

**T.C.**  
**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**  
**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ**  
**ENSTİTÜSÜ**

**ASANSÖR VE TAŞIYICI ELEMANLARININ**  
**DEĞİŞİK DİNAMİK ÇALIŞMA**  
**KOŞULLARINDA SONLU ELEMANLAR**  
**YÖNTEMİ İLE SİMÜLASYONLARI**

**Cengiz ÖZEL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GEBZE**  
**HAZİRAN 2011**

**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**  
**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ**  
**ENSTİTÜSÜ**

**ASANSÖR VE TAŞIYICI ELEMANLARININ**  
**DEĞİŞİK DİNAMİK ÇALIŞMA**  
**KOŞULLARINDA SONLU ELEMANLAR**  
**YÖNTEMİ İLE SİMÜLASYONLARI**

**Cengiz ÖZEL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr. Ahmet Zafer ŞENALP**

**GEBZE**  
**HAZİRAN 2011**



## YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 09/06/2011 tarih ve 2011.19... sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 23/06/2011 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Cengiz ÖZEL'in tez çalışması Makine... Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

### JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Yrd. Doç. Dr. A. Zafer ŞENALP

ÜYE

: Prof. Dr. Metin HSTA

ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. İlyas KANDEMİR

### ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../20... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

## ÖZET

### TEZ KONU BAŞLIĞI: ASANSÖR VE TAŞIYICI ELEMENLARININ DEĞİŞİK DİNAMİK ÇALIŞMA KOŞULLARINDA SONLU ELEMENLAR YÖNTEMİ İLE SİMÜLASYONLARI

YAZAR ADI: CENGİZ ÖZEL

Bu çalışmada asansörlerin değişik çalışma koşullarında, kabin içerisine ve taşıyıcı elemanlara uygulanan yüklerin bu elemanlar üzerinde oluşturduğu gerilme ve yer değiştirmeler sonlu elemanlar yöntemi ile simülasyonları yapılmıştır.

Bu çalışmada bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle mühendislik problemlerinin çözümünde sıkça kullanılan, sayısal bir yöntem olan sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Sonlu elemanlar yönteminde; çözüm bölgesi sonlu sayıda elemana bölünerek bu elemanların fiziksel davranışı şekil fonksiyonu ile tanımlanır ve tek bir eleman için denklem sistemi kurularak, tüm çözüm bölgesinde sistem denklemleri birleştirilir. Yükleme ve sınır şartlarının da hesaba katılmasından sonra eleman bazında gerilme ve yer değiştirmeler hesaplanır. Bu çalışmada asansör taşıyıcı elemanlarının katı modelleme işlemi Ansys Workbench design modülünde yapılmış, farklı eleman boyutuna sahip sonlu elemanlar kullanılarak sistemin dinamik yükler altındaki davranışları Ansys Workbench Simulation modülünün altındaki dynamic analysis seçeneği ile gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada iki farklı yöntemle üst askı kirişi, alt askı kirişi, yan kirişler ve sistemin tamamı bir bütün olarak alınıp mukavemet hesapları yapılmıştır. Her bir kiriş için ayrı olarak basit yöntem, 15 ve 25 mm'lik eleman boyutları ile sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Gerilme analizi sonucunda bulunan 35 MPa'lık gerilim emniyet için gerekli olan 90 MPa'nın çok altında olduğundan sistemin ağırlık optimizasyonuna gidilmiş ve 33.89 kg'lık optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak sonlu elemanlar yöntemiyle daha hassas sonuçlara ulaşıldığını, kiriş üzerindeki gerilme ve yer değiştirme dağılımının çok net bir şekilde ortaya çıktığı ve kiriş üzerinde oluşan maksimum gerilme ve yer değiştirme bölgesinin çok küçük olduğu görülmüştür.

## **SUMMARY**

### **HEAD OF THESIS: SIMULATION OF ELEVATOR CARFRAMES WITH FINITE ELEMENT MODELLING FOR DIFFERENT RUNNING CONDITIONS**

**WRITER: CENGİZ ÖZEL**

In this project, stress and displacements which occur on the car frame because of dynamic load entered to cabin have been investigated by simulation with a finite element method under varying running conditions.

The finite element method is a numerical method and is used widely to solve engineering problems with the assistance of computer technologies. In a finite element method, the solution area is divided into finite elements and these physical behaviours are described using shape functions. An equation system is set up for only one element and then system equations in all the solution areas are connected. Stress and displacements based on elements are calculated after applying load and boundary conditions. In this study, the solid model of elevator car frame parts were formed in the design module of AnsysWorkbench, simulation with the finite element method was done in the dynamic analysis section under the “Simulation” module of AnsysWorkbench by using different finite element sizes.

In this study, strength calculation of crosshead beams, safety planks, stiles and the overall system have been done using two different approaches. For each beam, analysis had been done by using a basic method and finite element approach with 15 mm and 25 mm element sizes. Strength has been calculated at 35 MPa at the end of simulation. This result is less than what is needed with the safety amount of strength (90 MPa) so weight optimization has been done and the system of elevator car frames has been reduced 33.89 kg. When the results are compared, more accurate results have been found with the finite element analysis, distribution of stress and displacement on beams has been determined clearly and the area of maximum stress and displacement on the beams have been found to be negligible.

## TEŞEKKÜR

Şehirlerimizdeki nüfus artışı ile şehirleşme sürecinin hızlanması yüksek binalara dolayısıyla asansörlere ihtiyacın artmasına neden olmuş ve asansörsüz bina veya mahal düşünmek imkansız hale gelmiştir. Günümüzde, dünyaca tanınmış birçok kule ve gökdeleni asansörsüz düşünmek olanaksızdır. Asansörler kot farkı olan yerler arasında çabuk, kolay, rahat, güvenli olarak taşımayı gerçekleştirirler. Bu bağlamda asansörler günlük hayatımızda vazgeçilmez hale gelmişlerdir.

Asansörlerin en önemli elemanlarından biri olan ve kabinin emniyetli bir şekilde katlar arasında taşınmasını sağlayan taşıyıcı elemanlar (kabin çerçeveleri) üzerine yapılmış olan bu tez çalışmasının, gerek bu konu hakkında çalışma yapan mühendislere gerekse de sonlu elemanlar analizi ile ilgili bilgi edinmek isteyen araştırmacılara önemli bir kaynak olacağına inanmaktayım.

Bu çalışmaya teşvik eden ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Dç. Dr. A. Zafer ŞENALP' a ve tez aşaması süresince desteğini esirgemeyen değerli meslektaşım ve arkadaşım Beyza ŞAHİN' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Cengiz ÖZEL

Haziran 2011

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Asansörler	1
1.1.1. Şahıs Asansörleri	2
1.1.2. Yük Asansörleri	2
1.1.3. Sedye Asansörleri	3
1.1.4. Monşarj Asansörleri	3
1.1.5. Panaromik Asansörleri	4
1.2. Asansörler Hakkında Yapılan Analiz Çalışmaları	4
1.3. Tezin Amacı	5
2. ASANSÖRLER	8
2.1. Asansörlerin Tarihsel Gelişimi	8
2.2. Asansör Mekanik Dizaynı	9
2.2.1. Asansör Kuyusu	10
2.2.2. Makine Dairesi	11
2.2.3. Kabin	11
2.2.4. Kat Kapıları	11
2.2.5. Klavuz Raylar	11
2.2.6. Karşı Ağırlık	11
2.2.7. Askı Elemanı (Tel Halat)	12
2.2.8. Hız Regülatörü	12
2.2.8. Hız Regülatörü	12
2.2.9. Son Kat Şalteri	12

2.2.10. Paraşüt Tertibatı	12
2.2.11. Asansör Makinası	13
2.2.12. Tamponlar	13
2.2.13. Patenler	13
2.2.14. Kumanda Düzeni	13
2.2.15. Elektrik Donanımı	14
2.2.16. Fren Tertibatı	14
3. ASANSÖR TAŞIYICI ELEMANLARI ve BASİT YÖNTEM İLE GERİLME DEĞERLERİNİN HESABI	15
3.1. Giriş	15
3.2. Kabin Çerçevesini Oluşturan Elamanlar	16
3.2.1. Kabin İskeleti Kirişleri	16
3.2.2. Üst Askı Kirişi	17
3.2.3. Yan Dikine Kirişler	18
3.2.4. Alt Kiriş	18
3.3. Kabin Tasarım Prensipleri	18
3.4. Kabin Çerçevesi Hesabı	21
3.4.1. Taşıyıcı Elemanların Basit Yöntem ile Hesabı	24
3.4.1.1. Üst Askı Kirişinin Eğilme Gerilmesi ve Sehimi	25
3.4.1.2. Kabin Alt Kirişinin Eğilme Gerilmesi ve Sehimi	28
3.4.1.3. Kabin Çerçevesi Yan Kirişlerinin Boyut Kontrolü	29
4. SİSTEMİN KATI MODELLENMESİ VE SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE TAŞIYICI ELEMANLARIN ANALİZİ	33
4.1. Giriş	33
4.2. Taşıyıcı Elemanların Ansys Workbench 11 Kullanılarak Katı Modellenmesi	34
4.3. Malzeme Özelliklerinin Seçilmesi	34
4.4. Mesh (Ayrıklaştırma)	35
4.4.1. Meshing ve Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	35
4.4.2. Kiriş Elemanlarının Küçük Parçalara Ayrılması	37
4.4.3. Eleman Tipinin Seçimi	38
4.5. Sınır Koşulları ve Yükleme	38
4.6. Analiz	40
4.6.1. Statik Analiz	40



4.6.2. Titreşim ve Dinamik Analiz	40
4.7. Araştırmacının Amacı	40
4.8. Taşıyıcı Elemanların Analizinin Yapılması	41
4.8.1. Üst Askı Kirişinin Analizi	41
4.8.1.1. Üst Askı Kirişine Ait Verilerin Ansys Workbench'e Aktarılması	41
4.8.1.2. Üst Askı Kirişine Ait Analiz Sonuçları	44
4.8.1.3. Üst Askı Kirişinde Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	46
4.8.1.4. Üst Askı Kirişinde Analiz Sonuçlarının Zaman İçerisindeki Dağılımı	48
4.8.2. Alt Askı Kirişinin Analizi	50
4.8.2.1. Alt Askı Kirişine Ait Verilerin Ansys Workbench'e Aktarılması	50
4.8.2.2. Alt Askı Kirişine Ait Analiz Sonuçları	54
4.8.2.3. Alt Askı Kirişinde Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	56
4.8.2.4. Alt Askı Kirişinde Analiz Sonuçlarının Zaman İçerisindeki Dağılımı	58
4.8.3. Yan Kirişlerin Analizi	59
4.8.3.1. Yan Kirişlere Ait Verilerin Ansys Workbench'e Aktarılması	59
4.8.3.2. Yan Kirişlere Ait Analiz Sonuçları	65
4.8.3.3. Yan Kirişlerde Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	67
4.8.2.4. Yan Kirişlerde Analiz Sonuçlarının Zaman İçerisindeki Dağılımı	69
4.8.4. Taşıyıcı Sistemin Bütün Halde Analizi	71
4.8.4.1. Taşıyıcı Sisteme Ait Verilerin Ansys Workbench'e Aktarılması	72
4.8.4.2. Taşıyıcı Kafese Ait Analiz Sonuçları	73
4.8.5 Taşıyıcı Sistemin Dinamik Koşullar Altında (İvmeli) Analizi	76
4.8.5.1 Taşıyıcı Kafese Ait Analiz Sonuçları	77

5. TAŞIYICI KAFESİN OPTİMİZASYONU	81
5.1. Giriş	81
5.2. Üst Askı Kirişinin Optimizasyonu	81
5.3. Alt Askı Kirişinin Optimizasyonu	85
5.4. Yan Kirişlerin Optimizasyonu	87
6. SONUÇLAR ve TARTIŞMALAR	91
6.1. Sonuçlar	91
6.2. Öneriler	93
7. KAYNAKLAR	94
ÖZGEÇMİŞ	96

## SİMGELER - KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Amerikan Standartları
$A$	: Alan
AWP	: Ansys Workbench Programı
B	: Boyut
$E$	: Elastisite Modülü
$e$	: Sehim
EN	: Avrupa Standartları
$F$	: Kuvvet
FEA	: Finite Element Analysis
$h$	: Yükseklik
$I$	: Alan Atalet Momenti
$J$	: Tarafsız Eksene Göre Atalet Momenti
$L$	: Uzunluk
$M_e$	: Eğilme momenti
$n$	: Kiriş adedi
SEM	: Sonlu Elemanlar Metodu
SEY	: Sonlu Elemanlar Yöntemi
TS	: Türk Standartları
UPN	: U Profili
$\sigma$	: Normal Gerilme
$W$	: Mukavemet Momenti
$\tau$	: Kayma Gerilmesi
$\varphi$	: Dönme Açısı
$\varepsilon$	: Normal Birim Uzama
$\nu$	: Poisson Oranı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
1.1. Şahıs Asansörü	2
1.2. Yük Asansörü	2
1.3. Sedye Asansörü	3
1.4. Monşarj Asansörü	3
1.5. Panoromik Asansörü	3
1.6. Asansör Modeli	6
2.1. Asansör tesisine ait bölümler	10
3.1. Asansör kabin iskeleti	16
3.2. Alt ve üst kirişlerde kullanılan U profiller ve birleştirici L profil	16
3.3. Bayrak sacı ve üst U kirişlerle birleştirilmesi	17
3.4. Üst kiriş, halat sacı ve yaylar	17
3.5. Alt kiriş ve kabin ağırlığının geldiği bölgeler	18
3.6. Yükün kabine girerken ve kabin içindeki eksantrik konumu	22
3.7. Eksantrik yüklü çerçevede şekil değişimi	23
3.8. Kabin platformu üzerinde yük dağılımı	23
3.9. Üst askı kirişinin eğilme moment diyagramı	27
3.10. Alt kirişin eğilme momenti diyagramı	29
3.11. Döndürme momentinin hesabı için diyagram	30
4.1 Malzeme seçim menüsü	35
4.2 Sonlu elemanlara ayırma (mesh) menüsü	37
4.3 İki ucu basit mesnetli kiriş	39
4.4 Üst askı kirişi mesh yapısı	41
4.5. Üst askı kirişine ait sınır koşulu	42
4.6. Üst askı kirişindeki yükün uygulanması	42
4.7. Üst askı kirişine uygulanan yükün zaman içindeki dağılımı	43
4.8. Üst askı kirişinin çözümüne ait zaman iterasyonları	44
4.9. Üst askı kirişinde Y eksenine boyunca normal gerilme	45
4.10. Üst askı kirişinde Y eksenine boyunca birim uzama	45
4.11. Üst askı kirişindeki eşdeğer ( Von-Mises) gerilme	45

4.12. Tablo 4.6' ya göre üst askı kirişindeki eşdeğer gerilmelerin Karşılaştırılması	47
4.13. Tablo 4.6' ya göre üst askı kirişindeki toplam deformasyon değerlerinin karşılaştırılması	48
4.14. Tablo 4.7' e göre üst askı kirişinde oluşan eşdeğer gerilmenin zaman içerisindeki dağılımı	49
4.15. Tablo 4.7' e göre üst askı kirişinde oluşan toplam deformasyonun zaman içerisindeki dağılımı	50
4.16. Alt askı kirişi mesh yapısı	50
4.17. Alt askı kirişine ait sınır koşulu	51
4.18 Alt askı kirişinde sistem durağan ve hareket halinde iken sabit olan yükler	51
4.19 Alt askı kirişine uygulanan yükün zaman içindeki dağılımı	52
4.20 Alt askı kirişindeki dinamik yükün sisteme uygulanması	53
4.21 Alt askı kirişindeki yüklemeler	53
4.22 Alt askı kirişindeki yüklemelerin zamanla değişimi	53
4.23 Alt askı kirişinde eşdeğer gerilme (Von-Mises)	54
4.24 Alt askı kirişinde toplam deformasyon	54
4.25 Alt askı kirişindeki kayma gerilmesi	55
4.26 Tablo 4.10'a göre alt askı kirişindeki eşdeğer gerilmelerin Karşılaştırılması	56
4.27 Tablo 4.10'a göre alt askı kirişindeki yerdeğiştirme değerlerinin Karşılaştırılması	57
4.28 Tablo 4.11'e göre alt askı kirişinde oluşan eşdeğer gerilmenin zaman içerisindeki dağılımı	59
4.29 Tablo 4.11'e göre alt askı kirişinde oluşan toplam deformasyonun zaman içerisindeki dağılımı	59
4.30 Yan kirişlerin mesh yapısı (eleman boyutu 15 mm.)	60
4.31 Yan kirişlere ait sınır koşulu	61
4.32 Yan kirişlerde sistem durağan ve hareket halinde iken sabit olan yükler	62
4.33 Yan kirişlere uygulanan yüklerin zaman içindeki dağılımı	63
4.34 Yan kirişlere uygulanan dinamik yüklerin sisteme uygulanması	63
4.35 Yan kirişlerde sınır koşulları ve yüklemeler	64
4.36 Yan kirişlerdeki yüklemelerin zamanla değişimi	64

4.37 Yan kirişlerdeki eşdeğer gerilme (Von-Mises)	65
4.38 Yan kirişlerde toplam deformasyon	66
4.39 Yan kirişlerde X yönündeki toplam deformasyon	66
4.40 Yan kirişlerde Y yönündeki toplam deformasyon	66
4.41 Yan kirişlerdeki kayma gerilmesi	67
4.42 Tablo 4.14'e göre yan kirişlerdeki eşdeğer gerilmelerin karşılaştırılması	68
4.43 Tablo 4.14'e göre alt yan kirişlerdeki yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması	69
4.44 Tablo 4.15'e göre yan kirişlerde oluşan eşdeğer gerilmenin zaman içerisindeki dağılımı	70
4.45 Tablo 4.15'e göre yan kirişlerde oluşan toplam deformasyonun zaman içerisindeki dağılımı	71
4.46 Asansör taşıyıcı sistemi	72
4.47 Taşıyıcı sistemin sonlu elemanlara ayrılması	73
4.48 Taşıyıcı kafese ait toplam deformasyon	74
4.49 Taşıyıcı sistemde toplam deformasyonun zaman içerisindeki değişimi	74
4.50 Taşıyıcı sistemde eşdeğer (Von-Mises) gerilmesi	75
4.51 Taşıyıcı sistemde eşdeğer (Von-Mises) gerilmesinin zaman içerisindeki değişim	75
4.52 Taşıyıcı sistemde kayma gerilmesi	76
4.53 Taşıyıcı sistemde kayma gerilmesinin zaman içerisindeki değişimi	76
4.54 Sistemin İvmeli Hareket Şartlarındaki Sınır Koşulları	77
4.55 Taşıyıcı sistemin toplam deformasyonu	78
4.56 Taşıyıcı sistemde eşdeğer gerilme	78
4.57 Üst askı kirişine ait toplam deformasyon	78
4.58 Yan kirişlere ait toplam deformasyon	79
4.59 Alt kirişlerde toplam deformasyon	79
5.1 Üst Askı Kirişinin Shape Optimizasyonu	82
5.2 Üst askı kirişine ait Von-Misses gerilmesi	84
5.3 Üst askı kirişine ait toplam yer değiştirme	84
5.4 Alt askı kirişinin shape optimizasyonu	85
5.5 Alt askı kirişine ait Von-Misses gerilmesi	86
5.6 Alt askı kirişine ait toplam yer değiştirme	87

5.7 Yan kirişlerin shape optimizasyonu	88
5.8 Yan kirişlere ait Von-Misses gerilmesi	89
5.9 Yan kirişlere ait toplam yer değiştirme	90

## TABLOLAR DİZİNİ

<b><u>Tablo</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
3.1 Maksimum net platform alanı	21
3.2 Beş kişilik asansörün modellenmesi için kullanılan boyutlar	25
3.3 NPU100 profili özellikleri	26
3.4 NPU65 profili özellikleri	31
4.1 Asansör taşıyıcı elemanlarının sonlu elemanlar analizi için işlem adımları	33
4.2 Asansör taşıyıcı elemanlarının geometrik boyutları	34
4.3 Yapı çeliğinin malzeme özellikleri	35
4.4 Üst askı kirişinde farklı eleman boyutlarında model üzerinde oluşan eleman sayısı ve düğüm noktası değerleri	41
4.5 Üst askı kirişinin değişen eleman boyutlarına göre analiz sonuçları	46
4.6 Üst askı kirişinin değişen analiz biçimlerine göre toplam deformasyon ve eşdeğer gerilme değerleri	46
4.7 Üst askı kirişinin zaman içerisindeki gerilme ve deformasyon değerleri	49
4.8 Alt askı kirişinde farklı eleman boyutlarında model üzerinde oluşan eleman sayısı ve düğüm noktası değerleri	51
4.9 Alt askı kirişinin değişen eleman sayılarına göre analiz sonuçları	55
4.10 Alt askı kirişinin değişen analiz biçimlerine göre yer değiştirme ve eşdeğer gerilme değerleri	56
4.11 Alt askı kirişinin zaman içerisindeki gerilme ve deformasyon değerleri	58
4.12 Yan kirişlerde farklı eleman boyutlarında model üzerinde oluşan eleman sayısı ve düğüm noktası değerleri	60
4.13 Yan kirişlerin değişen eleman boyutlarına göre analiz sonuçları	67
4.14 Yan kirişlerin değişen analiz biçimlerine göre yer değiştirme ve eşdeğer gerilme değerleri	68
4.15 Yan kirişlerin zaman içerisindeki gerilme ve deformasyon değerleri	70
4.16 Taşıyıcı kafes modeli üzerinde oluşan eleman sayısı ve düğüm noktası değerleri	72
5.1 Beş kişilik asansörün modellenmesi için kullanılan boyutlar	83
5.2 UPN65 Profiline ait bazı özellikler	83



5.3 UPN50 Profiline ait bazı özellikler

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Asansörler

Asansörler insan hayatı ve konforu açısından büyük önem taşıyan, kot farkı bulunan yerler arasında hızlı, kolay, rahat ve güvenli taşımayı gerçekleştiren transport makinalardır. Günümüzde büyük şehirlerde ve endüstri merkezlerinde gerek hızlı kentleşme ile ortaya çıkan yüksek katlı binalarda ve gerekse endüstriyel tesislerde asansör vazgeçilmez araçlar haline gelmiştir. Ayrıca asansörleri; yük ve insanları, kılavuz raylar arasında hareketli kabin veya platformları ile düşey doğrultuda yapının belli duraklarına taşımaya yarayan elektrikli araçlar olarak da tarif edebiliriz[1]. Bu tarif doğrultusunda ele alınan insan faktörü olduğu zaman ilk akla gelen emniyet olmuştur.

Bugün dünyamızda harika bir dikey taşıma aracı olarak asansörün, ilk olarak Avrupa'dan bütün dünyaya yayıldığını geçmişten günümüze kadar ulaşan belgelerden öğrenmekteyiz. Çok eski çağlardan 13. yüzyılın başlarına kadar kaldırma araçlarının arkasındaki güç insan ve hayvan gücüydü. Eski Roma İmparatorluğu saraylarında katlar arasında inip çıkan dolapların bulunduğu eski yazıtlarda yer almaktadır.

19. yüzyılın başlarında dünyada asansörlerde yapılan teknolojik devrimler sayesinde, hızla ivme kazanarak uluslararası dev firmalar kurulmuş ve asansörde adeta bir teknolojik devrim yaratılmıştır. Bugün hızları saniyede 8 metre olan ve 400 metreye kadar yükselen asansörler yapılmıştır. Üstelik bu asansörler rahatlıkla 20-25 kişiyi taşıyabilecek kapasiteye çıkarılmış ve akıllı asansör sistemleri kurulmuştur. Akıllı asansörler bina yolcu trafiğine göre tasarlanmış, hatta otomasyon sistemi sayesinde yolcunun kullanım alışkanlıklarını takip edecek şekilde programlanabilmektedir. Örneğin; Her gün herhangi bir katta günün belli saatinde asansöre binen bir yolcuyu birkaç gün sonra sistem otomatik olarak algılar ve o yolcuyu o katta hazır bekler, en önemlisi her hangi bir tehlike anında asansörün veri bankasında biriken bilgiler sayesinde asansörlerin öncelikle hangi katlara yöneleceğini kendisi belirler. Asansör dolduğunda diğer katlara uğramadan gider ve vakit kaybının önüne geçerler.

Günümüzde yüksek yapıların artışı asansör tesislerinin önemini de arttırmıştır. Bu alanda gittikçe sıkılaştıran güvenlik talimatları ve kontrolleri, imalatçı firmaların rekabeti ile birleştiğinde sektörde tasarım çalışmalarının gelişmesi gerektiği açıktır. Ayrıca belgelendirme zorunluluklarında firmalara tasarım ve hesap yükümlülükleri getirmektedir.

Yükün kaldırılması veya iletilmesi hareketini doğrusal olarak yapan asansörler değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Örneğin, asansör ile yük taşınacaksa bu asansörlerin yapısı yolcu asansörlerinden farklı olacaktır. Yük asansörleri; çalışma hızları düşük, kabin görevini yapan kasa daha sağlam ve taşınacak malzemelere daha uygun bir yapıda imal edilirler. Genellikle kullanılan asansör çeşitleri şunlardır.

### 1.1.1 Şahıs Asansörleri



Şahıs asansörleri (Şekil1.1), binaların projelendirilmesi aşamasında yapılan trafik hesaplarına ve avan projelerine uygun olarak imal edilen, 4 kişiden 21 kişiye kadar kapasiteye sahip yapılabilen şahıs asansörlerinin hızları, binanın yüksekliğine göre değişkenlik göstermekle birlikte hızları 0,63 m/sn den 2,5 m/sn kadar çıkabilenleri mevcuttur.

Şekil 1.1 Şahıs Asansörü.

### 1.1.2 Yük Asansörleri



Fabrika, depo yada otoparklarda kullanılmak üzere tesis edilen ağır ortam şartlarında kullanılan asansörlerdir (Şekil 1.2). Tesis edildiği binanın en zor şartlarına göre tasarlanan yük asansörleri, 500 kg'dan 10.000 kg'a kadar çeşitli kapasiteye sahip olarak üretilmektedir.

Şekil 1.2 Yük Asansörü.

### 1.1.3 Sedye Asansörleri



Diğer asansörlerden ayrıcalıklı özelliği; Hastanın konforlu, daha sağlıklı ve güvenli taşınması amaçlanmıştır. Elektrik kesilmelerine karşı önlem, ayarlanmış ışık akısı, anti bakteriyel tedbirler, paslanmaz aksam... gibi ekstra donanımlar ilave edilmiş asansörlerdir. (Şekil 1.3)

Şekil 1.3 Sedye Asansörü.

### 1.1.4 Monşarj Asansörleri



Bu tip asansörler genelde otel, restaurant ve villalarda mutfaktan yemek yenilen kata; tabak, bardak, tepsi taşınmasında kullanılır. Çağırılmalı ve göndermeli sistem olarak tesis edilir. Gideceği kata, o katta bulunan butona basılarak gönderilir. (Şekil 1.4) Küçük tip yük asansörleri olarak düşünebileceğimiz monşarj asansörleri 40 kg'dan 150 kg'ya kadar değişik kapasitelere sahiptir.

Şekil 1.4 Monşarj Asansörü.

### 1.1.5 Panoramik Asansörler



Panoramik asansörler açık havada, alışveriş merkezlerinde, tren istasyonlarında sıkça karşılaştığımız bir asansör (Şekil 1.5 ) çeşididir. Panoramik asansörün en büyük özelliği yan ve arka cephelerinin tamamen camdan üretilmesidir.

Şekil 1.5 Panoramik Asansörü.

## 1.2 Asansörler Hakkında Yapılan Analiz Çalışmaları

Literatürde bu konuda yapılan bazı çalışmalardan örnekler vermek gerekirse; Birinci çalışmada asansör kabin taşıyıcıları; üst ve alt askı kirişlerinde U profiller, yan kirişlerde L profiller kullanılarak tasarlanmış ve basit yöntem ile statik analizleri yapılmıştır. Daha sonra taşıyıcı eleman olarak kullanılan kirişler, bilgisayar ortamında modellenerek farklı çözücüye sahip I-DEAS sonlu elemanlar modelleme paket programı ile analizleri yapılmıştır. Çalışmada standart kabin ölçüleri dikkate alınarak 4 kişilik bir insan asansörü için model kurulmuş ve bu model üzerinde NPU60, NPU65, NPU80 ve NPU100 değişik boyutlardaki profiller kullanılarak analizler yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler basit yöntemle yapılan hesaplamalarla kıyaslandığında yaklaşık değerler elde edilmiştir. Bu çalışmada, sadece basitleştirilmiş yaklaşım kullanarak elde ettikleri sonuçlarla sonlu eleman sonuçlarını karşılaştırılmış fakat eleman boyutunun analiz sonuçlarına olan etkileri değerlendirilmemiştir. Asansör gibi sistemler durağan olan sistemler olmadığı halde, yapılan kabullerde sistem durağan kabul edilerek analiz yapılmıştır. Dolayısıyla simülasyondan elde edilen değerler, dinamik olarak analiz edilirse farklı değerlere ulaşılacaktır [2].

Diğer bir çalışmada asansör tesislerinin temel mekanik elemanlarından biri olan kılavuz raylar, asansörün normal hızını aşmasında (tehlike anında) devreye giren paraşüt sistemi yüzünden eğilme ve burkulma gerilmelerine maruz kalmaktadır. Bu gerilmeler önce TS-EN 81-1 standartlarına göre hesaplanmış daha sonra tezin ikinci aşamasında SEM temel alınarak ANSYS SEM analiz programı ile hesap yapılmıştır. Bu tez çalışmasında, sistemde kullanılan elemanlar ayrı ayrı düşünülerek model kurulmuş, kaynak ve civata bağlantı noktalarında oluşabilecek gerilme yığılmaları ihmal edilmiş ve sistem statik yükleme altında kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır [3].

Diğer bir çalışmada, asansör taşıyıcı halatlarının statik yük altında deneysel gerilme analizi ele alınmış olup, yapılan çekme deneyleri ile imalatçı firmaların katalog değerleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışma ile asansör sistemlerinde çekme gerilmesine en fazla maruz kalan halatlar incelenmiş, çalışma esnasında halatlara gelen yükler statik olarak kabul edilmiştir. Bu çalışma sonucunda, sisteme yüklenen

maksimum yükler hakkında bilgilere ulaşılmasına rağmen, sistem dinamik olarak ele alınmadığı için elde edilen gerilme değerleri gerçek sistemlere uyarlanamaz [4].

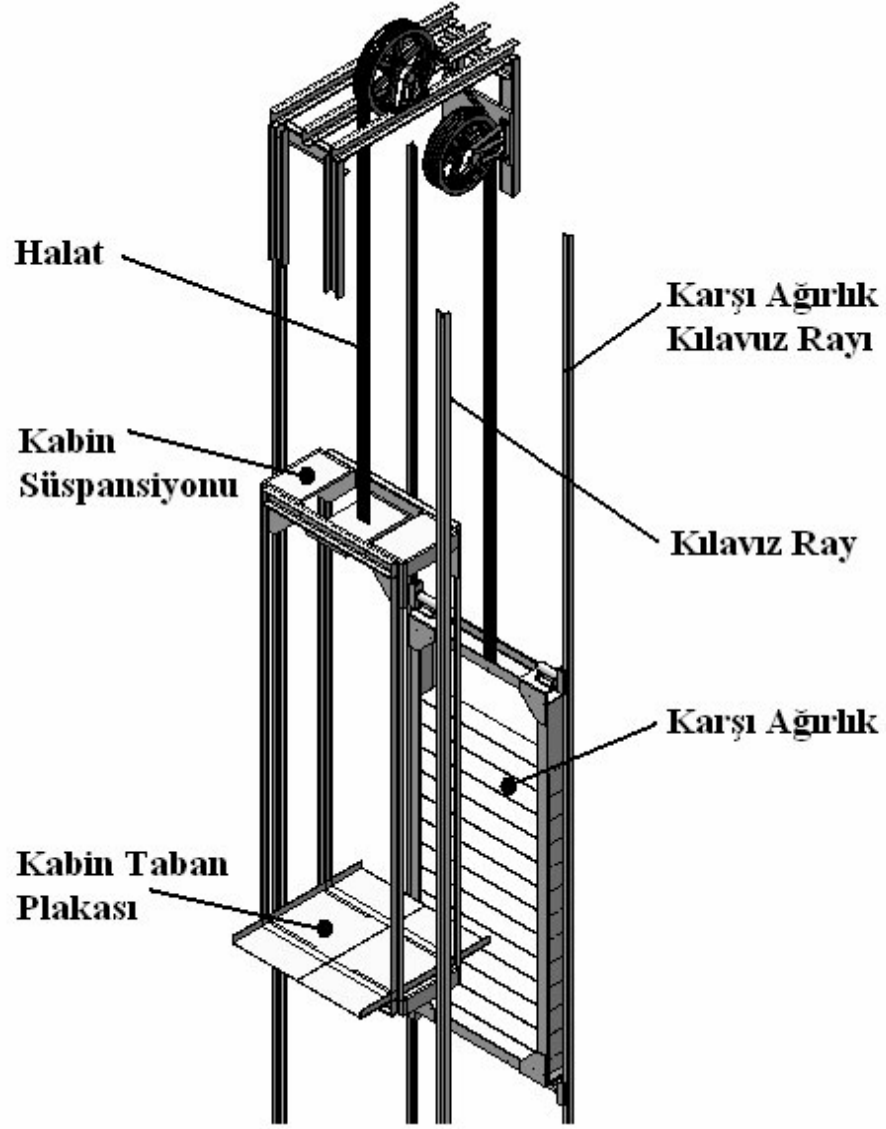
Diğer bir çalışmada, Japonya’da 1995 Kobe depreminden sonra binalarda uygulanmaya başlanan ve “MID-STORY SEISMIC ISOLATION BUILDING” olarak anılan konu üzerinedir. Çalışmanın amacı, binalarda depremden dolayı oluşan büyük yatay kuvvetlere maruz kalan asansör sistemlerinde, taşıyıcı elemanlarda oluşan büyük eğilmelerin önüne geçebilmektir. Sistem doğrusal olmayan sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmiştir. Binanın sismik izolasyon kullanılan eğiminin önüne geçmek için, asansör kuyusu biraz daha uzatılmış ve yatay kuvvetler yüzünden meydana gelen eğilmenin önüne geçmeye çalışılmıştır [5].

Bu alanda yapılan araştırmalardan bir diğerinde de, 8 kişilik bir asansör için farklı çalışma hızlarında, kılavuz raya etki eden hareketli yükleme etkisi ile oluşan deformasyonların asansör kabini üzerindeki titreşim değerlerine etkisi incelenmiştir. Sistemin kolay modellenmesi açısından yükler noktasal kütle olarak ele alınmış ve kabinin basitleştirilmiş yönteme göre SEM modeli oluşturulup analiz yapılmış, analiz sonucunda kabine ait titreşim davranışı elde edilmiştir [6].

### 1.3 Tezin Amacı

Bu araştırmalardan asansörler hakkında detaylı bilgilere ulaşılmıştır. Asansörlerin gerçek uygulamalarda statik yüklemenin yanında dinamik yüklemeye de maruz kaldığı gerçeği ışığında bu statik çalışmalara ek olarak sistemin dinamik olarak incelenmesine karar verilmiş, sistemin gerilme ve toplam deformasyonları için gerçeğe en yakın hedeflere ulaşılması hedeflenmiştir.

Bu çalışmada asansör taşıyıcı elemanlarının (Şekil 1.6); üst askı kirişi, alt askı kirişi ve yan kirişlerin dinamik çalışma koşulları altındaki mekanik davranışları beş kişilik bir insan asansörü için incelenmiş, bu inceleme yapılırken bir ilk olarak sistem dinamik olarak incelenmiştir. Sistemin elemanları önce ayrı ayrı ele alınmış ve daha sonra yine bir ilk olarak sistem bir bütün olarak analiz edilmiştir.



Şekil 1.6 Asansör Modeli.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde, asansörler genel olarak incelenmiş ve tarihteki gelişmesinden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde asansör emniyet sisteminin en temel elemanları olan taşıyıcı elemanlar ele alınmış olup, taşıyıcı elemanlar hakkında detaylı bilgiler verilmiş ve taşıyıcı elemanların basit yöntemle makine mühendisleri 2002 asansör avan ve uygulama yönetmeliğine göre gerilmeleri hesaplanmıştır.

Dördüncü bölüm, tezin ana konusunu kapsamaktadır. Öncelikle asansör taşıyıcı elemanların Ansys Workbench'te 3B modelleri çizilmiş; malzeme özellikleri belirlenmiş, sistemin sınır şartları belirlenmiş; bu sınır şartları sırasıyla üst askı kirişi, alt askı kirişi, yan kirişler ve sonunda sistemi bir bütün olarak ele alıp sisteme uygulanmış ve bunlar yapılırken, diğer çalışmalardan farklı olarak, sistemin maruz

kaldığı kuvvetler dinamik olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, bu analizler yapılırken malzeme boyutlarının etkisini görebilmek için, analizlerde malzeme boyutları değiştirilerek bu analizler tekrarlanmıştır. Elde edilen değerler TS EN 81-1 “elektrikli asansörler için yapım ve montaj için güvenlik kuralları” değerleriyle karşılaştırılmış ve değişen eleman boyutlarının analizlerdeki sonuçları değerlendirilmiştir.

Beşinci bölümde, dördüncü bölümde elde edilen toplam gerilme ve toplam yer değiştirme değerleri TS 1812 değerlerinin altında yer aldığından sistemin optimizasyonunun yapılması uygun görülmüş ve optimizasyon sonucunda taşıyıcı kafes için TS EN 81-1 “elektrikli asansörler için yapım ve montaj için güvenlik kuralları” talimatından farklı olarak beş kişilik bir insan asansörü için farklı kalınlıkta profil kullanımına gidilmiştir, bu da sistemde ağırlıktan 33.89 kg.’lık kazanç sağlamış ve sistemin işletme maliyetini düşürmüştür.



## 2. ASANSÖRLER

Günümüzde yüksek bina yapımına doğan ihtiyaç ve eğilim, asansör tekniğindeki gelişmeler için çalışmalar yapılmasına teşvik etmiş, sağlanan ilerlemeler sayesinde de yapılarda yükselme, imkan ve hız kazanılmıştır. Modern yapıların yükselmesi sonucu, hızlı ve yüksek teknolojinin kullanıldığı asansörlere ihtiyaç artmıştır [1].

Asansörler literatürde; boyutları ve yapımı itibarıyla insanları da içine alacak bir kabini olan, tam düşey veya tam düşey doğrultuya 15 dereceden daha az eğimli olabilen kılavuz raylar arasında belli duraklara insan ve yük taşıyan araçlardır.

### 2.1. Asansörlerin Tarihsel Gelişimi

Bu gün dünyamızda harika bir dikey taşıma aracı olarak kullandığımız ve insanlığın hizmetine sunulan asansörlerin ilk olarak Avrupa'dan bütün dünyaya yayıldığını geçmişten günümüze kadar ulaşan belgelerden öğrenmekteyiz. Çok eski çağlardan 13. yüzyılın başlarına kadar kaldırma araçlarının arkasındaki güç, insan ve hayvan gücüydü. Eski Roma İmparatorluğu saraylarında katlar arasında inip çıkan dolapların bulunduğu yine yazıtlardan öğrenmekteyiz. Romalı mimar Vitarüs M.S. 26 yılında yazmış olduğu eserde Roma'da M.Ö. 236 yıl önce dahi yük kaldırmak ve indirmek için kullanılan bir takım araçlarından söz etmiştir. Daha sonra bu dolapların ilkel bir asansör olduğuna o zamanki bilim adamları karar vermişlerdir. Orta çağ dönemlerinde buna benzer dolapların (asansör) manastırların duvarlarında dışarıdan faaliyet gösteren asansörlerin olduğu bilinmektedir. Bu tür asansörlerin daha çok savunma ve korunma amacıyla, düşmanların gece baskınları yaparak içeriye girmesini önlemek için yapıldığı düşünülmektedir [7].

17. Yüzyılın başlarında Velayer adındaki bir Fransız mimar bu ilkel aleti biraz daha geliştirerek karşı ağırlık ile daha iyi dengede çalışmasını sağladı. Elle çevrilerek hareket ettirilen bu alete uçan sandalye adı verilmiştir. 15 yıl sonra Amerikalı mimar Henry Waterman daha büyük bir dolap yaptı ve iki katlı bir binada kullandı, bu aleti basınçlı hava ile çalıştırarak artık insan gücüne ihtiyaç kalmadığını gösterdi.

1867 yılında Edoux adındaki Fransız mühendis uluslararası Paris sergisi münasebetiyle yeni bir kaldırma makinesi yaptı ve adını Asansör (Asseneur) koydu. Bu makine ziyarete gelen misafirleri en yüksek noktaya kadar çıkartıp

indiriyordu. 1878 yılında yine Paris sergisinde Edoux asansör ile 62,5 metre yüksekliğe çıkartmayı başardı.

1880 yılında bu kez Alman fizikçi Erner Van Siemens yeni bir buluş ortaya çıkardı. Manheim sergisinde elektrikten faydalandı. 1889 yılında Paris'te açılan bir sergide ünlü Fransız Mühendis Eiffel adını ölümsüzleştirdiği bir de asansör kurdu ve insanları zahmetsiz bu kuleye çıkartarak Paris'i seyrettirdi.

Çok değil tam 3 yıl sonrada, ülkemizde İstanbulda Pera Palas (otel), Orient Expres yolcularını ağırlamak için 1892 yılında Fransız Mimar Alexander Valley tarafından inşa edilmiştir.

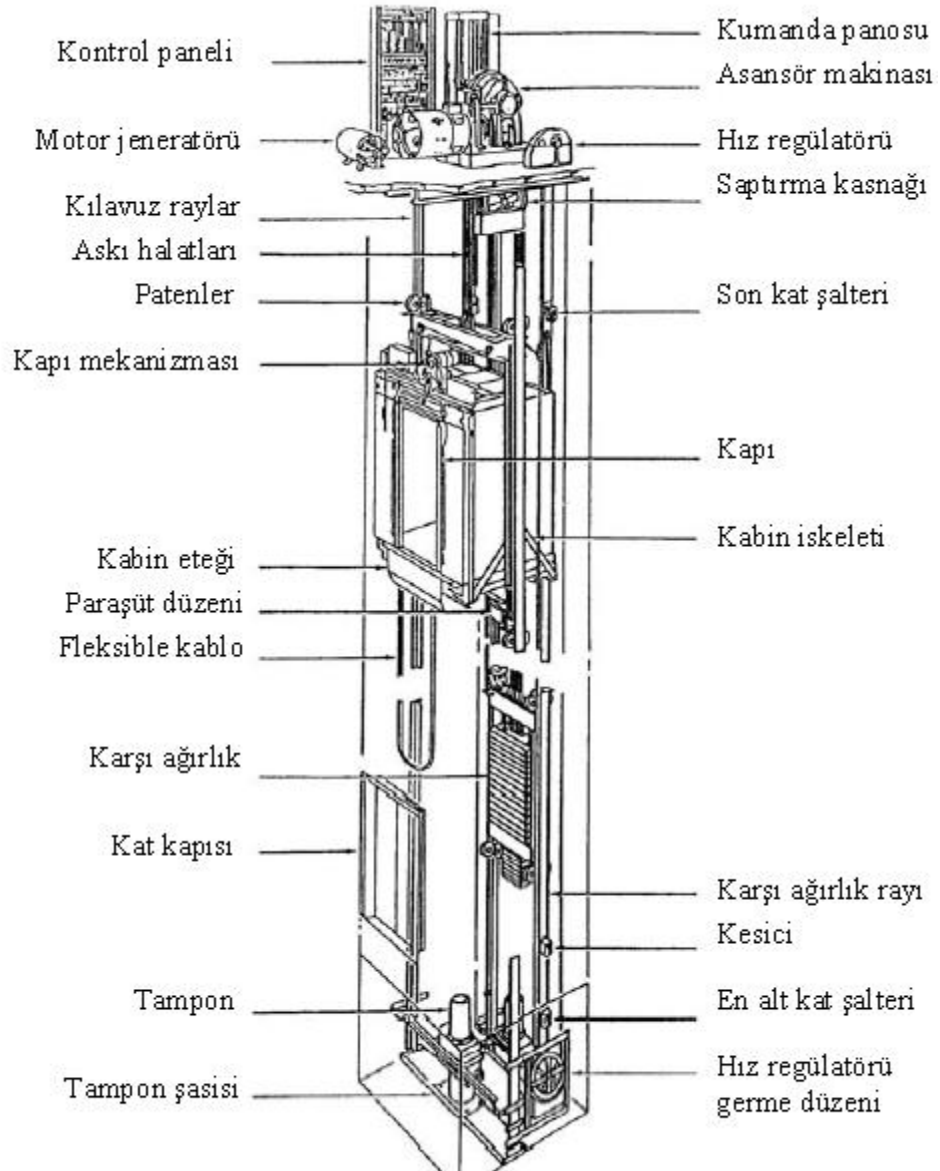
Son yüzyıl içinde, işletme güvenliğini, kullanma rahatlığı ve kolaylığını arttırıcı yönde, özellikle de elektrik ve elektronik olarak büyük ilerlemeler görülmüştür. Günümüzde asansör hızları saniyede 7 metreye ulaşmıştır. Asansör kabininin kablo bağlantısı bulunmayan, kumandaların elektro - manyetik olarak iletildiği duruma kadar gelişme sağlanmıştır [1, 7].

## 2.2 Asansör Mekanik Dizaynı

Yaygın olarak binalarda tesis edilen ve halatla tahrik edilen asansörlerin genel bölümleri ile kullanılan makina parçaları Şekil 2.1'de gösterilmiştir [7].

- i. Asansör kuyusu
- ii. Makine dairesi
- iii. Kabin
- iv. Kat kapıları
- v. Kılavız raylar
- vi. Karşı ağırlık
- vii. Askı elemanı (tel halat)
- viii. Hız regülatörü
- ix. Son kat şalteri
- x. Paraşüt düzeni
- xi. Asansör makinası
- xii. Tamponlar

- xiii. Paten
- xiv. Kumanda düzeni
- xv. Elektrik donanımı
- xvi. Fren Tertibatı
- xvii. Kumanda düzeni



Şekil 2.1 Asansör tesisine ait bölümler [7].

### 2.2.1 Asansör Kuyusu

Asansör kuyusu, asansör hızı ve kabin boyutlarına göre dizayn edilen ve kabin ile karşı ağırlığın düşey doğrultu boyunca içinde hareket ettiği, etrafı yanmaya karşı

dayanıklı duvarlarla çevrilmiş olan boşluktur. Bu boşluk genellikle kuyu dibi, kuyu duvarları ve kuyu tavanı ile sınırlıdır [1].

### **2.2.2 Makine Dairesi**

Asansör makinası ve kumanda tablosunun, ana şalter, hız regülatörü ve saptırma makarasının da bulunduğu kapalı mekana makina dairesi denir. Makina dairesi, çok kez asansör boşluğu üstünde olduğu gibi, altta veya yanda da yapılabilir [1,7].

### **2.2.3 Kabin**

Taşıyıcı elemanlar kısmında genişçe yer verilecek olan kabin, yük ve insanların katlar arasında taşınmasında kullanılan çelik profil iskeleti ile askı halatlarına bağlı, kapılı veya kapısız olabilen çelik konstrüksiyonlardır. Kabinler, çelik bir zemin ve taşıyıcı bir iskeletten meydana gelir.

### **2.2.4 Kat Kapıları**

Asansör duraklarındaki kapılar basit, yarı otomatik, ya da tam otomatik olabilir. Kapılar en kısa zamanda açılıp kapanabilmeli ve insanların aynı anda giriş-çıkış yapabilmesine imkan vermelidir. Standart asansör kapıların genişlikleri 700 ila 1100 mm. arasında, yüksekliği ise 2000 mm. olacak tarzdadır [1,7].

### **2.2.5 Kılavuz Raylar**

Kılavuz raylar, asansör tesisinde kabini ve karşı ağırlığı düşey hareketlerde ayrı ayrı kılavuzlamak ve yatay hareketlerini minimuma indirmek, paraşüt tertibatının çalışması durumunda kabini durdurmak maksadıyla kullanılır. Kabin ve karşı ağırlığın düşey doğrultularını korur, dönmesini engellerler. Aynı zamanda, paraşüt düzeninin kabini tutmak için kullanacağı elemanlar raylardır. Genellikle soğuk çekme çelik T-profilleri kullanılır. Karşı ağırlık için, gergin yuvarlak profili çelik çubuktan yada köşebentten yapılabilir. Kabin ve karşı ağırlık en azından iki rijit çelik kılavuz rayı tarafından kılavuzlanmalıdır. Bu raylar çekme gerilmesi 370 MPa ile 520 MPa arasında olan yapı çeliklerinden imal edilirler [1,7].

### **2.2.6 Karşı Ağırlık**

Kabin ağırlığını ve tam yükün de 0,4 ya da 0,5'ini karşılayacak değerde seçilir. Kolay taşınabilmesi ve miktar ayarlanması bakımından birbiriyle bağlanabilecek

dökme demir parçalar halinde yapılır. Karşı ağırlık çelik bir çerçeve, yardımcı ağırlıklar ve çelik çerçeveye tutturulmuş yönlendirme elemanlarından oluşmaktadır. Yardımcı ağırlıklar genellikle dökme demirden veya çelik levhalardan imal edilirler [1,7].

### **2.2.7 Askı Elamanı (Tel Halat)**

Asansör makinalarında askı halatı olarak çoğunlukla paralel sarımlı halatlar kullanılmaktadır. Paralel sarımlı halatlar olarak Seale veya Warrington halatı yaygın olarak kullanılmaktadır. İnsan taşıyan asansörlerde en az iki halat kullanılmalı ve halat çapları 8 mm.'den az olmamalıdır. Paralel sarımlı halatın kordonlarındaki eşit sarımlı halatlarda, kordon içindeki teller aynı uzunluğa sahiptir. Bu tip halatlar, çapraz sarımlı veya düz sarımlı kordonlardan meydana gelmektedir [1,7].

### **2.2.8 Hız Regülatörü**

Hız regülatörü, asansör iniş hızı, normal değer %25'i kadar aştığı takdirde, paraşüt tertibatını harekete geçirerek, paraşüt frenini etkiler ve motor elektriğini keser. Hız regülatörü asansör boşluğunun üst tarafında, makina dairesinde bulunur. Regülatör halatı kabinin hareketini, regülatör kasnağına iletir. Aşırı hız halinde sıkıştırılan bu halat paraşüt mekanizmasını harekete geçirir. Hız regülatörleri genellikle "hız sınırlayıcı" olarak görev yapsalar da hız düzenleyen hız regülatörü çeşitleri de mevcuttur [1].

### **2.2.9 Son Kat Şalteri**

Son kat şalterleri kabin en alt ve en üst durumlarını sınırlar, kabine tespit edilirler veya makine dairesi zeminine yerleştirilirler ve kabin tarafından çalıştırılırlar. Birinci hal genellikle yüksek hızlı asansörlerde, ikinci hal ise düşük hızlı asansörlerde tercih edilir. Son kat şalterlerinin gerek kontrol devresini gerekse motor ana devresini kesen tipleri mevcuttur [1].

### **2.2.10 Paraşüt Tertibatı**

Kabinin üst veya alt kirişlerine yerleştirilir. Halat kopması veya iniş hızının aşırı derecede artması halinde, asansörü kılavuz raylar üzerinde frenleyerek durdurur. Elektrikli, hidrolik veya pnömatik sistemler güvenli olmadığından mekanik olarak çalışır. Ani frenleyerek kısa mesafede durdurma, atalet kuvvetleri yüzünden gerek

insan, gerekse taşıyıcı elemanlar üzerinde zararlı etki yapacağından, yumuşatıcı ve kaydırıcı paraşüt freni uygulanır [1].

### **2.2.11 Asansör Makinası**

Halat donanımlı asansörler, üzerinde halat sarılmış olan kasnağın karşı ağırlık ile dengelenmiş kabinleri hareket ettirmesi prensibiyle çalışırlar. Mekanik donanım olarak sürtünmeli tahrik mekanizması dışında asansör tahrik grubunda, fren donanımı, redüktör olarak bir sonsuz vida mekanizması, kabin ve karşı ağırlığın üzerinde çalıştığı kılavuz raylar, tehlike anında devreye giren paraşüt düzenleri ve tamponlar ile kapı açma- kapama mekanizmaları bulunmaktadır [1,7].

### **2.2.12 Tamponlar**

Arıza yüzünden en alt durakta durmayıp yoluna devam eden kabin ve karşı ağırlığın zemine çarpışını yumuşatmak üzere, asansör hızına göre, elastik, yay veya hidrolik elemanlar kullanılır [1].

### **2.2.13 Patenler**

Kabin ve karşı ağırlık ayrı ayrı kılavuz rayına patenler ile alt ve üst kısımlarından kılavuzlanmaktadır. Kılavuzlama yapan patenler; kayan paten, döner paten ve tekerlekli patenler olmak üzere üç ayrı tiptedirler. Kayan patenler, 2 m/s altındaki orta ve düşük hızda çalışan asansörlerde kullanılmaktadır. Kayma süresi, kabin hareketine ilave bir kuvvet yaratabilmekte ve kılavuz raylara sabit basınç uygulamaktadır. Döner patenler, yüksek hızlı asansörlerde tercih edilmektedir. Ancak yumuşak bir kullanım ve sürtünme kayıplarının azaltılması nedeniyle güçten kazanç sağlaması nedeniyle orta hızlı asansörlerde de kullanılmaktadır. Tekerlekli patenler, kılavuz raylara sürekli temas halinde bulunan üç adet kendi etrafında dönebilen ve rulmanlı yataklı tekerlekten oluşmaktadır. Tekerlekler, plastik veya poliüretenden imal edildiğinden titreşimler oldukça azaltılmıştır ve sessiz çalışma, düşük sürtünme sağladıklarından tercih edilmektedirler [1,7].

### **2.2.14 Kumanda Düzeni**

Asansörlerin kolay, rahat, düzenli ve güvenli bir şekilde kullanılmaları için kumanda sistemleri mevcuttur [7].

### **2.2.15 Elektrik Donanımı**

Makina Dairesinde, bir tablo üzerinde ana şalter ve sigortalar bulunur. Elektrik motorunun çalıştırılması, otomatik frenin gevşetilmesi, aydınlatma, emniyet ve kumanda düzenleri için çeşitli devreler düzenlenir [7].

### **2.2.16 Fren Tertibatı**

Bir asansör makinasında frenler, tutma ve yürütme frenleri olarak çalışırlar. Tutma frenleri bir hareketin sonunda yükü askıda tutan frenlerdir. Yürütme frenleri ise doğrusal hareket yapan kütlelerle (kabin, taşınan yük, karşı ağırlık, halat vb.) ile dönen kütlelerin ( rotor, kavrama, fren kasnağı, sonsuz vida mili, dengeleme volanı vb.) kinetik enerjilerini alırlar [1,7].

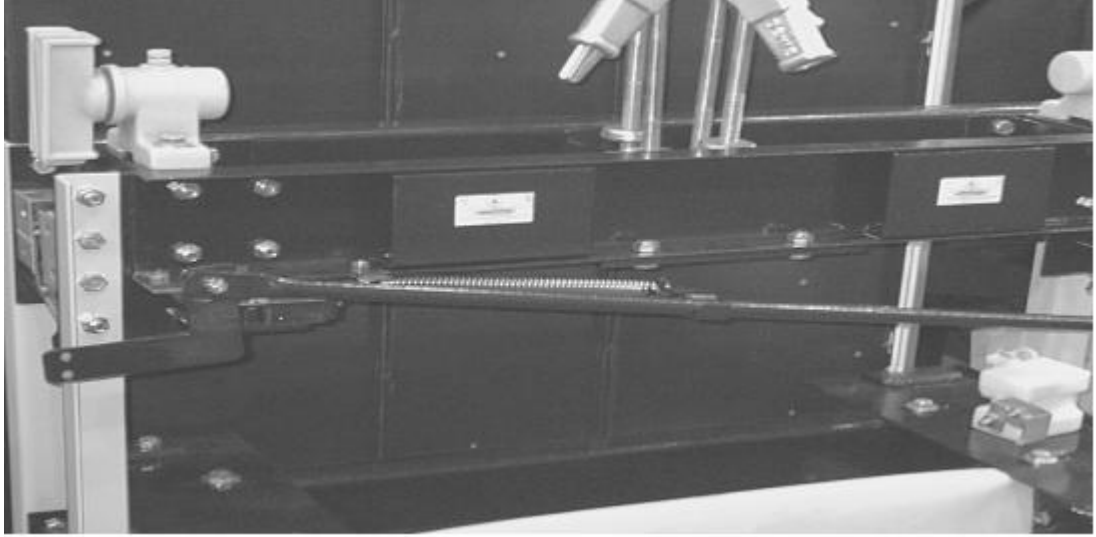
## **3.0 ASANSÖR TAŞIYICI ELEMANLARI ve BASİT YÖNTEM İLE GERİLME DEĞERLERİNİN HESABI**

### **3.1 Giriş**

Asansör kabini amacına göre, yük veya insanların katlar arasında güvenli şekilde taşınması için, çelik konstrüksiyondan yapılmış bir iskelet ile askı halatlarına bağlı olan taşıma bölümüdür. Kabinin ana bölümünü; askı halatlarıyla bağlantıyı sağlayan ve bunun yanında raylara yönlendirme elemanı olarak, ray pabuçları ile tutturulup asansörün yatay hareketini engelleyen kabin iskeleti oluşturur. Patenler altta ve üstte ikişer adet olabileceği gibi büyük kabinlerde dörder adet de olabilir. Kabin hızı ve yüküne göre çok çeşitli patenler kullanılabilir. Kabin iskeletinin bir diğer önemli görevi de güvenlik sisteminin bağlanmasıdır. Asansör tasarımı yapılırken, asansöre gelebilecek yükler ve frenleme anında oluşacak darbeler, gerekli güvenlik katsayıları da dikkate alınarak hesaplanıp, asansör iskeletini oluşturacak çelik yapının karkası oluşturulur. Bu yüzden asansör iskeletinin bağlantıları, cıvata bağlantıları ve halat bağlantı noktaları ayrı bir önem taşır. Kabin iskeletine daha sonra çelik bir zemin ve yan duvarlar ilave edilerek kabin alanı oluşturulur [8].

Asansör kabini (Şekil 3.1), asansör kabin ve yükünü taşıyan dikdörtgen biçiminde, askıda olan rijit bir taşıyıcı çelik yapıdır. Kabin çerçevesi; üst askı kirişi, iki adet dikey konumda yan kirişler ve alt kirişten meydana gelir. Kabin platformu, üst ve alt kılavuz pabuçları, kabin emniyet tertibatı ve askı halatları, hidrolik asansörlerde piston veya silindirler, destek elemanları (çubuklar) kabin çerçevesine bağlanırlar. Bu parçalar direkt olarak kabin çerçevesini oluşturan parçalar değildirler. Asansörün düşey transportu sağlayabilmesi için zorunlu olan parçalardır [8].





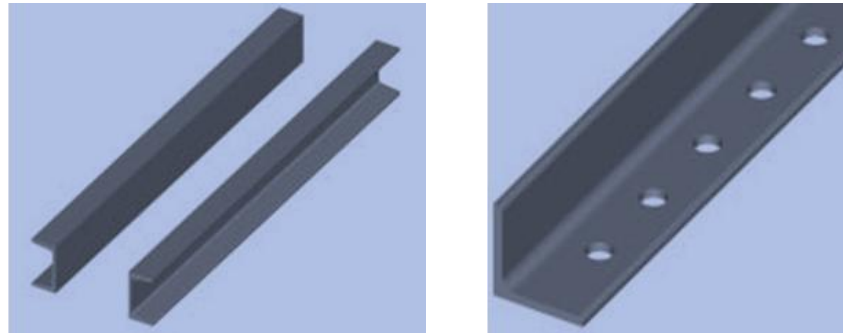
Şekil 3.1 Asansör Kabin İskeleti.

## 3.2 Kabin Çerçevesini Oluşturan Elamanlar

Asansör kabin çerçevesi; dört adet yan dikine kirişin üst kısmından üst askı kirişi ile alt kısmından alt kirişlere cıvatalanarak, kaynaklanarak veya perçinlenerek birbirine bağlanmasından meydana gelmektedir. Çerçeve şeklinde bu sistemi oluşturan elemanlar aşağıda tanımlanmaktadır [7].

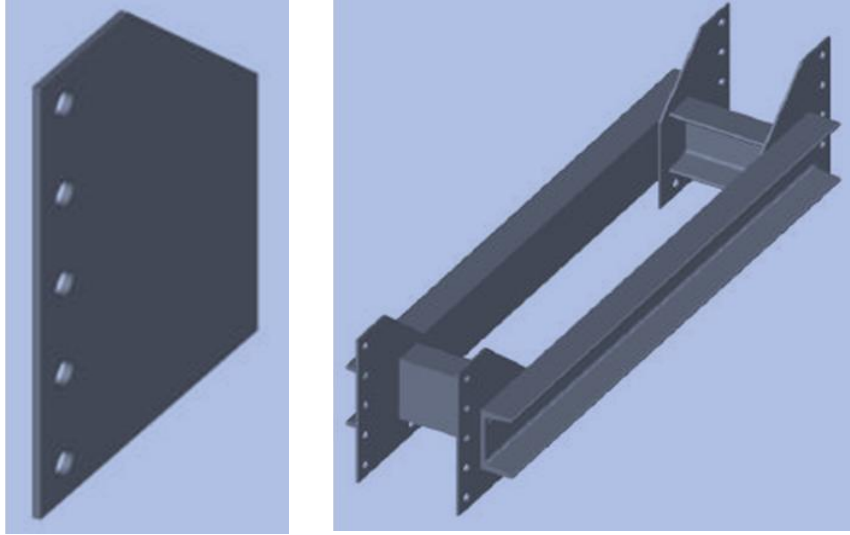
### 3.2.1 Kabin İskeleti Kirişleri

Kabin, çelik malzemeden standart profiller kullanılarak imal edilmiş kirişlerce taşınır. Alt kirişlere kabin sabitlenir. Kabinin üstünde bulunan üst kirişler ise, yan köşebentler vasıtasıyla alt kirişlere bağlanırlar. Ayrıca üst kirişlere, asansör halatları bağlanır. Ülkemizde alt ve üst kirişlerde çoğunlukla standart *U profiller*, yan köşebentlerde ise standart *U* ve *L profiller* kullanılır (Şekil 3.2) [8,9].



Şekil 3.2 Alt ve üst kirişlerde kullanılan U profiller ve birleştirici L profil [9].

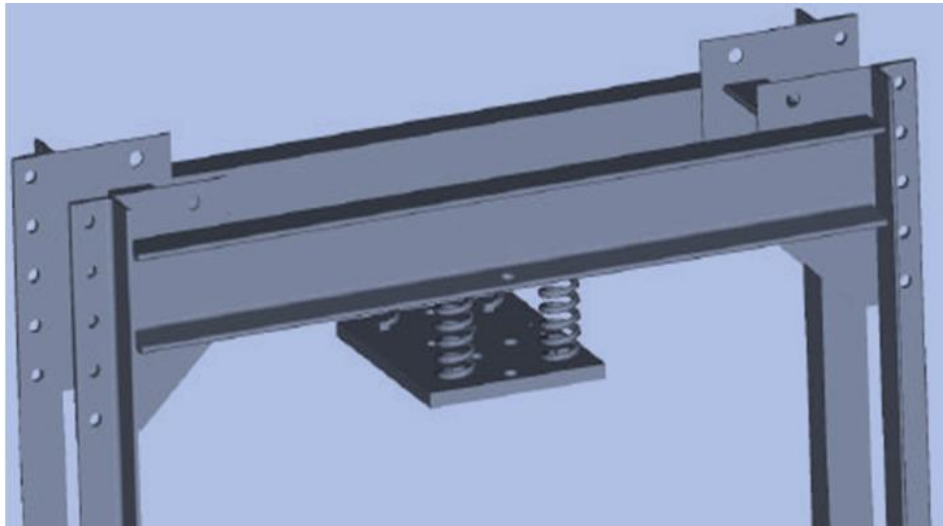
U profiller ile yandaki U ve L köşebentleri birleştirmek için, arada *bayrak sacı* denilen sac elemanlar kullanılır. Bayrak sacı, U profillere kaynak edilir, L köşebentlere cıvatalarla bağlanır (Şekil 3.3) [8,9].



Şekil 3.3 Bayrak sacı ve üst U kirişlerle birleştirilmesi [9].

### 3.2.2 Üst Askı Kirişi

Çerçevenin üst kısmını oluşturur. Genellikle iki adet çelik U profilden meydana gelir. Kabini taşımaya yarayan askı tertibatı ( bağlama plakası veya zincirler ) üst askı kirişlerine bağlanmıştır. Üst kirişteki U profillerin altına *halat saçı* denilen eleman yaylarla birlikte kaynak edilmektedir. Burada yayların amacı, hareket esnasında motorun verdiği ani ivmeye karşın, kabinin daha yavaş ivmelenmesini sağlamaktır (Şekil 3.4) [8,9].



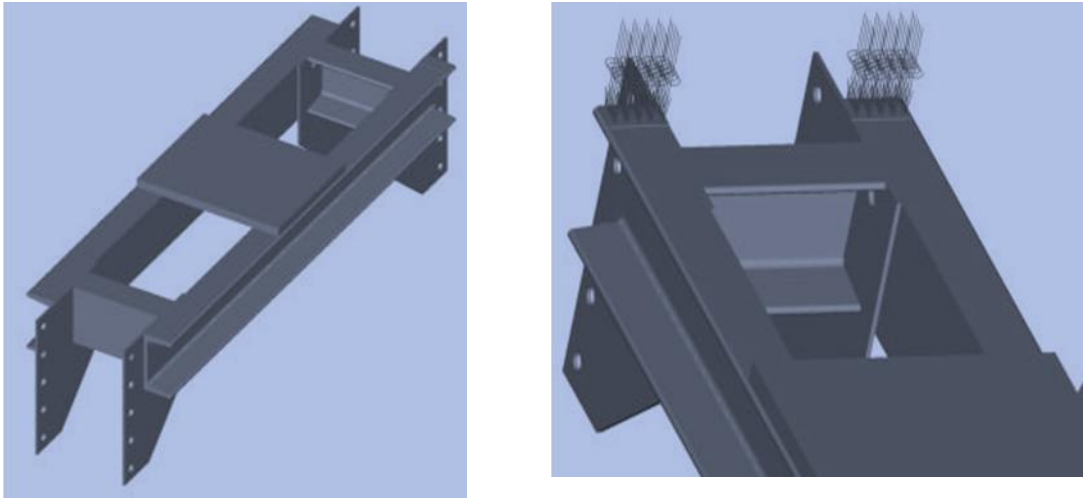
Şekil 3.4 Üst Kiriş, Halat Saçı ve Yaylar [9].

### 3.2.3 Yan Dikine Kirişler

Çerçevenin üstten üst askı kirişiyle alttan ise alt kirişle bağlanmış olan çelik dikine U veya L köşebent profillerden oluşur.

### 3.2.4 Alt Kiriş

Kabinin oturduğu alt kirişler de benzer şekildedir, ancak alt kirişlerde yay yoktur. Bayrak sacları, kabinin oturmasını engellemeyecek şekilde monte edilir. Kabin ise U profillerin üst yüzeylerine oturmaktadır (Şekil 3.5)[8,9].



Şekil 3.5 Alt kiriş ve kabin ağırlığının geldiği bölgeler [9].

## 3.3 Kabin Tasarım Prensipleri

Bir asansörün TS 10922 EN 81-1 standartlarına göre imalatı bazı güvenlik gereksinimlerini karşılamalıdır. Asansör imalatçıları, asansörleri bu gereksinimleri göz önünde bulundurarak dizayn ve imalat yapmaktadırlar. Benzer şekilde kabinin de yeterli derecede emniyetli hale getirilebilmesi için kabin karkasının, parçalarının ve bağlantı elemanlarının, kullanılan malzemelerin ve imalat koşullarının hepsinin emniyet gereksinimleri sağlanmalıdır. Asansör kabin çerçevesi, çerçeveyi bükme ve yan dikine kirişleri ezmeye zorlayan eksantrik kuvvetleri taşıyabilecek tarzda dizayn edilmelidir.

Kabin üst askı kirişi çerçevenin en üst kısmını oluşturur. Çoğu asansör sistemlerinde kabinin seyahat esnasındaki hareketini sağlayan halatların bağlantısı bu kirişler üzerindedir. Bu askı halatlarına, üst askı kirişi genellikle bağlama sacı ve

zincirlerle bağlanırlar. Üst askı kirişi, kabin anma yükü nedeniyle büyük ölçüde eğilme gerilmesine maruz kalır.

Kabin alt kirişi çerçevenin tabanını oluşturur. Seyahat esnasında yolcular ve/veya yüklerin yerleştirildiği kabin platformu bu kiriş üzerine oturur. Kabin platformu diğer asansör teçhizatı için destek olarak daha fazla fonksiyona sahiptir. Elektrik bağlantı kutuları ve hareketli kablo askı tertibatı platformun alt kısmına monte edilir. Alt kiriş, kabin anma yükü nedeniyle büyük ölçüde eğilme gerilmesine maruz kalmaktadır [5,10].

Kabin yan dikine kirişleri, eksantrik yükü taşıyabilecek yeterlikte rijit olmalıdırlar. Dikine kiriş çeşitleri kabin genişliğine etki etmemesi; kılavuz ray ve kabin kenarı arasında minimum yer kaplaması için belirli limitler içerisinde olmalıdır. Dikine kirişler gerekli mukavemete sahip olacak şekilde üst ve alttan sınırlandırılır. Kabin anma yükü bağlı olarak meydana gelen bu eksantrik kuvvetler nedeniyle dikine kirişler büyük ölçüde eğilme ve çekme gerilmesine maruz kalır.

Kabin çerçevesi yapımında çerçeve elemanları olarak sıcak veya soğuk haddeden çekilmiş NPU profilli yapı çelikleri kullanılmaktadır. Üst ve alt kirişlerde genellikle NPU profilli iki adet sırt sırta getirilmiş yapı çeliği kullanılmakla birlikte yan kiriş olarak yine NPU profil veya köşebentler (L profil) kullanılmaktadır.

Kılavuz pabuçlar çerçeveye rijit olarak bağlanmalıdır. Genellikle bu bağlantı cıvatalar ile yapılır. Pabuçlar raylardan gelen tepki kuvvetlerini karşılayabilecek dayanıma sahip şekilde tasarlanmalıdırlar. Pabuçlar kayan, döner ve tekerlekli olmak üzere üç şekilde tasarlanırlar.

Kabin eteği (ayak koruyucusu) kabin platformuna bağlanır ve bunlar kuyu eşik kenarlarıyla aynı hizada ve kapı açıklığının genişliği kadar olmalıdır. Kabin eteği çelikten veya çelikle denk mukavemet ve rijitlikteki başka bir malzemedен yapılır. Ayak koruyucuları, platformun taban yüzeyinden zemine doğru uzanan düz bir dikey yüzeye sahiptir. Eteğin düşey bölümünün yüksekliği en az 0,75 m. olmalıdır. Düşey bölümün ucu; aşağıya doğru, yatay düzlemlle en az 60° açı yapacak şekilde eğik bir kısımla uzatılmalıdır. Bu kısmın yatay düzlemdeki izdüşümü en az 20 mm. olmalıdır.

Kabin; tamamen deliksiz duvarlar, taban ve tavan ile çevrelenmiş olmalıdır. Kabin dış duvarı, kabin platformu üzerine monte edilir ve kural olarak bir dizi

panelin bir araya gelmesinden oluşur. Kabin dış duvarı ve kabin kaplama malzemeleri metal, yanmaya karşı dayanımlı ağaç veya aynı mukavemete sahip diğer bazı uygun malzemelerden olmalıdır. Kabin duvarları, içten dışa doğru herhangi bir noktasında dik olarak 300 N. değerinde bir kuvvet uygulandığında yuvarlak veya kare şeklindeki 5 cm<sup>2</sup> alana eşit olarak dağılacak, kalıcı bir şekil değişimine izin vermeyecek şekilde en fazla 15 mm. esnemelidir. Estetik düzenlemeler müşteri talebi veya mimarlar tarafından yapılır. Yolcu asansörlerinde, kabinin iç kısımları binanın iç kısmının dekoratif düzenine uydurulmalıdır [7,11].

Eğer bir asansör izole edilecekse platform tertibatı, kauçuk veya ses sönümleme özelliği olan başka bir malzemeden yapılmış izolasyon kaplaması üzerine yerleştirilir. Kabin duvarı, otomobillerde kullanılan astar boyasına benzer bir boyanın tüm dış yüzeye püskürtülmesi ile kendiliğinden izole edilmiş olur. Ses izoleli tutturucular, kabin duvarının kabin yan kırıslara karşı korumak için kullanılır. Kabin duvarı veya platformu üzerine yapılan herhangi bir bağlantı uygun esnek birleştirme elemanları ile yapılır. Kabinin, ses ileten tüm boru ve kanalları platformdan izole edilir.

Kabin anma yükü, kabin içindeki net platform alanına bağlı olup ulusal ve/veya uluslararası standartlarda belirtilen değerden daha az olmamalıdır. Avrupada (EN 81-1) ve ABD'de (A 17.1) standartlarında yer alan maksimum net platform alanı ile anma yükü arasındaki ilişki Tablo 3.1'de gösterilmektedir. Çizelgede verilen değerlerden daha büyük anma yükleri için her fazladan 100 kg. için net platform alanına 0,16 m<sup>2</sup> eklenmelidir. Maksimum kişi sayısı ise toplam anma yükünün 75'e bölünüp çıkan sonucun altındaki en yakın sayının bulunması ile elde edilir.

Asansör kabin duvarlarında genellikle sadece önden girişi sağlayan açıklık olmasına rağmen, hem önden hem de arkadan girişi sağlayacak açıklığa sahip modeller de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazen önden ve kenardan açıklığı olan asansör kabin duvarı da kullanılmaktadır. Ancak böyle bir asansörün kurulması daima bir yerleştirme problemi ortaya çıkarır [7,9].

**Tablo 3.1** Maksimum Net Platform Alanı [12].

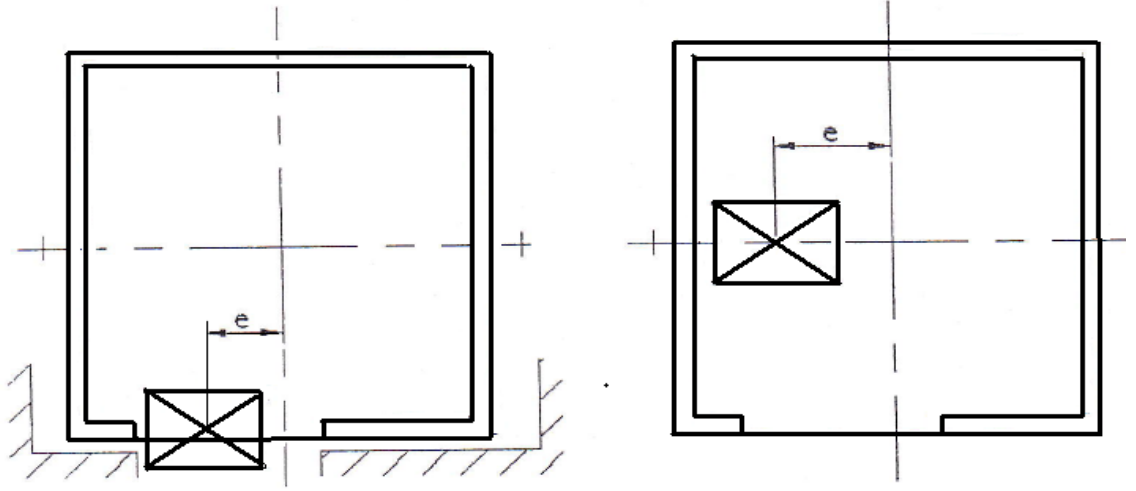
Anma Yüğü (kg)	Maksimum Net Platform Alanı (m <sup>2</sup> )	Anma Yüğü (kg)	Maksimum Net Platform Alanı (m <sup>2</sup> )
100	0,37	900	2,20
180	0,58	975	2,35
225	0,70	1.000	2,40
300	0,90	1.050	2,50
375	1,10	1.125	2,65
400	1,17	1.200	2,80
450	1,30	1.250	2,90
525	1,45	1.275	2,95
600	1,60	1.350	3,10
630	1,66	1.425	3,25
675	1,75	1.500	3,40
750	1,90	1.600	3,56
800	2,00	2.000	4,20
825	2,05	2.500	5,00

### 3.4 Kabin Çerçevesi Hesabı

Kabin çerçevesi hesabı; yapılacak kabinin uzun ömürlü ve amaca uygun olmasını sağlayacak, taşınan yolcu veya yüklerin emniyeti bakımından en önemli bilgileri içeren hesaplamalardır. Kabin çerçevesi ve kılavuzlama elemanları, tüm çalışma koşullarında maruz kalınan kuvvet ve momentleri emniyetli bir şekilde taşıyabilecek tarzda tasarlanmalıdır.

Kabin çerçeve elemanlarına etki eden yükler diğer asansör teçhizatlarına göre daha karmaşıktır. Çünkü çerçeveler çok çeşitli yükler taşırlar. Eğer yükleme koşulları yani yükün platforma nereden gireceği, nereden çıkacağı ve asansörün çalışması esnasında alacağı pozisyon bilinmiyorsa, çerçeve üzerine etki eden kuvvetler kesin olarak tespit edilemez. Bu durumda asansörün hareket halinde ve yüklendiğinde, herhangi bir anda yükün alacağı pozisyon hakkında kesin bir tahmin yapılmalıdır. Asansör kapısının tam açıldığı durumda, kabin içerisine giren yüklerin eksantrikliği giriş kapısının izin verdiği kadar fazla olamaz ve aynı şekilde yükün kabin içerisindeki eksantrikliği kabin duvarlarının boyutlarının izin verdiği kadar fazla olamaz. Bu

durumun temsili resmi Şekil 3.6'da verilmiştir. Bu parametreler kabin çerçevesi tasarımında kullanılacak başlangıç notalarıdır [9,13].



Şekil 3.6 Yükün kabine girerken ve kabin içindeki eksantrik konumu [13].

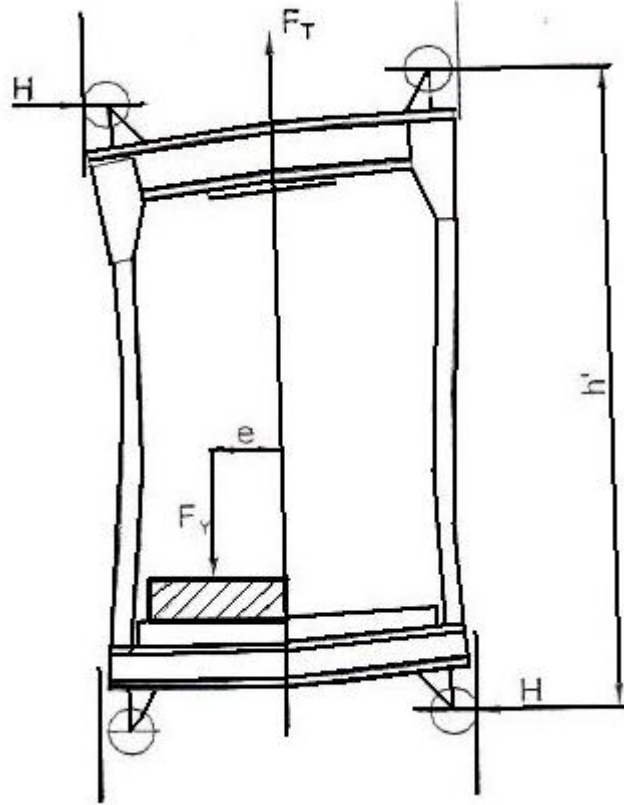
Her iki durumda da, kabin çerçevesi kendi düzlemindeki yüklemeye doğan büyük bir eğilme gerilmesine maruz kalır. Bu gerilme değeri, kabin anma yükü ile kabin çerçevesinin merkezine olan uzaklığının çarpımına eşittir.

Kabin çerçeve elemanlarının gerekli boyutlarını saptamada üst askı ve alt askı kirişlerinde nadiren zorlukla karşılaşılır. Hesaplamalar çoğu durumda basit olmakla birlikte yan dikine kirişlerde durum biraz daha farklıdır.

Simetrik bir yükleme halinde esas olarak yan dikine kirişlerde çekme, üst askı kirişinde ve alt kirişte eğilme gerilmesi meydana gelecektir. Fakat yer değiştiren bir kabin anma yükünün varlığında bu yük çerçeve elemanlarında ilave gerilmeler meydana getirecektir. Bu durum yan dikine kirişlerde ilave bir eğilme gerilmesine, üst ve alt kirişlerde ise burulma gerilmesine neden olmaktadır. Çünkü bu durumda çerçeveye, büyüklüğü yük  $F_y$  ile eksantrikliğinin  $e$  çarpımı olan bir döndürme momenti etkir. Sonuç olarak, dikine kirişler bu eğilmeden dolayı bir miktar çökecek ve bu kabin platformunun bir tarafa doğru eğilmesine neden olacaktır. Bu moment kılavuz raylardan kılavuz pabuçlara gelen tepki kuvvetleri ile karşılanır. Kılavuz pabuçlara etkiyen tepki kuvvetleri çerçevenin dönmesini engellerken, dikine kirişlerin bir miktar eğilmesine neden olurlar. Tipik bir örnek Şekil 3.7'de gösterilmiştir [9,13]. Yük çerçeveye tekil olarak etki ettirilmiştir. Ancak gerçekte yük

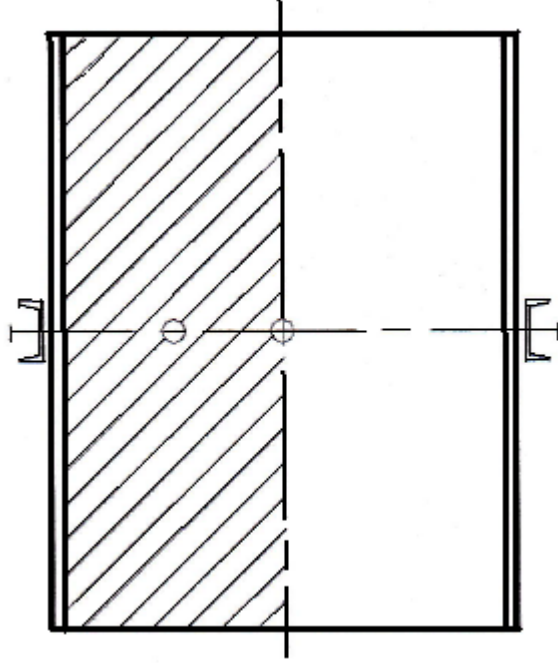
platform üzerine yayılı olarak etkir. Yükün, platformun yarısına üniform olarak yüklenmesi hali için hesaplama gerçeğe daha yakın sonuçlar verecektir. Bu yükleme hali Şekil 3.8'de taralı alan ile gösterilmiştir [9].

Kabin çerçevesi, platform elemanları ve onların bağlantılarında müsaade edilebilecek maksimum gerilmeler ABD standartlarında (A 17.1), Avrupa standartlarında (EN 81-1) ve Türk standartlarında (TS 10922) belirtilmişlerdir [10].



Şekil 3.7 Eksantrik yüklü çerçevede şekil değişimi [13].





**Şekil 3.8** Kabin platformu üzerinde yük dağılımı [9].

Üzerlerine statik yük tesir eden bir kabin çerçevesi ve platformu için müsaade edilebilecek maksimum yer değiştirmeler (sehim) ise üst askı kirişi, alt emniyet kirişi ve çerçeve sistemi parçaları için mesnet aralıklarının 1/1000'inden büyük olmamalıdır. Hesaplamalarda, kullanılan asansör malzemelerinin homojen ve izotrop olduğu kabul edilmiştir. Bu tür malzemelerin mekanik özellikleri genel olarak iki bölgede incelenir. Bunlardan birincisi elastik bölgedir. Elastik bölgede malzemeye etki eden kuvvetler kalıcı deformasyon yaratmaz yani kuvvetlerin etkisi kalktığında malzeme tekrar eski haline döner. Diğer bölge ise plastik bölgedir. Bu bölge içinde malzemeye etki eden kuvvetler, malzemede kalıcı deformasyon yarattığından elemanda bu değerde gerilmelerin oluşması istenmez [8].

Yukarıda verilen bilgiler ışığında günümüzde asansör imalatçılarının referans aldığı belli kabuller yapılarak basite indirgenmiş olan hesaplama yöntemi ile taşıyıcı elemanların statik yük altındaki davranışları hesaplanabilir.

### **3.4.1 Taşıyıcı Elemanların Basit Yöntem ile Hesabı**

Bu hesap yöntemi yandan destekli kabin çerçevesi ve platform elemanları için geçerli olup, çoğunlukla kabin çerçeve elemanlarının statik haldeki durumu göz önünde bulundurularak hesaplama yapılmaktadır. Gerilme ve yer değiştirme için

kullanılan bağıntılar genellikle köşeden destekli, alttan askılı ve diğer özel tip kabin çerçeve sistemleri için kullanılmazlar. Bu tür çerçevelerde bağıntılar bazı düzeltmeler yapılarak oluşturulur. Günümüz şartlarında asansör imalatçıları tarafından çoğunlukla tercih edilen bağlantı şekli cıvatalı olduğundan ilgili bağıntılarda buna göre oluşturulacaktır [12].

**Tablo 3.2** Beş kişilik asansörün modellenmesi için kullanılan boyutlar [14].

Kapasite ( $F_y$ )	4.000 N.
Kabin Ağırlığı ( $F_k$ )	5.250 N.
Üst ve Alt Kirişlerin Boyu ( $L$ )	1.230 mm.
Yan Kirişlerin uzunluğu ( $h$ )	2.600 mm.
Kılavuz Patenler Arası Düşey Uzaklık ( $H$ )	3.000 mm.
Kabin Genişliği ( $b_l$ )	1.100 mm.
Kabin Derinliği ( $d_l$ )	1.000 mm.
Kabin Yüksekliği	2.200 mm.
Serbest Giriş Yüksekliği	2.000 mm.

Hesaplamalar beş kişilik bir insan asansörü için yapılacaktır. Beş kişilik insan asansörü için hesaplamalarda gerekli olan bazı büyüklükler yukarıda Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

### 3.4.1.1 Üst Askı Kirişinin Eğilme Gerilmesi ve Sehimi

Üst askı kirişindeki gerilme hesap edilirken kabin en üst durakta ve anma yükü ile yüklenmiş farz edilir. Yani hareketli kabloların etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır.

Üst askı kirişi iki ucundan mafsallanmış bir basit kiriş olarak düşünülür. Gerilme  $\sigma_e$  ve sehim  $e$  için denklemler aşağıda verilmiştir. Bulunan eğilme gerilmesi değeri malzemenin emniyet gerilmesi değerinden küçük veya eşit olmalıdır.

$$\sigma_e = \frac{(F_y + F_k)L}{4nW_e} \quad (3.1)$$

ve

$$e = \frac{(F_y + F_k)L^3}{48EJ_x n} \quad (3.2)$$

dir. Burada

$F_y =$  Kabin anma yükü ( $N$ )

$F_k =$  kabin ağırlığı ( $N$ )

$E =$  Kiriş malzemesinin elastisite modülü

$L =$  Kiriş uzunluğu ( $mm$ )

$W_e = x-x$  eksenine göre kiriş kesitinin eğilme mukavemet moment ( $mm^3$ )

$J_x = x-x$  eksenine göre kiriş kesitinin atalet moment ( $mm^4$ )

$n =$  kiriş adedidir.

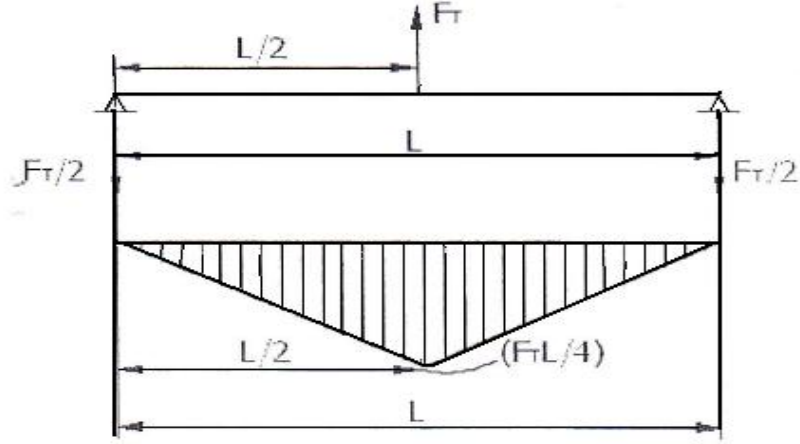
$F_T =$  Toplam Yük ( $F_y + F_k$ )

Üst askı kirişi malzemesi ve profili olarak iki adet yapı çeliği ve NPU100 ( $100 \times 100 \times 6$ ) profili kullanılmıştır. NPU profile için bazı özellikler Tablo 3.3'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.3** NPU100 profili özellikleri [15].

NPU	A-Kesit Alanı ( $cm^2$ )	J- Atalet Momenti ( $cm^4$ )	W- Mukavemet Momenti ( $cm^3$ )	I- Atalet Yarıçapı ( $cm$ )	E-Kiriş malzemesinin Elastisite Modülü ( $Mpa$ )
100	13,5	206	41,2	3,91	$2.1 \times 10^5$

Üst askı kirişi, iki ucundan mafsallanmış ve tam ortasından yüklenmiş bir basit kiriş olarak düşünülür. Üst askı kirişinin eğilme moment diyagramı Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Gerilme ( $\sigma_e$ ) için hesaplamalar denklem (3.1)'e göre yapıldığında,



Şekil 3.9 Üst askı kirişinin eğilme moment diyagramı[12].

$$\sigma_e = \frac{(F_y + F_k)L}{4nW_e} = \frac{(4000 + 5250)1230}{4 \times 2 \times 41200} = 34.519 [MPa] \quad (3.1) \quad \text{olur.}$$

Üst askı kirişinde maksimum gerilme Şekil 3.9’da görüldüğü gibi maksimum eğilme momentinin olduğu yer olan kirişin tam ortasında oluşmaktadır. Emniyet gerilmesi için TS 1812 – çizelge 3[19]’da belirtilen  $90 [MPa]$  değeri alındığında, hesaplanan  $34.519 [MPa] < 90 [MPa]$  olduğundan kabin üst askı kirişleri için kullanılan malzeme ve profil (NPU 100) uygundur.

Üst askı kirişinin sehimi ( $e$ ) için hesaplamalar denklem (3.2)’ye göre yapıldığında,

$$e = \frac{(F_y + F_k)L^3}{48 \times E \times J_x \times n} = \frac{(4000 + 5250)1230^3}{48 \times 2.1 \times 10^5 \times 2060000 \times 2} = 0.414 [mm] \quad (3.2) \quad \text{olur.}$$

Üst askı kirişinde maksimum sehim yine simetrik bir yükleme kabulünden dolayı kirişin tam ortasında meydana gelmektedir. Emniyet gerilmesi için TS 1812 – çizelge 3[19]’da belirtildiği gibi  $\frac{e}{L} \leq 1.10^{-3}$  değeri alındığında, hesaplanan  $0.3365 \times 10^{-3} < 1.10^{-3}$  olduğundan kabin üst askı kirişleri için kullanılan malzeme ve profil (NPU 100) uygundur.

### 3.4.1.2 Kabin Alt Kirişinin Eğilme Gerilmesi ve Sehimi

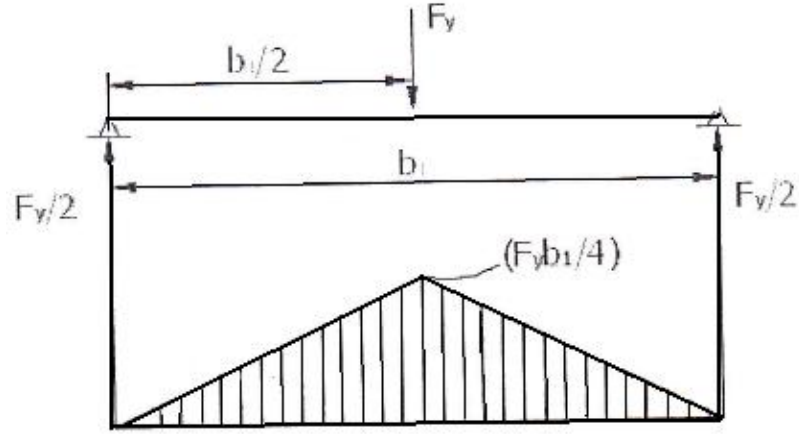
Kabinin tampona çarptığı zaman alt kirişinin tam ortasına isabet edecek şekilde çarpma tamponu kullanılmalıdır. Kabinin tampona çarptığı zaman kabin çarpma kirişinde meydana gelecek gerilmeler, tamponun kiriş ortasına çarptığı ve kirişin her iki ucuna gelecek yük, kabin yükü ile kabin ve halat ağırlıkları toplamının yarısıdır. Bulunan eğilme gerilmesi değeri, malzemenin emniyet gerilmesi değerinden küçük veya eşit olmalıdır [14].

$$\sigma_e = \frac{M_e}{n \times W_e} \quad (3.3)$$

Burada  $M_e$  döndürme momenti ( $N \times mm$ ),  $W_e = x-x$  eksenine göre kiriş kesitinin eğilme mukavemet moment ( $mm^3$ ),  $n$  kiriş sayısıdır.

Kabin alt kirişlerinde, malzeme ve profil olarak üst askı kirişi ile aynı olarak iki adet yapı çeliği ve NPU100 (100x100x6) profili kullanılmıştır. Alt kirişler iki ucundan mafsallanmış ve tam ortasından kabin anma yüküyle yüklenmiş ( $F_y$ ) olarak düşünülür. Bu yük kabin içerisinde en fazla kabin genişliği kadar hareket edebildiği için genişlik olarak alınmıştır. Alt kirişlere ait eğilme momenti diyagramı Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Bu durumda kabin alt kirişlerinde meydana gelen gerilme için hesaplamalar denklem (3.3)'e göre yapıldığında,

$$\sigma_e = \frac{M_e}{n \times W_e} = \frac{F_y \times \frac{b_1}{4}}{2 \times W_e} = \frac{4000 \times \frac{1100}{4}}{2 \times 41200} = 13.35 [MPa] \quad (3.3) \text{ olur.}$$



**Şekil 3.10** Alt Kirişin Eğilme Momenti Diyagramı [12].

Alt kirişte maksimum gerilme Şekil 3.10'da görüldüğü gibi maksimum eğilme momentinin oluştuğu yer olan kirişin tam ortasında oluşmaktadır. Emniyet gerilmesi için TS 1812 - Çizelge 3[19]'da belirtilen  $74 \text{ [MPa]}$  değeri alındığında, hesaplanan  $13.35 \text{ [MPa]} < 74 \text{ [MPa]}$  olduğundan kabin alt kirişleri için kullanılan malzeme ve profil ( NPU 100 ) uygundur.

Kabin alt kirişlerinde kabin anma yükü nedeniyle meydana gelen sehim miktarı,

$$e = \frac{F_y \times L^3}{48 \times E \times J_x \times n} \quad (3.4)$$

denkleminde göre hesaplandığında,

$$e = \frac{F_y \times L^3}{48 \times E \times J_x \times n} = \frac{4000 \times 1230^3}{48 \times 2.1 \times 10^5 \times 2060000 \times 2} = 0.179 \text{ [mm]} \quad (3.4)$$

Alt kirişte maksimum sehim yine simetrik bir yükleme kabulünden dolayı kirişin tam ortasında meydana gelmektedir. Emniyet gerilmesi için TS 1812 - Çizelge 3[19]'da belirtildiği gibi  $e/L \leq 1 \times 10^{-3}$  değeri alındığında, hesaplanan  $1.455 \times 10^{-4} < 1 \times 10^{-3}$  olduğundan kabin alt kirişleri için kullanılan malzeme ve profil (NPU 100) uygundur.

### 3.4.1.3 Kabin Çerçevesi Yan Kirişlerinin Boyut Kontrolü

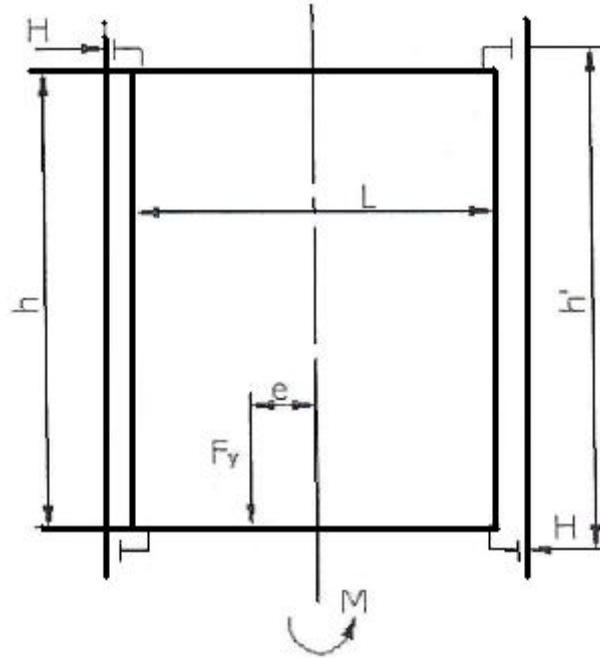
Kabin çerçevesi yan kirişleri eğilme ve çekme gerilmeleri ile zorlanır. Kirişler için kritik olan gerilme değeri aşağıdaki eşitlik ile verilmiştir. Bulunan eğilme

gerilmesi değeri malzemenin emniyet gerilmesi değerinden küçük veya eşit olmalıdır.

$$\sigma = \frac{M \times h}{4 \times h' \times W_e} + \frac{(F_y + F_k + F_h)}{2(A_n - A_d)} \quad (3.5)$$

Burada,  $F_h$  halat kütlesi ( $N$ ),  $A_n$  kiriş kesiti ( $mm^2$ ),  $A_d$  cıvata delik kesiti ( $mm^2$ ),  $M$  yükleme sınıfına bağlı döndürme momenti ( $N \times mm$ ),  $h$  yan kirişlerin uzunluğu ( $mm$ ),  $h'$  patenler arası düşey uzunluk ( $mm$ ),  $W_e$  çerçevenin bir tarafındaki yan kirişin kesit alanının eğilme mukavemet momenti ( $mm^3$ )'dir.

Döndürme momenti, kabine yerleştirilen yükün çerçeve eksenine göre eksantrik olmasından dolayı oluşmaktadır. Şekil 3.11'de eksantrik yüklenmiş çerçeve modeli gösterilmiştir [14].



**Şekil 3.11** Döndürme momentinin hesabı için diyagram [12].

Şekil 3.11'de görüldüğü gibi döndürme momenti kabin anma yüküyle onun tahmin edilen pozisyonunun eksantrikliği ile çarpımına eşittir. Yani;

$$M = F_y \times e \quad (3.5a)$$

Yan kirişlerin hesabı için döndürme momentinin değeri yükleme sınıfına göre belirlenir. Amerikan standartlarına göre döndürme momenti aşağıdaki formüller ile verilir [12].

A sınıfı yükleme: Yolcu veya genel yüklerin yüklenmesi durumu,

$$M = \frac{F_y \times L}{8} \quad (3.5b)$$

B sınıfı yükleme: Motorlu taşıtların Yüklenmesi Durumu,

$$M = \frac{F_y \times L}{8} \text{ veya } M = F_y \left( \frac{L}{2} - 1220 \right) \quad (3.5c)$$

C sınıfı yükleme: Ağır yüklerle yükleme durumu,

$$M = \frac{F_y \times L}{4} \quad (3.5d)$$

Kabin yan kirişleri malzemesi ve profil olarak yapı çeliği ve NPU65 (65x65x5.5) profili seçilmiştir. NPU65 profili için bazı özellikler Tablo 3.4'de gösterilmiştir. Yan dikine kirişler her iki ucuna üstten üst askı kirişiyle, alttan alt kirişle bağlanabilmesi için 4 adet cıvata deliğine sahiptir. Bu deliklerin çapı 1,1 cm'dir.

**Tablo 3.4** NPU65 profili özellikleri [15].

NPU	A-Kesit Alanı ( $cm^2$ )	J- Atalet Momenti ( $cm^4$ )	W- Mukavemet Momenti ( $cm^3$ )	I- Atalet Yarıçapı ( $cm$ )	E-Kiriş malzemesinin Elastisite Modülü ( $Mpa$ )
65	9,03	57,5	17,7	2,52	$2.1 \times 10^5$

Kabin ağırlığı, yükü ve halatların ağırlıklarının yan kiriş üzerinde oluşturduğu çekme gerilmesinin hesabında kirişin en tehlikeli kesiti cıvata bağlantılarının olduğu kesittir. Bu kısımdaki net kesit alanı hesap edildiğinde,

$$A = A_n - A_d = 9.03 - 0.55 = 8.48 [cm^2] \quad (3.6)$$

$$A_d = d \times t = 1.1 \times 0.55 = 0.55 [cm^2] \quad (3.7)$$

Burada,  $A$  yan kirişlerin net kesit alanı ( $cm^2$ ),  $d$  delik çapı ( $cm$ ),  $t$  NPU65 profilinin kesit kalınlığı ( $cm$ ) dir.



$$F_h = 400[N] \quad [16]$$

Kabin çerçevesi yan kirişleri eğilme ve çekme gerilmeleri ile zorlanır. Yan dikine kirişlerdeki toplam gerilme değeri denklem (3.5)'teki gibi hesaplanırsa,

$$\sigma_{TOP} = \left[ \frac{\left( \frac{F_y b_1}{8} \right) h}{4HW} + \frac{F_y + F_k + F_h}{2A} \right] = \frac{\left( \frac{4000 \times 1100}{8} \right) 2600}{4 \times 3000 \times 17700} + \frac{9650}{2 \times 848} = 12.42 [MPa]$$

(3.5)

olur.

Emniyet gerilmesi için TS 1812 - Çizelge 3[17]'de belirtilen 130 MPa değeri, hesaplanan 12,42 MPa < 130 MPa olduğundan kabin yan kirişleri için kullanılan malzeme ve profil ( NPU 65 ) uygundur.

## 4. SİSTEMİN KATI MODELLENMESİ VE SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE TAŞIYICI ELEMANLARIN ANALİZİ

### 4.1. Giriş

Günümüzde ticari SEM paket programları son derece yaygınlaşmıştır. Tecrübesiz bir kullanıcı bile bir takım sonuçlar üretip, son derece cazip grafikler hazırlayabilir. Örneğin, bir gerilme analizi için sonlu eleman modeli iyide olsa, kötüde olsa ehliyetsiz bir kullanıcı bile kolaylıkla gerilme konturları üretebilir. Kötü bir ağ yapısı, kötü seçilmiş eleman tipleri, doğru olmayan yükleme şekliyle yaratılan modeller bile dikkatsizce yapılan bir kontrolde gözden kaçabilecek uygunlukta sonuçlar verebilir [18].

Ehliyetli bir kullanıcı ancak mevcut problemin fiziğini anladıktan sonra uygun bir modellemeye girebilir ve sonuçları yorumlayabilir. Kullanıcı aynı zamanda yarattığı modelin yükleme altında nasıl davranacağını öngörebilmelidir. Elde edilen çözümlerdeki yanlışlıklar, yazılımdaki hatadan kaynaklansa bile sonuçların sorumluluğu programcıya değil, kullanıcıya aittir [18].

Bu bölümde sonlu elemanlar metodunun ara yüzlerinden biri olan ANSYS Workbench 11 programı kullanılarak, asansör taşıyıcı elemanları analizi adım adım incelenmiştir. Bu adımlar Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

**Tablo 4.1** Asansör taşıyıcı elemanlarının sonlu elemanlar analizi için işlem adımları.

Empty Project (Yeni bir projenin açılması)
Geometry (Geometrik parçaların 3B modellenmesinin yapılması)
Connections ( Modeli oluşturan geometrik parçaların temas bölgelerinin belirlenmesi)
Material (Malzeme seçimi)
Mesh Controls (Modelin sonlu elemanlara ayrılması)
Simulation (Analiz tipinin seçilmesi)
Initial Condition (Başlangıç koşullarının belirlenmesi)
Analysis setting (Analiz ayarlarının yapılması)
Loads (Yüklemelerin yapılması)
Solution (Analizden beklenen değerlerin girilmesi ve analizin yapılması)
Result (Sonuçların alınması)

Bu çalışmada, beş kişilik bir insan asansörünün kabinini dıştan saran ve taşıyan, taşıyıcı çerçeve elemanları uygun şekilde boyutlandırılarak, yapılan gerilme analizi bir örnek olarak sunulmuştur. Farklı sonlu eleman boyutlarıyla gerilme analizi gerçekleştirilmiş olup, analiz sonuçları bir araya toplanmıştır.

## 4.2 Taşıyıcı Elemanların Ansys Workbench 11 Kullanılarak Katı Modellenmesi

Ansys Workbench design modülünde üst askı kirişi, alt askı kirişi, yan kirişler ve sistemin tamamı ayrı Ansys workbench dosyaları altında oluşturulmuştur. Sisteme ait geometrik bilgiler Tablo 4.2’de yer almaktadır.

**Tablo 4.2** Asansör taşıyıcı elemanlarının geometrik boyutları.

		$X(mm)$	$Y(mm)$	$Z(mm)$
ÜST ASKI KIRIŞI	UPN100 Profili 2 Adet	50	100	1230
	Destek UPN100 Profili 2 Adet	180	100	50
	Halat Sacı 1 Adet	300	14	300
	Bayrak Sacı 4 Adet	10	185	185
ALT ASKI KIRIŞI	UPN100 Profili 2 Adet	50	100	1.230
	Destek UPN100 Profili 2 Adet	180	100	50
	Kabin Taşıyıcı Sac 1 Adet	300	16	300
	Halat Sacı 1 Adet	300	14	300
	Bayrak Sacı 4 Adet	10	185	185
YAN KIRIŞLER	UPN65 Profili 4 Adet	42	2.600	65

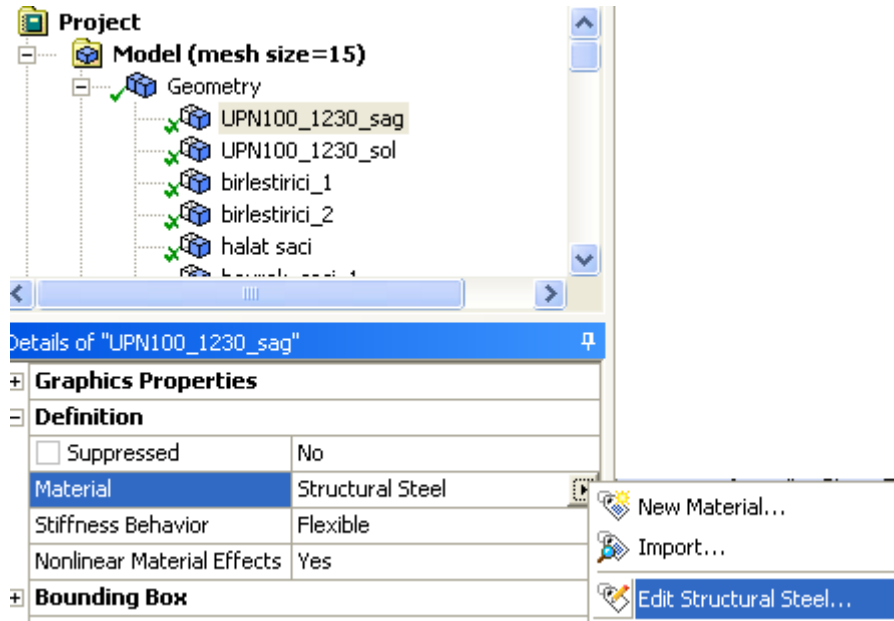
## 4.3 Malzeme Özelliklerinin Seçilmesi

Doğru bir SEM analizi yapılabilmesi için, kabin çerçeve elemanlarının malzeme özellikleri doğru bir şekilde bilgisayara aktarılmalıdır. Ansys Workbench’de malzeme olarak “structural steel” seçilmiştir. Tablo 4.3’te kabin çerçeve elemanlarının malzemesi olan yapı çeliğinin malzeme özellikleri verilmiştir.

Bu değerler, otomatik olarak programın veritabanında bulunduğundan dolayı ayrıca bir değer girmeye gerek kalmamaktadır. Şekil 4.1’de görüldüğü gibi “material” sekmesi içerisinde malzeme tipi seçilebilmektedir. Bu sekmede “structural steel” malzeme özelliklerine ulaşılabilirdiği gibi istenildiği takdirde analiz için malzeme değerleri de değiştirilebilir.

**Tablo 4.3** Yapı çeliğinin malzeme özellikleri [19].

Elastisite Modülü	$2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$
Poisson oranı	0,3
Yoğunluk	$7,85 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$
Çekme Dayanımı	460MPa
Akma Sınırındaki Gerilme Dayanımı	250MPa

**Şekil 4.1** Malzeme seçim menüsü.

## 4.4 Mesh (Ayrıklaştırma)

### 4.4.1. Meshing ve Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Bir problemin sonlu elemanlar metoduyla çözümü için kaç adet eleman gereklidir? Böyle bir soruya cevap aramak için aynı problem iki farklı modelle ayrı ayrı analiz edilecektir. İkinci analizde birinci analize göre daha fazla sayıda eleman ile daha sık bir ağ kullanıldığı varsayımı kabul edilirse, ikinci sonlu eleman modeli daha küçük bir ayrıklaştırma hatası verecektir. Ayrıca gerçek fiziksel objenin geometrisi daha iyi modellenmiş olacaktır. Eğer iki analiz neticesinde bulduğumuz sonuçlar arasında önemli bir fark yoksa, sonuçların yakınsamış olduğu kabul edilebilir.

Yazılımlarda genelde bir takım hatalar bulunabilir. Sonlu eleman paket programları oldukça büyük yazılımlar olup, devamlı düzeltmeler yapılmaktadır. Elde edilen hatalı sonuçlar için programı suçlamak kolay bir yol olmasına rağmen, hatalı

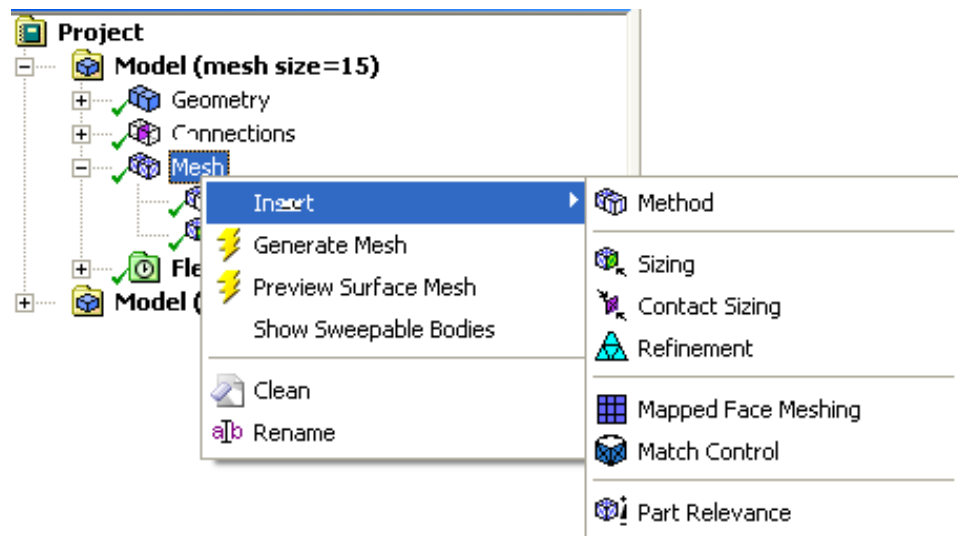
sonuçlara genelde yanlış modellemeler neden olmaktadır. Doğru modelleme yapabilmek için ayırıklaştırma esnasında bir takım hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu hususlar aşağıda sıralanmaya çalışılmıştır [18].

- Sonlu elemanlar ağının mümkün olduğu kadar uniform olmasına dikkat edilmelidir. Fakat yüklemeye ve yapının davranışında hızlı değişimlerin görüldüğü bölgelerde, daha sık bir ağ yapısı için uniformluğun bozulmasına müsaade edilebilir.
- Dörtkenarlı elemanların üçgen elemana göre bir çok avantajı olması nedeniyle, dört kenarlı elemanlar daima üçgen elemanlara tercih edilmelidir. Fakat geometrinin ve/veya yüklemenin üçgen eleman gerektirdiği durumlarda bu kural bozulabilir.
- Deplasman analizi için gerilme analizinde kullanıldığı kadar sık ağ yapısına gerek yoktur.
- Geometride veya malzemede lineer olmayan analizler için, lineer analizlere kıyasla daha sık bir ağ yapısına ihtiyaç vardır.
- Eğrisel yüzeylerin düzlemsel elemanlar ile tarif edilmesi durumunda yüzey normali etrafındaki dönme serbestliği kaldırılmalıdır. Aksi takdirde kötü koşullu bir matrisle uğraşılması gerekecektir.
- Elemanların kenar uzunluk oranları (aspect ratio) eleman tipleri arasında değişiklik gösterse de, uzunluk oranı deplasman hesapları için 10'un altında, gerilme hesapları için ise 5'in altında kalmalıdır.
- Sonlu eleman hesaplarının ilk kontrolü için yüklerin, kuvvetlerin ve reaksiyonların dengesinin kontrol edilmesi tavsiye edilmektedir.
- Eğer analiz edilen yapı ve yükleme simetrik ise, hesaplamalarda bu avantaj kullanılmalıdır. Yani analiz için yapının yarısı veya dörtte biri modelleme için kullanılabilir. Fakat burkulma ve özdeğer problemlerinde dikkatli olunması gerekir.
- Yüksek frekanslı tepkisel değerlerin önemli olmadığı dinamik analizler için, statik analizde kullanılan benzer bir ağ yapısı yeterli olacaktır.
- Transient dinamik analizlerde eleman boyu, zaman adımı, integrasyon metodu ve süresi uyumlu olmalıdır.

- Yüksek uzunluk oranlı dörtgen elemanlar, büyük açılı üçgen eleman gibi elemanlardan mümkün olduğu kadar sakınılması gerekmektedir.
- Yakınsaklık analizinde orijinal bölme kullanılarak ağ sıkılaştırılmalıdır. Eğer farklı bir bölme kullanılırsa, yakınsaklık analizine tekrar başlamak gerekecektir.
- Yüksek ve düşük mertebeden elemanların birbirine bağlanması gerilmelerde düzensizliklere neden olacaktır.
- Eleman boyutlarında hızlı değişiklikler mümkün olduğu kadar minimize edilmelidir.
- Kompleks yapıların sonlu elemanlar metoduyla analizinde, tüm yapı göreceli olarak kaba bir ağ yapısıyla analiz edilir. Bu analiz sonuçları yapı içinde detaylı bilgi sahibi olmak istediğimiz bölge için sınır koşulu olarak kullanılarak, bu bölge daha sıkı bir ağ yapısı ile analiz edilebilir [18].

#### 4.4.2 Kiriş Elemanlarının Küçük Parçalara Ayrılması

Kiriş elemanlarının katı modelinin AWP ile analizinin yapılabilmesi için katı modelin küçük parçalara ayrılması gerekmektedir. Böylece AWP, oluşturulan küçük alanlar sayesinde hesaplamaları daha kolay yapacaktır. Ansys Workbench'te parçalara ayırma işleminde kullanılacak elemanların şekli, boyutu kolaylıkla atanabilmektedir. Parçalara ayırma işlem menüsü Ansys Workbench'te Şekil 4.2'de görülen başlıklar altında toplanmıştır.



Şekil 4.2 Sonlu elemanlara ayırma (mesh) menüsü.

Seçilen elemanın büyüklüğü, katı modelin şeklinin karmaşıklığına göre belirlenir. Katı modelin yüzeyi ne kadar karmaşık ise seçilen elemanın boyutu da o kadar küçük olmak zorundadır. Bunun yanında ne kadar küçük eleman seçilirse de o kadar fazla eleman oluşacağı için, AWP çözümü yapabilmek için günlerce uğraşabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı, katı modelin yüzeyinin düzgünlüğüne göre en uygun elemanın seçilmesi çok önemli bir adımdır. Bu çalışmada, sonlu elemanlara ayırma işleminde, eleman boyutu seçiminin sonuçlara etkisini göstermek için farklı eleman boyutlarıyla aynı model üzerinde analizler yapılmıştır.

Şekil 4.2'deki "mesh" menüsünde "insert" sekmesinin içindeki "Element Shape" seçeneği kullanılarak kolayca eleman tipi seçilebilmektedir. Modelin farklı bölgelerine farklı eleman tipleri atanabilmektedir.

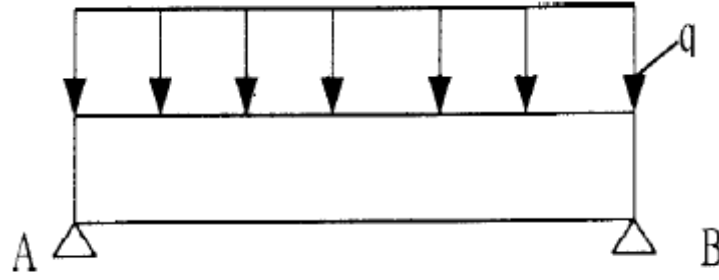
#### **4.4.3 Eleman Tipinin Seçimi**

Ansys Workbench sonlu eleman analiz programında, katıların analizinde kullanılmak üzere üç çeşit eleman tipi tanımlanmıştır. Bunlar, dörtgen elemanların süpürülmesiyle oluşturulan "sweep" üç boyutlu eleman, dörtüzlü "tetrahedrons" eleman ve altıgen "hex dominant" üç boyutlu elemandır.

Bu çalışmada, eleman tipi olarak altıgen "hex dominant" üç boyutlu eleman seçilmiştir.

#### **4.5 Sınır Koşulları ve Yükleme**

Sınır koşulları, yapıların mekaniğinde mesnet şartları olarak da isimlendirilmektedir. Sonlu eleman modellemelerinde sınır koşulları (mesnet şartları) sık sık yanlış veya eksik olarak tanımlanmaktadır. Modellemede sınır koşullarına gerekli özen daima gösterilmelidir. Her ne kadar yapılan hata küçük gibi görülse de, sonuçlar üzerindeki etkisi oldukça büyük olacaktır. Örneğin, Şekil 4.3'de görülen ve iki ucu basit mesnetlenmiş kirişin sonlu elemanlar modelinde, elemanlar tarafsız ekseninden geçen çizgi üzerinde yer alırlar. Kiriş parçasının uçlarının, yatay doğrultudaki hareketi sınırlandırıldığı için, kiriş bu doğrultuda zorlanmaya maruz kalacaktır. Bu nedenle kirişin sonlu eleman modelinin uçları, düşey bağlantılarla A ve B noktalarına bağlanır [18].



**Şekil 4.3** İki ucu basit mesnetli kiriş.

Sonlu elemanlar modelinde aktif olmayan serbestlik dereceleri çözüm işleminden önce sınırlandırılmalıdır. Bu sınırlandırılması gereken serbestlik derecesi, modelin sınırında veya başka bir bölgesinde olabilir. Örneğin, düzlem elemanlar düğümlerde düzlem içinde iki doğrultudaki ötelemeye karşı direnç gösterirler. Fakat genel amaçlı bir sonlu elemanlar programı, her bir düğüm için üçü öteleme ve diğer üçü de dönme olmak üzere altı serbestlik derecesi atayacaktır. Rijidlik matrisinde teklikleri önlemek amacıyla düzlem elemanlar için her düğümdeki üç dönme serbestliği ve eleman düzlemine dik doğrultudaki öteleme serbestliği kısıtlanmalıdır. Çünkü seçilen eleman tipi bu serbestlik dereceleri için direnç gösteremeyeceğinden, rijidlik matrisinde teklikler oluşacak, bu da denklemlerin çözümünü zorlaştıracak veya imkansız hale getirecektir. Doğru bir modelleme için düzlem elemanların her bir düğümü için üç serbestlik derecesi atanır. Sınır koşulları için ise yine sınırda yer alan düğümler için bu serbestlik derecelerinden bazılarının kısıtlanması gerekebilir.

Bazı durumlarda gerçek problem için sınır koşulları net olarak anlaşılır olmayabilir. Böyle durumlar için çözümün üst ve alt sınırlarını iki ayrı analizle saptamak fiziksel olarak daha anlamlı olabilir. Örneğin, iki ucundan mesnetlenmiş uniform yüklü bir kirişin uçları dönmeye belli olmayan bir dereceye kadar kısıtlanmış olabilir. Böyle bir durum için kirişin uçları bir çözüm için basit mesnetli olarak kabul edilir, diğer bir analiz içinse tamamıyla tespit edilmiş olarak kabul edilerek problem çözülür; iki analizden elde edilen değerler aslında gerçek problem için alt ve üst sınırları göstermektedir.

Sonlu elemanlara ayırma işleminden sonra analiz işlemlerinin yapılması için gerekli olan sınır şartlarının belirlenmesi gerekmektedir. Asansör taşıyıcı elemanları üst askı kirişi, kabin alt kirişi, yan kirişler ve asansör taşıyıcı sisteminin tamamı olarak dört kısımda incelenecektir.



Asansör üst çerçevesi ve alt çevresinde sınır şartı olarak yan kirişlerle olan civata bağlantı deliklerinin  $x$ ,  $y$  ve  $z$  doğrultularındaki dönme hareketi sınırlandırılmıştır (fixed). Taşıyıcı yan kirişler ve asansörün tamamı incelenirken taşıyıcı elemanların kılavuz raylarla temas noktasının  $x$ ,  $y$  ve  $z$  doğrultularındaki hareketi sınırlandırılmıştır. Sisteme uygulanan yüklere, her parçanın analizi yapılırken değinilecektir.

## 4.6 Analiz

### 4.6.1 Statik Analiz

Statik analizde, zaman bağımsız bir değişken olarak göz önüne alınmaz. Deformasyonların sabit ve yavaş değiştiği kabul edilir. Bazı problemlerde titreşim frekansı çok düşük olabilmektedir (en düşük doğal frekansın  $1/3$ 'ünden daha küçük). Bu durumlarda problem "quasi-statik" olarak düşünülebilir. Yani atalet kuvvetleri hesaplanıp, bunlar sanki birer statik yükümü gibi yapıya uygulanarak, yapı statik olarak analiz edilebilir.

### 4.6.2 Titreşim ve Dinamik Analiz

Bir yapı, üzerine yapılan yükleme altında hareket edecektir. Eğer yükleme bir frekansa bağlı olarak değişiyor ve bu frekansta yapının doğal frekansının  $1/3$ 'den daha düşük ise problem statik problem olarak sınıflandırılabilir. Diğer yandan yükleme yüksek frekanslı veya rastgele olarak değişiyorsa veya yük aniden uygulanıyorsa, problem için dinamik analiz gerekmektedir. Dinamik analizde de statik analizde olduğu gibi rijitlik matrisi kullanılmakta, fakat bir kütle ve bir sönüm matrisine de analiz için gerek duyulmaktadır.

## 4.7 Araştırmanın Amacı

Bölüm 1'de değinildiği gibi, asansörler dinamik yüklemeye maruz kalan sistemlerdir. Bu çalışmada, asansör taşıyıcı elemanlarının; üst askı kirişi, alt askı kirişi ve yan kirişlerin dinamik çalışma koşulları altındaki mekanik davranışları 5 kişilik bir insan asansörü için incelenmiş, bu inceleme yapılırken de bir ilk olarak sistem dinamik olarak incelenmiştir. Sistemin elemanları önce ayrı ayrı ele alınmış ve daha sonra yine bir ilk olarak sistem bir bütün olarak analiz edilmiştir.

Bu çalışmada, bilgisayar kapasitesi de göz önünde bulundurularak sistem modellenmiştir. Analizde mesh ağının analiz sonuçlarına etkisini görmek için,

sistem iki farklı eleman boyutu seçilerek analiz edilmiş; sistemin elemanları ayrı olarak analiz edildiğinde elde edilen sonuçlar ile sistemin bütün halde analiziyle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve elde edilen tüm sonuçlar asansör avan projesi hesaplama sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

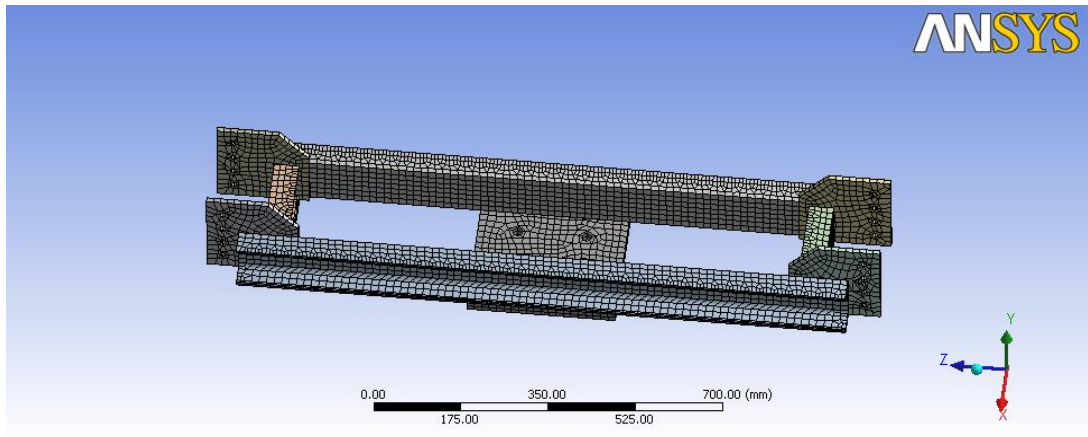
## 4.8 Taşıyıcı Elemanların Analizinin Yapılması

### 4.8.1 Üst Askı Kirişinin Analizi

#### 4.8.1.1 Üst Askı Kirişine Ait Verilerin Ansys Workbench'e Aktarılması

Üst askı kirişinin analizinde, Şekil 4.4'de görüldüğü gibi üst askı kirişini oluşturan iki adet UPN100 profili, destek profilleri, yaprak sacları ve yay sacı eleman boyutu 15mm. olacak şekilde “hex dominant” medotu seçilerek mesh atılmıştır.

Üç farklı eleman büyüklüğüne sahip değişik modellere ait mesh ağı sonucunda elde edilen düğüm ve eleman sayı değerleri Tablo 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4 Üst askı kirişi mesh yapısı.

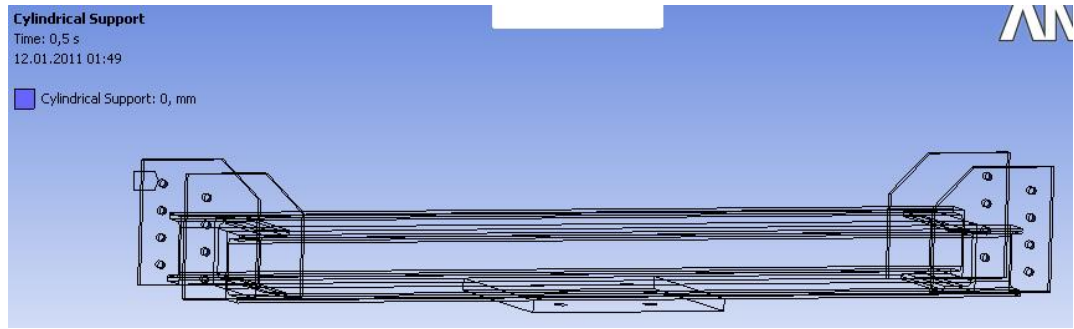
**Tablo 4.4** Üst askı kirişinde farklı eleman boyutlarında model üzerinde oluşan eleman sayısı ve düğüm noktası değerleri.

Eleman	Eleman Boyutu (mm)	Eleman Sayısı	Düğüm Sayısı
Üst Askı Kirişi	15	16.212	56.918
Üst Askı Kirişi	25	9.346	29.070
Taşıyıcı Kafesin Tamamı	25	48.769	152.456

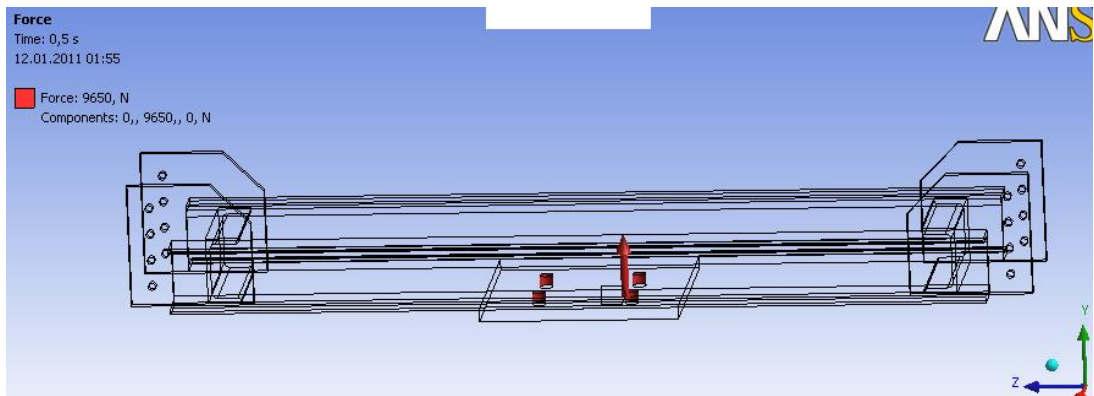
Mühendislik problemlerinin çözümünde sistemi çözülebilir kılmak adına bir takım kabuller yapılmaktadır. SEM analizlerinin bilgisayar ortamındaki analizlerini yaparken de sistemi çözümlü kılmaya çalışırken, eldeki bilgisayar donanımını göz

önünde bulundurmak lazım. Bundan yola çıkarak üst askı kirişi yükleme ve yükleme koşullarına ait kabullerimiz şunlardır:

- I. Üst askı kirişi başlangıçta hiç bir yüke maruz değildir (rest).
- II. Üst askı kirişi Şekil 4.5’de görüldüğü gibi yan kirişlerle bağlantı yeri olan (her iki taraf) ve çapı 11 mm. olan silindirik bağlantı yerlerinden sabit kabul edilmiştir.
- III. Asansör üst askı kirişine uygulanan kuvvet motordan gelen halatlar vasıtasıyla halat sacına, halat sacından yaylarla üst askı kirişine bağlanmaktadır. Böylece gelen titreşimlerden dolayı asansörü kullanan kişilerin anlık kalkışlarda sarsıntılardan rahatsızlığı engellenmiştir. Ama sistemimizde, dinamik yükleme koşullarını en üst sınırdan tutmak için halat sacının Şekil 4.6’deki gibi üst askı kirişine montaj yapıldığı kabul edilmiştir.



Şekil 4.5 Üst askı kirişine ait sınır koşulu.



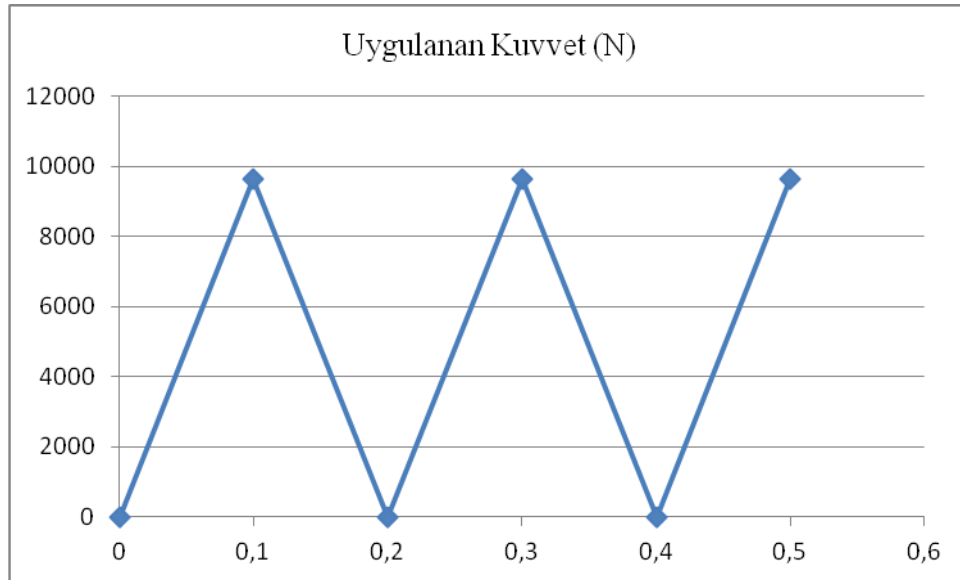
Şekil 4.6 Üst askı kirişindeki yükün uygulanması.

- IV. Dört halat vasıtasıyla yaylara gelen kuvvet maksimum değeri hesaplanarak, yayların yay sacına bağlama noktalarına Şekil 4.6’da görüldüğü gibi uygulanmıştır.

- V. Asansör sistemleri belli frekanslarla yüklemeye maruz kalan sistemler değildirler, değişik zaman dilimlerinde değişken yükler altında çalışan sistemlerdir. Uzun bir zaman sürecini analiz etmek için daha güçlü teknolojik imkanlara sahip olmak gerekir, bunun için beş (5) kişilik bir insan asansörünün maruz kalacağı yükleri;

Halat ağırlığı	: 400N
Kabin ağırlığı (5 kişilik asansör)	: 5.250N
Max kapasite (5 kişi)	: 4.000N
Toplam	: 9.650N

Topladığında maksimum olarak 9.650N olan yükler sisteme Şekil 4.7'de olduğu gibi belli zaman aralıklarında uygulanırsa,



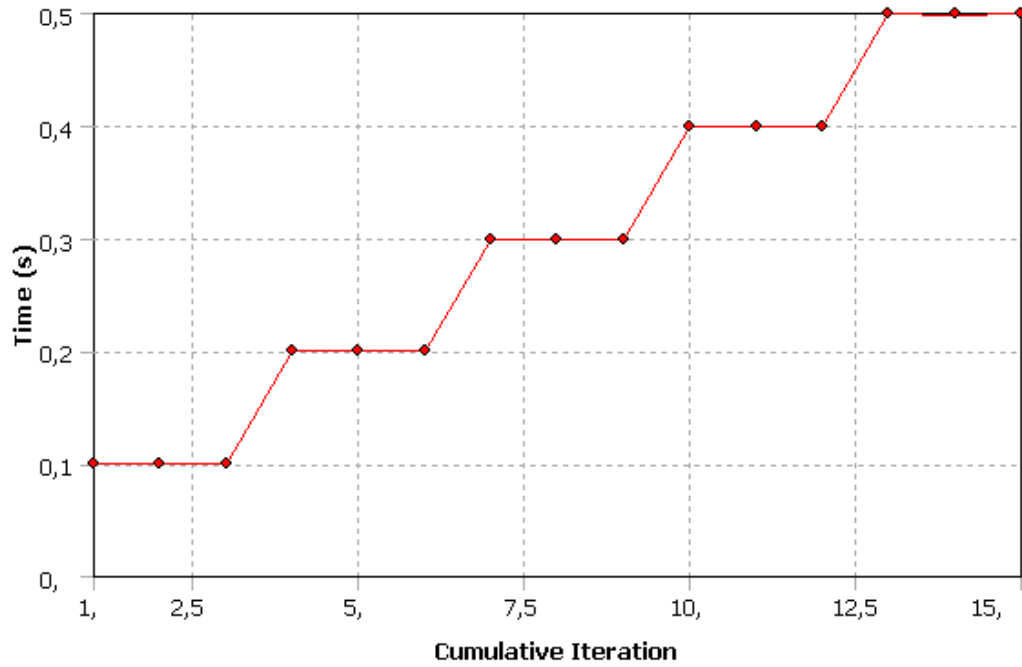
**Şekil 4.7** Üst askı kirişine uygulanan yükün zaman içindeki dağılımı (X eksen: zaman (sn), Y eksen: Kuvvet (N)).

Ansys Workbench'te modelleme, sonlu elemanlara ayırma (mesh), sınır koşullarının girilmesi, yükleme ve dinamik analize ait zaman ayarları yapıldıktan sonra sistemin analizi yapılmış ve sistemin zaman içerisindeki çözüm grafiği Şekil 4.8'deki gibi oluşmuştur.

Sistemin frekansı  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,2} = 5$  sistemin frekansı  $5 > \frac{1}{3}$  olduğu için

sistem dinamik olarak incelenecektir. Yaptığımız kabuller doğrultusunda değişen

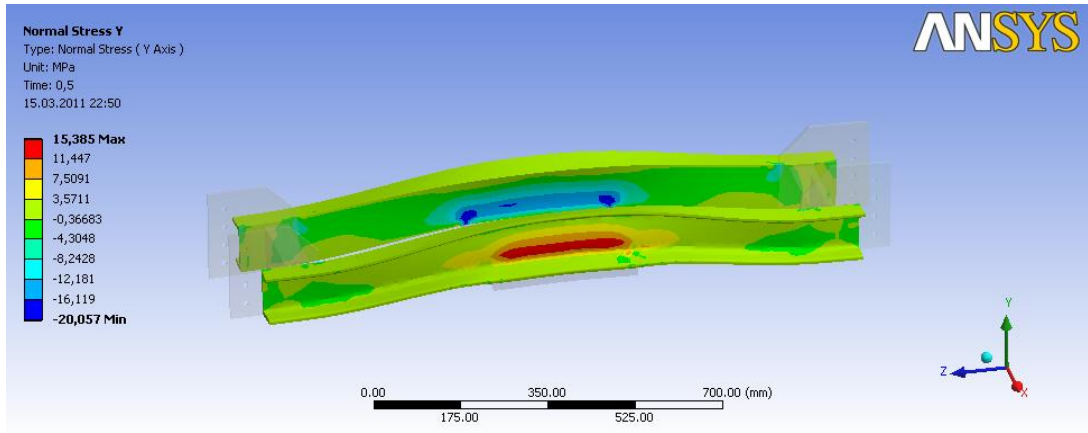
zaman dilimlerinde sisteme kuvvet uygulandı fakat gerçek hayatta asansörler belli frekanslarla yüklemeye maruz kalan sistemler değildir.



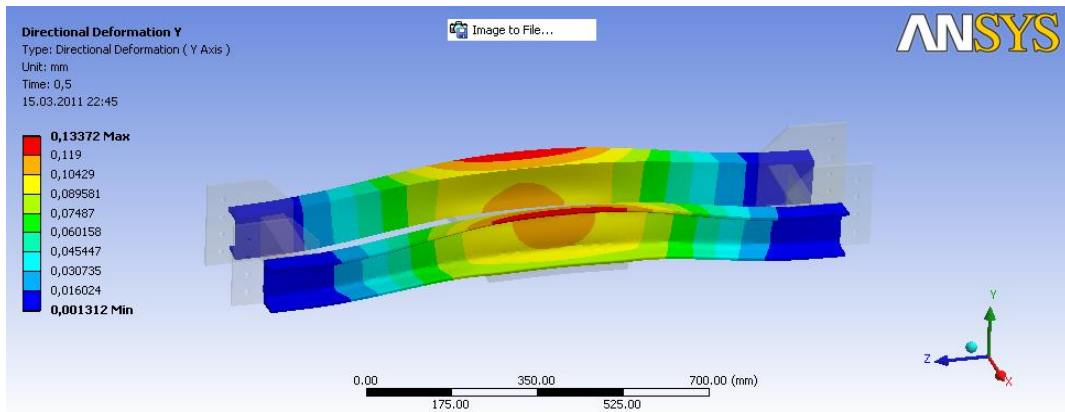
Şekil 4.8 Üst askı kirişinin çözümüne ait zaman iterasyonları.

#### 4.8.1.2 Üst Askı Kirişine Ait Analiz Sonuçları

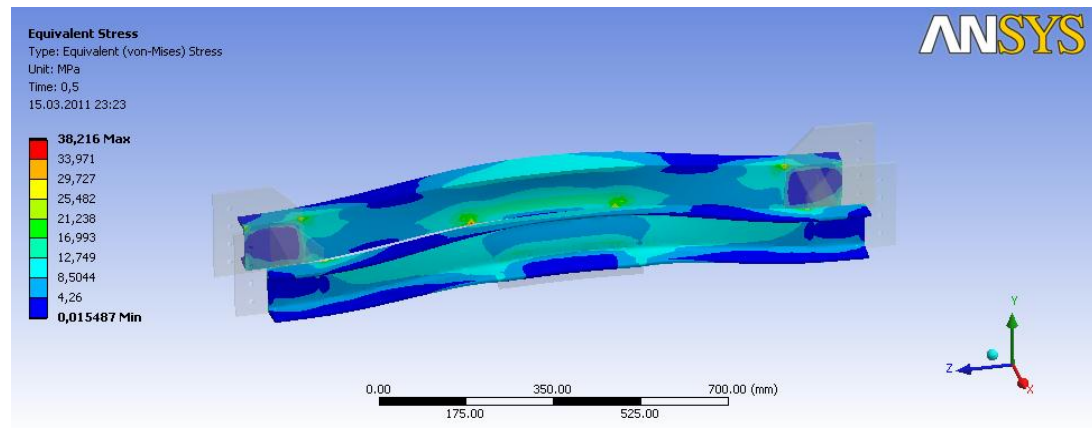
Çalışmanın bu kısmında, sadece üst askı kirişine ait UPN100 profilleri incelenecektir, çalışmanın son aşamasında ise sistemin maksimum değerlerine maruz kalan elemanlar üzerinde durulacaktır. Şekil 4.9'da UPN100 profillerine ait y eksenini boyunca normal gerilme, Şekil 4.10'da y eksenini boyunca birim uzama şekilleri ve Şekil 4.11'de ise eşdeğer (Von-Mises) gerilmesine ait biçim değişim şekilleri yer almaktadır. UPN100 profiline ait eleman boyutu 15 mm., eleman boyutu 25 mm. ve sistemin tamamı incelenirken elde edilen maksimum değerler Tablo 4.5'de gösterilmektedir.



Şekil 4.9 Üst askı kirişinde Y eksenine boyunca normal gerilme.



Şekil 4.10 Üst askı kirişinde Y eksenine boyunca birim uzama.



Şekil 4.11 Üst askı kirişindeki eşdeğer ( Von-Mises) gerilme.

**Tablo 4.5** Üst askı kirişinin değişen eleman boyutlarına göre analiz sonuçları.

Analiz Sonuçları	Üst Askı kirişi UPN100 (eleman boyutu=15mm)	Üst Askı kirişi UPN100 (eleman boyutu=25mm)	Taşıyıcı Kafesin Tamamı UPN100 (eleman boyutu=25)
Eşdeğer (Von-mises) gerilmesi (MPa)	38,26	27,18	35,22
Normal Gerilme X eksen (MPa)	21,95	18,54	10,28
Normal Gerilme Y eksen (MPa)	20,08	19,91	23,80
Toplam Deformasyon (mm)	0,13	0,12	0,37
Yönel Deformasyon X eksen (mm)	0,01	0,03	0,02
Yönel Deformasyon Y eksen (mm)	0,13	0,12	0,37

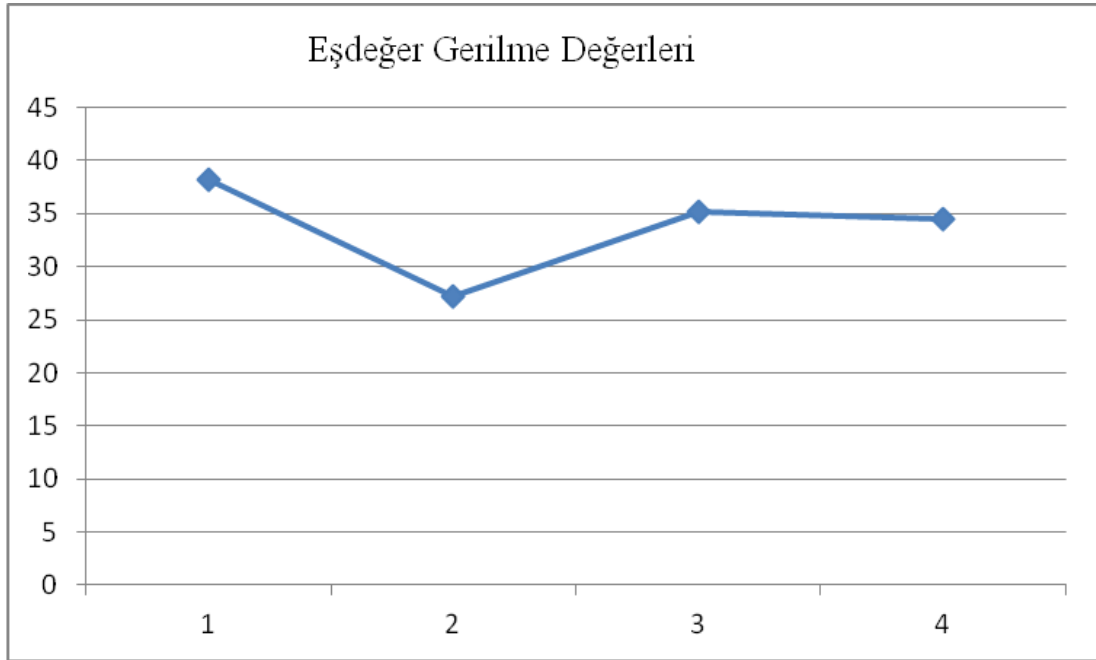
Şekil 4.9'da görüldüğü gibi üst taşıyıcı sistemde Y eksen boyunca en büyük gerilme 20,08 Mpa. ile UPN100 profillerin hemen dışında olmaktadır, Şekil 4.10'da ise üst taşıyıcı sistemdeki en büyük deformasyon değeri 0,13 mm. ile UPN100 profilinin hemen üst kısmında oluşmaktadır ve Şekil 4.11'de üst askı kirişindeki en büyük eşdeğer gerilme değeri 38,26 Mpa. ile UPN profilinin sistemin diğer elemanı olan yay sacı ile birleşme temas bölgelerinde oluşmaktadır.

#### 4.8.1.3 Üst Askı Kirişinde Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tablo 4.6'da analiz sonuçları ile 3. bölümde hesaplanan mukavemet değerleri gösterilmektedir. Tablo 4.6'ya göre oluşturulan Şekil 4.12'de gerilme değerleri ve Şekil 4.13'de ise toplam deformasyon değerleri SEM eleman boyutu 15 mm, 25mm, sistemin tamamının bir arada olduğu SEM eleman boyutunun 25mm. olduğu ve 3. bölümde basit yöntemle (Makine mühendisleri Odası Avan Projesi Hazırlama Şartnamesi) elde edilen değerler karşılaştırılmaktadır.

**Tablo 4.6** Üst askı kirişinin değişen analiz biçimlerine göre toplam deformasyon ve eşdeğer gerilme değerleri.

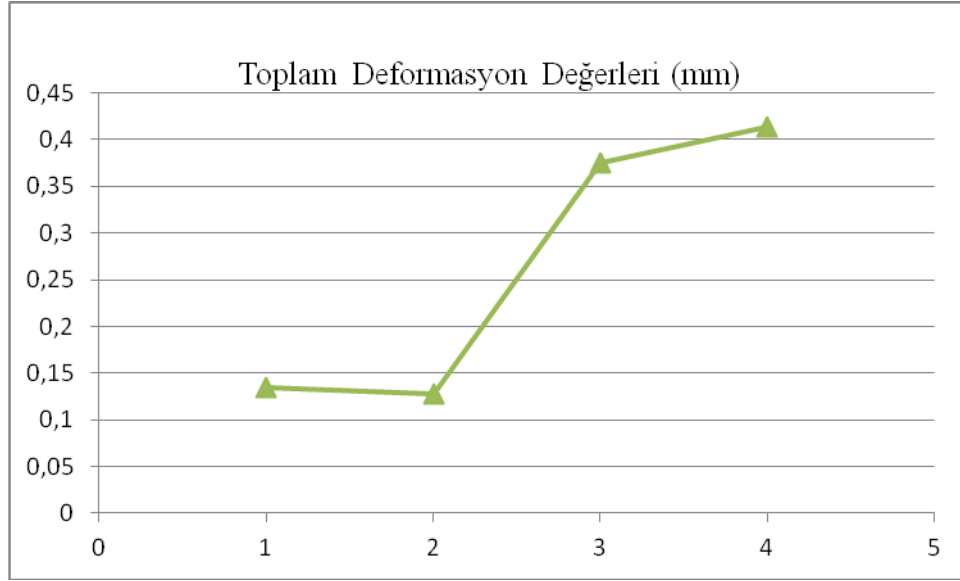
Analiz Biçimleri		Eşdeğer Gerilme Değerleri (MPa)	Toplam Deformasyon Değerleri (mm)
Eleman Boyutu=15	1	38,26	0,13
Eleman Boyutu=25	2	27,18	0,12
Sistemin Bütünü	3	35,22	0,37
1. Yöntem (Basit yöntem)	4	34,51	0,41



**Şekil 4.12** Tablo 4.6'ya göre üst askı kirişindeki eşdeğer gerilmelerin karşılaştırılması (X eksen: Analiz Tipleri, Y eksen: Gerilme Değerleri (MPa)).

Şekil 4.12'ye göre sistemi bütün halde incelerken elde edilen gerilme değerleri ile 1. Yöntem (basit yöntem) ile elde edilen değerler birbiriyle örtüşmektedir. Bunlara yakın olarak eleman boyutunun 15 mm. olduğu analiz yaklaşık olarak bu değerleri doğrulamaktadır. Eleman boyutunun 25 mm olduğu analizde ise bu değerler sapma göstermektedir, bu da bize sonlu elemanlar analizlerinde elde edilen teknik imkanların verdiği en küçük eleman sayısını tercih etmek gerektiğini gösteriyor. Elde edilen bu sonuçlar arasından maksimum değer olan  $38,22 [MPa]$  alındığında emniyet gerilmesi için TS 1812 – çizelge 3[19]'da belirtilen  $90 [N/mm^2]$  değeri alındığında hesaplanan  $38,22[MPa] < 90 [MPa]$  olduğundan kabin üst askı kirişleri için kullanılan profil (NPU 100) uygundur.





**Şekil 4.13** Tablo 4.6'ya göre üst askı kirişindeki toplam deformasyon değerlerinin karşılaştırılması (X eksen: Analiz Tipleri, Y eksen: Yer Değiştirme Değerleri (mm)).

Şekil 4.13'e göre toplam deformasyon değerleri karşılaştırıldığında, 1. Yöntem (basit yöntem) ve sistemin tamamının incelendiği model birbiriyle örtüşmektedir. Sistem basite indirgenip kabuller yapıldığında elde edilen sonuçların bazılarının, beklenen değerlerden saptığı görülebilir. Hesaplamalardan elde edilen en büyük değer (0,41 mm) incelediğinde emniyet gerilmesi için TS 1812 – çizelge 3[19]'da belirtildiği gibi  $\frac{e}{L} \leq 1.10^{-3}$  değeri alındığında hesaplanan  $\frac{0,414}{1230} = 0.3365 \times 10^{-3} < 1.10^{-3}$  olduğundan kabin üst askı kirişleri için kullanılan profil (NPU 100) uygundur.

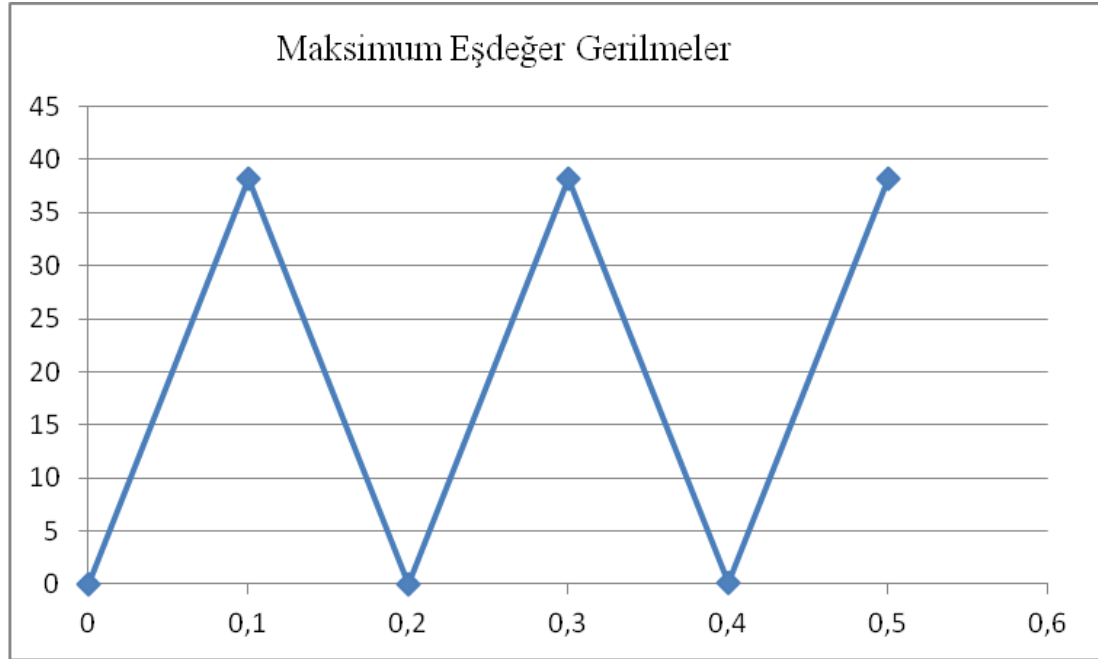
#### 4.8.1.4 Üst Askı Kirişinde Analiz Sonuçlarının Zaman İçerisindeki Dağılımı

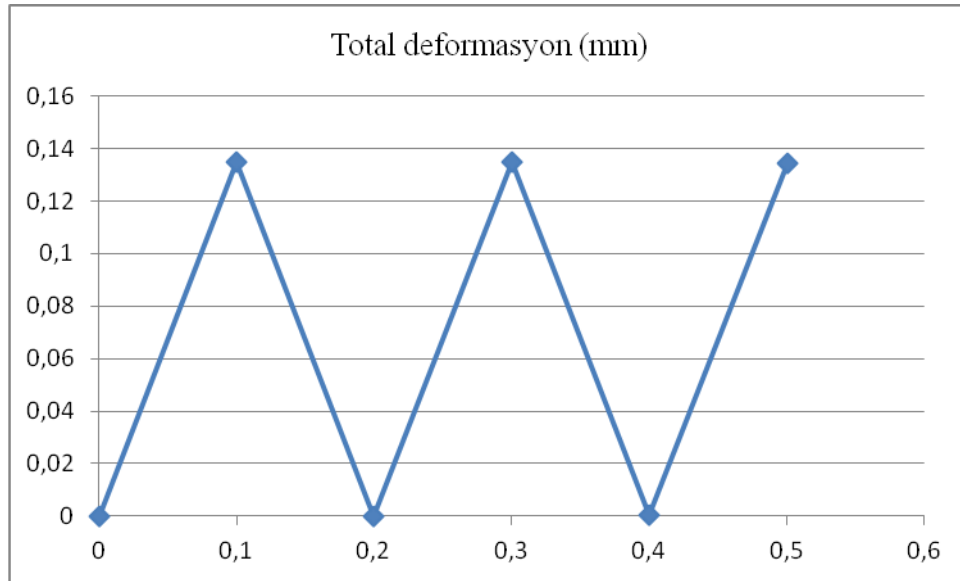
Tablo 4.7'de eleman boyutunun 15 mm. olduğu analize ait değerlerin, zaman içerisinde değişen gerilme değerleri ve deformasyon değerleri gösterilmektedir. Bu değerlere ait gerilmenin zaman içerisindeki değişim grafiği Şekil 4.14'de, deformasyonun zaman içerisindeki değişimi de Şekil 4.15'de gösterilmektedir.

**Tablo 4.7** Üst askı kirişinin zaman içerisindeki gerilme ve deformasyon değerleri.

Zaman (sn)	Maksimum Eşdeğer Gerilmeler (MPa)	Total Deformasyon (mm)
0,1	38,26	0,13
0,2	0,01	0,00006
0,3	38,24	0,13
0,4	0,04	0,0001
0,5	38,21	0,13

Sonuçlar incelendiğinde, zaman içerisinde gerilme ve deformasyon değerlerinin çok azda olsa düştüğü görülmekte ve maksimum değerlerin sistemin ilk yükleme anında gerçekleştiği sonucuna varılmaktadır. Bu da bize sistemleri tasarlariken ilk yüklemelerin sisteme aşırı yük bindirdiğini, bunun önün geçmek için çalışmaların yapılması gerektiğini göstermektedir.

**Şekil 4.14** Tablo 4.7'e göre üst askı kirişinde oluşan eşdeğer gerilmenin zaman içerisindeki dağılımı (X eksen: zaman (s), Y eksen: Gerilme (MPa)).

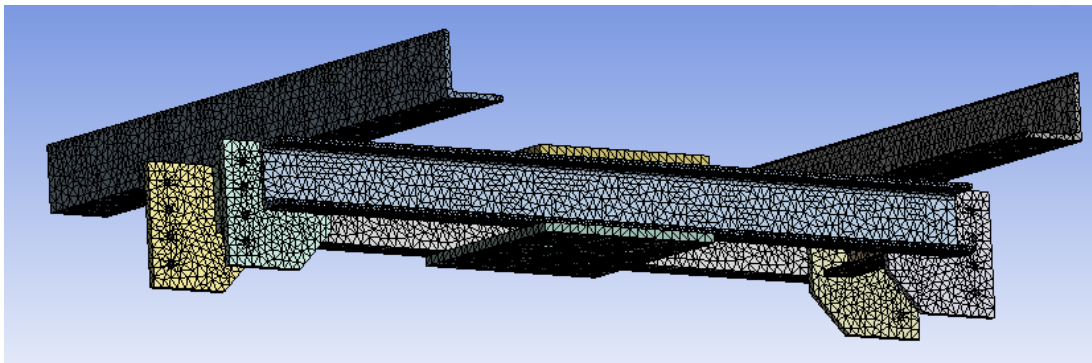


**Şekil 4.15** Tablo 5.7' e göre üst askı kirişinde oluşan toplam deformasyonun zaman içerisindeki dağılımı (X eksen: zaman (s), Yekseni: deformasyon (mm)).

## 4.8.2 Alt Askı Kirişinin Analizi

### 4.8.2.1 Alt Askı Kirişine Ait Verilerin Ansys Workbench'e Aktarılması

Alt askı kirişinin analizinde, Şekil 4.16'da görüldüğü gibi alt askı kirişini oluşturan iki adet UPN100 profili, destek profilleri, yaprak saçları, halat sacı ve kabin taşıma görevi üstlenen kabin sacı ve 2 adet L profili malzeme boyutu 15 mm olacak şekilde "hex dominant" medotu seçilerek mesh atılmıştır.



**Şekil 4.16** Alt askı kirişi mesh yapısı.

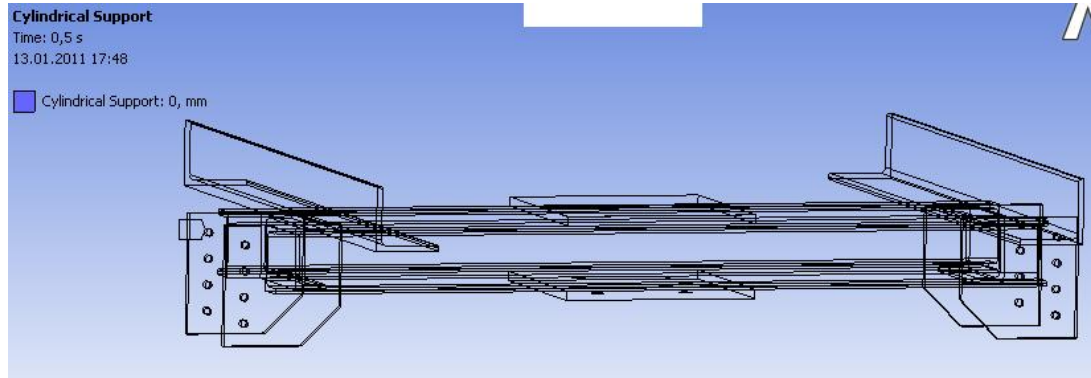
Üç farklı mesh ağı sonucunda elde edilen düğüm ve eleman sayı değerleri Tablo 4.8'de verilmiştir.

**Tablo 4.8** Alt askı kirişinde farklı eleman boyutlarında model üzerinde oluşan eleman sayısı ve düğüm noktası değerleri.

Eleman	Eleman Boyutu (mm)	Eleman Sayısı	Düğüm Sayısı
Alt Askı Kirişi	15	29.637	99.585
Alt Askı Kirişi	25	19.015	57.508
Taşıyıcı kafesin Tamamı	25	48.769	152.456

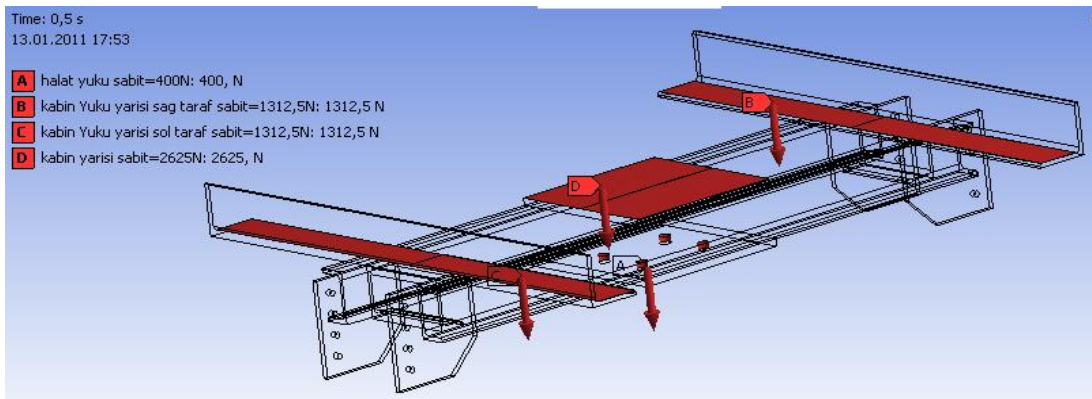
Bu çalışmada, alt askı kirişi yükleme ve yükleme koşullarına ait kabuller şunlardır:

- I. Alt askı kirişi Şekil 4.17’de görüldüğü gibi yan kirişlerle bağlantı yeri olan (her iki taraf) ve çapı 11 mm. olan silindirik bağlantı yerlerinden sabit kabul edilmiştir.



**Şekil 4.17** Alt askı kirişine ait sınır koşulu.

- II. Şekil 4.18’de görülebileceği gibi alt askı kirişi başlangıçta (sistem durağan halde) ve sistem hareket halinde iken değişmeyen yükler şunlardır:



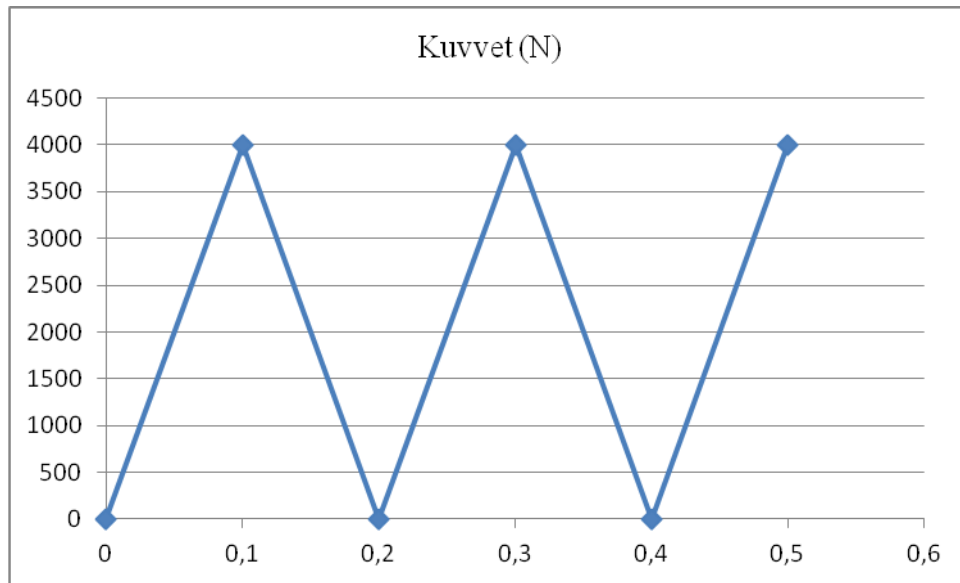
**Şekil 4.18** Alt askı kirişinde sistem durağan ve hareket halinde iken sabit olan yükler.

- Halat yükü; halat yükü 5 kişilik bir insan asansörü için halat yükü maksimum 400N [19] değerinde yer almaktadır. Bu değer, asansör en üst katta iken alt askı kirişi bu yükün maksimum değerine maruz

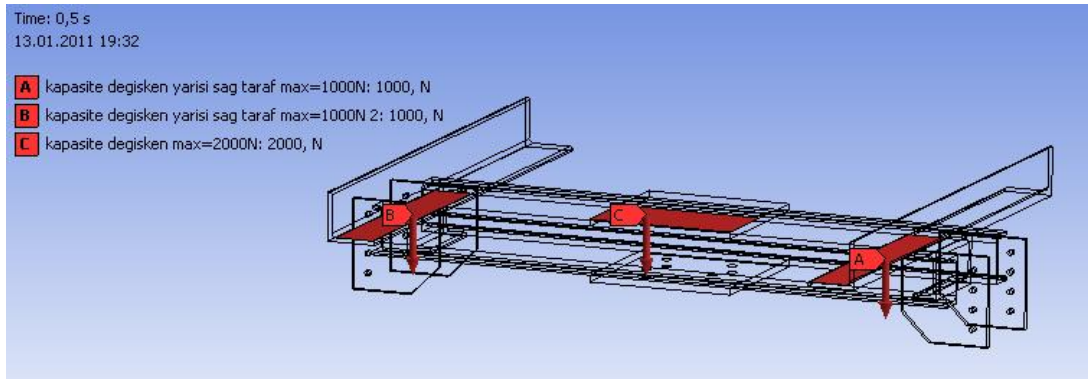
kalmaktadır. Halat yükü, sistemin diğer yükleri yanında çok küçük kaldığından yükün maksimum değerini bu çalışmada tüm zamanlar için sabit kabul edildi. Yükü alt askı kirişi alt tarafında yer alan halat sacına 4 bağlantı noktasına eşit gelecek şekilde uyarlandı.

- Kabin yükü; 5 kişilik bir insan asansörün kabin ağırlığı 5.250 N. [19] değerinde yer almaktadır. Bu değer, asansörün alt askı kirişinin ortasında yer alan kabin sacı ve alt askı kirişinin her iki tarafında yer alan L profillerine uygulanmaktadır. Bu yük tüm zamanlar boyunca sabit olup, bu çalışmada taşıyıcı elemanların analizi hedeflendiğinden bu yükün yarısını kabin sacına uygulandığı kabul edildi, geri kalan yarım yükü iki adet L profillerine eşit uygulandığı varsayıldı.

III. Alt askı kirişine uygulanan dinamik kuvvet 5 kişilik bir insan asansörü için maksimum değer olan 4.000N [19]'luk kuvvet Şekil 4.19'daki zaman aralıklarında Şekil 4.20'deki gibi sisteme uygulanmaktadır. Uygulanan yükün sistem üzerindeki maksimum etkilerini görmek için; asansörün giriş kapısından başlayarak kabinin orta kısmına kadar zemine 4.000N'luk yük yayılı olarak uygulandı. Bu yüklemeye hedeflenen, sistemde maksimum değerlerde moment oluşturup, bu momentin sistem üzerinde yarattığı gerilmeleri hesaplamaktır.

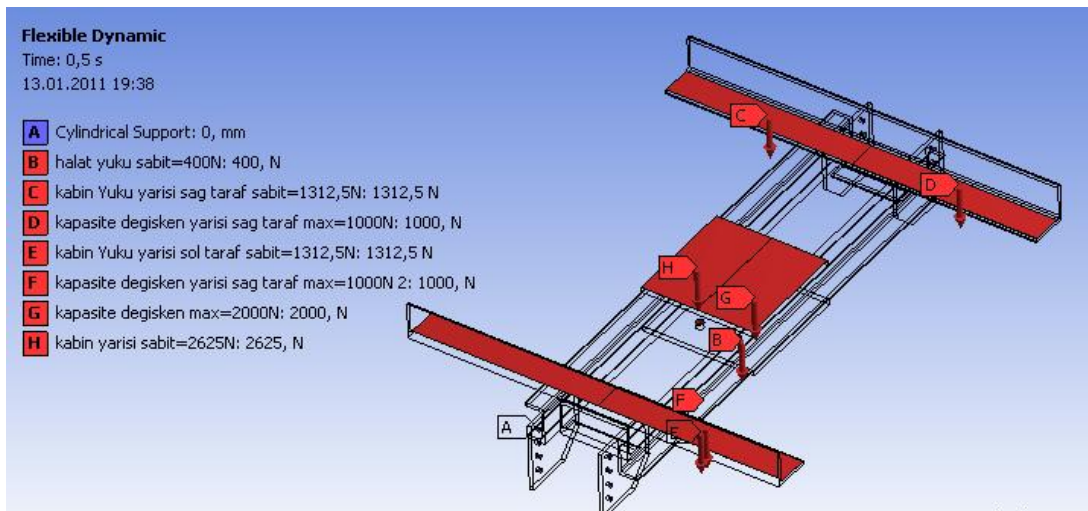


Şekil 4.19 Alt askı kirişine uygulanan yükün zaman içindeki dağılımı (X eksen: zaman (s), Y eksen: Kuvvet (N)).

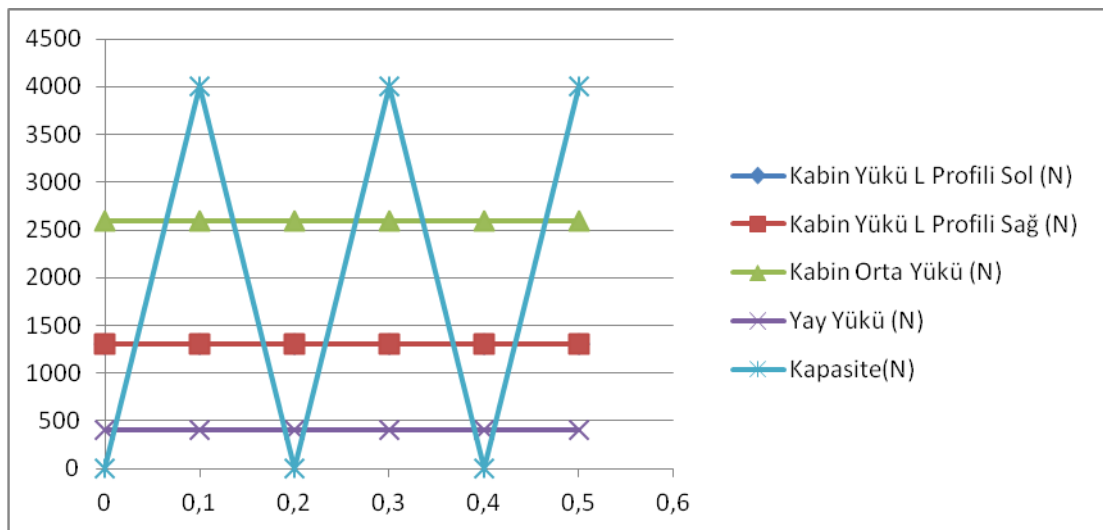


Şekil 4.20 Alt askı kirişindeki dinamik yükün sisteme uygulanması.

Alt askı kirişin sabitlendiği noktalar (rijit olarak kabul edilen noktalar) ve uygulanan sabit ve dinamik yüklerin tamamı geometrik olarak Şekil.4.21’de, zamanla değişimleri ise Şekil 4.22’de gösterilmektedir.



Şekil 4.21 Alt askı kirişindeki yüklemeler.

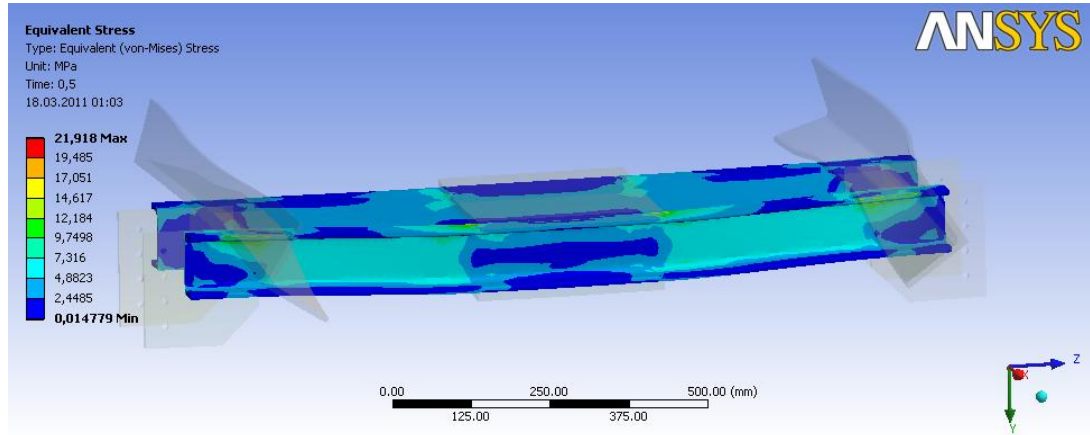


Şekil 4.22 Alt askı kirişindeki yüklemelerin zamanla değişimi (X eksen: zaman (s), Yeksen: Kuvvet (N)).

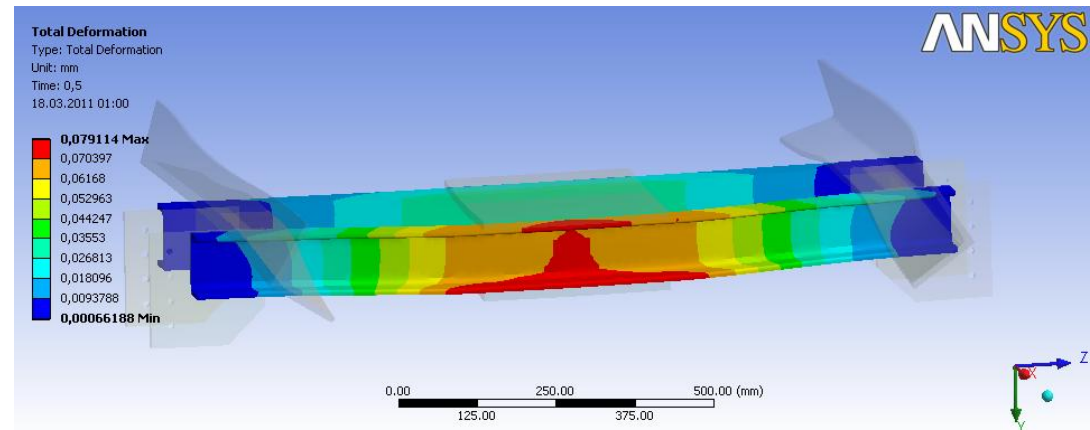
Ansys Workbench'te modelleme, sonlu elemanlara ayırma (mesh), sınır koşullarının girilmesi, yükleme ve dinamik analize ait zaman ayarları yapıldıktan sonra sistemin analizi yapılmıştır.

#### 4.8.2.2 Alt Askı Kirişine Ait Analiz Sonuçları

Çalışmanın bu kısmında, sadece alt askı kirişine ait UPN100 profilleri incelenecektir. Şekil 4.23'de UPN100 profillerine ait eşdeğer gerilme (Von-Mises), Şekil 4.24'de UPN100 profillerine ait toplam deformasyon şekilleri ve Şekil 4.25'de ise kayma gerilmesine ait biçim değişim şekilleri yer almaktadır. UPN100 profiline ait eleman boyutu 15, eleman boyutu 25 ve sistemin tamamı incelenirken elde edilen maksimum değerler Tablo 4.9'da gösterilmektedir.

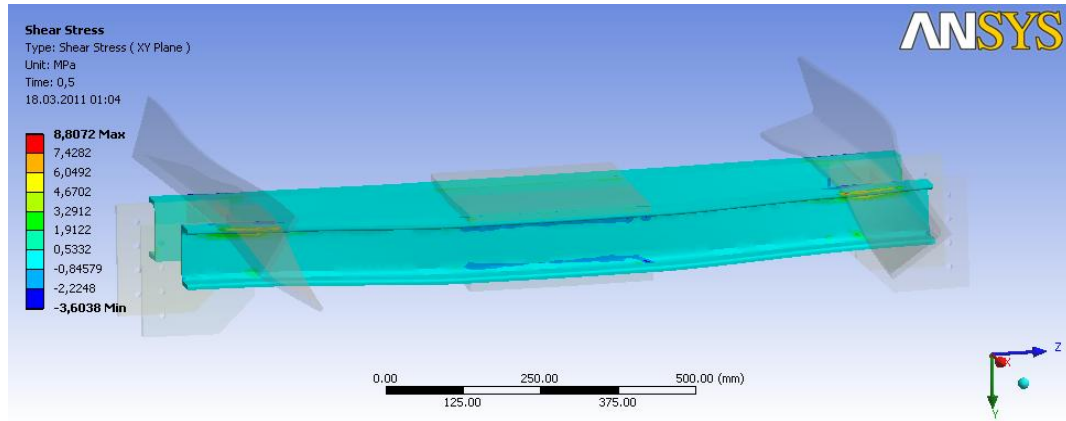


Şekil 4.23 Altt askı kirişinde eşdeğer gerilme (Von-Mises).



Şekil 4.24 Alt askı kirişinde toplam deformasyon.





Şekil 4.25 Alt askı kirişindeki kayma gerilmesi.

Tablo 4.9 Alt askı kirişinin değişen eleman sayılarına göre analiz sonuçları.

Analiz Sonuçları	Alt Askı kirişi UPN100 (eleman boyutu=15mm)	Alt Askı kirişi UPN100 (eleman boyutu=25mm)	Taşıyıcı Kafesin Tamamı UPN100 (eleman boyutu=25mm)
Eşdeğer (Von-mises) gerilmesi (MPa)	21,95	16,74	27,25
Normal Gerilme X eksen (MPa)	13,31	10,12	10,62
Normal Gerilme Y eksen (MPa)	12,97	18,01	10,55
Toplam Deformasyon (mm)	0,07	0,07	0,28
Yönel Deformasyon X eksen (mm)	0,01	0,01	0,04
Yönel Deformasyon Y eksen (mm)	0,07	0,07	0,28

Şekil 4.23’de görüldüğü üzere, alt taşıyıcı sistemde en büyük gerilme değeri 23,91 Mpa ile ön UPN100 profilinin değişken olan kuvvetin uygulandığı orta kabin taşıyıcı sacının UPN100 profili ile birleştiği noktada oluşmaktadır. Şekil 4.24’te ise alt taşıyıcı sistemdeki en büyük toplam deformasyon değeri 0,08 mm ile ön



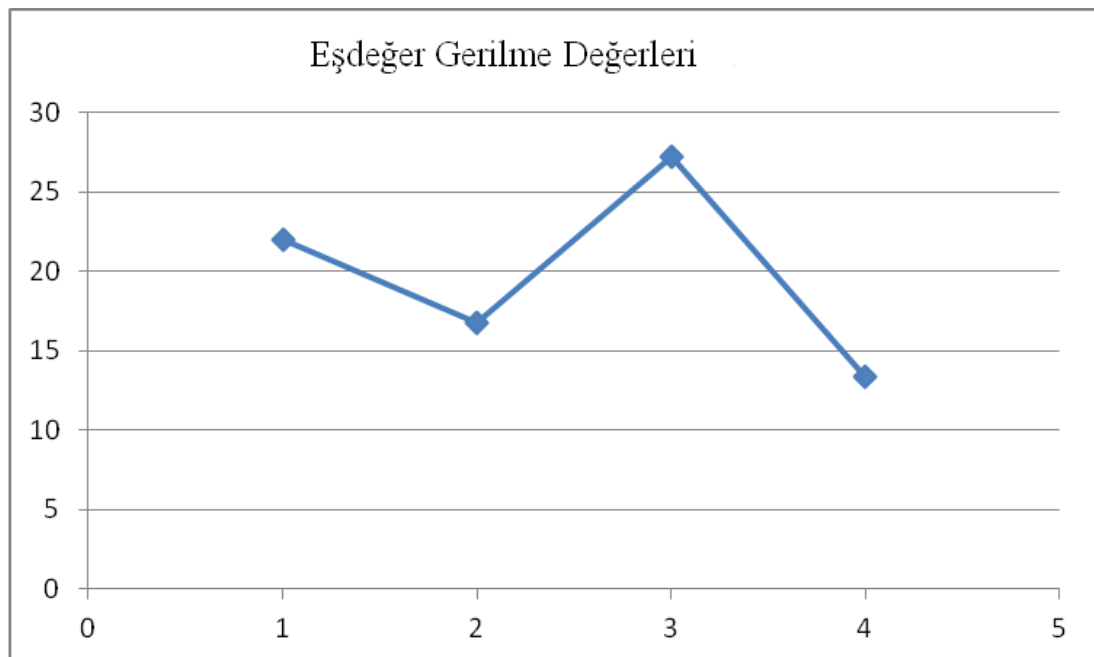
UPN100 profilinin altında halat sacının birleştiği bölgede oluşmaktadır, ve Şekil 4.25’de alt askı kirişindeki en büyük kayma gerilmesi 8,82 Mpa. ile ön UPN profilinin L profillerle birleştiği noktada oluşmaktadır.

#### 4.8.2.3 Alt Askı Kirişinde Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tablo 4.10’da analiz sonuçları ile 3. bölümde hesaplanan mukavemet değerleri yer almaktadır. Tablo 4.10’a göre oluşturulan Şekil 4.26’daki gerilme değerleri ve Şekil 4.27’deki deformasyon değerleri SEM eleman boyutu 15 mm, 25 mm, sistemin tamamının bir arada olduğu SEM eleman boyutunun 25 mm olduğu ve 3. bölümde basit yöntemle (Makine mühendisleri Odası Avan Projesi Hazırlama Şartnamesi) elde edilen değerler karşılaştırılmaktadır.

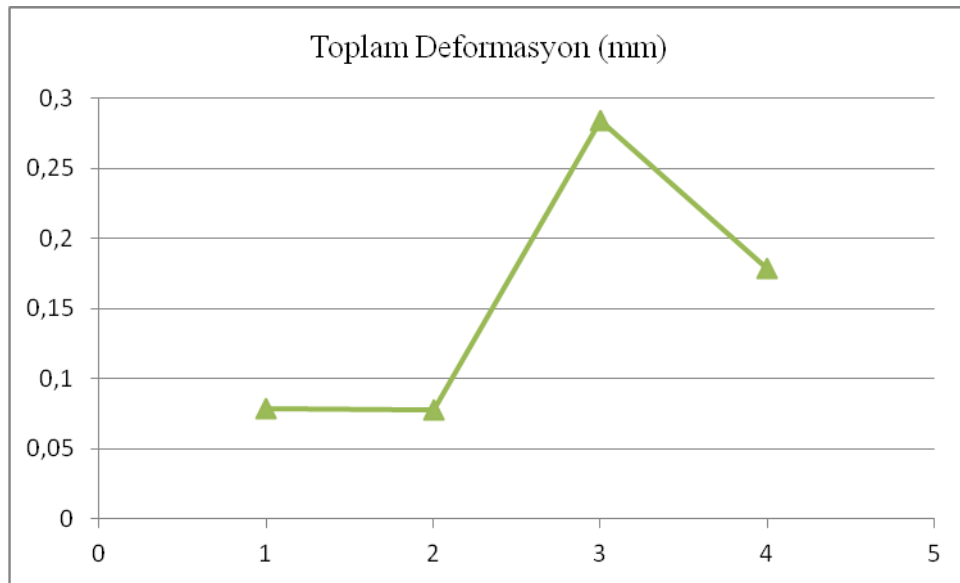
**Tablo 4.10** Alt askı kirişinin değişen analiz biçimlerine göre yer değiştirme ve eşdeğer gerilme değerleri.

Analiz Biçimleri		Eşdeğer Gerilme Değerleri (MPa)	Yer değiştirme Değerleri (mm)
Eleman Boyutu=15	1	21,95	0,07
Eleman Boyutu=25	2	16,74	0,07
Sistemin Bütünü Eleman Boyutu=25	3	27,25	0,28
1. Yöntem (Basit yöntem)	4	13,35	0,17



**Şekil 4.26** Tablo 4.10’a göre alt askı kirişindeki eşdeğer gerilmelerin karşılaştırılması (X eksen: zaman (s), Yekseni: Gerilme (MPa)).

Şekil 4.26'ya göre sistemi bütün halde incelerken elde edilen gerilme değerleri ile 1. Yöntem (basit yöntem) ile elde edilen değerler arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. 2 nolu sonuçlar (eleman boyutu 25 mm.) eleman boyutunun farklılığından kaynaklanmaktadır, 1 nolu (eleman boyutu 15 mm.) sonuçlar ile basit yöntemle elde edilen sonuçlar sistemin başlangıç şartları aynı olmasına rağmen aradaki fark sistemi Ansys Workbench ile analiz ederken yüklerin asansör kabininin bir tarafına yüklendiğini kabul edildi. Burada gerçeğe en yakın sonuçlar 3 nolu (sistemin tamamının incelendiği) sisteme aittir. Çünkü gerçek sistemle en çok örtüşen sistem özelliği gösterdiğinden sonuçlara pozitif bakılabilir. Bunlara yakın olarak eleman boyutunun 15 mm. olduğu analiz yaklaşık olarak bu değerleri doğrulamaktadır. Elde edilen bu sonuçlar arasından maksimum değer olan  $27,25 [MPa]$  alındığında emniyet gerilmesi için TS 1812 – çizelge 3[19]'da belirtilen  $74 [MPa]$  değeri alındığında hesaplanan  $27,252 [MPa] < 74 [MPa]$  olduğundan kabin alt askı kirişleri için kullanılan profil (NPU 100) uygundur.



**Şekil 4.27** Tablo 4.10'a göre alt askı kirişindeki yerdeğiştirme değerlerinin karşılaştırılması (X eksenini farklı analizler, Y eksenini: yer değiştirme (mm)).

Şekil 4.27'ye göre yer değiştirme değerleri karşılaştırıldığında, basit yöntem ve sistemin tamamının incelendiği model birbirine yakın değerler göstermektedir. Sistemi basite indirgeyip kabuller yapıldığında elde edilen sonuçların bazılarının beklenen değerlerden saptığı görülmektedir. Hesaplamalardan elde edilen en büyük

değer (0,28 mm) incelendiğinde emniyet gerilmesi için TS 1812 – çizelge 3[19]'da belirtildiği gibi  $\frac{e}{L} \leq 1.10^{-3}$  değeri alındığında hesaplanan  $\frac{0,28138}{1230} = 0.228 \times 10^{-3} < 1.10^{-3}$  olduğundan kabin alt askı kirişleri için kullanılan profil (NPU 100) uygundur.

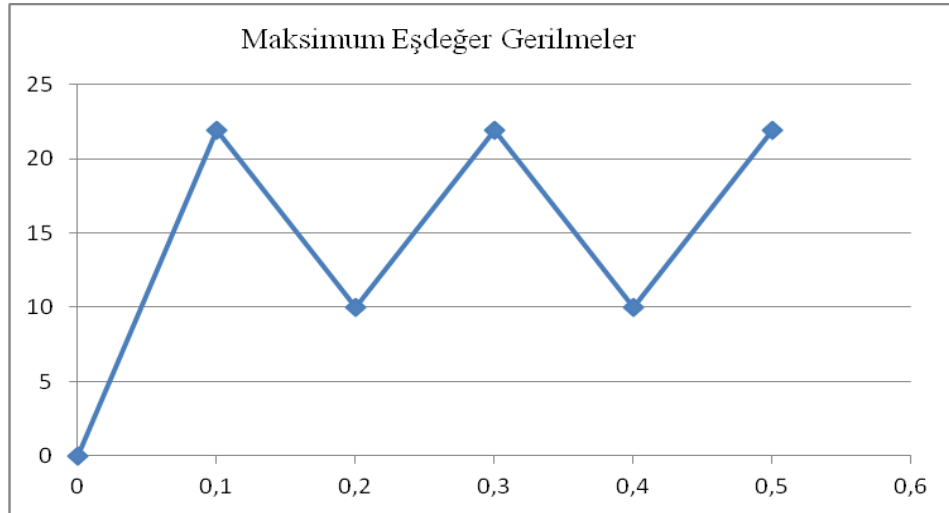
#### 4.8.2.4 Alt Askı Kirişinde Analiz Sonuçlarının Zaman İçerisindeki Dağılımı

Tablo 4.11'de zaman içerisinde değişen gerilme değerleri ve deformasyon değerleri gösterilmektedir. Bu değerlere ait gerilmenin, zaman içerisindeki değişim grafiği Şekil 4.28'de, deformasyonun zaman içerisindeki değişimi de Şekil 4.29'da gösterilmiştir.

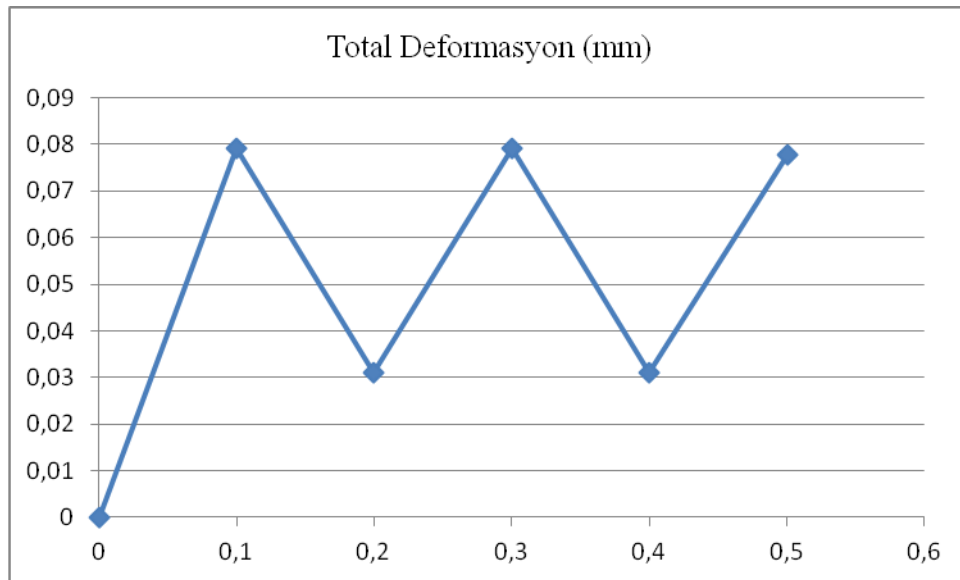
**Tablo 4.11** Alt askı kirişinin zaman içerisindeki gerilme ve deformasyon değerleri.

Zaman (sn)	Maksimum Eşdeğer Gerilmeler (MPa)	Total Deformasyon (mm)
0,1	21,95	0,07
0,2	10,02	0,03
0,3	21,93	0,07
0,4	10,02	0,03
0,5	21,91	0,07

Zaman içerisinde gerilme ve deformasyon değerlerinin çok az da olsa düştüğü görülmektedir ve maksimum değerlerin, sistemin ilk yükleme anında gerçekleştiği sonucuna varılmaktadır. Alt askı kirişinde yükleme olmadığı durumlarda da gerilme ve deformasyon oluşmakta bu gerilme ve deformasyonlarda halat ve kabin yükünden kaynaklanmaktadır.



**Şekil 4.28** Tablo 4.11'e göre alt askı kirişinde oluşan eşdeğer gerilmenin zaman içerisindeki dağılımı (X eksen: zaman (s), Y eksen: Gerilme (MPa)).



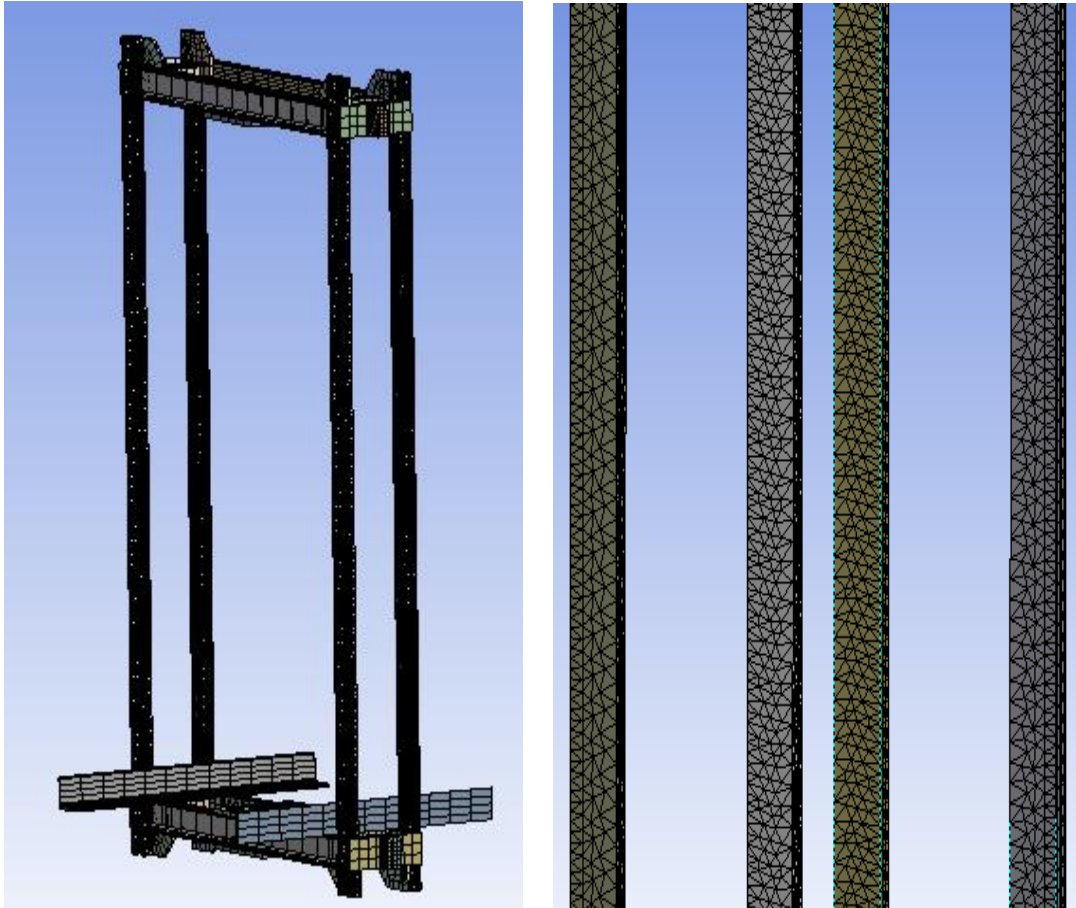
**Şekil 4.29** Tablo 4.11'e göre alt askı kirişinde oluşan toplam deformasyonun zaman içerisindeki dağılımı (X eksen: zaman (s), Y eksen: Deformasyon (mm)).

### 4.8.3 Yan Kirişlerin Analizi

#### 4.8.3.1 Yan Kirişlere Ait Verilerin Ansys Workbench' e Aktarılması

Yan kirişlerin analizinde, Şekil 4.30'da görüldüğü gibi sistemin tamamı ele alınmıştır, bunun nedeni yan kirişler alt ve üst askı kirişlere uygulanan yüklerin tamamından direkt etkilenmektedir. Bundan dolayı daha önce bu alanda yapılan çalışmalardan farklı olarak yan kirişlerin analizinde sistem bir bütün olarak incelenmiştir. Bu kısımda, sadece şekilde gözüken 4 adet yanlarda bulunan UPN65 profili incelenecektir. Yanlarda bulunan 4 adet UPN65 profili için eleman boyutu 15

mm. ve 25 mm. olacak şekilde eleman metodu “hex dominant” seçilerek mesh atılmış, geri kalan elemanlar için de programın otomatik mesh özelliği seçilmiştir. Burada amaçlanan, sistemin tamamının eleman boyutunun 25 mm. olduğu ve tüm elemanların “hex dominant” özelliğinin atandığı yapı ile kıyaslama yapmak ve sistem içerisinde iki değişik eleman boyutunun ve büyüklüğünün sonuçlar üzerindeki etkisini araştırmaktır.



Şekil 4.30 Yan kirişlerin mesh yapısı (eleman boyutu 15 mm.).

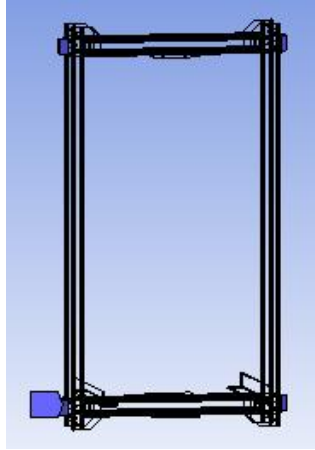
Üç farklı modele ait düğüm ve eleman sayı değerleri Tablo 4.12’de verilmiştir.

**Tablo 4.12** Yan kirişlerde farklı eleman boyutlarında model üzerinde oluşan eleman sayısı ve düğüm noktası değerleri.

Eleman	Eleman Boyutu (mm)	Eleman Sayısı	Düğüm Sayısı
Yan Kirişler	15	59.343	185.680
Yan Kirişler	25	36.501	111.058
Taşıyıcı kafesin Tamamı	25	48.769	152.456

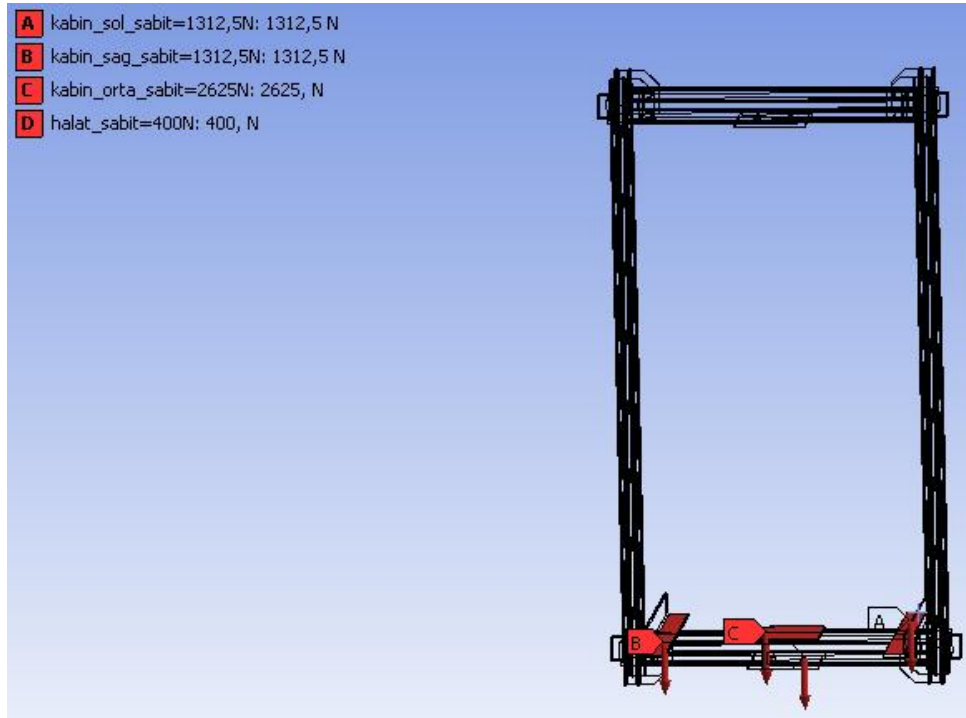
Bu çalışmada, yan kirişlere ait yükleme ve yükleme koşullarına ait kabuller aşağıdaki gibidir.

- I. Yan kirişler, Şekil 4.31’de gösterildiği gibi sistemin tamamı olarak incelendiğinden asansörün, asansör kuyusu içinde yatay yönde hareketini sağlayan kılavuz raylara sabitlendiği kabul edilmiştir. Kılavuz raylar ikisi sol ikisi sağ tarafta olmak üzere 4 adet kılavuz ray x, y ve z yönlerinde hareketleri kısıtlanmış olarak sabitlenmişlerdir.



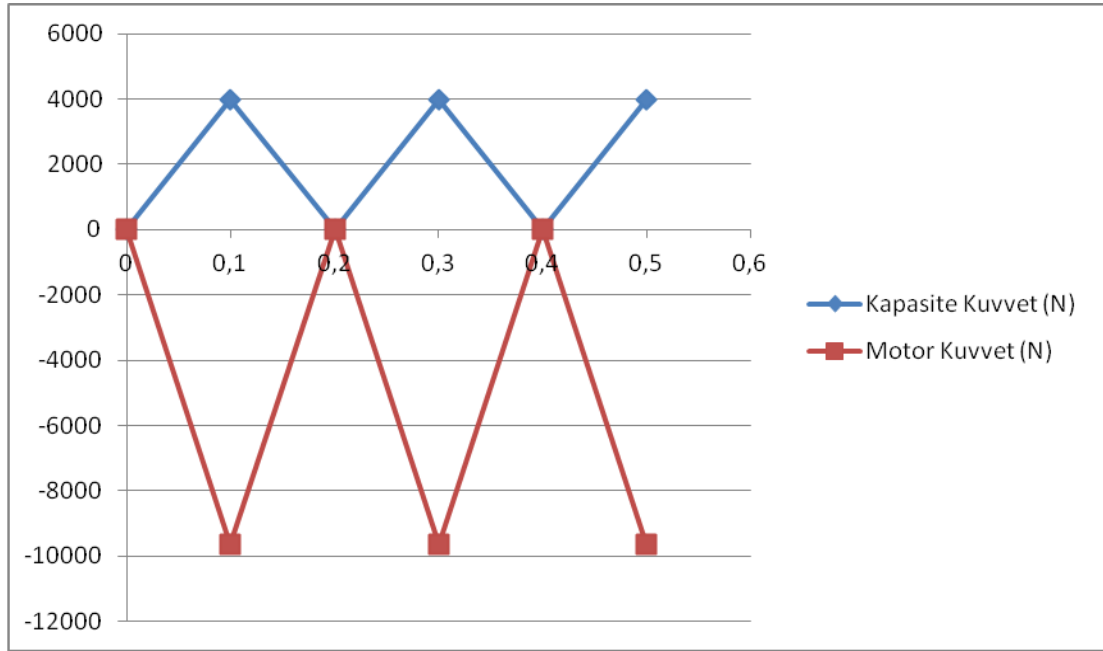
**Şekil 4.31** Yan kirişlere ait sınır koşulu.

- II. Şekil 4.32’de görüldüğü gibi yan kirişlere uygulanan başlangıçta (sistem durağan halde) ve sistem hareket halinde iken değişmeyen yükler şunlardır: Halat yükü maksimum değeri 400N asansör alt tarafına halat sacına uygulanmış, kabin ağırlığı 5 kişilik bir insan asansörü için 5250 N bu yük orta kabin taşıyıcı sac, sağ ve sol tarafta yer alan L profillere uygulanmıştır.

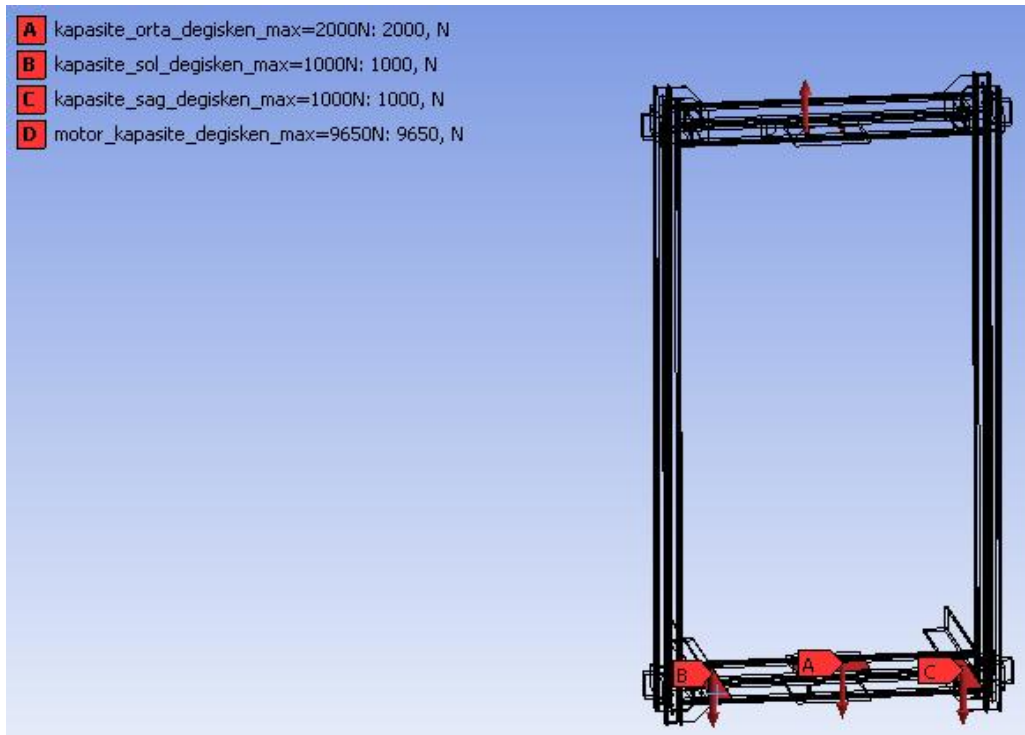


**Şekil 4.32** Yan kirişlerde sistem durağan ve hareket halinde iken sabit olan yükler.

- III. Yan kirişlere uygulanan dinamik kuvvet sisteme uygulanan dinamik kuvvetle aynıdır. 5 kişilik bir insan asansörü için maksimum kapasite olan değer 4.000 N'luk kuvvet Şekil 4.33'deki gibi zaman aralıklarında, Şekil 4.34'deki gibi sisteme uygulanmıştır. Sabit ve hareketli yüklerin tamamını karşılayan motordan gelen yük ise maksimum değeri 9.650 N olacak şekilde sisteme, Şekil 4.33'deki gibi kabul ettiğimiz zaman aralıklarında Şekil 4.34'deki uygulanmaktadır. Kapasite yükü olan 4000 N'un bölüm 4.8.2'deki gibi sistem üzerindeki maksimum etkilerini görmek için; asansörün giriş kapısından başlayarak kabinin orta kısmına kadar zemine 4.000 N'luk yük yayılı olarak uygulandığında, bu yükmeden hedeflenen sistemde maksimum değerde moment oluşturup, bu momentin sistem üzerinde yarattığı gerilmeleri hesaplamaktır.



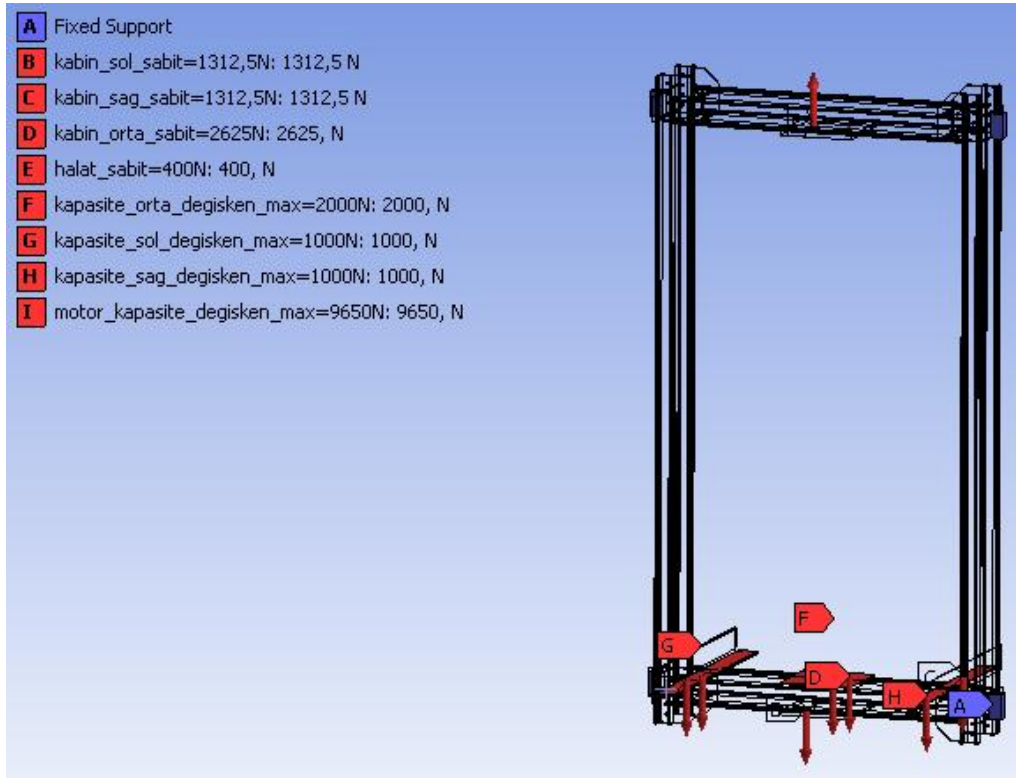
**Şekil 4.33** Yan kirişlere uygulanan yüklerin zaman içindeki dağılımı (X eksen: zaman (s), Y eksen: Kuvvet (N)).



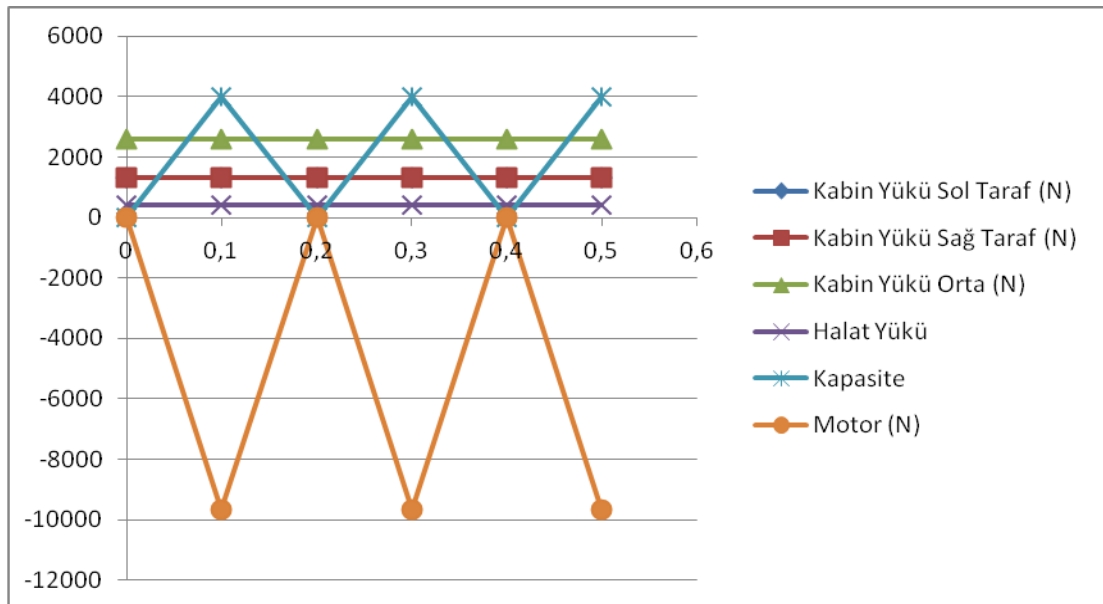
**Şekil 4.34** Yan kirişlere uygulanan dinamik yüklerin sisteme uygulanması.

Yan kirişlerin sabitlendiği (fixed) ve uygulanan sabit ve dinamik yüklerin tamamı geometrik olarak Şekil.4.35’de, zamanla değişimide Şekil 4.36’da gösterilmektedir.





**Şekil 4.35** Yan kirişlerde sınır koşulları ve yüklemeler.

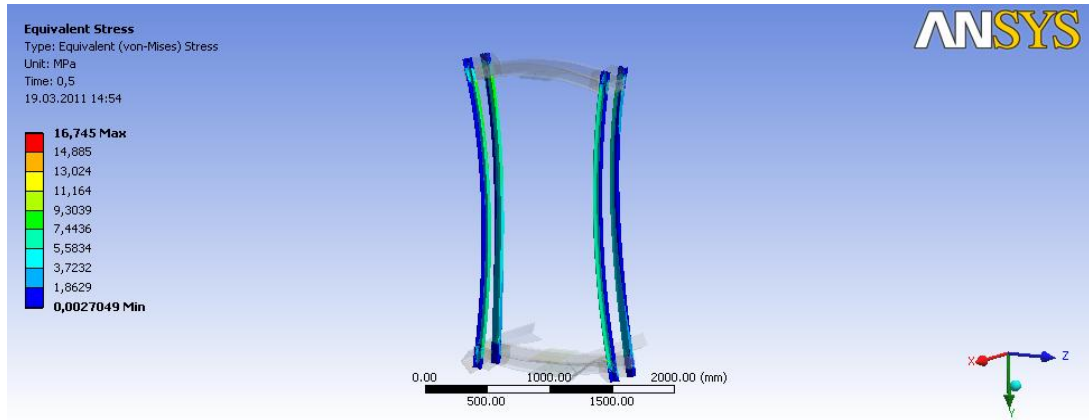


**Şekil 4.36** Yan kirişlerdeki yüklemelerin zamanla değişimi (X eksen: zaman (s), Y eksen: Kuvvet (N)).

Ansys Workbench'te modelleme, sonlu elemanlara ayırma (mesh), sınır koşullarının girilmesi, yükleme ve dinamik analize ait zaman ayarları yapıldıktan sonra sistemin analizi yapılmıştır.

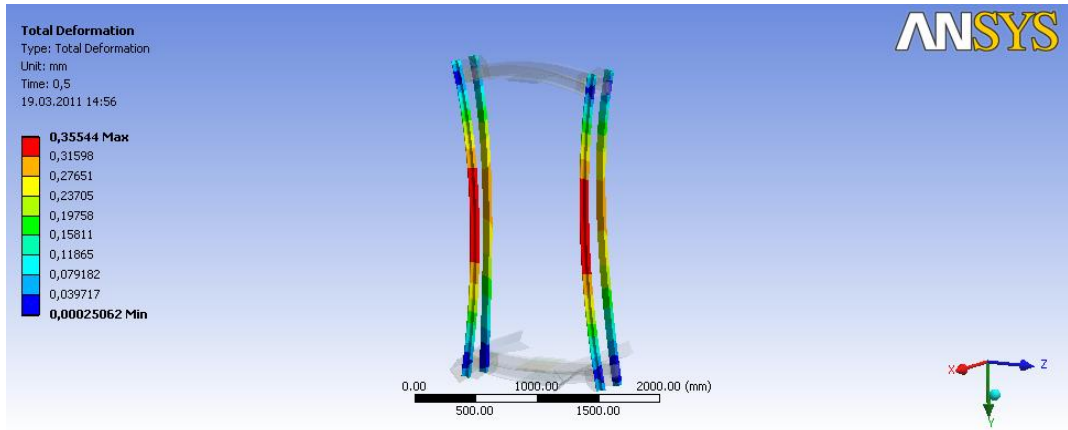
#### 4.8.3.2 Yan Kirişlere Ait Analiz Sonuçları

Çalışmanın bu kısmında, sadece 4 adet yan kirişe ait UPN65 profilleri incelenecektir. Şekil 4.37’de UPN65 profillerine ait eşdeğer gerilme (Von-Mises), Şekil 4.38’de UPN165 profillerine ait toplam deformasyon, Şekil 4.39’da X yönündeki toplam deformasyon ve Şekil 4.40’da Y yönündeki toplam deformasyon şekil değişim şekilleri ve Şekil 4.41’de ise kayma gerilmesine ait biçim değişim şekilleri yer almaktadır. UPN65 profiline ait eleman boyutu 15mm., eleman boyutu 25 mm. ve sistemin tamamı incelenirken elde edilen maksimum değerler tablo 4.13’te gösterilmektedir.

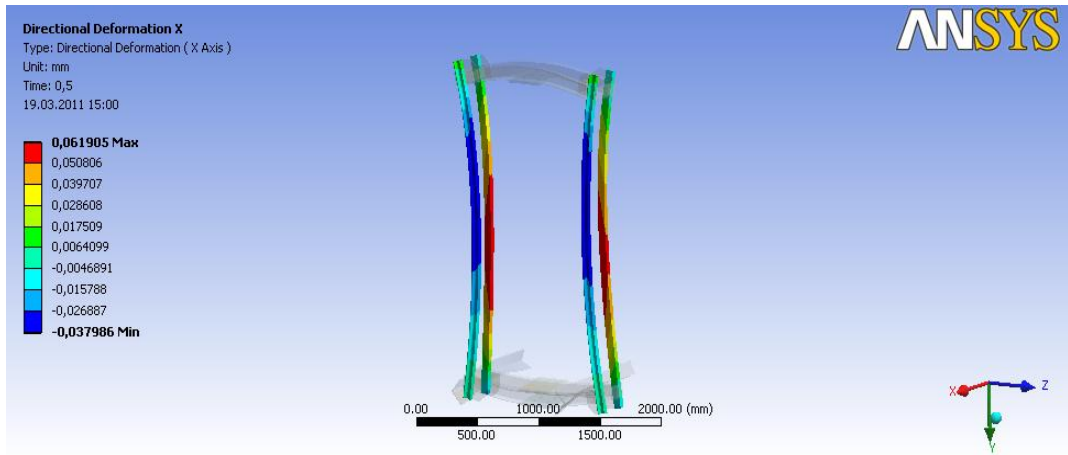


Şekil 4.37 Yan kirişlerdeki eşdeğer gerilme (Von-Mises).

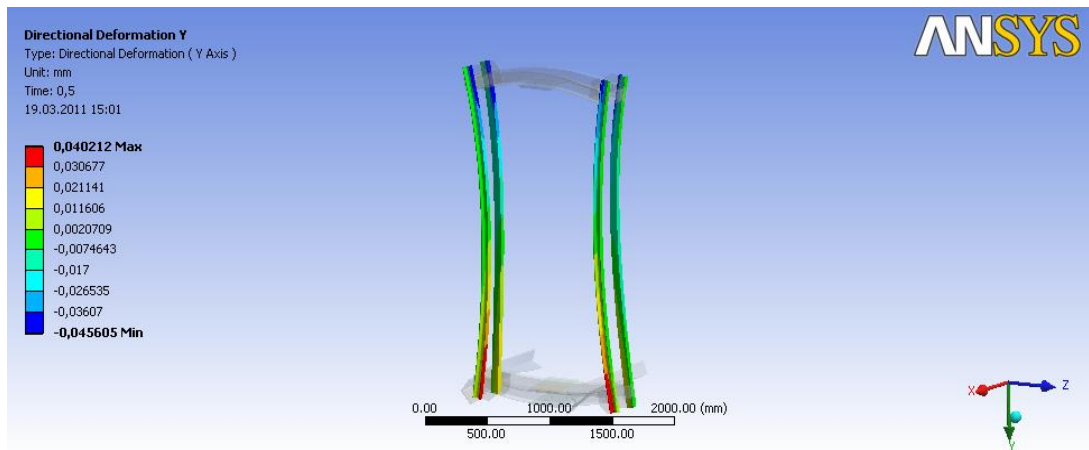
Şekil 4.37’de görülebileceği gibi yan kirişlerde en büyük gerilme değeri 16,745 MPa ile ön yan UPN65 profillerinde oluşmaktadır, bunun sebebi kapasite olan 4.000 N yükün tamamını kabinin ön yarı kısmına uygulanmıştır. Şekil 4.38’de toplam deformasyon ön UPN65 profillerinde 0,36 mm. olarak ölçülmüştür, Şekil 4.39’da ise X yönündeki deformasyonun maksimum değeri arka UPN65 profillerinde 0,06 mm. değerinde oluşmakta, şekil 4.40’ta ise Y yönündeki maksimum deformasyon ön UPN65 profillerinde 0,04 mm. olarak ölçülmüştür. Yan kirişlerin deformasyonunda X yönündeki maksimum değer oluşması ön tarafa uygulanan kuvvetin bu bölgede diğer bölgelere nazaran daha fazla moment oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 4.41’de ön UPN65 profillerinde maksimum kayma gerilmesi 4,72 MPa değerinde oluşmaktadır.



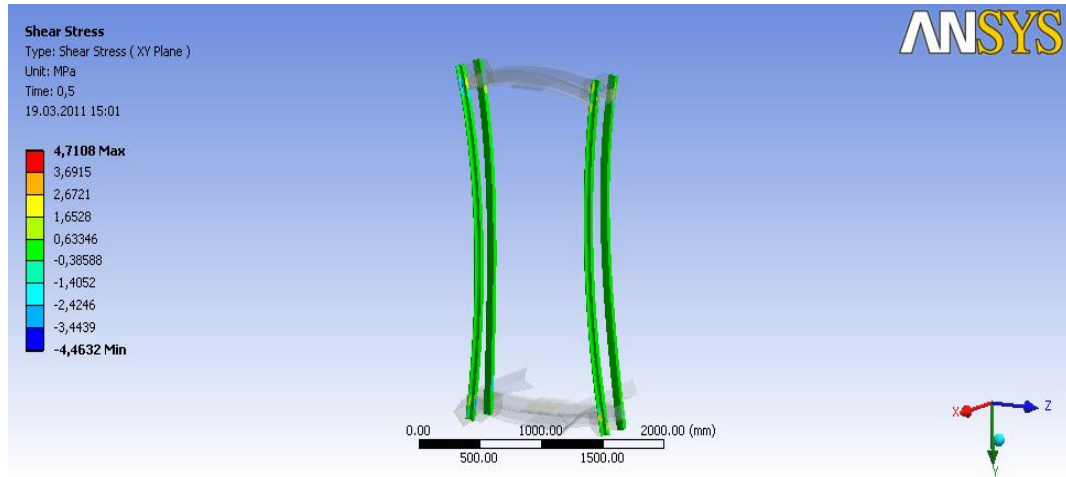
Şekil 4.38 Yan kirişlerde toplam deformasyon.



Şekil 4.39 Yan kirişlerde X yönündeki toplam deformasyon.



Şekil 4.40 Yan kirişlerde Y yönündeki toplam deformasyon.



**Şekil 4.41** Yan kirişlerdeki kayma gerilmesi.

**Tablo 4.13** Yan kirişlerin değişen eleman boyutlarına göre analiz sonuçları.

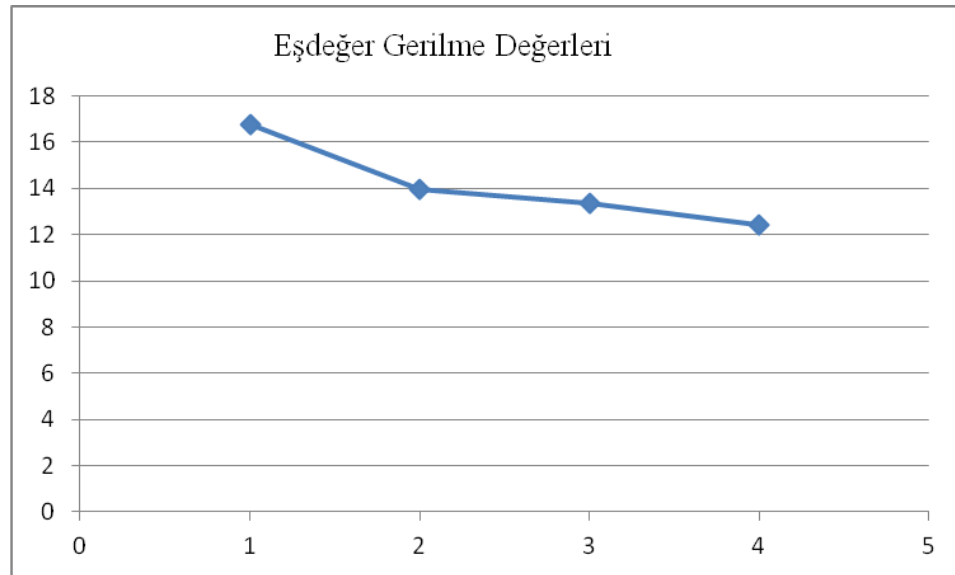
Analiz Sonuçları	Yan Kirişler UPN100 (eleman boyutu=15)	Yan Kirişler UPN100 (eleman boyutu=25)	Taşıyıcı Kafesin Tamamı UPN100 (eleman boyutu=25)
Eşdeğer (Von- mises) gerilmesi (MPa)	16,74	13,95	13,36
Normal Gerilme X eksen (MPa)	6,37	5,44	4,15
Normal Gerilme Y eksen (MPa)	16,72	13,81	14,48
Kayma Gerilmesi (MPa)	4,72	4,78	4,46
Toplam Deformasyon (mm)	0,36	0,37	0,37
Yönel Deformasyon X eksen (mm)	0,06	0,06	0,06
Yönel Deformasyon Y eksen (mm)	0,04	0,04	0,04

#### 4.8.3.3 Yan Kirişlerde Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tablo 4.14’te analiz sonuçları ile 3. bölümde hesaplanan mukavemet değerleri gösterilmektedir. Tablo 4.14’e göre oluşturulan Şekil 4.42’de gerilme değerleri ve Şekil 4.43’de ise deformasyon değerleri SEM eleman boyutu 15 mm., 25 mm. sistemin tamamının bir arada olduğu SEM eleman boyutunun 25 mm. olduğu ve 3. bölümde basit yöntemle (Makine mühendisleri Odası Avan Projesi Hazırlama Şartnamesi) elde edilen değerler karşılaştırılmaktadır.

**Tablo 4.14** Yan kirişlerin değişen analiz biçimlerine göre yer değiştirme ve eşdeğer gerilme değerleri.

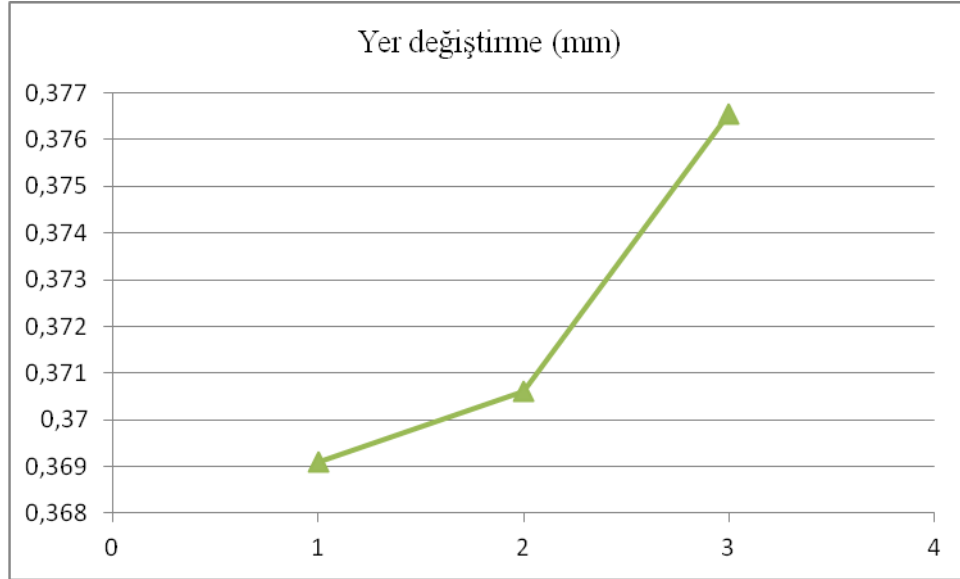
Analiz Biçimleri		Eşdeğer Gerilme Değerleri (MPa)	Yer değiştirme Değerleri (mm)
Eleman Boyutu=15	1	16,74	0,36
Eleman Boyutu=25	2	13,95	0,37
Sistemin Bütünü Eleman Boyutu=25	3	13,36	0,37
1. Yöntem (Basit yöntem)	4	12,42	----



**Şekil 4.42** Tablo 4.14'e göre yan kirişlerdeki eşdeğer gerilmelerin karşılaştırılması (X eksen: Analizler (s), Y eksen: Gerilme Değerleri (MPa)).

Şekil 4.42'ye göre sistemi bütün halde incelerken elde edilen gerilme değerleri ile 1. Yöntem (basit yöntem) ile elde edilen değerler arasında çok küçük farklar olduğunu görülmektedir. 1, 2 ve 3 no'lu yöntemlerden (Ansys Workbench ile yapılan) elde edilen sonuçlar ile basit yöntemle elde edilen sonuçlar arasında çok az bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılık sistemin başlangıç şartları aynı olmasına rağmen aradaki fark sistemi Ansys Workbench ile analiz ederken yüklerin asansör kabınınin bir tarafına yüklendiği kabul edilmektedir, dolayısıyla 4 yöntemle elde edilen sonuçların tamamına pozitif bakılabilir. Bunlar arasında eleman boyutunun 15 mm. olduğu analiz 16,74 MPa. ile maksimum değeri taşımakta ve bu değere göre sistemin emniyeti analiz edildiğinde TS 1812 – çizelge 3[19]'da belirtilen 130

[MPa] değeri alındığında hesaplanan  $16,74[MPa] < 130 [MPa]$  olduğundan kabin yan kirişleri için kullanılan profil (NPU65) uygundur.



**Şekil 4.43** Tablo 4.14'e göre alt yan kirişlerdeki yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması (X eksen farklı analizler, Y eksen: yer değiştirme (mm)).

Şekil 4.43'e göre yer değiştirme değerleri arasında 0,004'lük bir fark ile karşılaşılmaktadır. Buda sistemin değerlerinin birbirleriyle örtüştüğünü göstermektedir. Hesaplamalardan elde edilen en büyük değer 3. yonteme ait olan 0,37 mm. değeri incelendiğinde emniyet gerilmesi için TS 1812 – çizelge 3[19]'da belirtildiği gibi  $\frac{e}{L} \leq 1.10^{-3}$  değeri alındığında hesaplanan  $\frac{0,37665}{2600} = 0.144 \times 10^{-3} < 1.10^{-3}$  olduğundan taşıyıcı yan kirişleri için kullanılan profil (NPU65) uygundur.

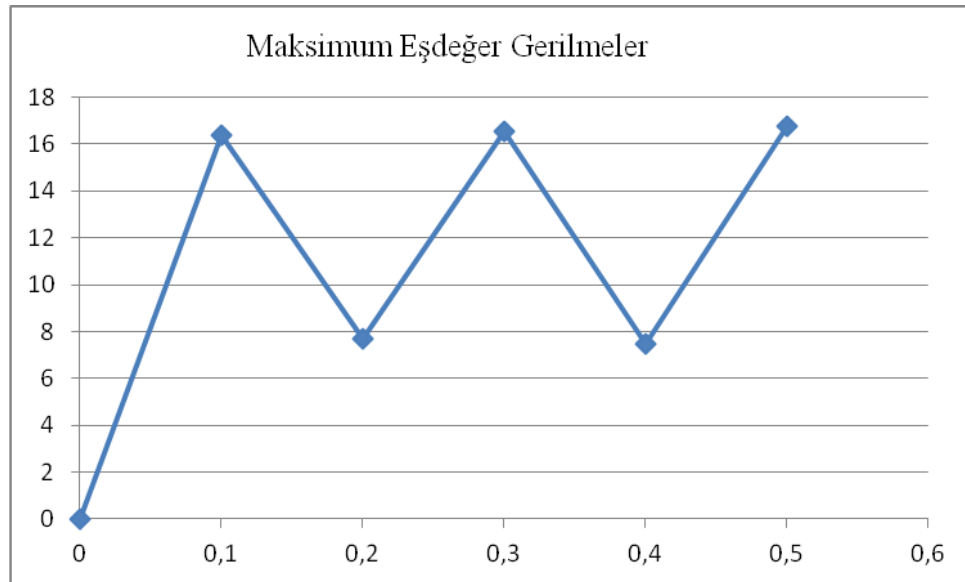
#### 4.8.3.4 Yan Kirişlerde Analiz Sonuçlarının Zaman İçerisindeki Dağılımı

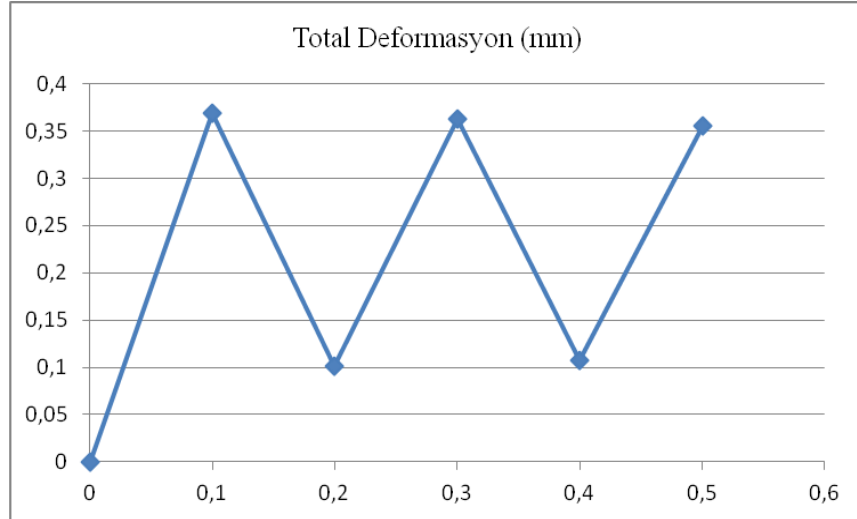
Tablo 4.15'te zaman içerisinde değişen gerilme değerleri ve deformasyon değerleri gösterilmektedir. Bu değerlere ait gerilmenin zaman içerisindeki değişim grafiği Şekil 4.44'de, deformasyonun zaman içerisindeki değişimi de Şekil 4.45'de gösterilmiştir.

Zaman içerisinde gerilme ve deformasyon değerlerinin çok azda olsa değiştiği görülmektedir. Yan kirişlerde sistem durağan halde iken gerilme ve deformasyonlar oluşmakta bu gerilme ve deformasyonlar da halat ve kabin yükünden kaynaklanmaktadır.

**Tablo 4.15** Yan kirişlerin zaman içerisindeki gerilme ve deformasyon değerleri.

Zaman (sn)	Maksimum Eşdeğer Gerilmeler (MPa)	Total Deformasyon (mm)
0,1	16,37	0,36
0,2	7,70	0,10
0,3	16,54	0,36
0,4	7,48	0,10
0,5	16,74	0,35

**Şekil 4.44** Tablo 4.15'e göre yan kirişlerde oluşan eşdeğer gerilmenin zaman içerisindeki dağılımı (X eksen: zaman (s), Y eksen: Gerilme (MPa)).



**Şekil 4.45** Tablo 4.15'e göre yan kirişlerde oluşan toplam deformasyonun zaman içerisindeki dağılımı (X eksen: zaman (s), Y eksen: Deformasyon (mm)).

#### 4.8.4 Taşıyıcı Sistemin Bütün Halde Analizi

Sistem Şekil 4.46'da görüldüğü gibi, iki adet üstte iki adet altta olmak üzere toplam 4 adet UPN100 profili, yanlarda 4 adet UPN65 profili, bunların birbirleriyle bağlantılarını sağlayan 8 adet yaprak sacı, 4 adet ara UPN100 profili, motordan gelen kuvveti sisteme aktaran yay sacı, halatların bağlı bulunduğu halat sacı, kabinin zeminini oluşturan orta sacı ve 2 adet L profili ve sistemin rayla bağlantısını sağlayan 4 adet kılavuz raydan oluşmaktadır.





Şekil 4.46 Asansör taşıyıcı sistemi.

#### 4.8.4.1 Taşıyıcı Sisteme Ait Verilerin Ansys Workbench'e Aktarılması

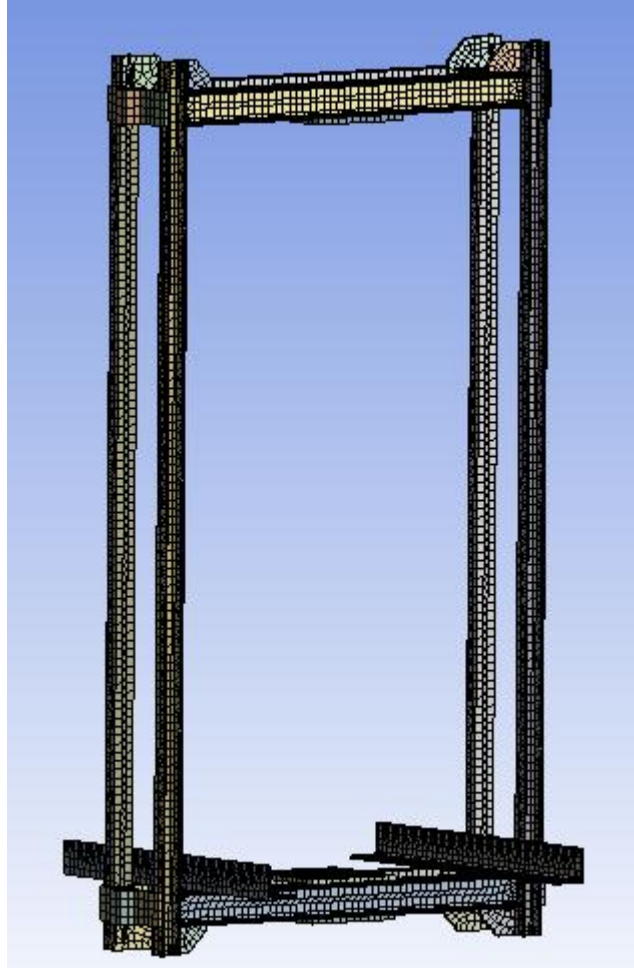
Taşıyıcı sistemin analizinde, Şekil 4.47'de görüldüğü gibi malzeme büyüklüğü 25 mm. olacak şekilde "hex dominant" metodu seçilerek mesh atılmıştır.

Taşıyıcı kafese ait mesh ağı sonucunda elde edilen düğüm ve eleman sayısı değerleri Tablo 4.16'da verilmiştir.

**Tablo 4.16** Taşıyıcı kafes modeli üzerinde oluşan eleman sayısı ve düğüm noktası değerleri

Eleman	Eleman Boyutu (mm)	Eleman Sayısı	Düğüm Sayısı
Taşıyıcı Kafes	25	48.769	152.456

Taşıyıcı kafes sistemine ait modeli analiz edebilmek için kabuller, sınır şartları ve uygulanan yüklerin tamamı Bölüm 4.8.3.1'deki yan kirişlerin analizi ile aynı olduğu için bu kısımda değinilmeyecektir.

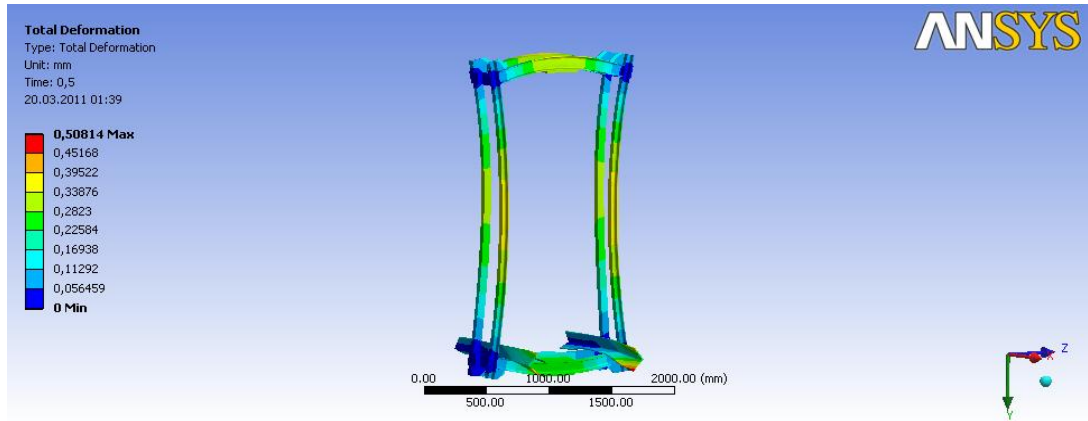


**Şekil 4.47** Taşıyıcı sistemin sonlu elemanlara ayrılması.

Ansys Workbench'te modelleme, sonlu elemanlara ayırma (mesh), sınır koşullarının girilmesi, yükleme ve dinamik analize ait zaman ayarları yapıldıktan sonra sistemin analizi yapılmıştır.

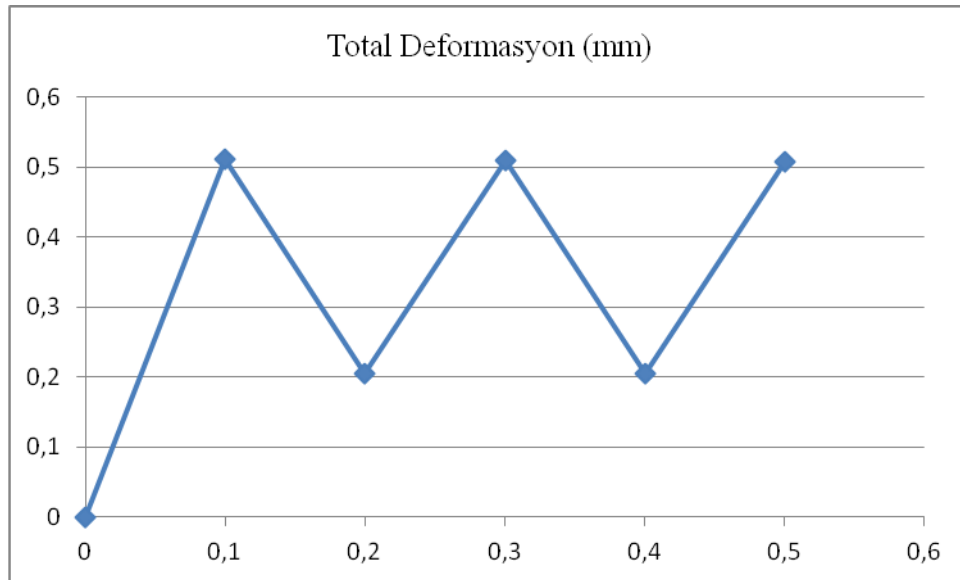
#### **4.8.4.2 Taşıyıcı Kafese Ait Analiz Sonuçları**

Bu kısımda taşıyıcı kafese ait tüm geometrik parçaların analizi yapılmış ve bunlar içerisinde maksimum değere sahip olanlar incelenecektir. Şekil 4.48'de taşıyıcı sisteme ait toplam deformasyon görülmektedir.

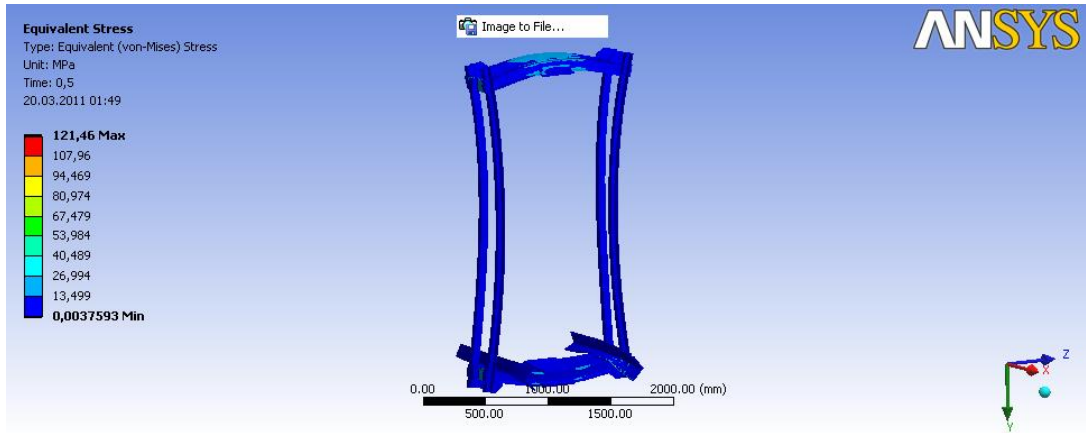


**Şekil 4.48** Taşıyıcı kafese ait toplam deformasyon.

Şekil 4.48’de görüldüğü gibi taşıyıcı kafeste oluşan maksimum deformasyon kabin ağırlığının  $\frac{1}{4}$  (dörtte biri) ile ve 5 kişilik bir insan asansörünün kapasitesinden kaynaklanan dinamik yükün  $\frac{1}{4}$ ’nün birlikte etki ettiği alt tarafta yer alan L profillerinin ön tarafında 0,51 mm. olarak gerçekleşmektedir. Deformasyonun en az gerçekleştiği bölge ise sistemin rayla bağlantısının olduğu yerde oluşmaktadır, bunun sebebi sınır şartlarımızdan olan sistemin sabitlenmesinin bu noktadan gerçekleştirilmesidir. Sistemin toplam deformasyonun zaman içerisindeki değişimi ise Şekil 4.49’da verilmiştir.

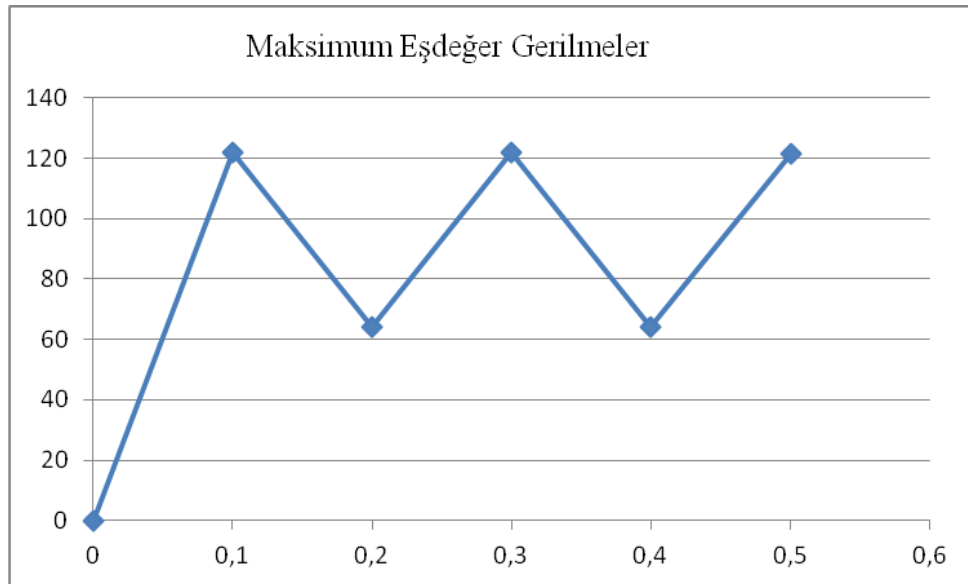


**Şekil 4.49** Taşıyıcı sistemde toplam deformasyonun zaman içerisindeki değişimi (X eksen: zaman (s), Y eksen: Deformasyon (mm)).

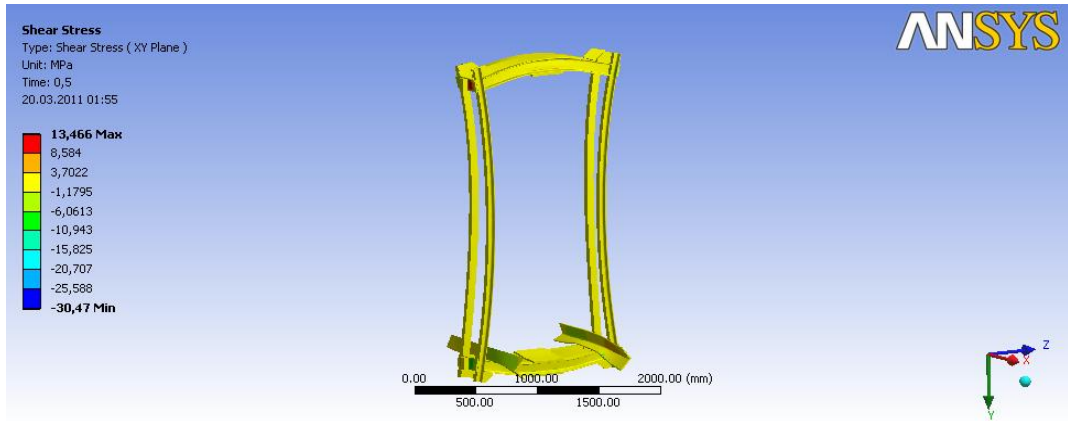


**Şekil 4.50** Taşıyıcı sistemde eşdeğer (Von-Mises) gerilmesi

Şekil 4.50’de taşıyıcı sisteme ait eşdeğer gerilme yer almaktadır. Taşıyıcı sistemde oluşan maksimum eşdeğer gerilme kabin sabit yüküne ve kapasiteden kaynaklı dinamik yüke maruz kalan L profillerinin ön tarafında 121,83 MPa. ile gerçekleşmektedir. Gerilmenin minimum olduğu noktalar, ray bağlantı yani sistemin hareketinin sınırlandığı bölgelerde oluşmaktadır. Şekil 4.50’deki eşdeğer gerilmenin zamanla değişim grafiğinde sistem durağan halde iken belli gerilmeler altında kalmaktadır, bunun sebebi sistemdeki kabin yükü ve halat yükünün sistem üzerindeki etkisidir.

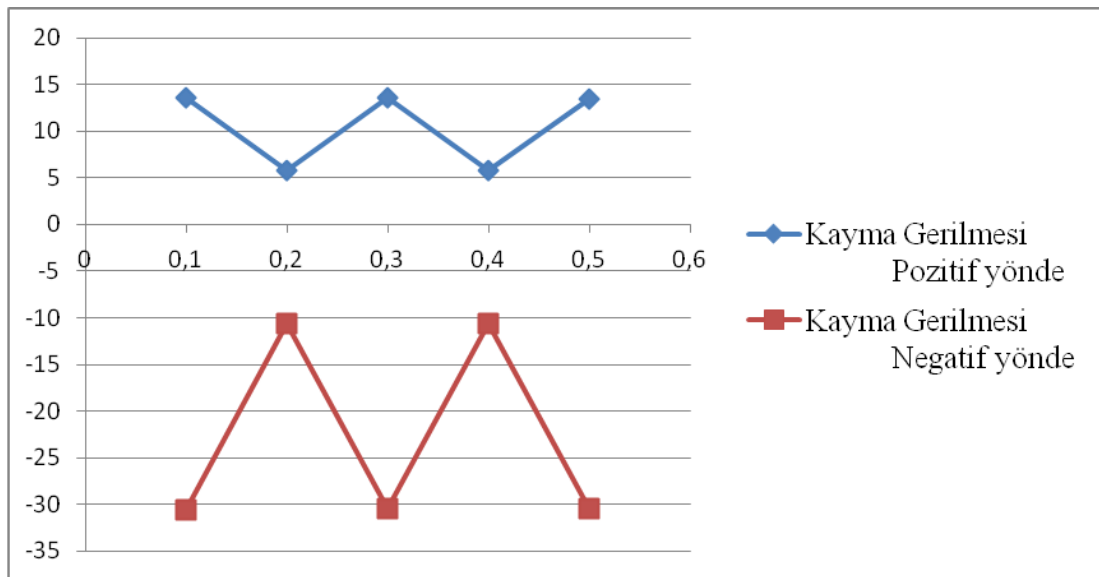


**Şekil 4.51** Taşıyıcı sistemde eşdeğer (Von-Mises) gerilmesinin zaman içerisindeki değişim (X eksen: zaman (s), Y eksen: Gerilme (MPa)).



**Şekil 4.52** Taşıyıcı sistemde kayma gerilmesi.

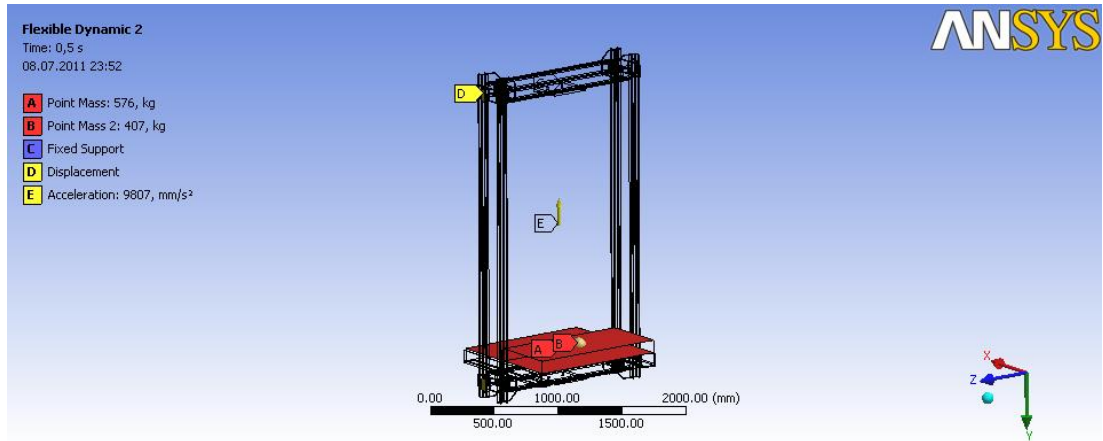
Şekil 4.51’de taşıyıcı sistemin kayma gerilmesine ait şekil ve Şekil 4.52’de bu kayma gerilmesinin zaman içerisindeki değişimi görülmektedir. Toplam deformasyon ve maksimum eşdeğer gerilmenin olduğu ön L profiller maksimum kayma gerilmesinin 30,56 MPa ile olduğu maksimum bölgedir.



**Şekil 4.53** Taşıyıcı sistemde kayma gerilmesinin zaman içerisindeki değişimi (X eksen: zaman (s), Y eksen: Gerilme (MPa)).

#### 4.8.5 Taşıyıcı Sistemin Dinamik Koşullar Altında (İvmeli) Analizi

Sistem Şekil 4.54’te görüldüğü gibi, bu bölümde değişiklikler yapılarak sistem gerçek hayatta asansörlerin kullanılma şartları düşünülerek farklı sınır şartları ve yüklemeye maruz bırakılarak sistem 1,2.g’lik ivme altında incelenmiştir.



Şekil 4.54 Sistemin İvmeli Hareket Şartlarındaki Sınır Koşulları

Yükleme ve yükleme koşullarına ait kabullerimiz şunlardır:

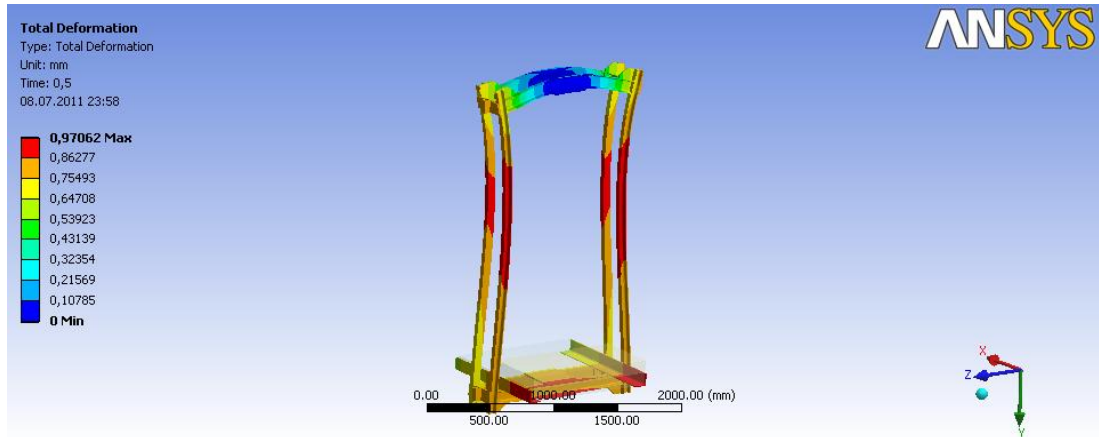
- I. Kabin ağırlığı, kabinin oturduğu yüzeye 576 Kg Point mass (noktasal kütle) olarak uygulandı.
- II. Beş kişilik insan asansörü kapasitesinden kaynaklı 407 Kg kabin ön yarısına Point mass (noktasal kütle) olarak uygulandı.
- III. Motordan gelen kuvveti halat sacına ileten, yayların bağlandığı yay sacı üzerindeki çapı 11 mm olan delikler sabit (fixed support) kabul edildi.
- IV. Taşıyıcı sistemin asansör kuyusu içerisindeki rayla bağlantısını sağlayan hareket papuçları X ve Z yönlerinde hareketleri kısıtlandı, Y yönünde ise serbest bırakıldı.
- V. Sistem harekete geçer geçmez 0,1 sn içerisinde 1.g'den 1,2.g'ye daha sonra 0,1 sn içerisinde tekrar 1.g'ye ivmeleniyor ve hareketini 1.g'lik ivme ile tamamlıyor.

Ansys Workbench'te modelleme, sonlu elemanlara ayırma (mesh), sınır koşullarının girilmesi, yükleme ve dinamik analize ait zaman ayarları yapıldıktan sonra sistemin analizi yapılmıştır.

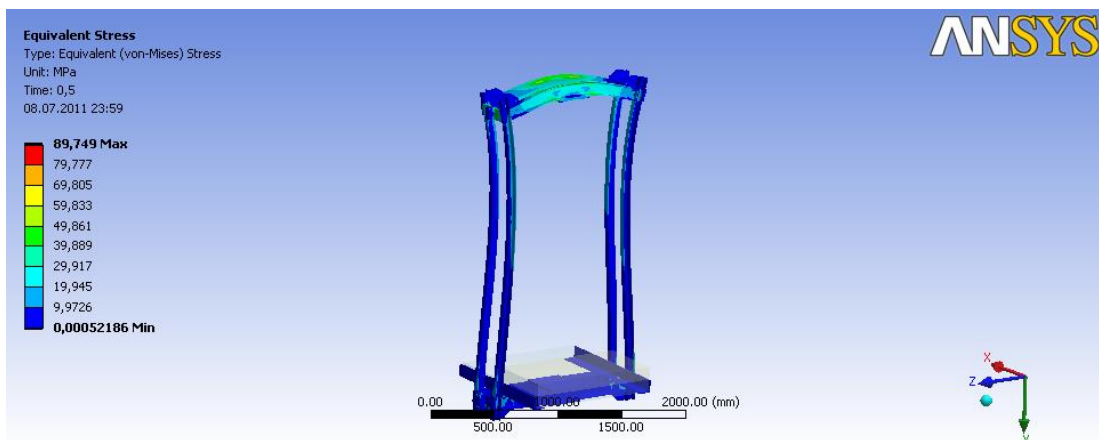
#### 4.8.5.1 Taşıyıcı Kafese Ait Analiz Sonuçları

Bu kısımda taşıyıcı kafese ait tüm geometrik parçaların analizi yapılmış ve bunlar içerisinde üst askı kirişi, alt askı kirişi ve yan kirişlerin analiz değerleri incelenecektir.

Şekil 4.55'te taşıyıcı sisteme ait toplam deformasyon ve şekil 4.56'da ise taşıyıcı sisteme ait eşdeğer gerilme şekilleri görülmektedir.

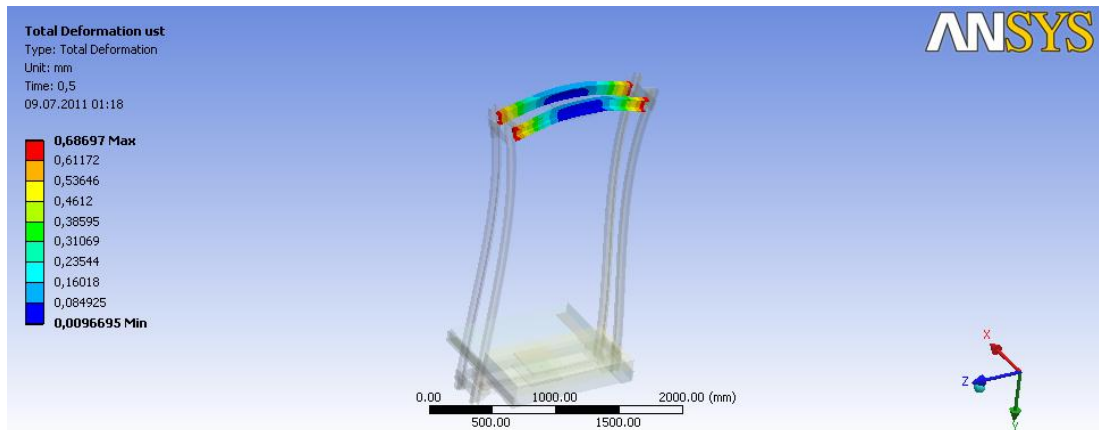


Şekil 4.55 Taşıyıcı sistemin toplam deformasyonu

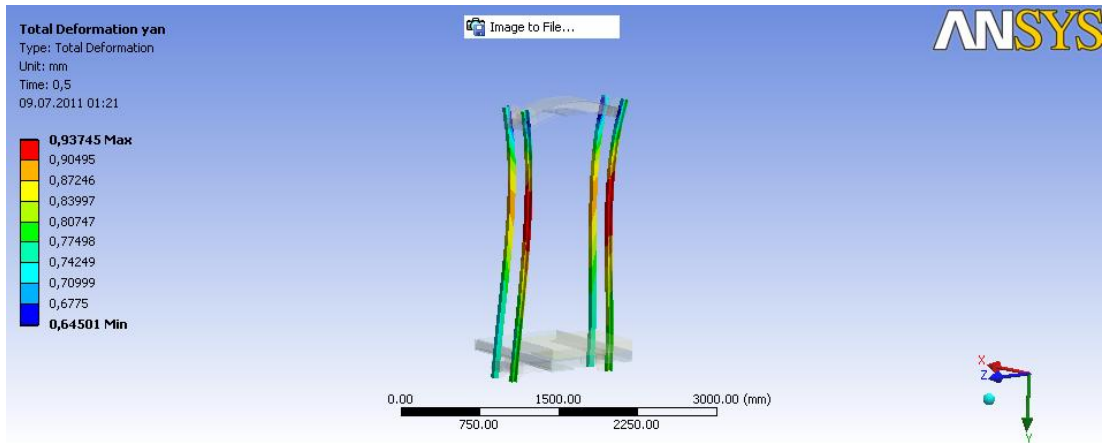


Şekil 4.56 Taşıyıcı sistemde eşdeğer gerilme

Şekil 4.57’de üst askı kirişine ait toplam deformasyon görülmektedir. Üst askı kirişinde 0,68 mm’lik toplam deformasyon ve 78 MPa’lık gerilim oluşmaktadır. Bu değerler sistemin 4.8.4’teki analiz sonuçlarıyla karşılaştırıldığında deformasyonda %80, gerilme değerinde ise %120 artış gözlenmektedir.

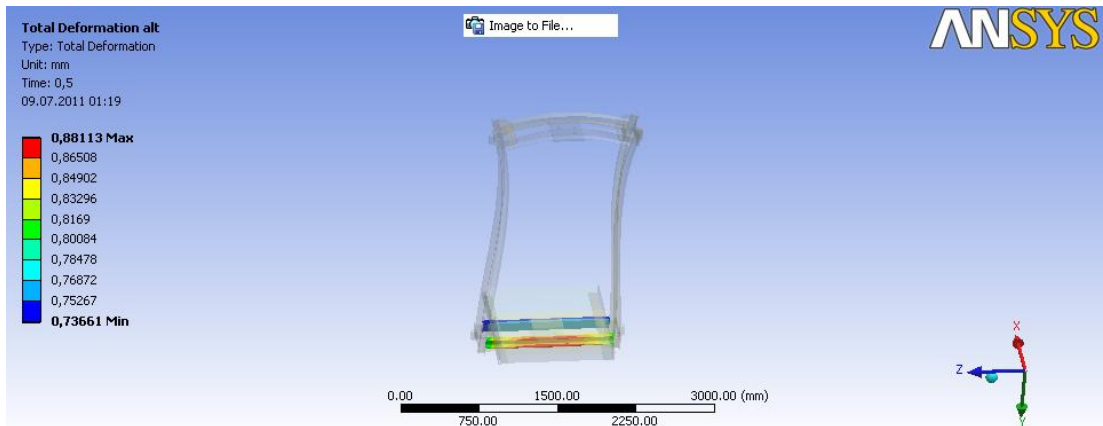


Şekil 4.57 Üst askı kirişine ait toplam deformasyon



Şekil 4.58 Yan kirişlere ait toplam deformasyon

Şekil 4.58’de yan kirişlere ait toplam deformasyon görülmektedir. Toplam deformasyon 0,93 mm ve eşdeğer gerilme 35 MPa, bu değerler sistemin 4.8.4’teki analiz sonuçlarıyla karşılaştırıldığında deformasyonda %150, gerilme değerinde ise %160 artış gözlenmektedir.



Şekil 4.59 Alt kirişlerde toplam deformasyon

Şekil 4.59’da alt askı kirişlerdeki toplam deformasyon görülmektedir. Toplam deformasyon 0,88 mm, eşdeğer gerilme 33 MPa olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu değerler sistemin 4.8.4’teki analiz sonuçlarıyla karşılaştırıldığında deformasyonda %200, gerilme değerinde ise %22 artış gözlenmektedir. Diğer değerlerin yanında bu değer farklı çıkmasının sebebi alt kirişlerin üzerine kabin görevi görececek kalınlıkta bir malzeme monte ettik ve bu malzemenin yüzeyine noktasal ağırlıkları uyguladık.

Sistemin bu kısımdaki analizi ile bir önceki bölümlerdeki analizler arasında gerilme ve deformasyon değerlerinde ivmenin varlığından dolayı %20 civarında artma beklenirken bu oran bayağı yüksek çıkmıştır, aradaki fark sistemin bu



bölümdeki sınır koşullarının çok farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Buda bize mühendislik problemlerinin analizinde, sistemin sınır şartları, sistemin sonuçları üzerinde ciddi değişiklikler oluşturduğunu göstermekte, sistemleri analiz ederken gerçek yapıyla örtüşecek şekilde kabullerde bulunmamız gerektiğini aksi takdirde çıkacak sonuçlar gerçek değerlerden çok uzakta olacaktır.

Bu bölümde elde edilen değerler TS 1812 – çizelge 3[19]'da belirtilen asansörlerin güvenli kullanılması için gereken değerlerin altında çıktığından, elde edilen değerler asansörlerin dinamik çalışma koşullarında emniyetli olduğunu göstermektedir.

## 5. TAŞIYICI KAFESİN OPTİMİZASYONU

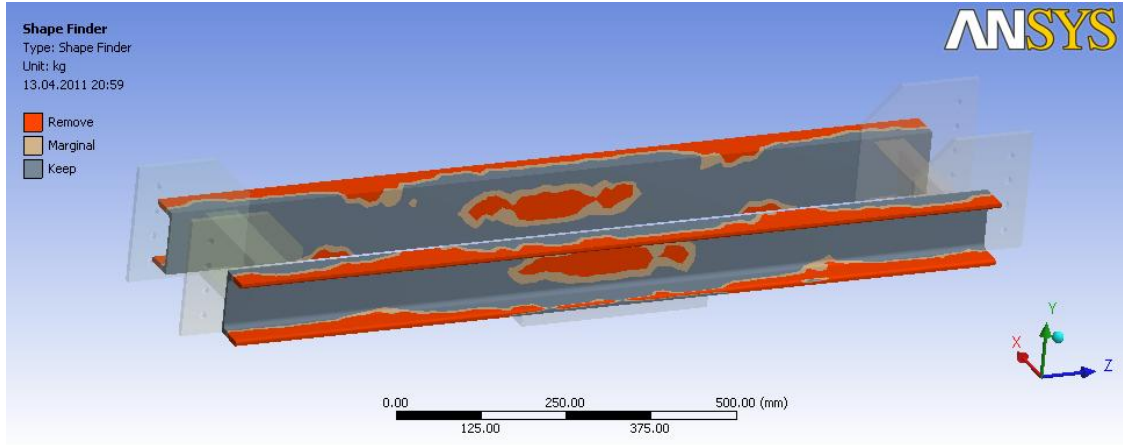
### 5.1 Giriş

Taşıyıcı kafesin gerilme ve yer değiştirme hesaplamaları, analitik olarak basit yöntem ile bölüm 3'te, sonlu elemanlar yönteminin kullanıldığı Ansys Workbench ile yapılan simülasyonları ise bölüm 4'te yer almaktadır. Her iki yöntemle elde edilen değerlerin birbiriyle örtüştüğü ve emniyet gerilmesi için TS 1812 – çizelge 3[19]'da belirtilen değerlerin çok altında çıktığı görüldü. Bu bölümde ise, bu sonuçlardan faydalanarak asansör taşıyıcı sistemin optimizasyonu yapılacaktır.

TS 1812 standartları emniyet gerilme değerleri hesaplanırken toplam gerilme ve yer değiştirme değerleri baz alınmaktadır. Optimizasyon hesaplamalarını öncelikle AnsysWorkbench shape optimizasyonu yardımıyla yapılacaktır. Sistem hakkında fikir sahibi olduktan sonra da sistemin bölüm 3'te hesaplandığı üzere basit yöntemle hesaplanmasından faydalanılarak taşıyıcı sistem için farklı boyutlara sahip UPN profili belirlenecektir. Bu hesaplamalar yapılırken toplam gerilme değeri baz alınacaktır. Yapılan hesaplamalardan elde edilecek yeni malzeme boyutları ile sistemin katı modellemesi oluşturulacaktır ve sistemin AnsysWorkbench'te simülasyonları yapılarak sistemin emniyeti için gerekli diğer koşulların sağlanıp sağlanmadığı öğrenilecektir.

### 5.2 Üst Askı Kirişinin Optimizasyonu

Üst askı kirişi Şekil 5.1'de görüldüğü gibi shape optimizasyonu AnsysWorkbench'te yapılmıştır. Sistemin yeniden boyutlandırılması için sağlıklı bir sonuca varılamamaktadır. Çünkü şekil üzerinde gözükten kırmızı yerlerin dağılımı değişik şekillerde ve değişik yerlerde yer almaktadır. Böyle bir parça üretimi söz konusu olamayacağı için, sistemin optimizasyonu analitik yöntemler kullanılarak yapılacaktır.



**Şekil 5.1** Üst Askı Kirişinin Shape Optimizasyonu.

Üst askı kirişi iki ucundan mafsallanmış bir basit kiriş olarak düşünülür. Gerilme  $\sigma_e$  için denklem aşağıda verilmiştir. Bulunan eğilme gerilmesi değeri malzemenin emniyet gerilmesi değerinden küçük olmalıdır.

$$\sigma_e = \frac{(F_y + F_k)L}{4nW_e} \quad (5.1)$$

Burada,

$F_y$  = Kabin anma yükü (N)

$F_k$  = kabin ağırlığı (N)

$L$  = Kiriş uzunluğu (mm)

$n$  = kiriş adedi

$W_e = x-x$  eksenine göre kiriş kesitinin eğilme mukavemet momenti ( $mm^3$ )'dür.

TS 1812 – çizelge 3[19]' da belirtildiği gibi bu değer 90 [MPa] değerinin

altında olmalıdır. Optimizasyon,  $\sigma_e = \frac{(F_y + F_k)L}{4nW_e} < 90[MPa]$  bu eşitsizliği

sağlayacak en büyük  $W_e$  değerini bulacak şekilde olmalıdır. Bu denklemde beş kişilik bir insan asansörü için  $L$  ve  $F_y$  değerleri sabit,  $F_k$  değeri ise çok küçük oranda değişeceğinden ihmal edilip yeni UPN profilinin seçiminde  $W_e$  değeri incelenecektir.

$W_e$  değerinin,  $\sigma_e = \frac{(F_y + F_k)L}{4nW_e} < 90[MPa]$  eşitsizliğinde alabileceği maksimum

değeri bulduktan sonra UPN profili tablolarından yeni UPN profile seçilecektir.

Hesaplamalar beş kişilik bir insan asansörü için yapılacaktır. Bu hesaplamalarda gerekli olan bazı büyüklükler Tablo 5.1’de gösterilmektedir.

**Tablo 5.1** Beş kişilik asansörün modellenmesi için kullanılan boyutlar [14].

Kapasite ( $F_y$ )	4000 N.
Kabin Ağırlığı ( $F_k$ )	5250 N.
Üst ve Alt Kirişlerin Boyu (L)	1230 mm.
Yan Kirişlerin uzunluğu (h)	2600 mm.
Kılavuz Patenler Arası Düşey Uzaklık (H)	3000 mm.
Kabin Genişliği ( $b_1$ )	1100 mm.
Kabin Derinliği ( $d_1$ )	1000 mm.
Kabin Yüksekliği	2200 mm.
Serbest Giriş Yüksekliği	2000 mm.

$$\frac{(F_y + F_k)L}{4nW_e} < 90[MPa] \Rightarrow \frac{(4000 + 5250)1230}{4 \times 2 \times W_e} < 90 \Rightarrow W_e > 15802mm^3$$

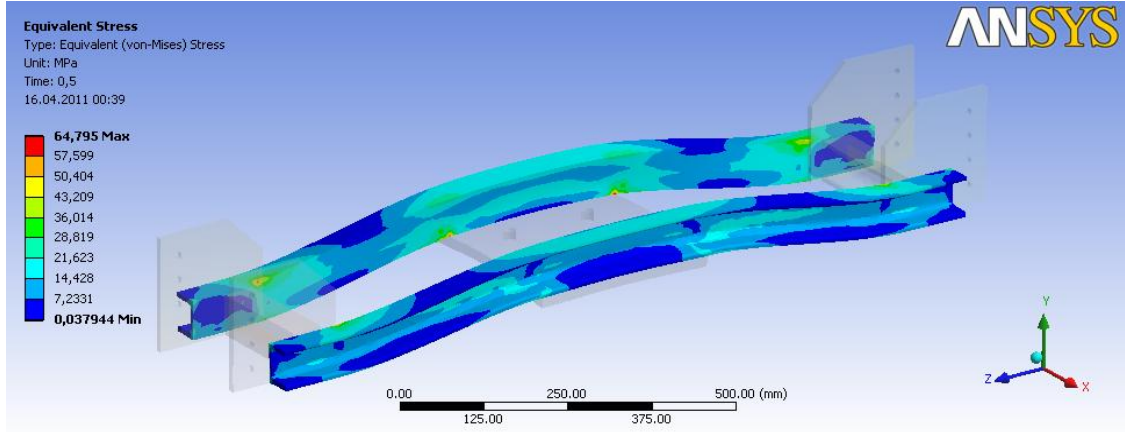
Bu değer, UPN profilleri tablosunda incelendiğinde  $UPN50(W_e = 10600mm^3) < W_e = 15802mm^3 < UPN65(W_e = 17700mm^3)$  yeni seçilecek UPN profilinin tablo 5.2’de değerlere göre UPN65 olması gerektiği sonucu çıkmaktadır. Üst askı kirişinin UPN65 profiline göre 3B katı modeli çizilerek sistemin AnsysWorkbench’te simülasyonu yeniden yapılacaktır.

**Tablo 5.2** UPN65 Profiline ait bazı özellikler.

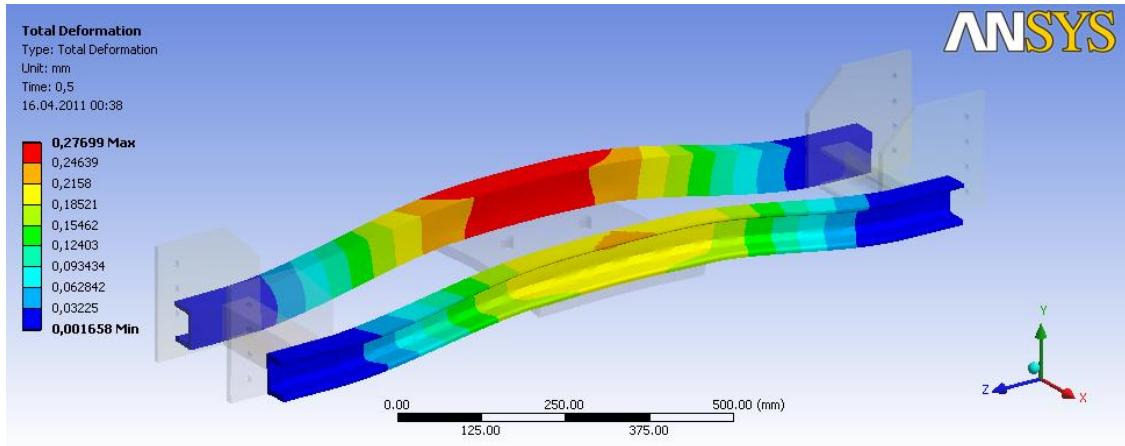
UPN	A Kesit Alanı ( $cm^2$ )	J Atalet Momenti ( $cm^4$ )	W Mukavemet Momenti ( $cm^3$ )	I Atalet Yarıçapı (cm)	E Kiriş malzemesinin Elastisite Modülü (Mpa)
65	9,03	57,5	17,7	2,52	$2.1 \times 10^5$

Üst askı kirişinin Bölüm 4’te olduğu gibi (UPN100 profili yerine UPN65 profili kullanılarak) yeniden katı modellemesi yapılarak, sistemin AnsysWorkbench’te simülasyonu yapılmıştır. Şekil 5.2 üst askı kirişine ait Von-

Misses gerilmesi, Şekil 5.3'te ise üst askı kirişine ait toplam deformasyon şekilleri yer almaktadır.



Şekil 5.2 Üst askı kirişine ait Von-Misses gerilmesi.



Şekil 5.3 Üst askı kirişine ait toplam yer değiştirme.

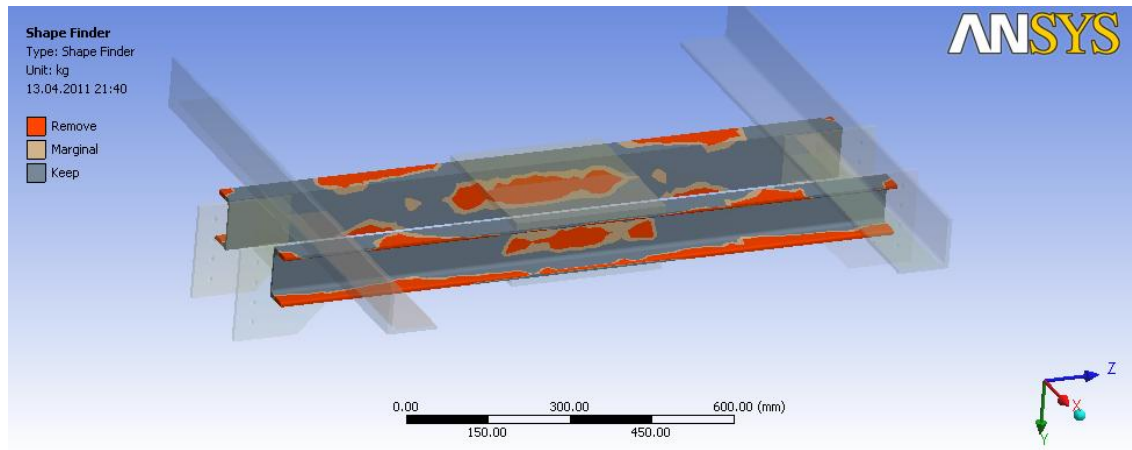
Şekil 5.2'de görüldüğü üzere toplam gerilme 64,79 MPa'dır. Bu değer TS 1812 – çizelge 3[19]'da belirtilen 90 [MPa] değerinin altında yer almaktadır. Dolayısıyla gerilme değeri açısından UPN65 profili üst askı kirişi için uygundur. Şekil 5.3'te toplam yer değiştirme değeri 0,27 mm olarak hesaplanmıştır. Bu değer emniyet gerilmesi için TS 1812 – çizelge 3 [19]'da belirtildiği gibi  $\frac{e}{L} \leq 1.10^{-3}$  değeri alındığında hesaplanan  $0.225 \times 10^{-3} < 1.10^{-3}$  olduğundan kabin üst askı kirişleri için kullanılan malzeme UPN65 profili toplam yer değiştirme değeri için emniyet açısından uygundur.

Üst askı kirişinde UPN100 yerine UPN65 profilinin kullanılmasıyla sistem  $2(a \text{ det}) \times 1,230m(UPN100) \times 10,6 \frac{kg}{m} - 2(a \text{ det}) \times 1,230m(UPN65) \times 7,09 \frac{kg}{m} = 7,3062kg$

hafiflemiştir. Aradaki bu fark, emniyet açısından azda olsa ek bir güvenlik katsayısı olarak düşünülebilir ayrıca sistem çalışır vaziyette iken enerji kazancı olarak da görülebilir.

### 5.3 Alt Askı Kirişinin Optimizasyonu

Alt askı kirişi Şekil 5.4'te görüldüğü gibi shape optimizasyonu AnsysWorkbench'te yapılmıştır. Sistemin yeniden boyutlandırılması için üst askı kirişinde olduğu gibi sağlıklı bir sonuca varılamamaktadır. Çünkü şekil üzerinde gözükten kırmızı yerlerin dağılımı değişik şekillerde ve değişik yerlerde yer almaktadır. Böyle bir parça üretimi söz konusu olamayacağı için, sistemin optimizasyonu analitik yöntemler kullanılarak yapılacaktır.



Şekil 5.4 Alt askı kirişinin shape optimizasyonu.

Alt kirişler, iki ucundan mafsallanmış ve tam ortasından kabin anma yüküyle yüklenmiş ( $F_y$ ) olarak düşünülür. Bu yük kabin içerisinde en fazla kabin genişliği kadar hareket edebildiği için genişlik olarak alınmıştır. Alt askı kirişinin eğilme gerilmesi değeri, malzemenin emniyet gerilmesi değerinden küçük veya eşit olmalıdır. Emniyet gerilmesi TS 1812 - Çizelge 3[19]'da belirtildiği gibi  $74 [MPa]$  olmalıdır.

$$\sigma_e = \frac{M_e}{n \times W_e} \quad (5.2)$$

Burada  $M_e$  döndürme momenti ( $N \times mm$ ),  $W_e = x - x$  eksenine göre kiriş kesitinin eğilme mukavemet moment ( $mm^3$ ),  $n$  kiriş sayısıdır.

Alt kirişler için de, üst askı kirişi hesaplamalarında olduğu gibi optimizasyon için  $W_e$  değerini araştırılıp UPN profili tablolarından uygun UPN profilini seçilecektir.

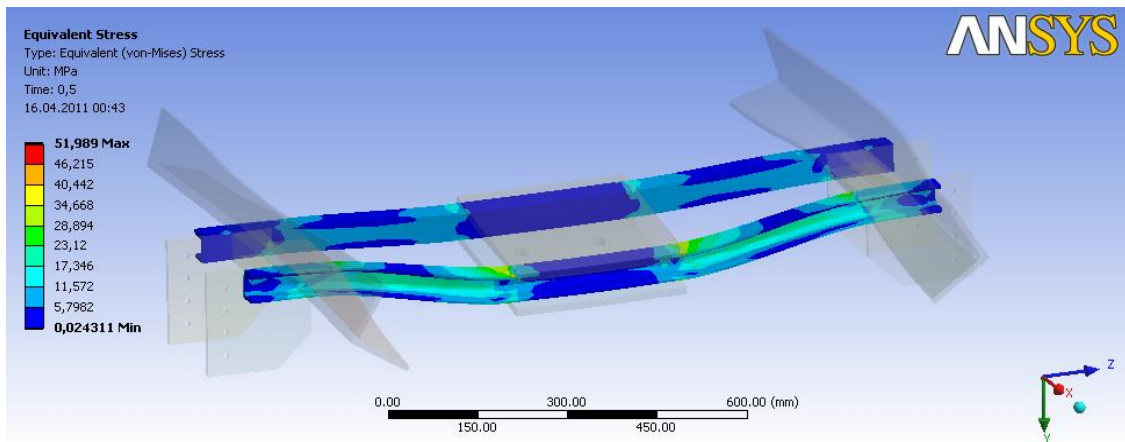
$$\frac{M_e}{n \times W_e} < 74 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \Rightarrow \frac{F_y \times \frac{b_1}{4}}{2 \times W_e} = \frac{4000 \times \frac{1100}{4}}{2 \times W_e} < 74 \Rightarrow W_e > 7432 mm^3$$

UPN profili tablolarına bakıldığında UPN50 ( $W_e = 10600 mm^3$ ) değeri bulunan değerden ( $7432 mm^3$ ) daha büyük olduğu için alt askı kirişi için tablo 5.3'te bazı özellikleri verilen UPN50 profili uygundur. Alt askı kirişinin UPN50 profiline göre 3B katı modeli çizilerek sistemin AnsyWorkbench'te simülasyonu yeniden yapılacaktır.

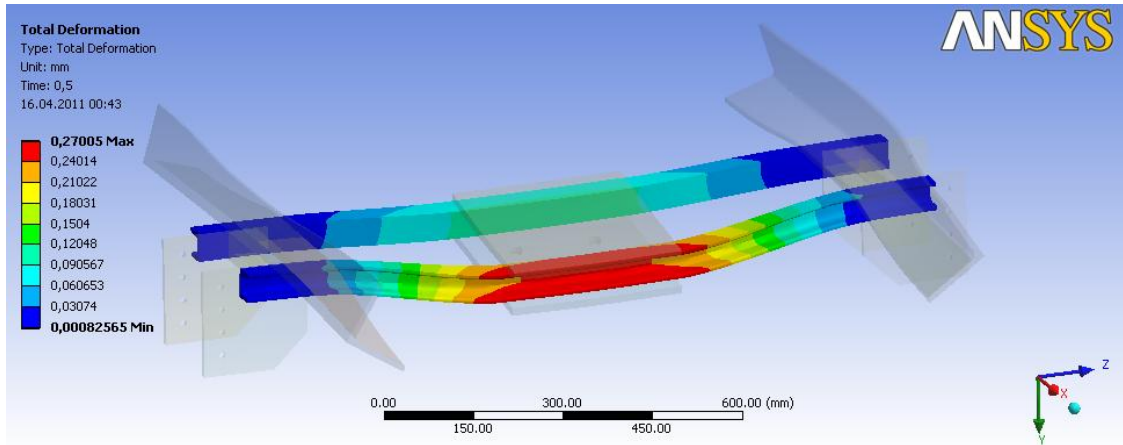
**Tablo 5.3** UPN50 Profiline ait bazı özellikler.

UPN	A Kesit Alanı ( $cm^2$ )	J Atalet Momenti ( $cm^4$ )	W Mukavemet Momenti ( $cm^3$ )	I Atalet Yarıçapı ( $cm$ )	E Kiriş malzemesinin Elastisite Modülü ( $MPa$ )
50	7,12	26,4	10,6	1,92	$2.1 \times 10^5$

Alt askı kirişinin bölüm 4'te olduğu gibi (UPN100 profili yerine UPN50 profili kullanılarak) yeniden katı modellemesi yapılarak, sistemin AnsysWorkbench'te simülasyonu yapılmıştır. Şekil 4.5'te alt askı kirişine ait Von-Misses gerilmesi, Şekil 5.6'da ise alt askı kirişine ait toplam deformasyon şekilleri yer almaktadır.



**Şekil 5.5** Alt askı kirişine ait Von-Misses gerilmesi.



**Şekil 5.6** Alt askı kirişine ait toplam yer değiştirme.

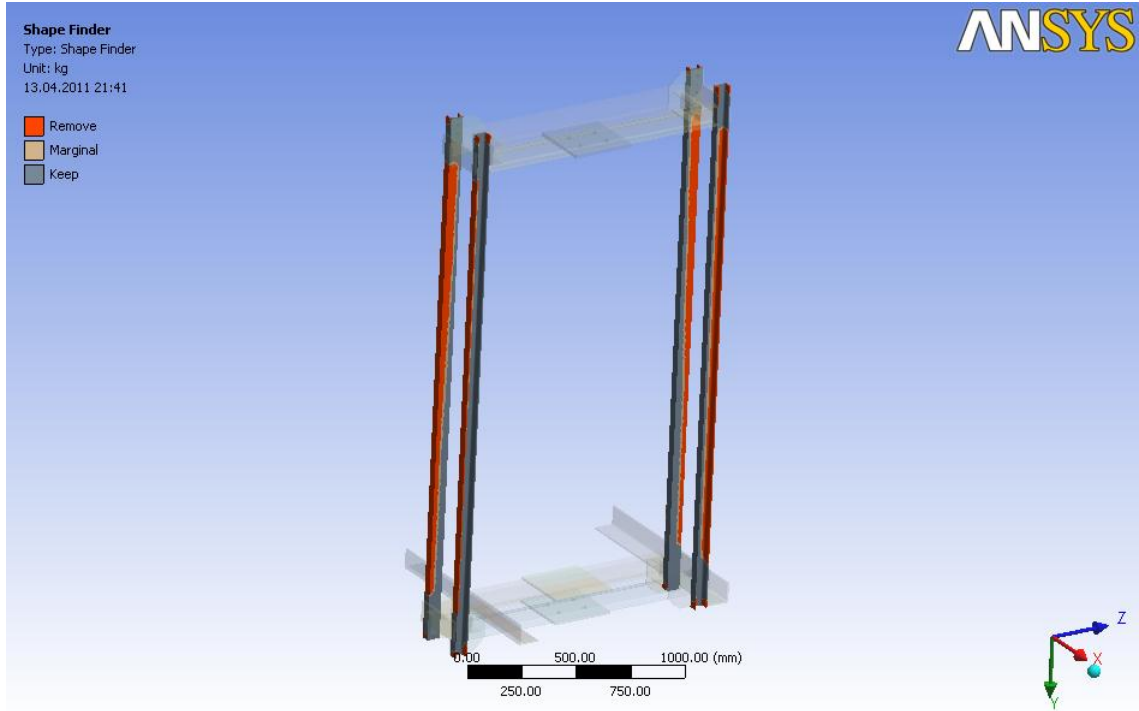
Şekil 5.5'te gözüktüğü gibi toplam gerilme 51,98 MPa olarak hesaplanmış, hesaplanan bu değer TS 1812 – çizelge 3[19]'da belirtilen  $74 \left[ N/mm^2 \right]$  değerinin altında yer almaktadır, dolayısıyla gerilme değeri açısından UPN50 profili alt askı kirişi için uygundur. Şekil 6.6'da toplam yer değiştirme değeri 0,27 mm. olarak hesaplanmıştır. Bu değer emniyet gerilmesi için TS 1812 – çizelge 3[19]' da belirtildiği gibi  $\frac{e}{L} \leq 1.10^{-3}$  değeri alındığında,  $0.219 \times 10^{-3} < 1.10^{-3}$  olduğundan kabin alt askı kirişleri için kullanılan malzeme UPN50 profili toplam yer değiştirme değeri için emniyet açısından uygundur.

Alt askı kirişinde UPN100 yerine UPN50 profilinin kullanılmasıyla sistem  $2(a \text{ det}) \times 1,230m(UPN100) \times 10,6 \frac{kg}{m} - 2(a \text{ det}) \times 1,230m(UPN65) \times 5,59 \frac{kg}{m} = 10,996kg$  hafiflemiştir. Aradaki bu fark emniyet açısından azda olsa ek bir güvenlik katsayısı olarak düşünülebilir ayrıca sistem çalışır vaziyette iken enerji kazancı olarak görülebilir.

## 5.4 Yan Kirişlerin Optimizasyonu

Yan kirişler Şekil 5.7'de görüldüğü gibi shape optimizasyonu AnsysWorkbench'te yapılmıştır. Sistemin yeniden boyutlandırılması için üst askı kirişi ve alt askı kirişinde olduğu gibi sağlıklı bir sonuca varılamamaktadır. Çünkü şekil üzerinde gözükten kırmızı yerlerin dağılımı değişik şekillerde ve değişik yerlerde yer almaktadır. Böyle bir parça üretimi söz konusu olamayacağı için, sistemin optimizasyonu analitik yöntemler kullanılarak yapılacaktır.





**Şekil 5.7** Yan kirişlerin shape optimizasyonu.

Kabin çerçevesi yan kirişleri, eğilme ve çekme gerilmeleri ile zorlanır. Kirişler için kritik olan gerilme değeri aşağıdaki eşitlik ile verilmiştir. Bulunan eğilme gerilmesi değeri malzemenin emniyet gerilmesi değerinden küçük olmalıdır.

$$\sigma = \frac{M \times h}{4 \times h' \times W_e} + \frac{(F_y + F_k + F_h)}{2(A_n - A_d)} < 130 [MPa] \quad (5.3)$$

Burada,  $F_h$  halat kütlesi ( $N$ ),  $A_n$  kiriş kesiti ( $mm^2$ ),  $A_d$  civata delik kesiti ( $mm^2$ ),  $M$  yükleme sınıfına bağlı döndürme momenti ( $N \times mm$ ),  $h$  yan kirişlerin uzunluğu ( $mm$ ),  $h'$  patenler arası düşey uzunluk ( $mm$ ),  $W_e$  çerçevenin bir tarafındaki yan kirişin kesit alanının eğilme mukavemet momenti ( $mm^3$ )'dir.

$$A_d = d \times t = 1.1 \times t = 1.1 \times t [cm^2]$$

$$A = A_n - A_d = A_n - 1.1 \times t = ? [cm^2]$$

Burada,  $A$  yan kirişlerin net kesit alanı ( $cm^2$ ),  $d$  delik çapı ( $cm$ ),  $t$  UPN profilinin kesit kalınlığı ( $cm$ )'dir.

$$F_h = 400 [N] [16]$$

$$\left[ \frac{\left( \frac{F_y b_1}{8} \right) h}{4h W} + \frac{F_y + F_k + F_h}{2A} \right] < 130 \Rightarrow \frac{\left( \frac{4000 \times 1100}{8} \right) 2600}{4 \times 3000 \times W_e} + \frac{9650}{2 \times A} < 130$$

Bu denklemde iki tane bilinmeyen değer yer almaktadır. Gerilme değerleri hesaplanırken UPN65 profili baz alınmıştı. Standartlarda UPN 65 profilinin boyutlarından küçük sadece UPN50 profili vardır. Bu nedenle ilk önce UPN50 profiline ait boyut değerlerini kullanıp denklemi sağlayıp sağlamadığı incelenecektir.

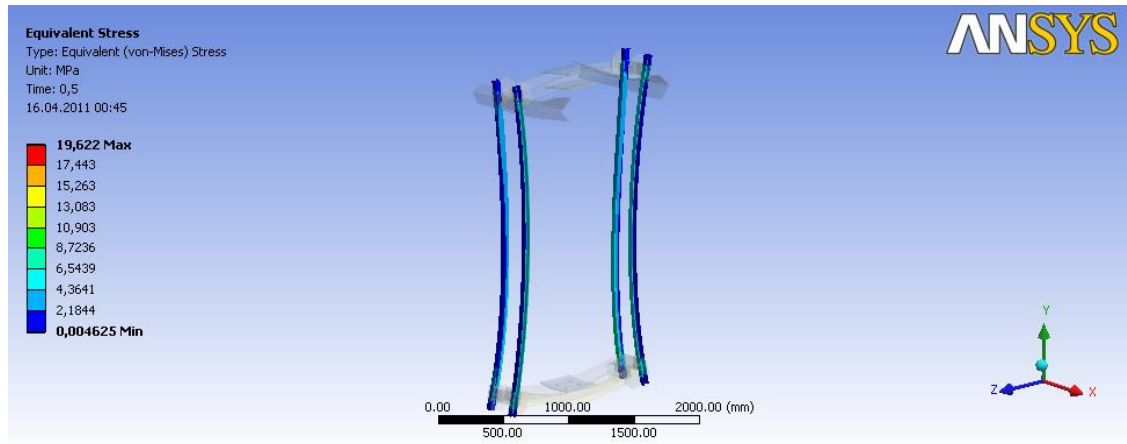
$$A_d = d \times t = 1.1 \times t = 1.1 \times t [cm^2] = 1.1 \times 0.5 = 0.55 cm^2$$

$$A = A_n - A_d = 7.12 - 0.55 = 6.57 [cm^2]$$

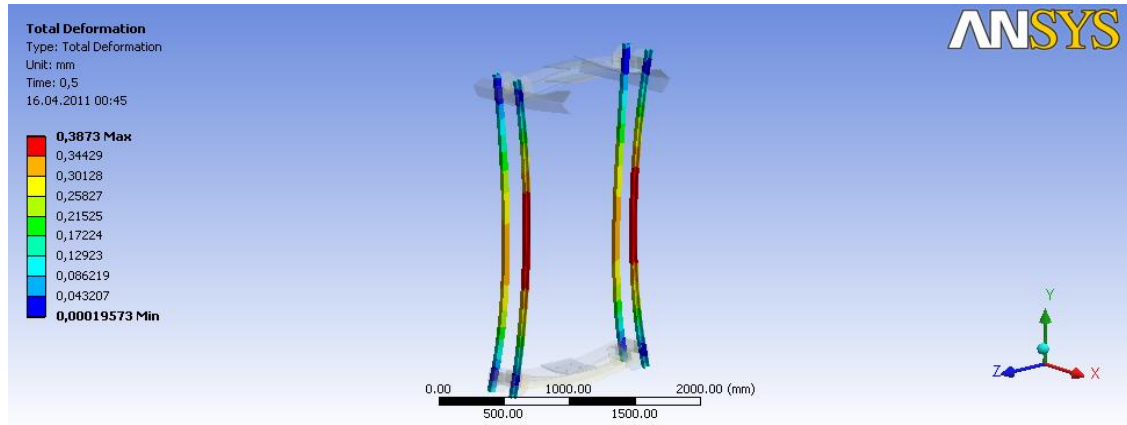
$$\frac{\left( \frac{4000 \times 1100}{8} \right) 2600}{4 \times 3000 \times 10600} + \frac{9650}{2 \times 657} < 130 \Rightarrow 18,586 < 130$$

Görüldüğü üzere UPN50 profili analitik yönden sistemin emniyetli çalışması için gerekli olan gerilme değerlerini sağlamaktadır. Yan kirişlerin UPN50 profiline göre 3B katı modeli çizilerek sistemin AnsysWorkbench'te simülasyonu yeniden yapılacaktır.

Yan kirişlerin Bölüm 5'te olduğu gibi (UPN165 profili yerine UPN50 profili kullanılarak) yeniden katı modellemesi yapılarak, sistemin AnsysWorkbench'te simülasyonu yapılmıştır Şekil 5.8'de alt yan kirişlere ait Von-Misses gerilmesi, Şekil 5.9'da ise yan kirişlere ait toplam deformasyon şekilleri yer almaktadır.



Şekil 5.8 Yan kirişlere ait Von-Misses gerilmesi.



**Şekil 5.9** Yan kirişlere ait toplam yer değiştirme.

Şekil 5.8’de görüldüğü üzere, toplam gerilme 19,622 MPa’dır. Bu değer TS 1812 – çizelge 3[19]’da belirtilen 130 [MPa] değerinin altında yer almaktadır. Dolayısıyla gerilme değeri açısından UPN50 profili yan kirişler için uygundur. Şekil 5.9’da toplam yer değiştirme değeri 0,38 mm olarak hesaplanmıştır. Bu değer emniyet gerilmesi için TS 1812 – çizelge 3 [19]’da belirtildiği gibi  $\frac{e}{L} \leq 1.10^{-3}$  değeri alındığında  $0.148 \times 10^{-3} < 1.10^{-3}$  olduğundan kabin yan kirişleri için kullanılan malzeme UPN50 profili toplam yer değiştirme değeri için emniyet açısından uygundur.

Yan kirişlerde UPN65 profili yerine UPN50 profilinin kullanılmasıyla sistem  $4(a \text{ det}) \times 2,6m(UPN65) \times 7,09 \frac{kg}{m} - 4(a \text{ det}) \times 2,6m(UPN50) \times 5,59 \frac{kg}{m} = 15,6kg$  hafiflemiştir. Aradaki bu fark emniyet açısından azda olsa ek bir güvenlik katsayısı olarak düşünülebilir ayrıca sistem çalışır vaziyette iken enerji kazancı olarak da görülebilir.

Sistemin tamamı baz alındığında 33,89 kg’lık ağırlık optimizasyonu yapılmıştır. Sistemin maliyeti açısından büyük bir kazanç olarak gözükmesi de, sistemin sürekli kullanıldığını düşünülürse sistemin işletimi açısından önemli bir enerji tasarrufu sağlanacaktır.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİ

### 6.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, asansörlerde normal çalışma koşulları altında, kabine binen yüklerin asansör taşıyıcı sisteminin elemanları üzerinde oluşturduğu gerilme ve yer değiştirme değerleri hem analitik yöntemle (basit yöntem) hem de sonlu elemanlar yöntemiyle sisteme etkileyen kuvvetler dinamik olarak incelenmiştir. Yapılan dinamik analizde sistem yüklemeleri maksimum hasar verebilecek şekilde kabul edilmiştir. Ayrıca farklı sonlu eleman boyutu kullanılarak gerilme analizleri yapılmıştır.

Analitik hesapta kullanılan basitleştirilmiş metod, günümüz asansör tesisinin emniyet hesaplarında kullanılan yöntemdir. Gerçeğe daha yakın modelleme, yükleme şartlarının gerçek sistem gibi dinamik olarak ele alındığı ve insan güvenliği faktörü söz konusu olduğu için dinamik yüklemelerin sisteme uygulanması sırasında sistem üzerinde maksimum gerilmeler yapacak şekilde modelin tasarlanmasının mümkün olduğu, sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan analiz neticelerini analitik yolla yapılan hesaplamalarla karşılaştırdığımızda kabin çerçeve ve elemanları için aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Üst askı kirişi için; Basit yöntem ile yapılan hesaplamalarda maksimum gerilme 34,52 MPa çıkmıştır. Sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılan analizde üst askı kirişinde oluşan maksimum gerilme değeri 35,28 MPa olarak ölçülmüş bu değer basit yöntem ile elde edilen değerden % 2,2'lik bir oranla sapmaktadır, bu da yapılan iki farklı hesaplamasının sonuçlarının birbiriyle tam örtüştüğü sonucunu vermektedir. Elde edilen sonuçlar emniyet açısından TS 1812 – çizelge 3[19]'da belirtilen 90 [MPa] değeri alındığında hesaplanan  $35,283[MPa] < 90 [MPa]$  olduğundan kabin üst askı kirişleri emniyetlidir. Gerilme analizinde kullanılan sonlu eleman boyutunun artırılmasıyla daha kaba sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Fakat eleman boyutunun küçültülmesi işlem zamanını önemli ölçüde arttırmıştır. Üst askı kirişinin yer değiştirmesinde analitik hesaplamada (basit yöntem) 0,41 mm bulunmuştur. Daha hassas yöntem olan SEY ile üst askı kirişindeki maksimum yer değiştirme 0,37 mm bulunmuştur. Sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilen sonuç, basit yöntem ile elde edilen sonuçtan % 9,2'lik bir sapma göstermekte bu değer bize sonuçların örtüştüğünü göstermektedir. Elde edilen bu değerler TS 1812 – çizelge 3

[19]'da belirtildiği gibi  $\frac{e}{L} \leq 1.10^{-3}$  değeri alındığında  $0,336.10^{-3} < 1.10^{-3}$  olduğundan kabin üst askı kirişleri emniyetlidir.

Alt askı kirişi için; basit yaklaşım ile yükün düzgün yayılı olarak alt kirişe etki ettiği düşüncesi gerek alt kirişte oluşan maksimum normal gerilmeyi gerekse maksimum yer değiştirmeyi Sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen sonuçlardan farklı kılmaktadır. Basit yöntem ile maksimum gerilme 13,35 MPa, sonlu elemanlar yöntemi ile 27,15 MPa bulunmuştur. Bulunan bu değer basit yöntem ile elde edilen değerde % 103 sapma ortaya çıkarmaktadır. Basit yöntemle maksimum yer değiştirme 0,17 mm olarak bulunmuş, sonlu elemanlar yönteminde maksimum yer değiştirme ise 0,28 mm olarak bulunmuştur, bu değer basit yöntemle göre % 60'lık bir sapmaya karşılık gelmektedir. Bu farkların oluşmasında sonlu elemanlar yönteminde kirişe yayılı bir şekilde değil de kabine giriş kısmının olduğu ön tarafa (L profillerinin ön tarafı ve kabinin oturduğu kabin sacının ön tarafına) yani sistemin yarısına dinamik olarak etki ettirilmiş, sistem bu koşullarda maksimum zorlamaya maruz bırakılmıştır. Fakat SEY ile bulunan bu değer alt kiriş için öngörülen emniyet gerilmesinin (74 MPa) oldukça altındadır. Bu nedenle herhangi bir boyut artırımına veya profil değişikliğine gerek kalmamaktadır.

Kabin içine giren yükler ne kabinin tam ortasında duracak şekilde ne de düzenli bir şekilde yayılacaklardır. Bu kabullerden hareketle, analitik yöntemle yapılan alt kirişin yer değiştirme hesaplarında bulunan değer (0,17 mm), SEY ile bulunan 0,28 mm değerinden küçüktür. Asansör standartları kabinin üst ve alt kirişlerindeki yer değiştirmelerin değerinin  $e/l < 1 \times 10^{-3}$  koşulunu bozacak değerde olmadığından sistem emniyetli çalışmaktadır. Bu çalışmada kullandığımız kirişlerin boyu 1230 mm olup emniyetli yer değiştirme değerinin aşılması için 1,23 milimetrelik bir yer değişiminin meydana gelmesi gerekmektedir.

Yan kirişler için; basit yaklaşımda yükün, yan kirişlerde hem eğilmeye hem de çekmeye neden olması nedeniyle, yan kirişin her iki gerilmenin toplamı kadar bir gerilmeye maruz kaldığı düşünülmüştür. Sonlu elemanlar yönteminde ise yükün sistemin yarısına etki ettiği düşüncesiyle kabin ön tarafındaki UPN65 profilinde çekme, arka UPN65 profillerinde hem çekme hem de eğilme oluşmaktadır. SEY ile bulunan gerilme değerleri analitik yöntemle bulunan değerlere göre daha büyük

çıkıştır (basit yöntem ile 12,42MPa; SEY ile 15,06 MPa). Fakat bulunan bu değerler yan kiriş için öngörülen emniyet gerilmesinin (130 MPa) oldukça altındadır.

Dörtüncü bölümün sonunda sistem, gerçek hayatta asansörlerin kullanılma şartları düşünülerek farklı sınır şartları ve yüklemeye maruz bırakılarak sistem 1,2.g'lik ivme altında incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda elde edilen değerler daha önceki değerlerin çok üstünde çıkmış, buna rağmen sistemin güvenli çalışması için gerekli olan deformasyon ve gerilme değerlerini sağladığı görülmüştür.

Elde edilen bu değerlerden yola çıkılarak altıncı bölümde sistemin optimizasyonu yapılmış ve optimizasyon sonucunda üst askı kirişi için kullanılan UPN100 profili UPN65 profili ile değiştirilmiş, alt askı kirişi için kullanılan UPN100 profili UPN50 profili ile değiştirilmiş ve son olarak yan kirişler için kullanılan UPN65 profili yerine UPN50 profili kullanılmıştır. Sistemde ağırlık optimizasyonu sonucunda 33,89 kg'lık bir kazanım elde edilmiş bu da sistemin işletme maliyeti açısından kayda değer bir kazanım sağlamıştır.

## 6.2 Öneriler

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan gerilme analizi neticesinde elde edilen gerilme ve yer değiştirme değerleri emniyet ve çerçeve yakınlık faktörleri olarak bakıldığında, asansör kabin çerçeve elemanlarının analizinde kullanılan eleman tipinin, sınır şartlarının ve yapılan kabullerin tatminkar hassasiyette sonuçlar verdiği görülmüştür. Sistem maksimum yükleme altında incelenmesine rağmen üst askı kirişinde emniyet katsayısı 2,5 değerinin üzerinde, alt askı kirişinde 2,7'nin üzerinde yan kirişlerde 8,5'un üzerinde çıkmıştır. Bunun yanında asansör kabininin hemen alt köşelerinde yer alan, kabinin dengesini sağlamakla birlikte yüke maruz kalan alt askı kirişlerin (UPN65) üzerinde yer alan L profillerin gerilme değerleri yüksek çıkmıştır, bu olay emniyet açısından bir tehlike oluşturmamaktadır ama asansörün kullanımı sırasında sarsıntı oluşturmaktadır, günümüzde yapılarda kullanılan asansörlerin çoğunda bu problem gözükmemektedir, asansör üreticileri bu konudaki eksikliği giderebilmek adına çalışma yapabilirler.

## KAYNAKLAR

- [1] İmrak C.E. ve Gerdemeli İ. 2000 Asansörler ve Yürüyen Merdivenler, *Birsen Yayınevi, İstanbul* (Haziran, 2010)
- [2] Babalık Fatih C., ve Çavdar K., Sakalar M. ve Meşhur B. 2003 Asansör Taşıyıcılarının SEY yardımıyla Tasarımı ve Analizi, *Asansör Dünyası sayı:55, sayfa 74-79* (Ağustos, 2010)
- [3] Demirsöz R., 2004 Asansör Kılavuz Raylarının Gerilme Analizi, *Yüksek Lisans Tezi İTÜ* (Ağustos, 2010)
- [4] Kösemen Ö., 2008 Asansör Taşıyıcı Halatlarının Statik Yük Altında Deneysel Gerilme Analizi, *Yüksek Lisans Tezi İTÜ* (Ağustos 2010)
- [5] Watanabe S., Yumura T., Funai N., Hayashi Y., Mınewaki S., Kibayashi M. Dynamic Analysis for elevators Installed in Mid-Story Seismic Isolated Buildings, *Advanced Teknoloji R&D Center, japan* (Eylül, 2010)
- [6] Kırıl Z., Kırıl B. G., 2008 Ray Deformasyonlarının asansör Kabini Titreşimlerine Etkisinin İncelenmesi, *Dokuz Eylül üniversitesi, İzmir* (Eylül, 2010)
- [7] İmrak E., MAK540 Düşey Transport Sistemleri, *İTÜ* (Haziran, 2010)
- [8] Karpat F., Çavdar K. ve Babalık Fatih C. Asansör Kabin Taşıyıcılarının SEY Yardımıyla Analizi, *Uludağ Üniversitesi Bursa* ( Kasım, 2010)
- [9] Onur Yusuf A. 2006 Asansör Kabin Çerçevesinin SEY ile Modellenmesi ve Gerilme Analizi, *Yüksek Lisans Tezi İTÜ* (Kasım, 2010)
- [10] Gür N. 2001 Çerçeve Sistemlerinin Bilgisayar ile Boyutlandırılması ve Asansör Kabinlerine Uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi İTÜ* (Kasım, 2010)
- [11] TS-10922, 2001 Asansörler – Yapım ve Montaj için Güvenlik Kuralları - Bölüm:1 Elektrikli Asansörler , *Türk Standartları Enstitüsü, İstanbul* (Mayıs, 2010)
- [12] Janovsky L. 1993 Elevator Mechanical Design, *Ellis Horwood Series, NewYork* (Eylül, 2010)
- [13] Gibson George W. 2008 Elevator Hoistway Equipment, Mechanical and Structural Design, Part 1 (Eylül, 2010)

- [14] MMO Asansör Komisyonu, 2002 Asansör Avan ve Uygulama Projeleri Hazırlama Teknik Esasları , *Makine Mühendisleri Odası, 2002/208-3 Ankara* (Mayıs, 2010)
- [15] [www.arcelormittal.com/sections/fileadmin/redaction/pdf/european\\_sections/UPN.pdf](http://www.arcelormittal.com/sections/fileadmin/redaction/pdf/european_sections/UPN.pdf) (Mayıs, 2010)
- [16] Kutay M.G., 2004 Mukavemet Değerleri, Makine Mühendisleri Odası Yayını, İstanbul (Temuz, 2010)
- [17] TS-1812, 1988 Asansörlerin Hesap, tasarım ve yapım Kuralları *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara* (Mayıs, 2010)
- [18] Pek M. A., 2002 Polimerik Dişlilerde SEM ile Gerilme Analizi, *Doktora Tezi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta* (Temuz, 2010)
- [19] Ansys Workbench 11.0 Help Files (Ocak, Şubat, Mart, 2011)



## ÖZGEÇMİŞ

Cengiz ÖZEL, 1974 yılında Mardin'in Nusaybin ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Nusaybin'de, lise eğrenimini Diyarbakır'da tamamladı. 2003 yılında Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümüne girmeye hak kazandı. 2005 yılında aynı üniversitenin Endüstri Mühendisliği Bölümünde ikinci anadal eğitime başladı. 2008 yılında Makine Mühendisliği (Makine Mühendisliği Bölümü, bölüm birincisi olarak) ve Endüstri Mühendisliği bölümlerinden mezun oldu. Aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümünde yüksek lisansa başladı, 2009 yılında yatay geçişle Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümüne geçti. Şu anda eğitime devam etmesinin yanı sıra İngiltere'de çalışmaktadır.