

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ASANSÖR KILAVUZ RAY KONSOLLARININ BİLGİSAYAR
DESTEKLİ GERİLME ANALİZİ**

EKREM SAVAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONSTRÜKSİYON PROGRAMI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. BERNA BOLAT**

İSTANBUL, 2011

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ASANSÖR KILAVUZ RAY KONSOLLARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ GERİLME
ANALİZİ**

Ekrem SAVAŞ tarafından hazırlanan tez çalışması 23.09.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Berna BOLAT
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Berna BOLAT
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Fuat ALARÇIN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ahmet SAĞIRLI
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Asansör sistemleri, düşey transport sektörünün teknolojiyle paralel olarak en hızlı gelişen mekanizmalarıdır. Bu yüzden asansör sistemlerinin önemi giderek artmaktadır.

Asansör sistemleri pek çok elemandan oluşmaktadır. Bu elemanlardan en önemlisi sayılabilecek kılavuz raylar için ayrıntılı hesap yöntemleri ve standartlar mevcut iken, kılavuz rayları tutan ve binaya bağlantısını sağlayan asansör kılavuz ray konsolları ve tırnakları ile ilgili herhangi bir standart ve hesaplama esası bulunmamaktadır.

Bu çalışmada asansörlerin farklı kullanım durumları ve yükleme halleri için bilgisayar ortamında (SolidWorks) modellenen kılavuz ray sistemindeki ray konsollarının, ANSYS Workbench V11 sonlu elemanlar paket programı ile gerilme ve yorulma analizleri yapılmıştır.

Tez konumun belirlenmesinden itibaren her aşamasında yardımlarını esirgemeyen çok değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Berna BOLAT' a, desteklerinden dolayı arkadaşım Makine Mühendisi Yunus Emre ATAMER' e, maddi ve manevi desteğini her zaman yanımda hissettiğim aileme teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos, 2011

Ekrem SAVAŞ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	ix
KISALTMA LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ÖZET.....	xvi
ABSTRACT	xviii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2	
ASANSÖRLER VE SİSTEMLERİ	3
2.1 Asansörlerin Genel Tanımı ve Yapısı	3
2.1.1 Asansörlerin Tarihsel Gelişimi.....	3
2.1.2 Asansörlerin Mekanik Donanımı.....	5
2.2 Asansörlerin Sınıflandırılması	6
2.2.1 Konstrüksiyon ve tahrik yöntemine göre asansörler	7
2.2.2 Kullanım Amaçlarına Göre Asansörler	11
BÖLÜM 3	
KILAVUZ RAYLAR	13
3.1 Kılavuz Rayların İmalâtı ve Malzemeleri.....	14
3.2 Kılavuz Rayların Fiziksel Özellikleri ve Boyutları	15
3.2.1 Kılavuz Ray Yüzey Sertlik Değerleri	20

3.2.2	Kılavuz Ray Yüzey Pürüzlülüğü.....	21
3.2.3	Kılavuz Ray Yüzey Doğrusallığı	21
3.2.4	Kılavuz Rayların Burkulması.....	22
3.3	Kılavuz Rayların Montajı	23
3.3.1	İki Kılavuz Rayın Birbirine Montajı	23
3.3.2	Kılavuz Rayların Asansör Kuyusuna Montajı.....	25
3.4	Kılavuz Ray Ebadı ve Tespit Şekli.....	31
3.5	Kılavuz Rayların Ömrü	31
BÖLÜM 4		
ASANSÖR KILAVUZ RAY KONSOLLARI.....		32
4.1	Kılavuz Ray Konsollarının İmalat ve Malzemeleri	32
4.2	Kılavuz Ray Konsollarının Montajı.....	33
4.2.1	Kılavuz Ray Konsollarının Çelik Yapılara Montajı	36
4.2.2	Kılavuz Ray Konsollarının Beton Yapılara Montajı	37
4.2.3	Kılavuz Ray Konsollarının Tuğla Yapılara Montajı	39
4.3	Kılavuz Ray Konsollarının Montajında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	39
BÖLÜM 5		
RAYLARA ETKİ EDEN KUVVETLER VE ASANSÖR ÇALIŞMA KOŞULLARI		42
5.1	Kılavuz Raylara Etki Eden Kuvvetler	42
5.1.1	Kabin Yüğü	43
5.1.2	Beyan Yüğü	45
5.1.3	Karşı Ağırlık Veya Dengeleme Ağırlığı	46
5.1.4	Yardımcı Cihazlardan Kaynaklanan Yüğüler	47
5.1.5	Rüzgâr Yüğüleri	47
5.2	Asansörde İncelenecek Çalışma Koşulları.....	47
5.2.1	Güvenlik Tertibatı Çalışması Hali	47
5.2.2	Normal Kullanım-Hareket Hali	48
5.2.3	Normal Kullanım-Yükleme Hali	49
5.3	EN 81-1 Standardına Göre Genel Bir Düzen İçin Kılavuz Ray Hesapları	49
5.3.1	Kılavuz Raylara Etki Eden Kuvvetler ve Gerilmeler	49
5.3.2	Asansör Kılavuz Ray Hesabı.	51
5.3.2.1	Güvenlik Tertibatının Çalışması Hali	52
5.3.2.2	Normal Kullanma, Hareket Hali	54
5.3.2.3	Normal Kullanma- Yükleme Hali	56
5.3.3	Asansör Karşı Ağırlık Ray Hesabı	57
5.3.4	İzin verilen Gerilme ve Eğilme Miktarları	59
BÖLÜM 6		
SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ VE ANSYS PROGRAMI		61
6.1	Sonlu Elemanlar Yöntemi	61
6.1.1	Sonlu Elemanlar Metodunun Uygulama Alanları	61
6.1.2	Sonlu Elemanlar Metodunun Çözümü	62

6.1.2.1	Eleman Tipinin Belirlenmesi	63
6.1.2.2	İnterpolasyon Fonksiyonlarının Seçimi	66
6.1.2.3	Eleman Direngenlik Matrisinin Elde Edilmesi	67
6.1.2.4	Sistem Direngenlik Matrisinin Teşkili	67
6.1.2.5	Sisteme Etki Eden Kuvvetlerin Bulunması	68
6.1.2.6	Sınır Şartlarının Belirlenmesi	68
6.1.2.7	Sistem Denkleminin Çözümü	69
6.2	Sonlu Elemanlar Yönteminin Avantajları	70
6.3	ANSYS Sonlu Elemanlar Paket Programı	70
6.3.1	ANSYS İle İlgili Temel Bilgiler	70
6.3.2	ANSYS Workbench V11	71
6.3.2.1	ANSYS Workbench V11' de Dosya Oluşum Mantığı ve Çalışma Düzeni	71
6.3.2.2	ANSYS Workbench V11 Yazılımı ile Yapılacak Herhangi Bir Simülasyonda Takip Edilmesi Gereken Aşamalar	71
BÖLÜM 7		
ASANSÖR UYGULAMA PROJE HESAPLARI VE EN 81-1 STANDARDINA GÖRE KILAVUZ RAY GERİLME VE SEHİM HESABI		73
BÖLÜM 8		
ASANSÖR KILAVUZ RAY KONSOLLARININ MODELLENMESİ VE ANALİZİ		88
8.1	Kılavuz Ray Konsollarının Gerilme Analizi	88
8.1.1	Modelin ANSYS Workbench V11'e Aktarılması	89
8.1.2	Analiz Tipinin Seçilmesi	89
8.1.3	Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması	90
8.1.4	Temas Özelliklerinin Belirlenmesi	91
8.1.5	Eleman Tipinin Seçilmesi ve Sonlu Eleman Ağının Oluşturulması	93
8.1.6	Sınır Şartlarının Belirlenmesi	95
8.1.7	Kuvvetlerin Uygulanması	96
8.1.8	Analizin Gerçekleştirilmesi ve Sonuçlar	98
8.2	Kılavuz Ray Konsollarının Yorulma Analizi	108
BÖLÜM 9		
SONUÇ VE ÖNERİLER		115
KAYNAKLAR		118
EK-A		
MATLAB KODLARI		120
EK-B		
NARİNLİK DERESESİNE GÖRE OMEGA DEĞERLERİ		128
EK-C		

KILAVUZ RAY- KONSOL-TIRNAK SİSTEMİNİN AYRINTILI RESİMLERİ	130
ÖZGEÇMİŞ	133

SİMGE LİSTESİ

Q	Beyan yükü [kg]
q	Dengeleme katsayısı
P	Boş kabin ve kabine asılı parçaların kütlelerinin toplamı [kg]
W	Mukavemet momenti [mm ³]
l	Kılavuz ray konsolları arasındaki en uzun mesafe [mm]
h	Kabin kılavuz patenleri arasındaki mesafe [mm]
A	Kılavuz rayın kesit alanı [mm ²]
ω	Burkulma katsayısı
α	Narinlik katsayısı
l_k	Burkulma uzunluğu [mm]
i	Eylemsizlik yarıçapı [mm]
σ_x	x eksenini boyunca eğilme gerilmesi [N/mm ²]
σ_y	y eksenini boyunca eğilme gerilmesi [N/mm ²]
σ_{zul}	İzin verilen maksimum gerilme [N/mm ²]
σ_k	Burkulma gerilmesi [N/mm ²]
F_b	Kılavuz raylara patenler tarafından gelen kuvvet [N]
F_k	Bir kabin kılavuz rayındaki burkulma kuvveti [N]
F_c	Bir karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının kılavuz rayındaki burkulma kuvveti [N]
σ_m	Ray Boynundaki yerel eğilme gerilmesi [N/mm ²]
σ_a	Gerilme genliği [MPa]
σ_m	Ortalama gerilme [MPa]
n	Kılavuz ray sayısı
F_S	Eşik kuvveti [N]
F_x	Farklı yük durumlarında kılavuz raylara patenler tarafından x ekseninde uygulanan kuvvet [N]
F_y	Farklı yük durumlarında kılavuz raylara patenler tarafından y ekseninde uygulanan kuvvet [N]
WL	Rüzgâr yükleri [kg]
M_m	Eğilme momenti [Nmm]
k	Darbe katsayısı
g_n	Standard yerçekimi ivmesi [m/s ²]
E	Elastiklik modülü [N/mm ²]

λ	Narinlik derecesi
A	Ray kesit alanı [mm^2]
ϵ	Kopma uzaması
I_x	x eksenindeki atalet momenti [mm^4]
I_y	y eksenindeki atalet momenti [mm^4]
D_x	x yönündeki kabin boyutu [mm]
D_y	y yönündeki kabin boyutu [mm]
C	Kabinin geometrik merkezi
P	Boş kabinin ağırlık merkezi
S	Kabin askı noktası
S_{ut}	Kopma mukavemeti [MPa]
T	Kabin taşıyıcı karkası ve güvenlik tertibatı
K_i	Kabin kapısı i'nin ağırlığı ve ağırlık merkezi
x_C, y_C	Kabin merkezinin (C), kılavuz ray sisteminin ilgili eksenlerine olan mesafeleri [mm]
x_S, y_S	Askı noktasının (S), kılavuz ray sisteminin ilgili eksenlerine olan mesafeleri [mm]
x_P, y_P	Boş kabinin ağırlık merkezinin kılavuz ray sisteminin ilgili eksenlerine olan mesafeleri [mm]
x_{CP}, y_{CP}	Boş kabinin ağırlık merkezinin, x ve y eksenlerinde kabin merkezine olan mesafeleri [mm]
x_Q, y_Q	Beyan yükü ağırlık merkezinin kılavuz ray sisteminin ilgili eksenlerine olan mesafeleri [mm]
x_{CQ}, y_{CQ}	x ve y eksenlerine göre kabin merkezi ile beyan yükü ağırlık merkezi arasındaki mesafe [mm]
G_{cw}	Asansör karşı ağırlık kütlesi [kg]
D_{xcw}	Karşı ağırlık genişliği [mm]
D_{ycw}	Karşı ağırlık uzunluğu [mm]

KISALTMA LİSTESİ

BS	British Standart
CAD	Computer Aided Design
EN	European Standard
SEM	Sonlu Elemanlar Metodu
TS	Türk Standartları

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Asansör tesisinin genel bölümleri	6
Şekil 2.2	Asansörlerin konstrüksiyon ve tahrik yöntemine göre sınıflandırılması	7
Şekil 2.3	Halatlı asansörler	8
Şekil 2.4	Paternoster (sürekli çalışan) asansör	9
Şekil 2.5	Vidalı ve kremayerli asansörler	10
Şekil 2.6	Hidrolik asansörler	10
Şekil 2.7	Asansörlerin kullanım amacına göre sınıflandırılması	11
Şekil 2.8	Maden kuyusu asansörü.....	12
Şekil 3.1	Kılavuz ray ve bağlantı elemanı	14
Şekil 3.2	T profilli kılavuz ray kesitleri	14
Şekil 3.3	Soğuk çekme, düz başlı kılavuz ray	16
Şekil 3.4	Soğuk çekme, pala başlı kılavuz ray	17
Şekil 3.5	Makine ile işlenmiş kılavuz ray	18
Şekil 3.7	Kılavuz ray boynundaki burkulma	22
Şekil 3.9	Ray bağlantı levhası (flanş)	24
Şekil 3.10	Kılavuz rayların kuyu üst döşemesine montajı	25
Şekil 3.12	Kılavuz rayların yerleştirilmesi	27
Şekil 3.13	Kılavuz rayların konsollarla kuyu içine montajı.....	28
Şekil 3.14	Ray montajında kullanılan parçalar.....	29
Şekil 3.15	Kılavuz rayın konsola bağlantısı	29
Şekil 3.16	Kılavuz ray tespitleri	30
Şekil 3.17	Asansör kuyusunun üstten genel görünümü.....	30
Şekil 3.18	Asansör kuyusunun alttan genel görünümü	31
Şekil 4.1	Standart bir kılavuz ray konsolu resmi	33
Şekil 4.2	Kılavuz ray ve standart bir ray konsolu bağlantısı	34
Şekil 4.3	Ray sabitleme tırnağı türleri	34
Şekil 4.4	Ray sabitleme tırnağı.....	35
Şekil 4.5	Kılavuz ray montajı	36
Şekil 4.7	Beton yapıya monte edilen ray konsolunun genel düzeni	38
Şekil 4.8	Çelik yükleme ek parçası	39
Şekil 4.9	Kılavuz ray konsollarının farklı tipte montajı (devam)	40
Şekil 5.1	Kılavuz raylara etki eden çevresel kuvvetler	43
Şekil 5.2	Kabin yükü ve beyan yükleri	44
Şekil 5.3	Kabin yükü ve beyan yüklerinin grafik olarak gösterimi	45

Şekil 5.4	X eksenine göre yük dağılımı	45
Şekil 5.5	Y eksenine göre yük dağılımı	46
Şekil 5.6	Merkezden kılavuzlanmış karşı ağırlık.....	47
Şekil 5.7	Yük dağılımı sonucu kılavuz raya etkiyen kuvvetler.....	50
Şekil 5.8	X eksenine bağlı yük dağılımı	53
Şekil 5.9	Y eksenine bağlı yük dağılımı	53
Şekil 5.10	Normal kullanım- yükleme hali	56
Şekil 5.11	Karşı ağırlık boyutları	58
Şekil 6.1	Sonlu elemanlar yönteminde sıklıkla kullanılan bazı eleman tipleri.....	64
Şekil 6.3	(a) Birim uniform kalınlıklı iki düzlem sonlu eleman, (b) sonlu elemanların düğümlerle bağlantısı	66
Şekil 6.4	Konsol giriş sonlu eleman modeli	68
Şekil 7.1	Kılavuz ray boyutları	74
Şekil 7.2	Merkezden kılavuzlanmış ve asılı kabin boyutları	75
Şekil 7.3	Mesnetleme mesafelerinin değişimine göre kılavuz raydaki toplam gerilmenin değişimi-Yük dağılımın önde olması hali.....	85
Şekil 7.4	Mesnetleme mesafelerinin değişimine göre kılavuz raydaki toplam gerilmenin değişimi-Yük dağılımının sağda olması h	86
Şekil 7.5	Mesnetleme mesafelerinin değişimine göre kılavuz raydaki Y eksenindeki sehim değişimi-Yük dağılımının sağda olması hali	86
Şekil 7.6	Mesnetleme mesafelerinin değişimine göre kılavuz raydaki X eksenindeki sehim değişimi-Yük dağılımın sağda olması hali	87
Şekil 7.7	Mesnetleme mesafelerinin değişimine göre kılavuz raydaki X eksenindeki sehim değişimi-Yük dağılımının önde olması hali	87
Şekil 8.1	Örnek projenin CAD modeli.....	88
Şekil 8.2	Kılavuz ray, konsol ve bağlantı elemanları basitleştirilmiş katı modeli.....	89
Şekil 8.3	Analiz tipinin seçilmesi	90
Şekil 8.4	Malzeme özelliklerinin tanımlanması	91
Şekil 8.5	Temas özelliklerinin tanımlanması.....	91
Şekil 8.6	Temas özelliklerinin tanımlanması.....	92
Şekil 8.7	Sonlu eleman ağı	94
Şekil 8.8	Sınır şartlarının atanması.....	95
Şekil 8.9	Sistemin temel modeli.....	96
Şekil 8.10	ANSYS Workbench V11’de kuvvetlerin uygulanması.....	97
Şekil 8.11	ANSYS Workbench V11’de kuvvetlerin ve sınır şartlarının uygulanması	98
Şekil 8.12	Üst konsol sisteminde meydana gelen gerilme değerleri	99
Şekil 8.13	Orta konsol sisteminde meydana gelen gerilme değerleri	100
Şekil 8.14	Alt Konsol sisteminde meydana gelen gerilme değerleri.....	101
Şekil 8.15	Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri	103
Şekil 8.16	Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri	104
Şekil 8.17	Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri	104
Şekil 8.18	Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri	105
Şekil 8.19	Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri	105
Şekil 8.20	Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri	106
Şekil 8.21	Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri	107
Şekil 8.22	Montaj hatalarının olması durumunda hesaplanan gerilmeler	108

Şekil 8.23	Yorulma Analizi için sistemin sonlu elemanlara ayrılması.....	109
Şekil 8.24	Yorulma analiz şeması	110
Şekil 8.25	İki nolu kılavuz ray konsoluna etki eden kuvvetlerin kabinin bir çevirimi boyunca değişimi	111
Şekil 8.26	ANSYS Workbench V11 yorulma analizi arayüzü.....	112
Şekil 8.27	Emniyet katsayısı ve ömür değeri	113
Şekil 8.28	Yük-ömür diyagramı	114
Şekil 9.1	Sonuçların literatürdeki değerlerle karşılaştırılması	116
Şekil C.1	Ray sabitleme tırnağı(T5).....	130
Şekil C.2	Kılavuz ray konsolu	130
Şekil C.3	Konsol-Dübel-Tırnak Montajı.....	131
Şekil C.4	Konsol –Kılavuz ray montaj detayı	131
Şekil C.5	Kılavuz ray- konsol-bağlantı levhası montaj detayı.....	132

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	Asansörlerin tarihsel gelişimi4
Çizelge 3.1	Kılavuz ray malzemeleri15
Çizelge 3.2	Kılavuz rayların teknik özellikleri (Şekil 3.3) [7]16
Çizelge 3.3	Kılavuz rayların boyut ve toleransları (Şekil 3.3) [7]16
Çizelge 3.4	Soğuk çekme, pala başlı kılavuz rayların teknik özellikleri (Şekil 3.4) [7] 17
Çizelge 3.5	Soğuk çekme, pala başlı kılavuz rayların boyut ve toleransları (Şekil 3.4) [7].....17
Çizelge 3.6	Makine ile işlenmiş kılavuz rayların teknik özellikleri (Şekil 3.5) [7]18
Çizelge 3.7	Makine ile işlenmiş kılavuz rayların boyut ve toleransları (Şekil 3.5) [mm][7]19
Çizelge 3.8	Kılavuz rayların boyut ve toleransları (Şekil 3.5) [mm] [7].....19
Çizelge 3.9	Çekme mukavemeti ve yüzey sertlik değerleri20
Çizelge 3.10	Kılavuz rayların yüzey pürüzlülük değerleri, R_a21
Çizelge 3.11	Doğrusallık oranı B/A22
Çizelge 3.12	İzin verilen burkulma açısı değeri23
Çizelge 3.13	Ray bağlantı levhası ve elemanlarının ölçüleri [mm] [9]24
Çizelge 4.1	Standart kılavuz ray konsolu ölçüleri [mm] [12]33
Çizelge 4.2	Ray sabitleme tırnağı ölçüleri [mm] [17]35
Çizelge 5.1	Darbe katsayıları [11]48
Çizelge 5.2	Farklı yük durumlarında göz önüne alınacak yük ve kuvvetler51
Çizelge 5.3	Emniyet katsayıları [11]59
Çizelge 5.4	İzin verilen gerilme değerleri [11]60
Çizelge 6.1	Sonlu elemanlar metodunun uygulama alanları ve örnekleri62
Çizelge 7.1	Farklı yükleme durumları için gerilme ve sehim değerleri84
Çizelge 8.1	Malzeme özellikleri90
Çizelge 8.2	Sistemdeki eleman ve nod sayıları94
Çizelge 8.3	Farklı çalışma koşulları ve yükleme halleri kılavuz raylara etki eden kuvvetler96
Çizelge 8.4	Kabinin farklı konumları için konsollarda oluşan gerilmeler102
ÇİZELGE B.1	370 N/mm ² çekme dayanımlı kılavuz ray için λ 'nın fonksiyonu olarak "omega" değeri128
ÇİZELGE B.2	520 N/mm ² çekme dayanımlı kılavuz ray için λ 'nın fonksiyonu olarak "omega" değeri129

ASANSÖR KILAVUZ RAY KONSOLLARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ GERİLME ANALİZİ

Ekrem SAVAŞ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Berna BOLAT

Modern kentlerde bulunan yüksek katlı binalarda asansör hizmetlerinden faydalanmak günümüzde bir zorunluluk haline gelmiştir.

Asansör sistemleri pek çok elemandan oluşmaktadır. Asansör tanımında da geçen asansör kılavuz raylar ise asansör sisteminin emniyet açısından en önemli elemanını oluşturmaktadır. Kılavuz rayların temel görevleri; kabini ve karşı ağırlığı düşey hareket boyunca kılavuzlamak, bu hareket sırasında kabinin yatay hareketlerini engellemek, kabin içinde düzensiz yüklemelerden dolayı meydana gelebilecek hareket güçlüklerini ve sarsıntıları önlemek, paraşüt sistemi ile güvenli duruşu sağlayarak kabini tutmaktır.

Güvenli ve konforlu bir seyahat sağlamak için kılavuz raylar ile birlikte kılavuz ray konsolları ve tırnakları kullanılmaktadır. Kılavuz ray konsolları, kılavuz rayı tutan ve binaya bağlantısını sağlayan temel elemanlardır. Konsollar genellikle çelik saçlardan bükme yöntemiyle üretilmektedir. Kılavuz raylar için ayrıntılı hesap yöntemleri ve standartlar bulunurken, asansör kılavuz ray konsolları ve tırnakları ile ilgili bir standart ve hesaplama esası bulunmamaktadır.

Bu çalışmanın birinci bölümünde, asansörler ve mekanik donanımı ile ilgili bilgiler verilmiştir. İkinci ve üçüncü bölümünde ise kılavuz raylar ve kılavuz ray konsolları ile ilgili imalat ve montaj bilgileri, dördüncü bölümde kılavuz raylara etki eden kuvvetler ve asansör çalışma koşulları verilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi ve analiz programı ile

ilgili bilgiler beşinci bölümde, EN 81-1 standardına göre kılavuz ray gerilme ve sehim hesabı, altıncı bölümde sunulmuştur. Bilgisayar ortamında (SolidWorks) modellenen kılavuz ray sistemindeki ray konsollarının, sonlu elemanlar yöntemiyle (ANSYS Workbench V11) gerilme ve yorulma analizi bölüm yedide sunulmuştur. Çalışmanın en son kısmında sonuç ve öneriler sunulmuştur.

Literatürde kılavuz raylarla ilgili olarak birçok çalışma bulunmaktadır, ancak kılavuz ray konsolları ile ilgili yeterli sayıda çalışma mevcut değildir. Bu çalışmada, daha önce yapılan çalışmalar referans alınarak, kılavuz raylarla ilgili eksikliklerin giderilmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asansör, asansör kılavuz ray, gerilme analizi, kılavuz ray konsolları

**COMPUTER AIDED STRESS ANALYSIS OF ELEVATOR GUIDE RAIL
BRACKETS**

Ekrem SAVAŞ

Department of Mechanical Engineering Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Berna BOLAT

High-rise buildings in Modern cities to benefit from the services of elevators has become a necessity today.

Elevator systems consist of many elements. As indicated in definition elevator, the elevator guide rails are the most important element for the elevator system safety.

The basic functions the guide rails are to guide the cabinet and counter-weight along the vertical movement, preventing horizontal movement of the cabinet, to prevent movement within the cabin may occur due to irregular operations or loads to avoid the difficulties and jolts, with the parachute system, providing a secure cabinet to keep the stance.

To ensure a safe and comfortable trip, guide rail brackets and nails are used along with guide rails. Guide rail brackets are basic elements that keep the guide rail to connect to the building. Brackets are usually manufactured in steel sheet metal bending method. While there is a detailed calculation methods and standards to guide rails, There is no such a calculation basis and standard related to the elevator guide rail brackets and nails.

In the first section of this study, information regarding to elevators and mechanical equipment has been given.

The second and the third section the information about the manufacturing and assembly of the guide rails and guide rail brackets, and the fourth section, the forces acting on the guide rails and the elevator was working conditions have been discussed.

Fifth section covers to give information about finite element method and analysis program, and the sixth section covers stresses and deflection calculation of the guide rail according to EN 81-1 standard.

Computer environment (SolidWorks) modeled the guide rail in rail system brackets, the finite element method (ANSYS Workbench V11), stress and fatigue analysis is presented in section seven.

At the last part of the study, results and recommendations were presented.

There are numerous studies in the literature on the guide rails, but guide rail brackets, there is not enough study available. In this study, based on previous studies, it is aimed to eliminate deficiencies on the guide rails.

Key words: Elevator, guide rail, guide rail bracket, ANSYS Workbench, stress analysis

1.1 Literatür Özeti

Ertürk [6] yapmış olduğu çalışmada, asansör karşı ağırlık tasarımı ile ilgili çalışma ve analizler yapılmıştır. Çalışmada belirli hesaplamalar yapılarak asansör karşı ağırlığın hangi yüklere maruz kalabileceği belirlenmiştir. Karşı ağırlık tasarımı bilgisayar ortamında (SolidWorks) gerçekleştirildikten sonra, sonlu elemanlar yöntemiyle (CosmosWorks) gerilme analizleri yapılarak sonuçlar tablolar halinde verilmiştir.

Bir başka çalışmada, iki konsollu bir kılavuz ray sistemi bilgisayar ortamında modellenmiş (SolidWorks) ve sonlu elemanlar yöntemiyle (Abaqus) asansör kabininin farklı yüklemeler için gerilme ve sehim hesapları yapılmıştır [12].

Demirsöz, R., yapmış olduğu “asansör kılavuz raylarının gerilme analizi” isimli yüksek lisans tezinde, asansör kılavuz raylarının analitik (EN81-1) ve sonlu elemanlar yöntemiyle (ANSYS) gerilme ve sehim hesapları yapılmış, sonuçlar karşılaştırılmıştır [16].

Yapılan bir diğer çalışmada, asansör emniyet sistemlerinden ani tip fren blokları kilitlendiği anda kılavuz raydaki gerilme değerleri, halat ve frenleme kuvveti değerleri ölçüm testleri yapılmış ve ani tip fren blokları bilgisayar ortamında (SolidWorks) modellenerek sonlu elemanlar yöntemiyle (ANSYS), statığe indirgenmiş yükler için gerilme analizleri yapılarak, deneysel ve modelle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır [24].

Yapılan başka bir çalışmada, silindir tipi ani frenlemeli güvenlik tertibatında paraşüt freni esnasında maruz kaldığı kuvvet ve gerilmelerin deneysel çalışmaları yapılmış, hesaplanması için formüller türetilmiş ve sistem sonlu elemanlar yöntemiyle (ABAQUS) modellenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda analitik, deneysel ve sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilen gerilme, sehim, frenleme süresi, mesafesi, ivmesi ve hız değerleri karşılaştırılmıştır [25].

1.2 Tezin Amacı

Literatürde kılavuz raylarla ilgili olarak birçok çalışma bulunmaktadır ancak kılavuz rayın binaya bağlantısını sağlayan bağlantı elemanları (konsol, tırnak, çelik dübel vs) ilgili olarak yeterli sayıda çalışma mevcut değildir. Bu çalışmada, daha önce yapılan çalışmalar referans alınarak, kılavuz raylarla ilgili eksikliklerin giderilmesi hedeflenmiştir.

1.3 Hipotez

Kılavuz ray konsollarının modellenmesi ve gerilme analizleriyle, kılavuz ray konsolları standartlaştırılabilir ve konsol aralıkları için ideal bir ölçü belirlenebilir.

ASANSÖRLER VE SİSTEMLERİ

2.1 Asansörlerin Genel Tanımı ve Yapısı

Asansörler "yük ve insanları, kılavuz raylar arasında hareketli kabin veya platformları ile düşey doğrultuda yapının belli duraklarına taşımaya yarayan elektrikli araçlar" olarak tarif edilebilir [5].

Günümüzde yüksek bina yapımına doğan ihtiyaç nedeniyle, düşey taşımacılığa olan talep artmış, düşey taşımacılıktaki gelişmeler de daha yüksek bina yapımında etkili olmuştur. Birbirini etkileyerek büyüyen iki sektör kendi içinde daha ileri teknoloji, güvenlik ve konfor standartlarını geliştirmektedir. Düşey taşımacılık ilk olarak 18. yüzyılın başlarında gelişmeye başlamış, elektronik alanındaki gelişmelerle daha konforlu ve güvenilir hale gelmiştir. Bugün çok çeşitli kullanım alanına sahip olan düşey taşıma araçları günlük hayatın bir parçası durumunda olup, onlarsız bir şehirleşme düşünülemez.

2.1.1 Asansörlerin Tarihsel Gelişimi

Asansör sistemlerinin icadı milattan öncesine dayanmakta ve her geçen gün teknolojiye paralel olarak hızla gelişmektedir. Asansörlerin tarihsel gelişimi, yapılan yenilikler Çizelge 2.1'de verilmiştir [1,2,3,4].

Çizelge 2.1 Asansörlerin tarihsel gelişimi

Tarih	Yapılan Yenilik
M.Ö. 285-212	Arşimet tarafından ilk olarak insan gücüyle çalışan basit bir kaldıraç yapılmış ve Roma Saraylarında kullanılmıştır. Bu icat bugünkü asansörlerin atası sayılmaktadır.
1743	Yolcu taşıyan ilk asansör, Fransız Kralı 15.Louis için Versaille Sarayına yerleştirilmiştir. Bu asansör uçan iskemle adıyla anılmakta ve insan gücüyle çalışmaktaydı.
1830-1835	İngiltere’de buhar makinesiyle çalışan, bir transmisyon milinden kayışla hareket eden “Teagle” adı verilen direkt hidrolik tahrikli yük asansörleri yapılmıştır.
1846	Sir William Armstrong, hidrolik bir vinç yapmış ve artık hidrolik makineler, buharla çalışan asansörlerin yerini almaya başlamıştır.
1853	Amerikalı mucit Otis sadece iki kat arasında çalışan basit bir yük asansörü yapmış ve düşmeyi önleyecek güvenlik elemanlarının sergilemek amacıyla halatları devre dışı bırakarak bir gösteri yapmıştır.
1857	Modern anlamda ilk asansör 1857 yılında New York’da bir iş merkezinde Otis tarafından tesis edilmiştir.
1867	Leon Edoux tarafından Paris’te bir hidrolik asansör yapılmış ve "Ascenceur" adıyla tanıtılmıştır.
1878	Halatlar üzerinde etkili ilk indirekt hidrolik asansörü yapılmış ve yine aynı yıl içinde hız regülatörü, asansör paraşüt düzeni geliştirilmiştir.
1880	Alman mucit Werner Von Siemens tarafından, asansörlerde elektrik motoru kullanılmaya başlanmış ve aynı yıl içinde ilk kramayerli tırmanan elektrikli asansör bir binaya monte edilmiştir.
1887	Alexandar Miles tarafından asansörlerde önemli tasarımlar geliştirildi. Yaptığı asansörde kendiliğinden açılıp kapanan ve katta değilken açılmayan asansör kapıları kullanıldı.
1889	Otis, sonsuz vida mekanizmalı ve halat tamburlu, elektrik motoru ile direkt bağlantılı asansör makinesini yapmıştır.
1894	İlk basma düğmeli asansör yapılmıştır.
1904	Otis firması, ilk redüktörsüz ve tahrik kasnaklı asansörü bir binaya monte etmiştir.

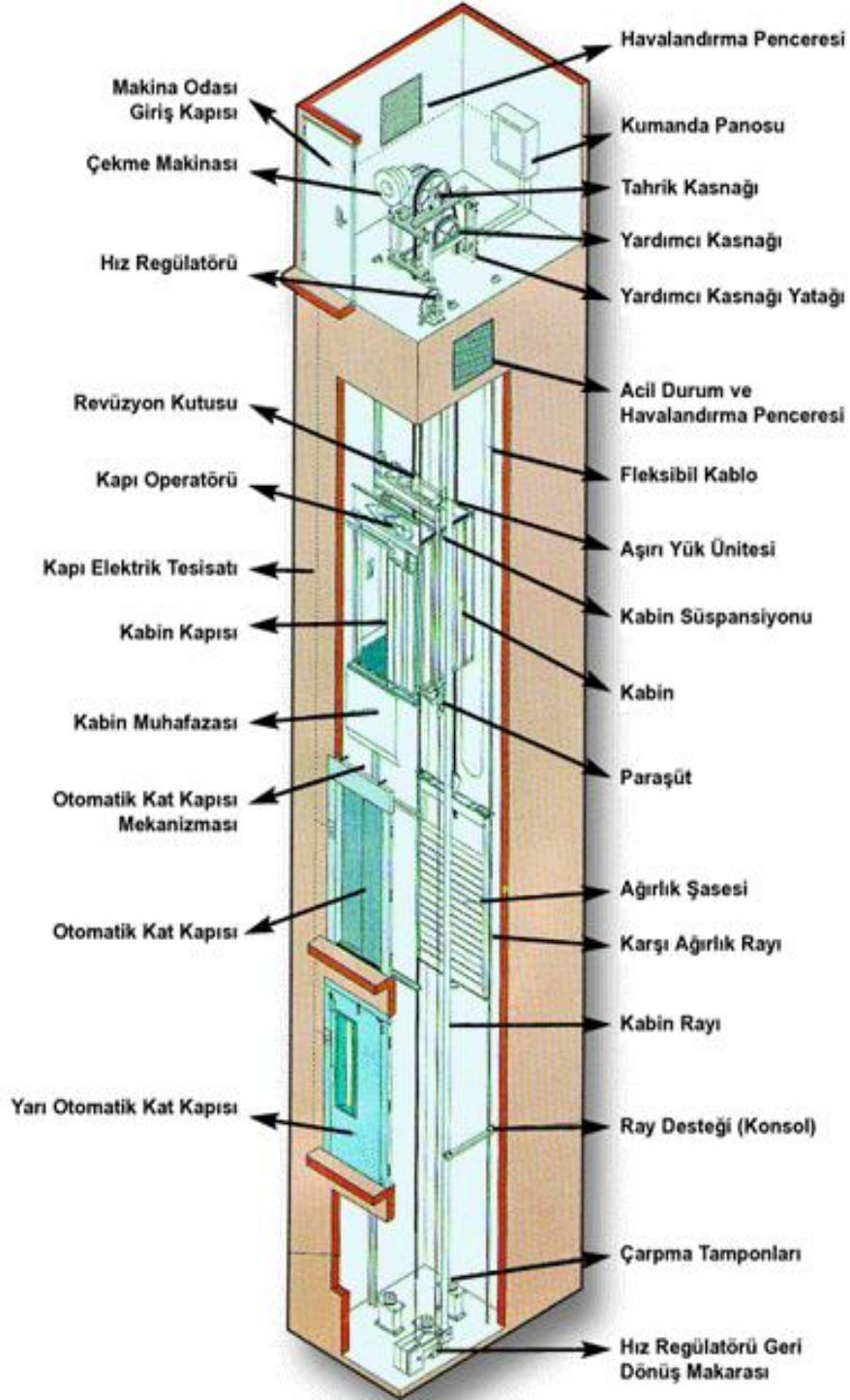
1915	Asansör mühendisleri “hassas seviye düzeni” uygulamışlardır.
21. yüzyılda	Günümüzde işletme güvenliği, kullanım kolaylığı bakımından elektrik ve elektronik olarak çok büyük ilerlemeler görülmüştür. Bugün asansör hızları 10 m/s'ye ulaşmış ve asansör kabinin kablo bağlantısı olmayan, kumandalarla elektro-manyetik olarak iletildiği sistemler gelişmiştir.

2.1.2 Asansörlerin Mekanik Donanımı

Son yıllarda şehirleşmede çok katlı binaların artışı ile gündelik hayatın vazgeçilmezi haline gelen asansörlerin belli başlı bölümleri şunlardır [5].

- Asansör kuyusu (Boşluğu)
- Makine dairesi
- Kabin
- Kat kapıları
- Kılavuz raylar
- Kılavuz ray konsolları
- Karşı ağırlık
- Askı elemanı (Tel halat)
- Hız regülatörü
- Son kat şalteri
- Paraşüt düzeni
- Asansör makinesi
- Tamponlar
- Paten
- Kumanda düzeni
- Elektrik donanımı

Asansör tesisinin önemli bölümleri Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

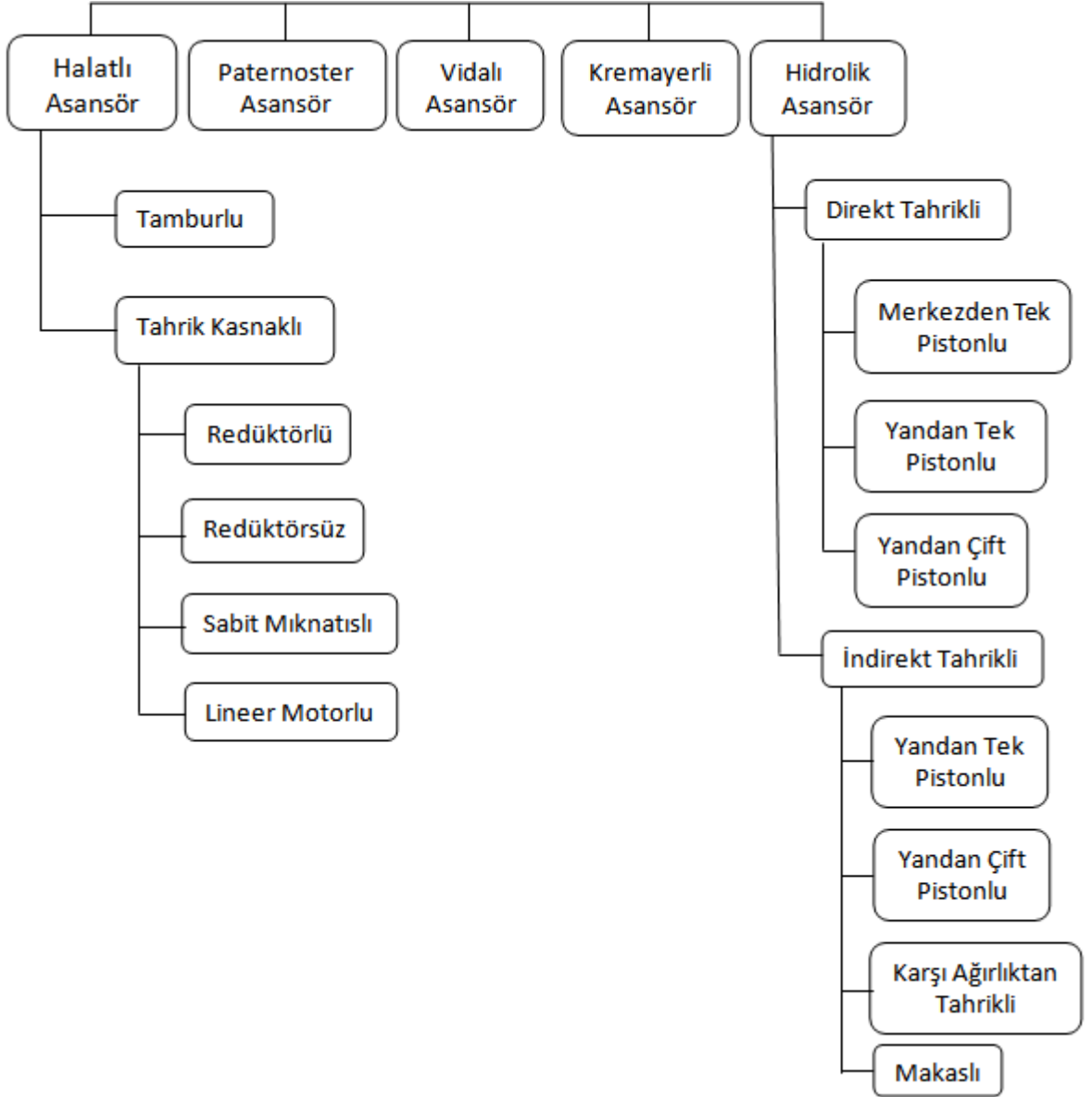


Şekil 2.1 Asansör tesisinin genel bölümleri

2.2 Asansörlerin Sınıflandırılması

Asansör sistemlerini konstrüksiyon ve tahrik sistemleri, kullanım amaçlarına göre çeşitli sınıflara ayırabiliriz.

2.2.1 Konstrüksiyon ve tahrik yöntemine göre asansörler



Şekil 2.2 Asansörlerin konstrüksiyon ve tahrik yöntemine göre sınıflandırılması

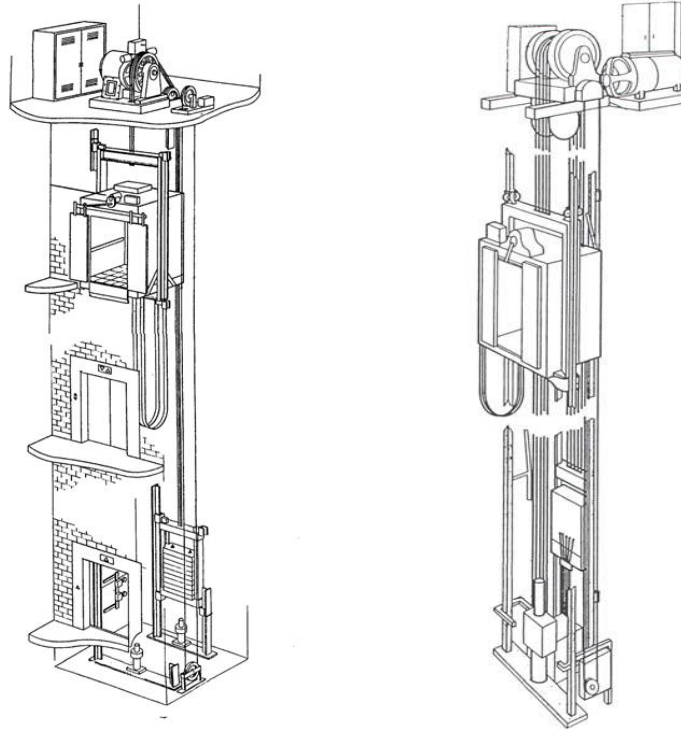
Halatlı Asansörler: Bunlar konvansiyonel asansör tesisleridir. Katlar arasındaki insan ve yük taşımacılığı halatlı donanımlar ile sağlanmaktadır.

Halatlı asansörleri kendi içinde sınıflandırırsak;

- Tamburlu asansörler; kısa mesafeli ve düşük kapasiteli tesislerde tamburlu vinç mekanizmasından yararlanır.
- Tahrik kasnaklı asansörler; taşıma yüksekliğinin arttığı binalarda sürtünme bağından yararlanan tahrik kasnaklı sistemler kullanılır. Tahrik kasnaklı asansörler,

asansör çeşitleri içinde en çok rastlanan ve en yaygın asansör çeşididir. Kullanım mesafesi sınırsızdır. Dengeleme sistemi ile daha az güç kullanır. Kurulum maliyeti düşüktür.

- Redüktörlü asansörler; 2 m/s altındaki çalışma hızlarında redüktörlü, alternatif akım motorlu asansör sistemleri kullanılır.
- Redüktörsüz asansörler; 2 m/s üstündeki hızlarda ise redüktörsüz, doğru akım motorlu asansör sistemleri kullanılır.
- Sabit mıknatıslı motorlu asansörler; daimi mıknatıstan oluşmuş bir rotor ve sargılı bir statordan oluşan motorda, stator senkron makinedeki gibi olup, rotorunda sergi yerine daimi mıknatıslı malzemeler bulunmaktadır.
- Lineer motorlu asansörler; lineer motor teknolojisinin asansör tahriğine uygulanmasıdır. Çalışma prensibi olarak, lineer motor doğrudan asansör kabinine monte edilir, fakat uygulamada karşılaşılan güçlü manyetik alan yaratması ve gürültü gibi sebepler nedeniyle tercih edilmez.



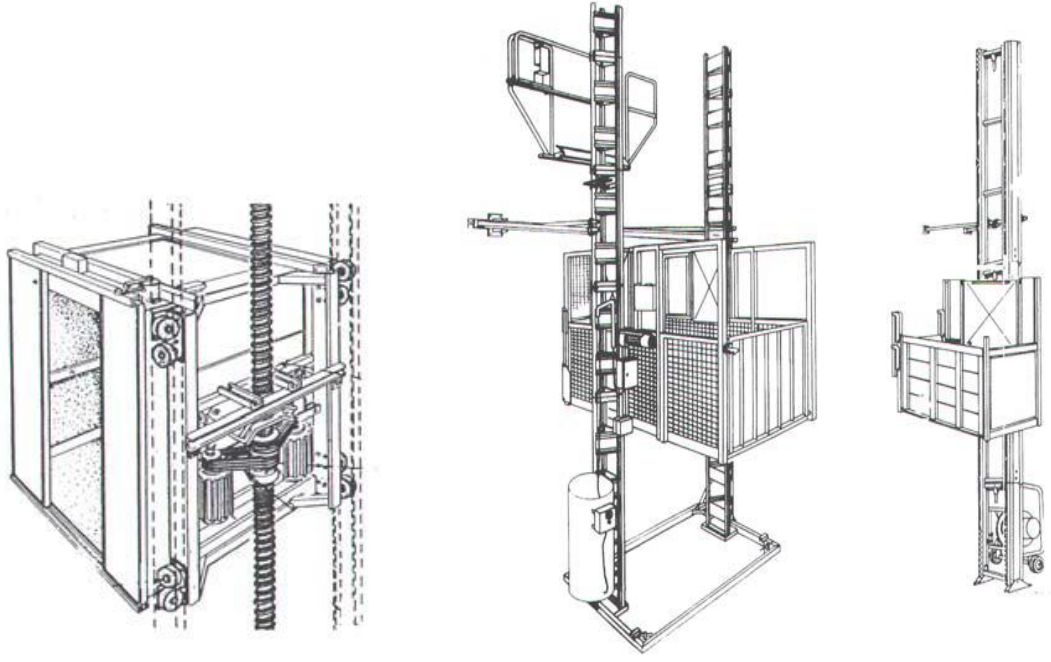
Şekil 2.3 Halatlı asansörler

Paternoster Asansörler: Birbirine sırayla bağı kabinlerin sürekli hareket halinde olduğu bir tarafın iniş, diğer tarafın çıkma için kullanıldığı, kabin durmadan binilip inilerek kullanılan asansör tesisleridir. Hızları 0,30 m/s'den fazla değildir. Maliyetleri ve taşıma kapasiteleri yüksektir.



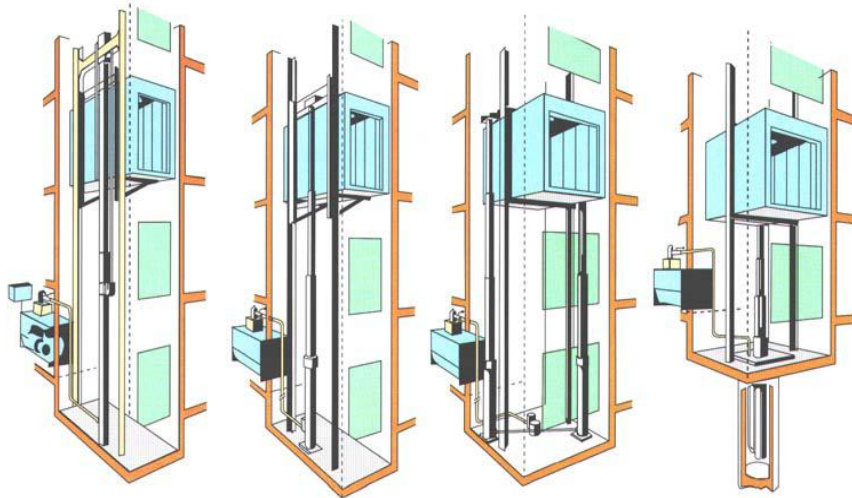
Şekil 2.4 Paternoster (sürekli çalışan) asansör

Kremayerli ve Vidalı Asansörler: Bir vidalı milin bir yatak içerisinde dönmesi ile çalışan, vidalı milin yatağa bağı kabini kaldırıp indirmesine bağı asansör çeşididir. Mil yatağa bağı çalıştığı için asansörün düşme tehlikesi yoktur. Küçük kaldırma gücü ve yavaş seyrine rağmen montaj kolaylığı ve yükseklik ilavelerinin kolay yapılması sebebiyle şantiye ve geçici tesislerde tercih edilir.



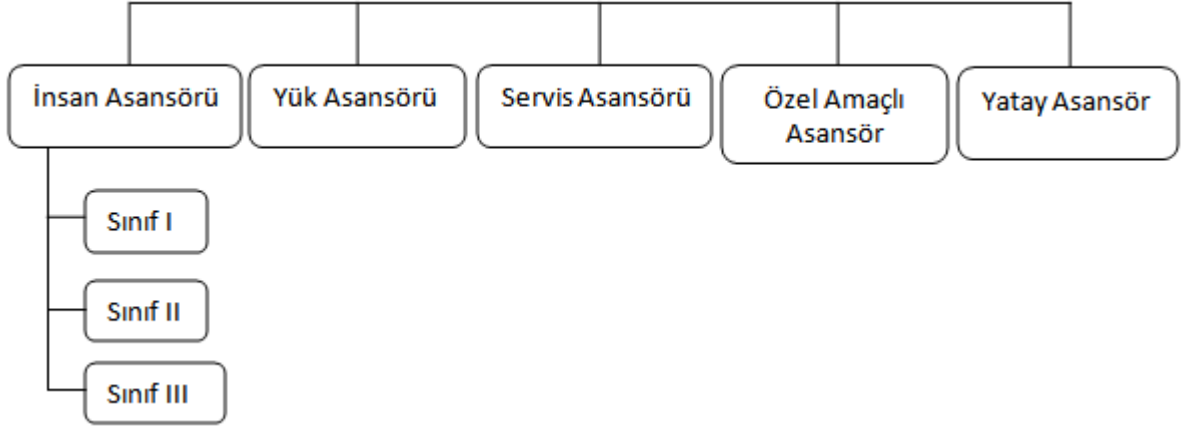
Şekil 2.5 Vidalı ve kremayerli asansörler

Hidrolik Asansörler: Tahrik gücü olarak hidrolik sistemlerin kullanıldığı asansörlerdir. Direkt olarak hidrolik tahrikli olabileceği gibi indirekt olarak hidrolik gücün kullanıldığı palangalı sistemlerde de tahrik edilen çeşitleri kullanılmaktadır. Bu konudaki gelişmeler hidrolik asansörlerdeki maliyetleri düşürmüştü ve gerek yolcu, gerekse yük taşımacılığında daha geniş bir alanda kullanılmaya başlanmıştır. Yatırım maliyeti yüksek olmasına karşılık bakım maliyetlerinin düşük olması, daha az arıza yapması, makine dairesi gereksinimlerinin esnek olması gibi nedenlerle birçok tesiste tercih sebebidir. Kullanım mesafesi 35 m ile sınırlıdır.



Şekil 2.6 Hidrolik asansörler

2.2.2 Kullanım Amaçlarına Göre Asansörler



Şekil 2.7 Asansörlerin kullanım amacına göre sınıflandırılması

İnsan Asansörü: Asıl amacı insan taşınması olan, konfor ve kullanım rahatlığı öncelikle istenen ve ön planda tutulmuş asansörlerdir. Kendi arasında üç kısma ayrılır.

Sınıf I asansörleri: Sadece insan taşımak için tasarlanmış asansörlerdir.

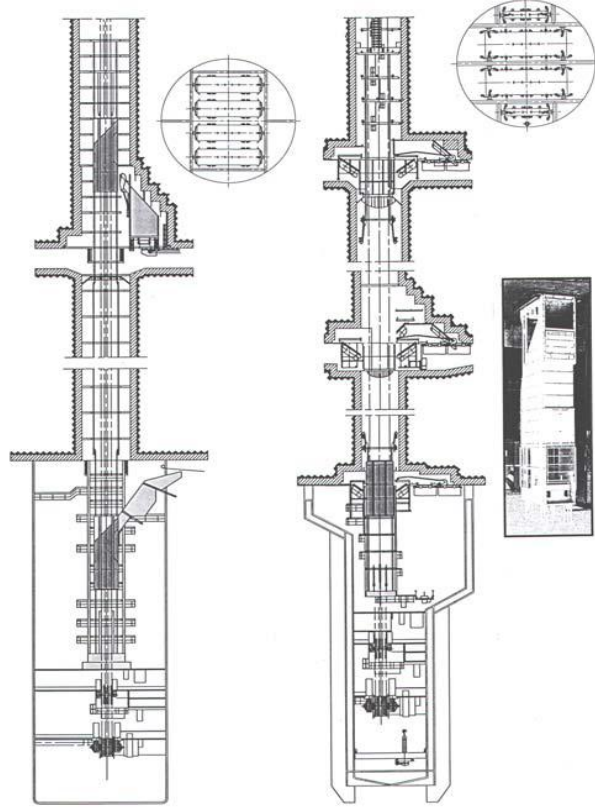
Sınıf II asansörleri: İnsan taşımak için tasarlanmış ama gerektiğinde yük taşınabilen asansörlerdir.

Sınıf III asansörleri: Hastaneler ve bakım evleri dahil, sağlık-bakım amaçları için tasarlanmış asansörlerdir.

Yük Asansörü: Yük taşımak için tasarlanmış bazı tiplerinde insanların binmesine müsaade edilen, bazı tiplerinde insanların binmesine müsaade edilmeyen, daha küçük ve basit yapıda asansörlerdir.

Servis Asansörü: Bu asansörler maksimum 1500 kg kadar yapılmaktadırlar. Genellikle sağlık kuruluşları ve lokantalarda kullanılmaktadır. Nem, korozyona karşı dayanıklı olması, kolay temizlenebilmesi, hijyenik yapıda olması istenen asansörlerdir. Bir insanın sığmayacağı boyutta olan asansörlerdir.

Özel Amaçlı Asansörler: Maden kuyuları, petrol rampaları, savaş ve uçak gemileri, füze rampaları, tiyatro asansörleri gibi çok özel amaçlar için tasarlanmış olan ve kendi amaçlarına uygun mekanik sistemleri bulunan asansörlerdir.



Şekil 2.8 Maden kuyusu asansörü

Yatay Asansör: Yatay asansörler havaalanlarında, hastane gibi yerlerde kullanılan Otomatik İnsan Taşıma (Automated People Movers) olarak isimlendirilen sistemlerdir. Yatay asansörler, raylı yollar üzerinde monte edilmiş, tek veya birkaç taşıma biriminden oluşan otomatik sürücüsüz taşıma sistemlerdir [3, 4, 5].

BÖLÜM 3

KILAVUZ RAYLAR

TS 1812 standardına göre “Asansör, binalarda insanları ve/veya yükleri, kılavuz raylar arasında hareket eden kabin içinde bir duraktan diğerine düşey doğrultuda taşıyan ve elektrikle çalışan bir sistemdir [8]”. Asansörün tanımından da anlayacağımız üzere asansör sisteminde, kılavuz raylar önemli bir yer tutmaktadır.

Asansörün güvenli çalışması için,

- Kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının kılavuzlanması sağlanmalı;
- Kılavuz raylardaki eğilmeleri;
 - a) Durak kapıları kilitlerinin istenmeden açılmayacağı;
 - b) Güvenlik tertibatının çalıştırılmayacağı;
 - c) Hareketli parçaların diğer parçalara çarpmayacağı bir ölçüde sınırlandırılmalıdır.

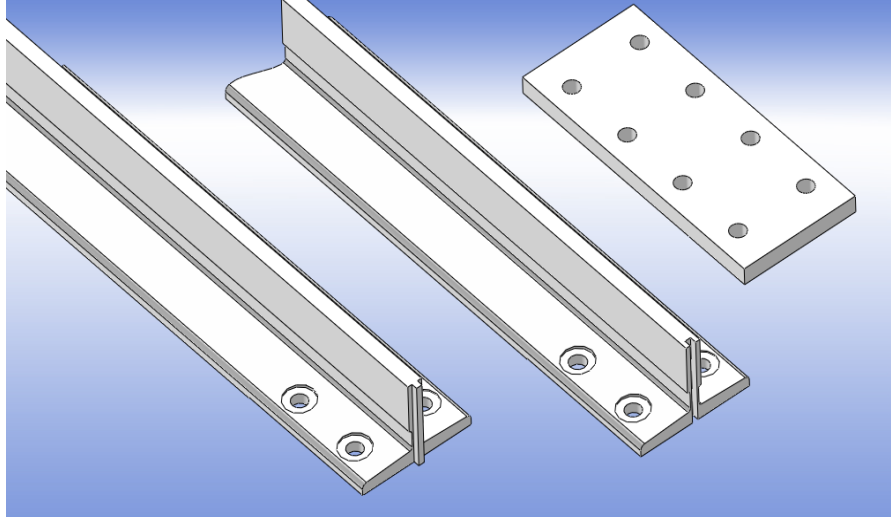
Asansör kılavuz raylarının iki ana görevi vardır:

- Kuyu içinde kabini ve karşı ağırlığı seyir süresince kılavuzlamak ve yatay hareketlerini en aza indirmektir.

Rayların kabin ve karşı ağırlığın düşey doğrultularını koruması, dönmelerinin engellemesi, kapı ile kabin ve kabin ile karşı ağırlık arasındaki mesafeyi devamlı olarak sabit tutarak koruması gerekir.

- İstenmeyen bir durum karşısında güvenlik tertibatının çalışmasıyla kabini veya karşı ağırlığı durdurma.

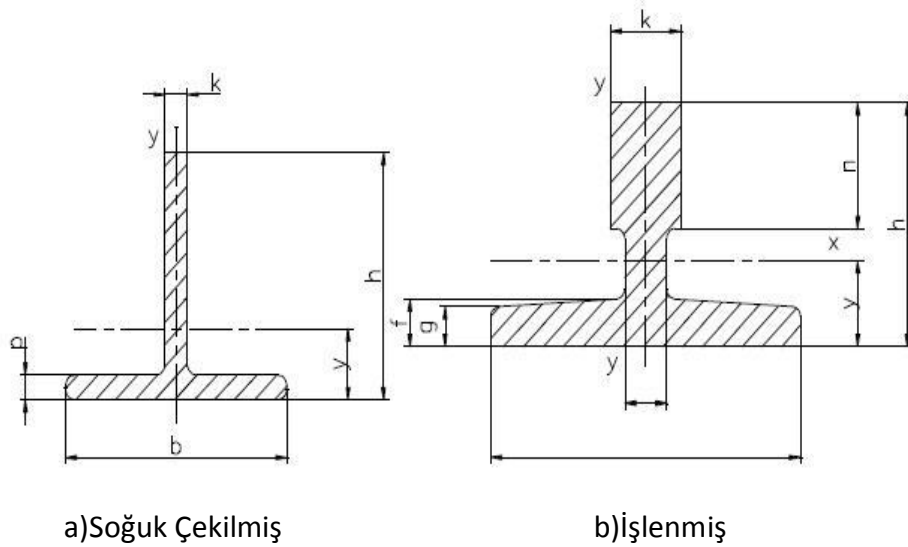
İkinci madde asansörün güvenliği ile ilgili bir konudur. Güvenlik sistemi çalıştığında doğrudan raylara tutunarak kabini durdurmaktadır. Bu anda büyük kuvvetler oluşur. Asansörün güvenli çalışmasını sağlamak için kılavuz raylar, ray bağlantıları ve tespit yerleri bunları etkileyen yüklere ve kuvvetlere yeterince dayanım göstermelidir. Şekil 3.1’de T127B Standardında tez çalışmamda kullanılan kılavuz ray gösterilmiştir [10].



Şekil 3.1 Kılavuz ray ve bağlantı elemanı

3.1 Kılavuz Rayların İmalâtı ve Malzemeleri

Genellikle kılavuz raylarda soğuk çekme çelik T-profilleri kullanılır (Şekil 3.2). Karşı ağırlık için, gergin yuvarlak profilli çelik çubuktan, ya da köşebentten yapılabilir. Asansör kılavuz rayları ve bağlama pabuçları TS 4789 (4/1986) da ele alınmıştır [9].



Şekil 3.2 T profilli kılavuz ray kesitleri

TS 4789 ISO 7465 standardına göre raylar, imalât usulüne göre soğuk çekilmiş raylar “A”, makine ile işlenmiş raylar “B” ve makinede işlenmiş yüksek kaliteli raylar ise “BE” harfleri ile gösterilirler.

Ray imalâtında kullanılacak çeliğin çekme mukavemeti 370 N/mm^2 'den az, 520 N/mm^2 'den fazla olmamalıdır. Bunun için; ISO 630'a uygun olarak soğuk çekme raylarda E 235 B, makine ile işlenerek imal edilen raylarda E 275 B sınıfı çeliklerin kullanılması tavsiye edilir. Kılavuz raylar ISO 7465, DIN 15311 veya TS 4789 standartlarına uygun olarak Çizelge 3.1'de verilen malzemelerden imal edilmektedir [5,7].

Çizelge 3.1 Kılavuz ray malzemeleri

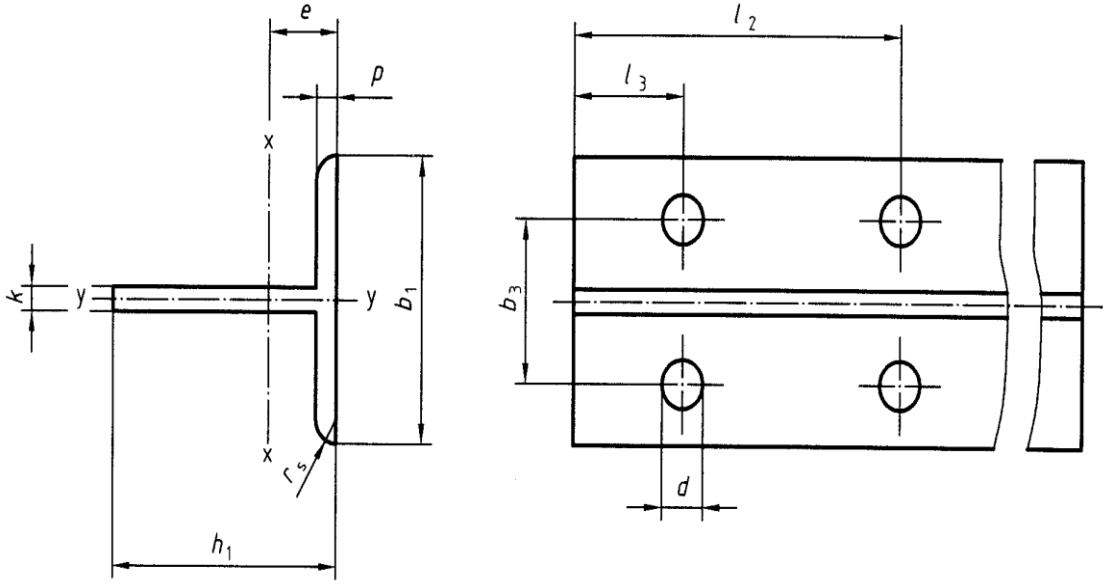
Ray Standardı	Soğuk çekilmiş	İşlenmiş
ISO 7465	FE 360 B	FE 430 B
DIN 15311	St 37 – 2	St 44–2
BS 5655 / 9	4360 / 40A	4360 / 43A
ANSI A17–1	-	ASFM - A36
UNI 7465	FE 360 B	FE 430 B
AFNOR 82/251	E 24–2	E 28–2

Yeni standartlarda, kılavuz olarak tandör teli veya benzeri malzeme kullanılması yasaklanmıştır.

3.2 Kılavuz Rayların Fiziksel Özellikleri ve Boyutları

Kılavuz ray çeşitleri ve özellikleri TS 4789 ISO 7465 standardına göre aşağıda verilmiştir.

Soğuk Çekme, Düz Başlı Kılavuz Ray: Çizelge 3.2'de ve Çizelge 3.3'de TS 4789 ISO 7465 standardına göre soğuk çekme, düz başlı kılavuz ray ölçüleri ile fiziksel özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.3 Soğuk çekme, düz başlı kılavuz ray

Çizelge 3.2 Kılavuz rayların teknik özellikleri (Şekil 3.3) [7]

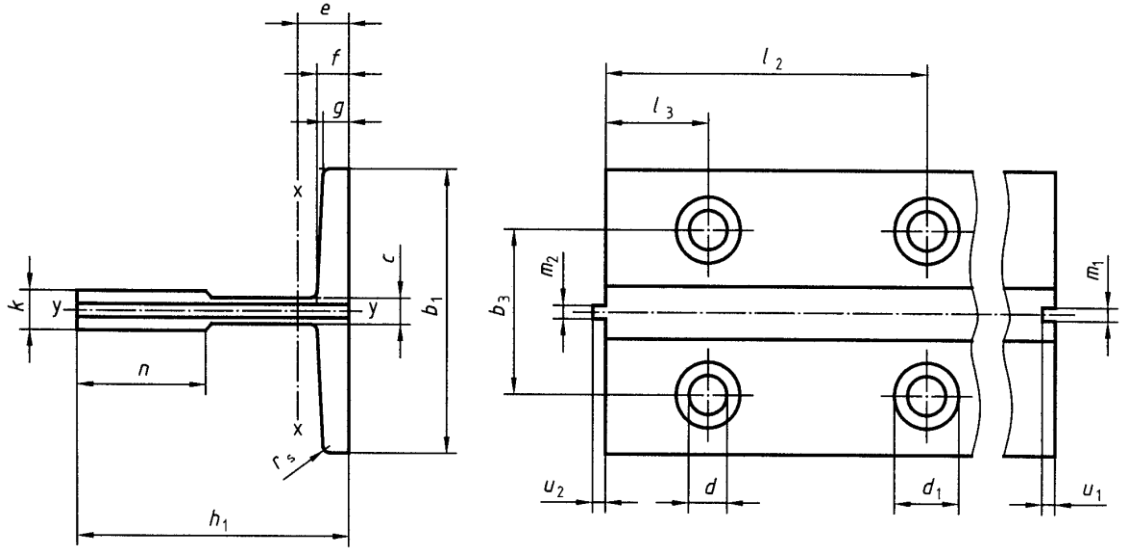
Kısa gösteriliş	S cm ²	q ₁ kg/m	e cm	I _{xx} cm ⁴	W _{xx} cm ³	i _{xx} cm	I _{yy} cm ⁴	W _{yy} cm ³	i _{yy} cm
(T45/A)	4,25	3,34	1,31	8,08	2,53	1,38	3,84	1,71	0,95
T50/A	4,75	3,73	1,43	11,24	3,15	1,54	5,25	2,1	1,05

Çizelge 3.3 Kılavuz rayların boyut ve toleransları (Şekil 3.3) [7]

Kısa gösteriliş	b ₁	h ₁	k	p	R _s	l _{2g}	l _{3g}	d	b ₃
	Toleranslar								
	± 0,5	± 0,2	± 0,15	± 0,5		± 0,2	± 0,2		± 0,2
(T45/A)	45	45	5	5	1	65	15	9	25
T50/A	50	50	5	5	1	75	25	9	30

Not - l_{2g}, l_{3g}, d, b₃ boyutları ve toleransları bağlantı pabucu boyut ve toleransları ile aynıdır.

Soğuk Çekme, Pala Başlı Kılavuz Ray: Çizelge 3.4'de ve Çizelge 3.5'de TS 4789 ISO 7465 standardına göre soğuk çekme, pala başlı kılavuz ray ölçüleri ile fiziksel özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.4 Soğuk çekme, pala başlı kılavuz ray

Çizelge 3.4 Soğuk çekme, pala başlı kılavuz rayların teknik özellikleri (Şekil 3.4) [7]

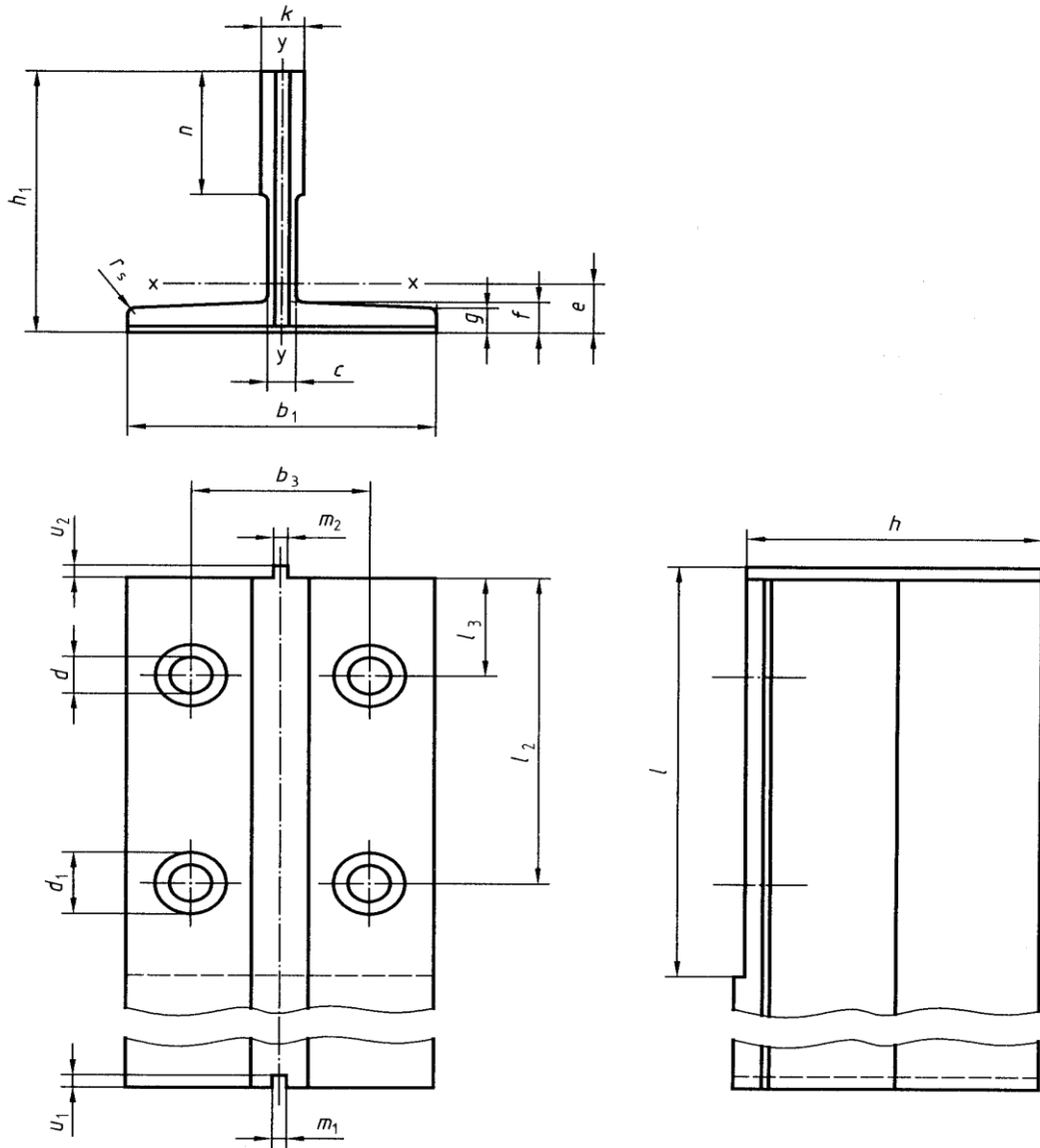
Kısa gösteriliş	S	q ₁	e	I _{xx}	W _{xx}	i _{xx}	I _{yy}	W _{yy}	i _{yy}
	cm ²	kg/m	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
T70/A	9,51	7,47	2,04	41,3	9,24	2,09	18,65	5,35	1,4
(T75/A)	10,99	8,63	1,86	40,35	9,29	1,92	26,49	7,06	1,55
T82/A	10,9	8,55	1,98	49,6	10,3	2,13	30,7	7,4	1,67
(T89/A)	15,7	12,3	2,02	59,52	14,25	1,95	52,4	11,8	1,83
(T90/A)	17,3	13,55	2,61	102	20,87	2,43	53	11,8	1,75

Çizelge 3.5 Soğuk çekme, pala başlı kılavuz rayların boyut ve toleransları (Şekil 3.4) [7]

Kısa gösteriliş	b ₁	h ₁	k	n	c	f	g	m ₁	m ₂	u ₁	u ₂	d	d ₁	b ₃	l _{2g}	l _{3g}	r _s
	Toleranslar																
	± 1,5	± 0,1	+0,1 0	+3 0		±0,75	±0,75	+0,06 0	0 -0,06	± 0,10	± 0,10				± 0,2	± 0,2	± 0,2
T70/A	70	65	9	34	6	8	6	3	2,97	3,5	3	13	26	42	105	25	1,5
(T75/A)	75	62	10	30	8	9	7	3	2,97	3,5	3	13	26	42	105	25	1,5
T82/A	82	68	9	34	7,5	8,25	6	3	2,97	3,5	3	13	26	50,8	81	27	3
(T89/A)	89	62	16	34	10	11,1	7,9	6,4	6,37	7,14	6,35	13	26	57,2	114,3	38,1	3
(T90/A)	90	75	16	42	10	10	8	6,4	6,37	7,14	6,35	13	26	57,2	114,3	38,1	4

Not - l_{2g}, l_{3g}, d, b₃ boyutları ve toleransları bağlantı pabucu boyut ve toleransları ile aynıdır.

Makine ile İşlenmiş Kılavuz Ray: Çizelge 3.6'de ve Çizelge 3.7'de TS 4789 ISO 7465 standardına göre makine ile işlenmiş kılavuz ray ölçüleri ile fiziksel özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.5 Makine ile işlenmiş kılavuz ray

Çizelge 3.6 Makine ile işlenmiş kılavuz rayların teknik özellikleri (Şekil 3.5) [7]

Kısa gösteriliş	S cm ²	q ₁ kg/m	e cm	I _{xx} cm ⁴	W _{xx} cm ³	i _{xx} cm	I _{yy} cm ⁴	W _{yy} cm ³	i _{yy} cm
(T75-3/B)	10,99	8,63	1,86	40,35	9,29	1,92	26,49	7,06	1,55
(T78/B)	9,84	7,72	1,65	29,9	7,56	1,47	26,1	6,71	1,63
T89/B	15,7	12,3	2,02	59,52	14,25	1,95	52,4	11,8	1,83
(T90/B)	17,3	13,55	2,61	102	20,87	2,43	53	11,8	1,75

(T114/B)	20,8	16,31	2,87	179	29,7	2,93	108	19,1	2,28
T125/B veya BE	22,83	17,9	2,43	151,0	26,2	2,57	159	25,4	2,64
(T127-1/B veya BE)	22,64	17,77	2,75	186,2	30,4	2,87	148	23,4	2,56
T127/B veya BE	28,63	22,48	2,47	198,4	30,9	2,63	230	36,2	2,83
T140-1/B veya BE	35,5	27,9	3,23	404	53,4	3,37	310	44,3	2,95
T140-2/B veya BE	43,44	34,1	3,47	457	68	3,24	358	51,2	2,87
T140-3/B veya BE	58,57	46	4,38	953	114,6	4,03	486	69,4	2,88

Çizelge 3.7 Makine ile işlenmiş kılavuz rayların boyut ve toleransları (Şekil 3.5) [mm][7]

Kısa gösteriliş	b ₁	h ₁	k	n	c	f	g	R _s
(T75-3/B)	75	62	10	30	8	9	7	3
(T78/B)	78	56	10	26	7	8,5	6	2,5
T89/B	89	62	16	34	10	11,1	7,9	3
(T90/B)	90	75	16	42	10	10	8	4
(T114/B)	114	89	16	38	9,5	11	8	4
T125/B veya BE	125	82	16	42	10	12	9	4
(T127-1/B veya BE)	127	89	16	45	10	11	8	4
T127/B veya BE	127	89	16	51	10	15,9	12,7	5
T140-1/B veya BE	140	108	19	51	12,7	15,9	12,7	5
T140-2/B veya BE	140	102	28,6	51	17,5	17,5	14,5	5
T140-3/B veya BE	140	127	31,75	57	19	25,4	17,5	5
Toleranslar								
B Sınıf	± 1,5	± 0,75	+0,1 0	+3 0	-	± 0,75	± 0,75	-
BE Sınıf	± 1,5	± 0,75	+0,05 0	+3 0	-	± 0,75	± 0,75	-

Çizelge 3.8 Kılavuz rayların boyut ve toleransları (Şekil 3.5) [mm] [7]

Kısa gösteriliş	m ₁	m ₂	u ₁	u ₂	d	d ₁	b ₃	l _{2g}	l _{3g}	l	H
(T75-3/B)	3	2,95	3,5	3	13	26	43	90	30	123	61
(T78/B)	3	2,95	3,5	3	13	26	43	90	30	123	55
T89/B	6,4	6,37	7,14	6,35	13	26	57,2	114,3	38,1	156	61
(T90/B)	6,4	6,37	7,14	6,35	13	26	57,2	114,3	38,1	156	74
(T114/B)	6,4	6,37	7,14	6,35	17	33	70	114,3	38,1	156	88

T125/B veya BE	6,4	6,37	7,14	6,35	17	33	79,4	114,3	38,1	156	81
(T127-1/B veya BE)	6,4	6,37	7,14	6,35	17	33	79,4	114,3	38,1	156	88
T127/B veya BE	6,4	6,37	7,14	6,35	17	33	79,4	114,3	38,1	156	88
T140-1/B veya BE	6,4	6,37	7,14	6,35	21	40	92,1	152,4	31,8	193	107
T140-2/B veya BE	6,4	6,37	7,14	6,35	21	40	92,1	152,4	31,8	193	101
T140-3/B veya BE	6,4	6,37	7,14	6,35	21	40	92,1	152,4	31,8	193	126
Toleranslar											
B Sınıf	+0,06 0	0 -0,06	± 0,10	± 0,10	-	-	± 0,2	± 0,2	± 0,2	+3 0	± 0,1
BE Sınıf	+0,03 0	0 -0,03	± 0,10	± 0,10	-	-	± 0,2	± 0,2	± 0,2	+3 0	± 0,05

Kılavuz rayların boylarının tavsiye edilen değeri 5 mm'dir ve imal edilirken gereken ray boy değerine göre ± 2 mm toleransı ile imal edilir [7].

3.2.1 Kılavuz Ray Yüzey Sertlik Değerleri

Ray yüzey sertliği, emniyet freni devreye girdiği zaman önem kazanmaktadır. Emniyet freni devreye girdiğinde, ray ile fren pabucu arasında bir temas söz konusu olmakta ve temasta olan taraflardan biri aşınmaya veya çentik etkisine maruz kalmaktadır. Bu durumda rayın değil fren pabucunun aşınması tercih edilmektedir. Asansör parçalarının uyum içinde çalışmalarının sağlanması için fren pabuçlarının raya uygun üretilmesi ve bu şekilde üretilmiş frenlerin seçilmesi gerekmektedir. Çeliklerin mukavemeti ile sertliği arasındaki ilişki Çizelge 3.9'da gösterilmektedir. Buna göre asansör kılavuz rayları 110 ila 160 HB arası sertlikte olmalıdır [12, 13].

Çizelge 3.9 Çekme mukavemeti ve yüzey sertlik değerleri

Çekme Mukavemeti [N/mm ²]	Yüzey Sertliği [HB]
335	98,8
415	124
575	171

3.2.2 Kılavuz Ray Yüzey Pürüzlülüğü

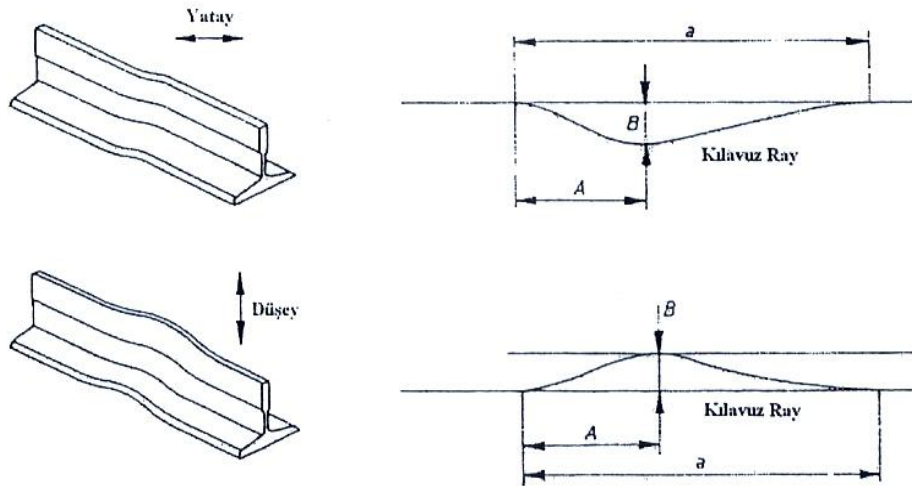
Asansör kabininin, rayların üzerinde sessiz çalışması ve patenleri aşındırmasını geciktirmek için yüzeylerin belirli bir pürüzlülük değerinde olması gerekmektedir. Sıcak haddelenmiş profillerle yapılan ek işlemler bu amaca yöneliktir. Rayların yüzey pürüzlülüğü "R_a" standart ölçüleri Çizelge 3.10'da verilmiştir. "R_a" değeri, numune boyunca ölçülen profil sapmalarının mutlak aritmetik ortalaması olarak tanımlanmaktadır [12,13].

Çizelge 3.10 Kılavuz rayların yüzey pürüzlülük değerleri, R_a

Ray Sınıfı	Ray Boyuna[μm]	Ray Enine[μm]
A	$1,6 \leq R_a \leq 6,3$	$1,6 \leq R_a \leq 6,3$
B	$R_a \leq 1,6$	$0,8 \leq R_a \leq 3,2$
BE	$R_a \leq 1,6$	$0,8 \leq R_a \leq 3,2$

3.2.3 Kılavuz Ray Yüzey Doğrusallığı

Kılavuz raylarda dikkat edilmesi gereken bir parametrede ray doğrusallığıdır. Üretilen kılavuz raylarda ray doğrusallık oranı B/A için boyutlar Şekil 3.6'da görülmektedir. Ayrıca bu oran değerleri de Çizelge 3.11'de verilmektedir [12, 14].



Şekil 3.6 Kılavuz ray doğrusallığı

Burada;

A: Referans noktası ile ölçüm noktası arasındaki en kısa mesafe,

B: Referans noktası ile ölçüm noktası arasındaki en büyük mesafe,

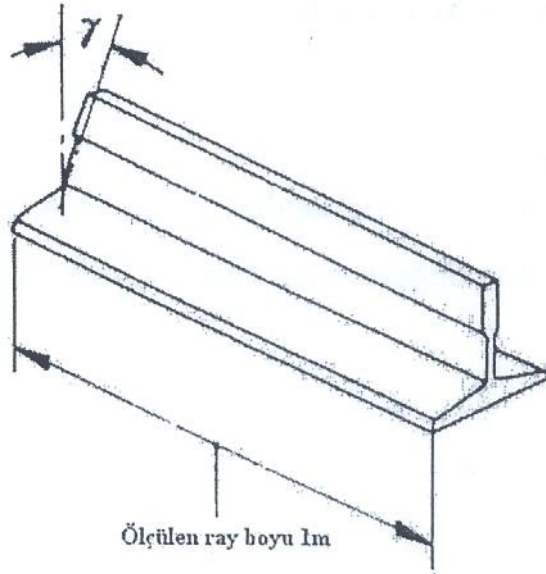
a: A ve B değerlerinin denetlendiği uzunluk ≥ 1 m.

Çizelge 3.11 Doğrusallık oranı B/A

Doğrusallık Oranı B/A	
Kılavuz Ray Tipi	B/A maksimum değeri
Soğuk Çekilmiş	0,0016
İşlenmiş	0,0010

3.2.4 Kılavuz Rayların Burkulması

Kılavuz raylarda ray doğrusallığı kadar burkulma açısı da önemlidir ve belli sınırlar altında bulunması gerekmektedir (Şekil 3.7). İmal edilen raylarda ray boynundaki burkulma açısı (γ) gösterilmiş olup, Çizelge 3.12’de verilmiştir [12, 14].



Şekil 3.7 Kılavuz ray boynundaki burkulma

Çizelge 3.12 İzin verilen burkulma açısı değeri

İzin Verilen Burkulma Açısı Değerleri	
Kılavuz Ray Tipi	γ_{max}
Soğuk Çekilmiş	5° /m
İşlenmiş	3° /m

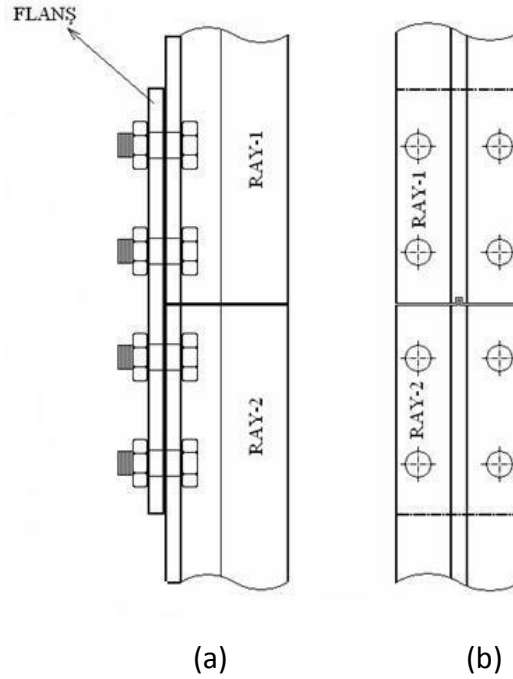
3.3 Kılavuz Rayların Montajı

3.3.1 İki Kılavuz Rayın Birbirine Montajı

Asansör kuyuları 5 m'den daha derin olduğu durumlarda standart uzunlukta bir kılavuz ray yeterli olmadığı için iki veya daha fazla kılavuz rayın birbirine monte edilmesi gerekir.

Bu nedenle kılavuz rayların uç kısımlarına erkek ve dişi kanallar işlenir. Bu kanallar montajın kolay bir şekilde gerçekleştirilebilmesini sağlar. Ayrıca kılavuz rayların arka kısımları bağlantı levhası için düz bir yüzey oluşturacak şekilde işlenmiştir.

Şekil 3.8a ve b'de kılavuz ray-flanş bağlantı noktaları ve iki rayın birleşimi gösterilmiştir [9].

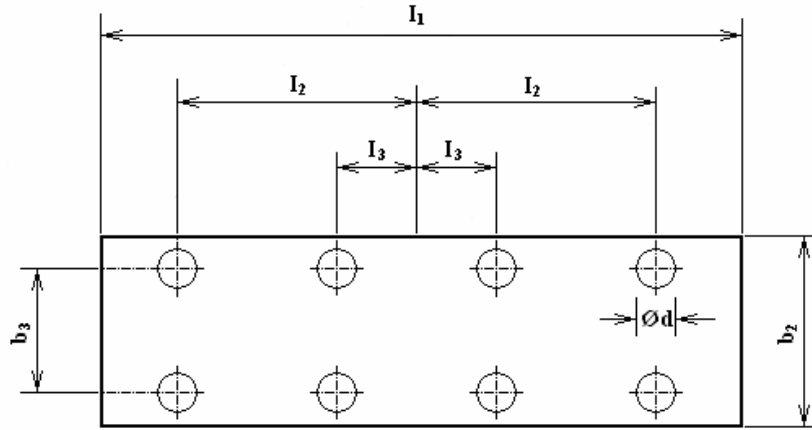


Şekil 3.8 İki kılavuz rayın montajı

İki rayın birleştirilmesinde dikkat edilmesi gerekenler;

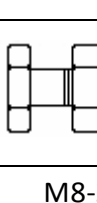

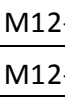
- Flanşların raya bakan yüzleri bağlantı levhası için düz bir satıh oluşturmalı ve rayda bırakılan yuvaya tam oturmalı,
- Flanş, kılavuz rayların uç kısmından en az 4 civata ile tespit edilmeli ve kalınlığı kılavuz ray kalınlığı kadar olmalı,
- Ray montajındaki bütün elemanlar (sabit duvar konsolları hariç) sökülebilir olmalı, sabit veya kaynaklı ekleme, bağlantı yapılmamalı,
- Ray ek yerleri karşılıklı raylarda aynı seviyede yapılmamalıdır [9].

Şekil 3.9'da ray bağlantı levhası ve Çizelge 3.13 Ray bağlantı (flanş) levhası ve elemanlarının ölçüleri verilmiştir.



Şekil 3.9 Ray bağlantı levhası (flanş)

Çizelge 3.13 Ray bağlantı levhası ve elemanlarının ölçüleri [mm] [9]

Ray Tipi	d	b ₂	b ₃	l ₁	l ₂	l ₃	v			
T 45/A	9	50	25	160	65	15	8	M8-25	A8	T1
T50/A	9	50	30	200	75	25	8	M8-25	A8	T1
T 70-2/A	9	70	42	250	105	25	10	M12-35	A12	T2
T 70-1/A	13	70	42	250	105	25	10	M12-35	A12	T2
T 70-3/B	13	70	42	250	105	25	10	M12-35	A12	T2
T 75-3/A	13	75	43	240	90	30	10	M12-35	A12	T2
T75-3/B	13	75	43	240	90	30	10	M12-35	A12	T2
T82/A	13	80	50,8	216	81	27	10	M12-35	A12	T2

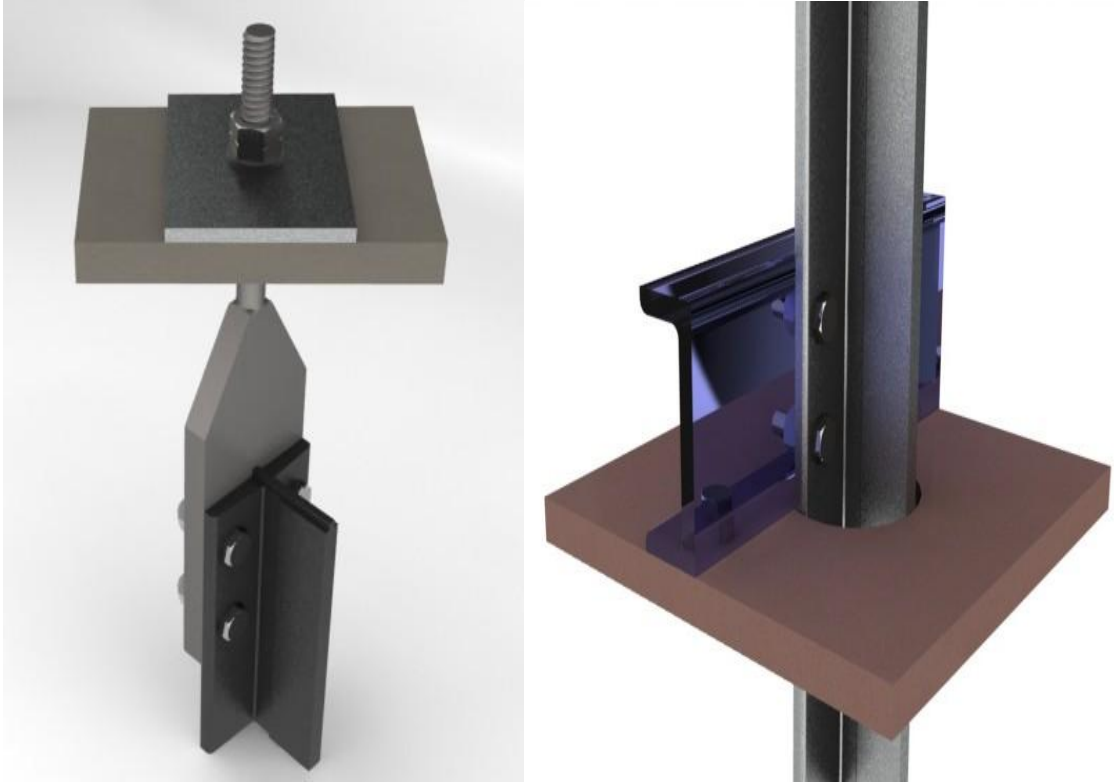
T 89/A	13	90	57,2	305	114,3	38,1	10/13	M12-35	A12	T3
T 89/B	13	90	57,2	305	114,3	38,1	10/13	M12-35	A12	T3
T 90/A	13	90	57,2	305	114,3	38,1	10/13	M12-35	A12	T3
T 90/B	13	90	57,2	305	114,3	38,1	10/13	M12-35	A12	T3
T 125/B-BE	17	130	79,4	305	114,3	38,1	17	M12-35	A16	T4
T 127-1/B-BE	17	130	79,4	305	114,3	38,1	17	M12-35	A16	T4
T 127-2/B-BE	17	130	79,4	305	114,3	38,1	17	M12-35	A16	T5
T 140-1/B-BE	21,5	140	92,1	380	152,4	31,8	25	M20-65	A20	T5
T 140-2/B-BE	21,5	140	92,1	380	152,4	31,8	25	M20-65	A20	T5
T 140-3/B-BE	21,5	140	92,1	380	152,4	31,8	25	M20-65	A20	T5

A: Soğuk çekilmiş kılavuz ray

B, BE: İşlenmiş kılavuz ray

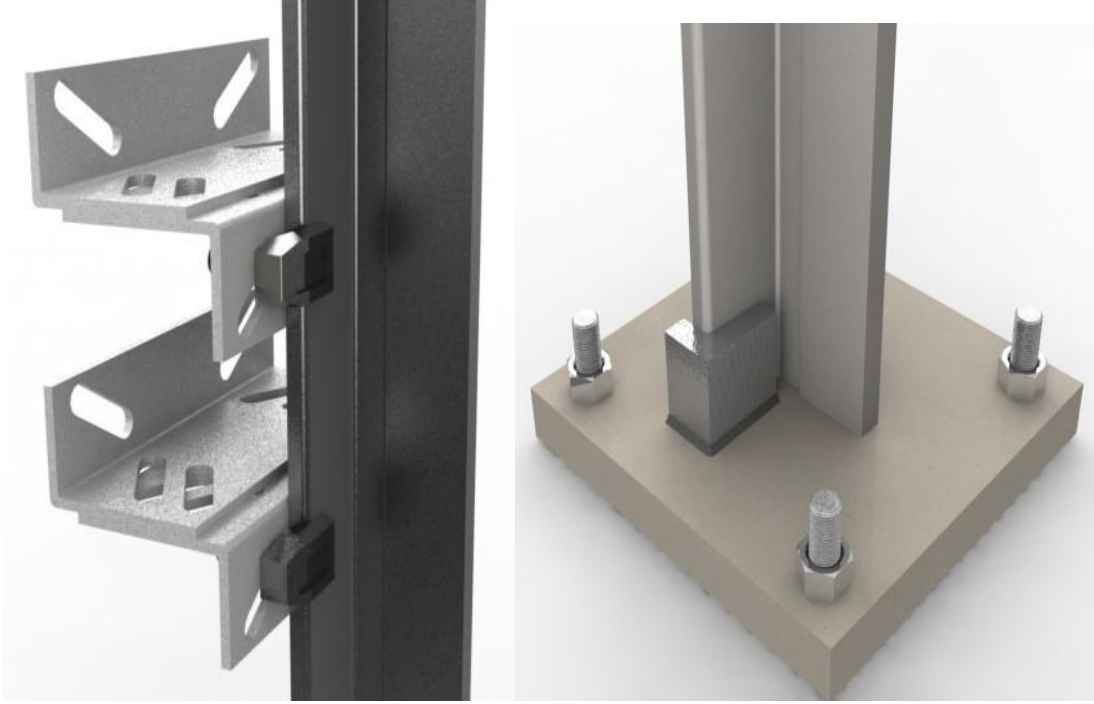
3.3.2 Kılavuz Rayların Asansör Kuyusuna Montajı

Kullanılan kılavuz raylar iki farklı metot ile asansör kuyusu içine monte edilirler. Birincisi, “askılı sistem” diğer adıyla “asma yöntemi” denen ve kuyu üst döşemesine uygun şekilde yukarıdan asılarak kuyu dibinde altları boş bırakılan sistemdir (Şekil 3.10) [15].



Şekil 3.10 Kılavuz rayların kuyu üst döşemesine montajı

İkincisi ise “oturtma yöntemi ” adı verilen kılavuz rayların kuyu dibine, beton bloklarla alttan sabitlenip, üst kısımlarının boş bırakıldığı sistemdir (Şekil 3.11) [15].



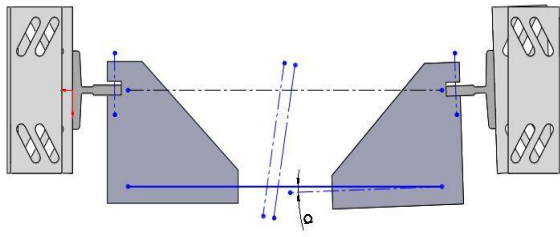
Şekil 3.11 Kılavuz rayların asansör kuyusuna montajı

Her ikisinde de ortak olan yan, kılavuz rayların bir tarafından asansör kuyusuna sabitlenerek, gelebilecek kuvvetleri karşılamasının sağlanmasıdır. Diğer tarafının boş bırakılmasının sebebi binada oluşabilecek yapısal oturmalarından dolayı veya herhangi bir deprem sırasında kuyuda oluşabilecek yapısal bozulmalardan dolayı, rayların etkilenmesini önlemek, hem de ısısal değişikliklerde ray boyundaki oluşan farkların rayları sıkıştırarak doğrultularının bozulmasının önüne geçmektir.

Kılavuz rayların döşenmesinde en önemli işlem, rayların doğru konumda yerleştirilip sabitlenmesi işlemleridir. Rayların döşenmesinde şu geometrik özellikler bulunmalıdır [12,13].

Kılavuz rayların üzerinde çalıştığı yüzeylerin,

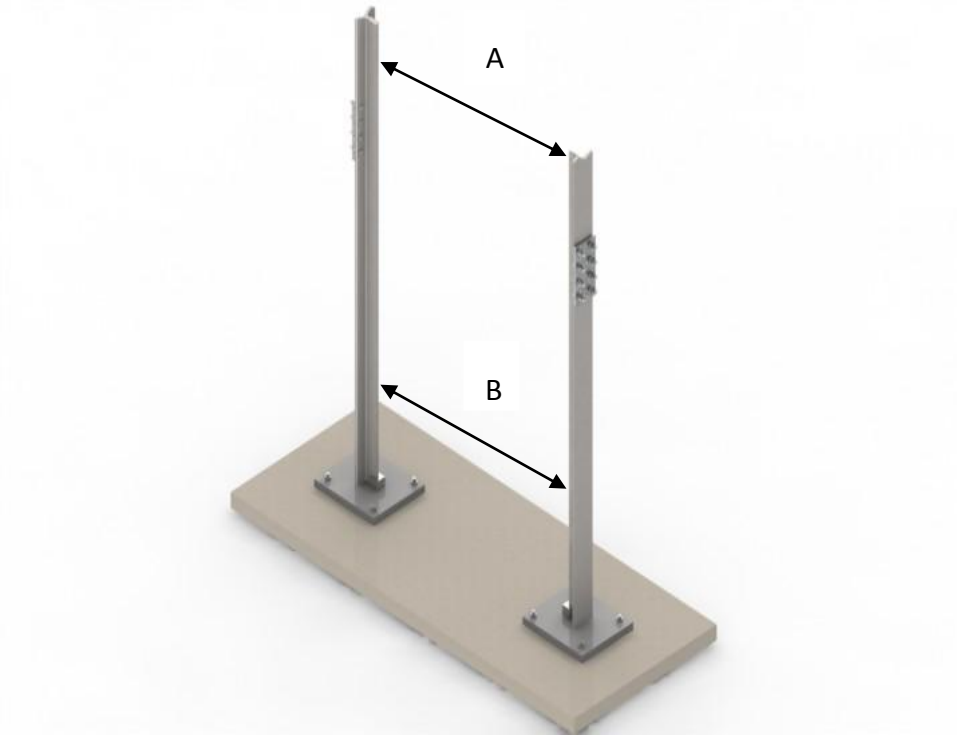
- Aynı düzlemde olması (Şekil 3.12a)
- Düşey doğrultuda olmaları (Şekil 3.12b)
- Birbirlerine paralel olmaları (Şekil 3.12c)



(a)



(b)



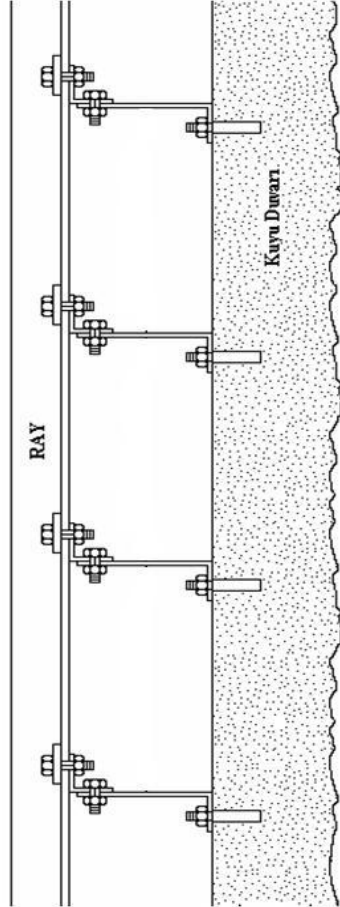
(c)

Şekil 3.12 Kılavuz rayların yerleştirilmesi

Bu sabitlemeler sayesinde kılavuz raylar üzerine gelecek olan yükler rahatça karşılanarak, tek bir hat doğrultusunda monte edilmiş raylarda herhangi bir eğilme engellenir.

Her iki montaj şeklinde de raylar, yapılan hesaplara ve rayın kesitine bağlı olarak bina betonarmesine belli aralıklarla kılavuz ray konsollarıyla tespit edilirler (Şekil 3.13). Bu konsollar rayların yatay hareketlerini önleyecek mukavemette olmalı ve sabitlemeleri bu kuvvetleri karşılayacak yapıda olmalıdır. Dikkat edilmesi gereken bir husus da raylara aynı zamanda hem asma hem de oturtma sistemi uygulanmamalıdır. Montaj şekli binanın statik durumuna göre belirlenerek ve bağlantılar TSE normlarına uygun şekilde montaj gerçekleştirilmelidir [9].

Sonuç olarak diyebilirizki; raylar ve montajı asansörün en önemli kısımlarından birini oluşturur. Gerek güvenlik, gerekse konfor açısından şartnamelere uygun döşenmemiş bir ray, asansörü en iyi malzemeler kullanılsa dahi düşük seviyede inşa edilmiş, konforsuz bir asansör olmaktan kurtaramaz [9, 10].

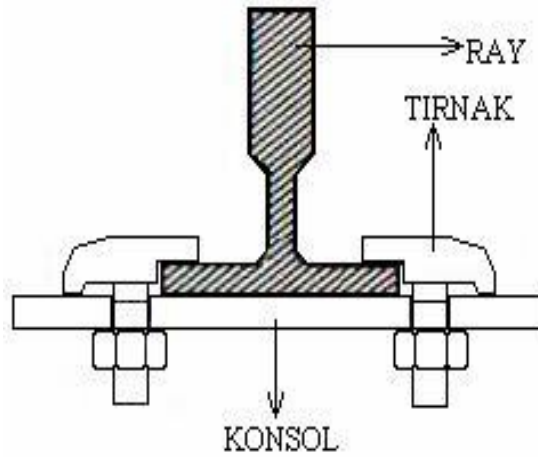


Şekil 3.13 Kılavuz rayların konsollarla kuyu içine montajı

Rayların birbirlerine ve duvara montajında kullanılan çeşitli parçalar Şekil 3.14'de gösterilmiştir. Özellikle çelik dübel, civata-somun, konsol parçaları ve tırnaklar bulunur. Konsolun duvara tutturulmasında çelik dübel önemlidir. Rayı konsol tutacaktır (Şekil 3.15), rayın konsola tespit şekli rijit olmayıp tırnaklar sayesinde dikey istikamette kayan tipte olacaktır. Kılavuz ray konsolları ayrıntılı olarak Bölüm 4'de incelenmiştir [9, 10].

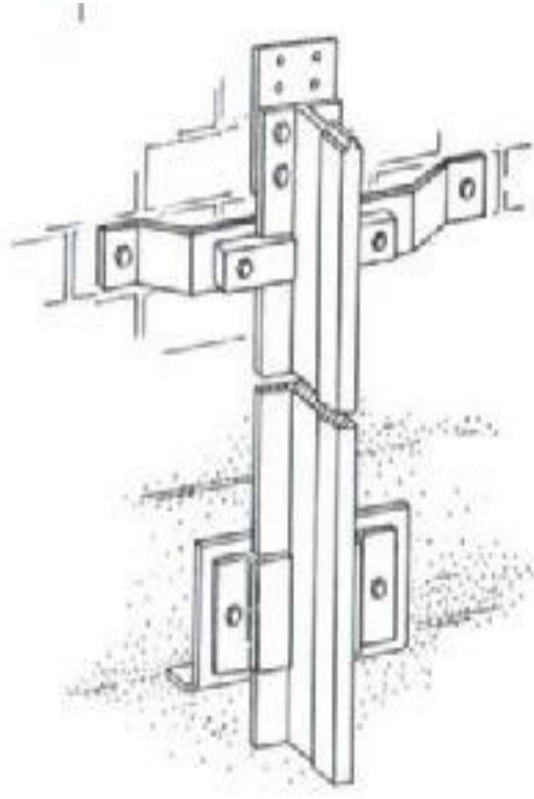


Şekil 3.14 Ray montajında kullanılan parçalar



Şekil 3.15 Kılavuz rayın konsola bağlantısı

Kılavuz rayların asansör kuyusuna tespitinde kullanılan diğer yöntemler Şekil 3.16'da gösterilmiştir [5].



Şekil 3.16 Kılavuz ray tespitleri



Şekil 3.17 Asansör kuyusunun üstten genel görünümü



Şekil 3.18 Asansör kuyusunun alttan genel görünümü

3.4 Kılavuz Ray Ebadı ve Tespit Şekli

Ray ebatları TS 10922 EN 81-1 standardında verilen hesaplama yöntemlerine göre uygun kesitlerde seçilir. Ray kesitlerinin hesabında asılı raylarda çekmeye, zemine oturmuş raylarda flambaja göre hesap yapılır ve kesit tayin edilir. Ray hesabı sonucunda bulunan kesit daha küçük çıksa bile kullanılacak ray kesiti 70x65x9 mm'den az olmamalıdır [9].

3.5 Kılavuz Rayların Ömrü

Kılavuz rayların ömürlerinin ne kadar olduğu ve revize edilen asansörlerin kılavuz raylarının değiştirilmesinin gerekip gerekmediği, çok tartışılan bir konudur. Kılavuz rayların ömrü, asansörün diğer elemanlarının ömründen çok uzundur.

Kılavuz rayların değiştirilmesini gerektirecek durumlar şunlardır:

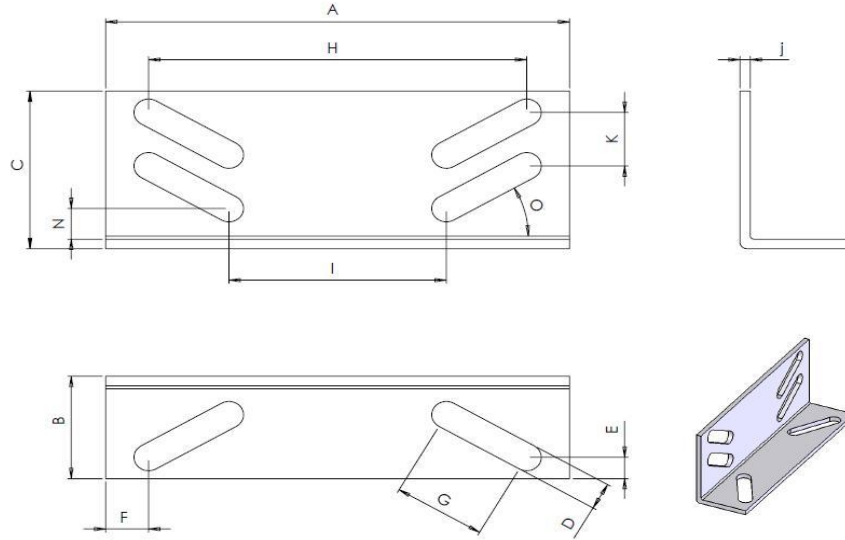
- Binanın deprem, yangın gibi felaketlere maruz kalması,
- Emniyet freninin devreye girmesi ile ray üzerinde hasar oluşması halleri [13].

ASANSÖR KILAVUZ RAY KONSOLLARI

Asansör kılavuz ray konsolları (mesnetleri), kılavuz rayları tutan ve binaya bağlantısını sağlayan elemanlardır. Kılavuz raylar için ayrıntılı hesap yöntemleri ve standartlar olmasına rağmen, bu rayları tutan ve binaya bağlantısını sağlayan kısımlarla ilgili herhangi bir standart ve hesaplama esası bulunmamaktadır. Üretici firmalar tarafından tercih edilen konsol ve bağlantı elemanları aşağıdaki kısımlarda incelenmiştir.

4.1 Kılavuz Ray Konsollarının İmalat ve Malzemeleri

Kılavuz ray konsolları genellikle St-37 veya St-42 yapı çeliklerinden imal edilmektedir. Ray konsolları, hazır çelik saçlardan istenen boyutlara göre kesilip, projeye uygun cıvata deliklerinin açılmasından sonra bükme işlemi ile şekillendirilmektedir. Açılan cıvata delikleri proje doğrultusunda kanal şeklinde eğimli veya yatay olarak açılmaktadır, ancak standart konsollarda bu cıvata delikleri eğimli şekilde olmaktadır. Cıvata deliklerinin kanal şeklinde ve eğimli olması rayın konsola ve konsolun duvara tespitinde avantaj sağlamaktadır. Şekil 4.1’de standart kılavuz ray konsolunun boyutları, Çizelge 4.1’de bu boyutların kullanılan ray tiplerine bağlı değerleri verilmiştir [12, 17].



Şekil 4.1 Standart bir kılavuz ray konsolu resmi

Çizelge 4.1 Standart kılavuz ray konsolu ölçüleri [mm] [12]

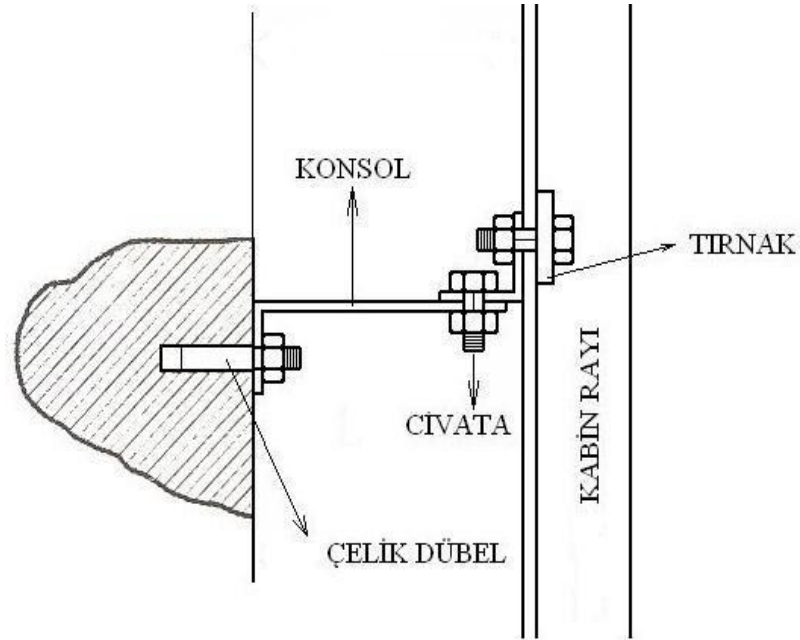
Ray tipi	Kılavuz ray ölçüleri													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	R	N	O
T45/A, T50/A, T65/A	130	50	75	11	12	22,5	27	85	47	4	28	15	12	45°
T70, T75, T78/B, T80, T82, T89, T90	200	62	95	15	13,5	22,5	45	155	77	5	34	21	20	30°
T114/B, T125/B, T127, T140, T125	270	65	100	19	13,5	25	54	220	126	6	34	18	19	30°

4.2 Kılavuz Ray Konsollarının Montajı

Kılavuz ray konsolları belirli aralıklarla bina duvarlarına monte edilmektedir. Konsol aralığının ideal bir ölçüsü literatürde tanımlanmamıştır. İki konsol arası mesafe asansör mühendisleri tarafından, hesaplar oturtma veya asma raya göre hangisi seçilmişse, seçilen yönetime göre TSE standartlarına uygun şekilde yapılmalıdır.

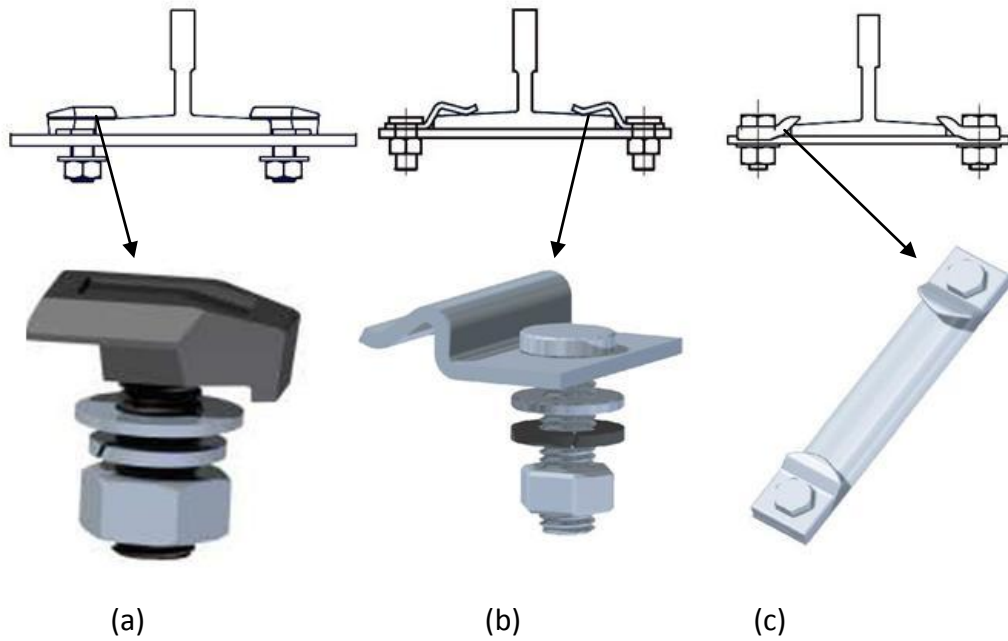
Kılavuz rayları konsollara bağlamak amacı ile ray sabitleme tırnakları kullanılmaktadır. Genellikle asansörler binalara, yapı tamamlanmadan kuruldukları için yapının bası

kuvveti ray üzerinde basınç oluşturmakta ve rayın yapısını bozabilmektedir. Ray ile ray konsolu bağlantısında, civata yerine ray sabitleme tırnağının kullanılmasının temel sebebi de bası kuvvetlerinin giderilmesidir. Şekil 4.2’de kılavuz rayın, kılavuz ray konsolu ile duvara sabitlenmesi gösterilmiştir [9,13].



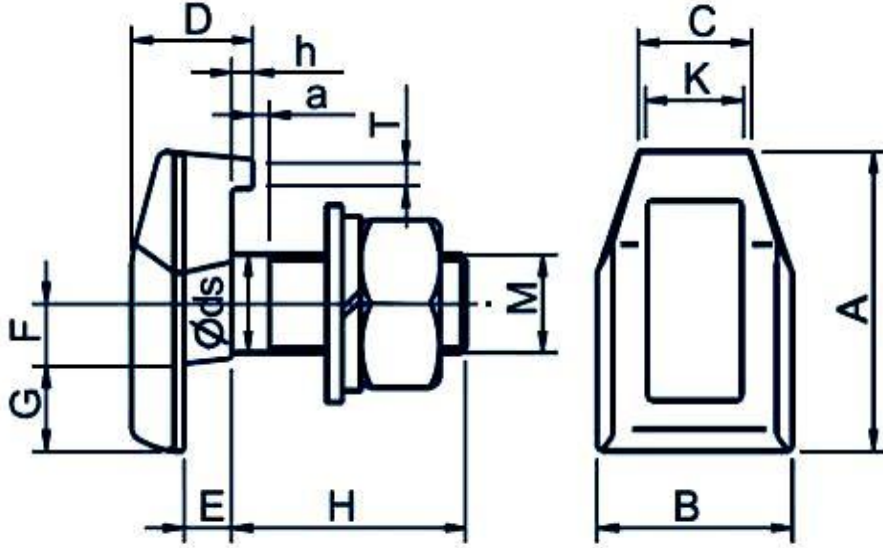
Şekil 4.2 Kılavuz ray ve standart bir ray konsolu bağlantısı

Ray sabitleme tırnakları değişik şekillerde olabilmektedir (Şekil 4.3) [17].



Şekil 4.3 Ray sabitleme tırnağı türleri

Şekil 4.3a'da görülen türde bağlantı pabucu (tırnak) kılavuz ray montajında tercih edilmektedir. Bu bağlantı pabuçlarının boyutları Şekil 4.4'de ve temel ölçüleri de Çizelge 4.2'de verilmiştir [17].



Şekil 4.4 Ray sabitleme tırnağı

Çizelge 4.2 Ray sabitleme tırnağı ölçüleri [mm] [17]

	Ø	A	B	C	D	E	F	G	H	h	K	T	a
T1	M10	32	22	15	12	3,5	5	11	28	2	11	3	4
T2	M12	39	26	19	15	4,3	6,5	13	32	3	15	3	5
T3	M14	45	29	21	18,5	5,5	8	13	38	4	16	4	6
T4	M16	50	34	22	20,5	6,5	8,5	15	42	4	17	4	6
T5	M18	55	37	23	23	9	11	17	44	4	17,5	5	7

Şekil 4.5'de Seyran tepe metro istasyonunda ki bir kılavuz ray montajı gösterilmiştir.

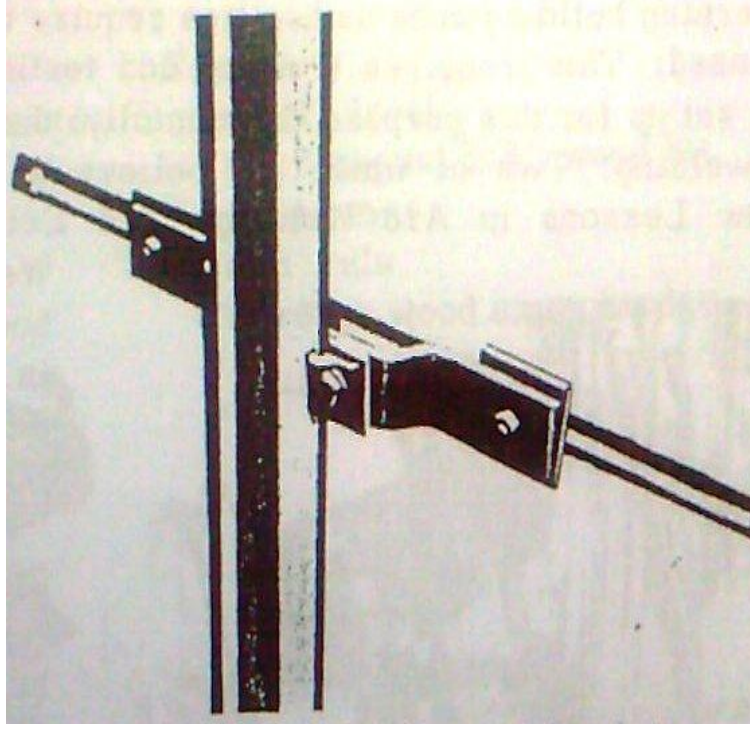


Şekil 4.5 Kılavuz ray montajı

4.2.1 Kılavuz Ray Konsollarının Çelik Yapılara Montajı

Konsollar genellikle asansör boşluğundaki çelik kirişlere kaynak veya cıvata ile monte edilmektedirler. Kaynak yöntemi; güvenilir, pratik ve çok kullanılan bir yöntem olsa da işlem dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmelidir.

Çelik yapılara konsolun cıvatalanacağı delikler pek çok farklı yolla delinebilmektedir. Büyük yüklemelerde, matkaplama en verimli yöntem olarak görülmektedir. Eğer konsol, çelik kirişe ek olarak yerleştirilen bağlantı levhasına monte edilecek ise bu levhada da cıvata delikleri matkapla açılmalı veya kaynak yöntemi ile delinmelidir. Şekil 4.6'da ek parça kullanılarak güçlendirilmiş bir konsol montajı görülmektedir.



Şekil 4.6 Çelik ek parça ile güçlendirilmiş konsol bağlantısı

Delikler, doğru ölçülere göre az miktarda daha küçük çapta olacak şekilde delinmektedir. Kaynak ile delinen deliklerde az miktarda da olsa pürüzlü bir yapı oluşmaktadır. Bu sebeple, çelik sıcakken bu yüzeylerin bir zımpara ile şekillendirilmeli ve yüzeydeki çapaklar temizlenmelidir. Kaynak ile delme yöntemi uygulandığında civata başının ve somunun altına pul yerleştirmek gerekmektedir [12, 18].

4.2.2 Kılavuz Ray Konsollarının Beton Yapılara Montajı

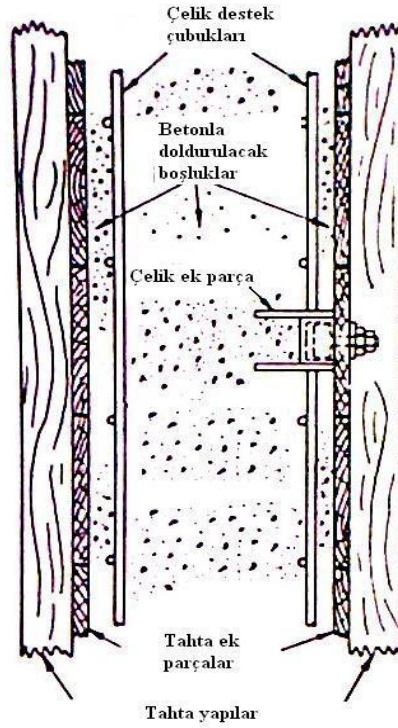
Beton yapılarda konsollar için delik açma sorunu pek çok firma tarafından farklı yöntemlerle çözülmektedir. Bu yöntemlerden en kullanışlı olanı, beton dökülmeden önce tahta bir yapıya çelik yükleme ek parçası gömmektir. Düzgün yüklenmiş, doğru monte edilmiş bir çelik ek parça, konsolu desteklemek açısından oldukça tatmin edici bir performans göstermektedir.

Konsolları, çelik yükleme ek parçası ile monte etme işlemi, bina yapımının ilk aşamalarında planlanması gereken bir yöntemdir. Ek parçalar, beton dökülmeden önce, destekleyecekleri konsolların seviyesine göre yerleştirilmektedirler.

Asansör boşluğunun boyutları kontrol edilip, doğrulandıktan sonra kabin ve karşı ağırlığa ait kılavuz ray konsollarının ve konsollara ait civata deliklerinin yaklaşık yerleri

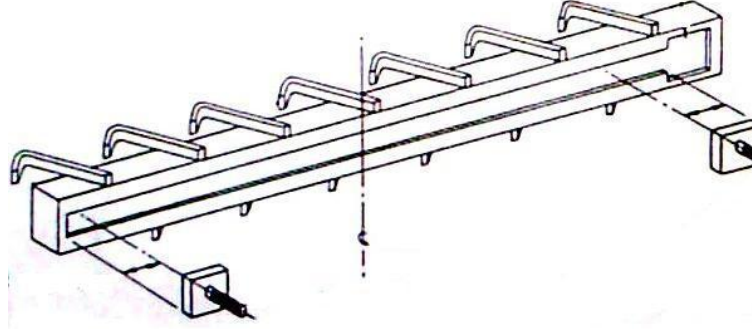
tespit edilmekte ve işaretlenmektedir. Tahta yapıda yerleri belirlenen bu civata delikleri ray merkezine eşit uzaklıkta olacak şekilde delinmektedir.

Tahta yapının asansör boşluğuna bakan kısmına çelik ek parça yerleştirebilmek için; tahta yapının dış duvarına, ek bir tahta yerleştirerek boşluk oluşturulması veya çelik ek parçanın çimentonun konsolla aynı seviyeye geldiğinde monte edilmesi gerekmektedir. Ek tahta ile oluşturulan boşluk, çelik yükleme ek parçası yerleştirildikten sonra çimento ile doldurulmaktadır. Çimento kurduktan sonra ek tahta çıkartılarak çelik yükleme ek parçası kullanılabilir hale getirilmektedir. Şekil 4.7’de konsolların betona monte edilmesi ile ilgili genel yapı gösterilmektedir [12, 18].



Şekil 4.7 Beton yapıya monte edilen ray konsolunun genel düzeni

Çelik yükleme ek parçalarının tek bir uzun parça olarak kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu, konsol bağlama civatalarının aynı çizgide olmalarını sağlamaktadır. Şekil 4.8’de uzun tek bir parça olarak kullanılan çelik yükleme ek parçası gösterilmektedir.



Şekil 4.8 Çelik yükleme ek parçası

Bazı firmalar çimento yapılarda çelik ek parçalar kullanmak yerine şekillendirilebilir ek parçalar kullanmaktadırlar. Bunların montajı, çelik yükleme ek parçasının montajı ile temel olarak aynı şekildedir.

Şekillendirilebilir ek parçalar, kılavuz rayın merkezine değil her bir kılavuz ray konsolunun civata deliğine merkezlenir ve civatalar takılır. Daha sonra ek parçalar çakılmakta ve bu sayede çimento dökülmesi sırasında dönmeleri engellenmektedir. Asansör boşluğundaki tahta ek parçalar çıkarıldıktan sonra asansör boşluğundaki çivi uçları kesilmekte, bu sayede kabloların ve diğer parçaların zarar görmeleri engellenmektedir [12].

4.2.3 Kılavuz Ray Konsollarının Tuğla Yapılara Montajı

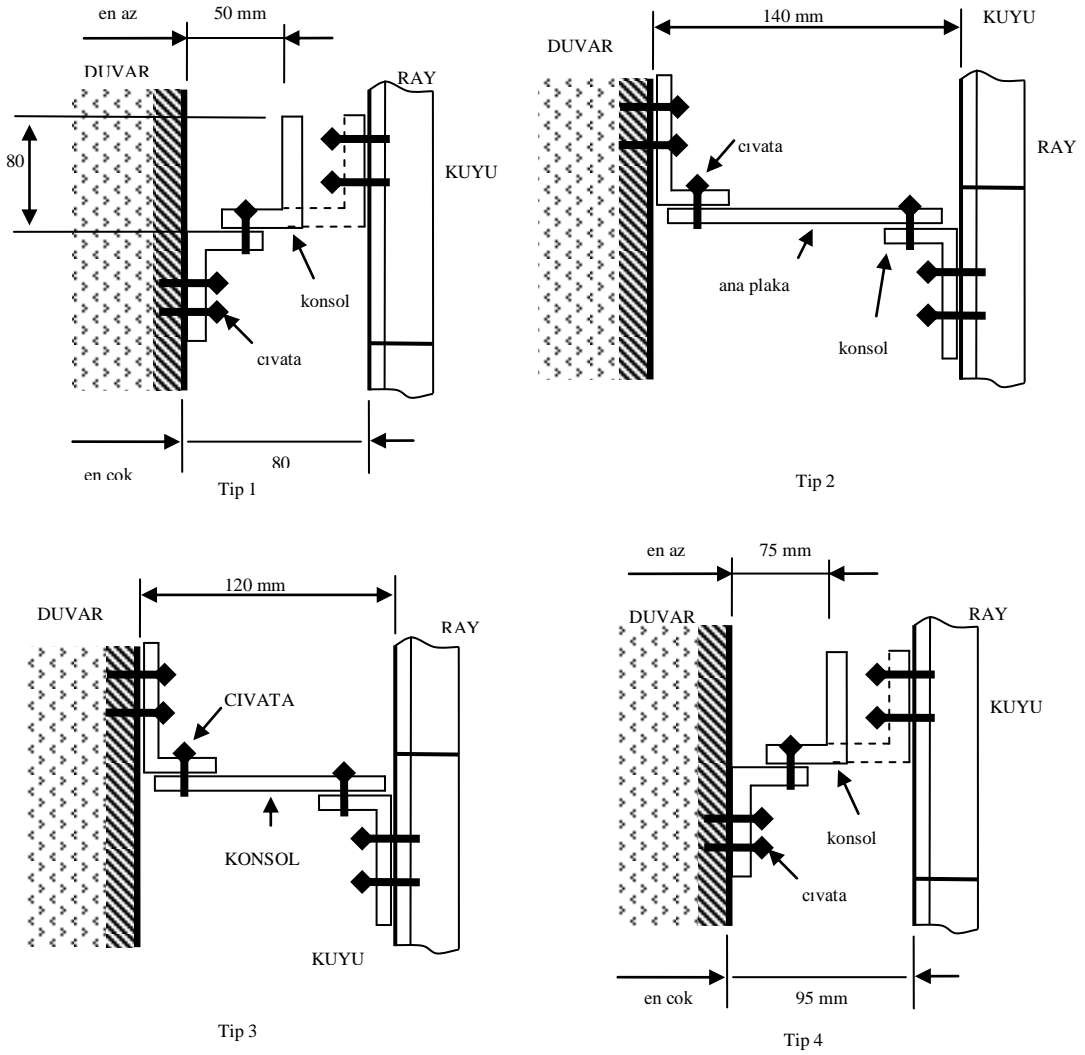
Tuğla yapılarda konsolların montajında da çelik ek parçalar kullanılmaktadır. Bu ek parçalar, asansör boşluğunun yapımı aşamasında örülen tuğlalarla birlikte yapıya yerleştirilmektedir. Çelik ek parçalar tuğla duvar yüzeyinden bir miktar içeriye yerleştirilmektedir [12, 18].

4.3 Kılavuz Ray Konsollarının Montajında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

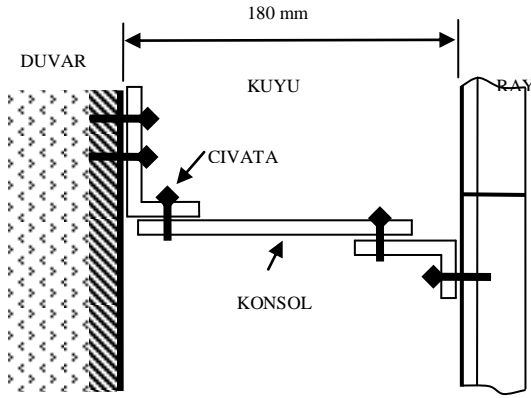
- Konsollar ile ray arasında, hareket yeteneğine engel olacak sabit bir bağlantı olmamalıdır. Eğer ray, mesnetlere kaynakla bağlanır veya zamanla oluşacak korozyon ile iki metal birleşir ise, ısıl genişleme sonucu büyük gerilmeler oluşur ve ray deforme olur. Mesnetlere, ray ile mesnet arasında korozyon sonucu oluşacak bağı önleyecek bir madde örneğin gres yağı sürmek iyi bir çare olacaktır.

- Konsol aralıkları mümkün mertemede düşük tutulmalıdır. Konsol aralığının ideal bir ölçüsü literatürde tanımlanmamıştır. Mesafe azaldıkça, konsol sayısı artar ve ray boyutu küçülür. Konsol montajı maliyetiyle ray maliyetini optimize eden çözüm hedeflenmelidir. Teorik olarak mesnet mesafesini sonsuza kadar küçültmek mümkündür. Fakat binanın mesnet kabul edilebilecek yapısal elemanlarının izin verdiği kadar küçülme, gerçekleştirilebilir.
- Hiçbir mukavemet göstermeyecek dolgu duvarına mesnet yerleştirilmemelidir.
- Kılavuz ray ile duvar arasında kılavuz ray konsolu (mesniti) mesafesi minimum 50 mm olmalıdır [9, 15, 18].

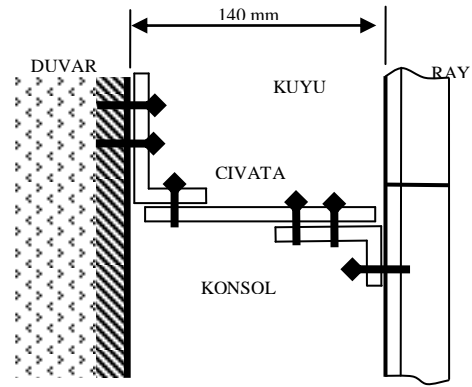
Şekil 4.9' da dokuz farklı tipte konsol montajı gösterilmiştir [15].



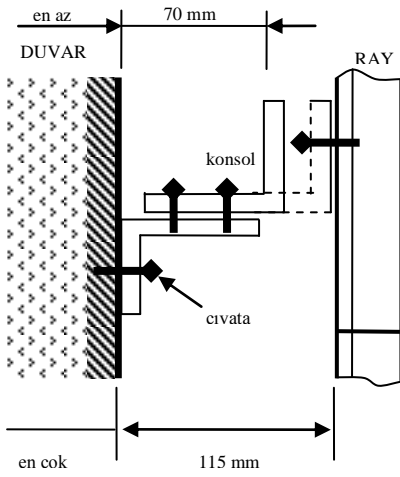
Şekil 4.9 Kılavuz ray konsollarının farklı tipte montajı (devam)



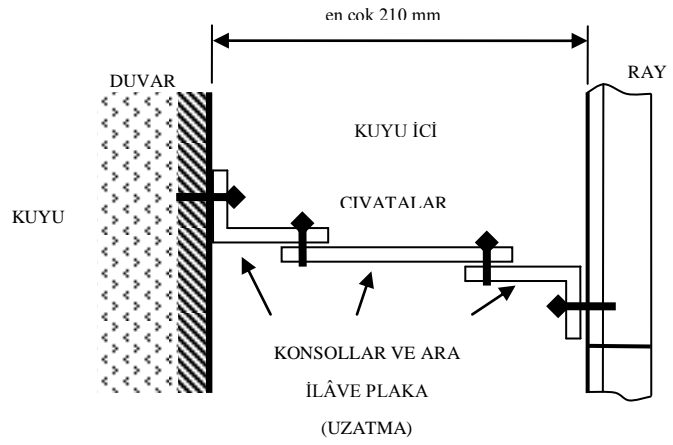
Tip 5



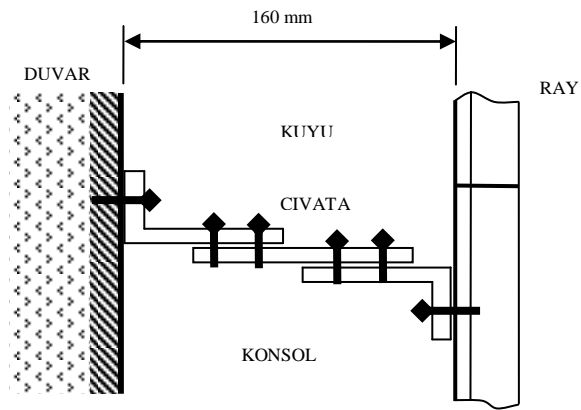
Tip 6



Tip 7



Tip 8



Tip 9

Şekil 4.9 Kılavuz ray konsollarının farklı tipte montajı

RAYLARA ETKİ EDEN KUVVETLER VE ASANSÖR ÇALIŞMA KOŞULLARI

5.1 Kılavuz Raylara Etki Eden Kuvvetler

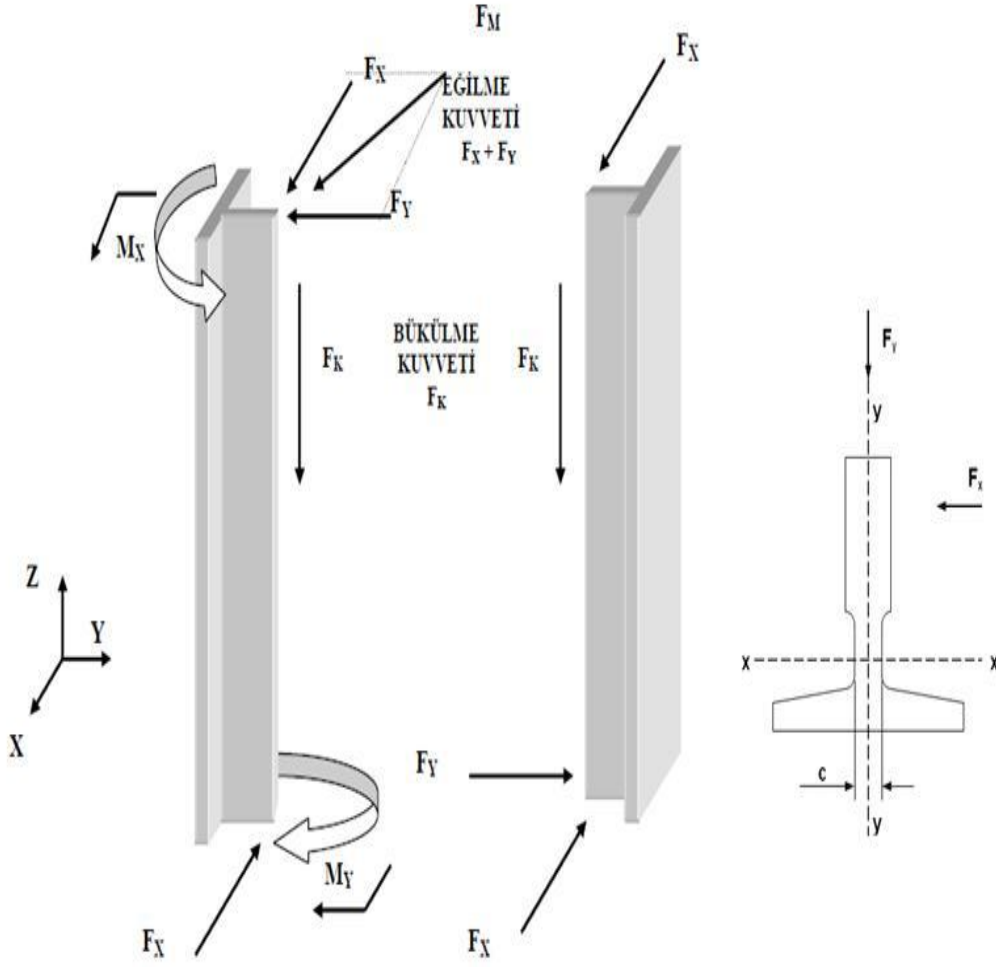
Asansör kılavuz raylarının hesaplanmasında, TS 10922 EN 81-1 ve TS EN 81-2,2001 standartlarında yer alan ray hesaplamaları temel alınır.

Günümüzde asansör rayları, asma ve oturma yöntemi olmak üzere iki tür montaj edilmektedir. Asma yönteminde raylar üzerinde oluşan tüm kuvvetler doğrudan tavana; oturma tipi montajda ise doğrudan kuyu tabanına etki etmektedir. Kabin içindeki yük dağılımına bağlı olarak, asansörün güvenlik tertibatının çalışması, normal kullanımda hareket halindeyken ve normal kullanımda yükleme esnasında oluşan x-y koordinatlarındaki kuvvetler, asansör ray hesabının temelini oluşturmaktadır. Bu kuvvetlerin hesaplanması hem kabin hem de karşı ağırlık için aynıdır.

Asansör kılavuz raylarına ilişkin mekanik hesaplar yapılırken bazı kabullerin öncelikle yapılması gerekmektedir. Bunlar,

- Hesaplarda özel bir yük dağılımı yoktur.
- Kabin anma yükü kabin tabanına 3/4 eşit olarak dağılmıştır.
- Güvenlik tertibatı kılavuz raylara aynı anda etkimektedir.
- Frenleme kuvveti kılavuz raylara eşit olarak dağılmıştır.
- Kabine bağlı bulunan dengeleme elemanları, bükülgen kablo gibi elemanların kütleleri kabinin ağırlık merkezinden etkimektedir [5].

Genel olarak raylar üzerine gelen kuvvetler Şekil 5.1’de gösterildiği gibidir.

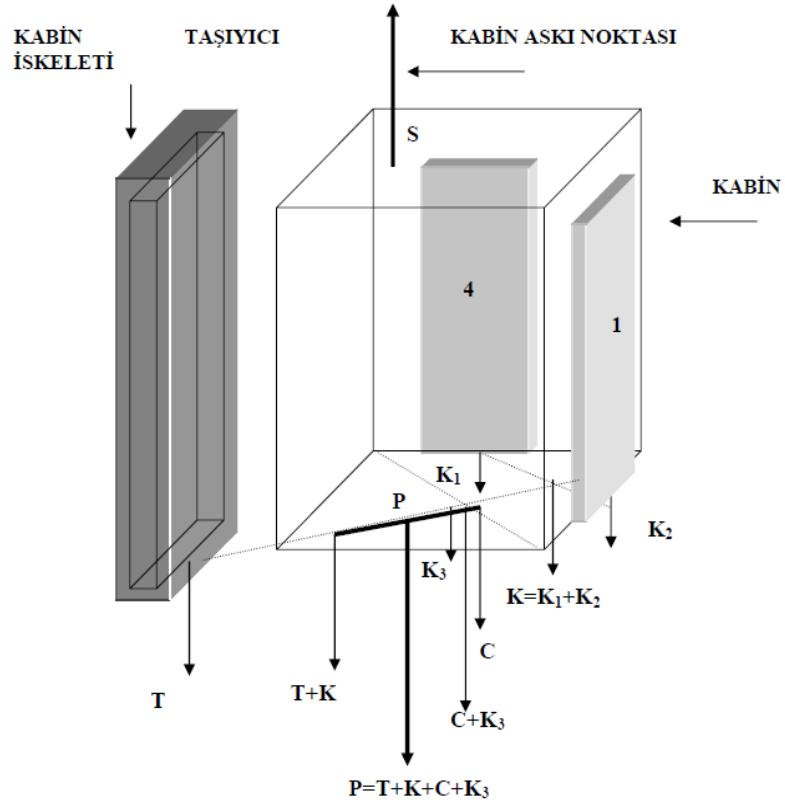


Şekil 5.1 Kılavuz raylara etki eden çevresel kuvvetler

Kılavuz raylara etki eden yük ve kuvvetler aşağıda sırasıyla incelenmiştir.

5.1.1 Kabin Yüğü

Rayların dışında kaçık olarak monte edilmiş kabin ve merkezlenmemiş askı sisteminin kullanıldığı ve pratikte kullanılması zor bir sistem Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2 Kabin yükü ve beyan yükleri

$K=K_1+K_2$ Kabin kapıları toplam ağırlık merkezi,

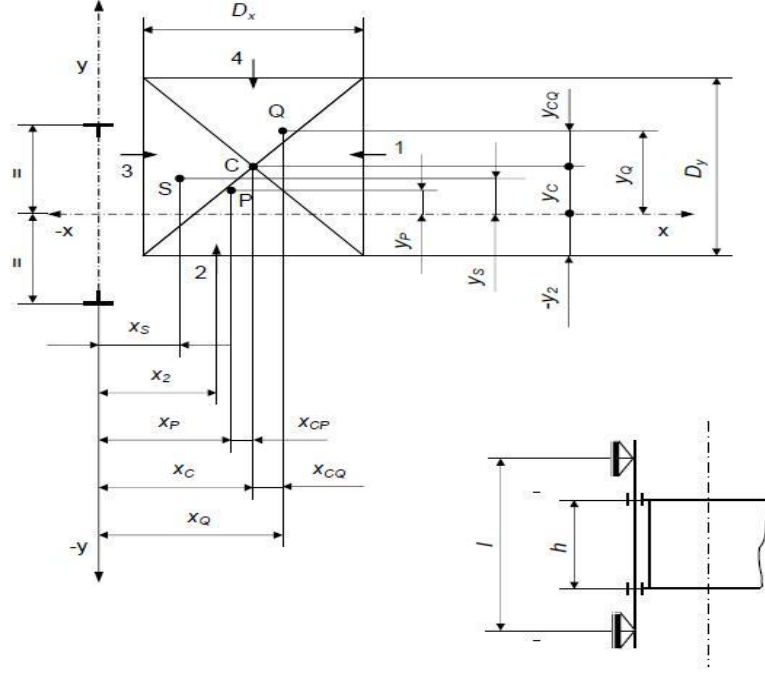
$C+K_3$ Kabin ağırlık merkezi ile kontrol kablosunun ağırlıkları,

$T +K$ ve $C+K_3$ vektörlerinin toplamını hesapladığımız taktir de kabinin ağırlık merkezini buluruz.

Bu durum da;

$P=T+K+C+K_3$ olacaktır.

Yukarıda anlatılan kabin yükü ve beyan yükleri grafik olarak gösterimi aşağıda Şekil 5.3' de verilmiştir.



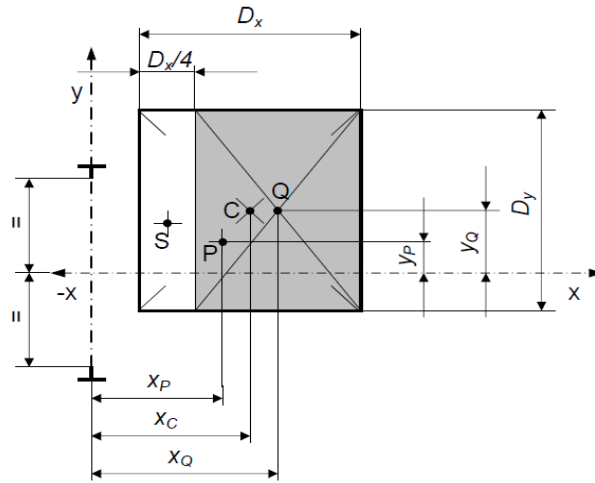
Şekil 5.3 Kabin yükü ve beyan yüklerinin grafik olarak gösterimi

5.1.2 Beyan Yüğü

Beyan yükü "Q" asansörün taşıma kapasitesidir ve kabin alanına eşit olmayan bir şekilde dağılmış kabul edilir.

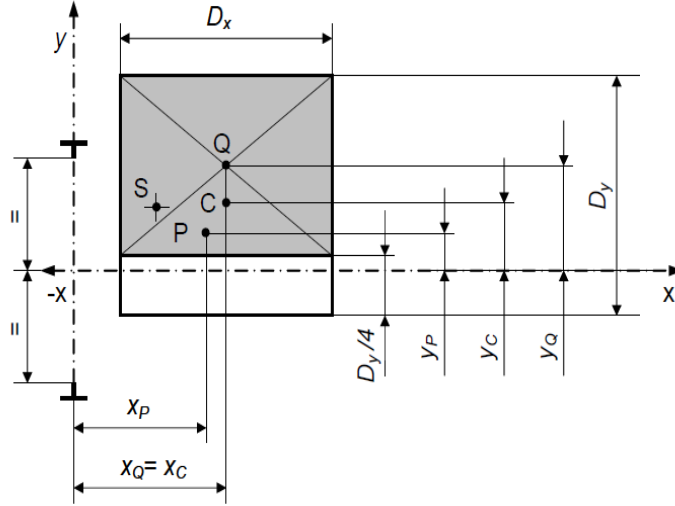
"Q" güvenlik tertibatı çalışmasında kılavuz raylar, normal çalışmada da askı noktası açısından en elverişsiz şekilde kabin alanının dörtte üçüne dağılmış kabul edilir.

Aşağıda genel bir düzen için Şekil 5.4 ve 5.5'de en elverişsiz durumlar için yük dağılımları gösterilmiştir.



Şekil 5.4 x eksenine göre yük dağılımı

Yukarıdaki şekilde x eksenindeki en elverişsiz durum, “Q” ağırlık merkezinin “P” ağırlık merkezinin olduğu tarafta ray merkezinden uzaklaşarak kabin alanının 3/4’ ünde yer almasıdır. Bu durumda “ $P.x_p$ ” ile “ $Q.x_q$ ” nun oluşturduğu moment aynı yönlü olacağı için raylardaki en büyük “ F_x ” kuvvetini oluştururlar.



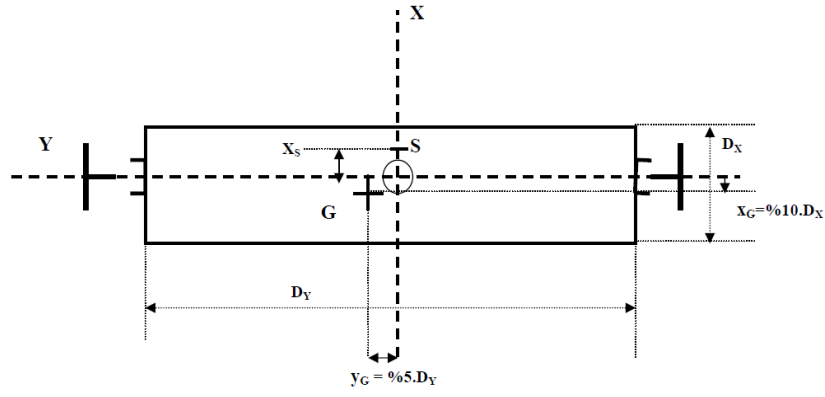
Şekil 5.5 y eksenine göre yük dağılımı

Aynı şekilde y eksenini hesaplamasında oluşacak en elverişsiz durum ise, “Q” nun kontrol kablosunun bağlandığı “K” ve kabin ağırlık merkezinin bulunduğu “P” noktalarının bulunduğu tarafta, kabin alanının 3/4’ünde yer almasıyla oluşacaktır. Bu durumda eğilme momentleri aynı yönde olduğu için toplanarak en büyük “ F_y ” kuvvetini oluşturacaktır. Aksi durumda ise “ F_y ” i küçülteceklerdir. Amaç, çalışma durumuna göre oluşacak en elverişsiz durumda ki dağılımı dikkate almaktır [10].

5.1.3 Karşı Ağırlık Veya Dengeleme Ağırlığı

Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının kılavuzlanma kuvveti “G”, kütlelerin etki noktası, askı tertibatı ve gergi tertibatlı veya gergi tertibatsız, dengeleme halat/zincirlerinden kaynaklanan kuvvetler hesaba katılarak belirlenir.

Merkezden kılavuzlanan ve asılan bir karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığında, kütlelerin etki noktasının ağırlık veya dengeleme ağırlığının yatay kesit alanının ağırlık merkezinden kaçıklığı, genişliğin en az %5’i ve derinliğin %10’u olarak alınır. Aşağıdaki şekilde ağırlık merkezi “G” nin kaçıklığı gösterilmiştir [10].



Şekil 5.6 Merkezden kılavuzlanmış karşı ağırlık

5.1.4 Yardımcı Cihazlardan Kaynaklanan Yükler

Hız regülâtörü ve bununla ilgili parçalar ile anahtarlar veya kabinin konumlandırılması için cihazlar haricinde, kılavuz raylara tespit edilmiş yardımcı cihazlardan kaynaklanan yükler “M” göz önüne alınmalıdır (Makine dairesiz, raylara monte edilen makine motor gurupları veya raylara monte edilmiş regülâtör gurupları gibi).

5.1.5 Rüzgâr Yükleri

Rüzgâr yükleri “WL” yalnız bina dışındaki kısmen kapalı kuyularda çalışan Asansörler de göz önüne alınmalı ve bina yapımcısı ile müşterek olarak belirlenmelidir [10].

5.2 Asansörde İncelenecek Çalışma Koşulları

Asansörde kılavuz raylara etki edecek yükleri tanımladıktan sonra çeşitli çalışma şartları incelenmelidir. Bunlar;

5.2.1 Güvenlik Tertibatı Çalışması Hali

Normal olmayan bir durum sonucu asansörde güvenlik tertibatları devreye girerse, kabinde “P+Q”, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığında ise “P+qQ” kadar kabul edilen kütleler, ani duruş darbe etkisiyle daha büyük kuvvetler uygularlar. Bu durumda kabin yükleri “k₁” çarpanı kadar büyür. Güvenlik tertibatının çalışması ile ilgili darbe katsayısı “k₁”, güvenlik tertibatının tipine bağlıdır. Aşağıda Çizelge 5.1’de darbe katsayıları tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 5.1 Darbe katsayıları [11]

Darbe	Darbe katsayısı	Değer
Ani frenlemeli güvenlik tertibatı veya anî frenlemeli kenetleme tertibatının (makaralı tip hariç) çalışmasıyla meydana gelen	k_1	5
Ani frenlemeli makaralı güvenlik tertibatı veya anî frenlemeli makaralı kenetleme tertibatının çalışmasıyla veya enerjiyi depolayan tipteki oturma tertibatında veya enerjiyi depolayan tipteki tamponda meydana gelen		3
Kaymalı güvenlik tertibatı veya kaymalı kenetleme tertibatının çalışmasıyla veya enerjiyi harcayan tipteki oturma tertibatında veya enerjiyi harcayan tipteki tamponda meydana gelen		2
Boru kırılma vanasının çalışmasıyla meydana gelen		2
Hareket ederken meydana gelen	k_2	1,2
Yardımcı donanımda meydana gelen	k_3	(...) ¹⁾
1) Tesisin şartlarına göre imalâtçı tarafından belirlenmelidir.		

5.2.2 Normal Kullanım-Hareket Hali

Asansörün olağan yük değerlerinin söz konusu olduğu durumlardır. Bu durumda kabinde “ $P+Q$ ”, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığında ise “ $P+qQ$ ” kadar bir kütle kabul edilir. Asansör projesinde aksi belirtilmedi ise “ $q=1/2$ ” alınır.

Normal kullanma-hareket yük durumunda kabinin düşey hareket eden kütleleri “ $P+Q$ ”, elektrik güvenlik tertibatından veya elektriğin rastgele kesilmesinden kaynaklanan sert frenlemeyi göz önüne almak için darbe katsayısı “ $k_2=1,2$ ” ile çarpılmalıdır.

Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının kılavuz raylara uyguladığı yükler kabin 1g den büyük bir frenleme ivmesi ile durduğunda karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının muhtemel zıplamasını göz önüne almak için “ $P+qQ$ ”, darbe katsayısı “ k_3 ” ile çarpılmalıdır. Bu çarpan tesisin şartlarına göre imalatçı tarafından belirlenir. 1,6 m/s hızlı asansörler dahil, bu çarpan “ $k_3=1$ ” kabul edilebilir. Ancak daha hızlı asansörlerde dikkate alınmalıdır. Aynı durum yardımcı cihazlardan kaynaklanan kuvvetler “ M ” içinde söz konusudur.

5.2.3 Normal Kullanım–Yükleme Hali

Kabinin yüklenmesi veya boşaltılması sırasında, bir kabinin girişinde, yükün kapı ve kabin eşiğinden geçişinde, eşiğin orta noktasında etki eden bir eşik kuvveti “ F_S ” göz önüne alınmalıdır. Eşik kuvveti denklem (5.1) ile bulunur.

Normal kullanma hareket ve yükleme konumlarında kuvvetler askı noktasına etki eder.

Konut, büro, otel, hastane vb. binalardaki, beyan yükü 2500 kg’ dan küçük asansörler için;

$$F_S=0,4 \cdot g_n \cdot Q \quad [N] \quad (5.1a)$$

Beyan yükü 2500 kg veya daha büyük olan asansörler için;

$$F_S=0,6 \cdot g_n \cdot Q \quad [N] \quad (5.1b)$$

Forklift ile yükleme durumunda beyan yükü 2500 kg veya daha büyük olan asansörler için;

$$F_S=0,85 \cdot g_n \cdot Q \quad [N] \quad (5.1c)$$

Eşiğe kuvvet uygulanırken kabinin boş olduğu kabul edilir. Birden fazla girişi olan kabinlerde, yalnız en elverişsiz girişte eşiğe kuvvet uygulandığı göz önüne alınır.

Asansör çalışma koşullarına göre kılavuz raylara etki eden kuvvetler değişiklik gösterir. Bu yüzden her çalışma koşulu için asansör kılavuz raylarına gelen kuvvetler ve oluşan gerilmeler ayrı ayrı hesaplanır. Bu hesaplarda farklı yükleme durumları için hesaplar tekrarlanır.

5.3 EN 81-1 Standardına Göre Genel Bir Düzen İçin Kılavuz Ray Hesapları

Aşağıda genel düzen bir asansörün kılavuz raylarına gelen kuvvet ve oluşan gerilmelerin hesaplanmasında kullanılan formüller ve hesaplama aşamaları gösterilmiştir.

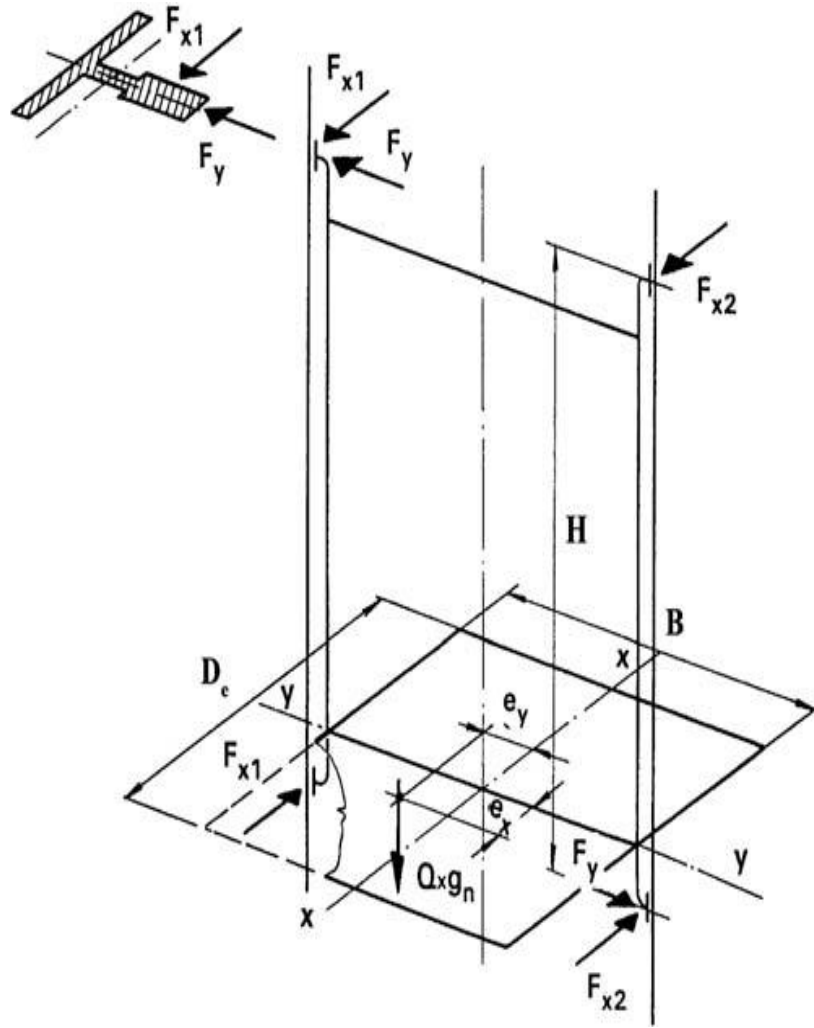
5.3.1 Kılavuz Raylara Etki Eden Kuvvetler ve Gerilmeler

Raylar üzerine etki eden kuvvet ve gerilmeler;

- Burkulma kuvveti ve gerilmesi,
- Eğilme kuvveti ve gerilmesi,

- Eğilme, burkulma ve basınç birleşik gerilemesi,
- Yükleme kuvveti ve gerilmesi,
- Raylarda oluşan sehim,
- Ray boynundaki gerilme olarak özetleyebiliriz.

Genel olarak raylar üzerine gelen kuvvetler Şekil 5.7'de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.7 Yük dağılımı sonucu kılavuz raya etkiyen kuvvetler

Bu kuvvet ve gerilmeler asansör çalışma koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Çizelge 5.2'de tüm çalışma durumları için etki eden kuvvetler gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 Farklı yük durumlarında göz önüne alınacak yük ve kuvvetler

Farklı yük durumlarında göz önüne alınacak yükler ve kuvvetler									
Yük durumları	Yükler ve kuvvetler	P	Q	G	F_K	F_M	F_S	M	WL
Normal kullanma	Hareket	+	+	+	-	+	-	+	+
	Yükleme ve boşaltma	+	-	-	-	+	+	+	+
Güvenlik tertibatının çalışması	Güvenlik tertibatı veya benzeri	+	+	+	+	+	-	+	-
	Boru kırılma vanası	+	+	-	-	+	-	+	-

5.3.2 Asansör Kılavuz Ray Hesabı

Kılavuz raylara patenler tarafından uygulanan kuvvet “ F_b ”, raylarda eğilme momenti ve sonucunda eğilme gerilmesi meydana getirmektedir. Eğilme momenti ve gerilmesi denklem (5.2) ve (5.3) ile hesaplanır.

$$M_e = \frac{3 \cdot F_b \cdot l}{16} [\text{Nmm}] \quad (5.2)$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W} [\text{N/mm}^2] \quad (5.3)$$

Asansör güvenlik sisteminin devreye girmesiyle, burkulma kuvveti meydana gelmektedir. Bu değer denklem (5.4) ile hesaplanır.

$$F_k = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (P + Q)}{n} [\text{N}] \quad (5.4)$$

Burkulma kuvveti nedeniyle oluşan burkulma gerilmesi denklem (5.5) ile hesaplanır.

$$\sigma_k = \frac{(F_k + k_3 + M) \cdot \omega}{A} [\text{N/mm}^2] \quad (5.5)$$

Burkulma gerilmesi hesabındaki “ ω ” değerini bulmak için denklem (5.6) kullanılır ve EK-B’deki çizelgeden omega değerleri bulunur.

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \quad (5.6)$$

burada $l_k = l'$ dir.

Raylarda oluşan birleşik eğilme ve basınç gerilmeleri (5.7) ve (5.8) denklemleri ile hesaplanır.

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y [\text{MPa}] \quad (5.7)$$

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_k + k_3 \cdot M}{A} [\text{N/mm}^2] \quad (5.8)$$

Ray boynundaki eğilme gerilmesi aşağıda denklem (5.9) ile hesaplanır.

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{zul} [\text{N/mm}^2] \quad (5.9)$$

Raydaki eğilme miktarları ise denklem (5.10) ile hesaplanır.

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} [\text{mm}] \quad (5.10a)$$

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} [\text{mm}] \quad (5.10b)$$

Aşağıda genel bir düzen için kılavuz ray sayısal hesapları adım adım gösterilmiştir.

5.3.2.1 Güvenlik Tertibatının Çalışması Hali

Eğilme Gerilmesi:

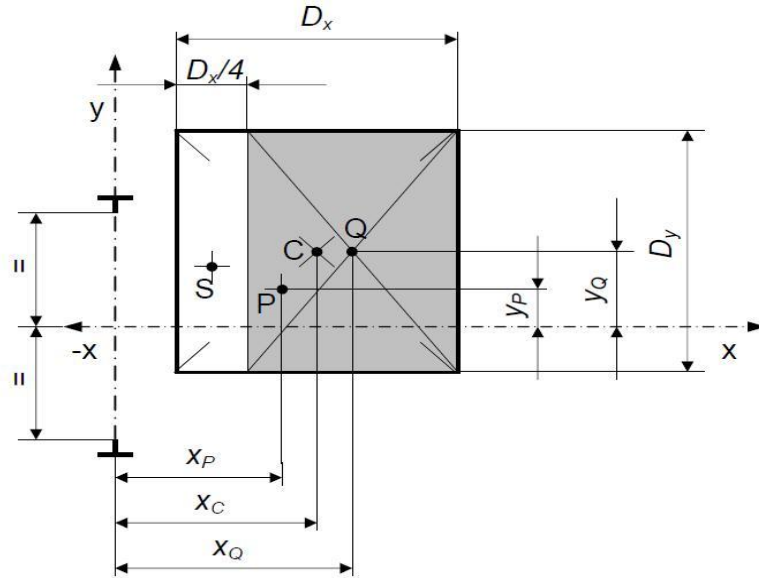
a) Kılavuz rayın y eksenindeki kılavuz kuvvetlerden kaynaklanan eğilme kuvvetleri, momentler ve gerilmeler;

$$F_x = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_p)}{n \cdot h} ; M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} ; \sigma_y = \frac{M_y}{W_y}$$

b) Kılavuz rayın x eksenindeki kılavuz kuvvetlerinden kaynaklanan eğilme kuvvetleri, momentler ve gerilmeler;

$$F_y = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h}; \quad M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}; \quad \sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$$

Yük dağılımının x- ekseninde olması;

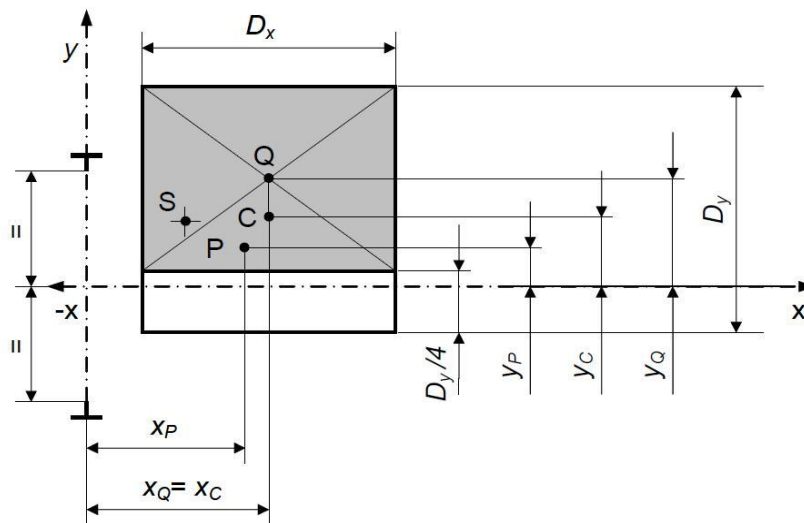


Şekil 5.8 x eksenine bağlı yük dağılımı

x ve y eksenlerine göre oluşan kuvvetleri bulmak için, bu eksenlere göre beyan yükünün ağırlık merkezini bulmak gerekmektedir.

$$x_Q = x_C + \frac{D_x}{8} \quad y_Q = y_C$$

Yük dağılımının y- ekseninde olması;



Şekil 5.9 y eksenine bağlı yük dağılımı

$$x_Q = x_C \quad y_Q = y_C + \frac{D_y}{8}$$

Burkulma Kuvveti ve Gerilmesi:

$$F_k = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (P+Q)}{n} ; \sigma_k = \frac{(F_k + k_3 \cdot M)}{A} \cdot \omega$$

Birleşik Gerilme:

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{zul}$$

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_k + k_3 \cdot M}{A} \leq \sigma_{zul}$$

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{zul}$$

Ray boynu eğilmesi:

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{zul}$$

Tüm bu gerilmeler ≤ 205 MPa olmalıdır.

Eğilme Miktarları:

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \leq \delta_{zul}$$

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \leq \delta_{zul}$$

Eğilme miktarları ≤ 5 mm olmalıdır.

5.3.2.2 Normal Kullanma, Hareket Hali

Eğilme gerilmesi:

a) Kılavuz rayın y eksenindeki kılavuz kuvvetlerden kaynaklanan eğilme kuvvetleri, moment ve gerilmeler;

$$F_x = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot [Q \cdot (x_Q - x_s) + P \cdot (x_p - x_s)]}{n \cdot h} ; M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} ; \sigma_y = \frac{M_y}{W_y}$$

b) Kılavuz rayın x eksenindeki kılavuz kuvvetlerinden kaynaklanan eğilme kuvvetleri moment ve gerilmeler;

$$F_y = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot [Q \cdot (y_Q - y_s) + P \cdot (y_p - y_s)]}{\frac{n}{2} \cdot h}; M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}; \sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$$

Burkulma Kuvveti ve Gerilmesi:

Asansörün hareket halindeyken normal kullanımında güvenlik tertibatı çalışmadığı için raylar üzerinde herhangi bir bükülme kuvveti oluşmamaktadır.

Birleşik Gerilme:

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{zul}$$

$$\sigma = \sigma_m + \frac{k_3 \cdot M}{A} \leq \sigma_{zul}$$

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{zul}$$

Ray Boynu Eğilmesi:

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{zul}$$

Tüm bu gerilmeler ≤ 165 MPa olmalıdır.

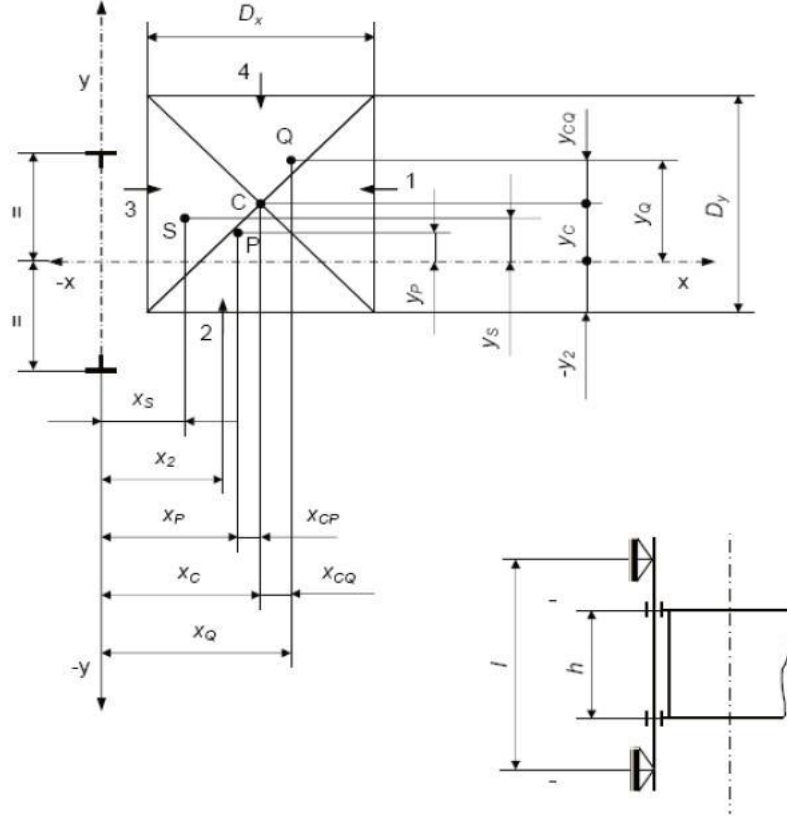
Eğilme Miktarları:

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \leq \delta_{zul}$$

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \leq \delta_{zul}$$

Eğilme miktarları ≤ 5 mm olmalıdır.

5.3.2.3 Normal Kullanma- Yükleme Hali



Şekil 5.10 Normal kullanım- yükleme hali

Eğilme Gerilmesi:

a) Kılavuz rayın y-eksenindeki kılavuz kuvvetlerden kaynaklanan eğilme kuvvetleri, moment ve gerilmeler;

$$F_x = \frac{g_n \cdot P \cdot (x_p - x_s) + F_s \cdot (x_i - x_s)}{n \cdot h}; M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}; \sigma_y = \frac{M_y}{W_y}$$

b) Kılavuz rayın x-eksenindeki kılavuz kuvvetlerinden kaynaklanan eğilme kuvvetleri, moment ve gerilmeler;

$$F_y = \frac{g_n \cdot P \cdot (y_p - y_s) + F_s \cdot (y_i - y_s)}{\frac{n}{2} \cdot h}; M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}; \sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$$

Burkulma Kuvveti ve Gerilmesi:

Asansör kabini katta beklerken ve ilk yükleme esnasında güvenlik tertibatı çalışmadığı için raylar üzerinde herhangi bir burkulma kuvveti oluşmamaktadır.

Birleşik Gerilme:

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{zul}$$

$$\sigma = \sigma_m + \frac{k_3 \cdot M}{A} \leq \sigma_{zul}$$

Ray Boynu Eğilmesi:

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{zul}$$

Tüm bu gerilmeler ≤ 165 MPa olmalıdır.

Eğilme Miktarları:

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \leq \delta_{zul}$$

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \leq \delta_{zul}$$

Hesaplanan eğilme miktarları ≤ 5 mm olmalıdır.

Asansör çalışma koşullarına göre kılavuz raylara etki eden kuvvetler değişiklik gösterir. Bu yüzden her çalışma koşulu için asansör kılavuz raylarına gelen kuvvetler ve oluşan gerilmeler ayrı ayrı hesaplanır. Bu hesaplarda farklı yükleme durumları için hesaplar tekrarlanır [11].

5.3.3 Asansör Karsı Ağırlık Ray Hesabı

Asansör sisteminde kullanılan karsı ağırlık seçimi de kabin rayı kadar önemlidir. Kullanılacak rayın hareketinden kaynaklanan aksenal kuvvetler, asansör karsı ağırlığını da etkilemektedir. Hesaplamaların temeli aynı mantığa dayanmakta olup σ_{zul} değerindeki değişiklik, karşılaştırmaları etkilemektedir. Kabin rayı hesaplamalarında olduğu gibi normal kullanımda hareket halindeyken hesaplanan formüller temeli oluşturmaktadır.

Normal Kullanma, Hareket:

Asansör karsı ağırlığında, kütlenin etki noktasının yatay kesit alanının ağırlık merkezinden kaçıklığı, karsı ağırlığın genişliğinin en az %5' i ve derinliğinin %10' u

olarak alınmaktadır (Sekil 5.11).

G_{cw} : Asansör karşı ağırlık kütlesi [kg]

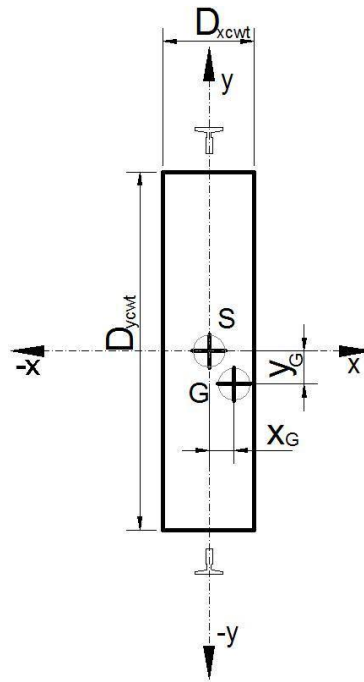
D_{xcw} : Karşı ağırlık genişliği [mm]

D_{ycw} : Karşı ağırlık uzunluğu [mm]

X_g : %10. D_{xcw} [mm]

Y_g : %5. D_{ycw} [mm]

H_{cw} : Karşı ağırlık patenleri arasındaki uzaklık [mm]



Şekil 5.11 Karşı ağırlık boyutları

Asansör karşı ağırlık üzerinde oluşan eğilme kuvvetleri, momentler ve gerilmeler,

$$F_x = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot G_{cw} \cdot (x_G - x_s)}{n \cdot h_{cw}} ; M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} ; \sigma_y = \frac{M_y}{W_y}$$

$$F_y = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot G_{cw} \cdot (y_G - y_s)}{\frac{n}{2} \cdot h_{cw}} ; M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} ; \sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$$

Asansör karşı ağırlığının hareketi esnasında güvenlik tertibatı çalışmadığı için raylar üzerinde herhangi bir bükülme kuvveti oluşmamaktadır.

Bulunan aksenal kuvvet ve gerilmelere göre oluşan birleşik gerilmeler ve ray boyunu eğilmesi,

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \quad \sigma = \sigma_m + \frac{k_3 \cdot M}{A}; \quad \sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2}$$

Tüm gerilmeler $\leq \sigma_{zul} = 165 \text{ N/mm}^2$ olmalıdır.

Eğilme miktarları,

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \text{ [mm]}$$

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \text{ [mm]}$$

Tüm sehım değerleri $\leq \delta_{zul} = 10 \text{ mm}$ olmalıdır.

Şeklinde bulunmaktadır.

5.3.4 İzin verilen Gerilme ve Eğilme Miktarları

Kılavuz rayların mukavemet hesaplarında kullanılan emniyet gerilmesi değeri σ_{zul} ve çekme gerilmesi R_m' dir.

$$\sigma_{zul} = \frac{R_m}{S_t}$$

Burada S_t güvenlik katsayısıdır.

Çizelge 5.3'de yükleme durumu ve kopma uzamasına bağlı olarak emniyet katsayıları verilmektedir.

Çizelge 5.3 Emniyet katsayıları [11]

Yük Durumları	Kopma Uzaması (ϵ)	Güvenlik Katsayısı (S_t)
Normal kullanma yüklemesi	$\epsilon \geq \% 12$	2,25
	$\% 8 \leq \epsilon < \% 12$	3,75
Güvenlik tertibatının çalışması	$\epsilon \geq \% 12$	1,8
	$\% 8 \leq \epsilon < \% 12$	3,0

Kopma uzaması %8 den az olan malzemeler çok kırılğan olarak kabul edildikleri için kullanılmamalıdır.

TS 4789 ISO 7465 standardına uygun kılavuz raylar için izin verilen gerilme değerleri Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4 İzin verilen gerilme değerleri [11]

Yük Durumları	R_m		
	$\sigma_{\text{ç}}=370(\text{St}37)$	$\sigma_{\text{ç}}=440(\text{St}44)$	$\sigma_{\text{ç}}=520(\text{St}52)$
Normal kullanma yüklemesi	165	195	230
Güvenlik tertibatının çalışması	205	244	290

T profilli kılavuz raylar için izin verilen eğilme miktarları;

- Üzerinde güvenlik tertibatı çalışan kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı kılavuz raylarında, her iki yönde 5 mm,
- Üzerinde güvenlik tertibatı çalışmayan kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı kılavuz raylarında, her iki yönde 10 mm'dir [11].

SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ VE ANSYS PROGRAMI

6.1 Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi fizik ve mühendislikte karşılaşılan birçok problemin çözümünde kullanılan en yaygın ve etkin sayısal yöntemlerden biridir. Sonlu elemanlar metodu matematikçilerden ziyade daha çok mühendisler tarafından geliştirilmiştir. Metot ilk olarak gerilme analizi problemlerine uygulanmıştır. Tüm uygulamalarda bir büyüklük alanının hesaplanması istenmektedir. Gerilme analizinde bu değer deplasman alanı veya gerilme alanı; ısı analizinde sıcaklık alanı veya ısı akışı; akışkan problemlerinde ise akım fonksiyonu veya hız potansiyel fonksiyonudur. Hesaplanan büyüklük, alanın almış olduğu en büyük değer veya en büyük gradyen pratikte özel bir önem içerir. Sonlu elemanlar metodunda yapı, davranışı daha önce belirlenmiş olan birçok elemana bölünür. Elemanlar "nod" adı verilen noktalarda tekrar birleştirilirler. Bu şekilde cebri bir denklem takımı elde edilir. Gerilme analizinde bu denklemler nodlardaki denge denklemleridir. İncelenen probleme bağlı olarak bu şekilde yüzlerce hatta binlerce denklem elde edilir. Bu denklem takımının çözümü ise bilgisayar kullanımını zorunlu kılmaktadır [19].

6.1.1 Sonlu Elemanlar Metodunun Uygulama Alanları

Sonlu elemanlar metodu, yapısal mekanik problemlerinin yanı sıra, ısı iletimi, akışkanlar mekaniği, elektrik ve manyetik alanlar ile ilgili mühendislik problemlerinin çözümü için de kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar metodunun genel olarak uygulandığı alanlar ve bu alanlara ait örnekler Çizelge 6.1'de verilmektedir [20].

Çizelge 6.1 Sonlu elemanlar metodunun uygulama alanları ve örnekleri

Uygulama Alanı	Örnekler
Elektrik ve Manyetik Alanlar	- Elektrik ve manyetik alanların analizi
Kompozit Malzemeler	- Katmanlı ahşap sistemlerin analizi - Sandviç kabukların analizi - İnce tabakalı levhaların analizi
Kırılma Mekaniği	- Gerilme yoğunluğu faktörlerinin bulunması - Çatlak ilerlemesinin analizi - Kaldırma özelliğine sahip yüzeylerde yük dağılımı ayrılma ve kanat hareketlerinin analizi
Otomotiv	- Araç gövdelerinin analizi
Hidroelastisite	Sıvıların elastik kaplardaki hareketleri Baraj gövdesi ile göletin etkileşiminin analizi
Mekanizma	- Mekanizmaların deplasman ve gerilme analizi - Dişlilerin gerilme analizi
Döküm	- Katılaşmanın analizi
Hidrolik ve Su Mühendisliği	- Yeraltı sularını taşıyan geçirimli katmanların analizi - Göllerde su dolaşımının analizi ve termal analiz - Haliçlerde, nehirlerde ve denizlerde gel-git sonucu oluşan yayılma ve dağılmanın analizi - Kanallarda akışların analizi

6.1.2 Sonlu Elemanlar Metodunun Çözümü

Bu yöntemle incelenmek istenilen cisim, düğüm noktalarından birbirine bağlı sonlu sayıda küçük elemanlara bölünür. Seçilen birim eleman, geometrik bir şekildir. Bunun amacı, geometrik yapısını bildiğimiz küçük elemanlar üzerinde inceleme ve çözüm yapmamızın kolay olmasıdır. Bu işlem ANSYS Workbench V11'de "mesh" komutuyla yapılır. Birim eleman boyunun küçülmesi, daha hassas çözüm yapmamızı sağlarken, denklem sayısını arttırdığı için işlem süresini uzatır.

Sonlu elemanlar metoduyla çözüm yapılırken izlenmesi gereken yol;

6.1.2.1 Eleman Tipinin Belirlenmesi

Sonlu eleman probleminin çözümünde ilk adım eleman tipinin belirlenmesi ve çözüm bölgesinin elemanlara ayrılmasıdır. Çözüm bölgesinin geometrik yapısı belirlenerek bu geometrik yapıya en uygun gelecek elemanlar seçilmelidir. Seçilen elemanların çözüm bölgesini temsil etme oranında, elde edilecek neticeler gerçek çözüme yaklaşmış olacaktır.

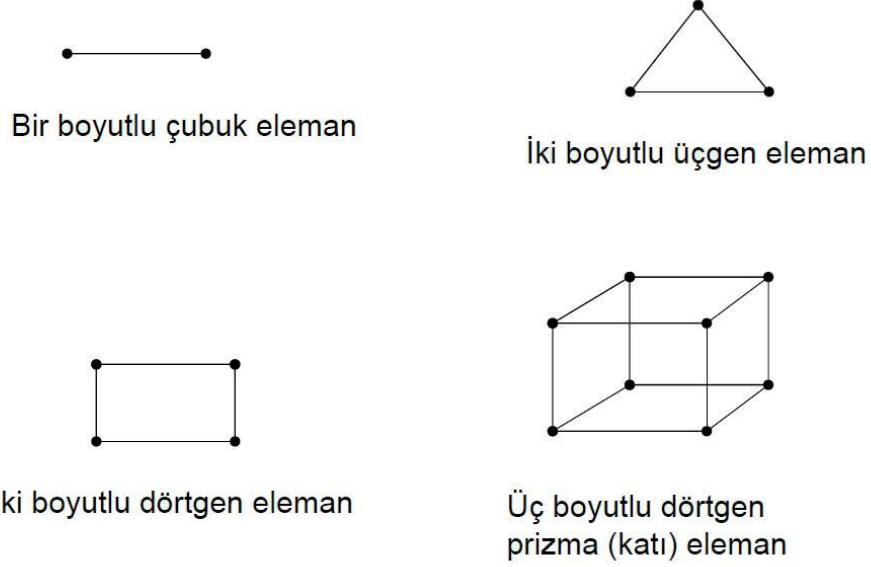
Sonlu elemanlar metodunda kullanılan elemanlar, boyutlarına göre dört kısma ayrılabilir:

Tek boyutlu elemanlar: Bu elemanlar tek boyutlu olarak ifade edilebilen problemlerin çözümünde kullanılır.

İki boyutlu elemanlar: İki boyutlu (düzlem) problemlerinin çözümünde kullanılırlar. Bu grubun temel elemanı üç düğümlü üçgen elemandır. Üçgen elemanın altı, dokuz ve daha fazla düğüm ihtiva eden çeşitleri de vardır. Düğüm sayısı seçilecek interpolasyon fonksiyonunun derecesine göre belirlenir. Üçgen eleman, çözüm bölgesini aslına uygun olarak temsil etmesi bakımından kullanışlı bir eleman tipidir. İki üçgen elemanın birleşmesiyle meydana gelen dörtgen eleman, problemin geometrisine uyum sağladığı ölçüde kullanışlılığı olan bir elemandır. Dört veya daha fazla düğümlü olabilir. Dörtgen eleman çoğu zaman özel hal olan dikdörtgen eleman şeklinde kullanılır.

Dönel elemanlar: Eksenel simetrik özellik gösteren problemlerin çözümünde dönel elemanlar kullanılır. Bu elemanlar bir veya iki boyutlu elemanların simetri eksenini etrafında bir tam dönme yapmasıyla oluşurlar. Gerçekte üç boyutlu olan bu elemanlar, eksenel simetrik problemleri iki boyutlu problem gibi çözmeye olanağı sağladığı için çok kullanışlıdır.

Üç boyutlu elemanlar: Bu grupta temel eleman üçgen piramittir. Bunun dışında dikdörtgenler prizması veya daha genel olarak altı yüzeyle elemanlar, üç boyutlu problemlerin çözümünde kullanılan eleman tipleridir.



Şekil 6.1 Sonlu elemanlar yönteminde sıklıkla kullanılan bazı eleman tipleri

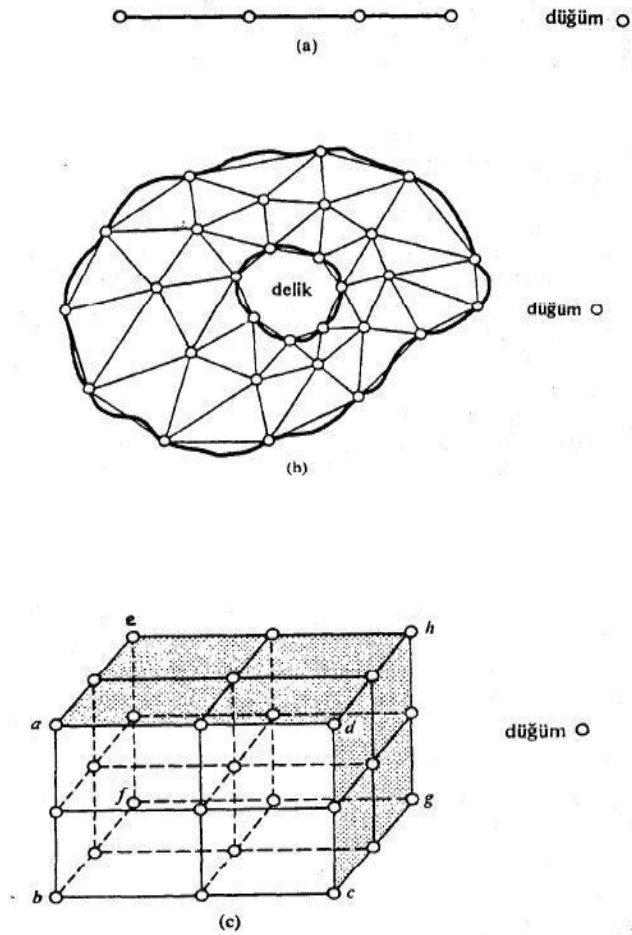
İzoparametrik Elemanlar: Çözüm bölgesinin sınırları eğri denklemleri ile tanımlanmışsa, kenarları doğru olan elemanların bu bölgeyi tam olarak tanımlaması mümkün değildir. Böyle durumlarda bölgeyi gereken hassasiyette tanımlamak için elemanların boyutlarını küçültmek, dolayısıyla adetlerini artırmak gerekmektedir. Bu durum çözülmesi gereken denklem sayısını artırır, dolayısıyla gereken bilgisayar kapasitesinin ve zamanın büyümesine sebep olur. Bu olumsuzluklardan kurtulmak için, çözüm bölgesinin eğri denklemleri ile tanımlanan sınırlarına uyum sağlayacak eğri kenarlı elemanlara ihtiyaç hissedilmektedir. Böylece hem çözüm bölgesi daha iyi tanımlanmakta hem de daha az sayıda eleman kullanılarak çözüm yapılabilir. Bu elemanlar üzerindeki düğüm noktaları bir fonksiyon ile tanımlanır. İzoparametrik sonlu elemanın özelliği, her noktasının konumunun ve yer değiştirmesinin aynı mertebeden aynı şekil (interpolasyon) fonksiyonu ile tanımlanabiliyor olmasıdır. İzoparametrik elemanlara eş parametrelili elemanlar da denir.

İzoparametrik elemanların şu özellikleri vardır;

- Lokal koordinatlarda iki komşu eleman arasında süreklilik sağlanıyorsa, izoparametrik elemanlarda da sağlanıyor demektir.
- Eğer interpolasyon fonksiyonu lokal koordinat takımındaki elemanda sürekli ise, izoparametrik elemanda da süreklidir.

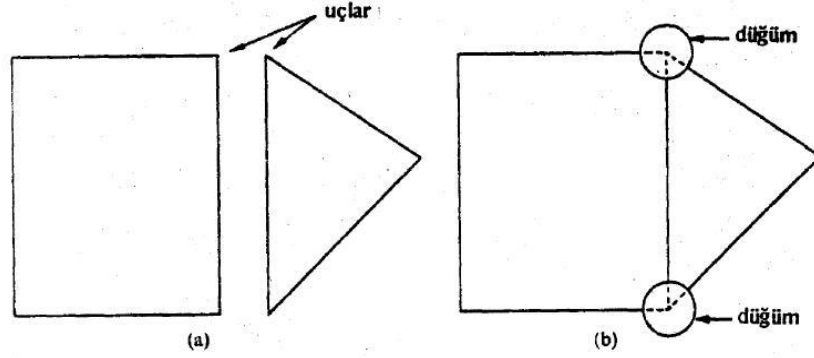
- Çözümün tamlığı lokal koordinatlarda sağlanıyor ise izoparametrik elemanlarda da sağlanır. İzoparametrik elemanların anılan özellikleri dolayısıyla, interpolasyon fonksiyonları lokal koordinatlarda seçilir [21].

Bir boyutlu cisimler Şekil 6.2a'da ki gibi düğümlerle; iki-boyutlu cisimler Şekil 6.2b'de ki gibi çizgilerle; üç boyutlu cisimler Şekil 6.2c'deki gibi düzlemlerle sonlu elemanlara ayrılacaktır. Bir boyutlu cisimlerde sonlu elemanlar farklı uzunlukta olabilirler. Ancak iki veya üç boyutlularda elemanlar, eşit olmayan boyutlarda olabileceği gibi farklı şekillerde de olabilirler. Bununla birlikte, bütün durumlarda cisimi temsil eden sonlu elemanlar Şekil 6.2a, b ve c'de görüldüğü gibi düğümlerle bağlanacaktır. Sonuçta cisim, sonlu elemanlar ve onları birbirine bağlayan düğümlerden oluşan bir sistemle yer değiştirmiş olacaktır.



Şekil 6.2 Sonlu elemanlar düğümlerinin bağlantı durumu

Sonlu elemanların düğümlerle bağlantı durumu Şekil 6.3'deki gösterimde en iyi şekilde anlaşılmaktadır. Burada düzgün, birim kalınlıktı biri üçgen diğeri dikdörtgen iki düzlem sonlu eleman vardır [22].



Şekil 6.3 (a) Birim uniform kalınlıklı iki düzlem sonlu eleman, (b) sonlu elemanların düğümlerle bağlantısı

6.1.2.2 İnterpolasyon Fonksiyonlarının Seçimi

İnterpolasyon fonksiyonu alan değişkeninin eleman üzerindeki değişimini temsil etmektedir. İnterpolasyon fonksiyonunun belirlenmesi, seçilen eleman tipine ve çözülecek denklemin derecesine bağlıdır. Ayrıca interpolasyon fonksiyonları şu şartları sağlamalıdır:

- İnterpolasyon fonksiyonunda bulunan alan değişkeni ve alan değişkeninin en yüksek mertebeden bir önceki mertebeye kadar olan kısmi türevleri eleman sınırlarında sürekli olmalıdır.
- İnterpolasyon fonksiyonunda bulunan alan değişkeninin bütün türevleri, eleman boyutları limitte sifıra gitse bile alan değişkenini karakterize etmelidir.
- Seçilen interpolasyon fonksiyonu koordinat değişimlerinden etkilenmemelidir.

Hem yukarıdaki şartları sağlamaları hem de türev ve integral almadaki kolaylığından dolayı interpolasyon fonksiyonu olarak genelde polinomlar seçilir. Seçilen polinom, yukarıdaki şartların gerçekleşmesi için uygun terimleri ihtiva etmelidir.

6.1.2.3 Eleman Direngenlik Matrisinin Elde Edilmesi

Eleman direngenliğinin bulunması, elemana etki eden dış etkenler ile alan değişkenleri arasında bir ilişki kurmak anlamına gelmektedir. Eleman direngenliğini elde ederken çözülecek problemin konusu, alan değişkeni, seçilen eleman tipi, seçilen interpolasyon fonksiyonu, eleman özelliklerini elde ederken kullanılan metot gibi pek çok faktör göz önüne alınmak durumundadır. Etki eden bu faktörlere göre de eleman direngenliğinin elde edilmesinde değişik yollar izlenir.

Direkt yaklaşım: Bu yaklaşım daha çok tek boyutlu ve basit problemler için uygundur.

Varyasyonel yaklaşım: Bir fonksiyonelin ekstremize yani maksimum ve minimum edilmesi demektir. Katı cisim mekaniğinde en çok kullanılan fonksiyoneller potansiyel enerji prensibi, komplementer (tümleyen) potansiyel enerji prensibi ve Reissner prensibi olarak sayılabilir. Fonksiyonelin birinci türevinin sıfır olduğu noktada fonksiyonu ekstremize eden değerler bulunur. İkinci türevinin sıfırdan büyük veya küçük olmasına göre bu değerin maksimum veya minimum olduğu anlaşılır.

Ağırlıklı kalanlar yaklaşımı: Bir fonksiyonun çeşitli değerler karşılığında elde edilen yaklaşık çözümleri ile gerçekteki çözüm arasındaki farkların bir ağırlıklı fonksiyonu ile çarpılarak toplamlarını minimize etme işlemine "ağırlıklı kalanlar yaklaşımı" denir. Bu yaklaşım kullanılarak eleman özelliklerinin elde edilmesinin avantajı, fonksiyonellerin elde edilemediği problemlerde uygulanabilir olmasıdır.

Enerji dengesi yaklaşımı: Bir sisteme giren ve çıkan termal veya mekanik enerjilerin eşitliği ilkesine dayanır. Bu yaklaşım bir fonksiyonele ihtiyaç göstermez.

6.1.2.4 Sistem Direngenlik Matrisinin Teşkili

Sistem direngenlik matrisi sistemin düğüm sayısı ve her düğümdeki serbestlik derecesine bağlı olarak belirlenir. Elemanlar için hesaplanan direngenlik matrisleri, elemanın üzerindeki düğüm numaralarına bağlı olarak genel direngenlik matrisinde ilgili satır ve sütununa yerleştirilir. Farklı elemanlar tarafından ortak kullanılan düğümlerdeki terimler genel direngenlik matrisinin ilgili satır ve sütununda üst üste toplanmalıdır. Elemanların düğüm numaralaması bir sistematikle göre yapılırsa genel

direngenlik matrisinde elemanlar diagonal üzerinde üst üste toplanır. Genelde direngenlik matrisi simetriktir.

6.1.2.5 Sisteme Etki Eden Kuvvetlerin Bulunması

Bir problemde sisteme etki edebilecek kuvvetler şunlar olabilir:

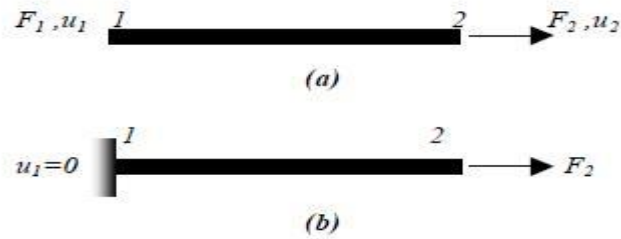
Tekil Kuvvetler: Tekil kuvvetler hangi elemanın hangi düğümüne ne yönde etki ediyorsa genel kuvvet vektöründe etki ettiği düğüme karşılık gelen satıra yerleştirilir. Problemin cinsine göre tekil yük kavramı değişebilir Örneğin ısı iletimi probleminde elastisite problemindeki tekil yüke karşılık noktasal ısı kaynağı veya tanımlı ısı akışı yükleri bulunmaktadır.

Yayılı Kuvvetler: Bu kuvvetler bir kenar boyunca ya da bir alanda etkili olurlar.

Kütle kuvvetleri: Eleman hacmi için geçerli olan merkezkaç kuvveti ve ağırlık kuvvetleri gibi kuvvetlerdir.

6.1.2.6 Sınır Şartlarının Belirlenmesi

Her problemin tabii olarak ya da yapay sınır şartları vardır. Sınır şartları, cismin çeşitli kısımlarındaki elastik yer değiştirmelerin ölçülebileceği bir referans sağlar. Bir çubuk eleman ele alalım (Şekil 6a). Bu eleman için bir sınır şartı tanımlanmazsa, etki eden düğüm kuvvetlerinin büyük, küçük ya da eşit olmasına göre hareket eder ve deplasman $u_1 = u_2$ olarak çubukta rijit cisim hareketi gözlenir.



Şekil 6.4 Konsol kiriş sonlu eleman modeli

Birinci durumdaki rijit cisim hareketi genel direngenlik matrisinin tekil olmasına sebep olur. Bu durum u_1 ve u_2 'nin ölçüleceği bir referans noktasının belirlenmemiş olmasına

bağlanabilir. Gerçekte bir referans noktası sağlanmak zorundadır. Aynı çubuğu (Şekil 6.4b) deki gibi düşündüğümüzde;

$$u_2 = \frac{F_2}{k}$$

şeklinde ifade edebiliriz. Çünkü $u_1=0$ çubuğun sınır şartıdır. Böylece sınır şartları; cismin belli parçasında veya parçalarındaki yer değiştirmelerde yapılan kısıtlamalardır denilebilir. Bu kısıtlamalar, cismin rijit yer değiştirmesine engel olur ve uygulanan dış yüklerin cisim tarafından taşınmasını sağlar. Aynı sınır şartları problemin cinsine göre sonlu elemanlar metodunun uygulandığı diğer vektörel ve skaler alan problemleri için de tanımlanır.

6.1.2.7 Sistem Denkleminin Çözümü

Çözüm için, sistemin sınır şartları da göz önüne alınarak dirençlik matrisinin tersini almak yeterlidir. Fakat bilgisayar kapasitesi ve bilgisayar zamanı açısından çok büyük matrislerin çözümünü ters alma işlemi ile yapmak yerine Gauss eliminasyon metodu ile daha az kapasite ve daha kısa sürede yapmak mümkün olmaktadır [21].

Tüm bu anlatılanları özetleyecek olursak;

Örneğin, düğüm noktalarına toplanmış kabul edilen ve sınır gerilmeleri dengeleyen kuvvetler ile düğüm noktalarının yer değiştirmeleri arasında;

$$|P| = |K| \times \{U\}$$

$|P|$: Sütun matris olup dış kuvvetlerin tamamını göstermektedir.

$|K|$: Sistemin toplam katılık (dirençlik) matrisidir.

$\{U\}$: r, θ , z yönündeki düğüm yer değiştirmelerini gösteren sütun matrisidir.

Sonuç olarak bu denklem gösteriyor ki $|K|$ oluşturulan cismin birim yer değiştirmesi için gerekli kuvveti temsil etmektedir. Yani cismin sonlu elemanlar modelini bir denge yayı olarak düşünersek, $|K|$ bu yayın yay sabiti (dirençlik sabiti) olur.

Böylece sonlu elemanlar metodunun esası cismin dirençliği bakımından yapılan analizi olmuştur. Verilen sınır şartları ve dış kuvvetler etkisi altındaki cismin düğümlerinin yer değiştirmesi bulunur. U, cismin gerilme ve yer değiştirmesinden

hesaplanır. Verilen sınır şartları ve dış kuvvetler ile cismin düğümlerinin yer değiştirmesi bulunur [21].

6.2 Sonlu Elemanlar Yönteminin Avantajları

Sonlu elemanlar yönteminin diğer yöntemlere göre avantajları;

- Sonlu elemanlar yöntemi ile verilen şekil ne kadar karışık olursa olsun, şekle ve boyutlarına esneklik kazandırmaktadır.
- Değişik malzeme özellikleri ve geometrisinde farklı güçlükler ortaya çıkmaz.
- Sınır şartları kolayca tespit edilir.
- Sonlu elemanlar metodunun esnekliği sayesinde çok yönlü karmaşık yapılarda diğer problemlerdeki sonuç ilişkisinden daha etkin olarak kullanılır. Sonuçları diğer analitik veya deneysel metotlarla daha iyi karşılaştırılabilir [19].

6.3 ANSYS Sonlu Elemanlar Paket Programı

6.3.1 ANSYS İle İlgili Temel Bilgiler

Program bir çeşit tümevarım esasına dayanır. Sonlu elemanlarına ayırma yöntemi ile sonuca gidilir.

FEM (Finite Elements Method) programlarından ANSYS'in kullanılarak modelin tasarlanması ve belli geometrideki parçaların, değişik yükleme durumunda mukavemet analizleri, değişik sıcaklıklarda termodinamik davranışları ve çalışma esnasındaki titreşim özellikleri incelenerek konstrüksiyon yönlendirilebilir. Bu sayede çeşitli yükleme ve ortam şartlarında emniyetli bir biçimde çalışabilecek malzemeler minimum maliyetle üretilebilirler.

ANSYS ile:

- Yapısal analiz
- Termal analiz
- Elektromagnetik analiz
- Akışkan analizi gibi analizler yapılabilir.

6.3.2 ANSYS Workbench V11

ANSYS programının yeni ara yüzü olan Workbench, modelleme ve analiz aşamalarında getirdiği kullanım kolaylıkları açısından kullanıcılara büyük avantajlar sunmaktadır. Klasik ANSYS programına göre daha kullanışlı bir kullanıcı ara yüzüne sahiptir. Otomatik mesh yapma kolaylığı sağlar, çizimlerin daha kolay yapılmasını sağlar. Pro Engineer, SolidWorks, Catia gibi programlarda çizilen şeklin adaptasyonu kolaydır.

6.3.2.1 ANSYS Workbench V11' de Dosya Oluşum Mantığı ve Çalışma Düzeni

ANSYS Workbench V11'de öncelikle çalıştığımız konuya (projeye) bir isim belirleriz. (Örneğin, dişli çark optimizasyonu gibi). Bu durumda bu proje (Project) bir çalışma sahası gibi düşünülür ve bu saha içinde birden fazla model ve analiz yapılabilir. Sonuçta sadece projeyi kaydederseniz ona bağlı olan her bir model ve analiz dosyaları da kaydedilmiş olur. ANSYS Workbench V11'e tekrar girdiğinizde önce projenizi açarsanız onun altındaki model ve analizlerin kaydedildiğini görürsünüz. Proje Windows'daki klasörlere; proje altında yapılan model ve analizler bu klasörün içindeki dosyalara karşılık gelir. Ancak oluşturduğunuz proje için Windows'da ayrı bir klasör oluşmaz; ".wbdb" uzantılı bir dosya olarak bulunur. ANSYS Workbench V11'de önce projemizi ve daha sonra ona bağlı diğer alt birimleri açmamız düzenli bir çalışma için önemlidir.

6.3.2.2 ANSYS Workbench V11 Yazılımı ile Yapılacak Herhangi Bir Simülasyonda Takip Edilmesi Gereken Aşamalar

Herhangi fiziksel bir problem hangi disipline ait olursa olsun hemen hemen bütün sonlu elemanlar metodu simülasyonları belli bir sırayı takip eden operasyonlar ile oluşturulabilirler.

Bu noktada ANSYS Workbench V11'de bir analizde yapılması gerekenler kısaca ana başlıkları ile aşağıdaki gibidir:

Analiz Türünün Seçilmesi:

- Eğer analiziniz; katıların hareketi, üzerlerindeki gerilme/basınç ve birbirleri ile kontak halinde olmaları üzerine ise o zaman "Yapısal",

- Yüksek sıcaklıklar, sıcaklık dağılımında değişim veya ısı transferi üzerine ise “Termal”,
- (AC veya DC) elektrik akımına tabi tutulan cihazlar, elektromanyetik dalgalar veya voltaj/şarj üzerine ise “Elektromanyetik”,
- Akışkanların hareketi üzerine ise “Akışkanlar Mekaniği”,
- Verilen bu dört kategoriden herhangi ikisinin kombinasyonu ise de “Birleşik Alan”dır.

Modellemenin Yapılması:

- Eleman türünün seçilmesi,
- Modelin hazırlanması,
- Kullanılacak malzeme özelliklerinin tanımlanması,
- Model geometrisinin import edilmesi veya oluşturulması,
- Sonlu elemanlar ağının örülmesidir.

Çözüm Aşaması:

- Sınır koşullarının uygulanması,
- Analizin koşturulmasıdır.

Çözümün Değerlendirilmesi:

- Sonuçların gözden geçirilmesi ve çözümün geçerliliğinin kontrol edilmesidir [23].

ASANSÖR UYGULAMA PROJE HESAPLARI VE EN 81-1 STANDARDINA GÖRE KILAVUZ RAY GERİLME VE SEHİM HESABI

Asansörlerin uygulama proje hesaplarından kılavuz ray hesapları ülkemizde TS 10922 EN 81-1 standardına göre yapılmaktadır. Aşağıda merkezden kılavuzlanmış asılı bir kabin için kılavuz ray hesapları yapılmış ve kılavuz ray seçiminin uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir.

Aşağıda kabin ölçüleri ve özellikleri verilmiştir.

Kabin;

$F_c=2000$ kg (kabin ağırlığı)

$F_{Fr}=550$ kg (kabin askı ağırlığı)

$F_{D1}=170$ kg (kabin kapı ağırlığı)

$Q=2000$ kg (kabin anma yükü)

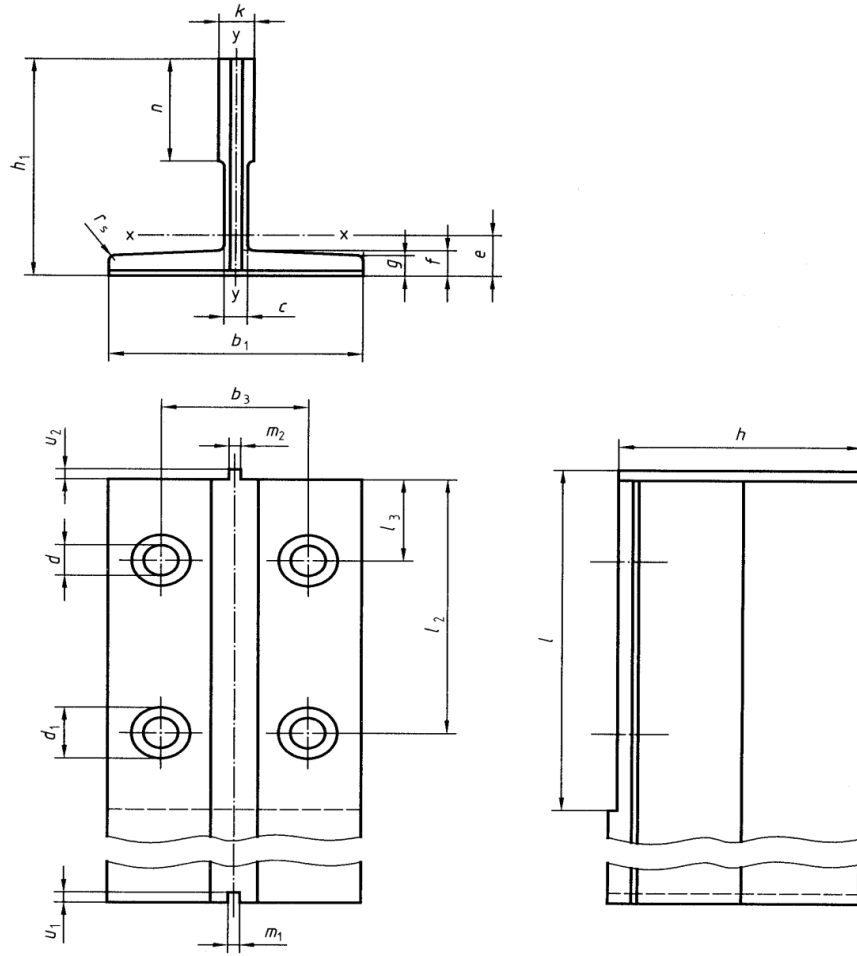
$D_x=2420$ mm ve $D_y=1600$ mm (kabin boyutları)

Kılavuzlama mesafeleri;

$l=3100$ mm (kılavuz ray konsolları arası mesafe)

$h=3055$ mm (kılavuz ray patenleri arası düşey mesafe)

Kullanılan kılavuz ray;



Şekil 7.1 Kılavuz ray boyutları

Fe37 (St37) malzemesinden 127x89x16 ebatlarında T127B profilli kılavuz ray kullanılmaktadır.

Ray boyutları Şekil 7.1' de verilmiştir.

Kılavuz rayın ölçüleri;

$b_1=127\text{mm}$	$c=10\text{mm}$	$m_1=6,4\text{mm}$	$d=17\text{mm}$	$l_{3g}=38,1\text{mm}$
$h_1=89\text{mm}$	$f=15,9\text{mm}$	$m_2=6,37\text{mm}$	$d_1=33\text{mm}$	$l=156\text{mm}$
$k=16\text{mm}$	$g=12,7\text{mm}$	$u_1=7,14\text{mm}$	$b_3=79,4\text{mm}$	$r_s=5\text{mm}$
$n=51\text{mm}$	$h=88\text{mm}$	$u_2=6,35\text{mm}$	$l_{2g}=114,3\text{mm}$	

Kılavuz rayın fiziksel özellikleri;

$A=2864 \text{ mm}^2$ (kılavuz rayın kesit alanı)

$I_x=198,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ (x eksenindeki atalet momenti)

$I_y=230 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ (y eksenindeki atalet momenti)

$W_x=30,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ (x eksenindeki mukavemet momenti)

$W_y=36,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ (y eksenindeki mukavemet momenti)

$i_x=26,3 \text{ mm}$ (x eksenine göre jirasyon yarıçapı)

$i_y=28,3 \text{ mm}$ (x eksenine göre jirasyon yarıçapı)

$\sigma_c=370 \text{ N/mm}^2$

Kabin boyutları;

Kabine ait boyutlar aşağıda verilmektedir. Şekil 7.2'de kabin boyutları gösterilmektedir.

$x_c=0 \text{ mm}$

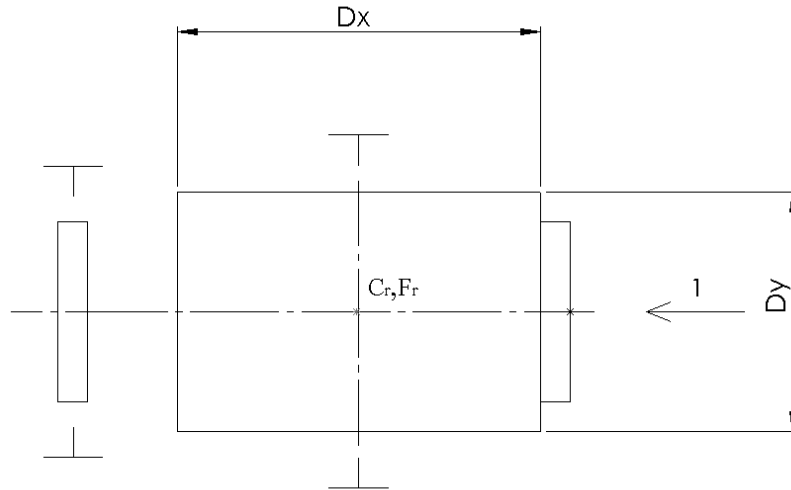
$y_c=0 \text{ mm}$

$x_{Fr}=0 \text{ mm}$

$y_{Fr}=0 \text{ mm}$

$x_{D1}=-1265 \text{ mm}$

$y_{D1}=0 \text{ mm}$



Şekil 7.2 Merkezden kılavuzlanmış ve asılı kabin boyutları

Verilen ölçülere göre yük dağılımı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

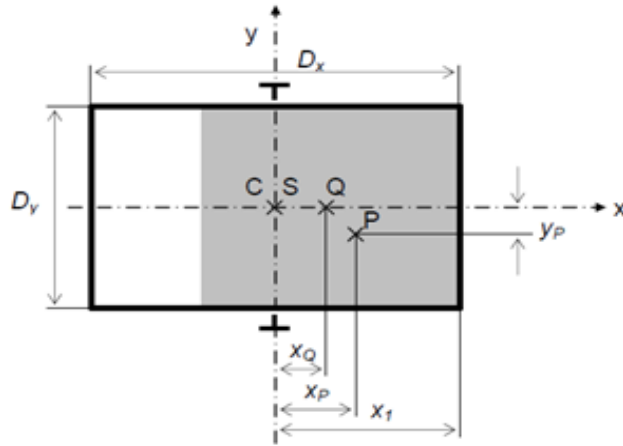
$$x_p = \frac{F_c \cdot x_c + F_{Fr} \cdot x_{Fr} + F_{D1} \cdot x_{D1}}{F_c + F_{Fr} + F_{D1}} = \frac{2000 \cdot 0 + 550 \cdot 0 + 170 \cdot -1265}{2000 + 550 + 170} = -79 \text{ mm}$$

$$y_P = \frac{F_c \cdot y_c + F_{Fr} \cdot y_{Fr} + F_{D1} \cdot y_{D1}}{F_c + F_{Fr} + F_{D1}} = \frac{2000 \cdot 0 + 550 \cdot 0 + 170 \cdot 0}{2000 + 550 + 170} = 0 \text{mm}$$

Aşağıda farklı yük dağılımları için ayrı ayrı hesaplar yapılmıştır.

Yük dağılımının x- eksenin de olması hali;

P ve Q'nun aynı tarafta olması en uygun olmayan yük durumudur. Bu nedenle Q, x- eksenini üzerindedir [11].



$$x_Q = \frac{D_x}{8} = \frac{2420}{8} = 302,5 \text{mm} \text{ (-x bölgesinde olduğundan -302,5 mm alınacaktır.)}$$

$$y_Q = 0 \text{mm}$$

1.Durum-Güvenlik Tertibatı Çalışması Hali:

Frenleme kuvveti;

$$F_x = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (2000 \cdot -302,5 + 2720 \cdot -79)}{2 \cdot 3055} = -2633 \text{N}$$

$$F_y = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot (2000 \cdot 0 + 2720 \cdot 0)}{2 \cdot 3055} = 0 \text{N}$$

Eğilme momenti;

$$M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 0 \cdot 3100}{16} = 0 \text{Nmm}$$

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 2633 \cdot 3100}{16} = 1530431,25 \text{Nmm}$$

Eğilme gerilmesi;

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0}{30,9 \cdot 10^3} = 0 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1530431,25}{36,2 \cdot 10^3} = 42,3 \text{N/mm}^2$$

Burkulma kuvveti;

$$F_k = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (P+Q)}{n} = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (2720 + 2000)}{2} = 46303 \text{N}$$

Narinlik derecesi;

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \quad l_k = l$$

$$\lambda = \frac{l_k}{i} = \frac{3100}{26,3} = 117,9$$

σ_c, λ ve ω Çizelge B.1 yardımıyla sırasıyla 370N/mm^2 , $117,9$ ve $2,35$ olarak bulunur.

Burkulma gerilmesi;

$$\sigma_k = \frac{F_k \cdot \omega}{A} = \frac{46303 \cdot 2,35}{2864} = 38 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_k = 38 \leq \sigma_{em} = 205 \text{N/mm}^2$$

Birleşik eğilme gerilmesi;

$$\sigma_m = \sigma_{mx} + \sigma_{my} = 0 + 42,3 = 42,3 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_m = 42,3 \leq \sigma_{em} = 205 \text{N/mm}^2$$

Birleşik zorlanma;

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_k}{A} = 42,3 + \frac{46303}{2864} = 58,47 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma = 58,47 \leq \sigma_{em} = 205 \text{N/mm}^2$$

Toplam gerilme;

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m = 38 + 0,9 \cdot 42,3 = 76,1 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_c = 76,1 \leq \sigma_m = 205 \text{N/mm}^2$$

Ray boynundaki eğilme gerilmesi hesabı;

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} = \frac{1,85 \cdot 2633}{10^2} = 48,7 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_F = 48,7 \leq \sigma_{em} = 205 \text{N/mm}^2$$

Kılavuz ray sehimi hesabı;

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = 0,7 \cdot \frac{2633 \cdot 3100^3}{48 \cdot 210000 \cdot 230 \cdot 10^4} = 2,75 \text{mm}$$

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} = 0,7 \cdot \frac{0 \cdot 3100^3}{48 \cdot 210000 \cdot 198,4 \cdot 10^4} = 0 \text{mm}$$

İzin verilen maksimum sehimi değeri $\delta_{\max} = 5 \text{mm}$ 'dir. Bu değerin altında olduğu için kılavuz ray sehimleri uygundur.

2.Durum-Normal Kullanım- Hareket hali:

Frenleme kuvveti;

$$F_x = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} = \frac{1,2 \cdot 9,81 \cdot (2000 \cdot -302,5 + 2720 \cdot -79)}{2 \cdot 3055} = -1580 \text{N}$$

$$F_y = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h} = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 9,81 \cdot (2000 \cdot 0 + 2720 \cdot 0)}{2 \cdot 3055} = 0 \text{N}$$

Eğilme momenti;

$$M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 0 \cdot 3100}{16} = 0 \text{Nmm}$$

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 1316,4 \cdot 3100}{16} = 918360 \text{Nmm}$$

Eğilme gerilmesi;

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0}{30,9 \cdot 10^3} = 0 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{765157,5}{36,2 \cdot 10^3} = 25,37 \text{N/mm}^2$$

Burkulma gerilmesi hesabı;

Normal kullanım sırasında burkulma kuvveti etki etmemektedir.

Birleşik eğilme gerilmesi hesabı;

$$\sigma_m = \sigma_{mx} + \sigma_{my} = 0 + 25,37 = 25,37 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_m = 25,37 \leq \sigma_{em} = 165 \text{ N/mm}^2$$

Birleşik zorlanma hesabı;

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_k}{A} = 25,37 + \frac{0}{2864} = 25,37 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 21,1 \leq \sigma_{em} = 165 \text{ N/mm}^2$$

Toplam gerilme;

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m = 0 + 0,9 \cdot 25,37 = 22,83 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = 22,83 \leq \sigma_m = 165 \text{ N/mm}^2$$

Ray boynundaki eğilme gerilmesi hesabı;

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} = \frac{1,85 \cdot 1580}{10^2} = 29,23 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_F = 29,23 \leq \sigma_{em} = 165 \text{ N/mm}^2$$

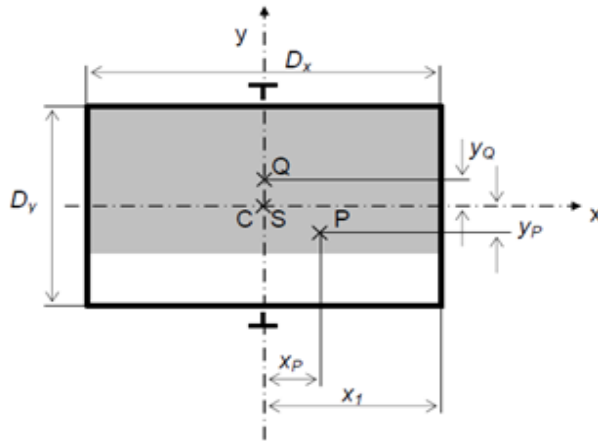
Kılavuz ray sehimi hesabı;

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = 0,7 \cdot \frac{1580 \cdot 3100^3}{48 \cdot 210000 \cdot 230 \cdot 10^4} = 1,42 \text{ mm}$$

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} = 0,7 \cdot \frac{0 \cdot 3100^3}{48 \cdot 210000 \cdot 198,4 \cdot 10^4} = 0 \text{ mm}$$

İzin verilen maksimum sehimi değeri $\delta_{max} = 5 \text{ mm}$ 'dır. Bu değerin altında olduğu için kılavuz ray sehimleri uygundur.

Yük dağılımının y ekseninde olması hali;



$$x_Q = 0\text{mm}$$

$$y_Q = \frac{D_y}{8} = \frac{1600}{8} = 200\text{mm}$$

1.Durum Güvenlik Tertibatı Çalışması Hali:

Frenleme kuvveti;

$$F_x = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (2000 \cdot 0 + 2720 \cdot -79)}{2 \cdot 3055} = -690\text{N}$$

$$F_y = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot (2000 \cdot 200 + 2720 \cdot 0)}{2 \cdot 3055} = 2569\text{N}$$

Eğilme momenti;

$$M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 2569 \cdot 3100}{16} = 1493231,25\text{Nmm}$$

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 690 \cdot 3100}{16} = 401062,5\text{Nmm}$$

Eğilme gerilmesi;

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{1493231,25}{30,9 \cdot 10^3} = 48,3\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{401062,5}{36,2 \cdot 10^3} = 11,1\text{N/mm}^2$$

Burkulma kuvveti hesabı;

$$F_k = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (P + Q)}{n} = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (2720 + 2000)}{2} = 46303\text{N}$$

Narinlik derecesi hesabı;

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \quad l_k = l$$

$$\lambda = \frac{l_k}{i} = \frac{3100}{26,3} = 117,9$$

σ_c, λ ve ω Çizelge B.1 yardımıyla sırasıyla 370N/mm^2 , $117,9$ ve $2,35$ olarak bulunur.

Burkulma gerilmesi;

$$\sigma_k = \frac{F_k \cdot \omega}{A} = \frac{46303 \cdot 2,35}{2864} = 38\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_k = 38 \leq \sigma_{em} = 205 \text{N/mm}^2$$

Birleşik eğilme gerilmesi hesabı;

$$\sigma_m = \sigma_{mx} + \sigma_{my} = 48,3 + 11,1 = 59,4 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_m = 59,4 \leq \sigma_{em} = 205 \text{N/mm}^2$$

Birleşik zorlanma hesabı;

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_k}{A} = 59,4 + \frac{46303}{2864} = 75,57 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma = 75,57 \leq \sigma_{em} = 205 \text{N/mm}^2$$

Toplam gerilme;

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m = 38 + 0,9 \cdot 59,4 = 91,5 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_c = 91,5 \leq \sigma_m = 205 \text{N/mm}^2$$

Ray boynundaki eğilme gerilmesi hesabı;

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} = \frac{1,85 \cdot 690}{10^2} = 12,8 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_F = 12,8 \leq \sigma_{em} = 205 \text{N/mm}^2$$

Kılavuz ray sehimi hesabı;

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = 0,7 \cdot \frac{690 \cdot 3100^3}{48 \cdot 210000 \cdot 230 \cdot 10^4} = 0,6 \text{mm}$$

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} = 0,7 \cdot \frac{2569 \cdot 3100^3}{48 \cdot 210000 \cdot 198,4 \cdot 10^4} = 2,7 \text{mm}$$

İzin verilen maksimum sehimi değeri $\delta_{max} = 5 \text{mm}$ 'dır. Bu değerin altında olduğu için kılavuz ray sehimleri uygundur.

2.Durum-Normal Kullanım- Hareket hali:

Frenleme kuvveti;

$$F_x = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} = \frac{1,2 \cdot 9,81 \cdot (2000 \cdot 0 + 2720 \cdot -79)}{2 \cdot 3055} = -414 \text{N}$$

$$F_y = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h} = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 9,81 \cdot (2000 \cdot 200 + 2720 \cdot 0)}{2 \cdot 3055} = 1541,3 \text{N}$$

Eğilme momenti;

$$M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 1541,3 \cdot 3100}{16} = 895880,6 \text{ Nmm}$$

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 414 \cdot 3100}{16} = 240637,5 \text{ Nmm}$$

Eğilme gerilmesi;

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{895880,6}{30,9 \cdot 10^3} = 29 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{240637,5}{36,2 \cdot 10^3} = 6,65 \text{ N/mm}^2$$

Burkulma gerilmesi hesabı;

Normal kullanım sırasında burkulma kuvveti etki etmemektedir.

Birleşik eğilme gerilmesi hesabı;

$$\sigma_m = \sigma_{mx} + \sigma_{my} = 29 + 6,65 = 35,65 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_m = 35,65 \leq \sigma_{em} = 165 \text{ N/mm}^2$$

Birleşik zorlanma hesabı (Burkulma kuvveti olmadığı için birleşik zorlanma hesabına gerek yoktur.)

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_k}{A} = 35,65 + \frac{0}{2864} = 35,65 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 35,65 \leq \sigma_{em} = 165 \text{ N/mm}^2$$

Toplam gerilme;

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m = 0 + 0,9 \cdot 35,65 = 32,09 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = 32,09 \leq \sigma_m = 165 \text{ N/mm}^2$$

Ray boynundaki eğilme gerilmesi hesabı;

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} = \frac{1,85 \cdot 414}{10^2} = 7,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_F = 7,7 \leq \sigma_{em} = 165 \text{ N/mm}^2$$

Kılavuz ray sehimi hesabı;

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = 0,7 \cdot \frac{414 \cdot 3100^3}{48 \cdot 210000 \cdot 230 \cdot 10^4} = 0,4 \text{ mm}$$

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} = 0,7 \cdot \frac{1541,3 \cdot 3100^3}{48 \cdot 210000 \cdot 198,4 \cdot 10^4} = 1,61 \text{ mm}$$

İzin verilen maksimum sehım değeri $\delta_{\max} = 5 \text{ mm}$ 'dır. Bu değerin altında olunduğu için kılavuz ray sehımleri uygundur.

3.Durum-Normal Kullanım –Yükleme Hali:

Kabinin tek kapısı olduğu için hesaplar sadece girişin önde olması durum için yapılmıştır.

Eğilme gerilmesi hesabı;

Eşik kuvveti;

$$F_s = s \cdot Q \cdot g_n = 0,4 \cdot 2000 \cdot 9,81 = 7848 \text{ N}$$

Frenleme kuvveti;

$$F_x = \frac{g_n \cdot P \cdot x_p + F_s \cdot x_{D1}}{n \cdot h} = \frac{9,81 \cdot 2720 \cdot -79 + 7848 \cdot -1265}{2 \cdot 3055} = -1970 \text{ N}$$

$$F_y = \frac{g_n \cdot P \cdot y_p + F_s \cdot y_{D1}}{n \cdot h} = \frac{9,81 \cdot 2720 \cdot 0 + 7848 \cdot 0}{2 \cdot 3055} = 0 \text{ N}$$

Eğilme moment;

$$M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 0 \cdot 3100}{16} = 0 \text{ Nmm}$$

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 1970 \cdot 3100}{16} = 1145062,5 \text{ Nmm}$$

Eğilme gerilmesi;

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{0}{30,9 \cdot 10^3} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1145062,5}{36,2 \cdot 10^3} = 31,6 \text{ N/mm}^2$$

Burkulma gerilmesi hesabı;

Normal kullanım-yükleme durumunda burkulma kuvveti etki etmemektedir.

Birleşik gerilme hesabı;

$$\sigma_m = \sigma_{mx} + \sigma_{my} = 0 + 31,6 = 31,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_m = 31,6 \leq \sigma_{em} = 165 \text{ N/mm}^2$$

Ray boynundaki eğilme gerilmesi hesabı;

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} = \frac{1,85 \cdot 1970}{10^2} = 36,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_F = 36,5 \leq \sigma_{em} = 165 \text{ N/mm}^2$$

Kılavuz ray sehimi hesabı;

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = 0,7 \cdot \frac{1970 \cdot 3100^3}{48 \cdot 210000 \cdot 230 \cdot 10^4} = 1,8 \text{ mm}$$

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} = 0,7 \cdot \frac{0 \cdot 3100^3}{48 \cdot 210000 \cdot 198,4 \cdot 10^4} = 0 \text{ mm}$$

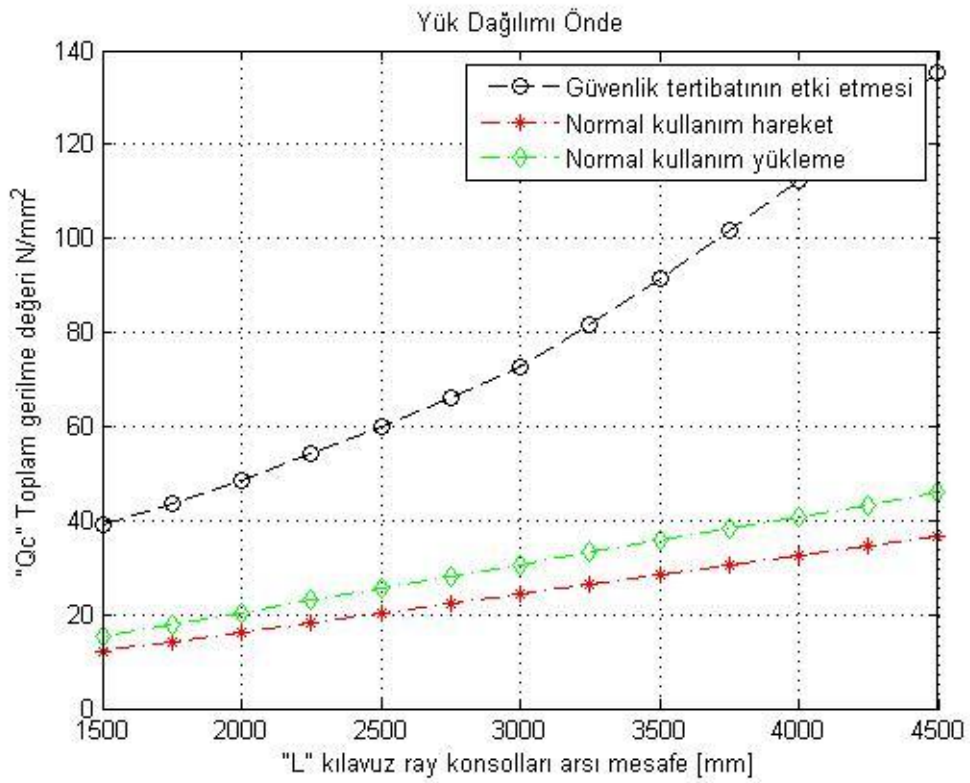
İzin verilen maksimum sehimi değeri $\delta_{\max} = 5 \text{ mm}$ 'dir. Bu değerin altında olduğu için kılavuz ray sehimleri uygundur.

Aşağıda Çizelge 7.1'de farklı yükleme durumları için kılavuz raylarda meydana gelen gerilme ve sehimi değerleri toplu olarak verilmiştir.

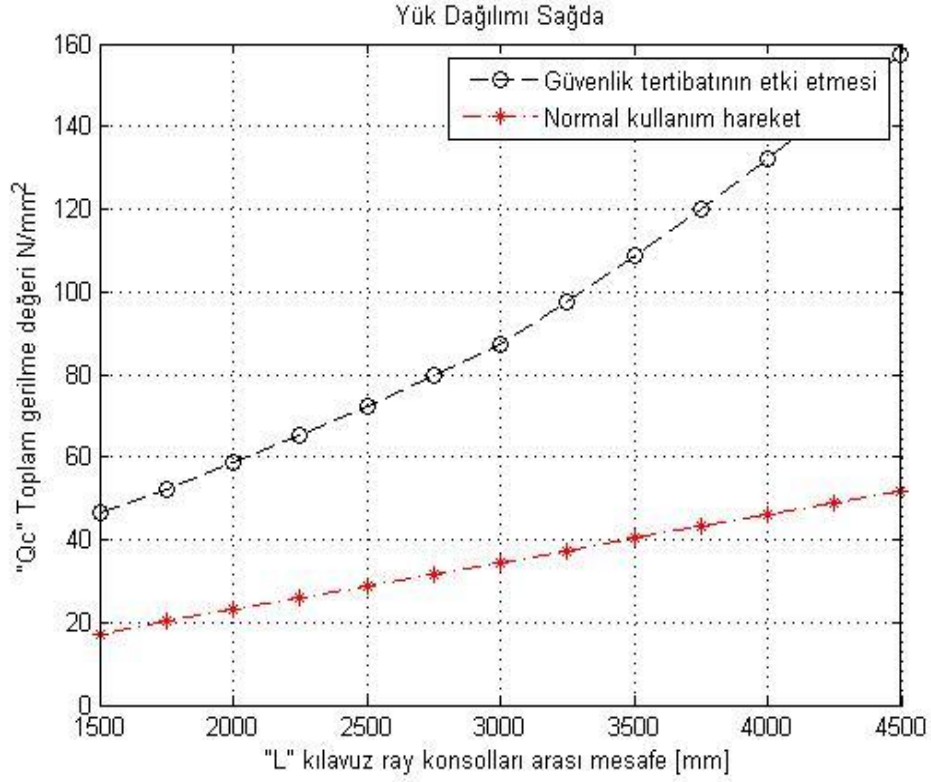
Çizelge 7.1 Farklı yükleme durumları için gerilme ve sehimi değerleri

	Güvenlik Tertibatı Devrede		Normal Durum Hareket		Normal Durum Yükleme
	Önde	Sağda	Önde	Sağda	Giriş Önde
σ_x [N/mm ²]	0	48,3	0	29	0
σ_y [N/mm ²]	42,3	11,1	25,37	6,65	31,6
σ_k [N/mm ²]	38	38	-	-	-
σ [N/mm ²]	76,1	91,5	25,37	35,65	31,6
σ_F [N/mm ²]	48,7	12,8	29,23	7,7	36,5
δ_x [mm]	2,75	0,6	1,42	0,4	1,8
δ_y [mm]	0	2,7	0	1,61	0

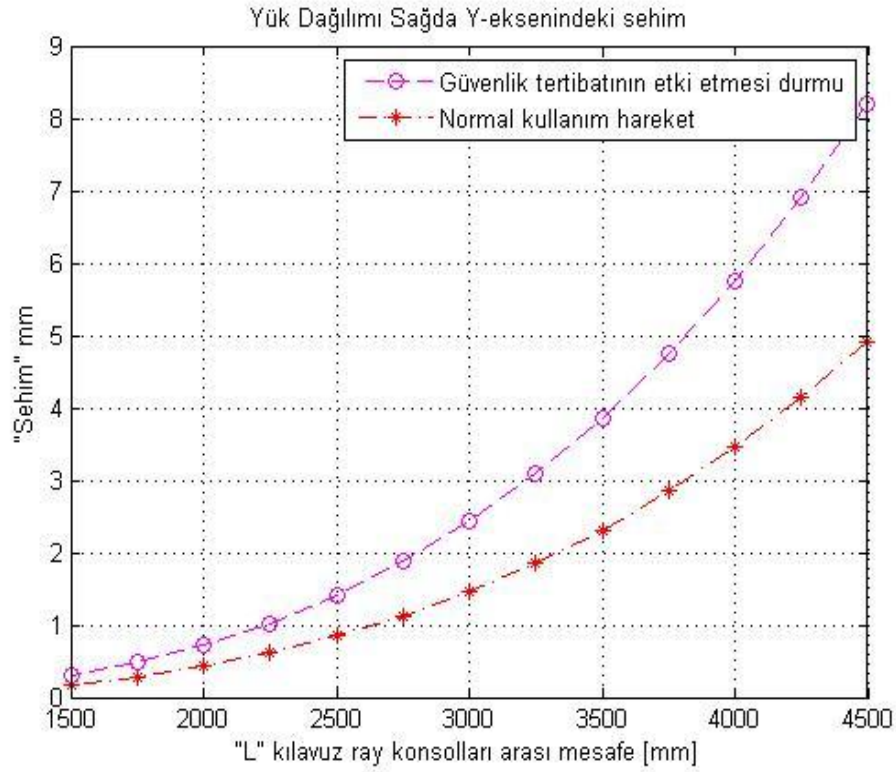
Sayısal hesaplar yapıldıktan sonra tez çalışmamda, merkezden kılavuzlu asansör için EN-81 standardına göre gerilme ve sehim analizlerini konsol arasındaki mesafenin değişimine göre hesaplayıp "gerilme-konsollar arası mesafe değişimi" ve "sehim-konsollar arası mesafe değişimi" grafiklerini oluşturan bir program MATLAB arayüzünde oluşturulmuştur. Gerilme ve sehim değerlerinin konsollar arası mesafeye göre değişimini kolaylıkla görmek amaçlanmıştır (Şekil 7.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7). Program Ek A'da verilmiştir.



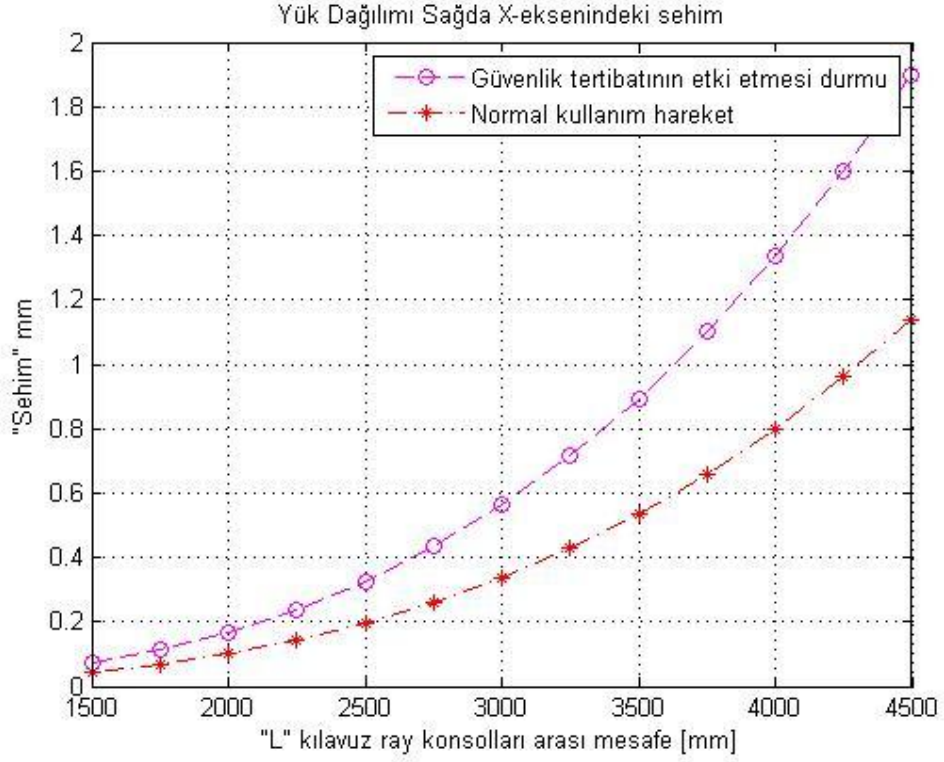
Şekil 7.3 Mesnetleme mesafelerinin değişimine göre kılavuz raydaki toplam gerilmenin değişimi-Yük dağılımının önde olması hali



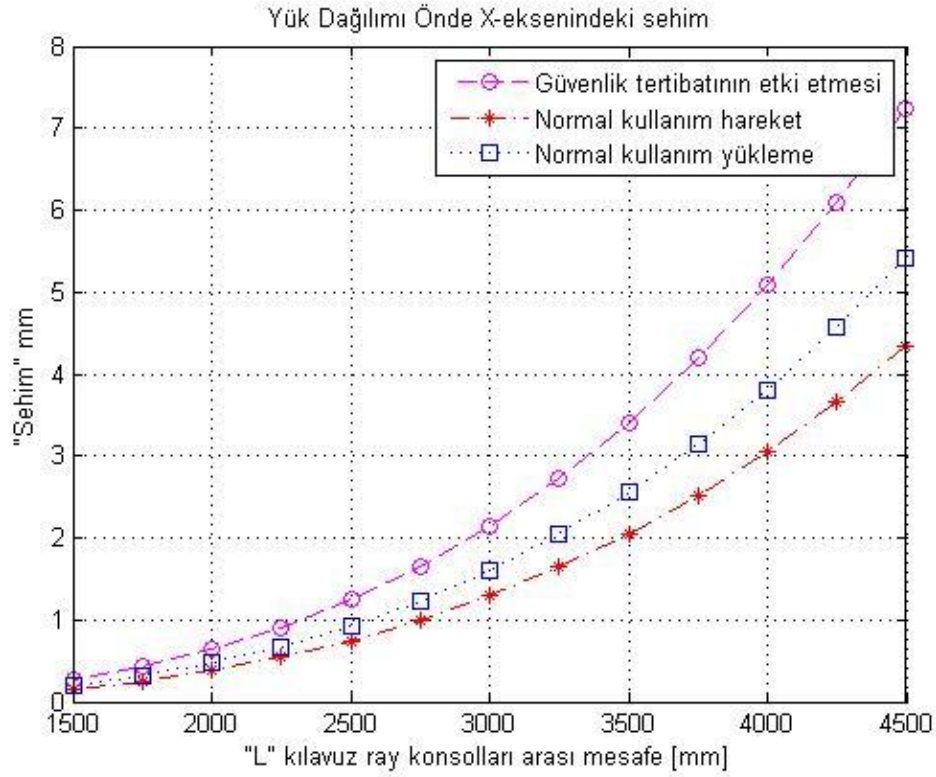
Şekil 7.4 Mesnetleme mesafelerinin değişimine göre kılavuz raydaki toplam gerilmenin değişimi-Yük dağılımının sağda olması hali



Şekil 7.5 Mesnetleme mesafelerinin değişimine göre kılavuz raydaki Y eksenindeki sehim değişimi-Yük dağılımının sağda olması hali



Şekil 7.6 Mesnetleme mesafelerinin değişimine göre kılavuz raydaki X eksenindeki sehim değişimi-Yük dağılımın sağda olması hali



Şekil 7.7 Mesnetleme mesafelerinin değişimine göre kılavuz raydaki X eksenindeki sehim değişimi-Yük dağılımının önde olması hali

ASANSÖR KILAVUZ RAY KONSOLLARININ MODELLENMESİ VE ANALİZİ

8.1 Kılavuz Ray Konsollarının Gerilme Analizi

Örnek projenin katı modeli SolidWorks paket programı kullanılarak hazırlanmıştır. İlk olarak kılavuz ray ve ray tipine uygun seçilen konsol, tırnak ve diğer bağlantı elemanlarının ayrı ayrı CAD modelleri oluşturulmuş ve montaj dosyası aynı programda yapılmıştır. Oluşturulan katı modelin ayrıntılı hali Şekil 8.1’de gösterilmiştir.



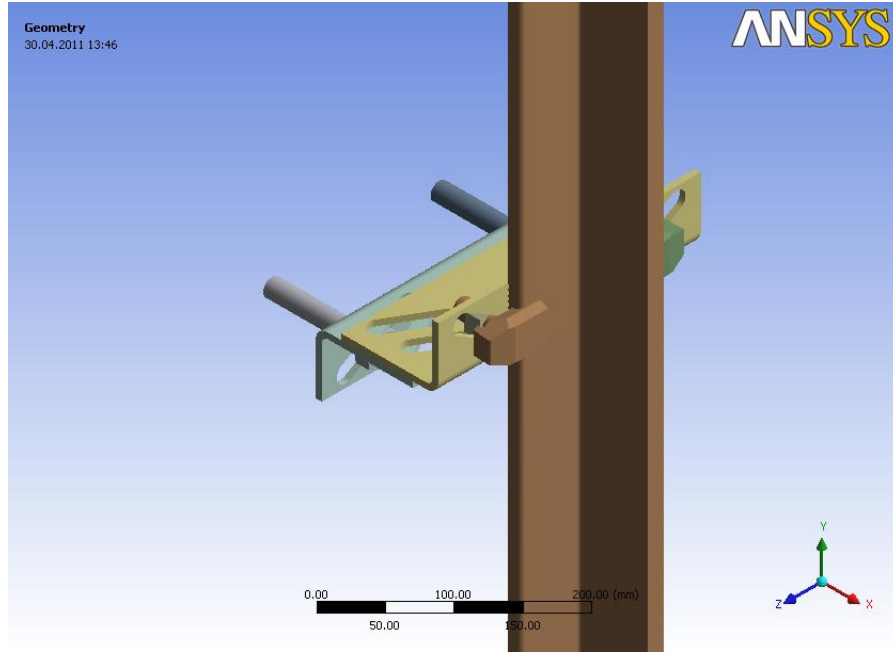
Şekil 8.1 Örnek projenin CAD modeli

Her bir elemanın ayrıntılı CAD modeli ve montaj detayları Ek C’de verilmiştir.

8.1.1 Modelin ANSYS Workbench V11’e Aktarılması

Kılavuz ray konsollarının gerilme analizi ANSYS Workbench V11 sonlu elemanlar paket programı ile gerçekleştirilmiştir.

Modeli ANSYS Workbench V11’e aktarmadan önce, analiz sürecini kısaltmak için bir takım basitleştirmelerde bulunulmuştur. SolidWorks paket programında modelleme yapıldıktan sonra model IGES formatına çevrilmiştir. Bu dosya türü tüm çizim ve analiz programlarında kullanılabilen ortak bir dosya türüdür. Ele alınan modelin ANSYS Workbench V11’e aktarılmış hali Şekil 8.2’de gösterilmiştir.

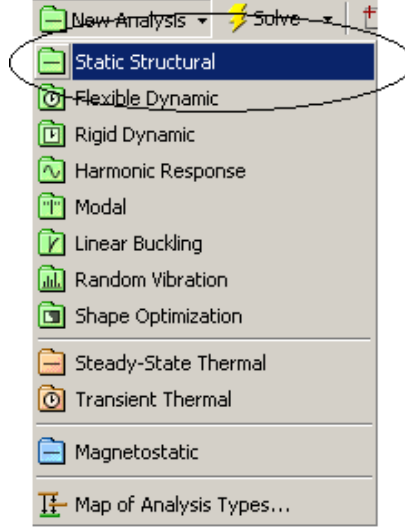


Şekil 8.2 Kılavuz ray, konsol ve bağlantı elemanları basitleştirilmiş katı modeli

Şeklin katı modeli oluşturulduktan sonra, sırasıyla, elemanlara malzeme özellikleri atanır, temas özellikleri tanımlanır, şekle ağ örülür, sınır şartları girilir ve sonuçlar alınır.

8.1.2 Analiz Tipinin Seçilmesi

Katıların hareketi, üzerlerindeki gerilme, basınç ve birbirleri ile kontak halinde olmaları üzerine bir analiz yapacağımızdan; yapısal analiz uygulamasını seçeriz.



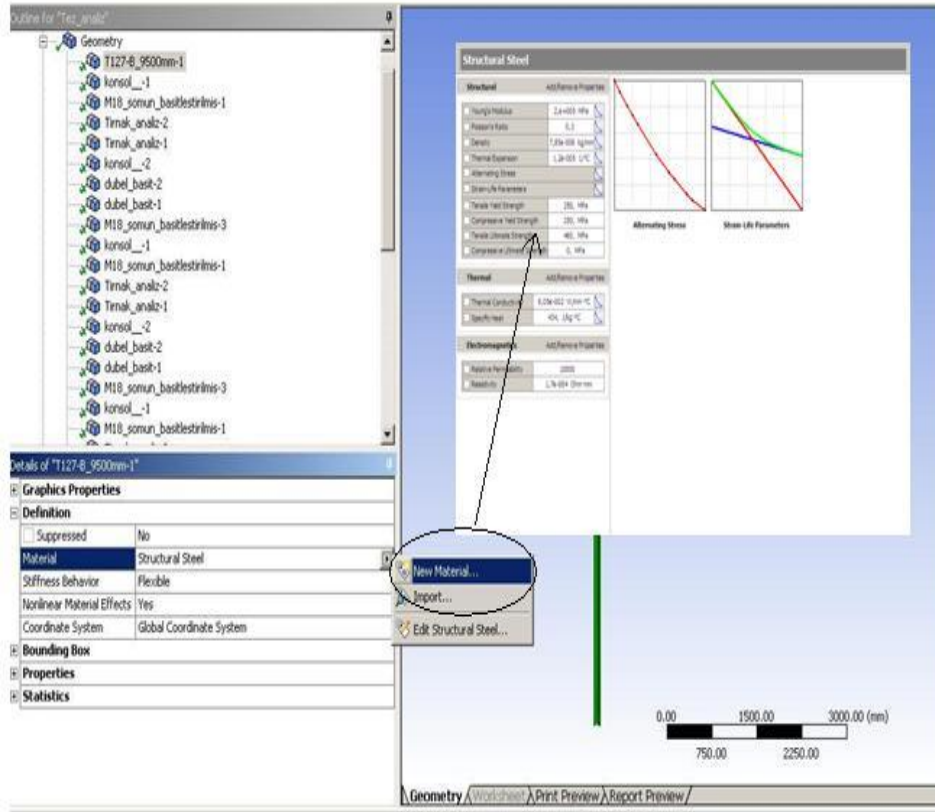
Şekil 8.3 Analiz tipinin seçilmesi

8.1.3 Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

Kullanılan kılavuz ray, konsol, tırnak ve bağlantı elemanları Hooke Yasasına göre homojen ve izotropik elastiktir. Her bir elemanın malzeme özellikleri Çizelge 8.1’de verilmiş ve bu değerler ANSYS Workbench V11’e girilmiştir (Şekil 8.4).

Çizelge 8.1 Malzeme özellikleri

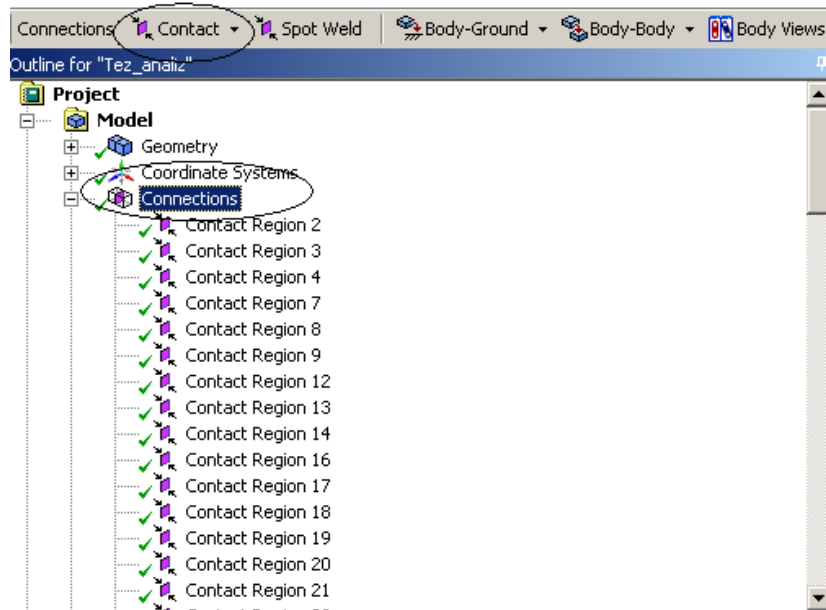
	Malzeme Cinsi	Yoğunluk [kg/m ³]	Elastisite Modülü [GPa]	Poisson Oranı	Akma Gerilmesi [Mpa]
Kılavuz ray	St 37	7850	207	0,3	205
Tırnak	Cm45	7850	207	0,3	530
Konsol	St 42	7850	207	0,3	350
Bağlantı elemanları	St 37	7850	207	0,3	205



Şekil 8.4 Malzeme özelliklerinin tanımlanması

8.1.4 Temas Özelliklerinin Belirlenmesi

“Connections” sekmesinden temas bölgeleri özellikleri tanımlanır. Analizde bu kısım çok önemlidir. İki yüzeyin birbirine göre nasıl hareket edeceği buradan belirlenir.

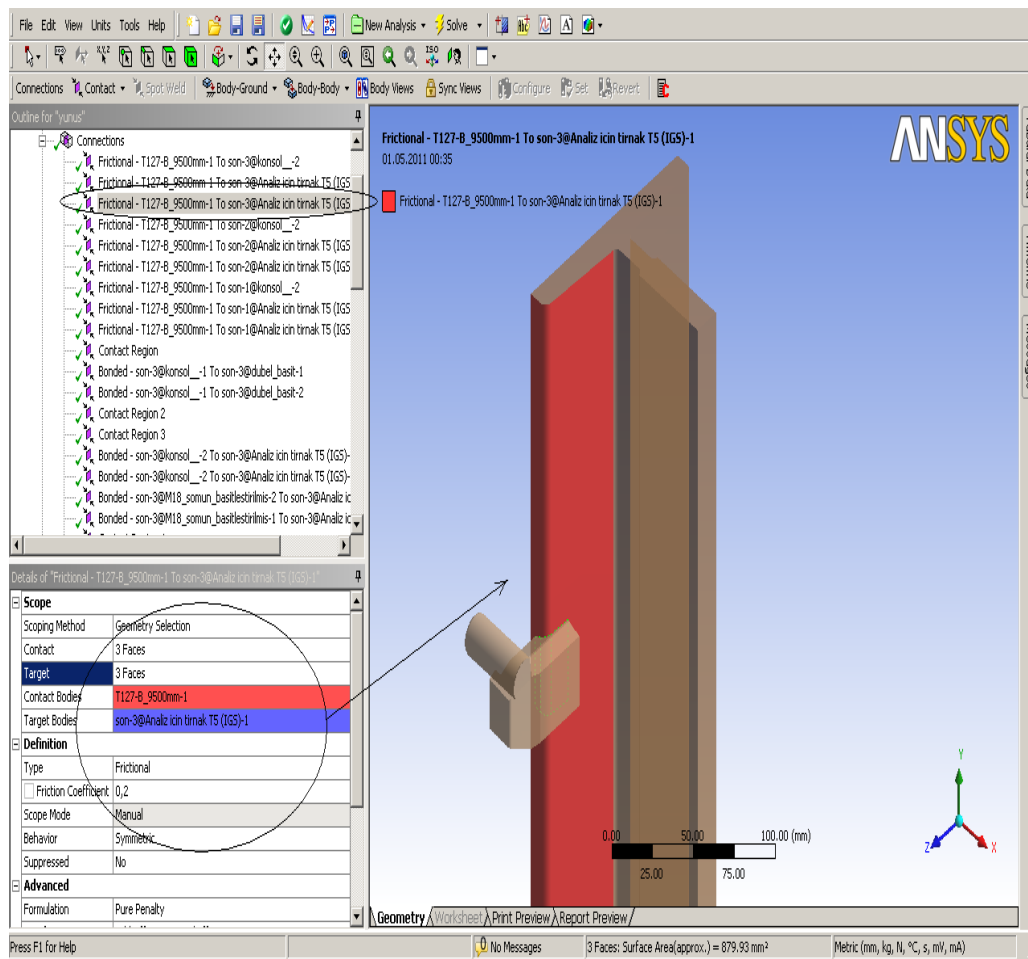


Şekil 8.5 Temas özelliklerinin tanımlanması

ANSYS Workbench V11'de beş farklı temas özelliği tanımlamak mümkündür;

- Bonded: Birbiri ile temas eden iki yüzeyin tek yüzey gibi tanımlanmasını sağlayan temas özelliğidir.
- No separation: İki yüzeyin birbiri üzerinde hareket edebileceğini fakat birbiri üzerinden ayrılamayacağını tanımlar.
- Frictionless: Sürtünmesiz yüzey tanımlamada kullanılır.
- Rough: Pürüzlü yüzey tanımlamada kullanılır.
- Frictional: Sürtünmeli yüzey tanımlamada kullanılır ve sürtünme katsayısını tanımlamamıza olanak sağlar.

İlk iki temas özelliği lineer (zamandan bağımsız) çözümler için kullanılırken. Son üçü non lineer (zamana bağımlı) çözümler için kullanılır.



Şekil 8.6 Temas özelliklerinin tanımlanması

Analiz sisteminde her bir katı modelin birbirleriyle olan yüzey temasları;

- Kılavuz ray konsolları ile kılavuz ray arasında “Frictional Support” tanımlanmış, metal metal sürtünmesi olduğu için sürtünme katsayısı 0,2 kabul edilmiştir.
- Kılavuz ray tırnakları ile kılavuz arasında “Frictional Support” tanımlanmış metal, metal sürtünmesi olduğu için sürtünme katsayısı 0,2 kabul edilmiştir.
- İki konsolun birbirine tespit şekli ve modelin basitleştirilmesi açısından konsollar arasında “Bonded” temas özelliği tanımlanmıştır.
- Çelik dübel ile kılavuz ray konsolu arasında “Bonded” temas özelliği tanımlanmıştır.

8.1.5 Eleman Tipinin Seçilmesi ve Sonlu Eleman Ağının Oluşturulması

Sonlu eleman analizi için katı modelin sonlu sayıda elemana bölünmesi gerekmektedir. ANSYS Workbench V11 programı elemana bölme işlemini otomatik olarak yapılabilmekte ve aynı zamanda sonlu eleman ağının önemli parametrelerinin kullanıcı tarafından girilmesine olanak sağlamaktadır.

ANSYS Workbench V11, katı modelin analiz dosyasına alınması ile birlikte kaba bir boyutlandırma ile sonlu eleman ağını oluşturur. İlk olarak oluşturulan bu ağ genellikle gerçeğe yakın sonuçların elde edilmesi ve hatta kimi durumlarda analizin gerçekleşmesi için bile yeterli gelmemektedir.

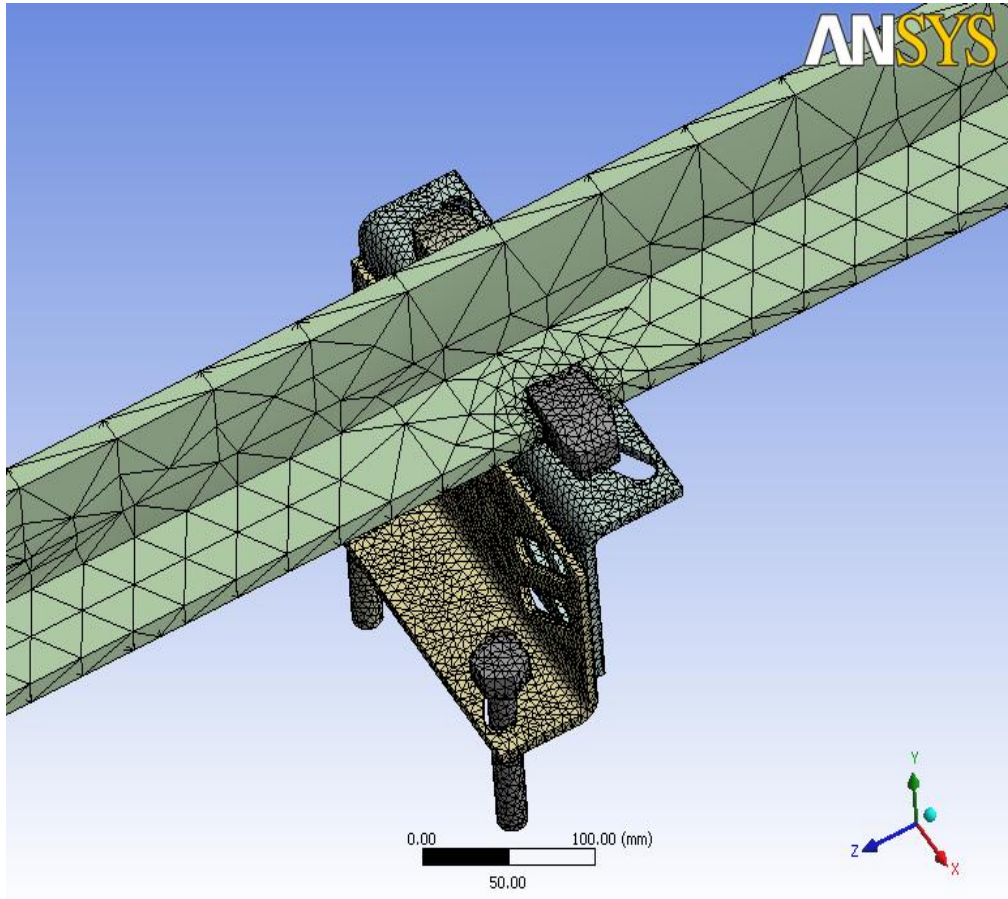
Eleman sayısının düşük tutulması gerçekten uzak sonuç vermekte olduğu gibi, çok fazla sayıda eleman kullanılması analiz için gereken bilgisayar gereksinimini artırmakta ve analiz süresini uzatmaktadır. Bu nedenle sonlu eleman ağındaki eleman sayısı, kullanıcı tarafından iyi bir şekilde optimize edilmelidir. ANSYS Workbench V11 programında çözüm sonrası "Structural Error" komutu ile sonlu eleman ağındaki eleman sayısındaki hassasiyet nedeniyle oluşan hatalar enerji metotları kullanılarak hesaplanabilmekte, hata dağılımlarını geometri üzerinde göstererek kullanıcıya oluşturduğu sonlu eleman ağının hassasiyeti hakkında fikir verebilmektedir. Hataların yüksek olduğu bölgelerde "Mesh>Refinement" komutu ile eleman sayısı artırılabilir [19].

Bu çalışmada ANSYS Workbench V11’de otomatik mesh işlemi uygulanarak tüm sistem 190261 nod ve 94025 elemana ayrılmıştır. Mesh işleminden önce konsollar için “Mesh> Mesh control>Sizing” sekmesinden maksimum eleman boyutu, konsol kalınlığı kadar 6

mm'e ayarlanmış ve T5 tırnak ile ray arasındaki temas bölgesi için maksimum eleman boyutu "Mesh>Mesh control>Contact sizing" sekmesinden 3 mm'e ayarlanmıştır.

Çizelge 8.2 Sistemdeki eleman ve nod sayıları

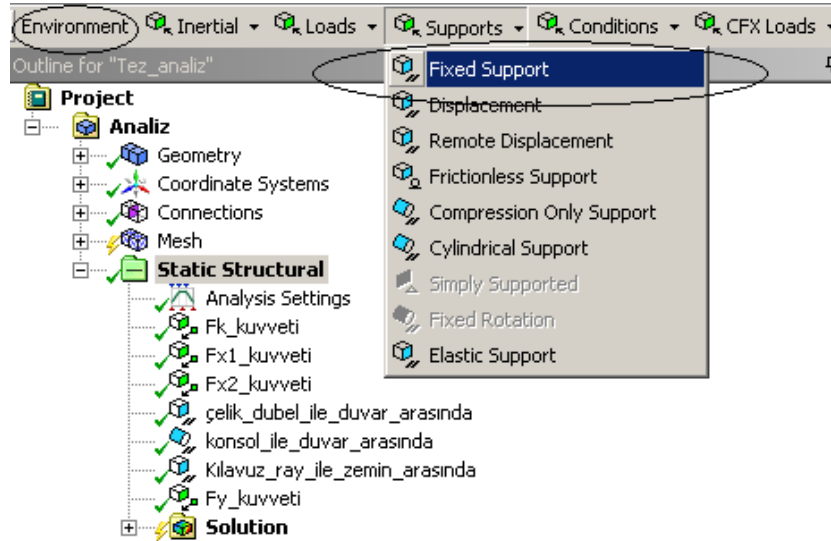
	Konsol	Kılavuz Ray	T5 Tırnak	Somun	Çelik Dübel
Eleman Sayısı	8050	20836	2637	51	1472
Nod Sayısı	17113	39954	4763	387	2812



Şekil 8.7 Sonlu eleman ağı

8.1.6 Sınır Şartlarının Belirlenmesi

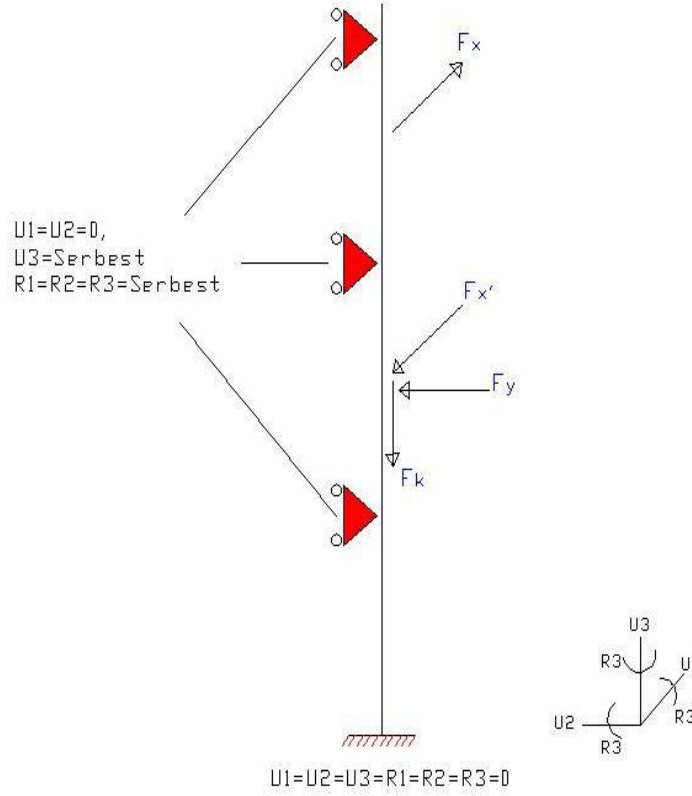
Analiz tipi ve malzeme özellikleri tanımlandıktan sonra “Environment>Support” sekmesinden sınır şartları atanmıştır.



Şekil 8.8 Sınır şartlarının atanması

Modele aşağıdaki sınır şartları atanmıştır;

- Çelik dübel ile duvar arasında sabit bir bağlantı olacağı için $U_1=U_2=U_3=0$, $R_1=R_2=R_3=0$ 'dır. ANSYS Workbench V11'de “Fixed Support” komutu ile çelik dübellere sınır şartı atanmıştır.
- Kılavuz ray konsolları ile duvar arasında, duvar ekseninin normaline göre dik hareketlerin kısıtlanması gerekmektedir, bu nedenle “Frictionless Support” atanır. Bu kısıtlamada, konsollar ile duvar yüzeyi arasındaki temasın olduğu konsollar da U_1, U_3 ve R_2 serbest, U_2, R_1 ve R_3 sıfırdır.
- Kılavuz rayın zemine tam oturması hali için analizler gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle rayın uç kısmında $U_1=U_2=U_3=R_1=R_2=R_3=0$ tayin edilmiş ve “Fixed Support” atanmıştır.



Şekil 8.9 Sistemin temel modeli

8.1.7 Kuvvetlerin Uygulanması

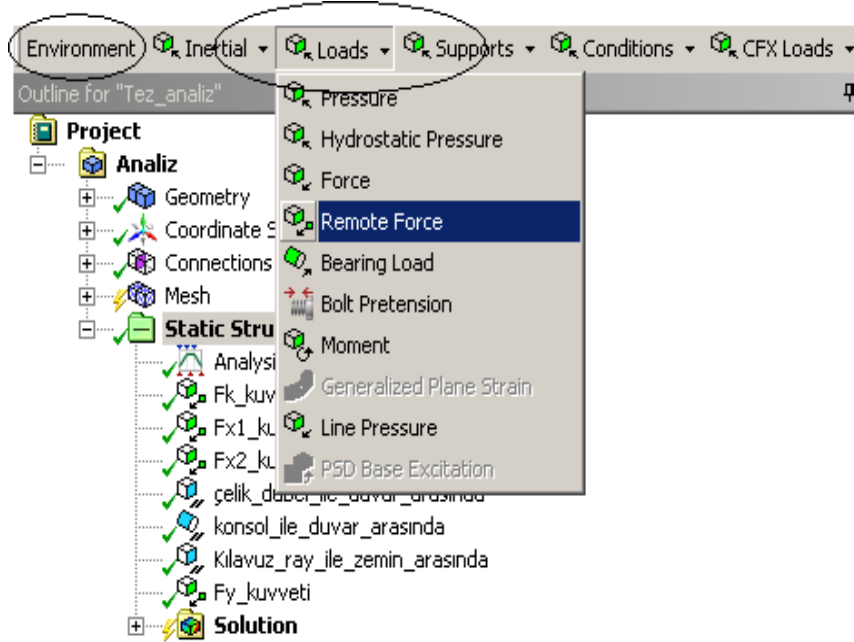
Kılavuz raya farklı yükleme durumları ve çalışma koşulları için etki eden kuvvetler değişmektedir. Bölüm 7’de etki eden kuvvetler hesaplanmıştır. Çizelge 8.3’de Farklı çalışma koşulları ve yükleme halleri için kılavuz raylara etki eden kuvvetler gösterilmiştir.

Çizelge 8.3 Farklı çalışma koşulları ve yükleme halleri kılavuz raylara etki eden kuvvetler

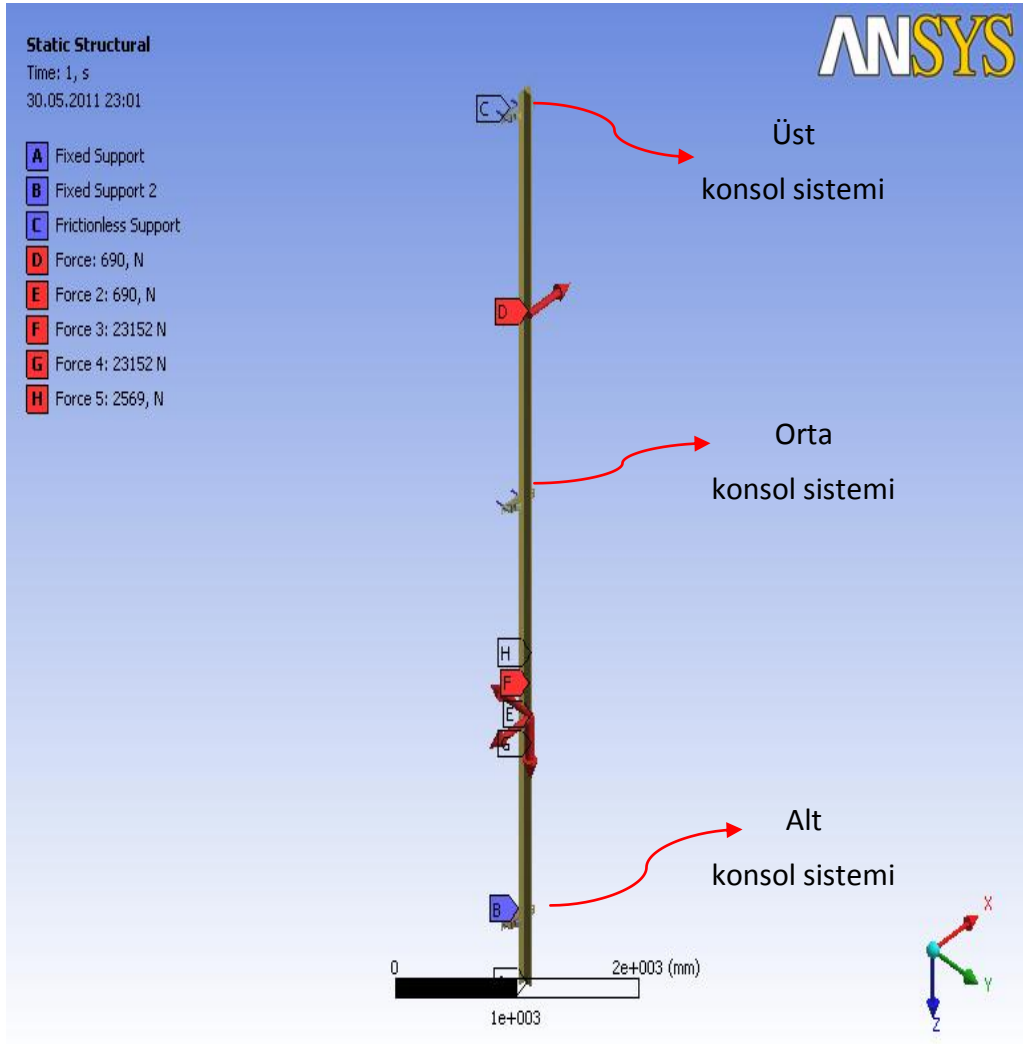
		$F_x[N]$	$F_y[N]$	$F_k[N]$
Güvenlik Tertibatının Çalışması	Yük Dağılımı Önde	-2633	0	46303
	Yük Dağılımı Sağda	-690	2569	46303
Normal Kullanım-Hareket	Yük Dağılımı Önde	-1580	0	-
	Yük Dağılımı Sağda	-414	1541,3	-

Normal Kullanım-Yükleme	Girişin Önde olması	-1970	0	-
En Kötü Hal Durumu-Güvenlik Tertibatının Tek Raya Etkimesi	Yük Dağılımı Önde	-2633	0	92606
	Yük Dağılımı Sağda	-690	2569	92606

ANSYS Workbench V11'de kuvvetler "Environment>Loads" sekmesinden uygulanır. Kuvvetler ile birlikte her bir T5 Tırnağa 20000 N'luk bir ön yüklemeye yapılmıştır. Şekil 8.10'da yük dağılımı sağda ve güvenlik tertibatı devrede olması hali için kılavuz raya gelen kuvvetlerin ANSYS Workbench V11'e uygulanışı gösterilmiştir.



Şekil 8.10 ANSYS Workbench V11'de kuvvetlerin uygulanması



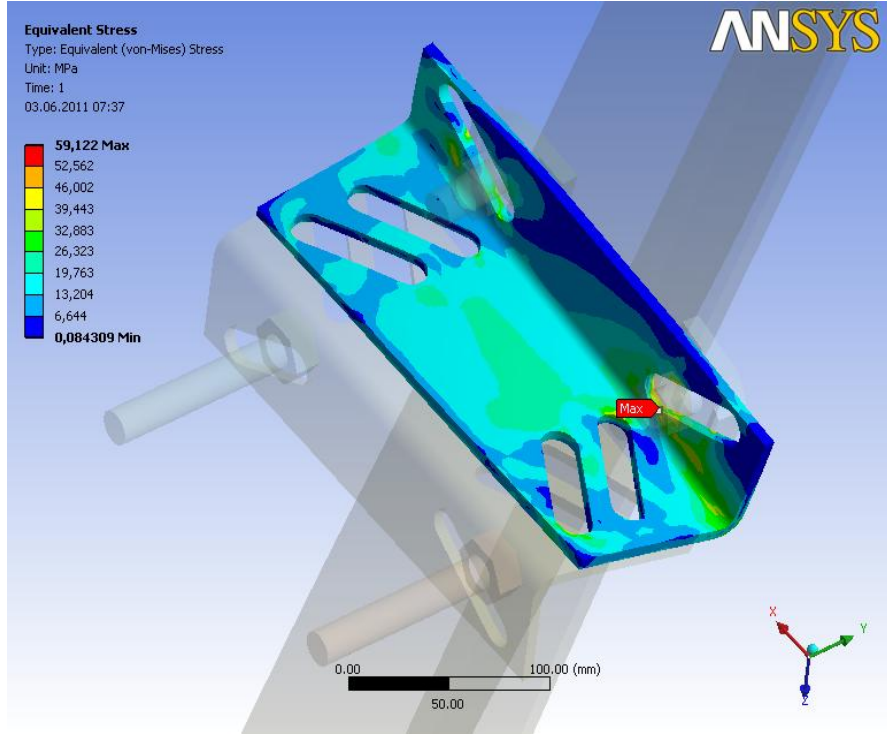
Şekil 8.11 ANSYS Workbench V11' de kuvvetlerin ve sınır şartlarının uygulanması

8.1.8 Analizin Gerçekleştirilmesi ve Sonuçlar

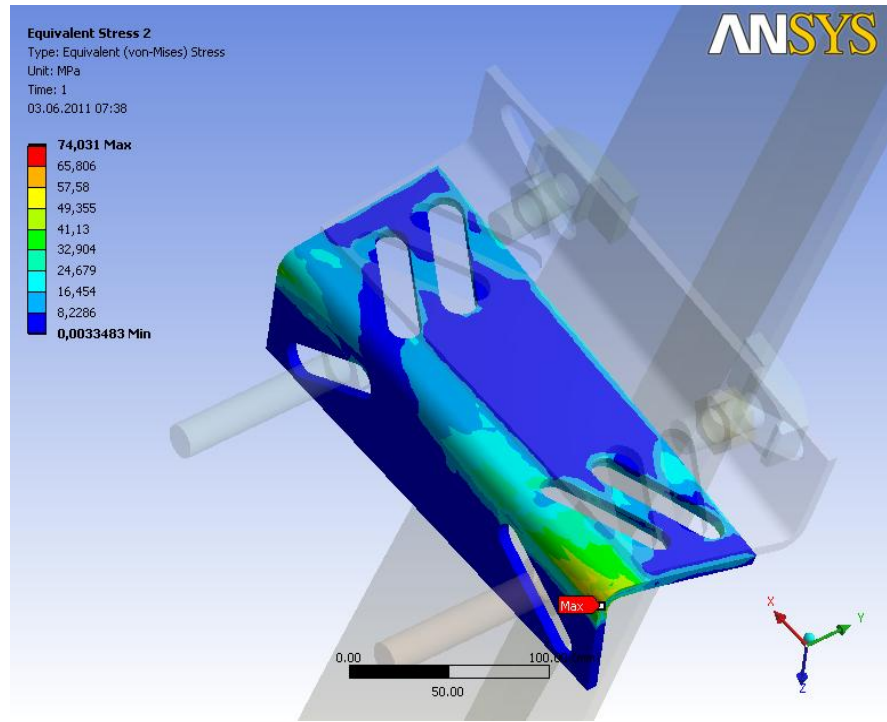
Analiz kısmında üç farklı durum göz önüne alınmıştır.

- Birinci durumda, konsollar ile kılavuz ray arasındaki montajın önerilen şekillerde gerçekleştirildiği kabul edilmiş ve farklı yükleme halleri için gerilme analizleri yapılmıştır.
- İkinci durumda, konsollar ile kılavuz ray arasında, tavsiye edilmeyen bir montaj şeklinin gerçekleştirildiği kabul edilmiş (kaynaklı bağlantı) ve gerilme analizleri yapılmıştır.
- Üçüncü durum, güvenlik tertibatının tek raya etki etmesi durumudur.

Aşağıda örnek olarak güvenlik tertibatının çalıştığı ve yük dağılımının önde olduğu durum için ANSYS Workbench V11'de elde edilen gerilmeler Şekil 8.12, Şekil 8.13 ve Şekil 8.14'da gösterilmiştir.

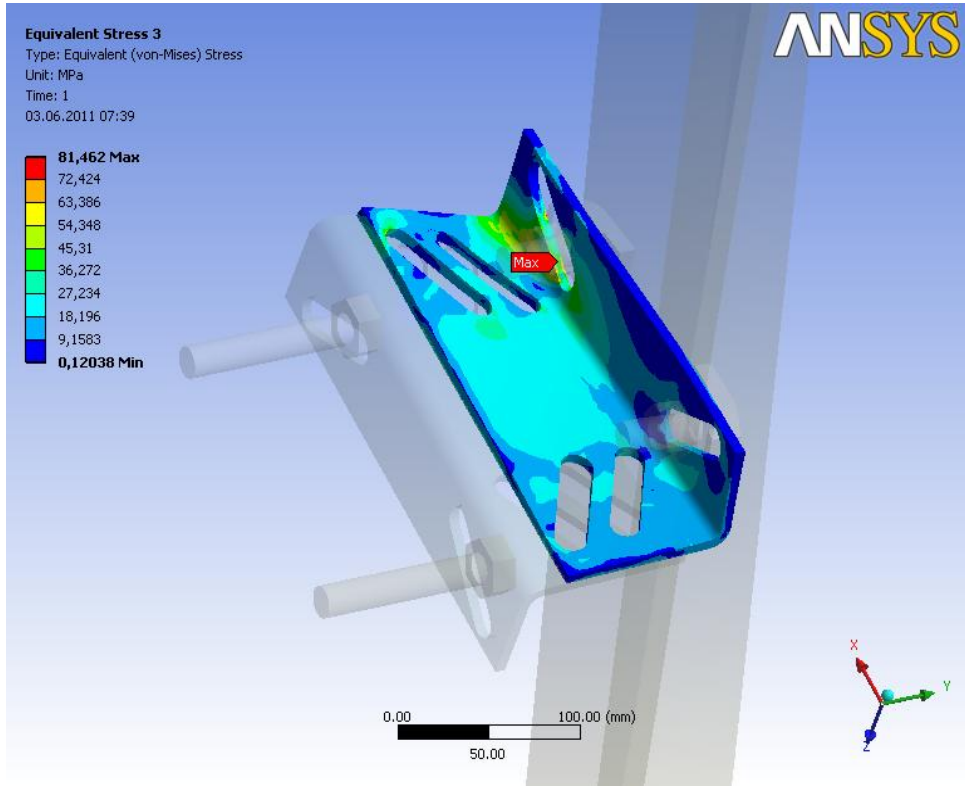


Üst Konsol

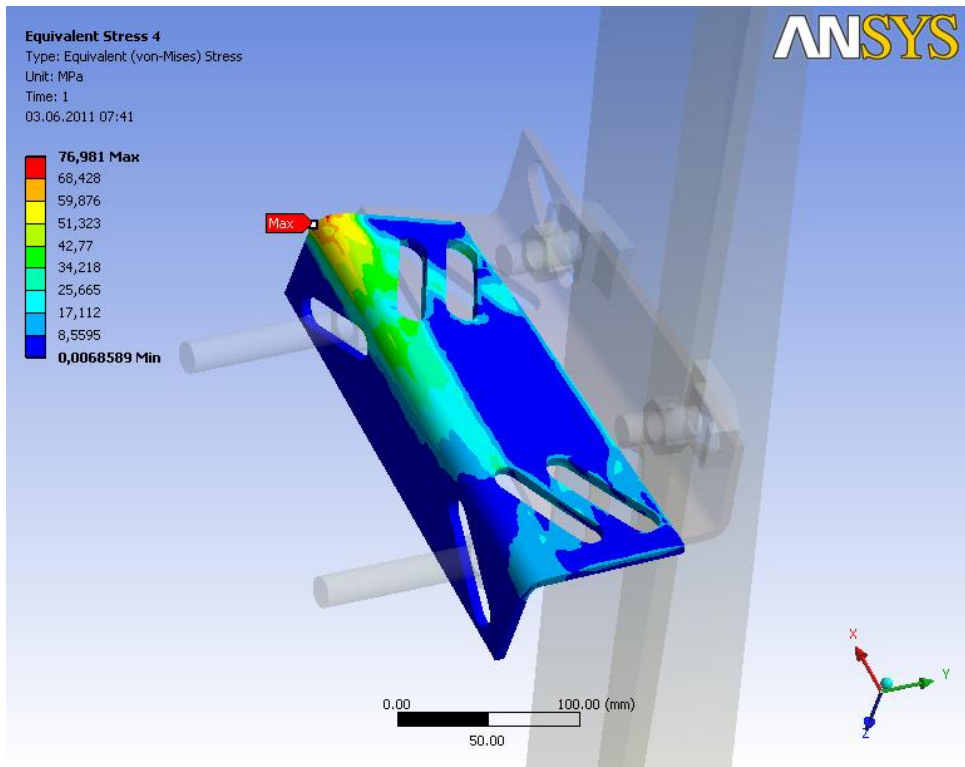


Alt Konsol

Şekil 8.12 Üst konsol sisteminde meydana gelen gerilme değerleri

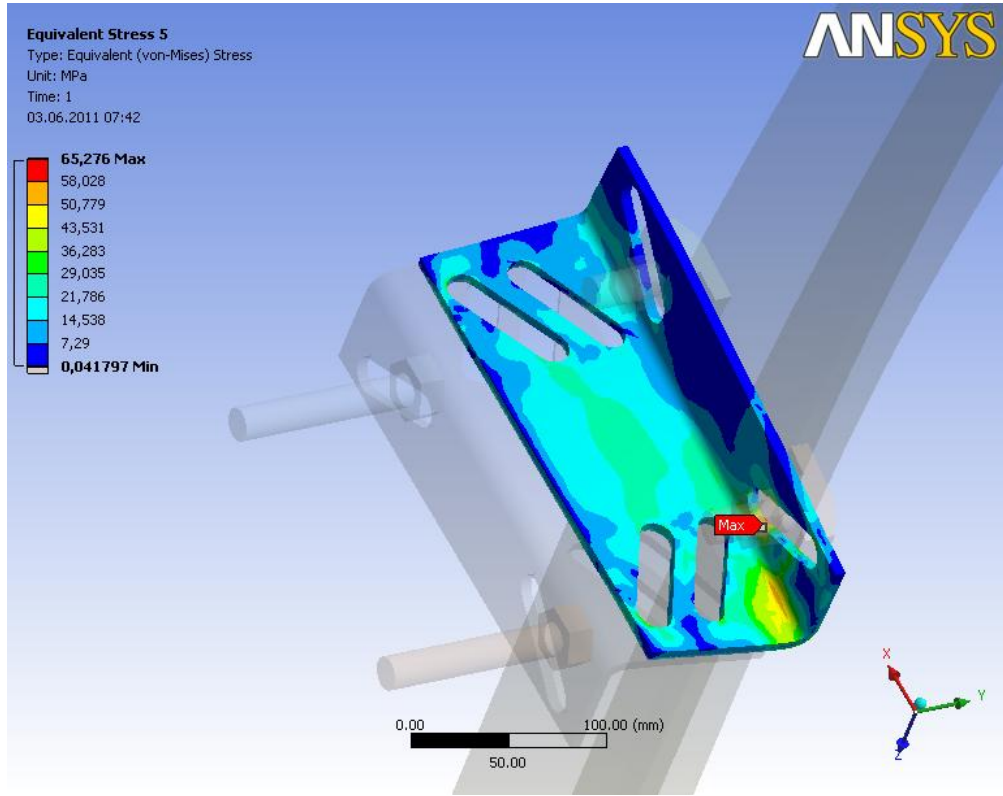


Üst Konsol

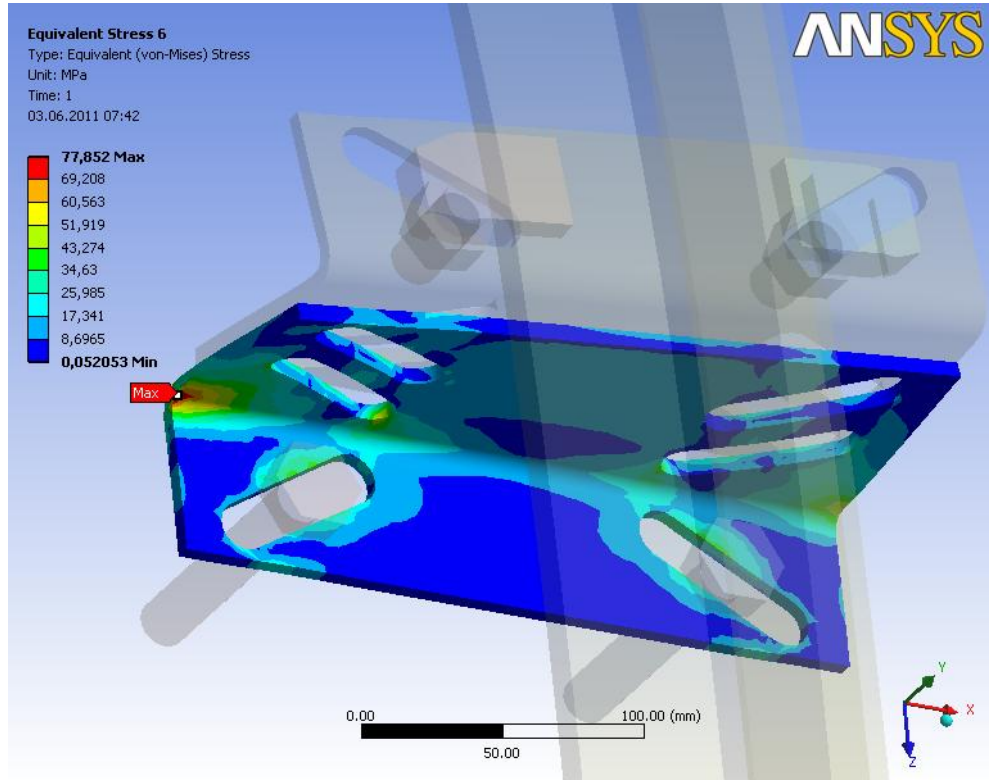


Alt konsol

Şekil 8.13 Orta konsol sisteminde meydana gelen gerilme değerleri



Üst Konsol



Alt Konsol

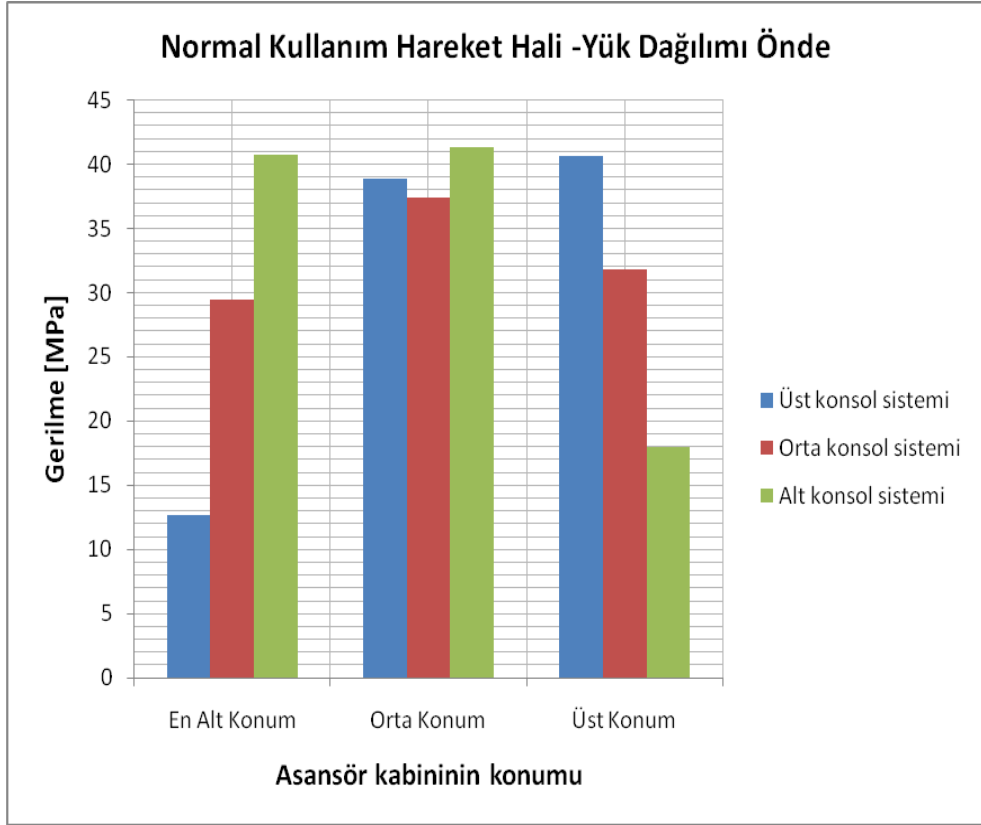
Şekil 8.14 Alt Konsol sisteminde meydana gelen gerilme değerleri

Gerilme analizlerinde, kabinin üst pateni ile kılavuz rayın alt ucu arası 4100 mm'den başlayıp 1000 mm arttırılarak sonuçlar elde edilmiştir.

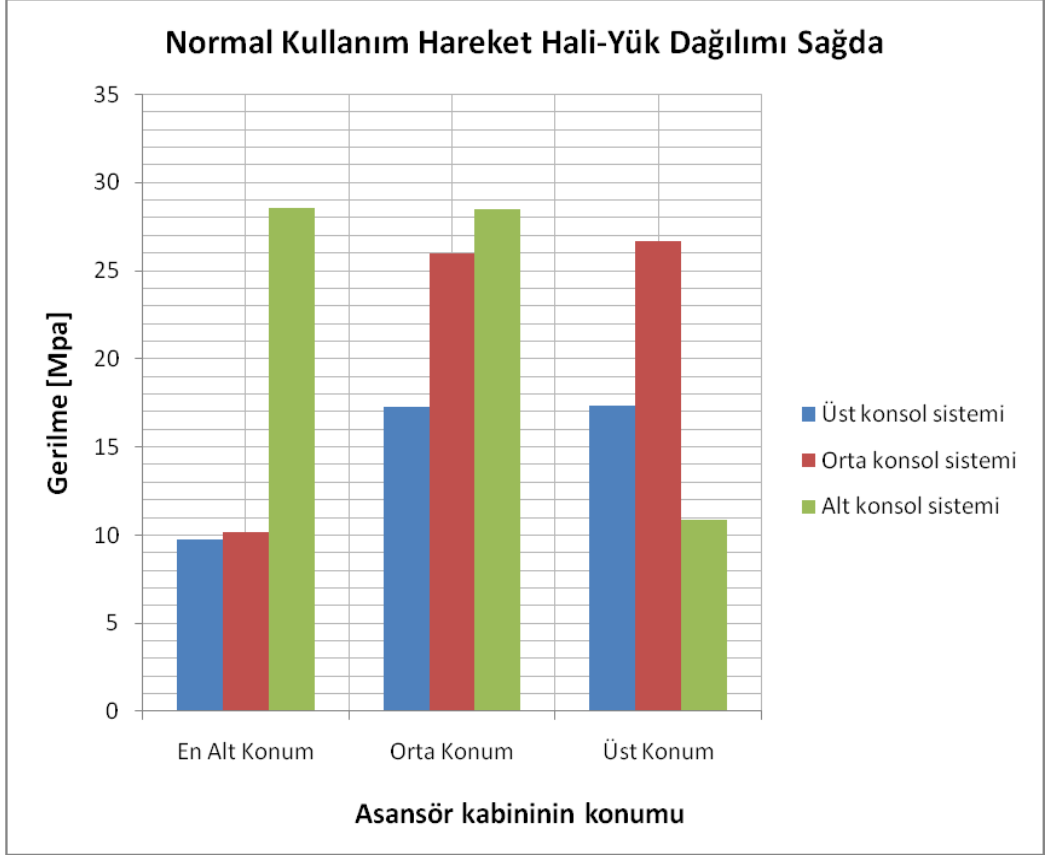
Çizelge 8.4 Kabinin farklı konumları için konsollarda oluşan gerilmeler

Kuvvetlerin Farklı Mesafelerde Etkimesi Durumu		Konsollarda oluşan gerilmeler [Mpa]			
			Kabinin alt konumda olması hali	Kabinin orta konumda olması hali	Kabinin üst konumda olması hali
Güvenlik Tertibatının Çalışması	Yük Dağılımı Önde	Üst Konsol	26,79	74,031	95,749
		Orta Konsol	68,215	81,462	68,019
		Alt Konsol	72,487	77,852	36,24
	Yük Dağılımı Sağda	Üst Konsol	19,039	45,351	72,523
		Orta Konsol	27,195	35,301	51,072
		Alt Konsol	38,76	68,446	45,05
Normal Kullanım-Hareket	Yük Dağılımı Önde	Üst Konsol	12,709	38,912	40,635
		Orta Konsol	29,496	37,366	31,757
		Alt Konsol	40,716	41,314	17,932
	Yük Dağılımı Sağda	Üst Konsol	9,7233	17,279	17,371
		Orta Konsol	10,17	25,985	26,686
		Alt Konsol	28,582	28,465	10,858
Normal Kullanım-Yükleme	Girişin Önde olması	Üst Konsol	15,487	48,487	50,508
		Orta Konsol	36,789	45,456	39,4
		Alt Konsol	50,915	51,515	21,495
Güvenlik Tertibatının Tek Raya Etkimesi Durumu(En kötü hal)	Yük Dağılımı Önde	Üst Konsol	48,316	96,489	95,749
		Orta Konsol	97,185	124,1	68,019
		Alt Konsol	89,102	85,715	36,24
	Yük Dağılımı Sağda	Üst Konsol	29,565	74,234	72,523
		Orta Konsol	59,985	71,318	51,072
		Alt Konsol	36,272	86,985	45,05

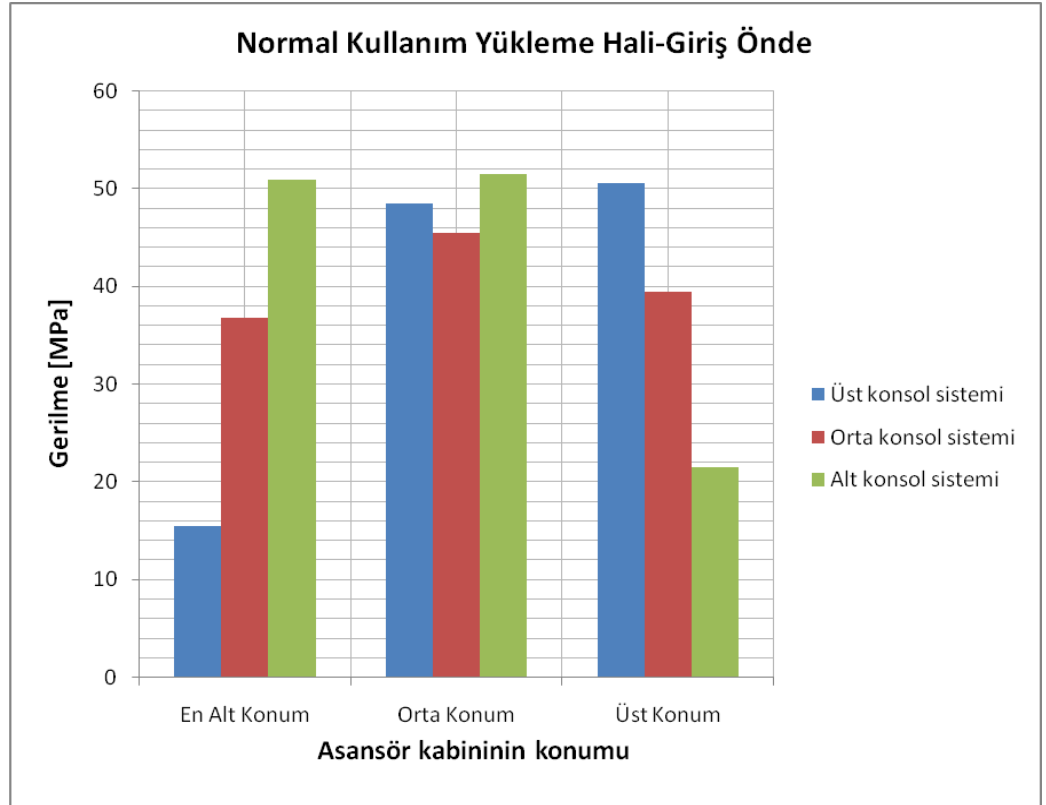
Şekil 8.15, Şekil 8.16, Şekil 8.17, Şekil 8.18, Şekil 8.19, Şekil 8.20 ve Şekil 8.21’de Asansör kabininin farklı üç konumu ve asansörün farklı kullanım halleri için, kılavuz ray konsollarında meydana gelen gerilmeler karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.



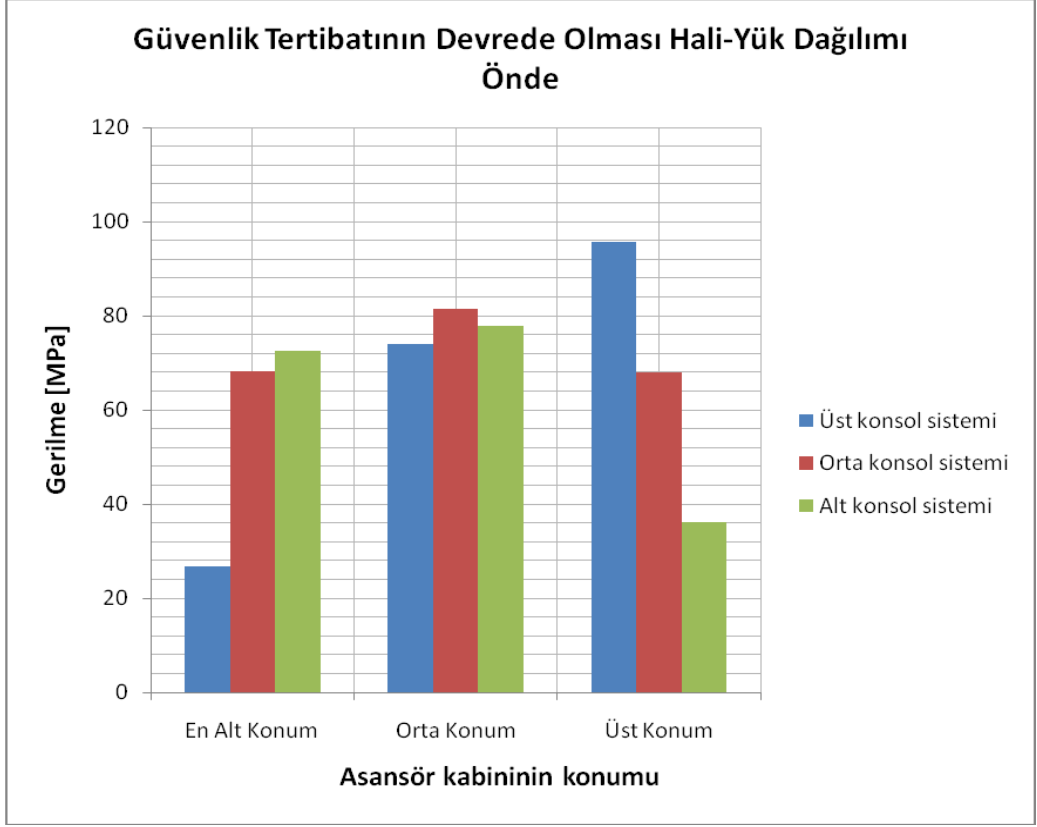
Şekil 8.15 Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri



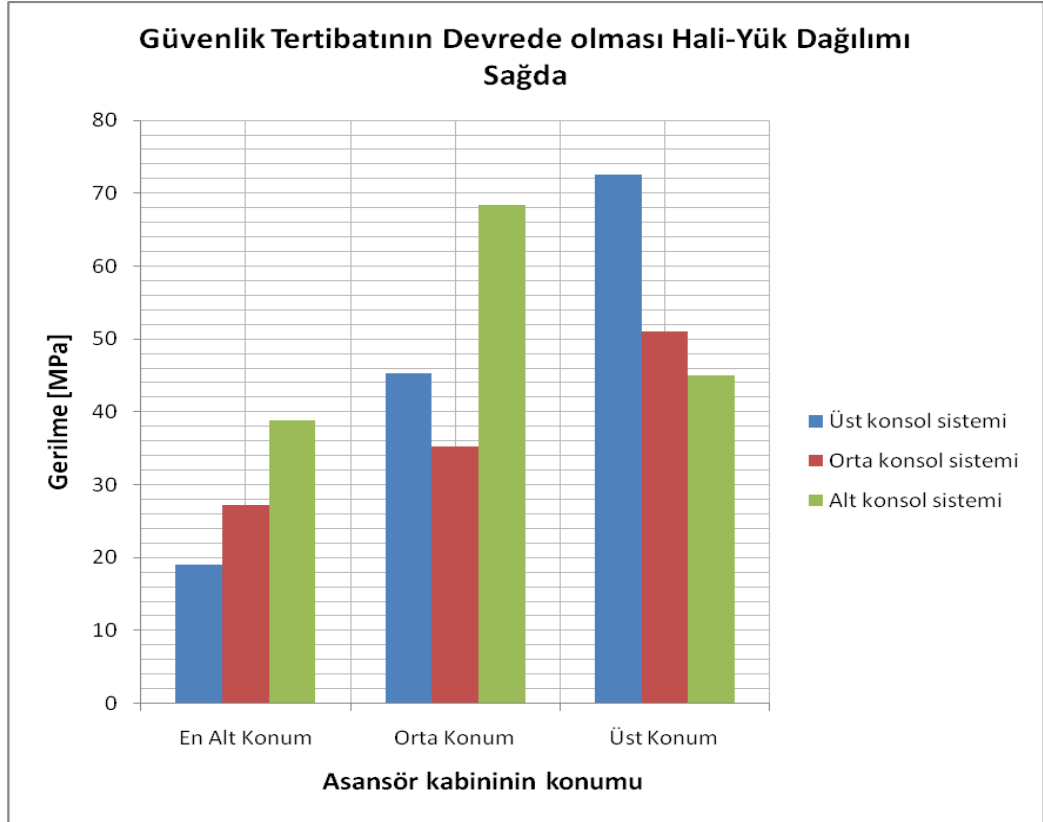
Şekil 8.16 Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri



Şekil 8.17 Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri



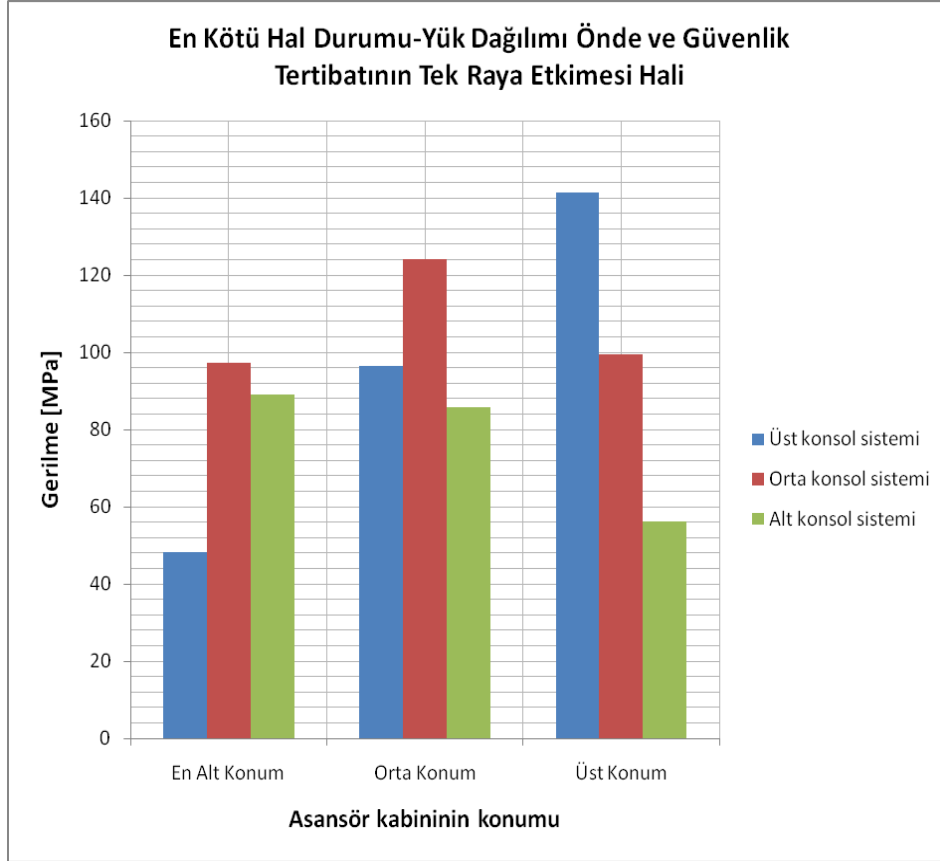
Şekil 8.18 Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri



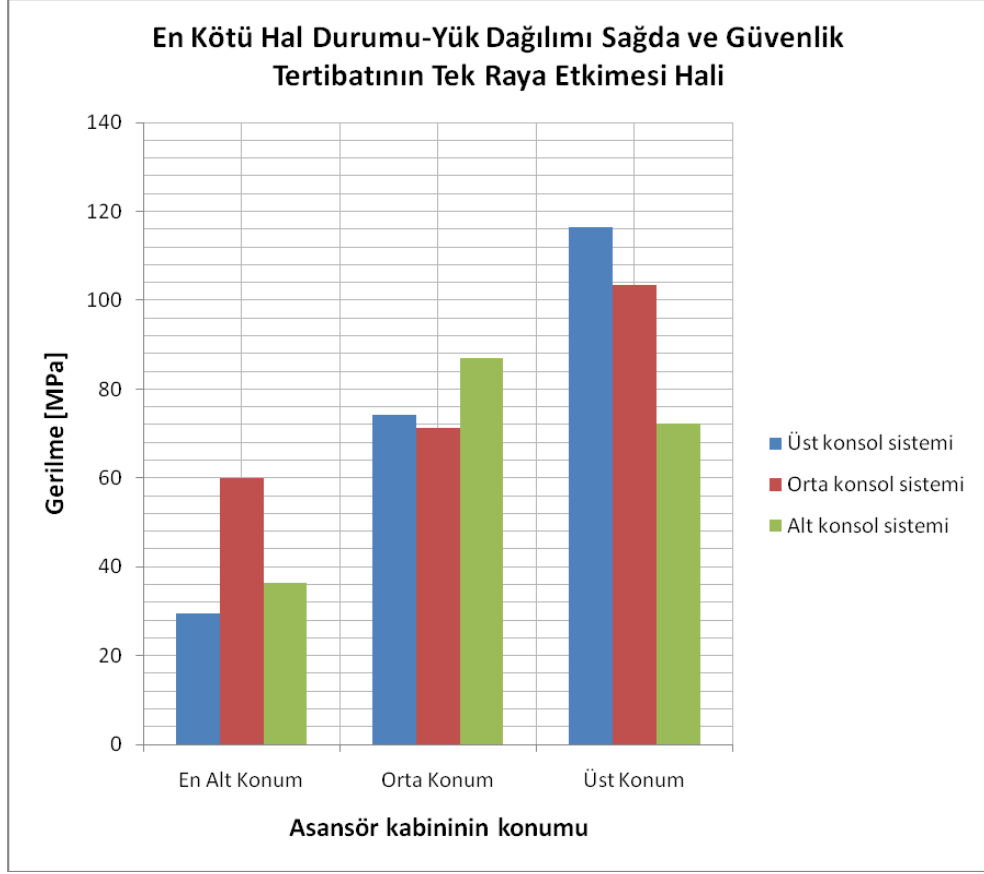
Şekil 8.19 Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri

Şekil 8.18 ve Şekil 8.19 'dan da anlaşılacağı üzere asansörün en önemli çalışma durumu güvenlik tertibatının devrede olduğu durumdur. Güvenlik tertibatının devrede olduğu durumda gerilme değerleri, diğer çalışma durumlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Ancak örnek projedeki seçilen kılavuz ray konsollarının sistem içinde güvenli bir şekilde görev yaptığı, Şekil 8.18 ve Şekil 8.19'da görülebilmektedir.



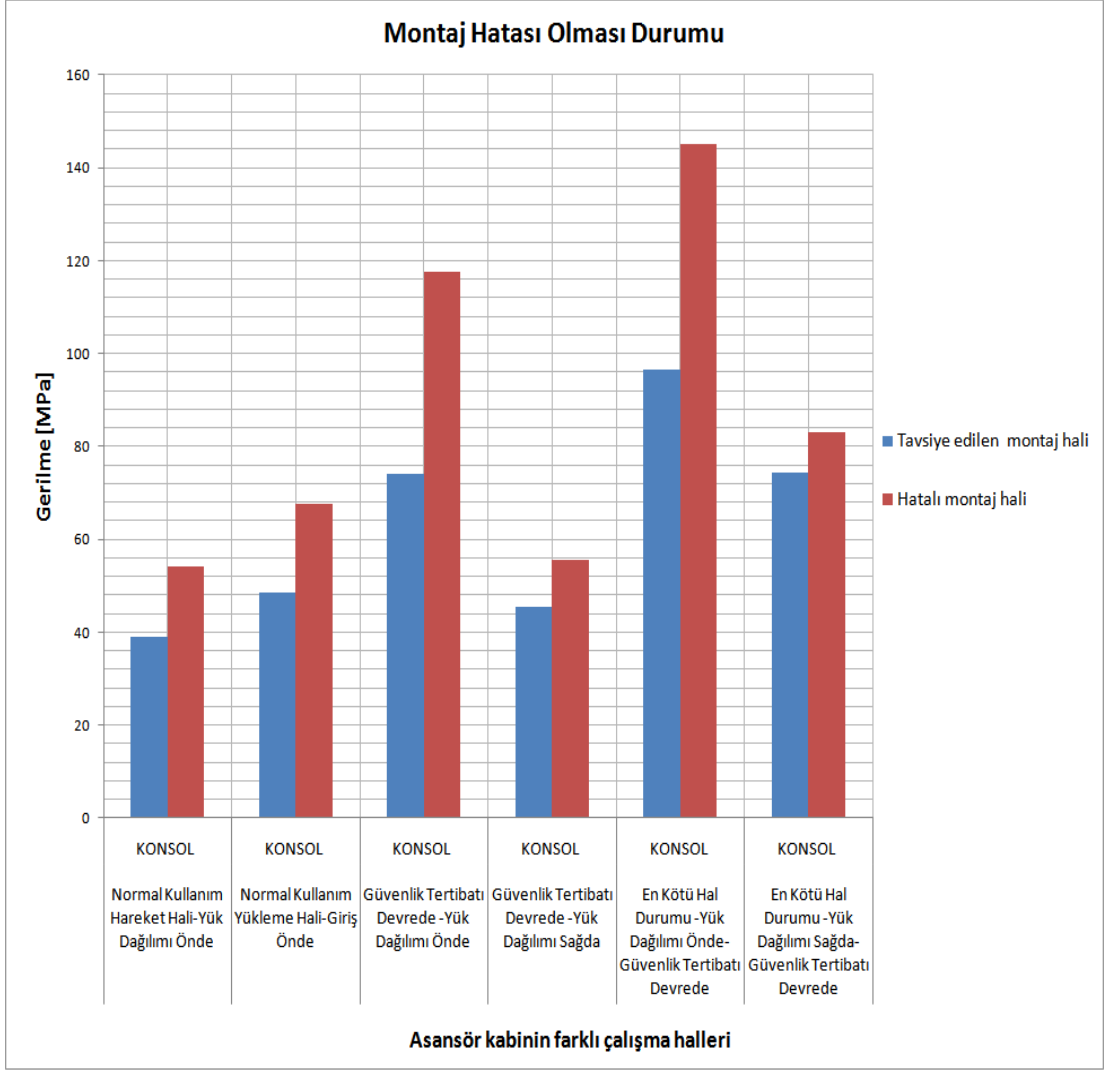
Şekil 8.20 Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri



Şekil 8.21 Farklı Kuvvet noktaları için gerilme değerleri

Tezde güvenlik tertibatını tek raya etki etki ettiği, en kötü hal kabulüne göre de ANSYS Workbench V11'de gerilme analizi yapılmıştır. Sonuçlar Şekil 8.20 ve Şekil 8.21'de görülebileceği üzere diğer durumlara göre daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, kılavuz ray konsolları ile kılavuz ray arasında tavsiye edilmeyen bir montaj şekli (kaynak yönteminin kullanılması) olması halinde gerilmelerin nasıl değişeceğide incelenmiş ve Şekil 8.22'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 8.22 Montaj hatalarının olması durumunda hesaplanan gerilmeler

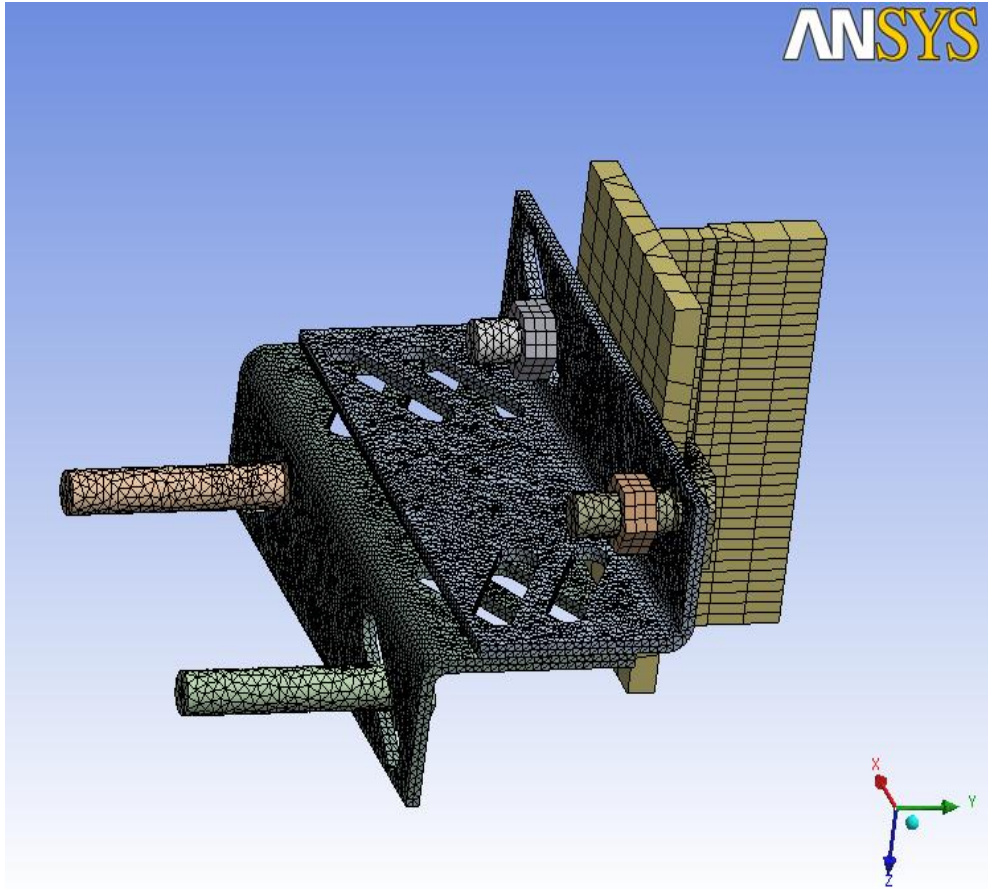
Şekil 8.22'den de anlaşılacağı üzere montaj hatalarının olduğu sistemlerde gerilmelerin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

8.2 Kılavuz Ray Konsollarının Yorulma Analizi

Asansör kabininin hareketi sırasında, kılavuz ray konsollarına etki eden kuvvetler zamanla değişmekte olduğundan, statik zorlanma yanında yorulma mukavemeti açısından da mesnetler değerlendirilmelidir. Bu kısımda asansör kılavuz ray konsolları için ANSYS Workbench V11 sonlu elemanlar paket programı kullanılarak yorulma analizi yapılmaya çalışılmıştır.

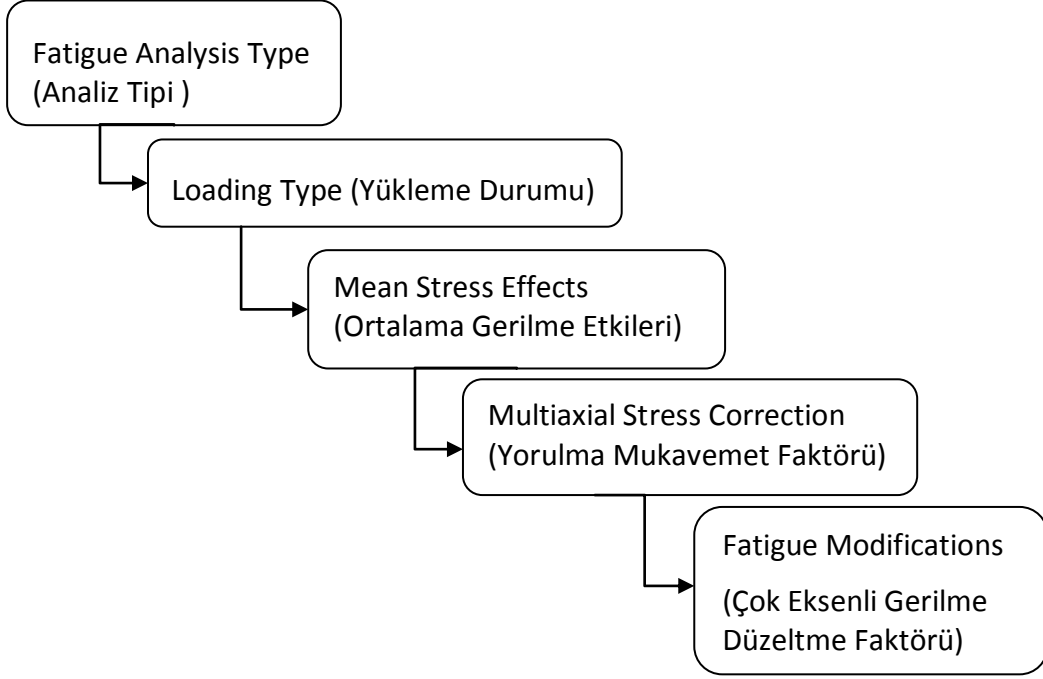
Mesh işlemi ve malzeme atanması bir önceki kısma (Bölüm 8.1) benzer olarak yapılmıştır.

Yorulma analizinde sadece iki nolu (orta konumdaki) mesnet incelenmiştir (Şekil 8.25). Parça sayısındaki azalış daha sık bir ağ yapısının analizde kullanılmasına olanak sağlar. Bu nedenle temas bölgesi ve konsollarda kullanılan ağ yapısı daha sık ayarlanmıştır. Temas bölgesi için maksimum eleman boyutu 2 mm konsollar, T5 tırnak, çelik dübel, M18 somun ve kılavuz ray için maksimum eleman boyutu 4 mm'e ayarlanılarak otomatik mesh işlemi yapılmış ve kılavuz ray konsolları 19447 eleman-40525 nod, tüm sistem ise 61481 eleman-126052 noda ayrılmıştır.



Şekil 8.23 Yorulma Analizi için sistemin sonlu elemanlara ayrılması

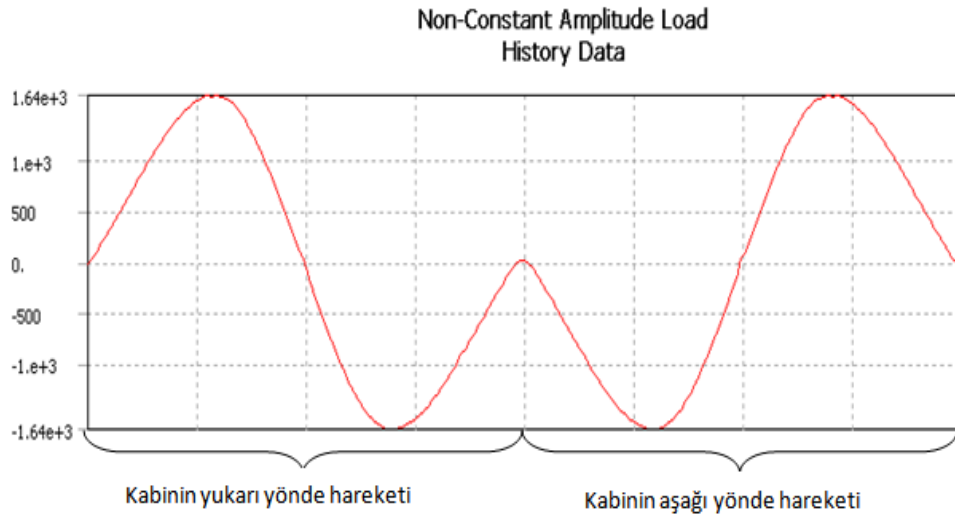
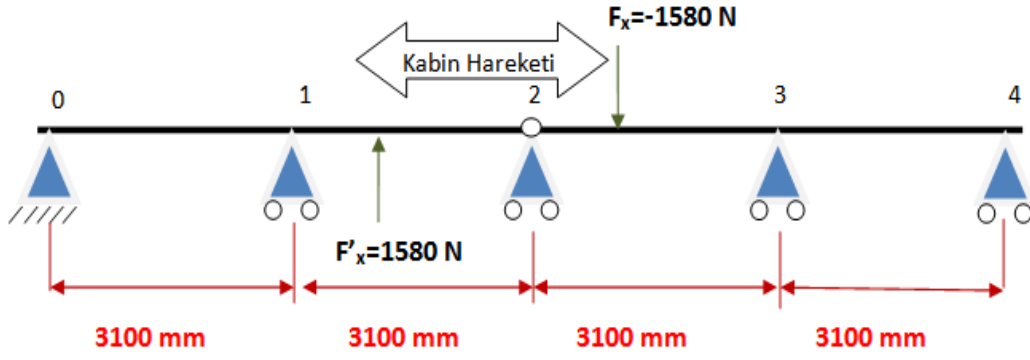
Malzeme atanması ve ağ yapısının tayininden sonra ANSYS Workbench V11'de yorulma analizi için Şekil 8.24'deki adımlar izlenmiştir;



Şekil 8.24 Yorulma analiz şeması

Bu çalışmada analiz çeşidi olarak, uygulanan yüke göre gerilme ömrü analizi (Stress life) seçilmiştir.

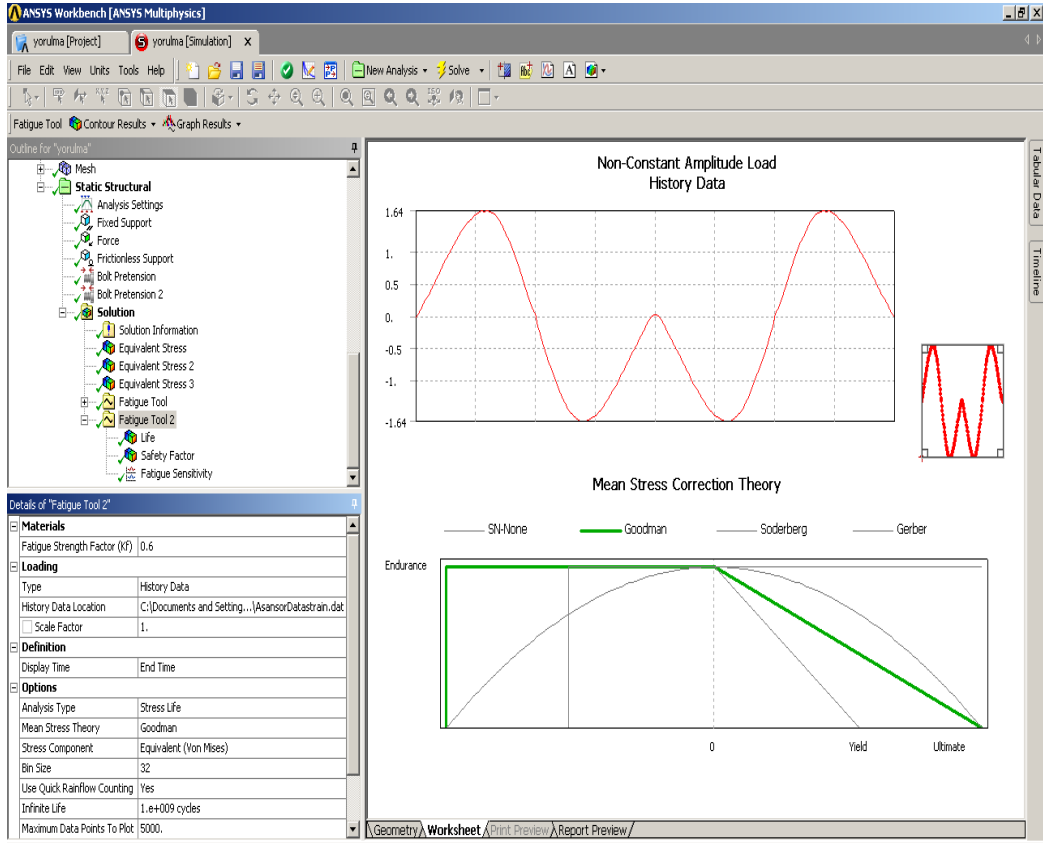
Yükleme durumu olarak, asansörün “normal kullanım-hareket ve yük dağılımının önde” olduğu hal için, iki numaralı mesnede (Şekil 8.25) tam bir çevrim boyunca etki eden kuvvetlerin değişimi elde edilmiş ve veriler ANSYS Workbench V11 sonlu elemanlar paket programına aktarılmıştır (Şekil 8.25).



Şekil 8.25 İki nolu kılavuz ray konsoluna etki eden kuvvetlerin kabinin bir çevirimi boyunca değişimi

Yorulma analizinde güvenlik katsayısı hesabı için belirli yaklaşımlar vardır. Bu yaklaşımlardan bazıları, Goodman (Denklem 8.1), Gerber ve Soderberg'dir. Yapılan çalışmada, sistemin tasarım ömrü 10^4 seçilip Goodman yaklaşımına göre emniyet katsayısı hesaplanmıştır.

Goodman yönteminin güvenlik eğrisi Şekil 8.26'da gösterilmiştir. Verilen bu eğrinin altında kalan alan, güvenli bölgele olarak tanımlanır.



Şekil 8.26 ANSYS Workbench V11 yorulma analizi arayüzü

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (8.1)$$

Denklem (8.1)'de “ S_e ” malzemenin düzeltilmiş yorulma mukavemeti olup, ideal yorulma dayanımı “ S'_e ” üzerinden hesaplanır. Çekme dayanımı 1400 MPa'dan düşük çelik malzemeler için “ S'_e ”, malzemenin çekme dayanımının yaklaşık 0,506 katı olarak verilir [26]. Ancak bulunan bu değer, yüzeyi çok hassas işlenmiş dairesel kesitli ve çubuk biçimli ideal deney numunesi içindir. Gerçekte bu değer, tasarım, imalat ve çevresel etkileri içeren düzeltme faktörleri ile birlikte hesaba katılmalıdır(Denklem 8.2).

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot S'_e \quad (8.2)$$

Burada;

k_a Yüzey faktörü

k_b Boyut faktörü

k_c Yük faktörü

k_d Sıcaklık faktörü

k_e Güvenilirlik faktörü

k_f Çentik etkisi faktörüdür.

Gerilme genliği ve Ortalama gerilme denklem (8.3a ve 8.3b)'den hesaplanır.

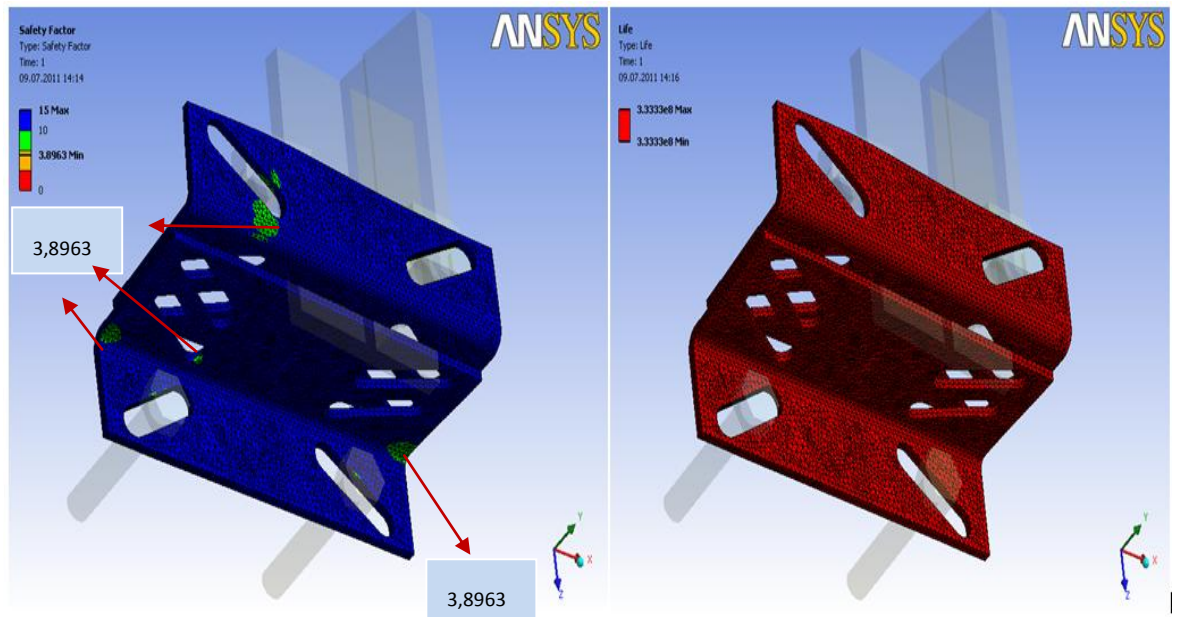
$$\sigma_m = \frac{\sigma_{maks} + \sigma_{min}}{2} \quad (8.3a)$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{maks} - \sigma_{min}}{2} \quad (8.3b)$$

Denklem (7.2)'deki değerler makine elemanları kitaplarında belirtilen şekillerde hesaplanabilir. Fatigue strength factor " k_f " yorulma analizlerinde, güvenliğin ön planda tutulduğu konstrüksiyonlar için statik gerilme yığılma faktörü " K_t " ile eşit alınabilir. Asansör kılavuz ray konsolları göz önüne alındığında " K_t " 'nin standart literatürden elde edilmesi oldukça zor olduğundan ortalama bir değer (0,6) kabul edilerek yorulma analizi yapılmıştır [26].

Verilen parametreler girildikten sonra kılavuz ray konsollarının "ömür", "emniyet katsayısı" ve "yük-ömür (fatigue sensitivity)" değerleri hesaplanmıştır.

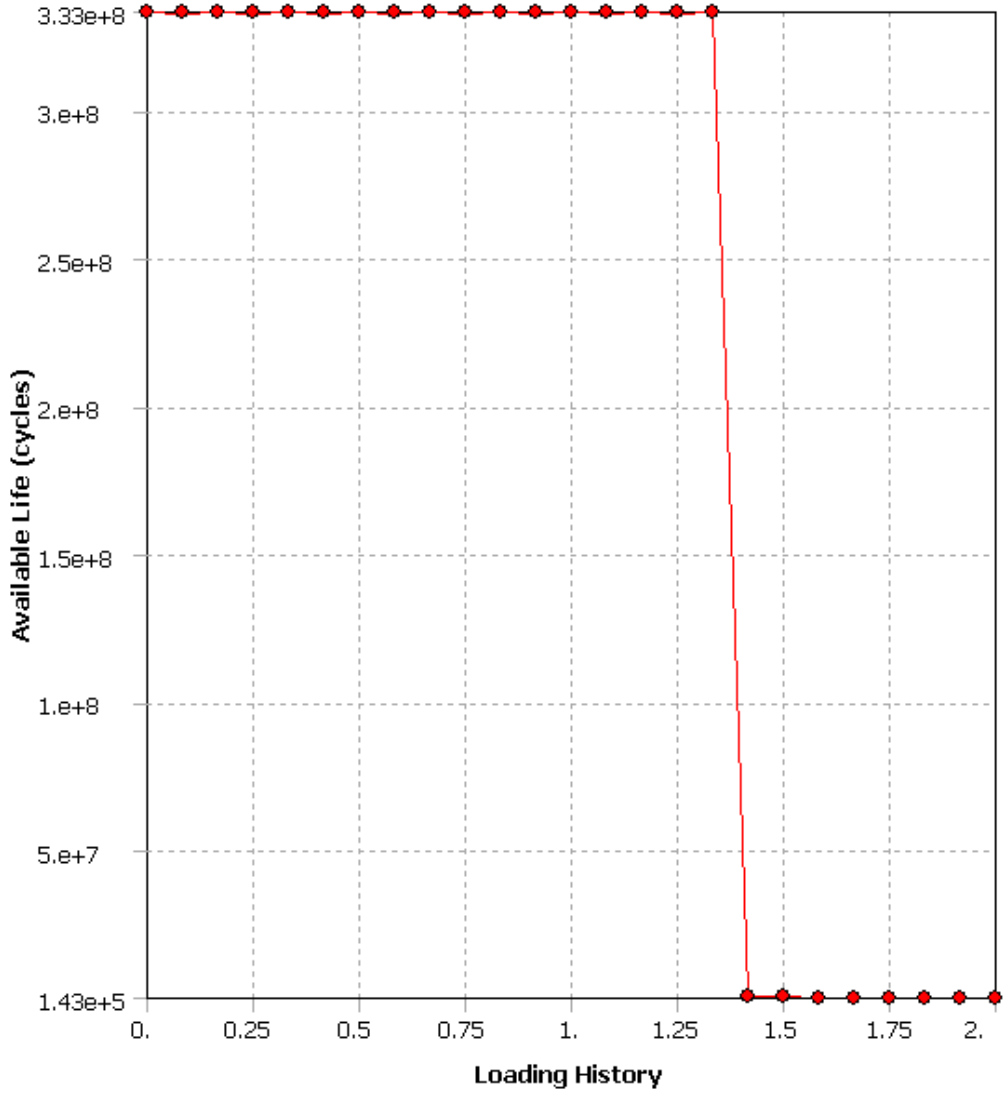
Analiz sonucunda, emniyet katsayısı 3,8963 bulunmuştur. Konsol sistemi güvenilir bir şekilde 10^4 çevrim için işlevini yerine getirebilmektedir.



Şekil 8.27 Emniyet katsayısı ve ömür değeri

Şekil 8.27'den de görüldüğü gibi kılavuz ray konsol sisteminin ömrü 10^6 çevrimden daha büyük çıkmış ve asansörün bu çalışma koşulları için sonsuz ömüre sahip olduğu tespit edilmiştir.

Son olarak yükün %0-%200 arası arttırımı sonucunda ömür-yük değişimi (Fatigue sensitivity) değerlendirilmiştir. Uygulanan yükün %40 arttırımına kadar malzeme sonsuz ömürdeyken %40'ını geçtiğinde malzeme sonlu ömürlü davranacağı gözlemlenmiştir (Şekil 8.28).



Şekil 8.28 Yük-ömür diyagramı

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ilk olarak, hayata geçirilmiş örnek bir projenin kılavuz ray gerilme ve sehım hesapları analitik yöntemle (TS 10922 EN 81-1) hesaplanmıştır. Örnek projedeki T127B profilli kılavuz rayın yapılan hesaplar sonucunda sistemdeki görevini, müsaade edilen gerilme ve sehım değerleri altında, güvenli bir şekilde yerine getirdiği görülmüştür.

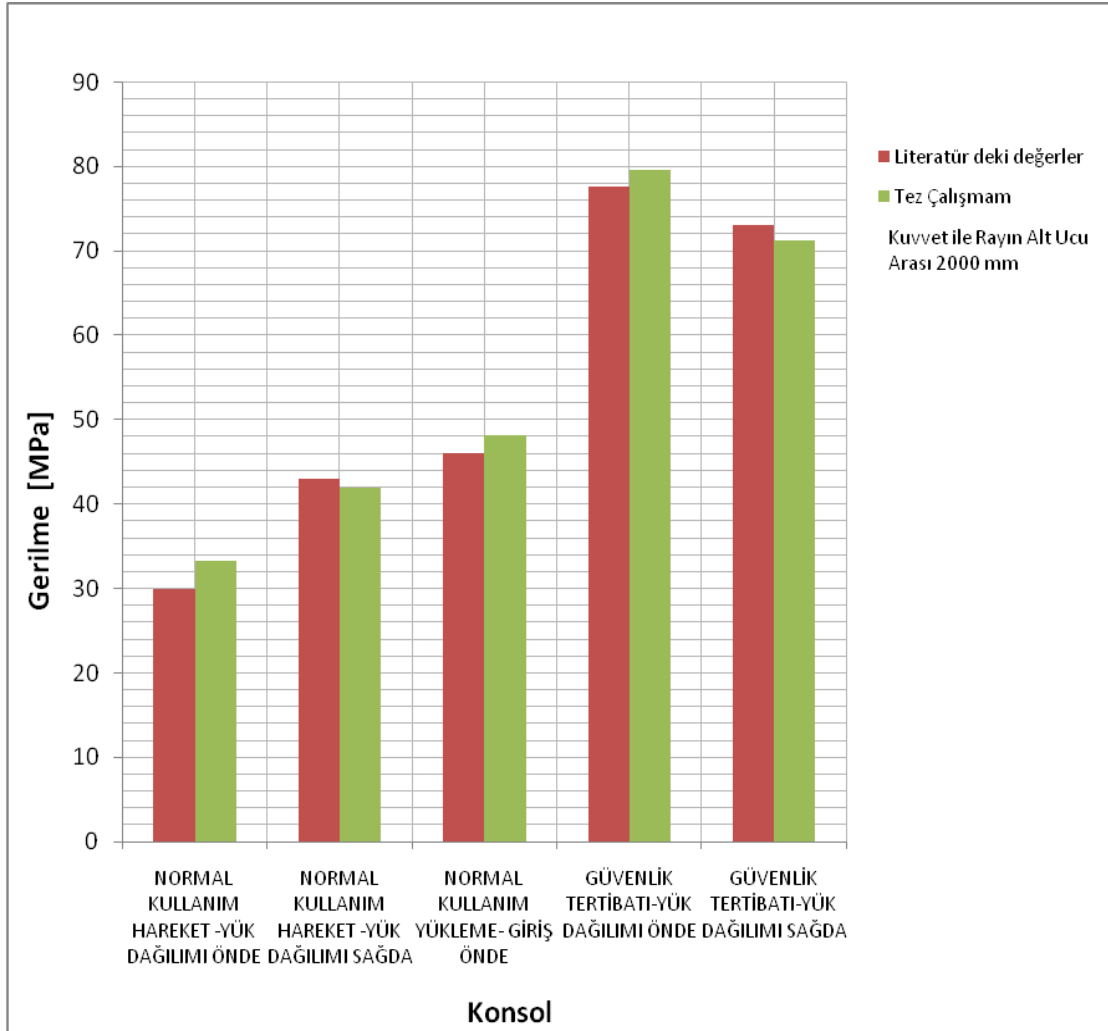
Kılavuz ray analitik hesaplarına ilaveten; merkezden kılavuzlu bir sistem için EN 81-1 standardına göre gerilme ve sehım analizi yapan bir program MATLAB arayüzünde oluşturulmuş ve örnek projedeki mesnet mesafelerinin değişimine göre kılavuz ray sehım ve gerilme değerlerinin değişimi elde edilmiştir.

Kılavuz raylarda gerilme ve sehım miktarları belli değerler altında tutulması gerekir. Konsol aralıklarının artması sonucunda her iki değerde büyümektedir. İki kılavuz ray konsolu arası mesafe asansör kuyusunun izin verdiği ölçülerde mümkün mertebe küçük tutulması bu analiz sonucunda tavsiye edilebilir (2m konsollar için ideal bir ölçüdür) fakat konsol aralıklarının birbirine çok yakın olması gibi bir gereklilikte yoktur.

Kılavuz ray gerilme ve sehım hesapları yapıldıktan sonra bu çalışmada, kılavuz ray konsollarının sonlu elemanlar yöntemiyle analizi için SolidWorks'de üç konsollu bir ray sistemi modellenmiş ve ANSYS Workbench V11 sonlu elamanlar paket programında, farklı senaryolar için gerilme analizleri yapılmıştır.

Tez çalışmasında üç konsol sistemli bir model incelenmeden önce, literatürde bulunan iki konsollu bir sistem irdelenmiş ve modelde iyileştirmeler yapılarak sonuçlar

karşılaştırılmıştır. Şekil 9.1’de görülebileceği üzere bulunan sonuçlar literatürdeki değerlerle (Koç [12]) paralel çıkmıştır. Modelin iyileştirilmesi ve kontrolünden sonra gerçeğe daha yakın bir model, üç konsollu bir sistem oluşturulmuş ve farklı koşullarda kılavuz ray konsol sistemlerinde meydana gelen gerilmeler incelenmiştir.



Şekil 9.1 Sonuçların literatürdeki değerlerle karşılaştırılması

İlk senaryo olarak konsollar ile kılavuz ray arasındaki montajın önerilen şekillerde yapıldığı kabul edilmiş, kabinin farklı üç konumu için konsol sistemlerinde oluşan gerilmeler ANSYS Workbench V11 sonlu elemanlar paket programı vasıtasıyla hesaplanmıştır. İlk senaryoda tüm çalışma koşulları için konsollar emniyet içinde görevlerini yerine getirebilmiştir. Güvenlik tertibatının devrede olduğu hallerde gerilmeler diğer durumlara göre daha yüksek çıkmıştır ki bu beklenen bir durumdur.

İkinci senaryo olarak konsollar ile kılavuz ray arasında montaj hatalarının olması; tırnakların, kılavuz raya sabitlenmesi durumu göz önüne alınmıştır. Bu durum

karşısında kılavuz ray konsollardaki gerilme değerleri, standart bir montaj yapılan sisteme göre arttığı gözlemlenmiştir.

Üçüncü senaryo olarak, günümüzde yeni yeni konuşulmaya başlayan en kötü hal durumu göz önüne alınmış ve konsollarda oluşan gerilmeler incelenmiştir. En kötü hal durumuna göre güvenlik tertibatında herhangi bir sorun oluşması sonucu, tek bir raya fren kuvvetlerin etki etmesi durumu incelenmiş ve kılavuz ray konsollarının gerilme değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir. En kötü hal durumuna ilaveten birde montaj hatalarının olması halinde gerilmeler ciddi derecelerde artmış fakat tüm durumlar için konsollardaki gerilmeler akma gerilmesinin altında kalmıştır.

Asansör kabininin tam bir çevrim sonucunda kılavuz ray konsollarına etki eden kuvvetler zamanla değişmektedir. Bu değişimin kılavuz ray konsolları için yorulmaya sebep olacağı düşünülerek tez çalışmamda son olarak yorulma analizi yapılmıştır. Bu analiz “normal kullanım-hareket hali ve yük dağılımı önde”olan durumda iki nolu konsol için uyarlanılmış, zamana bağlı kuvvet değişimi verileri hesaplanmış ve ANSYS Workbench V11 sonlu elemanlar paket programına aktarılmıştır. Sistemin düşük frekanslı olması nedeniyle tasarım ömrü 10^4 çevrim seçilmiş ve Goodman teoremine göre emniyet katsayısı ve ömür değerleri bulunmuştur. Beklenildiği gibi sistemin ömür değeri 10^6 dan büyük çıkmış, sonsuz ömüre sahip olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada oluşturulan modellerin daha iyi bir bilgisayarda, daha hassas bir çözüm ağı oluşturularak analiz edilmesi, oluşturulan modeldeki her bir eleman için birebir ölçülerde uygun yükleme koşulları yaratılması tavsiye edilmektedir. Sisteme güvenlik tertibatının devreye girdiği an için şok analizi yapılması ve ani olarak etkiyecek fren kuvvetlerinin konsol ve bağlantı elemanlarına etkisinin incelenmesi, ayrıca kılavuz ray konsollarının asansör test kulesinde deneysel gerilme analizlerinin yapılması tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Tavaslıoğlu, S., Asansör Ders Notları, <http://batul.deu.edu.tr /ASANSOR/dersnotlari.htm>, 06 Ekim 2010.
- [2] Chestofbooks, The Story In Elevators and Escalators, <http://chestofbooks.com/reference/Wonder-Book-Of-Knowledge/The-Story-In-Elevators-And-Escalators.html>, 06 Ekim 2010.
- [3] ACM Elevator Company, Elevator Information, <http://www.acmelevator.com/elevator-information.html>, 08 Ekim 2010.
- [4] Kule Asansör, Asansörlerin Sınıflandırılması, <http://www.kuleasansor.com/sinif.html>, 12 Ekim 2010.
- [5] İmrak, C.E. ve Gerdemeli,İ., (2000).Asansörler ve Yürüyen Merdivenler,Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [6] Ertürk, A.S, (2008). Asansör Karşı Ağırlık Tasarımı ve Gerilme Analizi, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [7] TS 4789 ISO 7465, (2002). İnsan ve Yük Asansörleri –Kılavuz Raylar, Asansör Kabinleri ve Karşı Ağırlıkları – T Tipi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [8] TS 1812, (1988). Asansörlerin Hesap, Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [9] T. C. Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Asansör Kuyu Donanımı Ders Modülü, <http://megep.meb.gov.tr/indextr.html>, 10 Kasım 2010.
- [10] Tavaslıoğlu, S., (2011). Asansör Uygulamaları Ders Notu, DEÜ Makine fakültesi, İzmir.
- [11] TMMOB Makine Mühendisleri Odası, (2008). Asansör Avan ve Uygulama Projeleri Hazırlama Teknik Esasları, İzmir.
- [12] Koç,S., (2009). Asansör Kılavuz Ray Konsollarının Gerilme Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] Targıt, S., (2003). Asansör Kılavuz Rayları Özellikler ve Uygulamalar, İletişim Teknolojileri Kongre ve Sergisi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, İstanbul.

- [14] BS 5655, (1985). Lifts and Service Lifts, Part 9. Specification for Guide Rails, British Standard, London.
- [15] Kan., İ.G., (1995). Asansör Tekniği Elektrikli Cilt 1, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [16] Demirsöz, R., (2004). Asansör Kılavuz Raylarının Gerilme Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [17] Saveria Elevator System Solutions, Guide Rails and Accessories, <http://www.saveragroup.com/ingles/home.htm>, 17 Kasım 2010.
- [18] Installation Manuel, (1999). Basic Field Practices for Installation of Elevator and Escalator Equipment, Elevator World.
- [19] Dokuz Eylül Üniversitesi, ANSYS Bilgi Havuzu, <http://web.deu.edu.tr/ansys/>, 03 Ocak 2011.
- [20] Arıkan, S., (1991). Sonlu Elemanlar Metodunun Mühendislikteki Uygulamaları, ODTÜ.
- [21] Topcu, M. ve Taşgetiren, S., (1998). Mühendisler için Sonlu Elemanlar Metodu, PAÜ Mühendislik Fakültesi matbası, Denizli.
- [22] Boğoçlu, M.E, (2010). Konstrüksiyonda Mukavemet ve Emniyet Problemleri Ders Notu, YTÜ Makine Fakültesi.
- [23] ANSYS, Structural Mechanics, <http://www.ansys.com>, 06 Mart 2011.
- [24] Ersavaş, M., (2008). Çift Yönlü Ani Tip Fren Bloklarının Modellenmesi, Test ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [25] Bedir, S., (2007). Çift Yönlü Asansör Fren Bloklarının Modellenmesi ve Sonlu Elemanların Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [26] Shigley, J.E. ve Mischke, C., (2003). Mechanical Engineering Design, McGraw-Hill, Inc., New York, s.287-288, 369-376.

MATLAB KODLARI

% Asansör Kılavuz Ray Konsol Mesafelerinin Değişimine Göre Asansör Kılavuz Rayında Meydana Gelen Gerilmelerin Değişimi %

clc

L=[];QX1=[];QY1=[];QX11=[];QY11=[];QX12=[];QY12=[];QX2=[];QY2=[];QX22=[];QY22=[];QX3=[];QY3=[];

QK1=[];QK11=[];QK2=[];QK22=[];QK3=[];QC1=[];QC2=[];

QF1=[];QF11=[];QF2=[];QF22=[];QF3=[];

QM1=[];QM11=[];QM2=[];QM22=[];QM3=[];

QC1=[];QC11=[];QC2=[];QC22=[];

SIGMAX1=[];SIGMAY1=[];SIGMAX11=[];SIGMAY11=[];

SIGMAX2=[];SIGMAY2=[];SIGMAX22=[];SIGMAY22=[];

SIGMAX3=[];SIGMAY3=[];OMEGA=[];

for l=1500:250:5000;

%%%%%%%%%%%% Kılavuz Ray-Asansör Kabini Fiziksel Özellikleri %%%%%%%%%%

Wx=30.9*(10^3); Wy=36.2*(10^3);

Ix=198.4*(10^4); Iy=230*(10^4);

Dx=2420 ; Dy=1600;

Xc=0; Yc=0;

Xfr=0; Yfr=0;

Xd1=-1265; Yd1=0;

```

h=3055;          n=2;
Fc=2000;        Ffr=550;
Fd1=170;        Q=2000;
Qc=370;         k1=2;
k2=1.2;         k3=0;
gn=9.81;        c=10;
s=0.4;          P=2720;
lx=10;          ly=10;
E=210000;       i=26.3;
M=0;            A=2864;

```

%%%%%%%%%%Burkulma Hesabi İçin Omega Değerinin Bulunması %%%%%%%%%%

```
alfa=l/i;
```

```
if alfa<=60
```

```
    omega=(0.00012920*(alfa^1.89)+1);
```

```
elseif ((alfa>60) & (alfa<=85));
```

```
    omega=(0.00004627*(alfa^2.14)+1);
```

```
elseif ((alfa>85) & (alfa<=115));
```

```
    omega=(0.00001711*(alfa^2.35)+1.04);
```

```
elseif ((alfa>115) & (alfa<=250));
```

```
    omega=(0.00016887*(alfa^2));
```

```
end
```

```
omega;
```

%%%%%%%%%%

```
Xp=(Fc*Xc+Ffr*Xfr+Fd1*Xd1)/(Fc+Ffr+Fd1);
```

```
Yp=(Fc*Yc+Ffr*Yfr+Fd1*Yd1)/(Fc+Ffr+Fd1);
```

%%%%%%%%%% YÜK DAĞILIMIN X - EKSENİNDE OLMASI HALİ %%%%%%%%%%

```
XQ=Dx/8 ;    % (-x bölgesinde olduğundan – alınır.)
```

```
XQ=-1*XQ;
```

```
YQ=0;
```

%%1.DURUM -GÜVENLİK TERTİBATI ÇALIŞMASI HALİ%%

% Eğilme gerilmesi hesabı;

$$F_{x1}=(k_1*gn*(Q*XQ+P*Xp))/(n*h);$$

$$F_{y1}(((k_1*gn)*(Q*YQ+P*Yp)))/(0.5*n*h);$$

$$M_{x1}=(3*F_{y1}*l)/16;$$

$$M_{y1}=(3*F_{x1}*l)/16;$$

$$M_{y1}=-1*M_{y1};$$

$$Q_{x1}=M_{x1}/W_x;$$

$$Q_{y1}=M_{y1}/W_y;$$

% Burkulma kuvveti;

$$F_{k1}(((k_1*gn*(P+Q)))/n);$$

% Burkulma gerilmesi;

$$Q_{k1}=(F_{k1}*omega)/A;$$

% Birleşik eğilme gerilmesi;

$$Q_{m1}=Q_{x1}+Q_{y1};$$

% Birleşik zorlanma gerilmesi;

$$Q_1=Q_{m1}+(F_{k1}+k_3*M)/A;$$

% Toplam gerilme;

$$Q_{c1}=Q_{k1}+0.9*Q_{m1};$$

% Ray boynundaki eğilme gerilmesi;

$$Q_{f1}=(1.85*F_{x1})/(c^2);$$

$$Q_{f1}=-1*Q_{f1};$$

% Kılavuz ray sehimi değeri ;

$$\sigma_{max1}=0.7*((F_{x1}*(l^3))/(48*E*I_y));$$

$$\sigma_{may1}=0.7*((F_{y1}*(l^3))/(48*E*I_x));$$

%%2.DURUM- NORMAL KULLANIM-HAREKET HALİ %%

% Frenleme kuvveti;

$$F_{x11}(((k_2*gn*(Q*XQ+P*Xp)))/n);$$

$$F_{y11}(((k_2*gn)*(Q*YQ+P*Yp)))/(0.5*n*h);$$

% Eğilme momenti ;

$$M_{x11}=(3 \cdot F_{y11} \cdot l)/16;$$

$$M_{y11}=(3 \cdot F_{x11} \cdot l)/16;$$

$$M_{y11}=-1 \cdot M_{y11};$$

% Eğilme gerilmesi;

$$Q_{x11}=M_{x11}/W_x;$$

$$Q_{y11}=M_{y11}/W_y;$$

% Burkulma gerilmesi;

$Q_{k11}=0; F_{k11}=0;$ % normal kullanım sırasında burkulma kuvveti etmemektedir.

% Birleşik eğilme gerilmesi;

$$Q_{m11}=Q_{x11}+Q_{y11};$$

% Birleşik zorlanma;

$$Q_{11}=Q_{m11}+(F_{k11}+k_3 \cdot M)/A;$$

% Toplam gerilme;

$$Q_{c11}=Q_{k11}+0.9 \cdot Q_{m11};$$

% Ray boynundaki eğilme gerilmesi;

$$Q_{f11}=(1.85 \cdot F_{x11})/(c^2);$$

$$Q_{f11}=-1 \cdot Q_{f11};$$

% Kılavuz ray sehimi değeri;

$$\sigma_{max11}=0.7 \cdot ((F_{x11} \cdot (l^3))/(48 \cdot E \cdot I_y));$$

$$\sigma_{may11}=0.7 \cdot ((F_{y11} \cdot (l^3))/(48 \cdot E \cdot I_x));$$

%%%%%%%%%% YÜK DAĞILIMININ Y - EKSENİNDE OLMASI HALİ %%%%%%%%%%%

$$X_Q=0; Y_Q=D_y/8;$$

%%1.DURUM -GÜVENLİK TERTİBATI ÇALIŞMASI HALİ%%

% Frenleme kuvveti;

$$F_{x2}=(k_1 \cdot g_n) \cdot (Q \cdot X_Q + P \cdot X_p)/(n \cdot h); F_{y2}=(k_1 \cdot g_n) \cdot (Q \cdot Y_Q + P \cdot Y_p)/(0.5 \cdot n \cdot h);$$

% Eğilme momenti;

$$M_{x2}=(3 \cdot F_{y2} \cdot l)/16;$$

$$M_{y2}=(3 \cdot F_{x2} \cdot l)/16;$$

$$M_{y2}=-1 \cdot M_{y2};$$

% Eğilme gerilmesi;

$$Q_{x2}=M_{x2}/W_x;$$

$Q_{y2} = M_{y2} / W_y$;
 % Burkulma kuvveti hesabı;
 $F_{k2} = ((k_1 * g_n) * (P + Q)) / n$;
 % Burkulma gerilmesi;
 $Q_{k2} = (F_{k2} * \omega) / A$;
 % Birleşik eğilme gerilmesi hesabı;
 $Q_{m2} = Q_{x2} + Q_{y2}$;
 % Birleşik zorlanma hesabı;
 $Q_2 = Q_{m2} + (F_{k2} + k_3 * M) / A$;
 % Toplam gerilme;
 $Q_{c2} = Q_{k2} + 0.9 * Q_{m2}$;
 % Ray boynundaki eğilme gerilmesi;
 $Q_{f2} = (1.85 * F_{x2}) / (c^2)$;
 $Q_{f2} = -1 * Q_{f2}$;
 % Kılavuz ray sehim değeri;
 $\sigma_{max2} = 0.7 * ((F_{x2} * (I^3)) / (48 * E * I_y))$;
 $\sigma_{may2} = 0.7 * ((F_{y2} * (I^3)) / (48 * E * I_x))$;

%%2.DURUM- NORMAL KULLANIM-HAREKET HALİ %%

$F_{x22} = ((k_2 * g_n * (Q * X_Q + P * X_p))) / (n * h)$;
 $F_{y22} = ((k_2 * g_n) * (Q * Y_Q + P * Y_p)) / (0.5 * n * h)$;
 % Eğilme momenti;
 $M_{x22} = (3 * F_{y22} * l) / 16$;
 $M_{y22} = (3 * F_{x22} * l) / 16$;
 $M_{y22} = -1 * M_{y22}$;
 % Eğilme gerilmesi;
 $Q_{x22} = M_{x22} / W_x$;
 $Q_{y22} = M_{y22} / W_y$;
 % Burkulma gerilmesi;
 $Q_{k22} = 0$;
 $F_{k22} = 0$; % normal kullanım sırasında burkulma kuvveti eti etmemektedir.
 % Birleşik eğilme gerilmesi hesabı;

$$Q_{m22} = Q_{x22} + Q_{y22};$$

% Birleşik zorlanma hesabı;

$$Q_{22} = Q_{m22} + (F_{k22} + k_3 * M) / A;$$

% Toplam gerilme;

$$Q_{c22} = Q_{k22} + 0.9 * Q_{m22};$$

% Ray boynundaki eğilme gerilmesi;

$$Q_{f22} = (1.85 * F_{x22}) / (c^2);$$

$$Q_{f22} = -1 * Q_{f22};$$

% Kılavuz ray sehimi değeri ;

$$\sigma_{max22} = 0.7 * ((F_{x22} * (I^3)) / (48 * E * I_y));$$

$$\sigma_{may22} = 0.7 * ((F_{y22} * (I^3)) / (48 * E * I_x));$$

%%3.DURUM- NORMAL KULLANIM - YÜKLEME DURUMU %%

% Eşik kuvveti;

$$F_s = s * Q * g_n;$$

% Frenleme kuvveti;

$$F_{x3} = (g_n * P * X_p + F_s * X_{d1}) / (n * h);$$

$$F_{y3} = (g_n * P * Y_p + F_s * Y_{d1}) / (n * h);$$

% Eğilme momenti;

$$M_{x3} = (3 * F_{y3} * l) / 16;$$

$$M_{y3} = (3 * F_{x3} * l) / 16;$$

$$M_{y3} = -1 * M_{y3};$$

% Eğilme gerilmesi;

$$Q_{x3} = M_{x3} / W_x;$$

$$Q_{y3} = M_{y3} / W_y;$$

% Burkulma gerilmesi hesabı;

$$Q_{k3} = 0; \text{ \% (Normal kullanım-yükleme durumunda burkulma kuvveti etmemektedir.)}$$

% Birleşik gerilme hali;

$$Q_{m3} = Q_{x3} + Q_{y3};$$

% Ray boynundaki eğilme gerilmesi hesabı;

$$Q_{f3} = (1.85 * F_{x3}) / (c^2);$$

$$Q_{f3} = -1 * Q_{f3};$$

% Kılavuz ray sehimi değeri;

sigmax3=0.7*((Fx3*(l^3))/(48*E*Iy));

sigmay3=0.7*((Fy3*(l^3))/(48*E*Ix));

%%%% Grafik Çizimi %%%%%%

%Mesnet mesafelerinin değişimine göre, kılavuz ray sehimi ve gerilme analizi%

L=[l,L];QX1=[Qx1,QX1];QX2=[Qx2,QX2];QX11=[Qx11,QX11];QX22=[Qx22,QX22];

QY1=[Qy1,QY11];QY2=[Qy2,QY22];QY11=[Qy11,QY11];QY22=[Qy22,QY22];

QK1=[Qk1,QK1];QK2=[Qk2,QK2];QK11=[Qk11,QK11];QK22=[Qk22,QK22];

QK3=[Qk3,QK3];QF1=[Qf1,QF1];QF11=[Qf11,QF11];QF2=[Qf2,QF2];

QF11=[Qf11,QF11];QF22=[Qf22,QF22];QF3=[Qf3,QF3];QM1=[Qm1,QM1];

QM11=[Qm11,QM11];QM2=[Qm2,QM2];QM22=[Qm22,QM22];QM3=[Qm3,QM3];

QC1=[Qc1,QC1];QC11=[Qc11,QC11];QC2=[Qc2,QC2];QC22=[QC22,QC22];

SIGMAX1=[sigmax1,SIGMAX1];SIGMAY1=[sigmay1,SIGMAY1];

SIGMAX11=[sigmax11,SIGMAX11];SIGMAY11=[sigmay11,SIGMAY11];

SIGMAX2=[sigmax2,SIGMAX2];SIGMAY2=[sigmay2,SIGMAY2];

SIGMAX22=[sigmax22,SIGMAX22];SIGMAY22=[sigmay22,SIGMAY22];

SIGMAX3=[sigmax3,SIGMAX3];SIGMAY3=[sigmay3,SIGMAY3];

end

figure

plot(L,QC1,'--ko',L,QM11,'-.r*',L,QM3,'-.gd')

grid on

xlabel('L kılavuz ray konsolları arası mesafe [mm]')

ylabel('Qc Toplam gerilme değeri N/mm^2')

title('Yük Dağılımı Sağda')

legend('Güvenlik tertibatının etki etmesi','Normal kullanım hareket','Normal kullanım yüklemesi')

figure

plot(L,QC2,'--ko',L,QM22,'-.r*')

grid on

xlabel('L kılavuz ray konsolları arası mesafe [mm]')

ylabel('Qc Toplam gerilme değeri N/mm^2')

title('Yük Dağılımı Önde')


```

legend('Güvenlik tertibatının etki etmesi','Normal kullanım hareket')
figure
plot(L,SIGMAX1,'--mo',L,SIGMAX11,'-.r*',L,SIGMAX3,':bs')
grid on
xlabel('"'L" kılavuz ray konsolları arası mesafe [mm]')
ylabel('"'Sehim" mm')
title('Yük Dağılımı Önde X-eksenindeki sehim')
legend('Güvenlik tertibatının etki etmesi','Normal kullanım hareket','Normal kullanım
yükleme')
figure
plot(L,SIGMAX2,'--mo',L,SIGMAX22,'-.r*')
grid on
xlabel('"'L" kılavuz ray konsolları arası mesafe [mm]')
ylabel('"'Sehim" mm')
title('Yük Dağılımı Sağda X-eksenindeki sehim')
legend('Güvenlik tertibatının etki etmesi durmu ','Normal kullanım hareket','Normal
kullanım yükleme')
figure
plot(L,SIGMAY2,'--mo',L,SIGMAY22,'-.r*')
grid on
xlabel('"'L" kılavuz ray konsolları arası mesafe [mm]')
ylabel('"'Sehim" mm')
title('Yük Dağılımı Sağda Y-eksenindeki sehim')
legend('Güvenlik tertibatının etki etmesi durmu ','Normal kullanım hareket','Normal
kullanım yükleme')

```

NARİNLİK DERESESİNE GÖRE OMEGA DEĞERLERİ

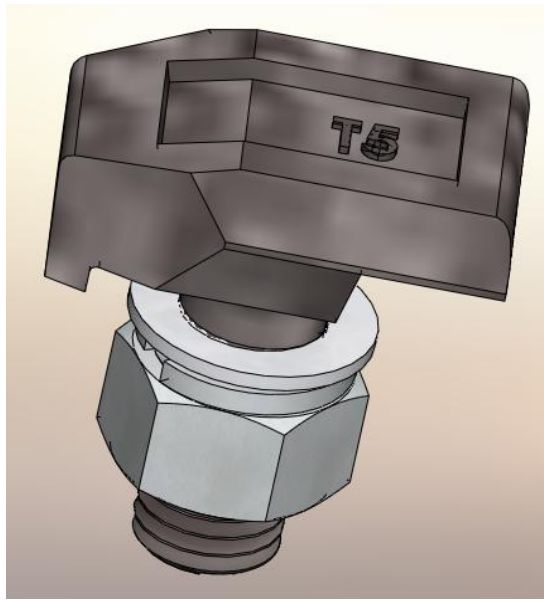
ÇİZELGE B.1 370 N/mm² çekme dayanımlı kılavuz ray için λ 'nın fonksiyonu olarak
"omega" değeri

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08
30	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13
40	1,14	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19	1,20
50	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29
60	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,39	1,40
70	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,50	1,52	1,53
80	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,64	1,66	1,68	1,69
90	1,71	1,73	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86	1,88
100	1,90	1,92	1,94	1,96	1,98	2,00	2,02	2,05	2,07	2,09
110	2,11	2,14	2,16	2,18	2,21	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39
120	2,43	2,47	2,51	2,55	2,60	2,64	2,68	2,72	2,77	2,81
130	2,85	2,90	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,17	3,22	3,26
140	3,31	3,36	3,41	3,45	3,50	3,55	3,60	3,65	3,70	3,75
150	3,80	3,85	3,90	3,95	4,00	4,06	4,11	4,16	4,22	4,27
160	4,32	4,38	4,43	4,49	4,54	4,60	4,65	4,71	4,77	4,82
170	4,88	4,94	5,00	5,05	5,11	5,17	5,23	5,29	5,35	5,41
180	5,47	5,53	5,59	5,66	5,72	5,78	5,84	5,91	5,97	6,03
190	6,10	6,16	6,23	6,29	6,36	6,42	6,49	6,55	6,62	6,69
200	6,75	6,82	6,89	6,96	7,03	7,10	7,17	7,24	7,31	7,38
210	7,45	7,52	7,59	7,66	7,73	7,81	7,88	7,95	8,03	8,10
220	8,17	8,25	8,32	8,40	8,47	8,55	8,63	8,70	8,78	8,86
230	8,93	9,01	9,09	9,17	9,25	9,33	9,41	9,49	9,57	9,65
240	9,73	9,81	9,89	9,97	10,05	10,14	10,22	10,30	10,39	10,47
250	10,55									

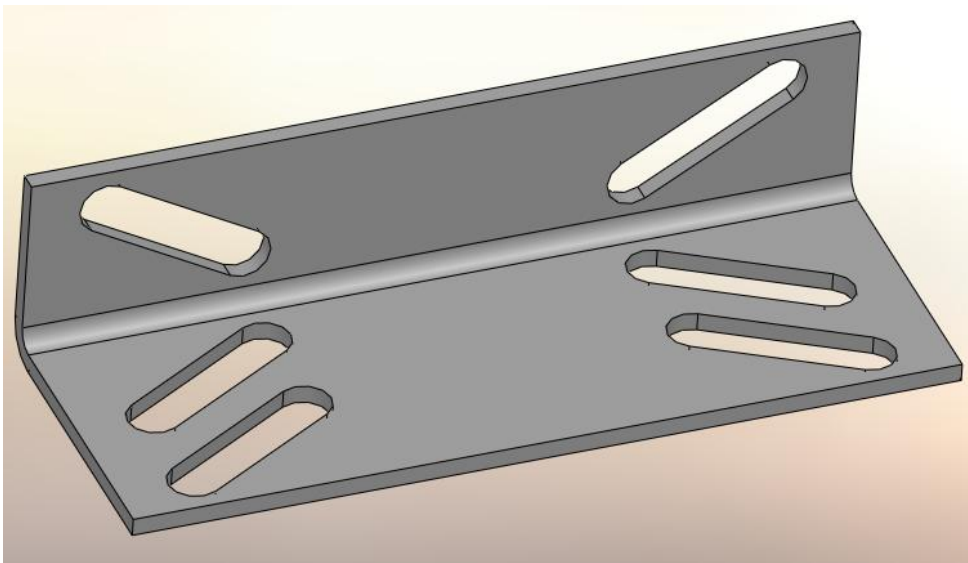
ÇİZELGE B.2 520 N/mm² çekme dayanımlı kılavuz ray için λ 'nın fonksiyonu olarak "omega" değeri

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,11
30	1,11	1,12	1,12	1,13	1,14	1,15	1,15	1,16	1,17	1,18
40	1,19	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27
50	1,28	1,30	1,31	1,32	1,33	1,35	1,36	1,37	1,39	1,40
60	1,41	1,43	1,44	1,46	1,48	1,49	1,51	1,53	1,54	1,56
70	1,58	1,60	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,72	1,74	1,77
80	1,79	1,81	1,83	1,86	1,88	1,91	1,93	1,95	1,98	2,01
90	2,05	2,10	2,14	2,19	2,24	2,29	2,33	2,38	2,43	2,48
100	2,53	2,58	2,64	2,69	2,74	2,79	2,85	2,90	2,95	3,01
110	3,06	3,12	3,18	3,23	3,29	3,35	3,41	3,47	3,53	3,59
120	3,65	3,71	3,77	3,83	3,89	3,96	4,02	4,09	4,15	4,22
130	4,28	4,35	4,41	4,48	4,55	4,62	4,69	4,75	4,82	4,89
140	4,96	5,04	5,11	5,18	5,25	5,33	5,40	5,47	5,55	5,62
150	5,70	5,78	5,85	5,93	6,01	6,09	6,16	6,24	6,32	6,40
160	6,48	6,57	6,65	6,73	6,81	6,90	6,98	7,06	7,15	7,23
170	7,32	7,41	7,49	7,58	7,67	7,76	7,85	7,94	8,03	8,12
180	8,21	8,30	8,39	8,48	8,58	8,67	8,76	8,86	8,95	9,05
190	9,14	9,24	9,34	9,44	9,53	9,63	9,73	9,83	9,93	10,03
200	10,13	10,23	10,34	10,44	10,54	10,65	10,75	10,85	10,96	11,06
210	11,17	11,28	11,38	11,49	11,60	11,71	11,82	11,93	12,04	12,15
220	12,26	12,37	12,48	12,60	12,71	12,82	12,94	13,05	13,17	13,28
230	13,40	13,52	13,63	13,75	13,87	13,99	14,11	14,23	14,35	14,47
240	14,59	14,71	14,83	14,96	15,08	15,20	15,33	15,45	15,58	15,71
250	15,83									

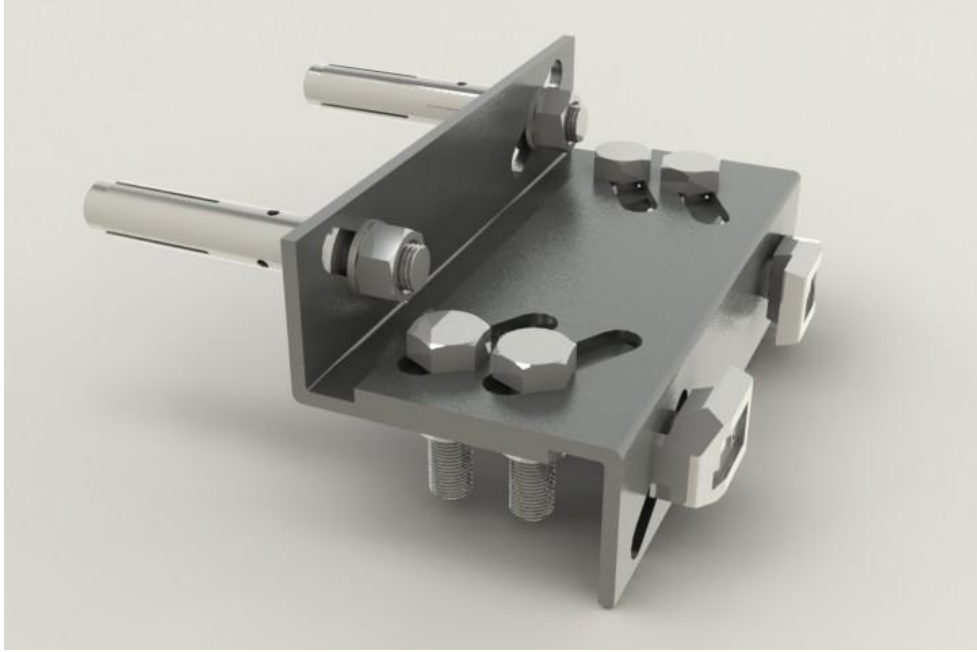
KILAVUZ RAY- KONSOL-TIRNAK SİSTEMİNİN AYRINTILI RESİMLERİ



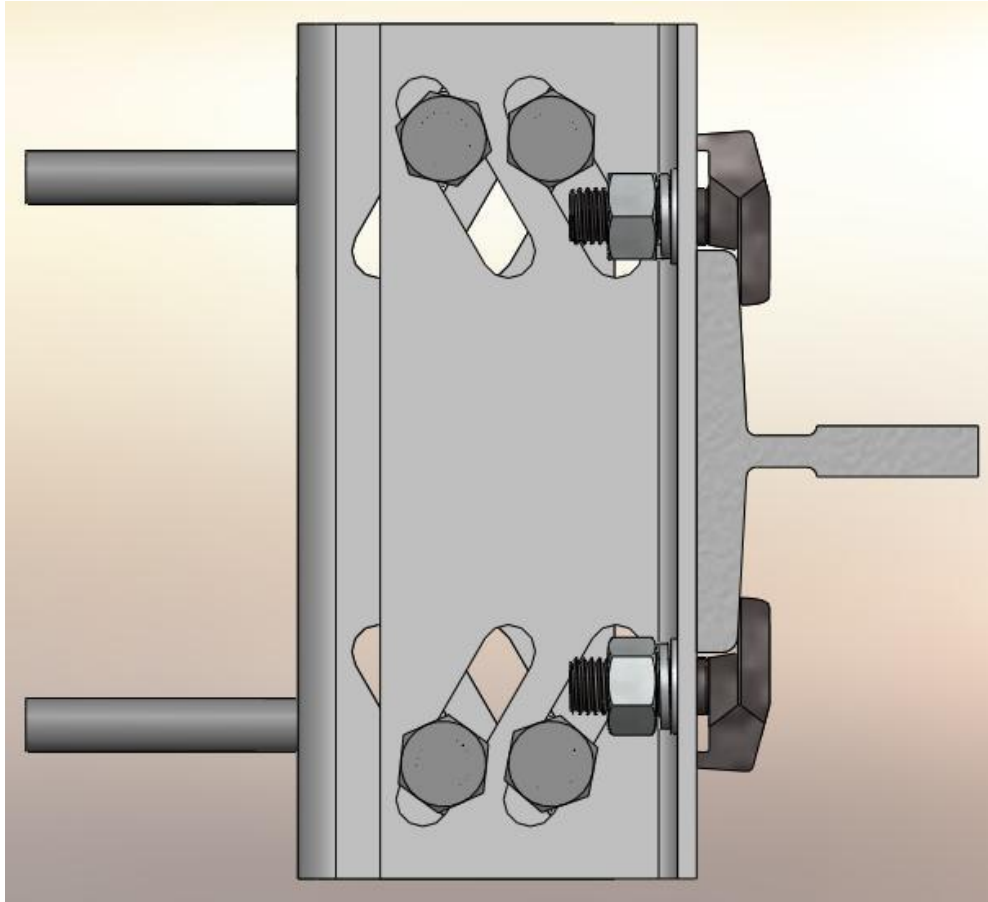
Şekil C.1 Ray sabitleme tırnağı(T5)



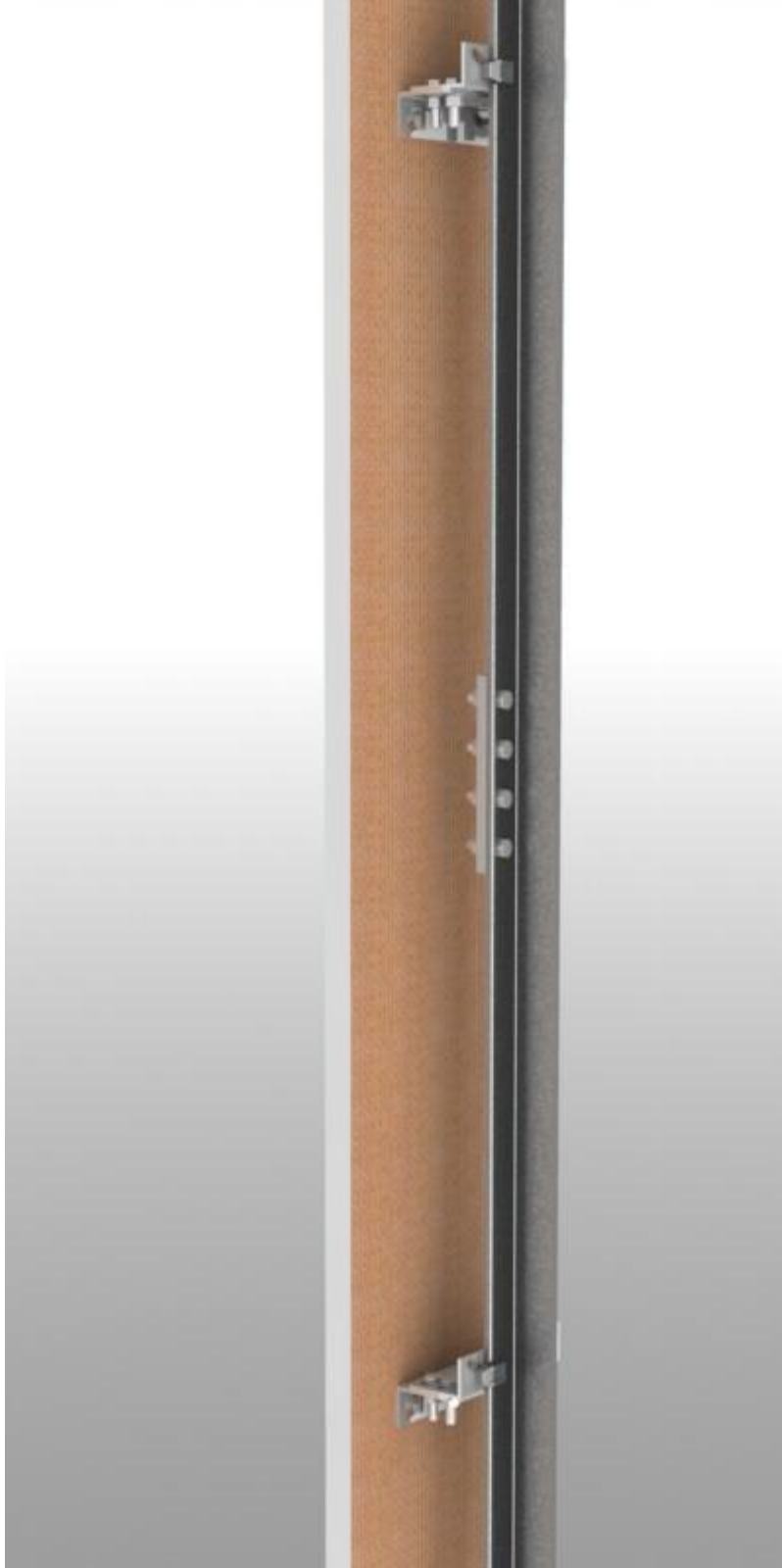
Şekil C.2 Kılavuz ray konsolu



Şekil C.3 Konsol-Dübel-Tırnak Montajı



Şekil C.4 Konsol –Kılavuz ray montaj detayı



Şekil C.5 Kılavuz ray- konsol-bağlantı levhası montaj detayı

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ekrem SAVAŞ
Doğum Tarihi ve Yeri : 30.08.1987, Arhavi
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : ekremsavas@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Makine Müh.	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi	2009
Lise	Fen	Arhavi Lisesi	2004