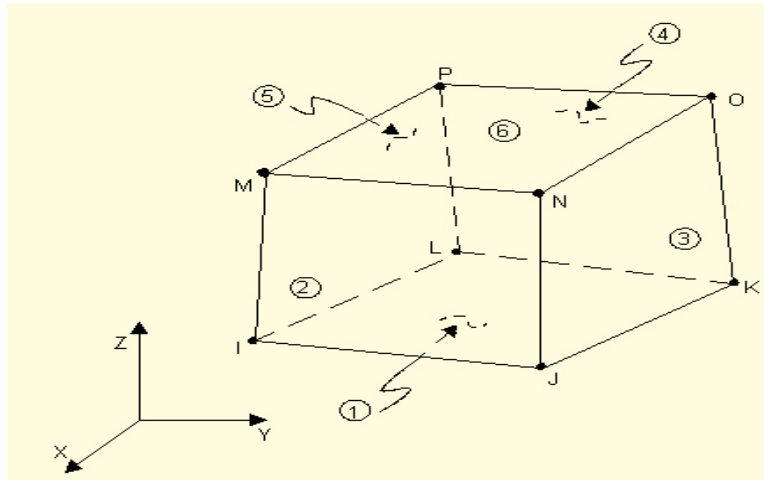
Analiz tipi belirtildikten sonra Ansys Main menüden – Preprocessor – Material Properties- Isotropic bölümünden malzemeye ait Elastikiyet modülü ve Poisson oranı gibi özellikleri girilir (Resim 5.6). Isıl genleşme, yoğunluk gibi özelliklerde girilebilir.

Yapacağımız analiz tipi ve model şeklimize göre uygun eleman tipini seçmemiz gerekir. Seçtiğimiz elemanın düğümlerine ait serbestlik derecelerinin türü ve sayısı analizinizi doğru yapmak açısından çok önemlidir.



Resim 5.6. Malzemeye ait özelliklerin girildiği pencere

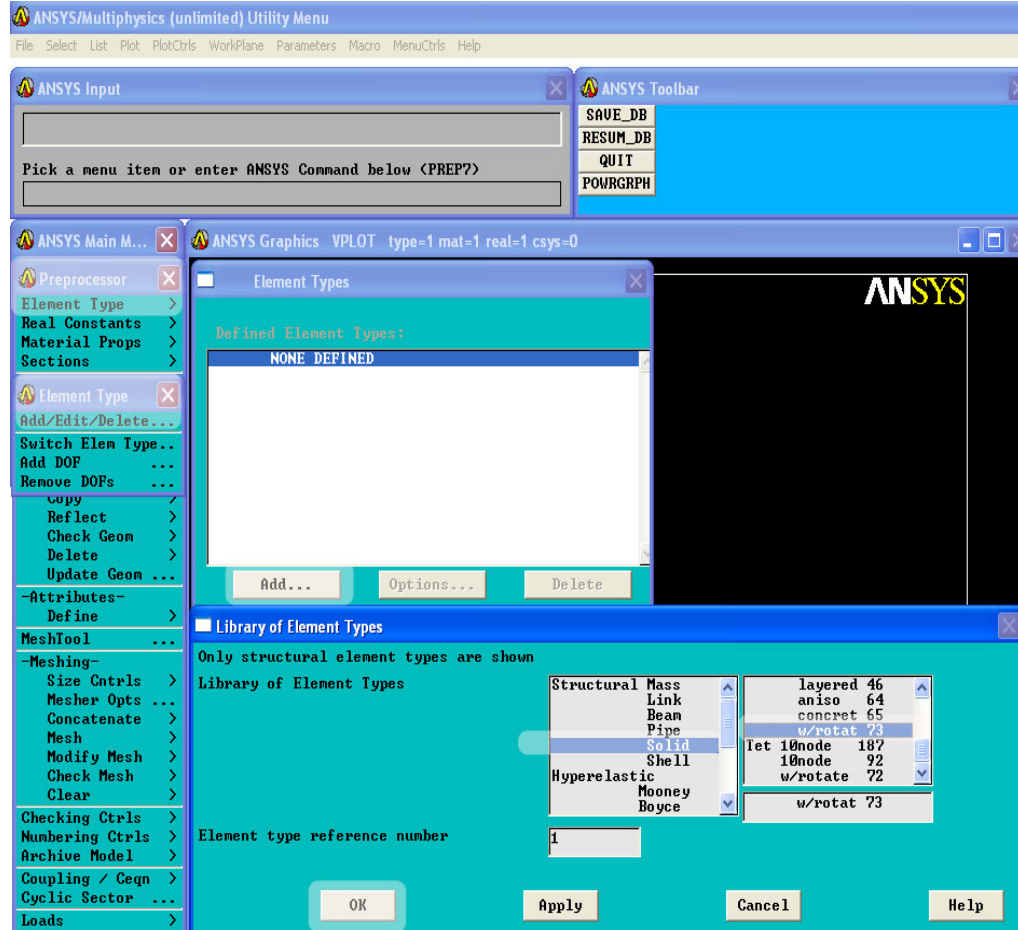
Ansyes yardım dosyaları içinde kullanılabilecek eleman tipleri, bunların, serbestlik dereceleri ve ne tür analizlerde tercih edilmesi gerektiği izah edilmektedir[33].



Resim 5.7. 3D 6serbestlik dereceli, 8 düğüm noktalı Solid73 elemanın resmi

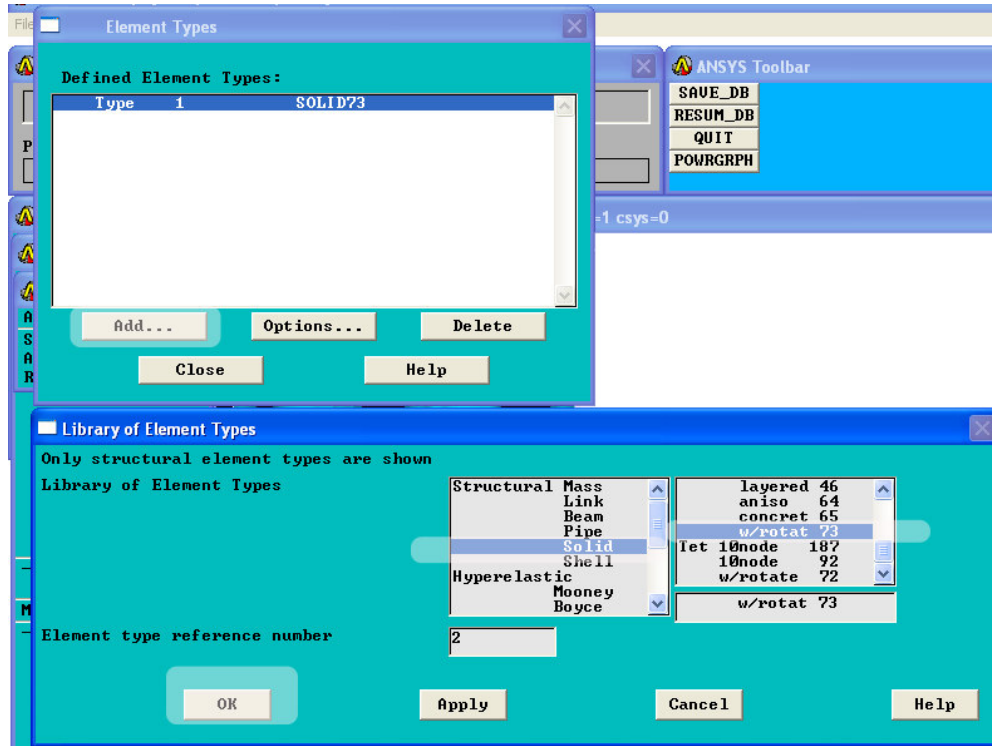
Analizimizde katı yapıların üç boyutlu modellerinin analizinde kullanılan Solid73 elemanını seçtik (Resim 5.7). Bu eleman her biri altı serbestlik derecesine sahip sekiz

düğüm noktasından oluşur. Ayrıca düğüm noktalarında x, y, z yönlerinde taşınabilmekte ve x, y, z eksenlerinde dönebilmektedir [34].



Resim 5.8. Eleman tipinin elemanlar kütüphanesinden seçilmesi işlemi

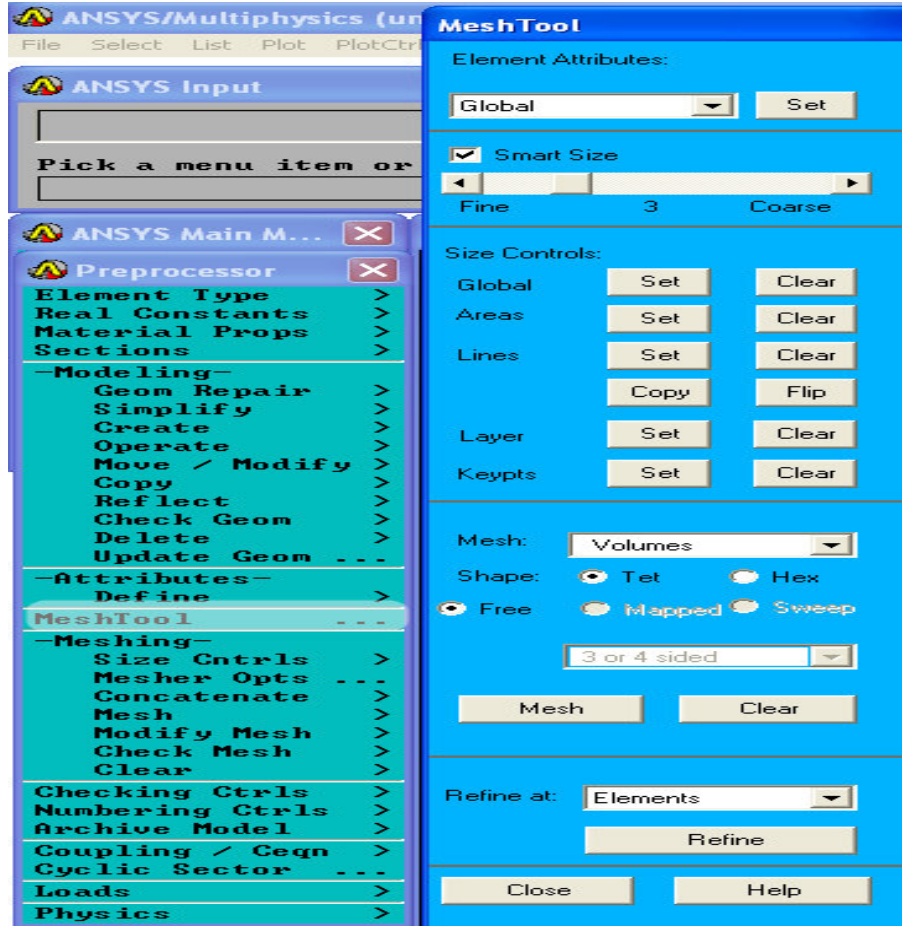
Eleman tipi seçimi için Main menü-Preprocessor- Element type- Add/edit/delete- Add-Solid- Wrotat73 adımları izlenir (Resim 5.9).



Resim 5.9. Solid73 elemanın seçilmesi işlemi

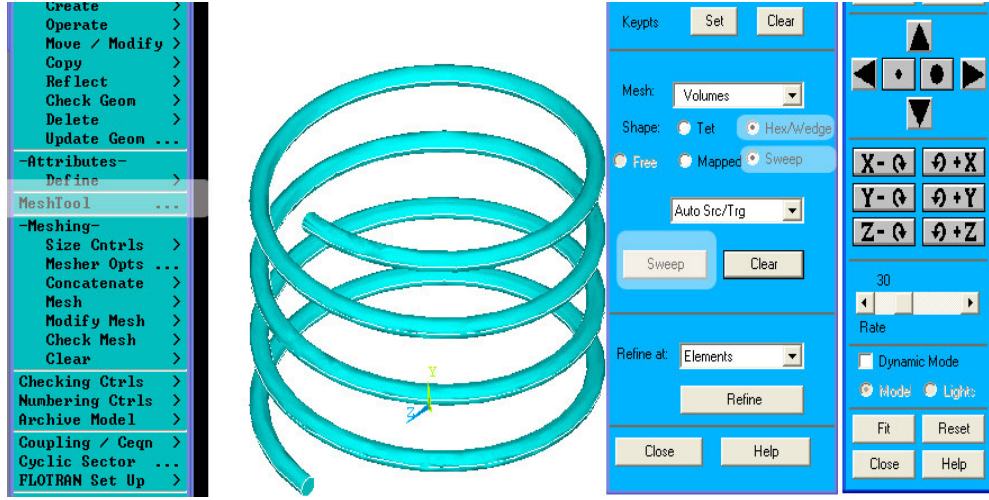
Sonraki basamak olarak analizini yapacağımız modelimizin parçalara ayrılması işlemi gerçekleştirilir. Analizin kalitesini etkileyen bir diğer işlemde parçalara ayırma işlemidir. Ayırma işlemi yapılmadan destek noktası veremeyiz ve kuvvetimizi uygulayamayız. Bu işlem için Main menü-Preprocessor- Mesh tool komutları takip edilir.

Smart size kutucuğu işaretlenir ve alttaki cetvelden bir sayı seçilirse, elemanlara ayırma işleminin hassasiyeti ayarlanır. Sayı ne kadar küçükse o kadar fazla elemanın olacaktır. Sayıyı büyük tutunca da işlem yapma süresi uzar yada hafıza yetersizliğinden işlem gerçekleşmez.



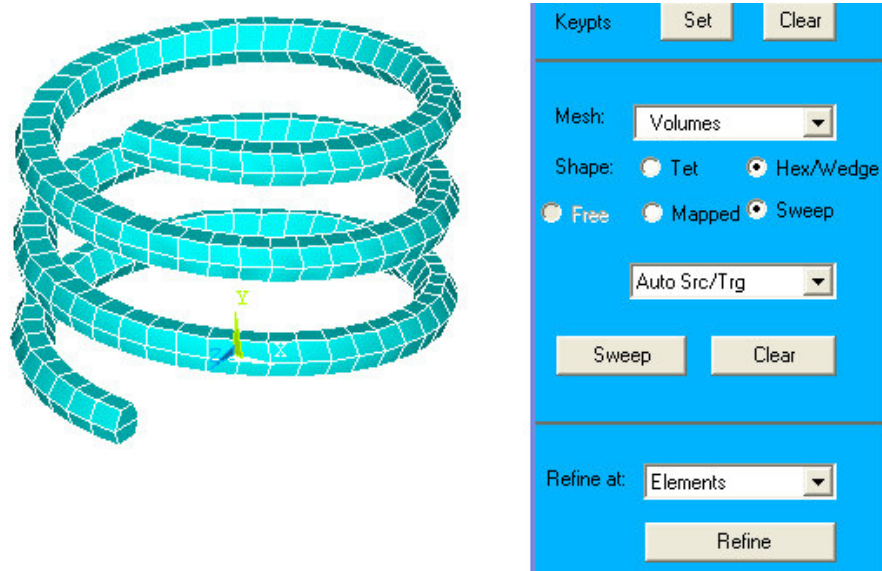
Resim 5.10. Ağ (Mesh) aracılığı ile parça büyüklüklerinin belirlenmesi

Ağ (Mesh tool) araç çubuğunun alt kısmında bulunan bölgeden Mesh- volumes- Hexagonal komutları uygulanır. Modelimiz helisel bir formda olduğundan süpür (Sweep) seçeneği işaretlenerek süpür (sweep) komutu tıklanır. Modelin tamamının seçilmesi anlamında Pick all düğmesi tıklanarak bütün modelin parçalanacağı belirtilmiş olur (Resim 5.10).



Resim 5.11. Modelin parçalanma işleminin uygulanışı

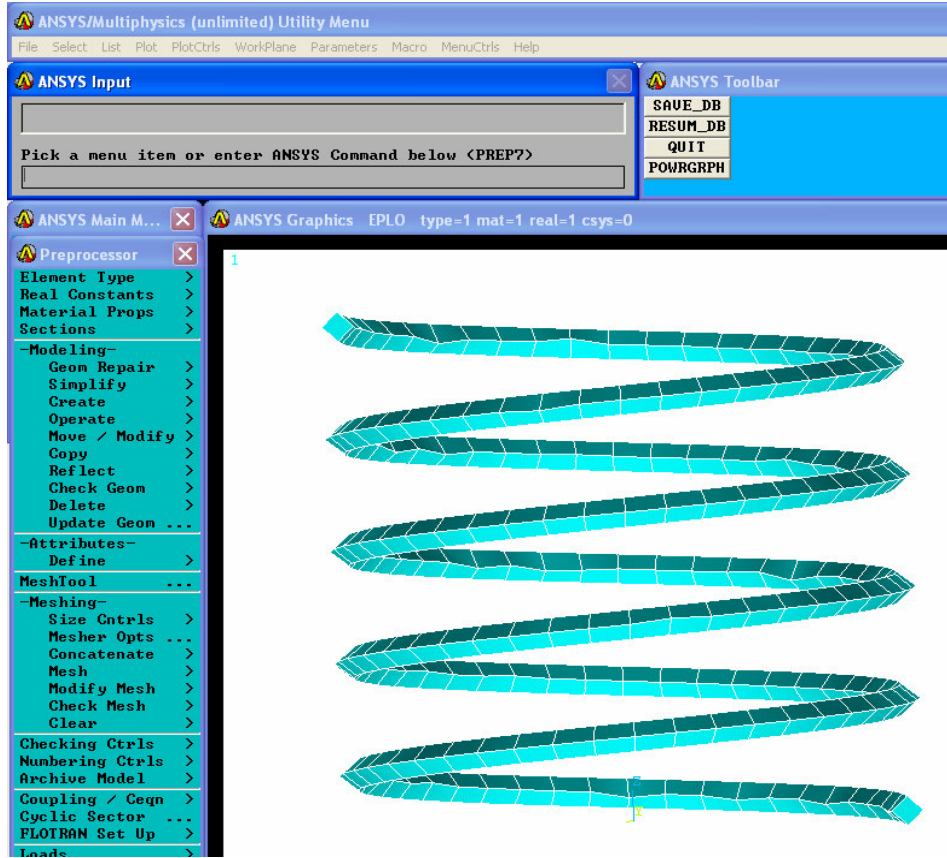
Parçalama işlemi sonunda modelimizin şekli Resim 5.12’deki gibi oluşur.



Resim 5.12. Parçalama işlemi uygulanmış model

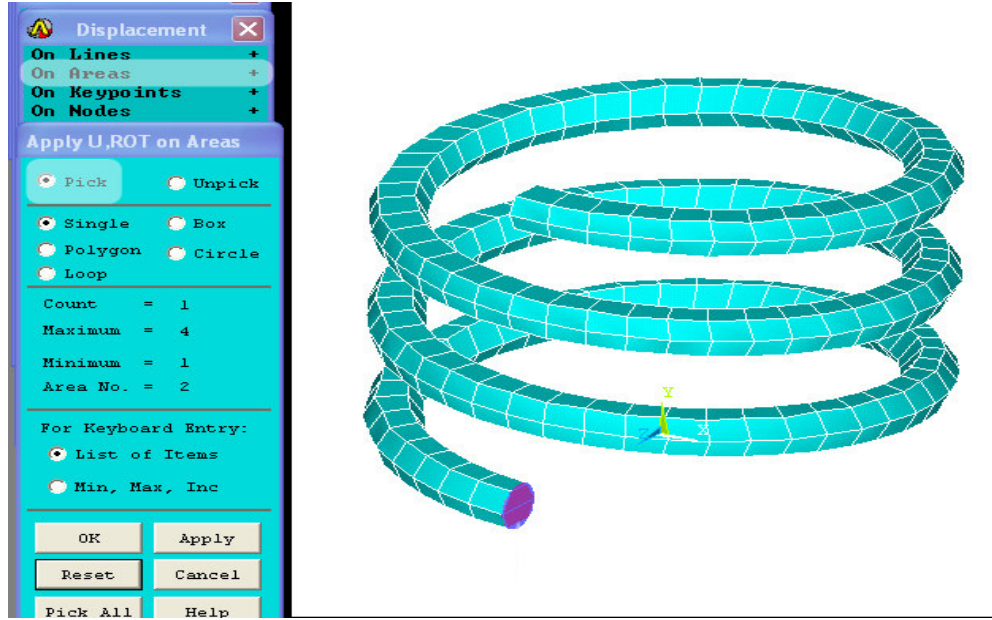
Parçalama işlemi tamamlanınca modelimize ait analiz dosyamızı saklarız. Çözüm işlemine geçmeden önce dosyamızı kaydetmemizde fayda vardır.

Kullanılan eleman tipi ve bilgisayar işlemcisine bağlı olarak tam daire kesitli değil de altıgen formulu bir ağ (mesh) elde edilmiştir. Bunda helisel bir geometrinin olması da bir etkindir. Yapılan diğer ağ (mesh) yapma işlemlerinde yüzey dört parçaya bölünerek ağ oluşturulduğunda dik kare formulu ağ oluşmuştur. Analiz içinse altıgen formulu olanı yuvarlak tele daha çok benzediğinden tercih edilmiştir (Resim 5.13).



Resim 5.13. Diğer ağ (mesh) yapma çalışmalarından bir örnek

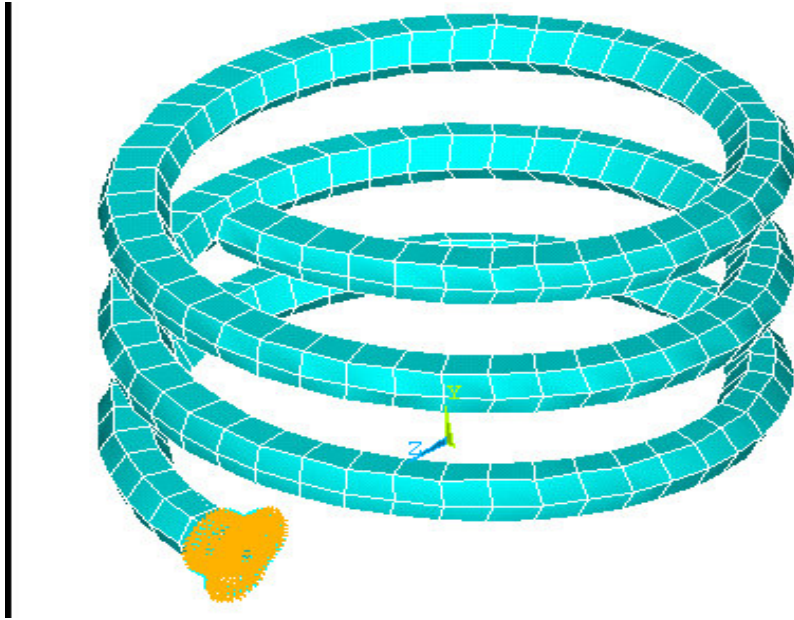
Çözüm aşamasında önce modelimizi zorlayacak sınır şartlarını belirtiriz. Şu adımları takip ederek işlemi gerçekleştiririz. Main Menu -> SOLUTION -> Define Loads -> Apply -> Structural -> Displacement -> On Areas. Pick komutu ile yüzeyi işaretleyip Ok tuşunu tıklarız karşımıza gelen pencerede de All Dof seçip Ok tuşunu tıklarız. Böylece yayın alt ucunu sabitleriz (Resim 5.15).



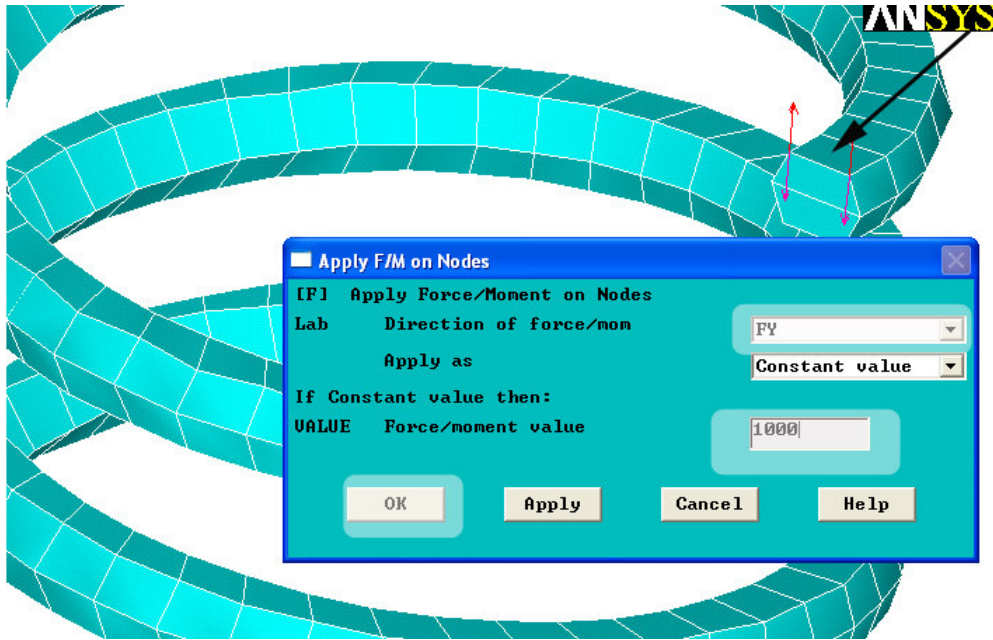
Resim 5.14. Yayın alt ucundaki yüzey, destek verip sabitlemek için işaretlenir

Çözüm işleminden önceki en son işlem olan kuvvetin uygulanması işlemine sıra gelmiş oldu. 100 N luk kuvvetimizi destek yüzeyimizin karşısındaki bir düğüm noktası üzerine vereceğiz. Bunun için Main Menu -> SOLUTION -> Define Loads -> Apply -> Structural-> Force/moment -> On Nodes. Kuvvetin yönü modelin koordianat sembolüne bakılarak belirlenir. Value kısmında kuvvetin büyüklüğü girilir (Resim 5.16).

Analiz tipi seçildi, malzeme özellikleri belirtildi, eleman tipi seçildi, ağ (mesh) işlemi yapıldı, sınır değerleri olan destek noktası, kuvvet yön ve büyüklüğü de girildi. Artık analiz işleminin çözüm basamağına geçilip verilen değerler karşısında modelin nasıl davrandığı izlenecektir. Çözüm için Main Menu -> Solution -> Solve> Current LS -> Ok adımı gerçekleştirilir. Çözüm de bir hata oluşmuş ise anında uyarı mesajı bizi problem olan nokta hakkında bilgilendirmektedir. Çözüm sırasında hata (Error) mesajı ise çözümün yapılamayacağı anlamına gelir. Bu durumlarda program otomatik olarak kapanabilir. Bu nedenle çözümden önce mutlaka kayıt yapılmalıdır. Çözüm yapıldı “Solution Done” mesajı çözümün gerçekleştirildiğini göstermektedir.



Resim 5.15. All Dof ile bütün yüzeyin seçilmesi



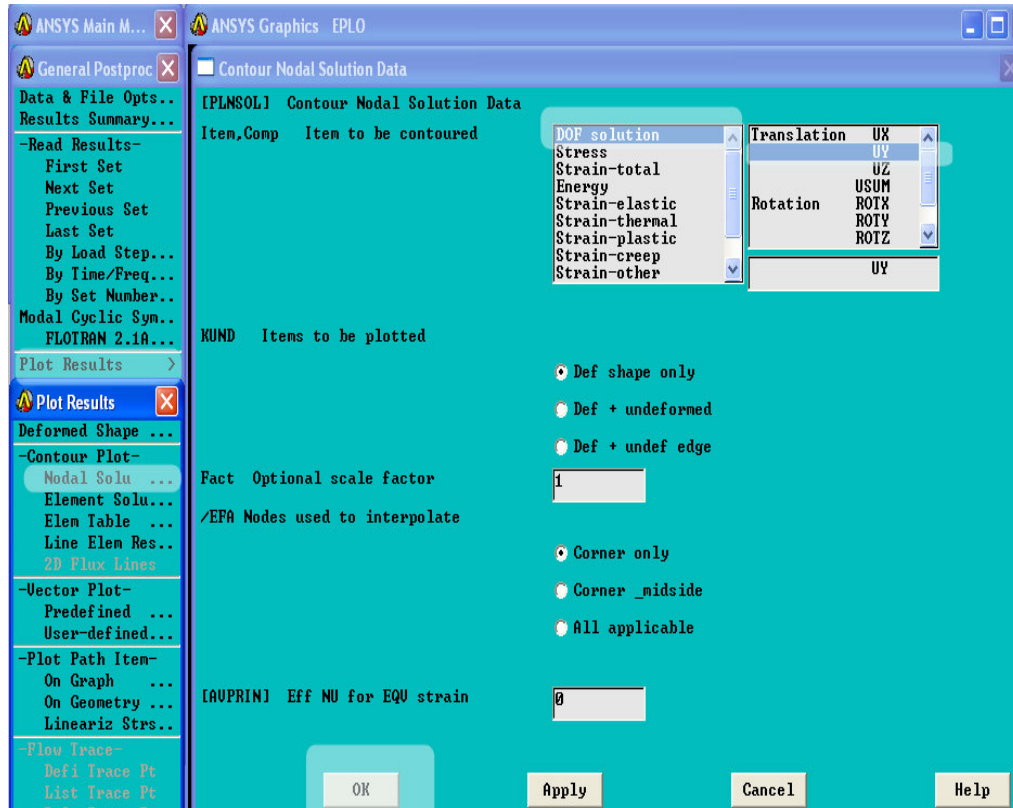
Resim 5.16. Kuvvetin model üzerine uygulanması

Sonuçların değerlendirilmesi işlemi son basamaktır. Bunu gerçekleştirmek için şu adımlar izlenir. Main Menu-> General Postproc-> Plot Results-> Contour Plot->

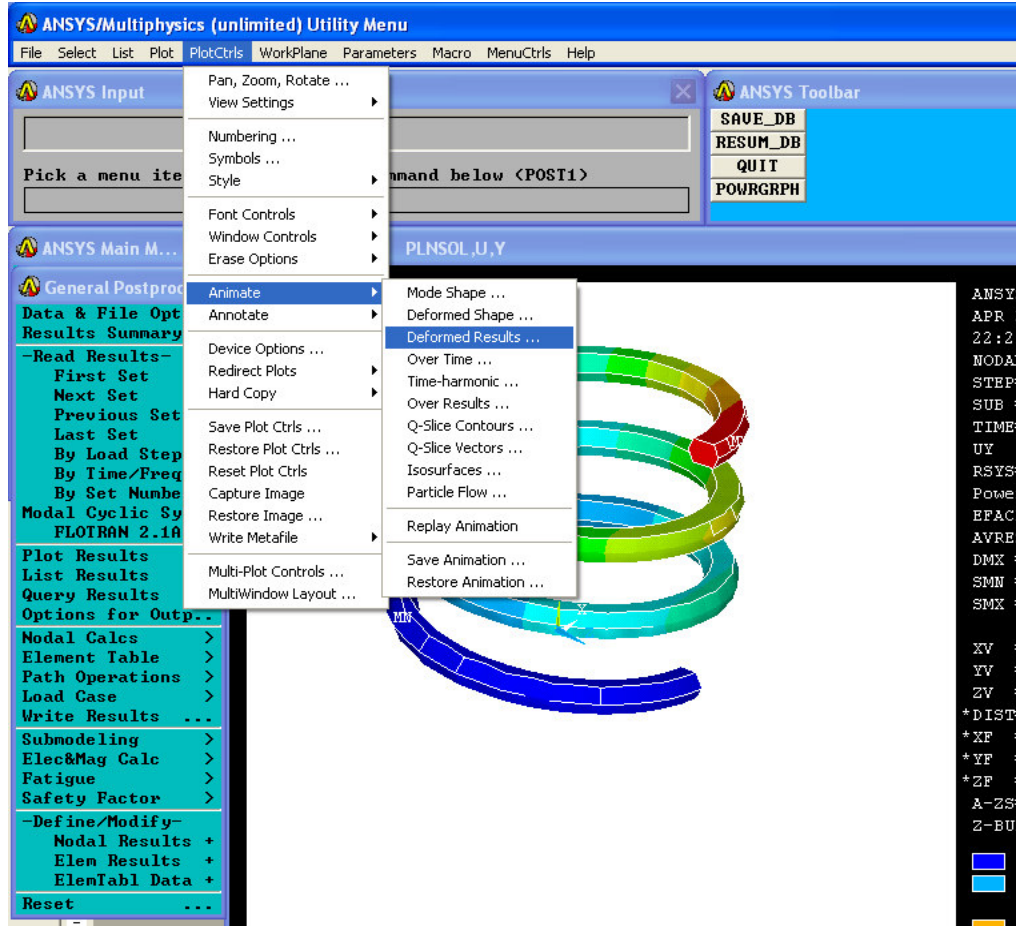
Nodal solution-> Dof solution-> Translation UY (Resim 5.17). (Y eksenindeki sapma miktarını gösterir)

Düğüm noktalarındaki sonuçları istediğimizi belirtiriz önce sonra sonuçların hangi ekseninde elde edilmesini istediğimizi belirtiriz. Elde edilen görüntü Resim 5.19'daki gibidir. Elde edilen görüntü EK-1' de verilmiştir.

Yapılan analiz sonucunda modelin nasıl davrandığını video görüntüsü olarak elde edebilmek mümkündür. Adım adım UY doğrultusunda sapma miktarındaki değişim gözlenebilmektedir. Plot ctrl-> Animate->Deformed results adımları takip edilir.

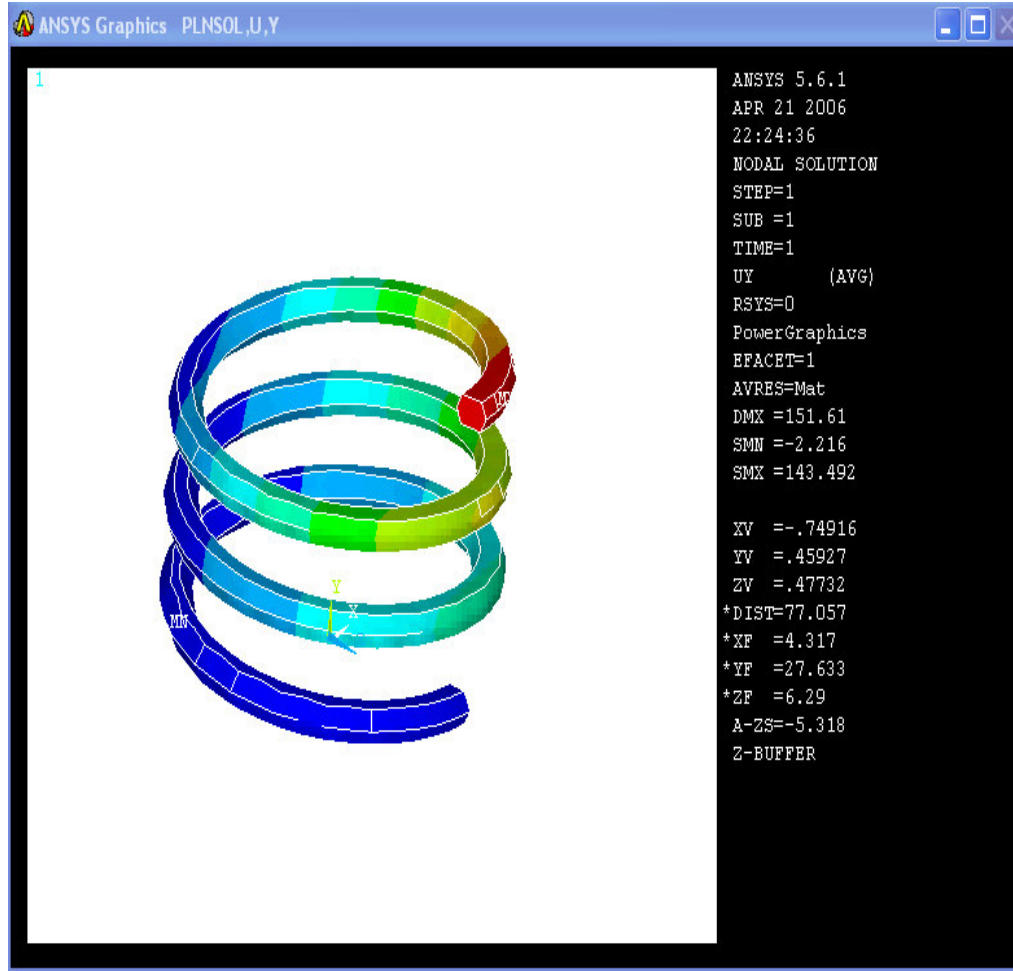


Resim 5.17. Sonuçların oluşturulması işlemi



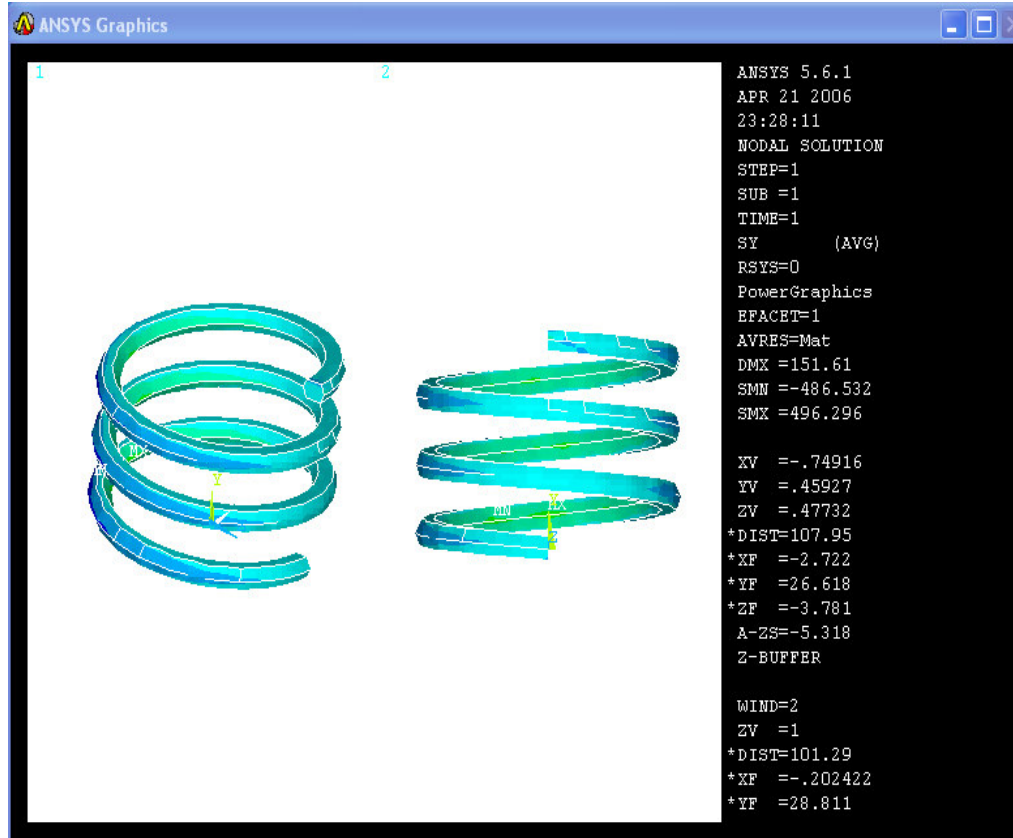
Resim 5.18. Yayın analiz sonucunun animasyon görüntüsünün elde edilmesi

Uygulanan kuvvet karşısında oluşan gerilim dağılımını, yayın hangi bölgelerinin nasıl zorlandığını aşama aşama gözlemleyebilmekteyiz. Animate Nodal Solution penceresinden Stress->Y Direction-Sy adımlarını uygulayarak gerilim dağılımlarının gösterildiği video oluşturulur.



Resim 5.19. Deformasyona uğrayan yayın video görüntüsü

Bu video görüntülerinde basılmaya çalışan yayda sarımın iç kısımlarındaki gerilimin daha fazla olduğu görülmektedir. Elde edilen videoya ait görüntü EK-1 de verilmiştir.



Resim 5.20. Gerilim dağılımı video görüntüsü

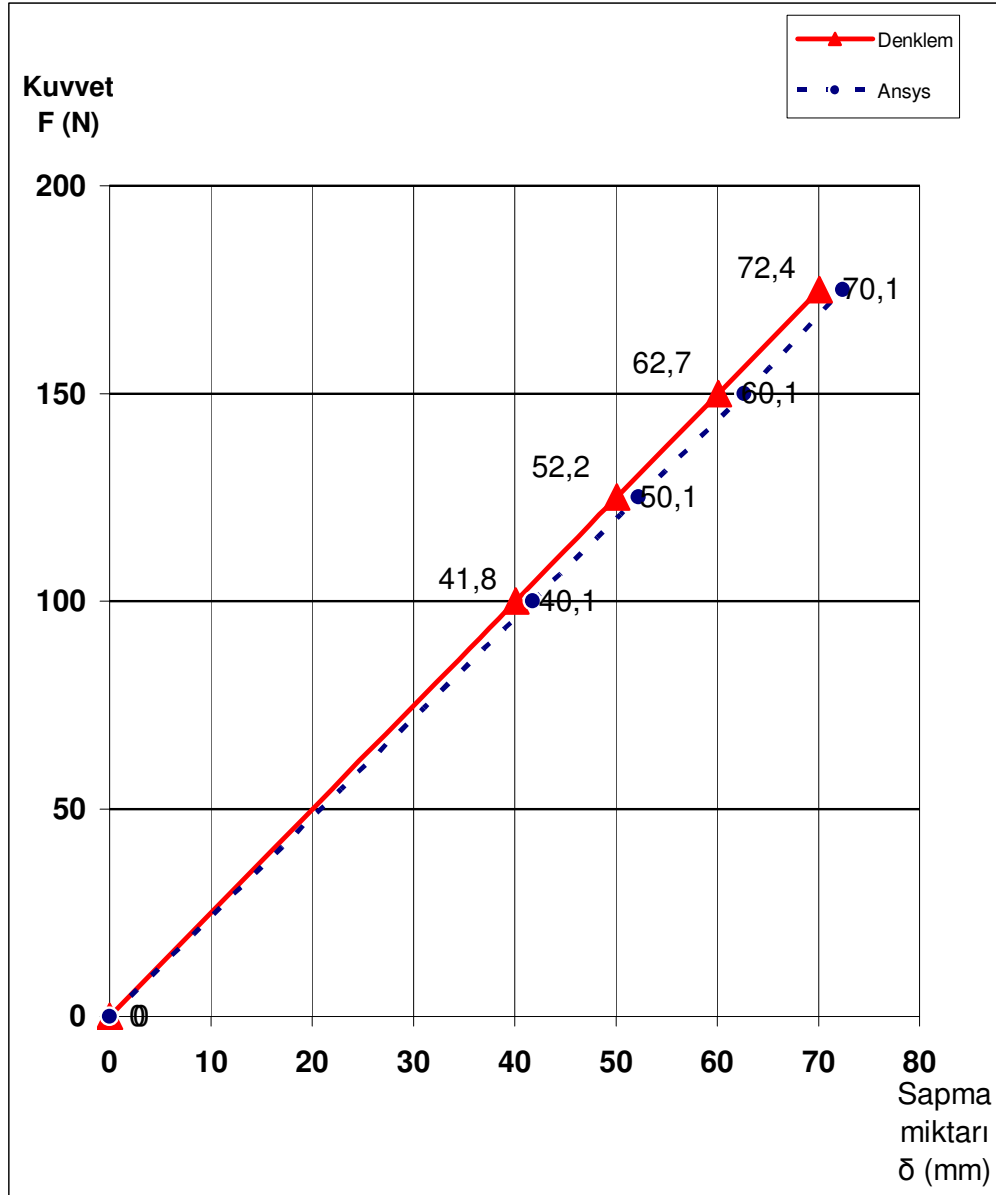
5.2. Ansys ile Elde Edilen Helisel Baskı Yayındaki Sonuçların İrdelenmesi

Bu kısımda helisel basma yayı için Ansys ile yapılan çalışmada bulunan sonuçlarla Eş. 3.8 ve Eş. 3.12 kullanılarak elde edilen denklem sonuçları karşılaştırılmıştır.

Helisel yaya uygulanan dört ayrı kuvvet karşısında oluşan sapmalar Eş. 3.8' den faydalanıp bulunarak Ansys programında elde edilen sapma değerleriyle karşılaştırılmıştır. Ansys ile yapılan bu modellemelerden elde edilen yay sabiti değerleri ile denklemlerle elde edilen yay sabiti değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.1' de görülmektedir.

Uygulanan kuvvete karşılık sapma değerlerini gösteren bu grafikte eğim ($k=F/\delta$) yay sabitini gösterir. Doğrusal regresyon analizi ile Ansys modeli için yay sabiti olarak

2,4077, denklem için ise 2,4962 değerini vermekte olup elde edilen değerler arasında % 3,5 hata vardır. Bulunan bu değer Ansys' de kullanacağımız modellerin yay sabiti için uygundur.



Şekil 5.1. Basma yayı sapma analiz sonucunun denklem sonuçlarıyla karşılaştırılması

Ansys modelinin gerilme analizinde kuvvet yaya ekseninden değil uç noktalarında uygulandı. Bu nedenle maksimum gerilmeler kuvvetin uygulandığı uç noktanın

karşısındaki bölgenin iç kısmındadır. Elde edilen gerilme sonuçları denklemle elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında çok farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bunda kuvvetin eksenden uygulanamaması, model ağ yapılırken istenen dairesel geometrinin elde edilememesi (Şekil 5.16), modelin helisel geometrisinin Ansys programında oluşturulmasının zor olması nedeni ile dışarıdan ithal (Import) edilmesi etkili olmuştur. Dolayısıyla kullandığımız Ansys modellemesinin gerilme analizinde kullanılmaya uygun olmadığı görülmüştür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yazılan programda yay hakkında geniş bilgiler verilmiştir. Hazırlanan giriş menüsü ve diğer alt menüler kullanımı kolaylaştıracak şekilde tasarlanmıştır. Programın görsel olmasına özen gösterilmiştir.

Program içerisindeki metin dosyalarının pdf uzantılı olarak kaydedilmesi resimleri, metinleri ve tabloları başka yerlerde de kullanabilme avantajı sağlamaktadır.

Programın hesaplama bölümünde helisel basma, çekme yayının tel çapı, gövde çapı sarım sayısı gibi parametreleri belirli iken girilen kuvvet karşısında ne kadar sapacağı veya istenen sapma miktarı için ne kadar bir kuvvet gerektiği hesaplanmıştır.

Ayrıca yayın çalışma ortamları göz önüne alınarak iç çap, dış çap gibi sınırlamalar verilmiş, girilen malzeme ve standart tel çaplarına bağlı olarak istenilen arama adımı, yayın tel çapı, gövde çapı ve sarım sayısının minimum hacime göre ölçülendirilmesinde tam arama yöntemi kullanılarak optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Gövde çapının tel çapına oranı olan yay indeksi yayın imalat kolaylığını ve flambaj durumunu göstermektedir. Yapılan optimizasyon sonucunda elde edilen yay indeksi değerleri imalat ve flambaj için istenen sınırlar içerisinde kalmıştır.

Gerçekleştirilen optimizasyon yöntemi ölçülendirilecek yay parametrelerinin değiştirilmesi ile diğer yay çeşitlerine de uyarlanabilir. Yapılan kuvvet karşısında oluşan sapma miktarı hesapları diğer yay çeşitleri içinde oluşturularak programa zenginlik katılabilir.

Hesaplama bölümünden elde edilen ölçülerle manuel olarak Solidworks, Mechanical Desktop, 3D Studio Max programlarına geçip yay çizimi gerçekleştirilmektedir. Program bu işlemi manuel olarak yapmaktadır. Elde edilen tel çapı, gövde çapı, sarım sayısı ölçülerine ait veriler çizim programlarına otomatik olarak gönderilip çizim yapılarak program daha da geliştirilebilir. Programın Visual Basic dilinde

hazırlanması çizim programlarındaki makro desteğinde kolaylık sağlayabilir. Oluşturulan bu hesaplama modülü Solidworks programı içerisine manuel değil de otomatik olarak dahil edilebilir.

Analiz bölümünde helisel basma yayı Ansys programında gerilme ve deformasyona karşı analiz edilmiştir. Ansys programının kendine ait çizim bölümünde helisel bir profil oluşturmak zor olduğu için Solidworks programında çizilen yay modelleri Iges dosya formatıyla kaydedilmiştir. Burada modelin analizi için ağ oluşturulurken gerek geometrisinden, gerekse dosya değişimi ve bilgisayar işlemcisi performansından dolayı tam yuvarlak bir geometri elde edilememiştir. Ona yakın altıgen bir profil oluşmuştur. Verilen kuvvet karşısında yayın uğradığı şekil değişimi ve gerilmesi hareketli görüntüler ve resimler halinde elde edilmiştir.

Ansys ile elde edilen analiz sonuçları ile denklem sonuçları arasında yapılan karşılaştırmalarda helisel yay için sapma miktarında denklem sonucu ile, analiz sonuçları arasında % 3,5'lik bir farklılık görülmüştür. Bunda modelin parçalara ayrılırken (mesh) tercih edilen elemanın etkisi, mesh sonucunun tam dairesel olarak elde edilememesinin etkisi vardır. Yapılan Ansys modellemesinde yaydaki sapma miktarları için geçerli sonuçlar elde edilmiştir. Fakat elde edilen gerilme analizi sonuçları denklemlerle karşılaştırıldığında değerler arasında çok fark olduğu görülmüştür. Bunda kuvvetin eksenden uygulanamaması, model ağ yapılırken istenen dairesel geometrinin elde edilememesi, modelin helisel geometrisinin Ansys programında oluşturulmasının zor olması nedeni ile dışarıdan ithal (Import) edilmesi etkili olmuştur. Dolayısıyla kullandığımız Ansys modellemesinin gerilme analizinde kullanılmaya uygun olmadığı görülmüştür.

Diğer yay çeşitlerinin de analizleri anlatılan yola uyarlanmak suretiyle gerçekleştirilebilir.

Yazılan program yay çeşitleri, yay üretimi, yay malzemeleri, örnek yay sistemleri, yay standartları, yay üreticileri hakkında detaylı bilgiler içermektedir. Bütün bu veriler kolay erişilebilecek ve hepsi bir arada olacak şekilde tasarlanmıştır.

Dolayısıyla yazılan program yay elemanını anlatmak amacıyla öğretim materyali olarak da kullanılabilir.

KAYNAKLAR

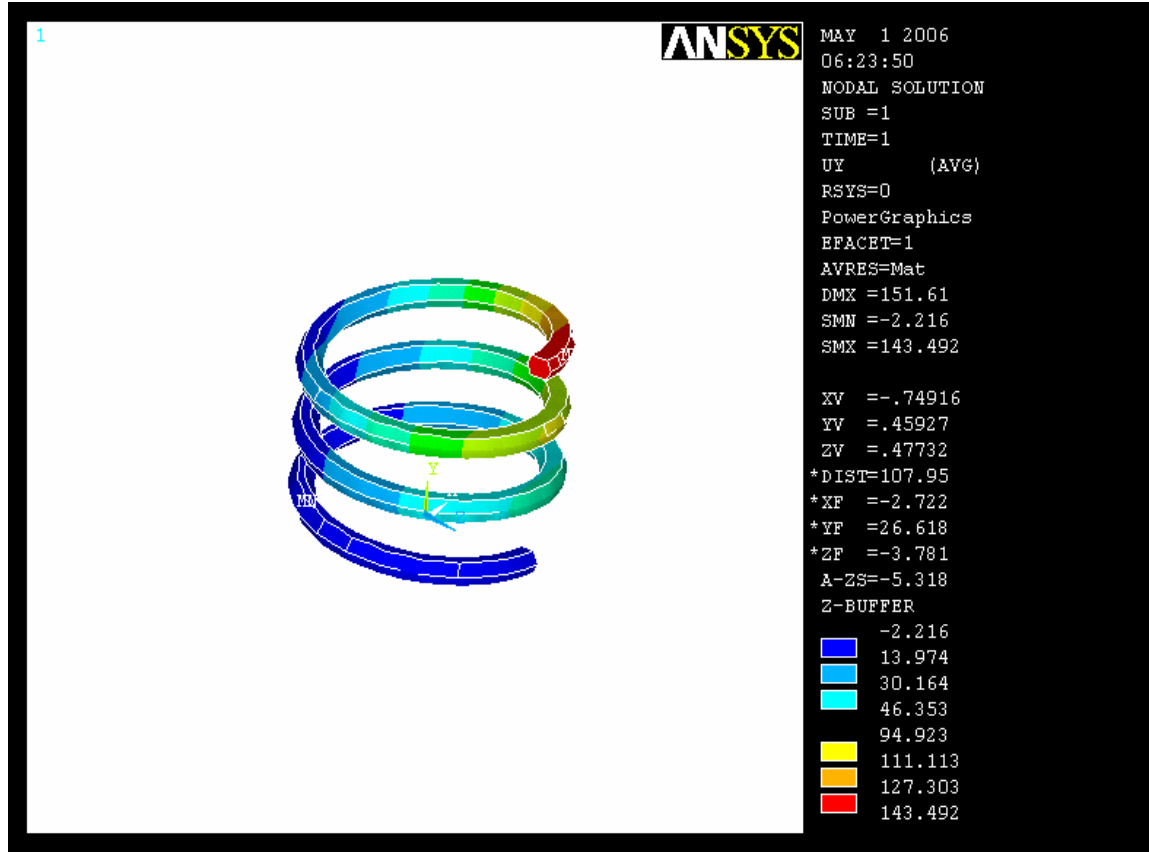
1. Bora, H., Şen, İ. Z., “Bilgisayar Destekli Çizim”, *Deha Yayıncılık*, İstanbul, 12-15 (2004).
2. Arslan, H., “CNC Teknik”, *Özkan Yayıncılık*, Ankara, 167-170 (2001).
3. İnternet: Karagülle, H., Karakuzu, R., “Endüstriye Yönelik Bilgisayar Destekli Tasarım Eğitimi”, <http://people.deu.edu.tr/hira.karagulle/papers/p01y03.doc> (2001).
4. İnternet: “Download program”, <http://www.coilspring.com/> (2005).
5. İnternet: “Download program” <http://www.southernsprings.co.uk/> (2005).
6. Mott, L., “Machine Elements in Mechanical Design”, *Pearson Education International*, New Jersey, 731-769 (2004).
7. Çıplak, N., “A curved beam element for the dynamic analysis of helical coil springs”, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-3 (1989).
8. Karabörk, F., “Dairesel silindirik helisel yayların serbest titreşim karakteristiklerinin teorik olarak tespiti”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 1-2 (1997).
9. Musulluoğlu, M., “Helisel yayların statik karakteristiklerini ölçme ve kontrol etme cihazının tasarımı ve imalatı”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-4 (1987).
10. Tekeli, S., “Yay çeliklerinin ısıtılma işlemi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-4 (1991).
11. Gökbakar, H., “Enerji biriktirme elemanlarının incelenmesi ve bilgisayar programı ile hesaplanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-4, 55-56 (2000).
12. Serdengeçti, A., “Bilgisayar desteği ile helisel silindirik daire kesitli yayın tasarımı”, Yüksek Lisans, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-4 (1993).
13. Black, P., “Machine Design”, *Mc Graw Hill International Student Edition*, Michigan, 803-870 (2001).
14. İnternet: “Yay çeşitleri”, <http://www.efunda.com/DesignStandards/springs> (2005).
15. İnternet: “Yay çeşitleri”, <http://www.asraymond.com/> (2005).

16. Şen, İ., Özçilingir, N., “Makine Resmi”, *Deha Yayıncılık*, İstanbul, 105-107 (2005).
17. Akkurt, M., “Makine Elemanları ”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 441-502 (1984).
18. Koç, E. “ Makine Elemanları Cilt II”, *Nobel Kitapevleri*, Adana, 2-72 (2003).
19. İnternet: “Yay çeşitleri”, <http://www.united-springs.nl> (2005).
20. İnternet: “ Spring help”, http://www.engineerstoolbox.com/doc/etb/mod/stat1/spring/spring_help.html (2005).
21. TS EN 13906-1, “Silindirik helisel yaylar hesaplama ve tasarım (basınca çalışan yaylar)”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 5-33 (2005).
22. İnternet : “Yay çeşitleri”, <http://www.maktel.com.tr/> (2005).
23. TS EN 13906-2, “Silindirik helisel yaylar hesaplama ve tasarım (uzamaya çalışan yaylar)”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 5-33 (2005).
24. İnternet: “Applications,catalogues”, <http://www.keybellevilles.com> (2005).
25. TS 582, “Yaprak yaylar (karayolu taşıtları için)”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 3-23 (1988).
26. İnternet: “Catalogue”, <http://www.ringfeder.com> (2005).
27. Associated Spring, “Springs, Clips, Washers and Pins” *Barnes Group Inc.*, Evesham, 4-6, 12, 58-60, 70-74 (2004).
28. İnternet: “Spiral springs”, <http://www.peninsulaspring.com/spiral.html> (2005).
29. İnternet: “Products”, <http://www.industrialgassprings.com> (2005).
30. Ugural, A., “Mechanical Design An Integrated Approach”, *Mc Graw Hill International Edition*, New York, 560-568, 585-590 (2004).
31. Shigley, J.,Mischke, C., “Mechanical Engineering Design”, *Mc Graw Hill International Edition*, New York, 590-680 (2001).
32. Spring Manufacturers Institue, “Handbook of Spring Design”, Oak Brook (2002).
33. İnternet: “Ansys’e giriş”,http://web.deu.edu.tr/ansys/PDF/ansyse_giris.pdf (2005).
34. Ansys, “Ansys Online Help Document”, (1999).

35. Internet: "Workshop", <http://www.zjspring.com/english/yijiao.htm> (2004).
36. Internet: "Spring coiler", <http://www.simcotw.com/index.htm> (2005).
37. Internet: "Spring coilers", <http://www.teknodetaljer.se/index.htm> (2005).
38. Internet: "Products", <http://www.asbg.com/welcome.html> (2004).
39. Internet: "Products", <http://www.alcanspring.com/index.htm> (2005).
40. Internet: "Products", <http://www.advanex.co.jp/> (2005).
41. Internet: "Products,applications", <http://www.windston.com/docs/appl.asp> (2005).

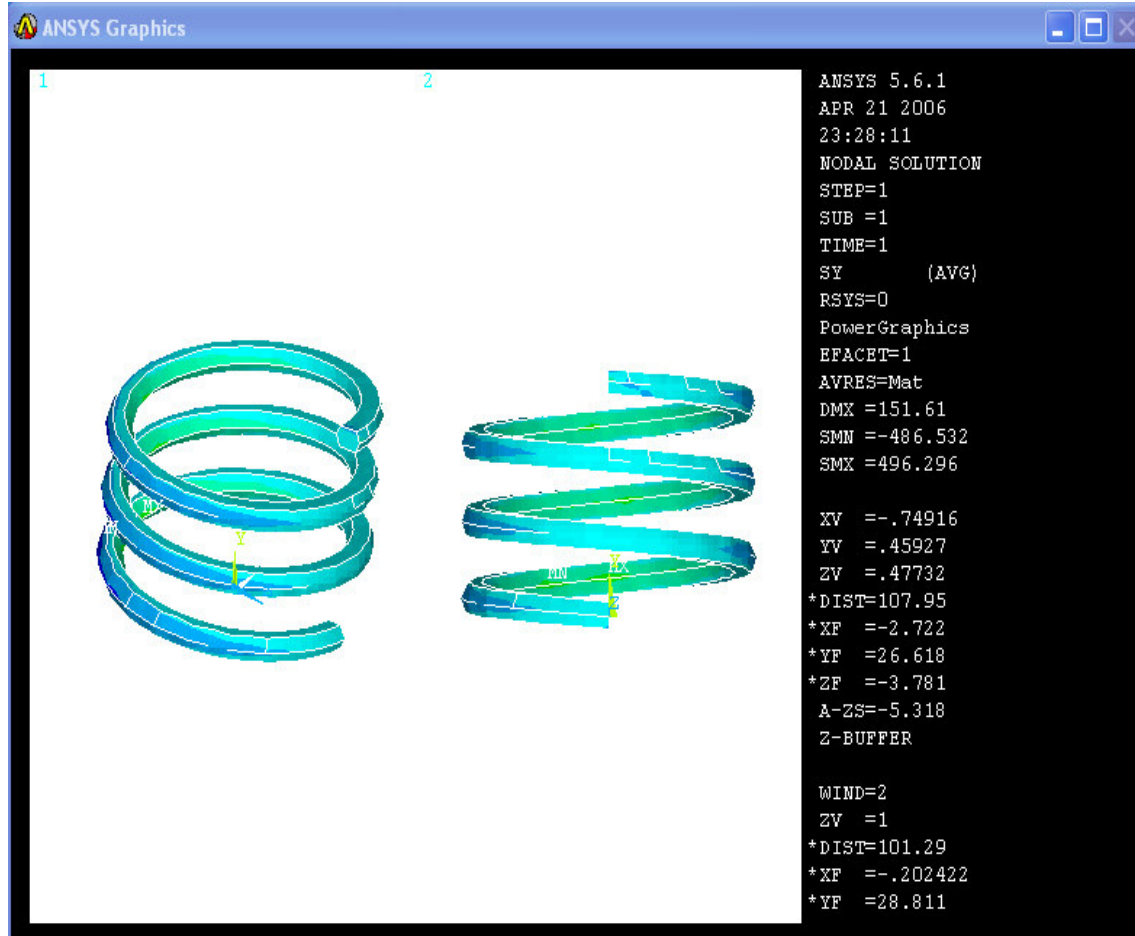
EKLER

EK -1 Yay analizi



Resim 1.1. Ansys programında yapılan basma yayı deformasyon analizi

EK -1 (Devam)Yay analizi



Resim 1.2. Ansys programında yapılan basma yayı gerilme analizi

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜMÜŞ, Fevzi
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 24.12.1977 Kayseri
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (505) 331 33 70
 Faks : 0 (354) 212 17 39
 e-mail : fgumus2000@yahoo.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/Teknik Eğitim Fakültesi	1999
Lise	Arif Molu And.Tek. Lisesi	1995

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2000-2006	Yozgat End. Mesl. Lisesi	Öğretmen

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Bilgisayar teknolojileri, müzik, çiçekler