

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇİFT YÖNLÜ ASANSÖR FREN BLOKLARININ
MODELLENMESİ VE SONLU ELEMANLARIN
ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Said BEDİR**

Anabilim Dalı: MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : KONSTRÜKSİYON

EYLÜL 2007

**ÇİFT YÖNLÜ ASANSÖR FREN BLOKLARININ
MODELLENMESİ VE SONLU ELEMANLARIN ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Said BEDİR
(503051220)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Eylül 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 19 Eylül 2007**

Tez Danışmanı	Doç. Dr. C. Erdem İMRAK (İ.T.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri	Yrd. Doç.Dr. İsmail GERDEMELİ (İ.T.Ü.)
	Yrd. Doç.Dr. Cüneyt FETVACI (İ.Ü.)

EYLÜL 2007

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca desteğini esirgemeyen tez danışmanım sayın Doç. Dr. C. Erdem İMRAK'a, gerilme analizi konusunda yardımlarından dolayı Cemal Güzen'e, Makine Fakültesi'nin değerli mensupları hocalarıma, ayrıca eğitim ve öğretim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan annem ve babama teşekkürü bir borç bilirim.

Eylül 2007

Mak. Müh. Said BEDİR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. PARAŞÜT DÜZENİN TARİHİ GEÇMİŞİ	3
2.1 Giriş	3
2.2 Asansör Dibinde Kuştüyü Torbası	3
2.3 İtalyan Güvenlik Patenti	4
2.4 Elisha Otis'in Geliştirdiği Tertibat	4
2.5 Mekanik Kenetleme Cihazı	5
2.6 Sabit Basınç Yaylı Mekanik Kenetleme Cihazı	6
2.7 Odun üstünde Kamlar	6
2.8 Boyunduruk Cıvata Ekli Fren Sistemi	8
2.9 Odun Üstünde Bıçaklar	8
2.10 "T" biçiminde çelik kılavuz üstünde Kama kelepçesi	9
2.11 "Wedgematic" Aşamalı Güvenlik Tertibatı	9
2.12 Güvenlik Mekanizma Kuvvetlerinin Uygulanış Yöntemleri	10
2.12.1 Yaprak Yay	10
2.12.2 Helis Yayların Sıkıştırılması	10
2.12.3 Nal Yayı "C" Yay	10
2.12.4 Blok Yayı	11
2.12.5 Konik Yay Pulları	11
2.12.6 Yaprak Yay	12
2.12.7 Elastik Eleman	12
2.13 Türkiye'deki Durum	13
3. MODERN PARAŞÜT SİSTEMLERİ	15
3.1 Giriş	15
3.2 Paraşüt frenlerinin kullanım hızlarına ve performans özelliklerine göre sınıflandırılması	16
3.3 Kazık (Ani) Tip Fren	16
3.4 Tampon Etkili Ani Tip Fren	18

3.5 Progresif Güvenlik Tertibat Tipi (Gelişmiş Tip)	18
3.6 Günümüzde Sıkça Kullanılan Ani Tip Paraşüt Frenleri	19
3.6.1 Kama Tipi Ani Paraşüt Freni	19
3.6.2 Dışmerkezli (Eksantrik) Kam Tipi Ani Paraşüt Freni	22
3.6.3 Silindir Tipi Ani Paraşüt Freni	23
3.7 Günümüzde Sıkça Kullanılan Gelişmiş (Kaymalı) Tip Paraşüt Frenleri	25
3.7.1 Esnek Kıskaç Tipi Gelişmiş Paraşüt Freni	25
3.7.2 Silindir Tip Gelişmiş (Kaymalı) Paraşüt Freni	29
3.8 Paraşüt Freni Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Kriterler	35
3.9 Kabinin Yukarı Yönde Çıkışının Kontrolü	36
3.10 EN 81-1 Standardına Göre Fren Duruş Mesafesi Kabulü	37
4. KILAVUZ RAYLAR	40
4.1 Giriş	40
4.2 EN 81-1 Standardına Göre Kılavuz Rayların İmalat ve Montajı	40
4.3 Kılavuz Rayların Boyutları ve Fiziksel Özellikleri	41
4.4 Asansör Kılavuz Ray Malzemeleri	43
4.5 Kılavuz Ray Kalite Ölçütleri	44
4.6 Kılavuz Rayların Kullanım Ömrü	44
4.7 Asansör Kılavuz Rayların Tasarım Hesabı	44
4.7.1 Kılavuz Ray Gerilme Hesapları	44
4.7.2 Kılavuz Raylara Etkiyen Yükler	45
4.7.3 Eğilme Gerilmesi Hesabı	46
4.7.4 Kılavuz Ray Boyuna Etkiyen Eğilme Gerilmesi	47
4.7.5 Kılavuz Ray Sehim Hesabı	47
4.7.6 Kılavuz Ray Burkulma Gerilmesi Hesabı	48
4.7.7 Kılavuz Ray Hesabında Darbe Etkisi	49
4.7.8 Kılavuz Ray Birleşik Gerilme Hesabı	51
4.7.9 Kılavuz Raylarda Müsaade Edilen Gerilme Ve Eğilme Değerleri	52
4.8 Hesap Örneği	52
4.8.1 Verilen ve Kabul Edilen Değerler	53
5. HIZ REGÜLÂTÖRÜ	57
5.1 Giriş	57
5.2 Regülâtör Sistemlerinin İşleyişi	57
5.3 Hız Regülâtörünün Çalışma ve Kilitlenme Hızları	59
5.4 Regülâtör Halat Çapı Tayini	60
5.5 Hız Regülâtör Tipleri	61
5.5.1 Savrulma Ağırlıklı (Santrifüj) Tipi Hız Regülâtörü	61
5.5.2 Sarkaç Tipi Hız Regülâtörü	63
6. SONLU ELEMANLAR METODU	67
6.1 Sonlu Elemanlar Metodunun Kısa Tarihi	67
6.2 Uygulama Alanları	68
6.3 Problemlerde Uygulanması	68

6.4 Sonlu Elemanlar Yöntemi Eleman Tipleri	69
6.5 ABAQUS/CAE Sonlu Elemanlar Paket Programı	70
6.5.1 Programın Bölümleri	70
6.5.2 Ön İşlem Süreci (Preprocessor)	72
6.5.3 Programın Çalıştırılması	73
6.5.4 Katı Modelin Oluşturulması	74
6.5.5 Malzeme Girişi	75
6.5.6 Adım (Step) Menüsü	76
6.5.7 Etkileşim (Interaction) Tanımlanması	76
6.5.8 Sınır şartların ve Yüklerin Tanımlanması ve Parçaya Uygulanması	77
6.5.9 Parçanın Küçük Parçalara (Mesh) Bölünmesi	77
6.5.10 İş (Job) Menüsü	79
6.5.11 Analiz Sonrası İşlemler (Postprocessor) Menüsü	80
7. GÜVENLİK TERTİBATI MUKAVEMET HESAPLARI	82
7.1 Giriş	82
7.2 Paraşüt Frenlemesi Esnasında Oluşan Kuvvet ve Gerilme Hesapları	82
7.3 Kılavuz Ray İle Silindir Arasında Oluşan Maksimum Sürtünme Kuvveti	85
7.4 Başarılı Kenetlenme İçin Silindir Yuvası Eğim Açısının Tespiti	87
7.5 Fren (Sürtünme) Kuvvetlerinin Hesaplanması	89
7.6 Fren İşlemi Esnasında Meydana Gelen Gerilmeler	90
7.6.1 Silindir İle Kılavuz Ray Arasında Meydana Gelen Gerilmeler	91
7.6.2 Kılavuz Ray ile Fren Bloğu Arasında Meydana Gelen Gerilmeler	91
7.6.3 Silindir ile Fren Bloğu Arasında Meydana Gelen Gerilmeler	95
7.7 Ani Güvenlik Tertibatında İzin Verilebilir Toplam Kütlenin Hesaplanması	99
7.7.1 Güvenlik Tertibatınca Absorbe Edilebilen Enerji	99
7.7.2 İzin Verilebilir Toplam Kütle	100
7.8 Hesap Örneği	101
7.8.1 Kabin İçerisine 6 Kişinin Binmesi Durumu	101
8. SİLİNDİR TİPİ ANİ GÜVENLİK TERTİBATININ ANALİZİ	107
8.1 Giriş	107
8.2 Silindir Tipi Güvenlik Tertibatının Sonlu Elemanlar Analizi	108
8.2.1 Güvenlik Tertibatın Üç Boyutlu Modelinin Oluşturulması	108
8.2.2 Kılavuz Rayın Üç Boyutlu Modelinin Oluşturulması	109
8.2.3 Analiz Edilmek Üzere Hazırlanan Modellerin Montajı	110
8.3 Analiz Prosesi	112
8.3.1 Fren Bloğun Sonlu Elemanlara Ayrıştırılması (Mesh Atılması)	112
8.3.2 Silindirin Sonlu Elemanlara Ayrıştırılması	112
8.3.3 Kılavuz Rayın Sonlu Elemanlara Ayrıştırılması	113
8.3.4 Sonlu Elemanlara Ayrıştırılmış Montaj	113
8.3.5 Modellere Malzeme Bilgisi Atanması	114
8.3.6 Analiz Tipi, Süresi ve Adımı Seçimi	117

8.3.7 Analiz Sonuç İsteği	117
8.3.8 Sınır Koşulların Atanması	117
8.3.9 Yüklemeler	119
8.3.10 Önceden Tanımlanmış Değer	119
8.4 Bulgular	120
8.4.1 Fren Bloğu Üzerinde Meydana Gelen Maksimum Gerilmeler	120
8.4.2 Kılavuz Ray Üzerinde Meydana Gelen Maksimum Gerilmeler	121
8.4.3 Maksimum Kılavuz Ray Sehimleri	124
8.4.4 Kılavuz Ray Üzerinde Meydana Gelen Maksimum Deformasyonlar	127
8.4.5 Fren Bloğu Üzerinde Meydana Gelen Maksimum Deformasyonlar	129
8.4.6 Güvenlik Tertibatı Fren (Duruş) Mesafeleri	130
8.4.7 Güvenlik Tertibatı Fren (Duruş) Süreleri	131
8.4.8 Güvenlik Tertibatı Hız ve İvme Grafiği	132
8.5 Silindir Tipi Güvenlik Tertibatı Bloğunun Analitik Analizi	133
8.5.1 Kabin İçerisine 6 Kişinin Binmesi Durumu	133
8.5.2 Kabin İçerisine 8 Kişinin Binmesi Durumu	135
8.5.3 Kabin İçerisine 10 Kişinin Binmesi Durumu	137
8.5.4 Değerlendirme	139
8.6 Silindir Tipi Güvenlik Tertibatının Laboratuarda Denenmesi	140
8.6.1 Fren Bloğunda Meydana Gelen Deformasyonlar	142
8.6.2 Kılavuz Rayda Meydana Gelen Deformasyonlar	142
8.6.3 Deney Sırasında Elde Edilen Fren İvme Grafiği	143
9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	144
KAYNAKLAR	146
EK A	148
EK B	149
EK C	150
EK D	152
EK E	153
EK F	155
EK G	158
ÖZGEÇMİŞ	160

KISALTMALAR

BS	: British Standart
EN	: European Standard
TS	: Türk Standartları
SEM	: Sonlu Elemanlar Metodu

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1: Düz çeneler için sürtünme katsayısı.....	34
Tablo 3.2: Dişli çeneler için sürtünme katsayısı.....	34
Tablo 3.3: Ortalama Duruş Mesafesi Tablosu.....	39
Tablo 4.1: Kılavuz ray boyutları [mm]	42
Tablo 4.2: Kılavuz ray fiziksel özellikleri.....	43
Tablo 4.3: Kılavuz ray malzemeleri.....	43
Tablo 4.4: Kılavuz raylara etkileyen tüm kuvvetler	45
Tablo 4.5: Darbe katsayısı k_I	50
Tablo 4.6: Asansör kapasitesine göre s değerleri	51
Tablo 4.7: ISO 7465 göre kılavuz raylar için müsaade edilen gerilme değerleri.....	52
Tablo 4.8: Kılavuz Ray Emniyet katsayıları	52
Tablo 5.1: Maksimum kabin regülatörü durdurma hızları [m/s]	60
Tablo 5.2: Regülatör kasnak çapı tahmini için çarpanlar.....	61
Tablo 5.3: İzin verilen maksimum regülatör halat hareketi	61
Tablo 7.1: Darbe katsayısı m	89
Tablo 8.1: T70 profil kılavuz ray boyutları ve özellikleri.....	110
Tablo 8.2: St42 çeliği nominal değerlerinin gerçek gerilme-uzama değerlerine dönüştürülmesi	115
Tablo 8.3: CuSi12 alaşım nominal değerlerinin gerçek gerilme-uzama değerlerine dönüştürülmesi	116
Tablo 8.4: St37 alaşım nominal değerlerinin gerçek gerilme-uzama değerlerine dönüştürülmesi	116
Tablo 8.5: Bloкта meydana gelen maksimum gerilmeler	139
Tablo 9.1: En uygun durum tablosu	144
Tablo 9.2: SEM analizi ile analitik hesaplamaların karşılaştırılması	145
Tablo C.1: $\sigma=370 \text{ N/mm}^2$ için narinlik derecesine λ göre, omega ω değerleri	150
Tablo C.2: $\sigma=520 \text{ N/mm}^2$ için narinlik derecesine λ göre, omega ω değerleri	151
Tablo D.1: Narinlik derecesine göre omega değerleri	152
Tablo E.1: Farklı kabin türleri için ray hesapları (Paraşüt sistemi devreye girdiğinde).....	153
Tablo E.2: Farklı kabin türleri için ray hesapları (Paraşüt sistemi devreye girdiğinde).....	154
Tablo F.1: Değişik yük ve mesnet aralıkları için blok üzerinde meydana gelen gerilme değerleri (MPa)	155
Tablo F.2: Değişik yük ve mesnet aralıkları için silindirin temas ettiği bölgede ray üzerinde meydana gelen gerilme değerleri (MPa).....	155
Tablo F.3: Değişik yük ve mesnet aralıkları için ray mesnetlerinin maruz kaldığı gerilme değerleri (MPa)	155
Tablo F.4: Değişik yük ve mesnet aralıkları için silindirin temas ettiği bölgede meydana gelen maksimum negatif ray sehimleri (mm)	156

Tablo F.5: Değişik yük ve mesnet aralıkları için meydana gelen maksimum pozitif ray sehimleri (mm)	156
Tablo F.6: Değişik yük ve mesnet aralıkları için silindirin temas ettiği bölgede ray üzerinde meydana gelen deformasyon değerleri (mm).....	156
Tablo F.7: Değişik yük ve mesnet aralıkları için silindirin temas ettiği bölgede blok üzerinde meydana gelen deformasyon değerleri (mm).....	157
Tablo F.8: Değişik yük ve mesnet aralıkları için fren (duruş) mesafeleri (mm).....	157

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Kuştüyü torbası asansör kuyusunda	3
Şekil 2.2 : İtalyan güvenlik patenti.....	4
Şekil 2.3 : Elisha Otis'in geliştirdiği asansör güvenlik tertibatı	5
Şekil 2.4 : Mekanik kenetleme cihazı	5
Şekil 2.5 : Sabit basınçlı yaylı mekanik kenetleme cihazı	6
Şekil 2.6 : Keresteden yapılmış kılavuz raylar	6
Şekil 2.7 : Odun üstünde kam güvenlik sistemi.....	7
Şekil 2.8 : Kenetlenmeme durumu	7
Şekil 2.9 : Boyunduruk cıvata ekli fren sistemi	8
Şekil 2.10 : Odun üstünde bıçaklar	8
Şekil 2.11 : "T" biçiminde çelik kılavuz üstünde kama kelepçesi	9
Şekil 2.12 : "Wedgematic" Aşamalı güvenlik tertibatı	9
Şekil 2.13 : Yaprak yay	10
Şekil 2.14 : Helis yayı	10
Şekil 2.15 : Nal yayı	11
Şekil 2.16 : Blok yayı	11
Şekil 2.17 : Konik yay pulları	11
Şekil 2.18 : Yaprak yay	12
Şekil 2.19 : Elastik eleman	12
Şekil 2.20 : Elastik elemanın kullanıldığı güvenlik tertibatı	13
Şekil 3.1 : Paraşüt freninin kabine montajı	15
Şekil 3.2 : Yardımcı parçaların regülatör sistemine montajı	16
Şekil 3.3 : Ani tip paraşüt fren çeşitleri	17
Şekil 3.4 : (a) Lastik tampon, (b) Yağlı tampon etkili ani tip frenler.....	18
Şekil 3.5 : Her iki yön hareketi için tasarlanmış gelişmiş güvenlik tertibatı	19
Şekil 3.6 : Ağır görev asansörler için esnek kılavuz kısaç güvenlik tertibatı	20
Şekil 3.7 : Güvenlik tertibatı bloğu ile kama tipi çene'lerin diyagramı	21
Şekil 3.8 : Çift kamlı Eksantrik kam tipi ani paraşüt freni	22
Şekil 3.9 : Tek kamlı Eksantrik kam tipi ani paraşüt freni	22
Şekil 3.10 : Eksantrik kam üzerinde etkiyen kuvvet diyagramı	23
Şekil 3.11 : Silindir tipi paraşüt fren diyagramı.....	24
Şekil 3.12 : Silindir'e etkiyen kuvvet diyagramı	25
Şekil 3.13 : Hafif ve orta tesisat asansörleri için esnek kılavuz kısaç tip gelişmiş paraşüt freni	25
Şekil 3.14 : Esnek kılavuz kısaç paraşüt freninin kısaç montaj resmi.....	26
Şekil 3.15 : Esnek kılavuz kısaç paraşüt frenini harekete geçiren mekanizma	28
Şekil 3.16 : Silindir tip gelişmiş paraşüt freni	29
Şekil 3.17 : Silindir tipi kaymalı güvenlik tertibatı	30
Şekil 3.18 : Harekete geçiren mekanizmasıyla birlikte KB 160 güvenlik tertibatı ...	31
Şekil 3.19 : Kombine gelişmiş güvenlik tertibatı.....	31
Şekil 3.20 : KB 160 güvenlik tertibatının kabine montajı	32

Şekil 3.21 : VG Güvenlik tertibatı	32
Şekil 3.22 : Çiftli VG güvenlik tertibatı	33
Şekil 3.23 : VG güvenlik tertibatı yavaşlama/zaman grafiği	35
Şekil 3.24 : Yukarı yönde kontrol edilemeyen hareket için KB160 güvenlik tertibatı	37
Şekil 4.1 : T profilli (sağda) soğuk çekilmiş ve (solda) işlenmiş kılavuz ray kesitleri ve ölçüleri	42
Şekil 4.2 : Kabin boyutları ile birlikte hesaplarda kullanılan diğer uzunluklar	46
Şekil 4.3 : Kılavuz ray eğilme gerilmesi hesabında göz önüne alınacak eksenler.....	47
Şekil 4.4 : Kılavuz raylara etkileyen çevresel kuvvetler	48
Şekil 4.5 : Güvenlik tertibatının etkisiyle oluşan kuvvetler	49
Şekil 4.6 : F_k kuvvetinden kaynaklanan burkulma	49
Şekil 5.1 : Hız regülatörünün çalışma konumu	58
Şekil 5.2 : Hız regülatörünün çalışma prensibi	59
Şekil 5.3 : Savrulma ağırlıklı regülatör	62
Şekil 5.4 : Savrulma ağırlıklı tip hız regülatörü	63
Şekil 5.5 : Sarkaç tipi hız regülatörü için bir örnek	63
Şekil 5.6 : Çift sarkaçlı regülatör	64
Şekil 5.7 : Dynatech regülatör sistem montajı	64
Şekil 5.8 : Dynatech Regülatör sisteminin detaylı montaj resmi	65
Şekil 5.9 : Savrulma (santrifüj) tip regülatörü	66
Şekil 6.1 : Bir boyutlu bir sonlu eleman	69
Şekil 6.2 : Üçgen tipi sonlu eleman örneği	69
Şekil 6.3 : İki boyutlu değişik dörtgen geometri biçimli sonlu elemanlar	70
Şekil 6.4 : ABAQUS/CAE ana penceresi	71
Şekil 6.5 : ABAQUS/CAE açılış penceresi	73
Şekil 6.6 : ABAQUS/CAE katı model oluşturma	74
Şekil 6.7 : ABAQUS/CAE çizim alanı	75
Şekil 6.8 : Malzeme girişi	75
Şekil 6.9 : Adım (Step) menüsü	76
Şekil 6.10 : Etkileşim Menüsü	77
Şekil 6.11 : Yükleme ve Sınır Şartlar Menüleri	77
Şekil 6.12 : Parçanın dilimlenmesi	78
Şekil 6.13 : Eleman tipi seçme menüsü	79
Şekil 6.14 : İş Menüsü	80
Şekil 6.15 : Sonuçların Görüntülenmesi Menüsü	81
Şekil 7.1 : Kabin ve silindirin hareket yönleri	82
Şekil 7.2 : Sürtünme enerjisi grafiği	83
Şekil 7.3 : Frenleme esnasında oluşması gereken sürtünme enerjisi grafiği	86
Şekil 7.4 : Frenleme esnasında güvenlik tertibatında oluşan kuvvet diyagramı	87
Şekil 7.5 : Blok ray yüzeyinde meydana gelen eğilme momenti tespiti	91
Şekil 7.6 : Burulma momenti gösterimi	93
Şekil 7.7 : Silindir tipi ani güvenlik tertibatı bloğu eğilme ve basma gerilmesi hesabı	96
Şekil 8.1 : Silindir tipi ani güvenlik tertibatı bloğunun 3D modeli	108
Şekil 8.2 : Silindirin farklı çalışma hızlarındaki konumları	109
Şekil 8.3 : Kılavuz rayın 3D modeli	110
Şekil 8.4 : Güvenlik tertibatının raya montajı	111
Şekil 8.5 : Güvenlik tertibatın raya montajının üstten görünüşü	111
Şekil 8.6 : Güvenlik tertibatı bloğunun ağ yapısı	112

Şekil 8.7 : Kullanılan silindirin ağ yapısı	113
Şekil 8.8 : Kılavuz rayın ağ yapısı	113
Şekil 8.9 : Montajın ağ yapısı	114
Şekil 8.10 : Mesnet noktalarından sabitlenmiş (ankastre) kılavuz ray.....	118
Şekil 8.11 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda fren bloğunun maruz kaldığı gerilmeler	120
Şekil 8.12 : Frenlemenin 0,1sn 'sinde fren bloğunda meydana gelen gerilmeler....	121
Şekil 8.13 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda silindirin temas ettiği bölgede kılavuz rayın maruz kaldığı gerilmeler	122
Şekil 8.14 : Frenlemenin 0,1sn 'sinde silindirin temas ettiği bölgedeki gerilmeler.	123
Şekil 8.15 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda ray mesnetlerinin maruz kaldığı gerilmeler	123
Şekil 8.16 : Frenlemenin 0,1sn 'sinde mesnetlerde meydana gelen gerilmeler.....	124
Şekil 8.17 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda silindirin temas ettiği bölgedeki maksimum negatif kılavuz ray sehimleri	125
Şekil 8.18 : Frenlemenin 0,1sn 'sinde rayın negatif sehimini	125
Şekil 8.19 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda maksimum pozitif kılavuz ray sehimleri.....	126
Şekil 8.20 : Frenlemenin 0,1sn 'sinde rayın pozitif sehimini	127
Şekil 8.21 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda silindirin temas ettiği bölgede kılavuz rayın maruz kaldığı deformasyonlar.....	128
Şekil 8.22 : Frenlemenin 0,1sn 'sinde ray deformasyonu	129
Şekil 8.23 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda silindirin temas ettiği bölgede fren bloğunun maruz kaldığı deformasyonlar	129
Şekil 8.24 : Frenlemenin 0,1sn 'sinde blok deformasyonu	130
Şekil 8.25 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumu güvenlik tertibatı fren duruş mesafeleri	131
Şekil 8.26 : Mesnet aralığı 1,5m ve 8 kişilik yükleme durumu için elde edilen grafikler.....	132
Şekil 8.27 : Mesnet aralığı 2,0m ve 8 kişilik yükleme durumu için elde edilen grafikler.....	132
Şekil 8.28 : Değişik yükleme şartlarında paraşüt freni esnasında fren bloğunun maruz kaldığı gerilme grafiği.....	140
Şekil 8.29 : Deney tesisatı	141
Şekil 8.30 : Deney ölçüm düzeneğinin bağlanması	141
Şekil 8.31 : Gerçek blokta meydana gelen deformasyonlar	142
Şekil 8.32 : Gerçek blokta meydana gelen deformasyonlar	143
Şekil 8.33 : Deneyde elde edilen fren ivme değişim grafiği	143
Şekil A.1 : Güvenlik tertibatı bloğunun detaylı teknik resmi	148
Şekil B.1 : Altı kişilik yükleme altında frenleme esnasında tüm sistemde meydana gelen enerji dönüşüm grafiği	149

SEMBOL LİSTESİ

F_k	Burkulma kuvveti [N]
g	Yerçekimi ivmesi [m/s^2]
k_1, k_2, k_3	Darbe katsayıları
Q	Kabin anma yükü [kg]
P	Kabin ve kabine asılı elemanların toplam kütlesi [kg]
n	kılavuz rayların adedi
F_c	Karşı ağırlık kısmında da paraşüt düzeni bulunduğu durumdaki burkulma kuvveti [N]
q	Dengeleme katsayısı
F_s	Eşiğe uygulanan kuvvet [N]
G	Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının kılavuzlama kuvveti [N]
M	Kılavuz raylara tespit edilmiş yardımcı cihazlardan kaynaklanan kuvvet [N]
WL	Rüzgar yükleri [kg]
l	Kılavuz ray konsolları arasındaki mesafe [mm]
σ_m	Eğilme gerilmesi [N/mm^2]
M_m	Eğilme momenti [Nmm]
W	Kesitin mukavemet momenti [mm^3]
σ_k	Burkulma gerilmesi [N/mm^2]
A	Ray kesit alanı [mm^2]
λ	Narinlik derecesi
ω	Burkulma katsayısı
l_k	Burkulma uzunluğu [mm]
i	Eylemsizlik (Jirasyon) yarıçapı [mm]
$\sigma_\zeta (R_m)$	Çekme gerilmesi [N/mm^2]
ε	Kopma uzaması
σ_x	x eksenini boyunca eğilme gerilmesi [N/mm^2]
σ_y	y eksenini boyunca eğilme gerilmesi [N/mm^2]
v	Emniyet katsayısı
σ_F	Flanş eğilme gerilmesi (ray boynundaki) [N/mm^2]
δ_x	x eksenini boyunca meydana gelen sehim [mm]
δ_y	y eksenini boyunca meydana gelen sehim [mm]
F_x	Kılavuz patenin uyguladığı ray boynundaki x-eksenindeki kuvvet [N]
F_y	Kılavuz patenin uyguladığı ray boynundaki y-eksenindeki kuvvet [N]
E	Elastiklik modülü [N/mm^2]
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
Q	Yükün ağırlık merkezi

S	Kabin askı noktası
x_c, y_c	Kabin merkezinin (C) kılavuz ray sisteminin ilgili eksenlerine olan mesafesi [mm]
x_s, y_s	Askı noktasının (S) kılavuz ray sisteminin ilgili eksenlerine olan mesafesi [mm]
x_p, y_p	Boş kabinin ağırlık merkezinin kılavuz ray sisteminin ilgili eksenlerine mesafesi [mm]
x_{cp}, y_{cp}	Boş kabinin ağırlık merkezinin x ve y eksenlerinde kabin merkezine olan mesafesi [mm]
x_Q, y_Q	Yükün ağırlık merkezinin kılavuz ray sisteminin ilgili eksenlerine mesafesi [mm]
x_{cQ}, y_{cQ}	Yükün ağırlık merkezinin x ve y eksenlerinde kabin merkezine olan mesafesi [mm]
h	Kabin kılavuz patenleri arasındaki mesafe [mm]
1,2,3,4	Kabin kapılarının merkezi
c	Kılavuz ray profil ayağı ile başı arasındaki boynun genişliği [mm]
k	Ray profil başı genişliği [mm]
n	Ray profil başı yüksekliği [mm]
f	Ray ayağının tabanından ray boynuna kadar olan mesafe [mm]
g	Ray ayağının kalınlığı [mm]
h	Ray kesit yüksekliği [mm]
b	İşlenmiş raylarda ray ayağının genişliği [mm]
p	Soğuk çekilmiş raylarda ray ayağının genişliği [mm]
y	Ray ayağının tabanından ağırlık merkezine kadar olan mesafe [mm]
$T_{1,2,3}$	Güvenlik tertibatında meydana gelen sürtünme kuvvetleri
$N_{1,2,3}$	Güvenlik tertibatına etkiyen normal kuvvetler
m	Güvenlik tertibatı hesabında kullanılan darbe faktörü
α	Kilitlenme için gerekli minimum açı
A_t	Toplam sürtünme enerjisi
h_1	Serbest düşme yüksekliği
v	Kabin hızı
$\mu_{1,2,3}$	Sürtünme katsayıları

ÇİFT YÖNLÜ ASANSÖR FREN BLOKLARININ MODELLENMESİ VE SONLU ELEMANLARIN ANALİZİ

ÖZET

Asansör tesislerinin en önemli güvenlik elemanlarından biri olan güvenlik tertibatlarının, paraşüt fren sisteminin devreye girmesi sonucu yüksek gerilmelere ve fren ivmelerine maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Güvenlik tertibatı seçiminde etkin olan bu gerilmeler ve fren ivmeleri, TS EN 81-1 standardının ön görüldüğü sınırlar içerisinde olmalıdır. Bu çalışmanın ikinci bölümünde asansör emniyet sistemini oluşturan güvenlik tertibatlarının tarihi ele alınmıştır. Üçüncü bölümde modern paraşüt frenleri ele alınmış ve en ince ayrıntısına kadar anlatılmıştır. Dördüncü bölümde asansör tesisinin oluşturan en temel eleman olan kılavuz ray ele alınmış, kılavuz raylar hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Beşinci bölümde, asansör kabinin yukarı veya aşağı yönde hızının belli bir hız değerini aşması durumunda güvenlik tertibatını harekete geçiren mekanik eleman olan regülatör sistemi anlatılmıştır. Altıncı bölümde Sonlu Elemanlar Yöntemi ve ABQUS/CAE paket programı hakkında kısaca değinilmiştir. Yedinci bölümde silindir tipi ani frenlemeli güvenlik tertibatında paraşüt freni esnasında maruz kaldığı kuvvet ve gerilmelerin hesaplanması için en uygun formüller ve denklemler çıkartılmıştır. Bu çalışmanın sekizinci bölümünde ise üç değişik metotla, Sonlu Elemanlar, Analitik ve Deneysel metotlarla silindir tipi ani frenlemeli güvenlik tertibatı analizi yapılmıştır. Bu çalışmanın en sonunda ise Analitik ve Deneysel metotlarla elde edilen sonuçlarla ABAQUS/CAE paket programı kullanılarak Sonlu Elemanlar Metodu'yla tespit edilen gerilme, sehim, deformasyon, frenleme süresi, mesafesi, ivmesi ve hız değerleri karşılaştırılarak, Sonlu Elemanlar Metodunun bu problemde doğruluğu araştırılmıştır. Literatürde bu konuda yapılmış çalışmalar yeterli sayıda ve katkıda değildir. Bu çalışmayla varolan bu eksikliğin kapatılması hedeflenmiştir.

MODELING AND FINITE ELEMENT ANALISYS OF DOUBLE DIRECTION ELEVATOR BRAKE BLOCKS

SUMMARY

It has been seen, that Safety Gear, which is one of the most important element of elevator system, during safety gear operation is being exposed to high stresses and brake accelerations. These stresses and accelerations, which are effective on determination of safety gear, must be under recommended level by TS EN 81-1 standard. In the second chapter of this study, it has been mentioned about the history of safety gear, which is the basic element of safety system of elevators. In third chapter, it has been given detailed information about contemporary safety gears. In fourth chapter, it has been given information in details about guide rails, which is basic element of elevator systems. In fifth chapter, it has been mentioned about elevator system's part which arouses safety gear in the situation of excess of car speed above specific value. In sixth chapter, it has been given information in short about Finite Elements Methods and ABAQUS/CAE software. In seventh chapter, it has been determined suitable formulas and equation in order to calculate the forces and stresses that effect blocks of cylindrical type instantaneous safety gear. The eighth chapter of this study, it has been analyzed cylindrical safety gear by using three different methods, are Finite Elements, Analytical and Experimental Methods. At the end of this study, it has been investigated reliability of Finite Element Methods for this problem by comparing results of Analytical and Experimental Methods with the results, which are stress, deflection, deformation, braking time, distance, acceleration and speed, found with Finite Elements Methods by using ABAQUS/CAE software. Studies about this topic are not enough in literature. Therefore this study is a good reference on this subject.

1. GİRİŞ

Asansörler, belli bir kot farkı bulunan iki mesafe arasında hızlı, rahat ve güvenli bir şekilde insan, yük ve eşya taşımayı sağlayan transport makinalarıdır. İnsanoğlunun, şehirleşme hayatına hızlı bir şekilde girmesi ve bununla birlikte şehirleşmede çok katlı binaların artışı ile asansörlere olan ihtiyaç gün gittikçe artmıştır. Asansörlerin artışıyla birlikte, asansörlerin güvenliği konuları da hayli önem kazanmıştır. Ele alınan insan faktörü olduğu zaman ilk akla gelen emniyet olmuştur.

Asansör sistemleri birçok elemandan oluştukları için her elemanın mukavemeti asansör sisteminde büyük önem taşımaktadır. Asansör sisteminde güvenliğini oluşturan en önemli sistem olan paraşüt sistemi, günümüzde asansör sistemlerinin vazgeçilmezidir. Asansör sistemlerindeki paraşüt sistemi, herhangi bir nedenden dolayı asansörün ani bir şekilde ivmelenerek kontrolsüz bir şekilde aşağı veya yukarı doğru hızlanması ve bundan dolayı insan hayatını tehlikeye sokacak kazaların yaşanmaması için devreye girmekte ve asansörü güvenli bir şekilde durdurmaktadır.

Bu çalışmada, paraşüt sistemleri hakkında detaylı bilgi verilerek, sistemin modellenmesi ve analizi konusunda araştırması hedeflenmektedir. Paraşüt sistemi incelenirken, sistemi oluşturan, kılavuz ray ve regülatör sistemi hakkında da bilgi verilmiştir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde asansör emniyet sistemini oluşturan en önemli eleman olan güvenlik tertibatlarının tarihi ele alınmış, güvenlik tertibatları içerisinde frenleyici kuvvetleri sağlayan elemanlar hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde modern paraşüt frenleri ele alınmış ve en ince ayrıntısına kadar anlatılmıştır. Modern paraşüt frenlerine oldukça fazla örnek yine bu bölümde verilmiştir.

Dördüncü bölümde asansör tesisinin oluşturan en temel eleman olan kılavuz ray ele alınmış, kılavuz raylar hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Bu bölümde ayrıca kılavuz rayların EN 81–1 standardına göre mukavemet hesapları anlatılmıştır.

Beşinci bölümde, asansör kabinin yukarı veya aşağı yönde hızının belli bir hız değerini aşması durumunda güvenlik tertibatını harekete geçiren mekanik eleman olan regülatör sistemi anlatılmıştır.

Altıncı bölümde Sonlu Elemanlar Yöntemi ve ABQUS/CAE paket programı hakkında kısaca değinilmiştir. Bu bölümde ayrıca ABAQUS/CAE paket programının en basit bir şekilde analiz için gerekli olan temel özellikler anlatılmıştır.

Yedinci bölümde silindir tipi ani frenlemeli güvenlik tertibatında paraşüt freni esnasında maruz kaldığı kuvvet ve gerilmelerin hesaplanması için en uygun formüller ve denklemler çıkartılmıştır.

Bu çalışmanın sekizinci bölümünde ise üç değişik metotla, Sonlu Elemanlar, Analitik ve Deneysel metotla silindir tipi ani frenlemeli güvenlik tertibatı analizi yapılmıştır. Sonlu Elemanlar Metodu analizi sonucunda elde edilen veriler tablolar ve grafikler yardımıyla yorumlanmıştır. Analitik hesaplar ise bölüm yedide bulunan denklem ve formüllere göre yapılmıştır. Deneysel yöntemde ise, laboratuvar ortamında belli bir yükle yüklenen kabinin düşey yönde paraşüt frenin testi yapılmıştır.

Bu çalışmanın en sonunda ise Analitik ve Deneysel metotla elde edilen sonuçlarla ABAQUS/CAE paket programı kullanılarak Sonlu Elemanlar Metodu'yla tespit edilen gerilme, sehim, deformasyon, frenleme süresi, mesafesi, ivmesi ve hız değerleri karşılaştırılarak, Sonlu Elemanlar Metodunun bu problemde doğruluğu araştırılmış ve gerekli öneriler verilmiştir.

2. PARAŞÜT DÜZENİN TARİHİ GEÇMİŞİ

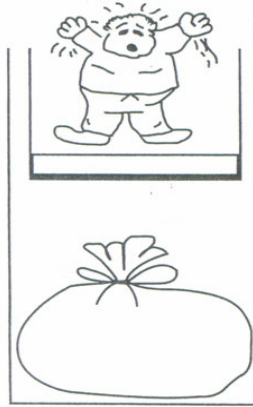
2.1 Giriş

Asansörlerdeki paraşüt sistemleri yıllar boyunca geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu bölümde paraşüt sisteminin gelişiminin asansör hızlarının artışına göre nasıl değişikliğe uğradığı hakkında bilgi verilecektir.

Elisha Otis, Crystal Palace sergisinde New York'ta 1854 senesinde serbest düşmeyi önleyecek ilk paraşüt sistemini tanıtmıştı. Tasarımdaki çoğu değişimler, modern binaların yüksekliklerinin hızlı bir şekilde artmasından, ayrıca asansörlerin kontrol dışı yukarı hareketini önlemesi gibi yeni gelişmelerden dolayı olmaktadır.

2.2 Asansör Dibinde Kuştüyü Torbası

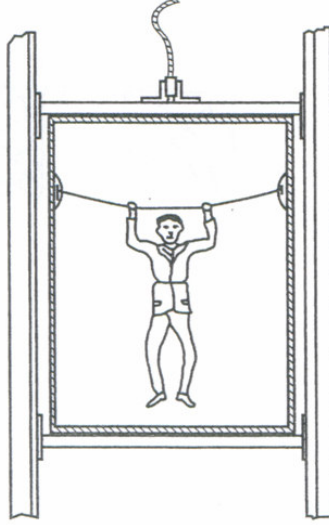
Kesin tarihi bilinmeyen bir devirde bir sultanın kalesindeki asansörde yolculuk eden insanların asansörün yere düşmesinden dolayı zarar görmemeleri için geliştirdiği bir sistemdir. Efsaneye göre, bu sistemin denenmesi sırasında, sultanın büyük bir torbaya kuştüyü doldurarak, bir hizmetçisine asansör ipinin kopuşu sırasında asansörde yolculuk etmesini emretmiştir. Hizmetçi kazayı sadece bacak kırılmasıyla atlatması üzerine sultan, asansörde yolculuk edecek kimsenin ölmeyeceğinden dolayı çok mutlu olmuştu [1].



Şekil 2.1 : Kuştüyü torbası asansör kuyusunda

2.3 İtalyan Güvenlik Patenti

Kuştüyü Torbası testinden birçok sene sonra, bir İtalyan asansörün serbest düşmesinden veya aşağı yönde hızlanması sonucu asansör yolcularının zarar görmemesi amacıyla bir yöntem icat etti. İcat, asansör iki duvarı arasında yolcuların başı üstünde geçen bir ipin iki ucunun lastik diyaframlarda bitmesinden oluşmaktaydı. Şekil 2.2 ‘deki resimde İtalyan güvenlik patenti resmedilmektedir.



Şekil 2.2 : İtalyan güvenlik patenti

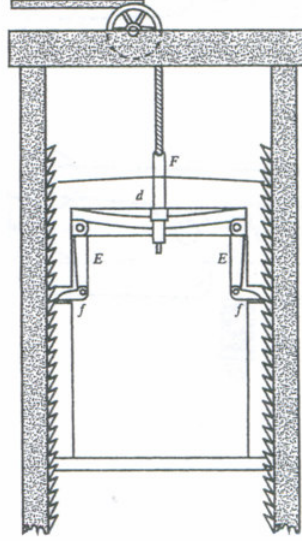
Senaryo asansör kabinin aşağı düşmesi sırasında, yolcuların ipe asılmasından oluşmaktaydı. Kabin kuyuya çarptığı zaman ivme ve hızlardan dolayı meydana gelecek ani frenleme etkisini ip ve diyafram sistemi azaltmaktaydı. Diğer yandan, icat kaç kişinin aynı anda ipe asılabileceği hakkında herhangi bir açıklama vermemekteydi [1].

2.4 Elisha Otis’in Geliştirdiği Tertibat

Otis, çok katlı binalar için paraşüt sisteminin devrimi hakkında bilgi verilen ilk kişidir. Şekil 2.3 ‘te asansör askı ipinin kopmasından sonra sürgü yayının serbest kalmasından dolayı yanlara doğru kayarak frenlemeyi sağladığını göstermektedir. Bu şekilde, yanlara yaslanan ve kilitlenmeyi sağlayan yaylar asansörün aşağı yönde gitmesini sınırlamaktaydılar. Bu sisteme sahip asansörler ilk günlerde düşük

hızlıydılar ve tampon sistemi mevcut değildi. Bu sistem, serbest düşen asansörün hapsedilmesi yöntemi olarak kabul edilmişti.

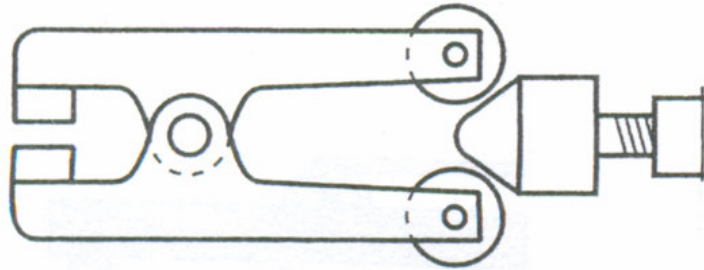
Yüksekliklerin fazla olması ve asansör aşağı katında makinelerin bulunması, özellikle, kabinin şaftın daha yükseğinde oluşu askı ipinin taşıma yükü haddinden fazla artırmıştı. Bu da, yayların, askı ipinin makine sonunda kopması sırasında, askı ipinin taşıdığı yükü taşıması gerektiği anlamına gelmekteydi [1].



Şekil 2.3 : Elisha Otis'in geliştirdiği asansör güvenlik tertibatı

2.5 Mekanik Kenetleme Cihazı

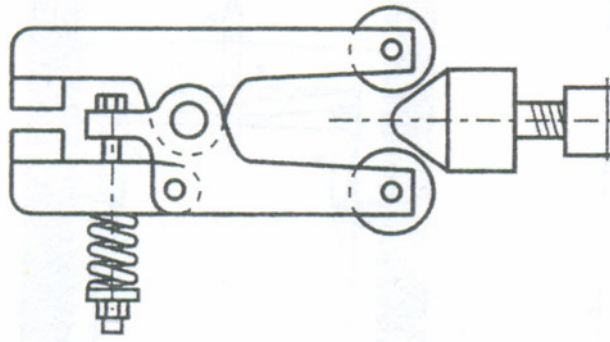
Bu tarz güvenlik mekanizmasına kama kenetleme mekanizması denilmektedir. Kama hareketi halat tamburunun kamaları dışarı silindirler arasına, her bir araba yüzeyine itmesinden dolayı kenetlemeyi doğurmaktadır. Ayrıca bu mekanizma regülâtör'ün kenetlenmesine kadar olan basıncı artırmaktadır [1].



Şekil 2.4 : Mekanik kenetleme cihazı

2.6 Sabit Basınç Yaylı Mekanik Kenetleme Cihazı

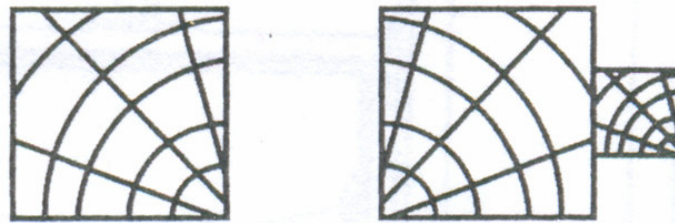
Bu sistem regülatör kenetlendikten sonra önceden ayarlanmış sabit basınç oluşturan mekanik bir düzeneğe ihtiva etmektedir. Şekil 2.4 'deki sisteme benzer bir sistem olan Sabit Basınç Mekanik Kenetleme Cihazı, diğer sistemden farkı bir yay düzeneğinin eklenerek sabit kenetleme kuvvetinin verilmiş olmasıdır. Yay düzeneği kısa veya uzun kolda olabilir. Bir önceki sisteme nazaran avantajı daha küçük kenetlenme kuvvetine ihtiyaç duymasıdır [1].



Şekil 2.5 : Sabit basınçlı yaylı mekanik kenetleme cihazı

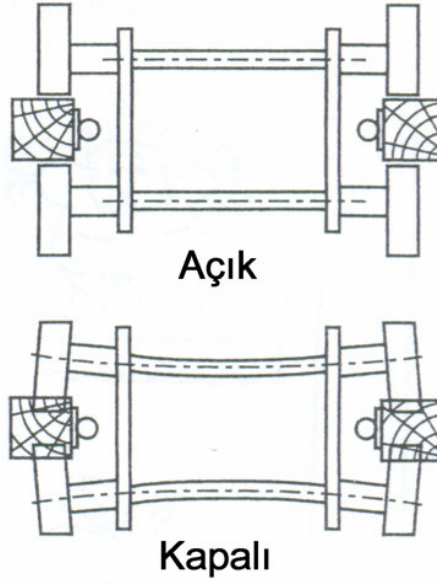
2.7 Odun üstünde Kamlar

İlk günlerde asansörler, kerestelerle kılavuzlanmaktaydılar. Zamanla bu büyük bir kereste elemanının daha küçük kereste elemanlarla desteklenerek iç yağı odunuyla gerçek hareketli kılavuz ray gibi olmuştur.



Şekil 2.6 : Keresteden yapılmış kılavuz raylar

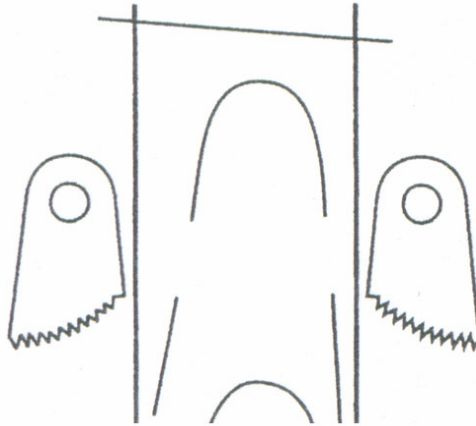
Bu sistemde güvenlik tertibatının tanıtımı şöyle olmaktadır; çift testere dişli üzerinde kam düzeneği, küçük kılavuz üzerinde hareket etmekte ve güvenlik tertibatının gerektiğinde kereste sırtını sıkıştırmasına olanak tanınması şeklindedir. Şekil 2.7 'de üstte serbest, altta ise frenleme anında dişlilerin keresteleri sıkıştırması görülmektedir.



Şekil 2.7 : Odun üstünde kam güvenlik sistemi.

Bu kamlar uzun kuyruklarla kalıp üzerinde kamın tam daire dönmemesini sağlıyorlardı. Bu tür güvenlik mekanizmaların hızları 1.0m/s'e kadar olan asansörlerde kullanılmaktaydılar.

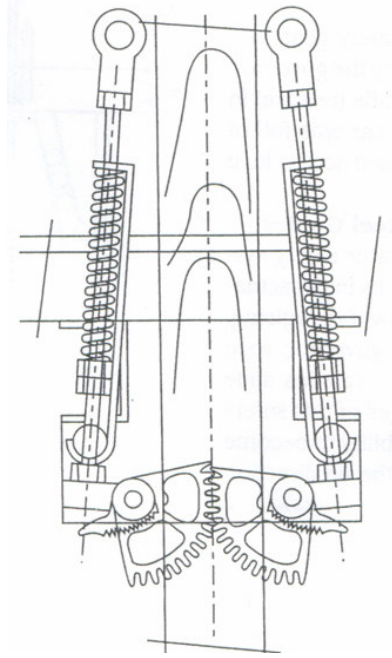
Bu sistemin dezavantajı ise kamın birkaç nedenden dolayı kereste sırtından kenetlenmeden kayma olasılığının bulunmasıydı. (Şekil 2.8): Kamın kayarak kenetlenmemesinin ilk nedeni kamın şekli ve keresteye ilk temas şeklinin başarısız olmasıydı. İkinci nedeni ise, kerestenin sertliği idi. Kenetlenmeme olasılığın son nedeni ise, kerestenin hazırlanması sırasında yanlış yüzeyinin boyanmış olmasıydı, çünkü bu durum kenetlenmeden ziyade kaymaya neden olmaktaydı [1].



Şekil 2.8 : Kenetlenmeme durumu

2.8 Boyunduruk Cıvata Ekli Fren Sistemi

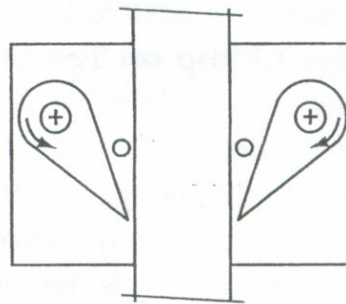
Güvenlik tertibatlarında kullanılan bu yöntem asansör halatının kopması veya gevşemesi durumlarında devreye girmesinden dolayı çok popüler olmuştur. Sistemin son geliştirilmiş hallerinde aşırı hız durumlarında, sağlam halatla kullanılmasına rağmen, asıl fren operasyonuna gerek duyulmamaktaydı [1].



Şekil 2.9 : Boyunduruk cıvata ekli fren sistemi

2.9 Odun Üstünde Bıçaklar

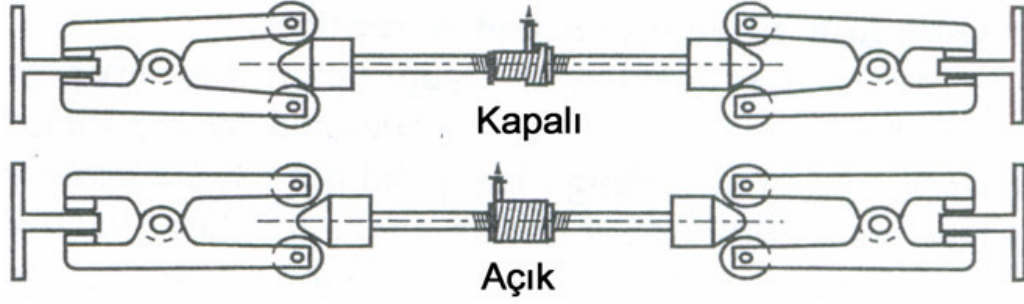
İlk kereste kılavuzu üstünde çalışan güvenlik tertibatı tasarımında tek bıçak, çift veya keski sistemi kullanılmaktaydı. Şekil 2.10 'deki örnekte bıçakların nasıl yerleştirildiğini göstermektedir [1].



Şekil 2.10 : Odun üstünde bıçaklar

2.10 “T” biçiminde çelik kılavuz üstünde Kama kelepçesi

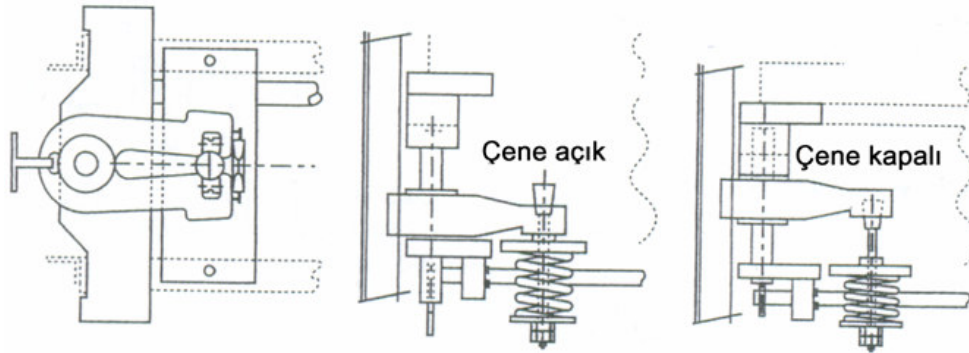
Asansör kabinin yavaşlatmak için regülatörün devreye soktuğu en eski güvenlik tertibatlarından biri de Kapa Kelepçesi sistemidir. Bu sistemdeki problem, asansörün yolcularla dolu olduğu zaman veya iç dekorasyondan dolayı, asansörün tabanında bulunan sistemi devreye sokan kola ulaşımının her zaman kolay olmayışıydı [1].



Şekil 2.11 : “T” biçiminde çelik kılavuz üstünde kama kelepçesi

2.11 “Wedgematic” Aşamalı Güvenlik Tertibatı

“Wedgematic” isimli bu güvenlik tertibatı Avustralya’da tasarlanmıştır. Bu sistem kılavuz raylarda sıkma kuvveti meydana getirmek için değişik yay-basınç düzeneğine sahiptir. Regülâtör devreye girdiğinde, güvenlik tertibatı çenelerini kılavuz raylara kilitlemektedir, böylece arabanın daha da yavaşlamasına neden olmaktadır. Kuvvet uca doğru incelen mille oluşturulmakta ve yaylarla önceden ayarlanmış en yüksek kuvvet durumuna çıkarılmaktadır. Frenleme süresi sonunda asansör yukarı yönde çekilmesine kadar olan süre içerisinde çenenin kılavuz rayları sıkma kuvveti sabit kalmaktadır [1].

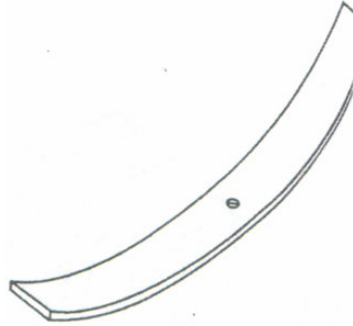


Şekil 2.12 : “Wedgematic” Aşamalı güvenlik tertibatı

2.12 Güvenlik Mekanizma Kuvvetlerinin Uygulanış Yöntemleri

2.12.1 Yaprak Yay

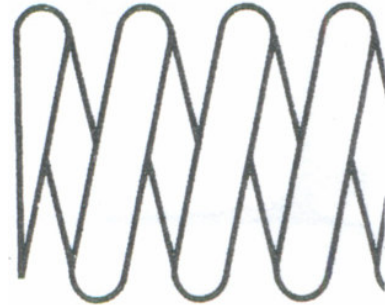
Uzun ve yassı yaprak yayların kullanışı ilk olarak Otis'in 1854 yılındaki asansör gösterisinde kaydedilmiştir. Asansörü yavaşlatacak herhangi bir sistemin olmamasından dolayı, bu yöntem asansör hızını düşürülmesi için uygulanmıştı [1].



Şekil 2.13 : Yaprak yay

2.12.2 Helis Yayların Sıkıştırılması

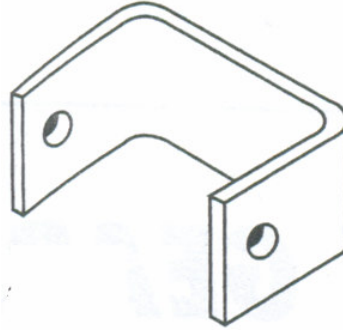
Paraşüt sistemi ile ilişkili olarak helisel yaylar çok yönde kullanılmıştır. Daha küçük yaylar çoğunlukla güvenlik frenlerinin kılavuz rayları tutmasını sağlayacak hareketi için kullanılırken, daha büyük yaylar kayma tipi teçhizatlar da durdurma kuvvetini sağlaması için kullanılmıştı [1].



Şekil 2.14 : Helis yayı

2.12.3 Nal Yayı "C" Yay

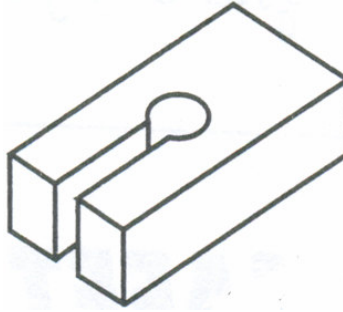
Nal yayının diğer yaylara göre birçok avantajı vardı. Kullanıldığı yerlerde daha az yer kaplamaktaydı ve ayarlanamayan yaylarla uygulama düzgünsüzlüklerini en aza indirmek için kullanılmıştı [1].



Şekil 2.15 : Nal yayı

2.12.4 Blok Yay

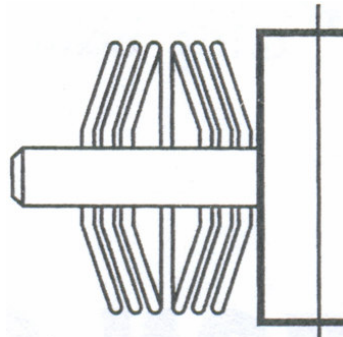
Blok yayları, “C” yaylarla aynı özellikleri taşımaktadır, ama daha çok hızı 2,0 m/s kadar olan küçük asansörlerde kullanılmaktaydı [1].



Şekil 2.16 : Blok yay

2.12.5 Konik Yay Pulları

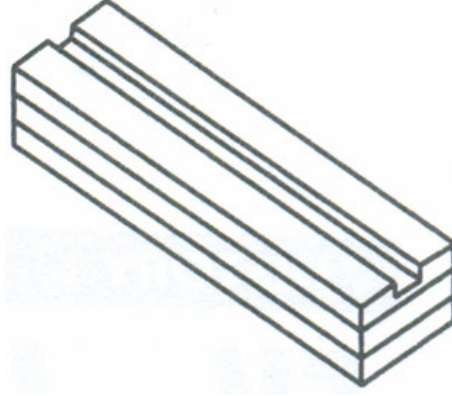
Kullanılışlı olmasından dolayı, birçok imalatçı, paraşüt sistemlerinde bu yayları kullanmaktalar. Tasarımın fazla öne çıkmayan imalatçı fabrikalarda kalite kontrol şeklinde standart tablolara göre disk düzenlemelerinde de kullanılmaktalar [1].



Şekil 2.17 : Konik yay pulları

2.12.6 Yaprak Yay

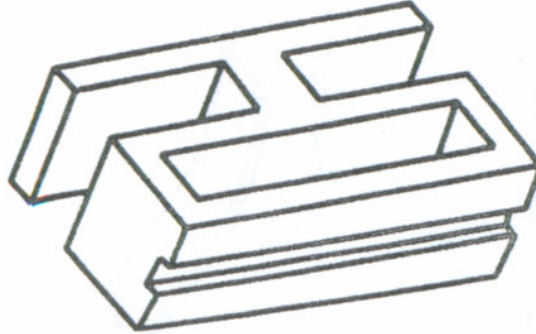
Bu yay tertibatı çoğunlukla yuvarlanan tipi güvenlik mekanizmasıyla birlikte kullanılmaktadır. Bu esnek elemanların silindirin arkasında oluşuyla, yuvarlamalı tip güvenlik mekanizmaların yüksek hızlarda kullanımına izin vermektedirler [1].



Şekil 2.18 : Yaprak yay

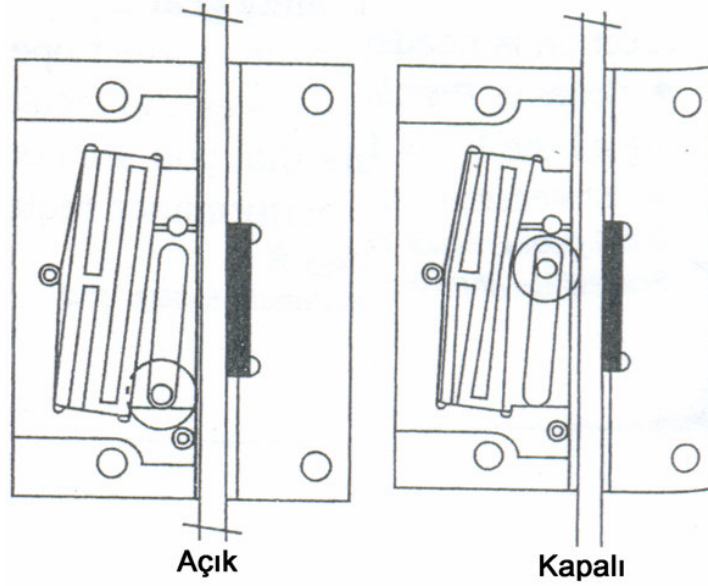
2.12.7 Elastik Eleman

Bilgisayar teknolojisinin kullanılarak tasarlanan elastik eleman, güvenlik tertibatındaki silindiri çalıştırılması için ihtiyaç duyulan kuvveti vermektedir (Şekil 2.19). Bu gelişme daha ziyade anlık paraşüt sistemlerinin aşamalı uygulamalar için ayarlanmasına izin vermiştir (Dynatech şirketi tarafından).



Şekil 2.19 : Elastik eleman

Elastik elemanın güvenlik tertibatındaki kullanılışı Şekil 2.20’de gösterilmektedir. Şekil 2.20 ‘ki montajlardan soldakinde serbest durum, sağdakinde ise frenleme anındaki durum gösterilmektedir [1].



Şekil 2.20 : Elastik elemanın kullanıldığı güvenlik tertibatı

2.13 Türkiye’deki Durum

EN 81-1 standardının ilk sürümü Türkiye’de TS 10922 olarak tercüme edilip Nisan 1993 yılında uygulamaya girdi. Her yeni hukuki durumda olduğu gibi, biraz gecikme ile de olsa uygulanmaya başladı. Bu süre zarfında asansör firmaları TSE Belgesini kullanıyorlardı. Uygulama, bir asansörün hız ve beyan yükü belirtilerek projesinin hazırlanması, TSE’ye sunulması, sunulan projelerin incelenmesi sonrası, yapılmış asansörün TSE tarafından kontrol edilerek uygun onayının alınması işlemine dayanıyordu. Her tip ve kapasite için ayrı belge almak zorunluydu. Asansör firmalarının o dönemde en çok yapımını üstlendikleri asansör tipi 4-5 kişilik 0,63 m/s veya 1 m/s hızda asansörlerdi.

Ancak 1 m/s hızda gerekli olan fren tipi tartışma yaratan bir konu idi. Bugün tartışılan Ani frenlemeli tampon etkili fren konusu, aynı şekilde o günlerde de tartışmaya açık bir konu oldu.

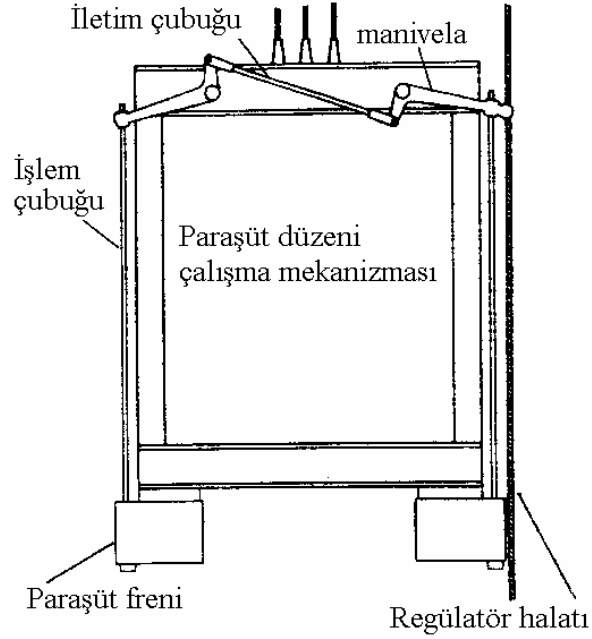
Ani frenlemeli güvenlik tertibatı çene tijlerine yay takılması, fren mekanizma ay’ına (tiji yukarı kaldıran, tijlerin bağlandığı mekanizma) bağlanırken yayın mekanizma ile ay arasında olması ve tijlerdeki çift somunun ay’ın altına takılması durumunda, bunun tampon etkili bir fren olacağı öngörüldü. Çünkü yaysız durumda somunlar ay’ın altına ve üstüne bağlanıyor, mekanizma ile tij doğrudan itirilerek çene ile ray arasında ani bir sıkışma yaratılıyordu. Önerilen uygulamada ise, mekanizmanın

alışması ile ay yukarı kalkacak, yay vasıtasıyla doğrudan bir sıkışma yerine çeneleri raya kadar ittirme olacak ama ray ile sıkışma, kabinin aşağı hareketi ile gerçekleşecekti. Bu da ani bir frenleme yerine, istenen tamponlama mesafesini oluşturacak bir zaman kazandıracaktı [2].

3. MODERN PARAŞÜT SİSTEMLERİ

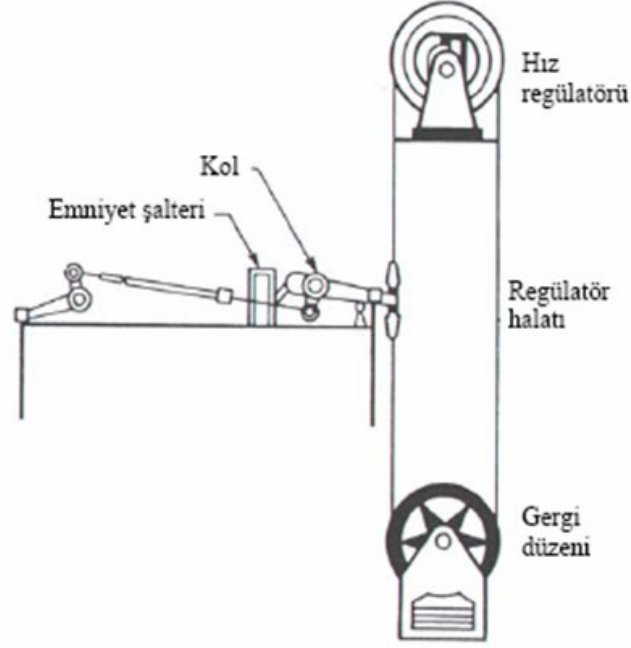
3.1 Giriş

Yüksek binaların ve gökdelenlerin arttığı çağımızda, ilk kattan son kata ulaşmak çok uzun zaman almasından dolayı asansörler 50 sene öncesine nazar çok hızlanmıştır. Asansörlerin hızlanması ve taşıma kapasitelerinin artmasından dolayı beraberinde de güvenlik tertibatlarının geliştirilme ihtiyacını doğurmuştur. Genel olarak güvenlik tertibatları kabinin hemen altına monte edilirler (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Paraşüt freninin kabine montajı [3]

Şekil 3.1’ de görüldüğü üzere, bir paraşüt fren sistemi güvenlik tertibatı, regülatör sistemi ve yardımcı parçalardan oluşmaktadır. Yardımcı parçaların (işlem çubuğu, manivela ve iletim çubuğu) regülatör sistemine montajı Şekil 3.2 ‘de gösterilmektedir [3].



Şekil 3.2 : Yardımcı parçaların regülatör sistemine montajı

Bu bölümde modern güvenlik elemanlarının hızlarına ve performanslarına göre sınıflandırılmasını ve güvenlik elemanlarının seçim kriterleri anlatılacaktır.

3.2 Paraşüt frenlerinin kullanım hızlarına ve performans özelliklerine göre sınıflandırılması

EN-81 standardına göre fren tiplerinin kullanım hızları aşağıdaki gibidir;

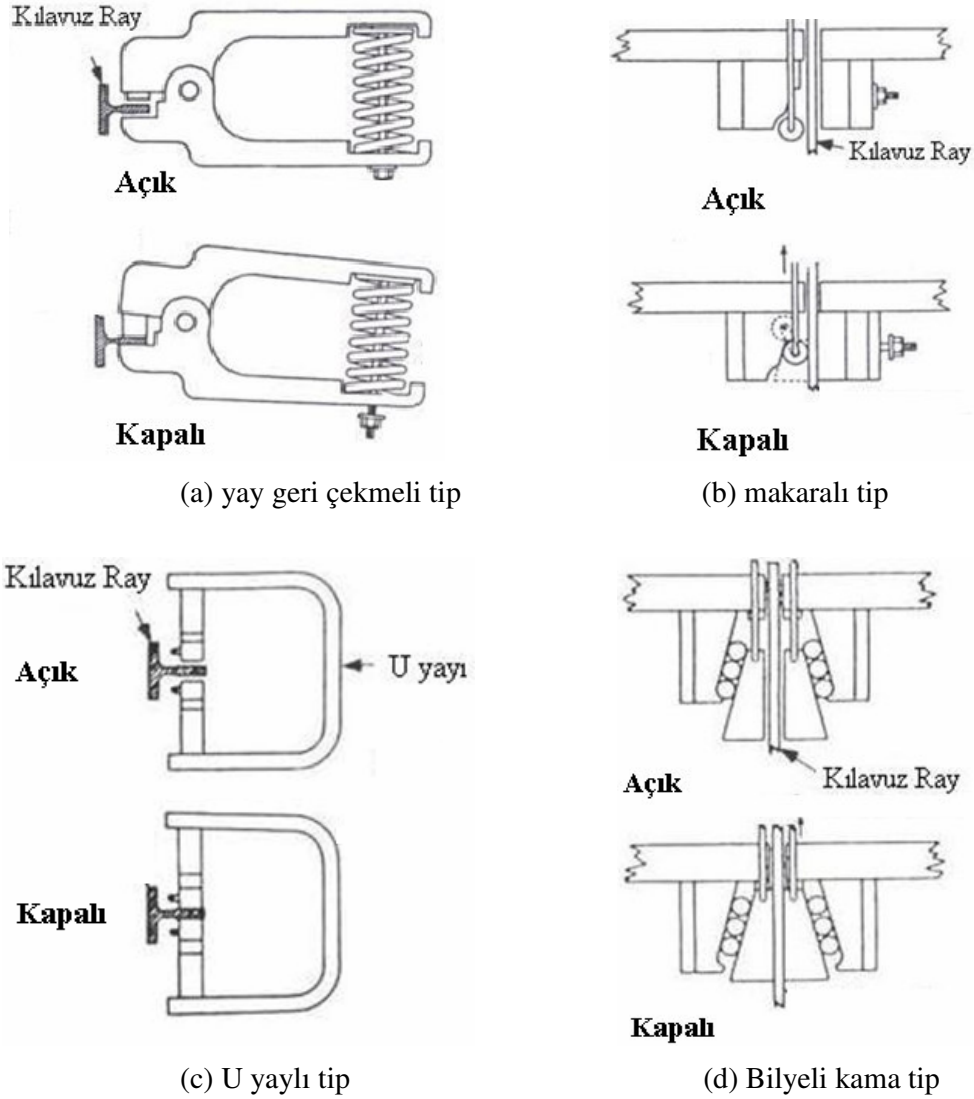
- 0,63 m/sn kabin hızına kadar Ani Etkili Fren,
- 0,63–1,00 m/sn kabin hızına kadar Tampon Etkili Fren,
- 1,00 m/sn üzerindeki kabin hızlarında da Kaymalı Fren kullanma zorunluluğu getirmektedir.

3.3 Kazık (Ani) Tip Fren

Bu tip paraşüt tertibatı 1 m/s 'lik kabin hızlarına kadar kullanılır. Kabini durdurma mesafesi küçük olduğundan kabin ve kılavuz raylar aşırı zorlanır. Daha büyük hızlarda paraşüt tertibatı çalıştığı zaman yolcular şok etkisi altında kalacağından, bu tip paraşüt tertibatı tercih edilmez [3].

Frenleme sırasında kılavuz rayların üzerine hızla artan kuvvet uygular. Ani Tip Frenin kullanıldığı asansörün kaza anında durma süresi ve mesafesi çok kısadır olur. Bu tip fren sisteminde geciktirme kuvvetini ve durma mesafesini sınırlayacak herhangi bir esnek vasıta kullanılmaz. Avrupa'da 0.63 m/s, A.B.D. 'de ise 0.76 m/s seçilmiş hız sınırının geçilmediği asansör sistemlerinde kullanılmasına izin verilmiştir. Bu tip ani emniyet tertibatının kullanıldığı asansör kabinin ve karşı ağırlığın davranışları tam olarak tespit edilemez, ancak deneysel olarak incelendiğinde anlaşılabilir [4].

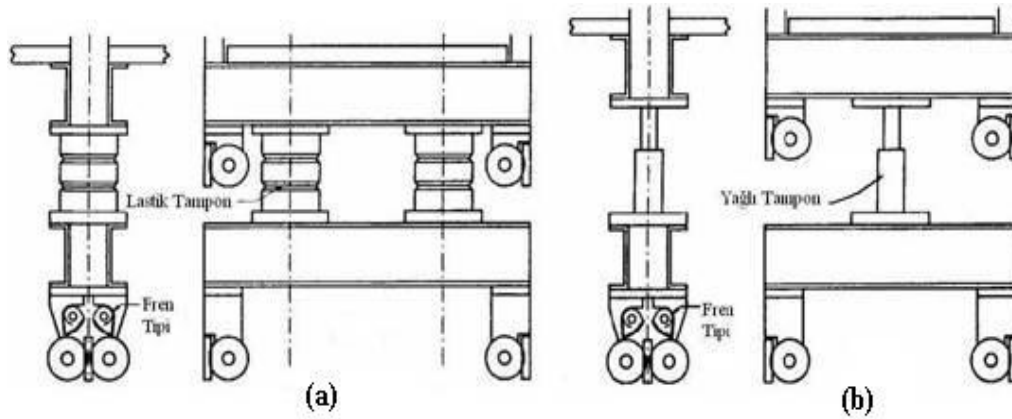
Aşağıdaki şekillerde asansör taşıma kapasitelerine göre sıralanmış dört farklı çeşitte ani fren tipleri serbest ve frenleme halindeki pozisyonda görülmektedir.



Şekil 3.3 : Ani tip paraşüt fren çeşitleri

3.4 Tampon Etkili Ani Tip Fren

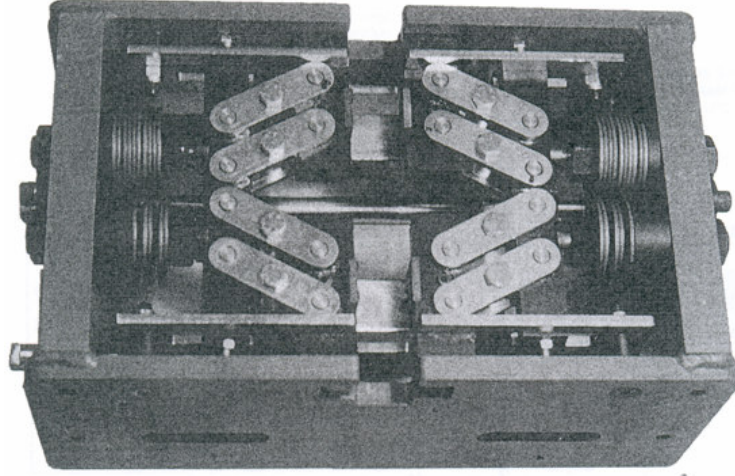
Günümüzde bu tip frenlerin enerji toplayan ve harcayan türleri kullanılmaktadır. Çoğunlukla bir veya daha fazla tamponun kabinin alt kısmına yerleştirilmesiyle sistem kullanıma sunulmaktadır. Frenleme sırasında sıkıştırma stroğu yavaşlatıcı, ters yönlü kuvvetler doğurmasına neden olur. Frenleme mesafesi frenin etkili stroğuna eşittir. Bu tip fren sistemleri Avrupa'da 1 m/s, A.B.D. 'de ise 2,5 m/s hız değerleri için kullanılmaktadır [4].



Şekil 3.4 : (a) Lastik tampon, (b) Yağlı tampon etkili ani tip frenler

3.5 Progresif Güvenlik Tertibat Tipi (Gelişmiş Tip)

Hızı 1 m/s den büyük olan modern asansörlerde genellikle bu tip paraşüt kullanılır. Kademeli olarak etki eden paraşüt tertibatında kılavuz raylara uygulanan durdurucu kuvvet kademeli olarak büyüdüğünden kabin gerek kılavuz raylara gerekse yolculara bir zarar vermeksizin darbesiz olarak durur. Bu tip paraşüt tertibatı halat kopma esasına göre çalışabilir, fakat daha çok kullanılan metot bu tertibatın çalışmasını hız kontrol cihazına bağlı kılmaktır. Basma yayları bulunan kaymalı paraşüt tertibatında frenleme kuvveti, serbest düşmeye geçen kabinin emniyetle durmasını sağlamaktadır [3].



Şekil 3.5 : Her iki yön hareketi için tasarlanmış gelişmiş güvenlik tertibatı (D & D Development Ltd.)

Eğer nominal yük altındaki kabinin serbest düşüşü esnasında sistemde progresif güvenlik tertibatı kullanılıyorsa o halde ortalama yavaşlatma ivmesi $1g_n$ 'yi aşmamalıdır. Asansör sistemleri hesaplarında kullanılan g_n , standart düşme ivmesi olarak kullanılmaktadır [5].

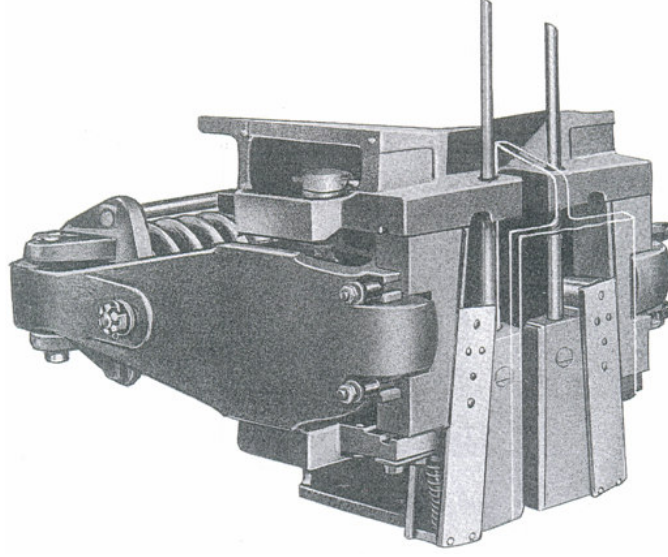
Bu tip paraşüt frenleri, frenleme sırasında kılavuz raylara sınırlı basınç tatbik ederler. Güvenlik sistemi tamamen kullanıldığında yavaşlatıcı kuvvetler düzenli hale gelir. Frenleme süresi ve mesafesi, fren tertibatının içerisindeki hareket eden sistemin ve paraşüt freninin çalışmaya başlama hızıyla doğru orantılıdır. Bu sistemler Avrupa 'da hızı 1 m/s 'yi asansör sistemlerinde kullanılması zorunu kılınmıştır.

Hızı 1 m/s olan asansör kabininde iki paraşüt freni kullanılması gerektiği durumlarda, her iki freninde gelişmiş tip olması büyük önem taşımaktadır. Frenleme sonrası kılavuz rayın paraşüt freninden serbest bırakılması işlemi kabinin yukarı yönde hareket ettirerek yapılmalıdır [4].

3.6 Günümüzde Sıkça Kullanılan Ani Tip Paraşüt Frenleri

3.6.1 Kama Tipi Ani Paraşüt Freni

Kama tipi ani paraşüt freni sıkça kullanılan bir fren tipi olmakla birlikte son zamanlarda bunun yerine eksantrik kam tipi modeller kullanılmaya başlanmıştır. Ancak mekanik çalışma prensibi esnek kılavuz kısaç güvenlik tertibatından faydalanılarak yapılmıştır (Şekil 3.6).



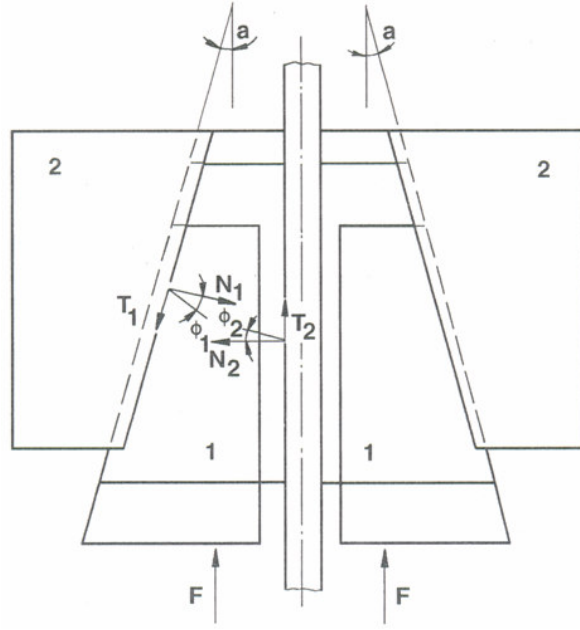
Şekil 3.6 : Ağır görev asansörler için esnek kılavuz kısaç güvenlik tertibatı (Otis Elevator Co.) [5]

Bu paraşüt frenin kabine montajı şu şekilde sağlanmaktadır; Asansör kabinin çerçevesinin alt kısımlarına çelikten imal edilmiş çeneler belirli bir eğime sahip dökme demir bloklara yerleştirilmektedir. Her bir kılavuz ray'da iki güvenlik tertibatı çenesi yerleştirilir. Her çene regülatör halatına bir çubuk sistemi vasıtasıyla bağlanmıştır. Asansörün tasarım hızını aştığı durumlarda regülatör kilitlenerek kendisine bağlı halatın kabinle birlikte hareket etmesine izin vermez. Durdurulan halat üzerinde sabitlenmiş işlem çubukları çene mekanizmalarını tetikleyerek çenelerin raylara kuvvetli bir takoz hareketi ile temasın gerçekleşmesine neden olur.

Gerekli olan kama kenetlenme koşulu için;

$$\alpha \leq \phi_2 - \phi_1 \quad (3.1)$$

Burada α kama'nın açısı, ϕ_2 çene ile kılavuz ray arasındaki sürtünme açısı ve ϕ_1 çene ile destekleyici blok arasındaki sürtünme açısıdır. Şekil 3.7 'de çene (1) ve güvenlik tertibat bloğu (2) serbest ve frenleme anı için gösterilmiştir.



Şekil 3.7 : Güvenlik tertibatı bloğu ile kama tipi çene'lerin diyagramı [5]

Burada, 1. Çeneler; 2. Güvenlik tertibatı bloğu'dur.

Bütün kuvvetlerin kama tipi çenelere etkimesi yine Şekil 3.7 'de gösterilmektedir.

Burada;

N - normal tepki kuvveti

T - teğetsel tepki kuvveti (sürtünme direnci)

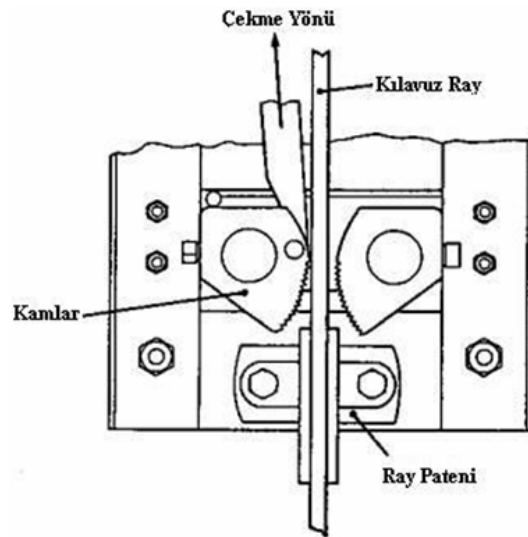
F - Çenelerin tetiklenmesi için uygulanan kuvvet

Çoğunlukla, kılavuz rayları sıkı çenelerin yüzeyi pürüzlendirilerek Formül (3.1) sağlanmaktadır, böylece ortam koşullarında bulunan yağ, kir vs. gibi etmenlerin etkisi azaltılmaktadır.

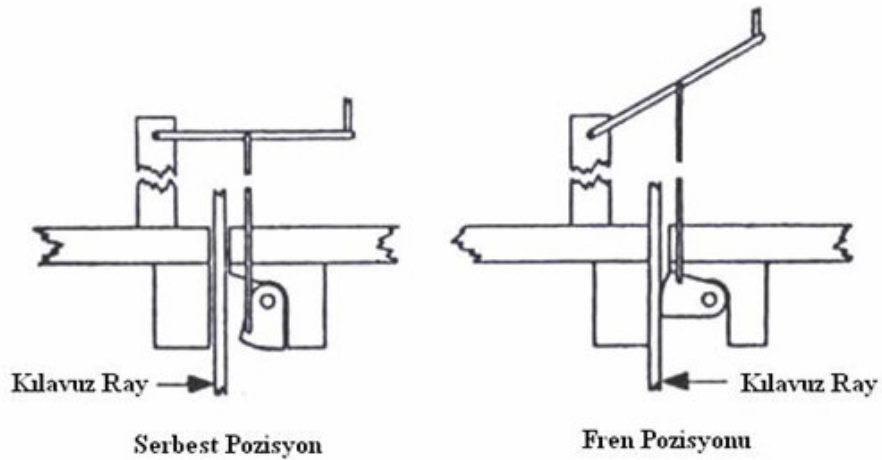
Ani tip fren sistemlerinde frenleme süresi oldukça kısa olmakla beraber geriletme oranı çok yüksektir. Frenleme sırasında ray yüzeyi ile çene yüzeyi arasındaki sürtünme katsayılarının yüksek değerlerde olması durma esnasında yüksek ivmeli çarpmalara neden olur. Bu durum da içeride yolculuk edenleri oldukça rahatsız eder. Dahası, hem kabin üzerinde bağlı elemanları hem de kılavuz raylarda kalıcı hasarlar doğurabilir. Bu durumdan kaçınmak için çenenin rayları yakaladığı yüzeyin düzgün olması önerilmektedir. Uygulamalarda, kama çenelerinin açısı $\alpha = 6$ ile 7 arası seçilmesi tavsiye edilir [5].

3.6.2 Dışmerkezli (Eksantrik) Kam Tipi Ani Paraşüt Freni

Çoğunlukla her kılavuz ray için iki adet sertleştirilmiş testere biçimli ve dışmerkezli bir geometriye sahip çelik kamlar içerir. Her iki uçta birbirine birleştirilmiş kam şaftlar kullanılır. Bu kamlar fren sırasında harekete geçerek ters yönlerde dönerler. Mevcut konstrüksiyon dört kamın aynı anda hareketini sağlar. Serbest durumda kamlar raylara temas etmeyecek pozisyonda yaylar vasıtasıyla dururlar. Normalde, bu tip fren konstrüksiyonunda bir kama tek işlem çubuğu bağlanmıştır. Aşağıdaki şekillerde çift ve tek kamlı ani tip paraşüt frenlerine birer örnek verilmiştir.

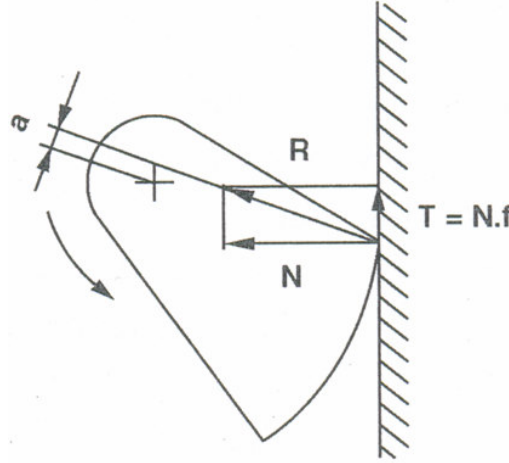


Şekil 3.8 : Çift kamlı Eksantrik kam tipi ani paraşüt freni [4]



Şekil 3.9 : Tek kamlı Eksantrik kam tipi ani paraşüt freni [4]

Şekil 3.10 de verilen Şekilde kam ve kılavuz ray arasındaki bileşke kuvvet R öyle bir konumlanmalı ki $\alpha \times R$ oluşan momentin yönü döndürecek şekilde olmalıdır. Aksi taktirde, regülatör halatı sürekli bir gerilme altında olacaktır ve kılavuz raylarda aşırı artış gösteren gerilmeler direkt regülatör halatına etkiyecektir.



Şekil 3.10 : Eksantrik kam üzerinde etkiyen kuvvet diyagramı [5]

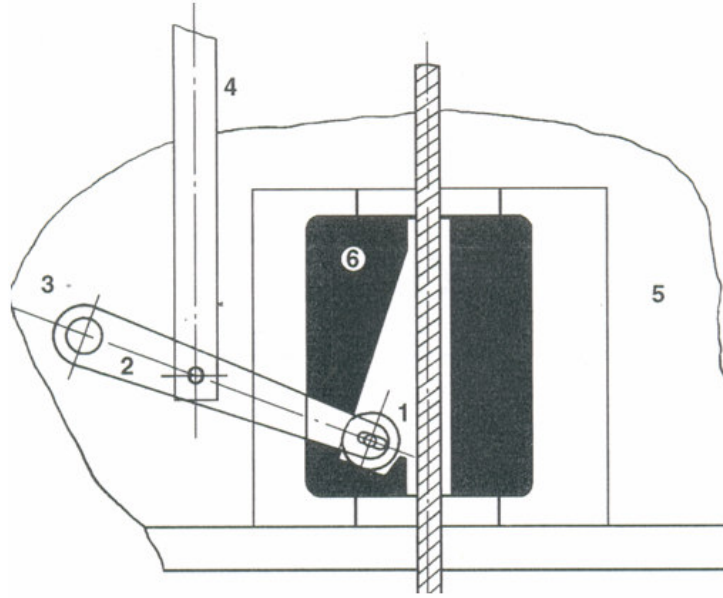
Burada, N normal tepki kuvveti ve T kılavuz ray ile kam arasındaki sürtünme kuvvetidir.

Bazen karşı ağırlık sistemlerine de bir kılavuz ray için kam freni takılmalıdır. Genellikle, kamların kılavuz raylara temas ettiği alan küçük olduğundan frenleme sırasında temas baskısı çok yüksek olmaktadır. Fren esnasında basıncın aşırı derece artması sonucu kam dişlerinden bir veya bir kaç kırılabilir ve ray yüzeyi zarar görür [5].

3.6.3 Silindir Tipi Ani Paraşüt Freni

Bu tip güvenlik tertibatları, çoğunlukla, düşük hızda çalışan asansörlerle ağır yük asansörlerinde kullanılır. Frenleme sırasında özel olarak sertleştirilmiş çelikten imal edilen silindir çenenin gittikçe incelen kısmına doğru itilir. Bu sıkıştırma işlemi esnasında kılavuz raylara kuvvetli bir temas eden silindirin yüzeyi ile ray yüzeyi arasındaki yüksek sürtünme kuvvetlerinden dolayı frenleme gerçekleşir. Şekil 3.11 'de görünen silindir (1), harekete geçiren manivelaya (2) bağlıdır. Harekete geçiren manivela ise işlem çubuğu (4) bağlanmıştır. Her iki rayda bulunan güvenlik tertibatları birbirilerine ortak şaftla (3) bağlanmıştır. Asansörün düşüşü sırasında Çene (6) de asansörle birlikte aşağı yönde hızlandığı için silindirin kendisini daralan

kısma sıkıştırması kolaylaşmaktadır. Birbirlerine bağlı bulunan güvenlik tertibatları düşme anında eşzamanlı olarak hareket ederek asansörü durdururlar [5].



Şekil 3.11 : Silindir tipi paraşüt fren diyagramı

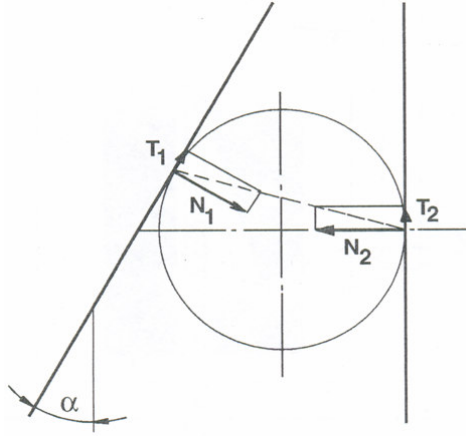
Burada, 1. Silindir; 2.Harekete geçiren manivela; 3.Ortak şaft; 4. İşlem çubuğu; 5.Güvenlik tertibatı bloğu; 6. Çene'dir.

Güvenlik tertibatının frenleme süreci esnasında tüm sistemden bağımsız bir şekilde frenlemeyi sağlayabilmesi için aşağıdaki koşul sağlanmalıdır;

$$\alpha \leq \phi_2 + \phi_1 \quad (3.2)$$

Burada, α çenenin daralan kısmın açısı, ϕ_1 silindir ile çenenin daralan kısmı arasındaki sürtünme katsayısı ve ϕ_2 kılavuz rayla silindir arasındaki sürtünme katsayısıdır.

Frenleme esnasındaki silindire etkiyen tüm kuvvetler Şekil 3.12 'da gösterilmiştir [5].



Şekil 3.12 : Silindir'e etkiyen kuvvet diyagramı

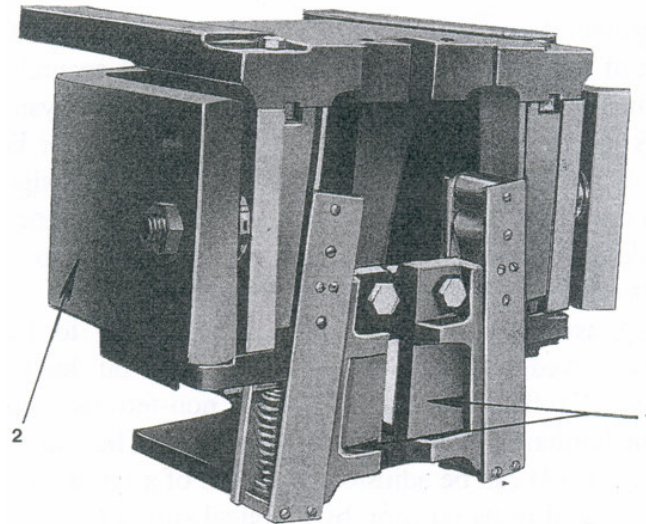
Burada, N – normal tepki kuvveti ve T – teğetsel tepki kuvveti anlamını taşımaktadır.

3.7 Günümüzde Sıkça Kullanılan Gelişmiş (Kaymalı) Tip Paraşüt Frenleri

3.7.1 Esnek Kıskaç Tipi Gelişmiş Paraşüt Freni

Günümüzde gelişmiş paraşüt fren tipleri arasında en çok kullanılan Esnek kılavuz kıskaç paraşüt freni, kabinin altına cıvatalanmış iki emniyet kıskaçı içerir. Eş zamanlı olarak frenleme işlemi gerçekleştirmek üzere çubuklar vasatıyla birleştirilir.

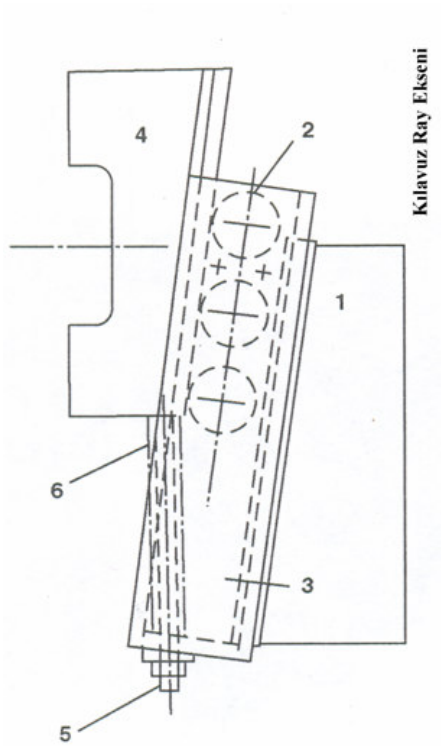
Genellikle, hafif ve orta tesisatlarda kullanılan bu tip paraşüt freni için örnek Şekil 3.13 'da verilmiştir [5].



Şekil 3.13 : Hafif ve orta tesisat asansörleri için esnek kılavuz kıskaç tip gelişmiş paraşüt freni (Otis Elevator Co.)

Burada, 1. Kama tipi kısıkaçlar; 2. Dengeleyici U-yayı'dır.

Şekil 3.13 'teki güvenlik tertibatının kısıkaç birleşim konstrüksiyonu Şekil 3.14'da gösterilmiştir. Çene kısıkaç birleşimi, özel olarak sertleştirilmiş çelik ve krom kaplamalı kasnak (2) üstünde hareket eden paslanmaz yuvaya (3) oturtulmuştur. Çenenin (4) sertleştirilmiş çelik raylar üstünden giden iki takoz ihtiva eder. Vida konstrüksiyon sayesinde kafesin (3) çeneye (4) göre olan konumu ayarlanır. Ayrıca kafes helisel bir yayla (6) tutturulmuştur.



Şekil 3.14 : Esnek kılavuz kısıkaç paraşüt freninin kısıkaç montaj resmi

Burada, 1. Kısıkaçlar; 2. Silindirler; 3. Yuva; 4. Çene; 5. Vida montajı; 6. Helisel yayı'dır.

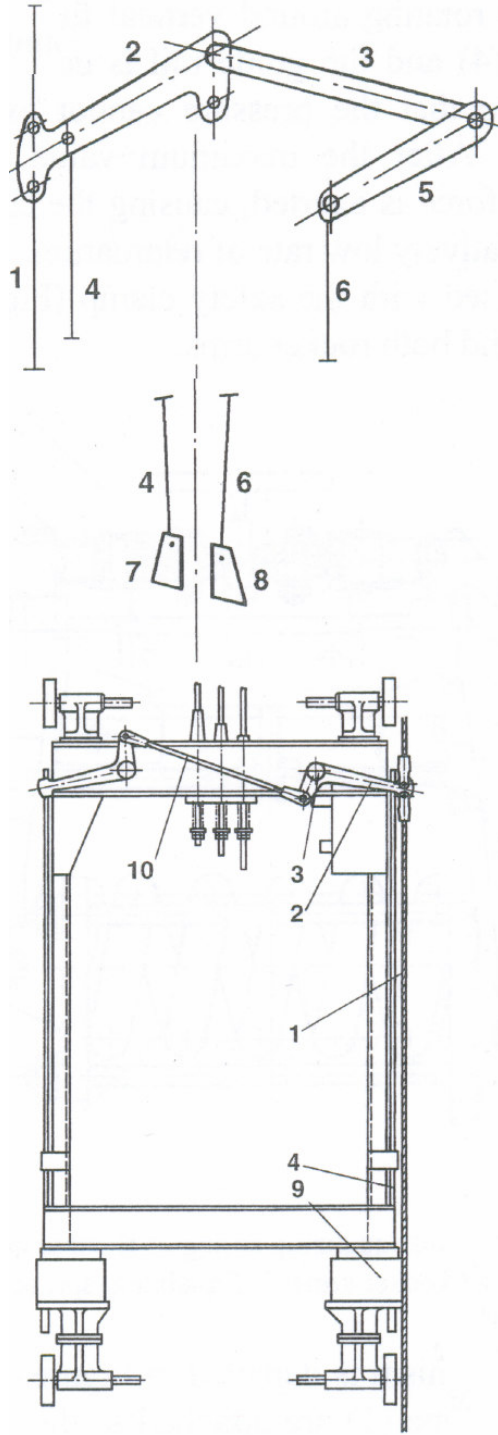
İki çenenin kılavuz raylar etrafında oluşturduğu basınç, çelik yayla kontrol edilir. Bu ise basıncın önceden tespit edilmiş azami değeri geçemeyeceği anlamı taşır. Azami değer elde edildiğinde ise sürekli bir geriletici kuvvet yüklenir. Bu durum kabinin oldukça düşük seviyede ve düzgün bir halde yavaşlamayarak durmasını sağlar.

Bu tip frenler günümüzde yüksek binalarda kullanılmaktadır. Bu tip frenlere ayrıca asansör kabinin normal hızda giderken paraşüt freninin, regülatör halatındaki küçük

etkilerden etkilenererek harekete geçmemesi için ayarlanabilir bir yay bağlantı fren sistemine dahil edilmiştir.

Frenleme sonrası paraşüt freni rayları tutmaya devam eder ve kabini sabit tutar. Güvenlik tertibatının serbest bırakılması için kabini yukarı kaldırmak gerekir. Kabinin yukarı kaldırma işlemi sırasında takoz ters yönde ilerleyerek orijinal pozisyonuna dönmüş olur. Bu durumda, paraşüt frenini yeni bir işleme hazırlamak için yeni bir ayarlama yapmak gerekmez.

Esnek kılavuz kısaç paraşüt frenini harekete geçiren mekanizma Şekil 3.15 'de gösterilmiştir [5].



Şekil 3.15 : Esnek kılavuz kısıkaç paraşüt frenini harekete geçiren mekanizma

Burada , 1. Regülatör halatı; 2. ve 5. Manivelalar; 3. Mil; 4. ve 6. İşlem çubukları; 7. ve 8. Kısıkaçlar; 9. Kelepçe; 10. Aktarma çubuğudur.

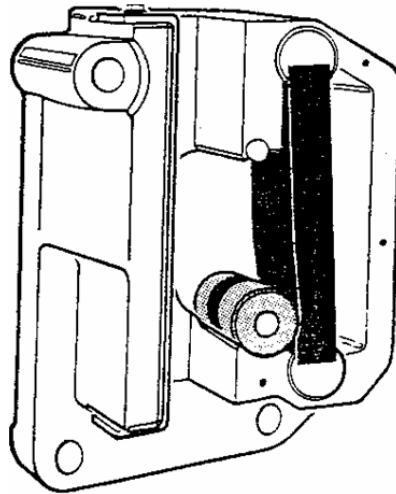
Şekil 3.15 'de 10 numara ile gösteren aktarma çubuğu iki paraşüt frenin eş zamanlı olarak çalışmasını sağlamaktadır.

Bu tip paraşüt freninin diğer frenlere nazaran birkaç avantajları aşağıdaki sıralanmıştır [5]:

- Fren sistemi tetiklendikten sonra kabin düzgün kayma hareketi yaparak durur.
- Kabinin son duruşu regülatör halat ve işlem mekanizmasından bağımsız olarak takoz hareketi ile sağlanır.
- Mekanizmasının basit olması diğer yandan etkili bir işleme sahip olmasıdır.
- Kısa tepki süresi ve düzgün yavaşlama imkânı tanınması.
- Temas alanının geniş olması nedeniyle kılavuz raya herhangi bir zarar gelmez.
- Serbest bırakma işlemi kolaydır ve yeni ayarlamaya ihtiyaç duymaz.

3.7.2 Silindir Tip Gelişmiş (Kaymalı) Paraşüt Freni

Avrupa 'da silindir tip gelişmiş paraşüt freni kullanımı son yıllarda, kullanımı özellikle yolcu asansörlerinde artmıştır. Şekil 3.16'de bu tip güvenlik tertibatına bir örnek görülmektedir [5].

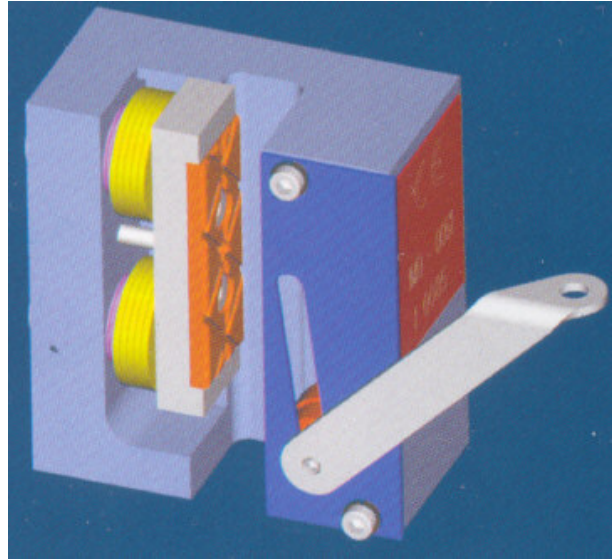


Şekil 3.16 : Silindir tip gelişmiş paraşüt freni (Otis Elevator Co.)

Şekil 3.16 'de görüldüğü üzere fren sisteminde iki yay vasıtasıyla işlem çubuğu harekete geçirilen sertleştirilmiş çelik silindire direkt olarak yol yapılmış olur. Asansör kabininin düşüşü sırasında yukarı kaldırılan silindir kılavuz raya temas

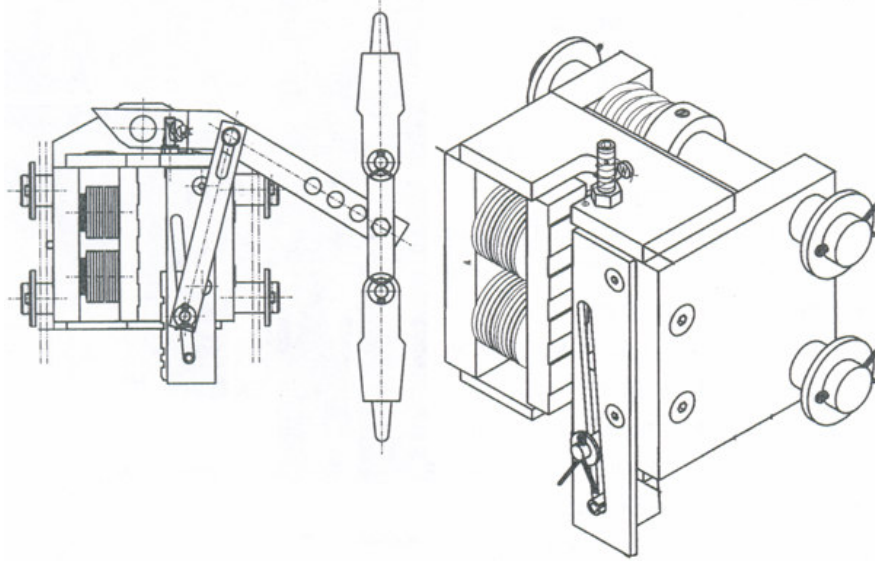
ederek ray ile yaylar arasına girer. Ray üzerindeki basınç değeri yaylar sistemi vasıtasıyla kontrol edilerek raylara yüksek basınç tatbiki önlenmiş olur. Bu sistemde dikkat edilecek husus, yayların sertliğinin çok yüksek olmamasıdır. Nedeni, silindirin etki ettiği alanın dar olmasından temas basıncı yüksek olabilir ve kılavuz raylar zarar görebilir [5].

Silindir tipi kaymalı güvenlik tertibatına bir başka örnekte Şekil 3.17. de verilmiştir [19]. Arcate firması tarafından tasarlanan 92.01 tipli güvenlik tertibatının ani silindir tipi güvenlik tertibatından ayıran özelliği sistemde yayların kullanılmış olmasıdır. Frenleme esnasında kılavuz ray ile blok arasına sıkışan silindir, rayı blok arka duvarına sıkıştırır. Yaylarla desteklenmiş duvar, rayın baskısı sonucu bir miktar geriye doğru itilerek rayın sehimine izin verir. Sehim yapan ray, frenleme sürecinin ani ve yüksek ivmeli oluşunu önler.



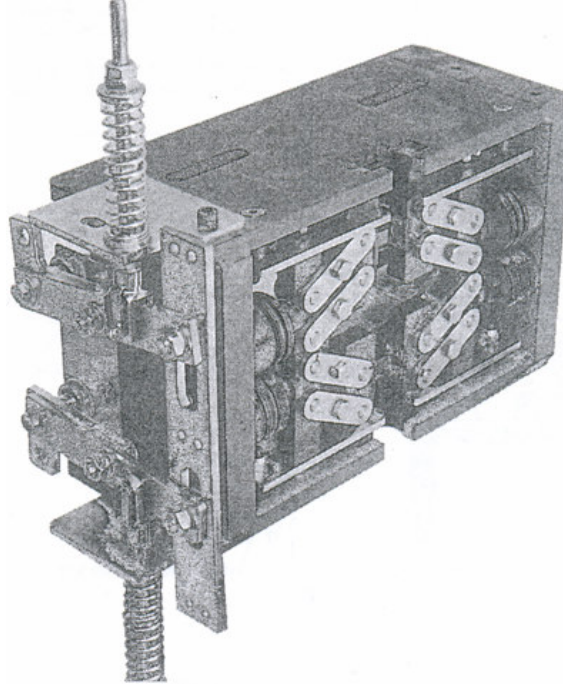
Şekil 3.17 : Silindir tipi kaymalı güvenlik tertibatı

Son günlerde oldukça popüler olan diğer gelişmiş tip güvenlik tertibatlarına birer örnek aşağıdaki şekillerde verilmiştir [5].



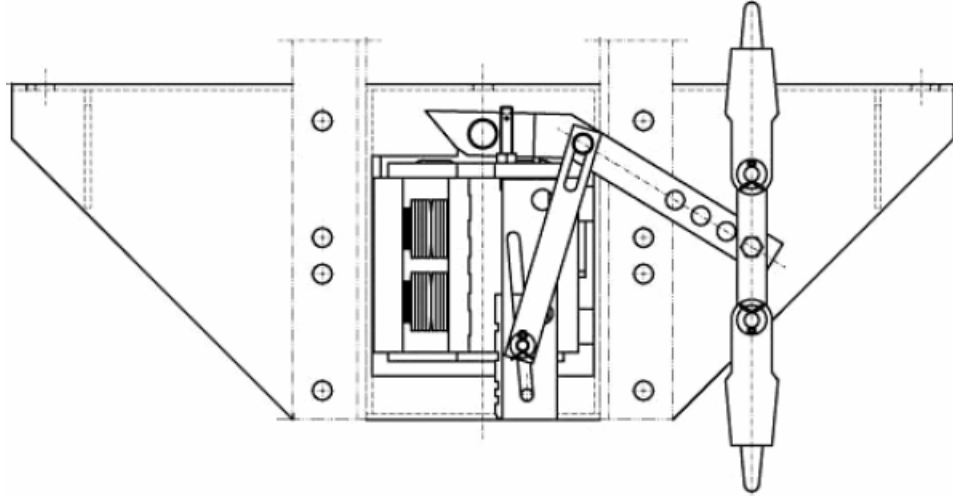
Şekil 3.18 : Harekete geçiren mekanizmasıyla birlikte KB 160 güvenlik tertibatı (Wittur Aufzugteile GmbH)

Kombine kaymalı güvenlik tertibatlarına bir örnek Şekil 3.19 'da verilmiştir. Şekil 3.19 görüldüğü üzere yaylarla desteklenmiş olan güvenlik tertibatı her iki yönde de frenleme yapabilmektedir [5].



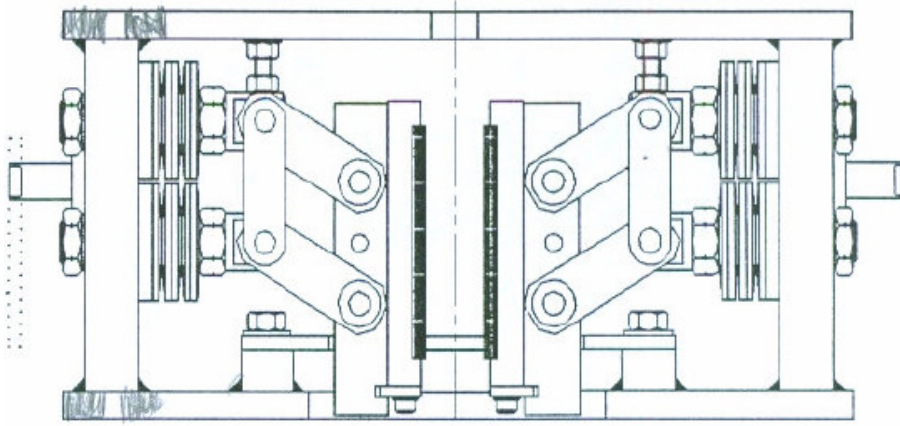
Şekil 3.19 : Kombine gelişmiş güvenlik tertibatı (D & D Development Ltd.)

Şekil 3.18 'de verilen KB 160 güvenlik tertibatının kabine montajı Şekil 3.20'de gösterilmektedir [5].



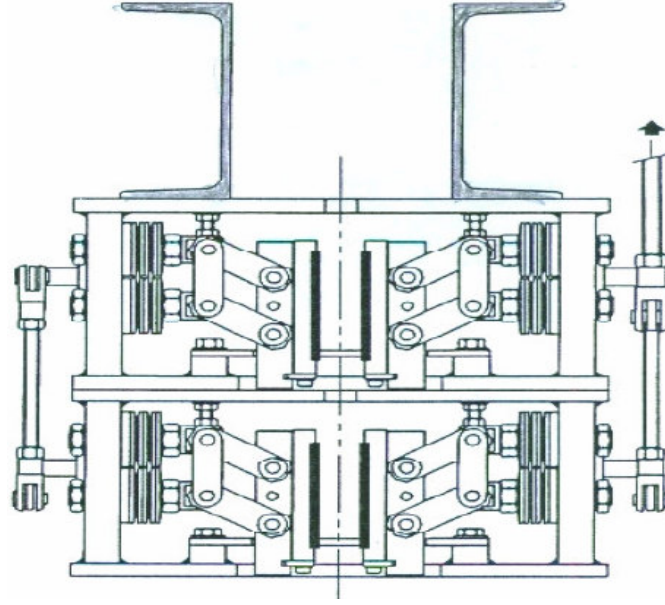
Şekil 3.20 : KB 160 güvenlik tertibatının kabine montajı (Wittur Aufzugteile GmbH)

Günümüzde oldukça tercih edilen kaymalı tip paraşüt frenleri, ticari şirketlerin bu konuda araştırma-geliştirme (ARGE) faaliyetlerini yoğunlaştırmasına sebep olmuştur. Örneğin, Wittur Aufzugteile GmbH şirketinin tasarladığı birkaç kaymalı tip freni aşağıda detaylarıyla birlikte anlatılmıştır.



Şekil 3.21 : VG Güvenlik tertibatı (Wittur Aufzugteile GmbH)

Kaymalı tipteki emniyet fren serisi olan VG güvenlik sistemi VG güvenlik tertibatı modüler bir tasarımdır ve çift yönlü güvenlik tertibatı tarzında yığılmış halde yada tekli montaj şeklinde kullanılabilir (Şekil 3.21). Çiftli takımlar yük taşıma kapasitesini artırmak için standartlardaki gibi kullanılır. Şekil 3.22 de VG-3 güvenlik tertibatı bir'den dört kata kadar dizilebilir. Güvenlik tertibatının üçlüsü yada dördüsü imalatçılar tarafından onaylanmış tasarıma bağlıdır [5,6].



Şekil 3.22 : Çiftli VG güvenlik tertibatı (Wittur Aufzugteile GmbH)

Güvenlik tertibatını birbirine tutturmak için gerekli kuvvet 100 N 'dan azdır. Bu tertibatın bütün hız regülâtörü çeşitleriyle uyumlu çalışmasını sağlar. Güvenlik tertibatı operasyondan sonra dışerlerine nazaran daha az bir kuvvetle, yaklaşık 1000 N 'dan az, serbest bırakılabilir. Böylece kabini, asansör makinası ile yukarıya sürmeyi başarmış oluruz.

Güvenlik tertibatının işletme kolunun hareketi 44 mm' dir. Hareketin ilk 30 mm'si çenelerin kaldırılıp kılavuz rayla temas etmesi ve kalan 14 mm de çenelerin kılavuz raya kenetlenmesini sağlar. Şunu da belirtmek gerekir ki, güvenlik tertibatı asansörün normal hareketi esnasında çalışmaz, ataletli yay regülâtör halatı ankaraj bağlantısında kullanılır. İhtiyaç duyulan yük değeri için hareketin yönüne bağlı olarak atalet yayı tarafından güç sarf edilir. Regülâtör halatı sisteminin yükü ve gücü kılavuz raylarla temas halinde olan kamalı güvenlik tertibatını yukarı kaldırmak için gereklidir.

Düz ve dişli kamaların her ikisi için sürtünme katsayısı değeri Tablo 3.1 ve 3.2 de aktarılmıştır. Görüldüğü gibi ilk ve maksimum sürtünme katsayıları arasında çok büyük farklar vardır. Ayrıca düz ve dişli çenelerde yük ile sürtünme katsayısındaki değişimde ters orantı vardır. Bu orantı çenelerdeki farklı hareketlere bağlıdır.

Tablo 3.1: Düz çeneler için sürtünme katsayısı

Anma Yüğü Q + K (kg)	Ortalama Sürtünme Katsayısı	İlk Sürtünme Katsayısı	Maks. Sürtünme Katsayısı
1375	0.26	0.19	0.36
2410	0.31	0.23	0.51
3750	0.34	0.30	0.53

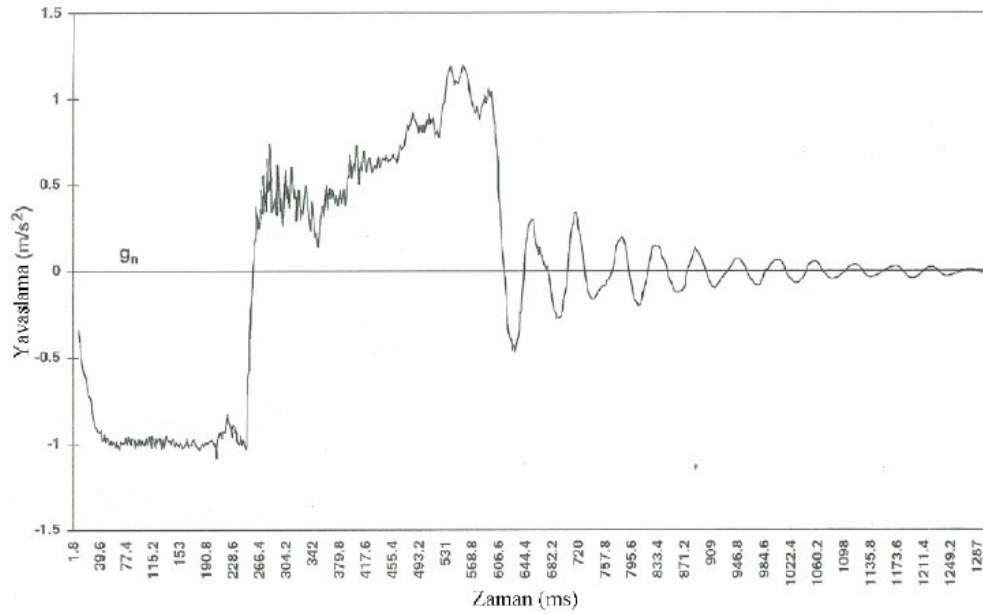
Tablo 3.2: Dişli çeneler için sürtünme katsayısı

Anma Yüğü Q + K (kg)	Ortalama Sürtünme Katsayısı	İlk Sürtünme Katsayısı	Maks. Sürtünme Katsayısı
1000	0.56	0.45	0.76
2000	0.50	0.45	0.67
3000	0.45	0.41	0.63

Sonuçlardan görüldüğü gibi düz çenelerde baştaki sürtünme katsayısı, güvenlik tertibatının performansını belirleyen en kritik faktördür. Bastaki sürtünme katsayısında herhangi bir sebepten dolayı düşüş, örneğin kılavuz ray yüzeyi bitimindeki değişimlere bağlı düşüşler, felaketlere yol açan hatalarla sonuçlanabilir. Başlangıç sürtünme katsayısının, ortalama sürtünme katsayısına oranı bize bir güvenlik tertibatının serbest düşüş konumundaki çalışma sınırları hakkında doğru bilgi verir.

Sonuç olarak, ortalama sürtünme katsayısı üzerine kurulu düşünce şekli, frenleme periyodundaki sürtünme katsayısındaki değişimler ve bunun güvenlik tertibatı performansına olan etkisi hesaba katılmadığından yanıltıcı olabilir. Testlerin sonucu olarak, yüksek hız güvenlik tertibatlarından VG-3 istisna olmak üzere, bütün VG güvenlik tertibatları dişli çenelerle donatılmışlardır. Bunlarda, 2,5 m/sn hıza çıkabilen asansörlerde kullanılan güvenilir ve öncelikle söylenebilecek çeneler olduklarını kanıtlamaktadır.

Çeneler frenleme kuvvetlerini, kavrama dişlilerinin kılavuz rayın arasına girmesi esnasındaki kopma kuvveti ile kayma sürtünmesinin bir kombinasyonundan elde ederler. Dişler, kılavuz ray yüzeyinde 0,15 mm derinlik ve 0,25 mm genişliğinde 8 adet yiv oluşmasına neden olurlar. Çene sabitleyicisi ile bu yivlerin kılavuz ray ön köşelerinde kalmaları sağlanır ve bunlar zımpara kağıdı ile düzleştirilebilir. Zımparalama işleminden sonra, kılavuz pabuçlarının performanslarında bir değişiklik olmayacaktır. Arasına karpit eklenmiş dişliler, sıradan düz çenelere oranla mükemmel bir karakteristik ortaya koyarlar. Ömürleri 10 tam yükleme ve tam hız testidir. Ayrıca farklı cinsten yağlara duyarsız olduğu kanıtlanmıştır. Şekil 5.3 VG güvenlik tertibatı testlerinden elde edilen tipik hız kesme profilini göstermektedir [5]. Güvenlik tertibatı çalışmaya başlamadan önce kabin serbest düşüş konumundadır. Grafikten de görüldüğü gibi, buluşma noktasındaki ilk hız kesme 0,5 gn'dir ve maksimum 1,2 gn'ye yükselmektedir. Maksimum hız kesme, ortalama hız kesmenin yaklaşık 1,2 katıdır. Test tam yük kabin ile yapılmıştır. Eğer daha az yüklü bir kabin ile güvenlik tertibatı çalıştırılıyorsa, maksimum hız kesme 3 gn'yi aşar [5,6].



Şekil 3.23 : VG güvenlik tertibatı yavaşlama/zaman grafiği (Cameron Design)

3.8 Paraşüt Freni Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Kriterler

Günümüzde asansör sistemlerinin değişik alan ve koşullarda kullanımının artması beraberinde doğru bir paraşüt sisteminin seçilmesi zorunluluğunu getirmiştir. Bir

asansör sistemi için hayati önem taşıyan paraşüt freni seçimi, gerekli durumlarda frenin işlevini doğru bir şekilde gerçekleştirmesi ve yüksek randıman alabilme bakımından oldukça önemlidir.

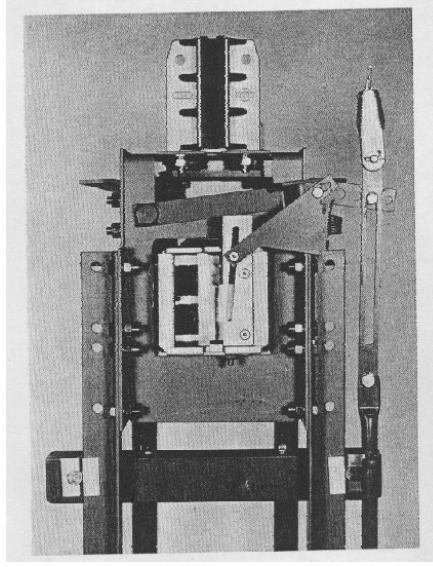
Güvenlik tertibatının ister tasarımında isterse de kullanılmak üzere seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli hususlar ihtiva eder [4].

- Bir paraşüt freninin ne kadar yüke dayanabildiği kesin olarak bilinmesi gerekir. Buna “ Frenin Yük Oranı” denir.
- Asansör tasarım hızı güvenlik tertibatı seçiminde önemli rol oynar.
- Güvenlik tertibatı seçilirken, kılavuz ray yüzeyi ile açıklık mesafesi 1.5 mm ile 5 mm arasında belirlenmelidir.
- Asansör sisteminde kullanılan paten tipi güvenlik tertibatının çalışma performansında önemli rol oynar. Kabin kılavuz raylar üzerinde paten sistemi vasıtasıyla hareket ettirildiği için frenin ray üzerindeki hareketini de belirler.
- Güvenlik tertibatında herhangi bir arıza meydana geldiğinde diğer asansör elemanlarına zarar vermeyecek tipte olmalıdır.
- Güvenlik tertibatı seçiminde çevresel koşullar, yani asansör sisteminin çalışacağı ortam göz önüne alınmalıdır. Örneğin, tozlu ortamlarda tozun zararlı etkileri hem kılavuz ray hem de paraşüt frenini etkiler.

3.9 Kabinin Yukarı Yönde Çıkışının Kontrolü

EN 81-1 Standartlarında asansör, kabin hızı % 115 oranında artarsa kabinin yukarı çıkışını durduran yada minimuma indiren bir koruma tertibatı kullanılmalıdır şartı yer almaktadır.

Koruma tertibatında hareket için maksimum hız aşağı doğru hareketindeki konumuyla aynıdır. Bu sistemde koruma tertibatı boş kabinde 1gn den büyük bir frenleme ivmesine neden olmamalıdır. Bu alet direk olarak kabinde, dengeleme ağırlığında, halat sisteminde ya da saptırma kasnağında olabilir. Koruma tertibatı çalıştığında bir elektrik güvenlik tertibatını devreye sokmalıdır [5,6].



Şekil 3.24 : Yukarı yönde kontrol edilemeyen hareket için KB160 güvenlik tertibatı (Wittur Aufzugteile GmbH) [5]

3.10 EN 81-1 Standardına Göre Fren Duruş Mesafesi Kabulü

Asansör güvenlik tertibatının devreye girmesi esnasında, ortalama frenleme ivmesi 0,2 ile 1 gn arasında olması gerekliliği standartta belirtilmiştir. Bu şartların oluşması anında oluşabilecek ivme değerlerini EN 81-1 Standardı, kaymalı güvenlik tertibatları için Madde 9.8.4 te, tamponlar için Madde 10.4.1.2.1. de vermiştir. Değerler 0,2 gn ile 1 gn değerleri arasında olmalıdır ve 2,5 gn den büyük frenleme ivmesi ancak 0,04 s'den uzun sürmemesi durumunda kabul edilebilir. 0,04 saniye aralıklı yapılan ölçümlerde arka arkaya iki ölçümde ivmenin bu değerin üstüne çıkması kabul edilmez. Tek ölçüm değerinde bu seviyenin görülmesi kabul edilmektedir.

Asansör hızlarına göre regülatörlerin devreye gireceği hız ise EN 81-1 Madde 9.9.1 de belirtilmiştir.

- a) Ani frenlemeli güvenlik tertibatında, makaralı tip haricinde, 0,8 m/s;
- b) Makaralı anî frenlemeli güvenlik tertibatında, 1 m/s;
- c) Ani frenlemeli tampon etkili güvenlik tertibatında ve 1 m/s'ye kadar olan beyan hızlarında kullanılan kaymalı güvenlik tertibatlarında, 1,5 m/s;
- d) 1 m/s'den büyük beyan hızlarında kullanılan kaymalı güvenlik tertibatında:

$$1,25 \cdot v + 0,25 / v \text{ (m/s)} \quad (3.3)$$

'dir. Örneğin, 1,6 m/s hız da, 2,156 m/s olacaktır.

Formül (3.4) kullanarak ve azami duruş duruş mesafesi hesabında

$$v^2 = 2as \quad (3.4)$$

$$a = 0,2 g_n = 0,2 \cdot 9,81 = 1,962 \text{ m/s}^2 \quad (3.5)$$

Minimum duruş mesafesinde ise

$$a = 1 \cdot g_n = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (3.6)$$

(3.6) ifadesini kabul ederek duruş mesafeleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$S_{\min} = v_g^2 / 19,62 \text{ metre} \quad (3.7a)$$

$$S_{\max} = v_g^2 / 9,81 \text{ metre} \quad (3.7b)$$

v_g^2 : regülâtörün devreye girdiği kilitleme hızıdır.

Burada sadece fren tutma mesafeleri değerlendirileceği için, regülâtörün devreye girme mesafesi 0,1+0,03 m dikkate alınmamıştır.

Güvenlik tertibatı duruş mesafeleri hesabı kullanılarak, duruş mesafeleri beyan hızına göre hesaplanırsa aşağıdaki tablo oluşturulabilir.

Tablo 3.3: Ortalama Duruş Mesafesi Tablosu

Asansörün beyan hızı	Regülâtörün devreye girdiği hız m/sn	En küçük duruş mesafesi	En büyük duruş mesafesi	Ortalama duruş mesafesi
0,63 m/s Ani frenlemeli G.T.	0,8 m/s hızda	0,0326 m	0,1631	0,0978 m
0,63 m/s Makaralı ani frenlemeli G.T.	1 m/s hızda	0,051 m	0.2548 m	0.1529 m
1 m/s hızda G.T.	1,5 m/s hızda	0,1146 m	0.5733 m	0.3439 m
1,6 m/s hızda G.T.	2,156 m/s hızda	0,2369 m	1,1845 m	0,7107 m

Bu durumda asansörde kullanılacak güvenlik tertibatlarının, belirlenen ivme değerleri içinde kalması için yukarıda belirtilen maksimum ve minimum durma mesafeleri içinde bir duruş sağlamaları gerekmektedir. Minimum duruş mesafesinin üstünde bir duruş mesafesi, 1gn altında bir ivme oluşturacağı için, güvenlik tertibatlarında yeterli sayılmaktadır [2,7].

4. KILAVUZ RAYLAR

4.1 Giriş

Kılavuz raylar asansör tesisinde kabini ve karşı ağırlığı düşey hareketlerde ayrı ayrı kılavuzlamak ve yatay hareketlerini minimuma indirmek, paraşüt tertibatının çalışması durumunda kabini durdurmak maksadıyla kullanılır. Kabin ve karşı ağırlığın düşey doğrultularını korur, dönmesini engellerler. Aynı zamanda, paraşüt düzeninin kabini tutmak için kullanacağı elemanlar raylardır. Genellikle soğuk çekme çelik T-profilleri kullanılır. Karşı ağırlık için, gergin yuvarlak profili çelik çubuktan, ya da köşebentten de yapılabilir [3].

Kılavuz rayların temel işlevi asansör kabinini ve karşı ağırlığı düşey hareket boyunca kılavuzlamak ve bu hareket sırasında kabinin yatay hareketlerini ve olabildiğince kabinin sarsılmasını önlemektir. Ayrıca, asansör yolcularının kabin içindeki konumlarından dolayı meydana gelebilecek hareket güçlüklerini önlemektir. Dahası, halat kopması ve çeşitli nedenlerle kabin hızının aşağı veya yukarı yönde ani artması durumlarında güvenlik tertibatı vasıtasıyla kabini güvenli duruşunu sağlamaktır [4].

Normal koşullarda kabin ve karşı ağırlık en az iki rijit çelik kılavuz ray tarafından kılavuzlanmalıdır [3]. Bu kılavuz raylar taşıma yüklerinden ve diğer nedenlerde dolayı etkiyen yüklere ve kuvvetlere dayanıklı olmalıdırlar.

Asansör sisteminde standardı hazırlanmış tek asansör elemanı olan kılavuz ray özellikleri “ISO 7465 Passenger Lifts and Service Lifts-Guide Rails for Lift Cars and Counterweights-T-Type” adıyla anılan standartta ele alınmıştır. Türk Standartları Enstitüsü, kılavuz raylarla ilgili TS 4789 ISO 7465 numaralı standardı uluslararası standartla uyumlu hale getirmiştir [4].

4.2 EN 81-1 Standardına Göre Kılavuz Rayların İmalat ve Montajı

(a) Kılavuz rayları, asansörün emniyetli bir şekilde çalışması için ek yerleri ve bağlantıları üzerine uygulanan kuvvetlere dayanabilmelidirler.

(b) Asansörün emniyetli bir şekilde çalışması için kabin ve karşı ağırlık kılavuzlanması sağlanacaktır.

(c) T profilli kılavuz raylara müsaade edilen azami sehim şöyle olmalıdır;

- Paraşüt freni bulunan kabin ve karşı ağırlık kılavuz rayları için her iki yönde 5 mm'dir.
- Paraşüt frenin olmadığı kabin ve karşı ağırlık kılavuz rayları için her iki yönde 10 mm 'dir.

(d) Rayların konsollara ve binaya tespiti, binanın olağan oturmasına veya betonun çekmesine bağlı etkilerin otomatik veya basit ayarla dengelenmesine olanak tanınmalıdır.

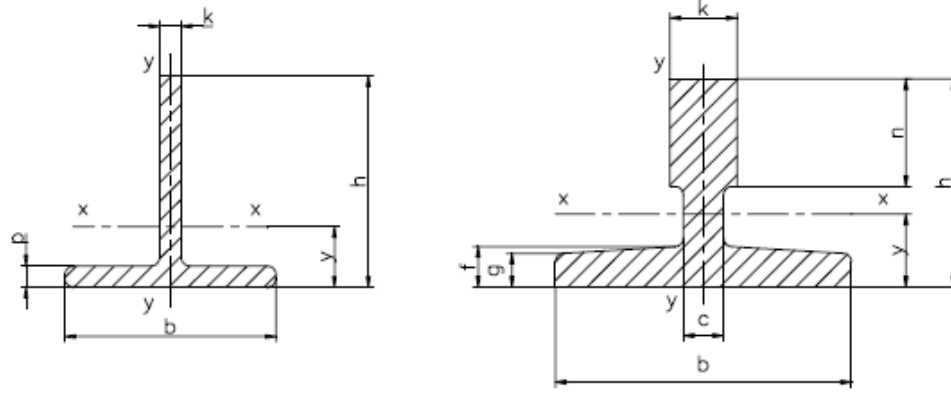
(e) Kılavuz rayların çıkmasına sebep olabilecek bağlantı dönmeler engellenecektir.

(f) Asansör kabini, karşı ağırlık veya denge ağırlığı şöyle kılavuzlanması gerekmektedir;

- Kabin, karşı ağırlık veya denge ağırlığının her biri en az iki rijit çelik kılavuz rayla kılavuzlanacaktır.
- Nominal hızın 0,4 m/s'yi aşması ve hız değerinin büyüklüğüne bakılmaksızın kaymalı emniyet tertibatı kullanılması durumundan kılavuz raylar çekme çelikten imal edilecek veya sürtünme yüzeyleri işlenecektir.
- Paraşüt freninin olmadığı karşı ağırlık sisteminde, kılavuz raylar kalıpla bükülmüş metal saçtan yapılabilir. Bu raylar korozyondan korunacaktır.

4.3 Kılavuz Rayların Boyutları ve Fiziksel Özellikleri

ISO 7465 standardında verilen ve Şekil 4.1 'de gösterilen T profilli soğuk çekilmiş ve işlenmiş kılavuz rayın teknik ölçüleri Tablo 4.1 'de ve fiziksel özellikleri Tablo 4.2'de verilmiştir [4].



Şekil 4.1 : T profilli (sağda) soğuk çekilmiş ve (solda) işlenmiş kılavuz ray kesitleri ve ölçüleri

Tablo 4.1: Kılavuz ray boyutları [mm]

Ray tipi	b	h	k	n	c	g	f	m ₁	m ₂	t ₁	t ₂	d
T45/A	45	45	5	-	-	*	-	2	1.95	2.5	2	9
T50/A	50	50	5	-	-	*	-	2	1.95	2.5	2	9
T70-2/A	70	70	8	-	-	**	-	3	2.95	3.5	3	13
T70-1/A	70	65	9	34	6	***	-	3	2.95	3.5	3	13
T70-3/B	75	49.2	15.88	25.4	9.5	7.9	9.5	3	2.95	3.5	3	13
T75-3/A	75	62	10	30	8	****	-	3	2.95	3.5	3	13
T75-3/B	75	62	10	30	8	7	9	3	2.95	3.5	3	13
T82/A	82	65.3	9	25.4	7.5	6	8.3	3	2.95	3.5	3	13
T89/A	89	62	15.88	33.4	10	7	11.1	6.4	6.37	7.14	6.35	13
T89/B	89	62	15.88	33.4	9.5	7.9	11.1	6.4	6.37	7.14	6.35	13
T90/A	90	75	16	42	10	8	10	6.4	6.37	7.14	6.35	13
T90/B	90	75	16	42	10	8	10.0	6.4	6.37	7.14	6.35	13
T125/B-BE	125	82	16	42	10	9	12.0	6.4	6.37	7.14	6.35	17
T127-1/B-BE	127	88.9	15.88	44.5	9.5	7.9	11.1	6.4	6.37	7.14	6.35	17
T127-2/B-BE	127	88.9	15.88	50.8	9.5	12.7	15.9	6.4	6.37	7.14	6.35	17
T140-1/B-BE	140	108	19	50.8	12.7	12.7	15.9	6.4	6.37	7.14	6.35	21.5
T140-2/B-BE	140	101.6	28.60	50.8	19	14.3	17	6.4	6.37	7.14	6.35	21.5
T140-3/B-BE	140	127	31.70	57.1	25.4	17.5	25.4	6.4	6.37	7.14	6.35	21.5

* p = 5 mm ; ** p = 8 mm ; *** p = 7 mm ; **** p = 7.5 mm

Tablo 4.2: Kılavuz ray fiziksel özellikleri

Ray tipi	S 10 ² mm ²	q kg/m	I _x 10 ⁴ mm ⁴	W _x 10 ³ mm ³	i _x mm	I _y 10 ⁴ mm ⁴	W _y 10 ³ mm ³	i _y mm	y mm
T 45/A	4.25	3.34	8.08	2.53	13.80	3.84	1.71	9.50	13.10
T 50/A	4.75	3.73	11.24	3.15	15.40	5.25	2.10	10.50	14.30
T 70-2/A	10.52	8.26	47.43	9.63	21.20	23.13	6.61	14.80	20.20
T 70-1/A	9.51	7.47	41.30	9.24	20.90	18.65	5.35	14.00	20.40
T 70-3/B	11.54	9.30	27.50	8.52	15.20	25.80	7.54	15.00	17.30
T 75-3/A,B	10.99	8.63	40.35	9.29	19.20	26.49	7.06	15.50	18.60
T 82/A	10.90	8.55	49.40	10.20	21.30	30.50	7.40	13.20	19.80
T 89/A,B	15.70	12.30	59.52	14.25	19.50	52.40	11.80	18.30	20.20
T 89/B	15.70	12.30	59.60	14.50	19.50	52.50	11.80	18.30	20.7
T 90/A,B	17.25	13.55	102	20.87	24.30	52.60	11.80	17.50	21.60
T 125/B-BE	22.83	17.90	151	26.20	25.70	159	25.40	26.40	24.30
T 127-1/B-BE	22.64	17.77	186.20	30.40	28.60	148	23.40	25.60	27.50
T 127-2/B-BE	28.63	22.48	198.40	30.90	26.30	230	36.20	28.30	24.60
T 140-1/B-BE	35.20	27.60	404	53.40	33.90	310	44.30	29.70	32.40
T 140-2/B-BE	43.22	32.70	452	67.50	32.50	365	52.30	29.20	34.80
T 140-3/B-BE	57.35	47.60	946	114	40.60	488	70	29.20	44.20

A: soğuk çekilmiş kılavuz ray; B, BE: işlenmiş kılavuz ray

4.4 Asansör Kılavuz Ray Malzemeleri

Kılavuz rayların ve bağlantı levhalarının çekme gerilmesi değeri 370 N/mm²'den küçük ve 520 N/mm²'den daha büyük olmamalıdır. Kılavuz raylar ISO 7455, DIN 15311 veya TS 4789 standartlarına uygun olarak Tablo 4.3 'te verilen malzemelerden imal edilmektedir.

Tablo 4.3: Kılavuz ray malzemeleri

Ray Standardı	Soğuk Çekilmiş	İşlenmiş
ISO 7465	Fe 360 B	Fe 430 B
ISO 630	E235B (Fe360)	E275B (Fe430)
DIN 15311	St 37 – 2K	St 44 – 2K
BS5655 / 9	4360 / 40A	4360 / 43A
ANSI A 17 – 1	-	ASFM – A36
UNI 7465	Fe 360 B	Fe 430 B
AFNOR 82 / 251	Fe 360 B	Fe 430 B
TS 4789	St 37 – 2K	St 44 – 2K

4.5 Kılavuz Ray Kalite Ölçütleri

Asansör kılavuz rayları ISO 7465 standardında kalite ölçütleri tanımlanmıştır. Genel olarak, sünek malzemelerden kılavuz rayların imali tavsiye edilmektedir.

Asansör sisteminde kılavuz rayın fazla zorlanma altında kaldığı durum paraşüt freni devreye girdiğinde olur. Paraşüt frenleme sırasında raylarda meydana gelecek bir hasar bazen momentum değişimleriyle sonuçlanabilir. Müsaade edilebilir gerilmeler hesaplanırken, ε % uzama oranına bağlı olarak, v emniyet katsayısı mutlaka kullanılmalıdır. Buna göre, TS 10922 EN81-1 standardında verilen değerler aşağıdaki gibidir;

$\varepsilon > \% 12$ durumu için $v = 1,8$ ve $\% 8 \leq \varepsilon \leq \% 12$ durumunda ise $v = 3$ alınacaktır.

Kopma anında kılavuz ray malzemesinin % uzaması arttıkça, yani süneklik değeri büyüdükçe, hesaplamalarda emniyet katsayısı daha küçük alınabilir.

4.6 Kılavuz Rayların Kullanım Ömrü

Genel olarak kılavuz rayların kullanım ömürleri paraşüt freninin devreye girmesi ile ray üzerinde hasar oluşması hali, binanın deprem, yangın gibi felaketlere maruz kalması ve asansörün, kılavuz raylara zarar verecek boyutta bir kaza geçirmesine bağlıdır [4].

4.7 Asansör Kılavuz Rayların Tasarım Hesabı

TS EN 81-1 standardına göre asansör T-profilli kılavuz rayların mukavemet hesapları yapılmalıdır. Bu yüzden, bu bölümde tüm hesaplamalar TS EN 81-1'e göre yapılacaktır.

4.7.1 Kılavuz Ray Gerilme Hesapları

Kılavuz raylar, kabin ile karşı ağırlık için ayrı olarak eğilme gerilmesine göre boyutlandırılmalıdır. Raylara paraşüt sistemi etki ettiği durumda ise eğilme gerilmesine ilaveten burkulma gerilmesi de hesaplanmalıdır.

Kılavuz rayların mukavemet hesaplarına başlamadan önce aşağıda sıralanan kabullerin yapılması gerekmektedir.

- a) Yapılacak hesaplar özel bir yük dağılımının olmadığı durumlarda geçerlidir.

- b) Kabin nominal yükü kabin alanının $\frac{3}{4}$ 'ne eşit olarak dağılmıştır.
- c) Güvenlik tertibatları kılavuz raylara eşzamanlı etkir.
- d) Frenleme sırasında oluşan kuvvetler kılavuz raylara eşit olarak dağılmaktadır.
- e) Sistemdeki diğer tüm bükülgen elemanlar ile kabine bağlı bulunan dengeleme elemanların kütlelerinin kabinin ağırlık merkezinden etkir.

4.7.2 Kılavuz Raylara Etkiyen Yükler

Kılavuz ray hesabında kabine ve karşı ağırlık üzerine etkiyen yükler dikkate alınarak yapılmalıdır. Genel olarak aşağıda sıralan yükler hesaplamalarda göz önüne alınır;

- Kabin anma yükü,
- Kabin ve kabine asılı elemanların toplam kütlesi,
- Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının kılavuzlanma kuvveti,
- Kılavuz raylara tespit edilmiş yardımcı cihazlardan kaynaklanan kuvvetler
- Rüzgâr yükleri.

Dengeleme ağırlığı veya karşı ağırlığın kılavuzlanma kuvvetinin tespitinde aşağıdaki faktörler göz önüne alınmalıdır:

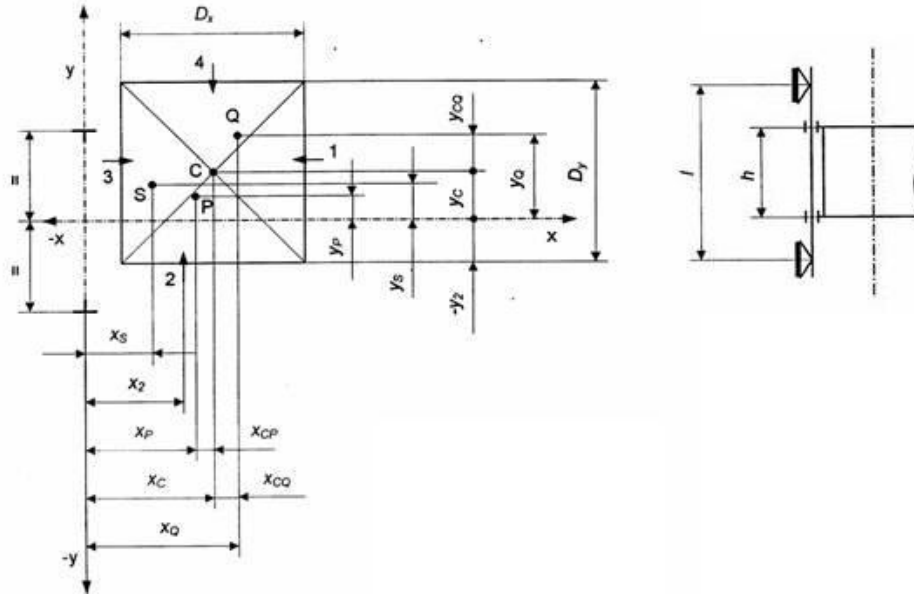
- Ağırlıkların etki noktası, ağırlığın yatay kesit alanının ağırlık merkezinden kaçıklığın genişliğin en az % 5 ve derinliğin % 10'u olarak alınır.
- Askı tertibatı ve bağlanma yöntemi
- Gergi tertibatlı/ tertibatsız dengeleme elemanlarından kaynaklanan kuvvetler.

O halde, kılavuz raylara etki edecek yük ve kuvvetler Tablo 4,4 'te özetlenecek olursa [4];

Tablo 4.4: Kılavuz raylara etkiyen tüm kuvvetler

Yükleme durumu	Yük ve kuvvetler	P	Q	G	F _s	F _c	F _k	M	WL
Normal kullanım	Hareket	+	+	+	-	-	-	+	+
	Yükleme ve boşaltma	+	-	-	+	-	-	+	+
Paraşüt sistemi devrede	Paraşüt sistemi	+	+	+	-	+	+	+	-
	Boru kırılma vanası	+	+	-	-	-	-	+	-

Kılavuz ray gerilme hesaplarında kullanılan kabin boyutları ile birlikte diğer uzunluklar Şekil 4.2 'de görülmektedir [4].



Şekil 4.2 : Kabin boyutları ile birlikte hesaplarda kullanılan diğer uzunluklar

4.7.3 Eğilme Gerilmesi Hesabı

Öncelikle, kılavuz raylarda meydana gelen eğilme gerilmesi hesabını yapmadan aşağıda sıralanan kabuller yapılmalıdır.

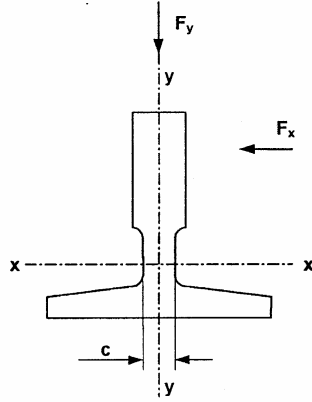
- Raylar, belirli bir aralıkta mafsallanmış sürekli kirişlerdir.
- Tespit noktalarının ortasına eğilme gerilmesinin doğmasına neden olan kuvvetlerin bileşkesi etkimektedir.
- Kılavuz ray profilinin tarafsız eksenine eğilme momenti etkimektedir.

Yukarıdaki kabuller yapıldıktan sonra, kılavuz raylara etki eden eğilme momenti ve bu momentin doğurduğu eğilme gerilmesi aşağıdaki gibi olacaktır.

$$M_e = \frac{3F_k l}{16} \text{ [N*mm]} \quad (4.1)$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (4.2)$$

Eğilme gerilmesi formülündeki W , ray profiline göre değişebilmektedir. Hesaplamalar sırasında farklı eksenlerdeki eğilme gerilmeleri birleştirilir. (Bkz. Şekil 4.3)



Şekil 4.3 : Kılavuz ray eğilme gerilmesi hesabında göz önüne alınacak eksenler

Sistemde eğer birden çok kılavuz ray kullanılmışsa, o halde, sistem tarafından etkileyen tüm yükler ve kuvvetler raylara eşit miktarda etkidiği kabul edilir.

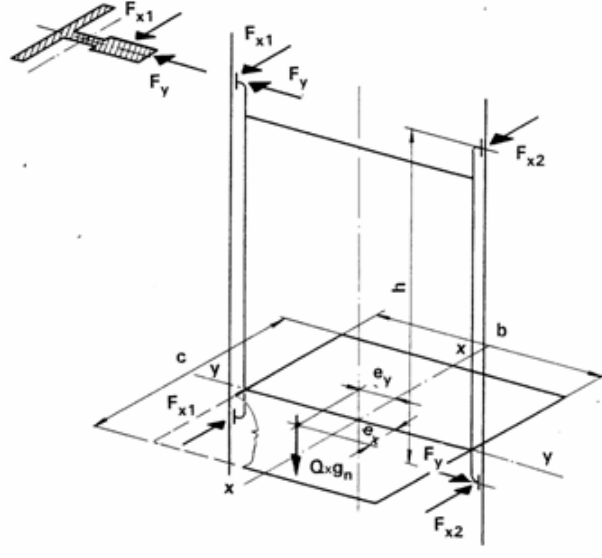
4.7.4 Kılavuz Ray Boyuna Etkiyen Eğilme Gerilmesi

Ray bağlama pabuçlarındaki eğilme gerilmesi hesaba katılarak, T-profilli kılavuz rayların ray boynunda oluşan eğilme gerilmesi aşağıdaki gibidir.

$$\sigma_F = \frac{1.85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{em} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (4.3)$$

4.7.5 Kılavuz Ray Sehim Hesabı

Yük dağılımından dolayı kılavuz raylarda oluşan çevresel kuvvetler raylarda sehime neden olmaktadır . Şekil 4.4 ‘te raylara etkileyen çevresel kuvvetler görülmektedir [4].



Şekil 4.4 : Kılavuz raylara etkiyen çevresel kuvvetler

O halde, x ve y yönlerinde oluşan çevresel kuvvetler aşağıdaki gibi yazılabilir;

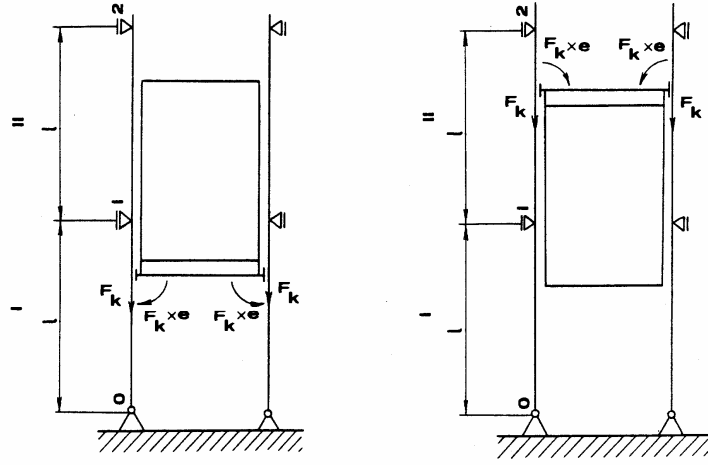
$$F_x = \frac{k_l \cdot g(Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} \quad \text{ve} \quad F_y = \frac{2 \cdot k_l \cdot g(Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{n \cdot h} \quad [\text{N}] \quad (4.4)$$

Raylarda meydana gelen x ve y düzlemlerindeki sehimler ise aşağıdaki gibi hesaplanabilecektir.

$$\delta_x = 0.7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \quad \text{ve} \quad \delta_y = 0.7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad [\text{mm}] \quad (4.5)$$

4.7.6 Kılavuz Ray Burkulma Gerilmesi Hesabı

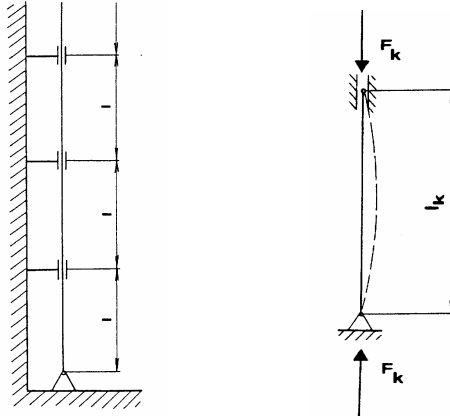
Kılavuz raylarda meydana gelen burkulma gerilmesinin hesabında omega (ω) yöntemi kullanılmaktadır. Genel olarak raylarda meydana gelen burulma gerilmesi, güvenlik tertibatı kaynaklı kuvvetlerle eşik kuvvetinin doğurduğu kabul edilmektedir [4].



Şekil 4.5 : Güvenlik tertibatının etkisiyle oluşan kuvvetler

Şekil 4.5 'te gösterilen duruma göre kılavuz raylara etkiyen burkulma kuvveti hesabı aşağıdaki gibi olacaktır [4].

$$F_k = \frac{k_1 \cdot g \cdot (P + Q)}{n} \quad [\text{N}] \quad (4.6)$$



Şekil 4.6 : F_k kuvvetinden kaynaklanan burkulma

4.7.7 Kılavuz Ray Hesabında Darbe Etkisi

Paraşüt freni bulunan asansör sisteminde, güvenlik tertibatının devreye girmesinden dolayı oluşan ani ivme değişimleri yüksek darbelere neden olmaktadır. Bu ise ek kuvvetlerin oluşmasına ve dolayısıyla yüksek gerilmelerin oluşmasına neden olacaktır. Darbe etkilerin kılavuz ray hesabında dikkate alınabilmesi için değişik paraşüt fren tipi için ayrı ayrı darbe katsayısı tespit edilmiştir [4].

Tablo 4.5: Darbe katsayısı k_1

Paraşüt Sistemi Çalışmasında Meydana Gelen Darbe	k_1
Ani frenlemeli paraşüt sistemi	5
Ani frenlemeli kenetleme tertibatı	5
Ani frenlemeli makaralı paraşüt	3
Ani frenlemeli makaralı kenetleme	3
Enerji depolayan tipteki oturma	3
Enerji depolayan tipteki tampon	3
Kaymalı paraşüt sistemi	2
Kaymalı kenetleme tertibatı	2
Enerji harcayan tipteki oturma	2
Enerji harcayan tipteki tampon	2
Boru kırılma valfi	2

Normal koşullarda kabinin ve taşıdığı düşey hareket eden yükler (P+Q), güvenlik tertibatından veya elektriğin kesilmesinden kaynaklanan sert frenlemeleri dikkate almak için $k_2 = 1.2$ katsayısı ile çarpılmalıdır.

Ayrıca, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığında paraşüt sistemi bulunan asansör sistemlerinde, kabinin yerçekimi ivmesinden büyük bir frenleme ivmesi ile durduğunda bu ağırlıkların zıplama ihtimallerini dikkate almak için imalatçı tarafından belirlenen bir k_3 katsayısı ile çarpılmalıdır.

Karşı ağırlık'ta paraşüt sistemi bulunan sistemlerde, kabin kapasitesinin karşı ağırlıkla dengelenmesi oranının q dengeleme katsayısı göz önüne alındığında (4.6) burkulma kuvveti aşağıdaki gibi değişecektir.

$$F_k = \frac{k_1 \cdot g \cdot (P + q \cdot Q)}{n} \quad [\text{N}] \quad (4.7a)$$

Sadece kabin ve donanımının ağırlığı dikkate alındığında ise formül aşağıdaki gibi olacaktır.

$$F_c = \frac{k_1 \cdot g \cdot q \cdot P}{n} \quad [\text{N}] \quad (4.7b)$$

Asansör kabini yüklemesi veya boşaltılmasının sırasında, kabin girişinde eşiğin orta noktasına bir eşik kuvveti F_s etki edecektir. Dahası, eşiğe uygulanan kuvvet sadece kabinin boş olduğu durum için geçerlidir.

$$F_s = s \cdot Q \cdot q \text{ [N]} \quad (4.8)$$

Burada yer alan s değeri Tablo 4.6 'da asansör kapasitesine göre değişmektedir [4].

Tablo 4.6: Asansör kapasitesine göre s değerleri

Asansör kapasitesi	s
Konut, büro, otel vb. binalarda beyan yükü 2500 kg den az asansörleri için	0.4
Beyan yükü 2500 kg dan büyük asansörler için	0.6
Beyan yükü 2500 kg den büyük asansörlerde Forklift ile yükleme durumu için	0.85

O halde, kabin ve karşı ağırlık için kılavuz raylara etkiyen burkulma gerilmeleri, aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\sigma_k = \frac{(F_k + k_3 \cdot M) \cdot \omega}{A} \quad \text{ve} \quad \sigma_c = \frac{(F_c + k_3 \cdot M) \cdot \omega}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (4.9)$$

(4.9) ifadesinde omega (ω), K ve A değerinin hesaplanması EK C ve EK D 'de verilen tablolar kullanılarak bulunacaktır.

4.7.8 Kılavuz Ray Birleşik Gerilme Hesabı

Raylara etkiyen eğilme gerilmesine ek olarak çekme gerilmesi veya burkulma gerilmesinin etkimesi durumda x ve y ekseninde etkiyen eğilme gerilmelerinin bileşkesi σ_e aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{em} \quad (4.10)$$

Yukarıdaki formüldeki σ_{em} , emniyet gerilmesidir.

O halde, eğilme ve çekme gerilmelerinin birlikte etkidiği durumda toplam gerilme σ aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_k + k_3 \cdot M}{A} \leq \sigma_{em} \quad \text{veya} \quad \sigma = \sigma_m + \frac{F_c + k_3 \cdot M}{A} \leq \sigma_{em} \quad (4.11)$$

Eğer hem eğilme hem de burkulma gerilmelerinin birlikte etkiği durumda toplam gerilme σ aşağıdaki gibi dikkate alınacaktır.

$$\sigma_c = \sigma_k + 0.9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{em} \quad (4.12)$$

4.7.9 Kılavuz Raylarda Müsaade Edilen Gerilme Ve Eğilme Değerleri

Ray mukavemet hesaplarında (4.13) ifadesinde kullanılan emniyet, çekme gerilmesi ve emniyet katsayısı değerleri Tablo 4.7 ve 4.8 kullanılarak tespit edilir [4].

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{\epsilon}}{\nu} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (4.13)$$

Tablo 4.7: ISO 7465 göre kılavuz raylar için müsaade edilen gerilme değerleri

Yükleme Durumu	$\sigma_{\epsilon} = 370$ N/mm ²	$\sigma_{\epsilon} = 440$ N/mm ²	$\sigma_{\epsilon} = 520$ N/mm ²
Normal kullanım	165	195	230
Paraşüt sistemi çalıştığında	205	244	290

Tablo 4.8: Kılavuz Ray Emniyet katsayıları

Yükleme durumu	Kopma uzaması, ϵ	Emniyet katsayısı
Normal kullanım	$\epsilon > \% 12$	2.25
	$\% 8 \leq \epsilon \leq \% 12$	3.75
Paraşüt sistemi çalıştığında	$\epsilon > \% 12$	1.80
	$\% 8 \leq \epsilon \leq \% 12$	3.00

T-profilli kılavuz raylar için hesaplanan maksimum eğilme değeri, paraşüt sistemi kullanılanlar için $\delta_{max} = 5$ mm, paraşüt sistemi kullanılmayanlar için ise $\delta_{max} = 10$ mm olarak saptanmıştır.

4.8 Hesap Örneği

Bir binada tesis edilecek 6 yolcu kapasiteli bir asansör tesisi için kullanılacak kılavuz raylarda meydana gelecek gerilmeler ve raylarda meydana gelecek sehimler hesaplanacaktır.

Normal kullanım ve paraşüt sisteminin çalışması durumlarında, yük kabin alanının dörtte üçüne dağılmış olarak kabul edilir. Paraşüt sistemi olarak silindir (makara) tipi ani frenlemeli paraşüt sistemi kullanılmaktadır. Kılavuz raylara tespit edilmiş yardımcı cihaz bulunmamaktadır. Tablo 4.5 'den darbe faktörü $k_I = 3$ alınır [4].

4.8.1 Verilen ve Kabul Edilen Değerler

Kabin anma yükü $Q = 80\text{kg} \times 6\text{kişi} = 480\text{ kg}$

Kabin ağırlığı $P = 1500\text{ kg}$

Karşı ağırlık $G = 2000\text{ kg}$

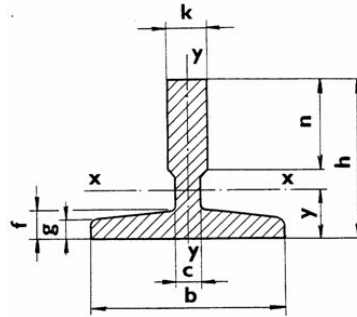
Seyir mesafesi $H = 53\text{ m}$

Kabin boyutları $D_x = 1400\text{ mm}$ $D_y = 1600\text{ mm}$

Kılavuz Ray Bilgileri:

Kabin kılavuz rayı olarak $90 \times 75 \times 16$ ebatlarında T 90/B profile sahip Fe 37 (St37) malzemesinden kılavuz ray seçilmiştir. Kabin kılavuzlama patenleri arasındaki düşey mesafe $h = 2950\text{ mm}$ dir. Kılavuz ray mesnetler (konsol) arası mesafe $l = 2000\text{ mm}$ 'dir.

Ray Ölçüleri: $b = 90\text{ mm}$, $h = 75\text{ mm}$, $k = 16\text{ mm}$, $n = 42\text{ mm}$, $c = 10\text{ mm}$, $g = 8\text{ mm}$, $f = 10\text{ mm}$, $y = 26.5\text{ mm}$



Şekil 4.7 : Kılavuz ray kesiti

Profile ait Fiziksel Özellikler:

Kesit alanı $A = 1720\text{ mm}^2$

x- eksenindeki atalet momenti $I_x = 102.2 \times 10^4\text{ mm}^4$

y- eksenindeki atalet momenti $I_y = 52.0 \times 10^4\text{ mm}^4$

x- eksenindeki mukavemet momenti $W_x = 20.9 \times 10^3 \text{ mm}^3$

y- eksenindeki mukavemet momenti $W_y = 11.9 \times 10^3 \text{ mm}^3$

x - eksenindeki jirasyon yarıçapı $i_x = 25.0 \text{ mm}$

y - eksenindeki jirasyon yarıçapı $i_y = 17.6 \text{ mm}$

Kesme kuvvetinin kaçıklığı $e \approx 27.5 \text{ mm}$

Eğilme Gerilmesi Hesabı:

Frenleme kuvveti

$$F_x = \frac{k_1 \cdot g(Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} = \frac{3 \cdot 9.81 \cdot (480 \cdot (1400/8) + 1500 \cdot (1400/8))}{2 \cdot 2950} = 1728 \text{ N} \quad (4.14)$$

$$F_y = \frac{2 \cdot k_1 \cdot g(Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{n \cdot h} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 9.81 \cdot (480 \cdot (0) + 1500 \cdot (1600/8))}{2 \cdot 2950} = 2992,5 \text{ N} \quad (4.15)$$

Eğilme momenti

$$M_{ex} = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 2992,5 \cdot 2000}{16} = 1122187,5 \text{ Nmm} \quad (4.16)$$

$$M_{ey} = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 1728 \cdot 2000}{16} = 648000 \text{ Nmm} \quad (4.17)$$

Eğilme gerilmesi

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y = \frac{M_{ex}}{W_x} + \frac{M_{ey}}{W_y} = \frac{1122187,5}{20.9 \times 10^3} + \frac{648000}{11.9 \times 10^3} = 108,1 \text{ N/mm}^2 \quad (4.18)$$

$$\sigma_m = 108,1 < (\sigma_{em} = 205) \text{ N/mm}^2 \quad (4.19)$$

Ray boynundaki eğilme gerilmesi

$$\sigma_F = \frac{1.85 \cdot F_x}{c^2} = \frac{1.85 \cdot 1728}{10^2} = 31,95 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{em} = 205 \text{ N/mm}^2 \quad (4.20)$$

Kılavuz ray sehimleri

$$\delta_x = 0.7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = 0.7 \cdot \frac{1728 \cdot 2000^3}{48 \cdot 2.1 \times 10^5 \cdot 52 \times 10^4} = 2,64 \text{ mm} \quad (4.21)$$

$$\delta_y = 0.7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} = 0.7 \cdot \frac{2992,5 \cdot 2000^3}{48 \cdot 2.1 \times 10^5 \cdot 102.2 \times 10^4} = 1,62 \text{ mm} \quad (4.22)$$

Paraşüt sistemi kullanılması halinde $\delta_{\max} = 5 \text{ mm}$ alındığından kılavuz ray sehimleri uygundur.

Burkulma Gerilmesi Hesabı:

Burkulma kuvveti

$$F_k = \frac{k_1 \cdot (Q + P) \cdot g}{n} = \frac{2 \cdot (480 + 1500) \cdot 9.81}{2} = 29136 \text{ N} \quad (4.23)$$

Narinlik derecesi

$$\lambda = \frac{l}{i_y} = \frac{2000}{17.6} = 113.62 \quad (4.24)$$

Ek C1 yardımıyla $\sigma = 370 \text{ N/mm}^2$ için $\lambda = 110$ için $\omega = 2.11$ ve $\lambda = 120$ için

$\omega = 2.43$ değerleri yardımıyla burkulma katsayısı bulunur.

Burkulma katsayısı

$$\omega = 2.23 \quad (\lambda = 113.62 \text{ ve } 370 \text{ N/mm}^2 \text{ için})$$

Burkulma gerilmesi

$$\sigma_k = \frac{F_k \cdot \omega}{A} = \frac{29136 \cdot 2.23}{1720} = 37,77 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{em} = 140 \text{ N/mm}^2 \quad (4.25)$$

Bileşik zorlanma

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_k + k_3 \cdot M}{A} = 108,1 + \frac{29136 + 0}{1720} = 125 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{em} = 205 \text{ N/mm}^2 \quad (4.26)$$

Toplam gerilme

$$\sigma_c = \sigma_k + 0.9 \cdot \sigma = 37,77 + 0.9 \cdot 125 = 150,3 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{em} = 205 \text{ N/mm}^2 \quad (4.27)$$

Değerlendirme:

Yapılan mukavemet hesap kontrollerinde kılavuz rayın emniyetli bir şekilde işlevini yerine getireceği anlaşılmıştır.

5. HIZ REGÜLÂTÖRÜ

5.1 Giriş

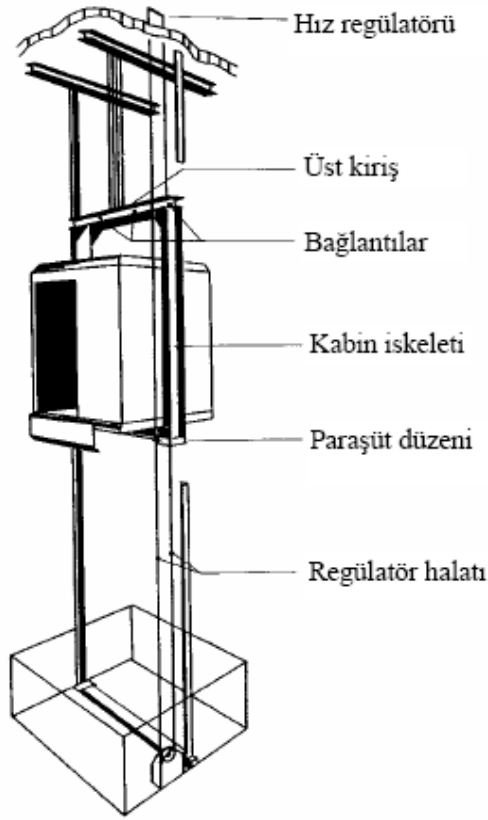
Paraşüt fren sisteminin bir elemanı olan hız regülâtörü asansörün güvenliğini sağlayan en önemli mekanik düzenenelerden biridir. Regülâtör, hız ölçme görevi görürken normal hızdan öngörülen bir değerin üzerinde sapma meydana geldiğinde, merkezkaç kuvvetinin etkisini kullanan bir mekanizma sayesinde kilitlenme gerçekleşir ve çelik halatın ilerlemesini frenler durdurur [9].

Güvenlik tertibatı tasarımında ve uygulanmasında kabinin düşmesi sırasında frenlemenin gerçekleşmesi öncelikle regülâtörün işlevini tam olarak yerine getirmesine bağlıdır. Güvenlik tertibatların kabinin düşüşü esnasında harekete geçerek kılavuz rayları sıkmasını sağlayan regülâtörler, mekanik yapıları bakımından iki tipe sahiptir. Sarkaçlı ve karşı ağırlıklı regülâtör tipleri günümüzde kullanılan en yaygın regülâtör tipleridir.

Görevi bakımından asansör sisteminde kullanılması veya tasarımında yüksek dikkat gerektiren regülâtörlere uluslararası kabul gören standartlar tarafından belirli tasarım ve kullanım şartları getirilmiştir.

5.2 Regülâtör Sistemlerinin İşleyişi

Hız regülâtörü, asansör iniş hızı, nominal değerini %25 kadar aştığı takdirde, paraşüt tertibatını harekete geçirerek, paraşüt frenini etkiler ve motor cereyanını keser. Hız regülâtörü asansör boşluğunun üst tarafında, makina dairesinde bulunur. Regülâtör halatı kabinin hareketini, regülâtör kasnağına iletir. Aşırı hız halinde sıkıştırılan bu halat paraşüt mekanizmasını harekete geçirir. Hız regülâtörleri genellikle "hız sınırlayıcı" olarak görev yaparlar. Ancak hız düzenleyen hız regülâtörü çeşitleri de yapılmıştır. Hız regülâtörü ve paraşüt düzeninin konumu Şekil 5.1 'de gösterilmiştir [3].



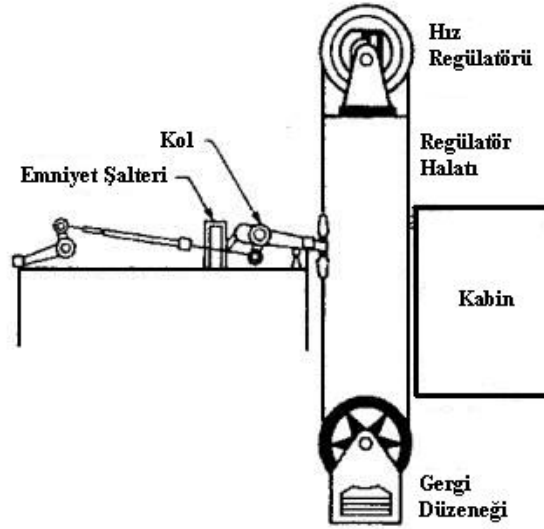
Şekil 5.1 : Hız regülatörünün çalışma konumu

Burada dikkat edilmesi gereken husus, regülâtörden geçen halatın taşıyıcı halat olmamasıdır. Bu halat sadece frenleme maksadıyla kullanılır. Asansör kabininin üstünden frenleyici ile çıkan halat, regülatör kasnağından geçerek tekrar aşağıya iner ve makina dairesinde ki bir kasnaktan da geçtikten sonra asansör kabininin alt tarafına bağlanır. Hız regülatörünün çalışma prensibi Şekil 5.2'de gösterilmiştir [3].

Hız sapması meydana geldiğinde, yukarıda kilitlenen paraşüt sistemi aşağıya doğru gitmek isteyen asansör kabinine izin vermeyecektir. Bu esnada halatta çok yüksek gerilmelerin oluşmasını engellemek için frenler de devreye girer ve kabin aşağıya doğru inmek istediğinde frenleri de kendine çeker ve halat sıkışır. Böylece asansör kabini hem mukavemet açısından hem de güvenlik açısından iyi bir şekilde durmuş olur.

Eğer bu sistemde sadece paraşüt kullanılsaydı, frenler kullanılmasaydı, paraşütün blokaj anında, fiziksel olarak aşağıya doğru izafi hareketi sıfırlamaya çalışacak olan kabin, yapısına ve ağırlığına göre halatı koparırdı ya da paraşüt sistemine zarar

verirdi. Ayrıca durmada esnasında oluşabilecek çok yüksek ivme değerleri de insan sağlığı açısından zararlıdır [9].



Şekil 5.2 : Hız regülatörünün çalışma prensibi

5.3 Hız Regülatörünün Çalışma ve Kilitlenme Hızları

Regülatörü, TS EN 81-1 Madde 9.9.1 standardına göre harekete geçirecek hız, tasarım hızın en az %115'i veya aşağıda sıralanan durumlardan daha az olmalıdır:

- a) Ani frenlemeli güvenlik tertibatında, makaralı tip haricinde, 0,8 m/s;
- b) Makaralı anî frenlemeli güvenlik tertibatında, 1 m/s;
- c) Ani frenlemeli tampon etkili güvenlik tertibatında ve 1 m/s'ye kadar olan beyan hızlarında kullanılan kaymalı güvenlik tertibatlarında, 1,5 m/s;
- d) 1 m/s'den büyük beyan hızlarında kullanılan kaymalı güvenlik tertibatında: $1,25 \cdot v + 0,25/v$ (m/s)'dir . Örneğin, 1,6 m/s hız da, 2,156 m/s olacaktır.

Nominal hız değerinin 1,0m/sn aşması durumunda regülatör kilitlenme hızının maksimum hıza yakın olması tavsiye edilmektedir. Karşı ağırlık regülatör kilitlenme hızının bu hızın, %10 'dan daha fazla olmamak şartıyla, üzerinde olması istenir.

Regülatör üst hız sınırı kabin ve nominal regülatör hızına bağımlı olarak Tablo 5.1 'de verilmiştir [5]. Hız değeri 7.62 m/s hızın üzerine çıkan nominal hızlar için maksimum durdurucu hızların değeri nominal hızın % 120 'sini aşmamalıdır.

Tablo 5.1: Maksimum kabin regülatörü durdurma hızları [m/s]

Nominal Hız	Maksimum Regülâtör Kilitlenme Hızı	Düğmenin Çalıştırıldığı Maksimum Kabin Hızı
0-0.635	0.889	0.889*
0.762	1.067	1.067
0.889	1.270	1.143
1.017	1.423	1.281
1.143	1.565	1.408
1.270	1.713	1.540
1.525	2.008	1.804
1.779	2.297	2.069
2.033	2.592	2.333
2.287	2.887	2.602
2.541	3.177	2.862
3.050	3.762	3.573
3.558	4.346	4.128
4.067	4.931	4.682
4.575	5.516	5.241
5.083	6.100	5.795
5.592	6.710	6.375
6.100	7.320	6.954
6.609	7.930	7.534
7.117	8.540	8.113
7.625	9.151	8.693
8.134	9.761	9.273
8.642	10.371	9.852
9.151	10.981	10.432
9.659	11.591	11.011
10.167	12.201	11.591

*Regülâtör aşırı hız düğmesine kabin regülâtörlerinde gerekli değildir.

5.4 Regülâtör Halat Çapı Tayini

Kilitlenme esnasında regülâtör halatı üzerinde en az 300 N 'luk bir yük olmalıdır veya güvenlik tertibatını harekete geçirecek kuvvetin iki katı olmalıdır.

Regülâtör halat çapı en az 6 mm ve halat kopması hesaplamalarında emniyet katsayısı da en az 8 alınmalıdır. Avrupa'da regülâtör kasnağının nominal çapı ile regülâtör halatı nominal çapı arasındaki minimum oran 30 olarak belirlenmiştir, diğer taraftan A.B.D. 'de bu nominal hıza ve halattaki tel sayısına bağlıdır (Tablo 5.2).

Tablo 5.2: Regülatör kasnak çapı tahmini için çarpanlar

Nominal Hız (m/s)	Tel Sayısı	Çarpan
≤ 1.07	6	42
≤ 1.07	8	30
> 1.07	6	46
> 1.07	8	32

Hız regülatörünün tepki süresi o kadar kısa olmalıdır ki paraşüt fren düzeneğinin hızlı bir şekilde devreye girebilecek ve kabinin aşırı derecede hızlanmasını önleyebilecektir. Kaymalı tip güvenlik tertibatını harekete geçirmek amacıyla izin verilen maksimum regülatör halat hızı değerleri Tablo 5.3 'te verilmiştir. Karşı ağırlık güvenlik tertibatı için nominal hızdan bağımsız olarak 1.07m belirlenmiştir [5].

Tablo 5.3: İzin verilen maksimum regülatör halat hareketi

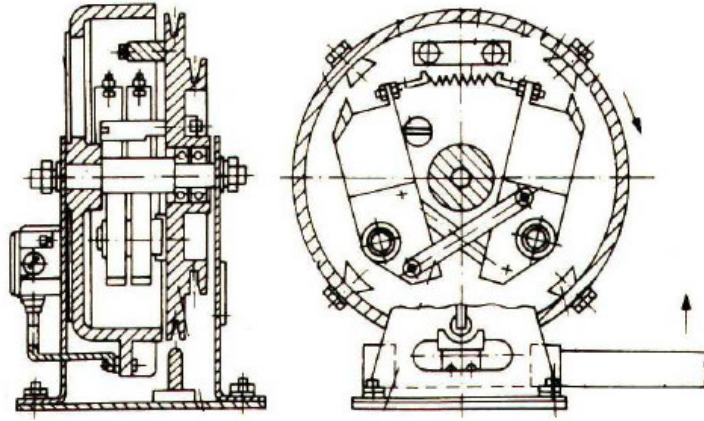
Nominal Hız (m/s)	Maksimum Mesafe (m)
1.02'ye kadar	1.07
1.02 – 1.91 arası	0.914
1.91 üstü	0.762

5.5 Hız Regülatör Tipleri

Hız regülatörleri sarkaçlı veya savrulma ağırlıklı tip olabilir. Kullanımda olan santrifüj tipi regülatörler düşey veya yatay şaft mekanizmalı olabilirler. Son günlerde yatay şaft tipi regülatörler en çok kullanılmaktadır. Bu tip regülatörün en önemli özellikleri kısa tepki süresine sahip olması ve uygulamalarda güvenilir sonuçlar vermesidir. Dahası, basit yapısının yanı sıra çok az yer tutacak şekilde yerleştirilebilmesidir.

5.5.1 Savrulma Ağırlıklı (Santrifüj) Tipi Hız Regülâtörü

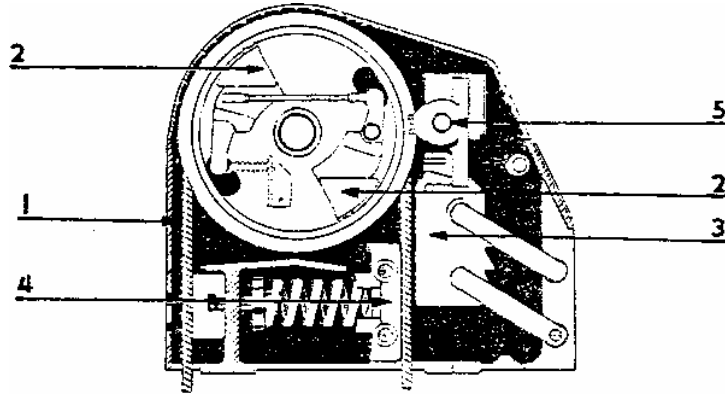
Savrulma ağırlıklı hız regülâtörü, 1 m/s kabin hızlarının aşıldığı yerlerde kullanılır. Sarkaçlı regülâtörlerden farklı olarak, hareket hızının poligon diskinin bir kenarının her geçmesinde kontrolü yerine, regülâtörün devir sayısına bağlı olan savrulma ağırlıklarının ayrılmasıyla hız kontrolü yapılmaktadır. Kabin hızları 1 ila 2 m/s arasında olan asansörler için kullanılan savrulma ağırlıklı regülatör Şekil 5.3 'te verilmiştir [3].



Şekil 5.3 : Savrulma ağırlıklı regülatör

Günümüzde kullanılan bu regülatör tipine bir başka örnek Şekil 5.4 'de görülmektedir. Şekil 5.4 'de görüldüğü üzere, bir çubukla birleştirilmiş ve helisel yaylarla yerine sabitlenmiş iki milli bir hafif eleman aynı anda hareketi sağlamaktadır.

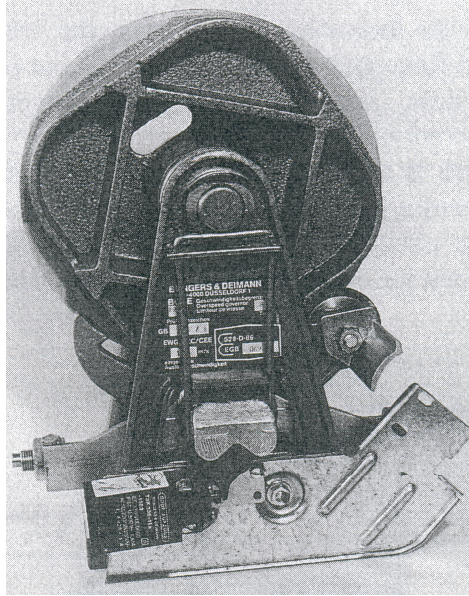
Kasnak düşey düzlemde hareket etmektedir. Asansör kabin hızı daha önce belirlenmiş nominal hızı geçerse, regülatör sistemindeki hafif elemanlar santrifüj kuvvetleri nedeniyle dışarı doğru savrulur ve santrifüj düğmesini harekete geçirirler. Harekete geçen santrifüj düğmesi sonucunda asansör sistemindeki elektrik kesilir ve frenleme prosesi başlamış olur. Elektriklerin kesilmesine rağmen kabin hızı artmaya devam ederse regülatör sisteminde bulunan hafif elemanların dışa doğru savrulma hareketinde artış olur ve buda sistemde bulunan mandallama cihazını (5) harekete geçirir. Harekete geçen mandallama cihazı sallanan çeneli bölümü serbest bıraktığı için sallanan çene sabit çeneye (4) baskı uygular. Bunun sonucunda yönetici halat (1) kenetlenir. Hareketli çene normalde regülatör halatının çeneler arasından kaymakta iken frenleme işlemi esnasında güvenlik tertibatını tetiklemek üzere gerekli çekmeyi sağlamaktadır. Bu gerekli çekme, bir ayarlama civatası ile yaylandırılmış ve önceden ayarlanmıştır. Frenleme işleminde regülatör halatının deformasyona uğramaması için çenelerin uygun biçime ve boylara sahip olmalarıdır [5].



Şekil 5.4 : Savrulma ağırlıklı tip hız regülatörü

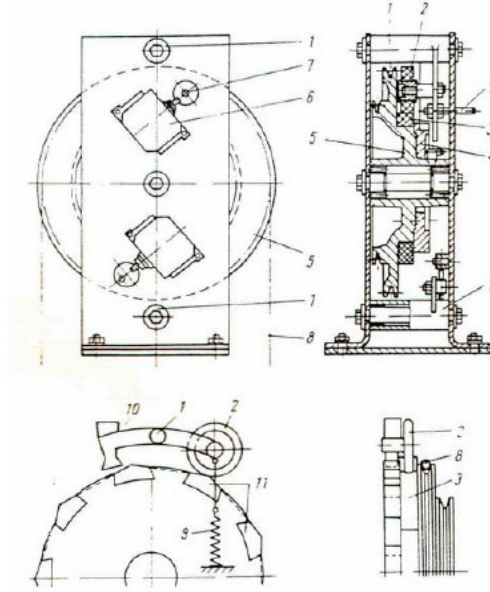
5.5.2 Sarkaç Tipi Hız Regülâtörü

Son günlerde sıkça kullanılan bir diğer regülatör tipi sarkaç tipi hız regülatörleridir. Sarkaçlı regülatör, 0.8 m/s den az kabin hızlarında kullanılan, basit ve çift sarkaçlı regülatörlerdir. Basit sarkaç regülatöre ait bir örnek Şekil 5.5 ‘te verilmiştir.



Şekil 5.5 : Sarkaç tipi hız regülatörü için bir örnek (BODE Aufzüge GmbH)

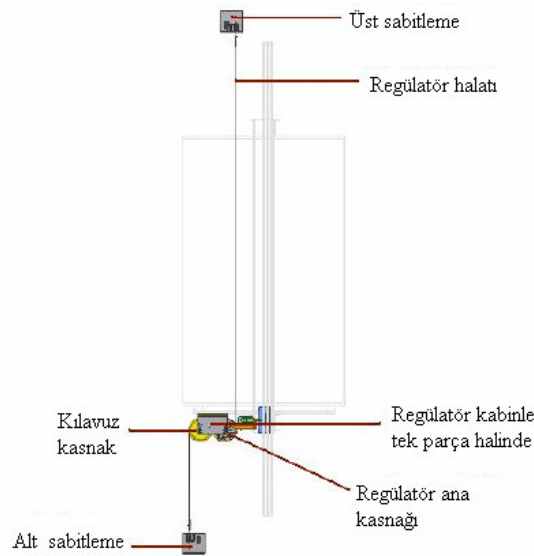
Çift sarkaçlı regülatörlerde manivela makarası, poligon diski üzerinden, sıkışmış durumdaki çekme yayı vasıtasıyla hareket etmektedir (Şekil 5.6). Poligon diski yavaşlatma diski ve halat diski tasarım olarak birbirine bağlıdır [3].



Şekil 5.6 : Çift sarkaçlı regülatör

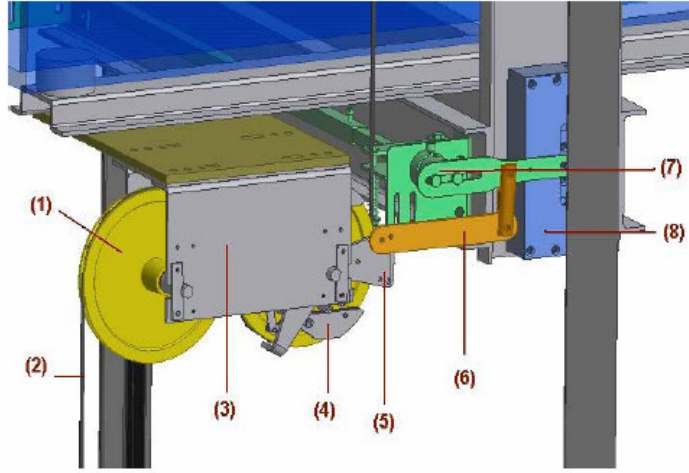
Burada, 1. Manivela; 2. Makara; 3. Yavaşlatma diski; 4. Halat diski; 6. Şalter; 7. Cıvata; 8. Regülatör halatı; 9. Çekme yayı; 10. Mandal; 11. Kertik'tir.

Günümüzde ticari şirketlerin tasarladığı değişik tip ve sisteme sahip regülâtörler azımsanmayacak kadardır. Örneğin, geleneksel regülatör sistemde, regülatörler asansör kuyusunun en tepesine monte edilirler. Buna karşın, Dynatech firmasının tasarladığı regülatör sistemi, kabinin hemen altına monte edilmektedir. Montaj resmi Şekil 5.7 'de görülmektedir.



Şekil 5.7 : Dynatech regülatör sistem montajı

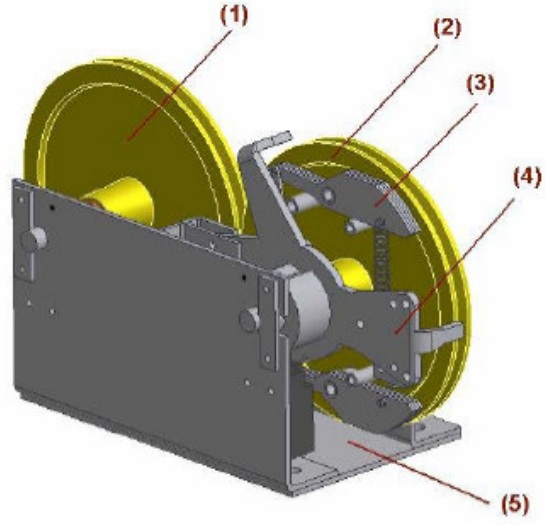
Regülatör sisteminin kabinin altına monte edilmiş detaylı gösterim Şekil 5.8 'de gösterilmektedir. Şekil 5.8 dikkatle incelendiğinde, regülatör sisteminin güvenlik tertibatına çok yakın olduğu görülür. Regülâtörün güvenlik tertibatına yakın mesafede olması, paraşüt sistemi frenleme başlama süresini kısaltmış olur. Bu ise kabinin aşağı veya yukarı yönde kontrolsüz ivmelenme durumlarında hızlı müdahale anlamına gelir.



Şekil 5.8 : Dynatech Regülatör sisteminin detaylı montaj resmi

Burada, 1. Kılavuz makara; 2. Halat; 3. Regülatör; 4. Santrifüj sistemi; 5. Kilitleme mekanizması; 6. Yardımcı sistem; 7. Harekete geçiren çubuk; 8. Güvenlik tertibatı'dır.

Bu regülatör sistemi hem aşağı hem de yukarı yönde işlevini yerine getirebilmektedir. Regülatör içerisinde makara çeneleri arasından dolaşan halat, bir ucu tavana diğer ucu ise asansör kuyu dibine sabitlenmiştir. Halat hızı regülatör nominal kilitlenme hızına ulaşınca regülatör içerisinde bulunan santrifüj sistemi (4) harekete geçerek ana makaranın dönmesini engeller. Makaralar içerisinde dolaşan halat (2), ana makaranın dönmemesinden dolayı sürtünme kuvveleri nedeniyle hareket edemez. Sıkışan regülatör halatı (2) kilitleme mekanizmasını (5) tetikler. Kilitleme mekanizmasına bağlı bulunan yardımcı sistem harekete geçiren çubuğu (7) iterek (veya çekerek) güvenlik tertibatını (8) tetikler, böylece frenleme sürecine başlanmış olur. Regülatör parçalarının detaylı gösterimi Şekil 5.9 'da verilmektedir.



Şekil 5.9 : Savrulma (santrifüj) tip regülatörü (Dynatech)

Şekil 5.9 ‘da görülen sistemde, 1. Kılavuz makara; 2. Ana makara; 3. Santrifüj sistemi; 4. Kilitleme sistemi; 5. Kabin tespit plakası’dır.

6. SONLU ELEMANLAR METODU

Çözülmesi uzun zaman alan karmaşık problemlerin, daha basit ve kısa zamanda çözmek için bu problemlere eşdeğer ancak daha basit hale getirilmiş problemlerin çözüme gidilmesi sonlu elemanlar metodunun temelindeki fikirdir. Genellikle, basitleştirmeye gidilmesi sonucunda doğru sonuç yerine, yaklaşık bir sonuç bulunmaktadır. Günümüzde, sonlu elemanlar metodların bilgisayarlarda uygulanması sonucunda hemen her problem istenilen ölçüler arasında yaklaşık sonuçlar elde edilmektedir.

Sonlu elemanlar metodunda, çözüm bölgesinin çok sayıda sonlu ve birbirine bağlı elemanlardan oluşmaktadır. Çözüme gidilirken, sonlu elemanların hepsi çeşitli teoriler kullanılarak, sınır koşul ve denge denklemlerin tanımlanmasıyla yaklaşık sonuçlar bulunmaktadır [4].

6.1 Sonlu Elemanlar Metodunun Kısa Tarihi

Günümüzde “Sonlu Elemanlar Metodu” şeklinde bilinen çözüm metodlarının arkasında bulunan temel fikirler yüzyıllar öncesine dayanmaktadır. Örneğin, yüzyıllar öncesinde bilim adamları çemberin çevre uzunluğunu bulmak için çemberin etrafından poligonlar çizerek bulmaktaydılar. Köşe sayısı arttırılan poligon, sonuca daha fazla yaklaştırmaktaydı.

Yakın tarihimizde, sonlu elemanlar metoduna benzer bir yöntem Courant tarafından 1943’te ilk kez ortaya atılmıştır. Bu yöntemde, üçgensel bölgeler üzerinde parçasal sürekli fonksiyonlar tanımlanmaktadır.

Günümüzde bilinen sonlu elemanlar metodu ise, 1956 yılında Turner, Clough, Martin ve Top tarafından sunulmuştur. Bu çalışmada, perçin bağlantılı profil ve üçgensel iç gerilmeli tabaka şeklindeki sonlu elemanların bir uçağın analizinde kullanımı ele alınmıştır.

Çağımızın en büyük teknolojik gelişme olarak bilinen bilgisayar teknolojisinin gelişmesi, bu yönteme çok büyük katkı sağlamıştır. Günümüzün bilgisayarları,

özölmesi aylar bulunan problemleri, en kısa zamanda çözmekte ve gerçek sonuçlara çok yakın yaklaşık sonuçlar verebilmekteler [4].

6.2 Uygulama Alanları

Sonlu elemanlar metodunun uygulama alanları özdeğer (eigenvalue), denge ve yayılma Problemleridir. Kısaca yukarıda bahsi geçen alanların kısaca tarifleri aşağıda açıklanmıştır.

Denge problemlerinin bir uzantısı olan özdeğer (eigenvalue) grubuna giren problemler arasında yapıların stabilitesi ve titreşimleri, lineer viskoelastik sönümleme, burkulma, katı ve esnek kaplarda akışkanların çalkalanması vs. gibi problemler en çok bilinenleridir.

Kararlı hal problemleri olarak bilinen denge problemlere makina ve inşaat yapılarının gerilme analizleri, katılarda ve sıvılarda kararlı sıcaklık dağılımları, sürekli akış problemleri gibi problemler örnek verilebilir.

Yayılma problemleri ise zamana bağlı olan problem grubuna giren problemler arasında yapılarda gerilme dalgaları, yapıların darbelere karşı davranışı, viskoelastik problemler, zeminlerden suyun geçişi, katılarda ve sıvılarda ısı geçişi, kararlı olmayan akış problemleri örnek verilebilir.

Mühendislik açısından sonlu elemanlar metodunun en geniş uygulama alanı gerilme analizi problemidir. Gerilme analizi problemlerinde yer değişim, kuvvet ve karma yöntem gibi üç yaklaşım dikkate alınmaktadır.

Yer değişim yönteminde yer değişimler, dönmeler ve deformasyonlar; kuvvet yöntemi yaklaşımında kuvvetler ve gerilmeler; karma yönteminde ise bilinmeyen veya serbest değişkenler işlenmektedir.

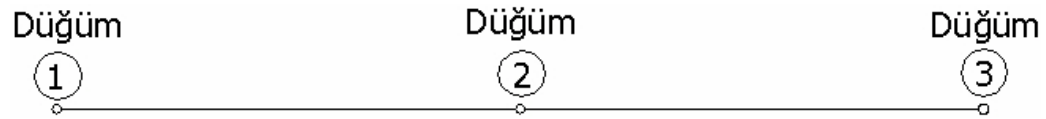
6.3 Problemlerde Uygulanması

Elastik ve sürekli ortamlara SEM'in uygulanmasında yapının parçalara ayrılması, uygun bir interpolasyon seçimi, rijitlik matrislerinin ve yük vektörlerin, eleman denklemlerinin birleştirilmesiyle toplam denge denklemlerin elde edilmesi, bilinmeyen düğümsel (nodal) yer değişimleri için çözüm yöntemlerinin kullanılması ve sonuçların bulunması adımları uygulanır.

6.4 Sonlu Elemanlar Yöntemi Eleman Tipleri

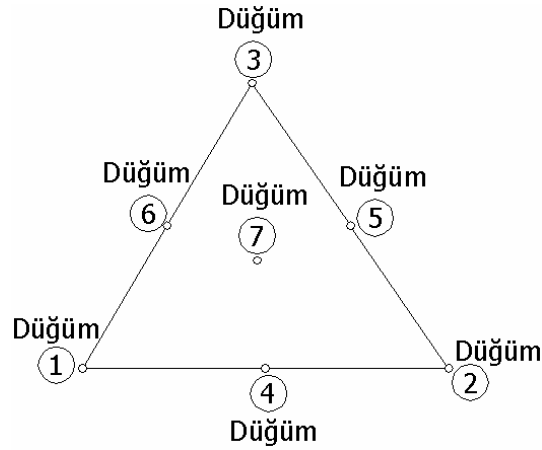
Analizi yapılacak bir parçada doğru sonuçlar alınabilmesi için en uygun bir şekilde sonlu elemanlara bölünmelidir. Sonlu elemanlara bölme işleminde sürekli ortamın boyutuna ve parçanın geometrisine en uygun elemanın şekli seçilmelidir. Seçilen sonlu elemanlar bir, iki veya üç boyutlu olabilirler. Genelde, sonlu elemanın sınırları düzgün olarak seçilmesi yanı sıra bazı durumlarda eğri sınırlı elemanlarında kullanılması gerekebilir [4].

Ortam geometrisi, malzeme özellikleri, yükleri ve yer değişimleri bir bağımsız uzay koordinatı cinsinden ifade edilebiliyorsa bir boyutlu sonlu elemanlar tercih edilir [4].



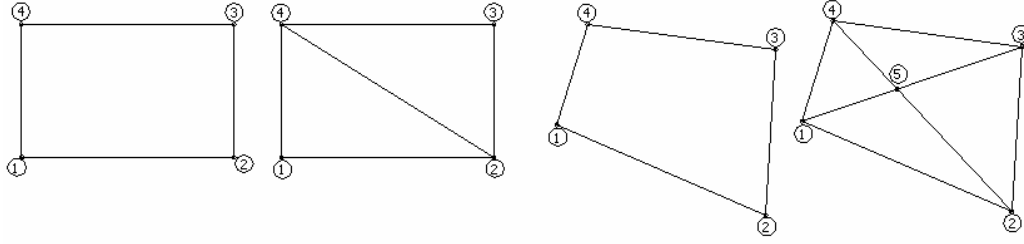
Şekil 6.1 : Bir boyutlu bir sonlu eleman

Birçok problem, yaklaşık olarak, iki boyutlu sonlu elemanlarla çözülebilir. İki boyutlu eleman tipleri arasında en basiti üçgen elemandır.



Şekil 6.2 : Üçgen tipi sonlu eleman örneği

Birçok problemlerde iki boyutlu dikdörtgen, iki üçgenli dikdörtgen, dörtgen elemanı ve dört üçgenli dörtgen elemanı tipi sonlu elemanlar da kullanılmaktadır. Şekil 6.3'te yukarıda bahsi geçen değişik iki boyutlu dörtgen sonlu eleman tiplerine örnekler soldan sağa doğru verilmiştir.



Şekil 6.3 : İki boyutlu değişik dörtgen geometri biçimli sonlu elemanlar

6.5 ABAQUS/CAE Sonlu Elemanlar Paket Programı

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi karmaşık ve çözülmesi uzun zaman alan problemlerin bilgisayarlarda çözülmesi hem zaman tasarrufundan hem de işlemin daha doğru sonuçlar vermesi bakımından çok önemlidir. Bilgisayarlarda, Sonlu Eleman Metodu çeşitli paket programlar vasıtasıyla basit bir şekilde modelleme yapılmakta, daha sonra bu modeller küçük sonlu elemanlara bölünerek analizler yapılmaktadır.

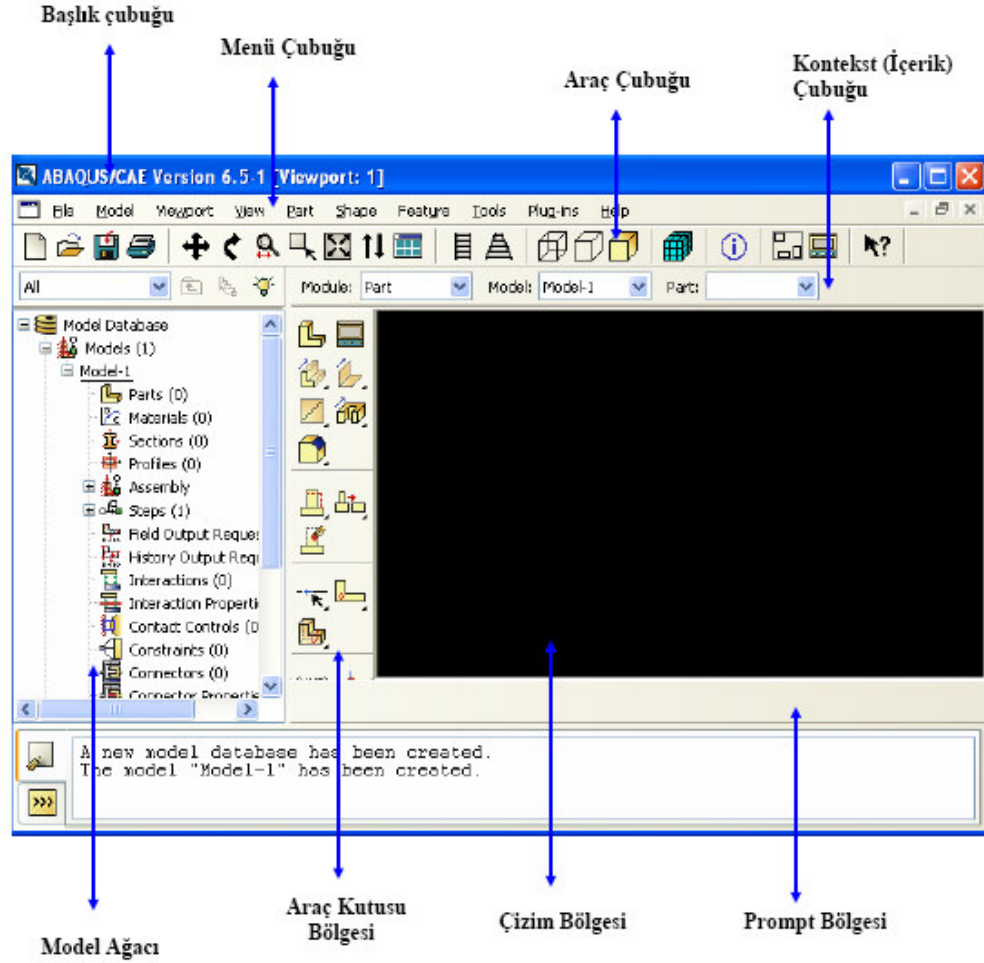
Günümüzde, SEM uygulamaları için birçok yazılım geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları, ABAQUS, NASTRAN&PATRAN, ABAQUS/CAE vs. dir. Bazı SEM yazılımları kendi bünyesinde modelleme paketleri bulundurmasına karşı çoğunlukla karmaşık geometrilerin modellenmesi uzun zaman almakta, bazen ise hiç yapılamamaktadır. Bundan dolayı, iki ve üç boyutlu problemlerin modellenebilmesi amacıyla çeşitli paket programlar hazırlanmıştır. Bunlar arasında Catia, Pro/Engineer, Solidworks, AutoCAD vs. programları en çok bilinenleridir [4].

Bu tez için en uygun program olarak ABAQUS/CAE seçilmiştir. Bunun sebebi ABAQUS/CAE 'nin tasarım kısmının çözülecek problem için yeterli olması ve bunun yanısıra SEM analizi prosesinde kullanıcı dostu olmasıdır. Ayrıca, analiz sonuçlarında hata payının tatmin edici değerler arasında olması da bu programın bu problemde kullanılması tercihinde payı olmuştur.

6.5.1 Programın Bölümleri

ABAQUS/CAE başlatıldığında Şekil 6.4'te görülen ana pencere ekrana gelir [11]. Detaylara girmeden önce ABAQUS/CAE programının birkaç özelliği bilinmelidir. Öncelikle, ABAQUS/CAE görsel bir şekilde bir problemin modellenerek analiz edebilmeyi sağlaması yanında birde komut yazılarak çözüme verilmesi olanağını sunmaktadır. Örneğin, eğer problemin geometrisinin koordinatları, sınır şartları vs.

biliniyorsa, o halde bu problem kolaylıkla herhangi bir yazı editöründe programın kendine has komutlarıyla yazılarak analize verilebilir. Aksi halde, eğer problemin geometrisi karmaşık, sınır değerlerinin yerleri ancak modelin oluşturulmasıyla tespit edilebiliyorsa o halde program ara yüzünü çalıştırılarak sıfırdan problem modellenmeli ve analiz edilmelidir.



Şekil 6.4 : ABAQUS/CAE ana penceresi

Yukarıdaki pencere, kendi altında üç ayrı pencereden oluşmaktadır. Solda “Model Ağacı” ismi verilen bir pencerede kullanıcı parçanın modellenmesinden analiz sonuçlarının görüntülenmesine kadar olan tüm işlemler tanımlayabilmektedir. Sağda “Çizim Bölgesi” penceresi bulunmaktadır. Bu pencerede kullanıcı yaptığı tüm işlemleri görsel olarak görebilmektedir. En altta ise “Prompt Bölgesi” penceresi bulunmaktadır. Bu kısımda, kullanıcı yaptığı işlemlerin sonucunda program tarafında

enteraktif diyalogları görebilir ayrıca “Python Script” ‘te hazırlanmış hesap makinasını kullanabilir. Diğer kısımlar kısaca altta izah edilmiştir [11];

Başlık Çubuğu: Çalışmakta olan ABAQUS/CAE’nin versiyonunu ve model veritabanının ismini belirtir.

Menü Çubuğu: Mevcut bütün menüleri içerir. Kontekst çubuğunda modül değiştirilirse menü çubuğunun da içeriği değişir, hangi modül seçildiyse o modül ile ilgili menüler gelir.

Araç Çubuğu: Çok kullanılan bazı menülere hızlı erişim sağlar.

Kontekst (içerik) Çubuğu: Yapılacak çalışmayı belirli bir düzende yapılabilmesi için kullanıcıya modüller sunar.

Örneğin, ilk olarak parça (part) modülünde parçalar modellenirse sonra özellik (property) modülüne geçerek parçaların malzeme özellikleri belirlenir. Daha sonra ise montaj (assembly) modülüne geçilerek modellenen parçaların montajı yapılır.

Model Ağacı: Yapılan çalışmanın adımlarını model ağacında görülür. Model ağacı, yapılan çalışma üzerinde değişiklik yapabilme ve modüller arasında geçişi olanaklı kılar.

Araç Kutusu Bölgesi: Bir modele girildiği zaman o modülle ilgili komutlar araç kutusu bölgesinde bulunur. Aynı komutlar, menü çubuğunda da yer alır. Fakat araç kutusu sayesinde bu komutlara çok hızlı bir şekilde ulaşılabilir.

Çizim Bölgesi: Çizimin gözüktüğü ekrandır.

Prompt Bölgesi: Bir komut seçildiği zaman o komutun kullanımı ile ilgili bilgi sahibi değilse kullanıcı, mesaj bölgesinde uyarıları takip ederek hangi adımları yapması gerektiğini görebilir.

6.5.2 Ön İşlem Süreci (Preprocessor)

Ön işlem sırasında analiz süreci için hazırlanması önemli olan adımlar ihtiva eder. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

1. Modelin oluşturulması,
2. Modele malzeme tanımı yapılması,
3. Modelde işlemine göre parçaların kesitlendirilmesi

4. Her kesite daha önceden tanımlanan uygun malzemenin atanması
5. Montajın oluşturulması
6. Analiz adımlarının tanımlanması
7. Modeldeki parçalar arasındaki mekanik temasın tanımlanması
8. Sınır şartların ve yüklerin tanımlanması ve parçaya uygulanması
9. Model içerisindeki her bir parçanın tek tek ufak parçalara bölünmesi (Mesh atma).
10. İş'in oluşturulması.

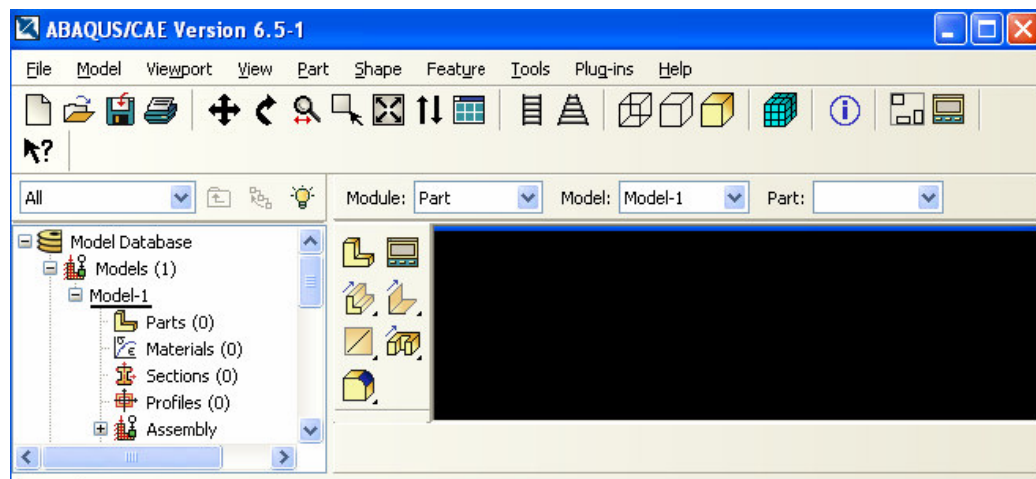
Yukarıda sıralanan adımları gerçekleştirilirken en ince ayrıntılar dahi gözden geçirilmelidir. Örneğin, Mesh atma adımında eleman tipi seçimi sırasında seçilecek eleman tipi sonucun tamamen doğru yada tamamen yanlış sonuçlar doğmasına neden olacaktır.

6.5.3 Programın Çalıştırılması

ABAQUS/CAE programı hem komut isteminde hem de programın kısayoluna tıklanarak çalıştırılabilir. Burada en basit bir şekilde nasıl çalıştırılıp probleme uyarlanması anlatılacaktır. Öncelikle, program aşağıdaki yol izlenerek çalıştırılacaktır.

Başlat(Start) > Programlar > ABAQUS 6.5-1 > ABAQUS CAE

Programı çalıştırdıktan sonra aşağıdaki ekran görüntülenir [11].

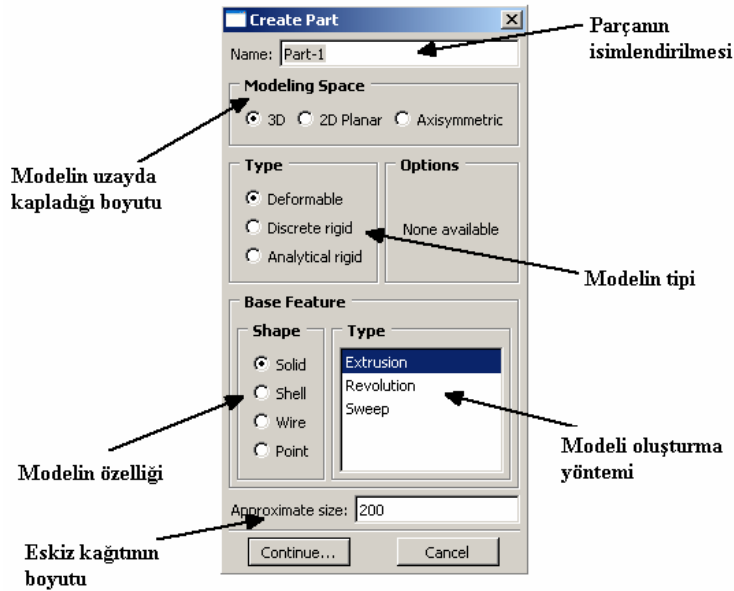


Şekil 6.5 : ABAQUS/CAE açılış penceresi

6.5.4 Katı Modelin Oluşturulması

Yeni bir veritabanı oluşturabilmek için  (New Model Database) butonuna tıklanmalıdır. Bu butona “File > New” yolu izlenerek de ulaşılabilir.

Bu buton basıldıktan sonra Create Part diyalog kutusu görüntülenir. Diyalog kutusu problemin modellenebilmesi için araçlar sunmaktadır [11].



Şekil 6.6 : ABAQUS/CAE katı model oluşturma

Parçanın isimlendirilmesi: Eğer model birden fazla parçadan oluşmaktaysa parçalar mantıklı bir şekilde adlandırılmasına olanak tanınmaktadır.

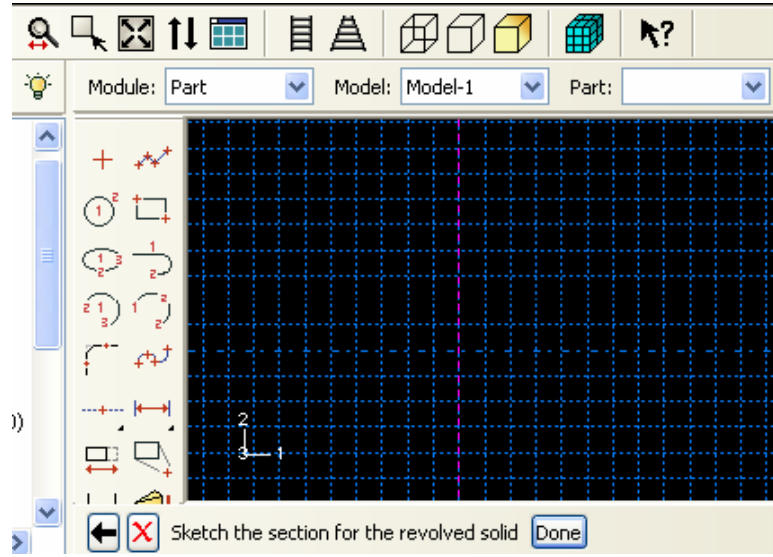
Modelin uzayda kapladığı boyut: Çalışılacak modelin uzayda kapladığı boyutu üç ise 3D, eğer model iki boyutluysa 2D, eğer model bir eksen etrafında simetrik ise Axisymmetric seçeneği seçilmelidir.

Modelin özelliği: Oluşturulacak modelin tipi katı ise Solid, kabuk ise Shell, çubuk veya ince kiriş ise Wire, eğer noktalardan oluşuyorsa Point seçeneği seçilmelidir.

Modeli oluşturma yöntemi: Bu kısımda program kullanıcıdan en kolay hangi şekilde modellemenin oluşturulması olanağı sağlamaktadır.

Modelin tipi: Modelin tipi rijit veya deforme olabilen yapıya sahip olup olmadığı belirtilmelidir.

Eskiz kağıdının boyutu: Çizimin kolay bir şekilde yapılabilmesi için program otomatik olarak çizim alanını dilimler. Her dilim arası mesafenin ne kadar olduğunu bu kutuda girilmelidir.

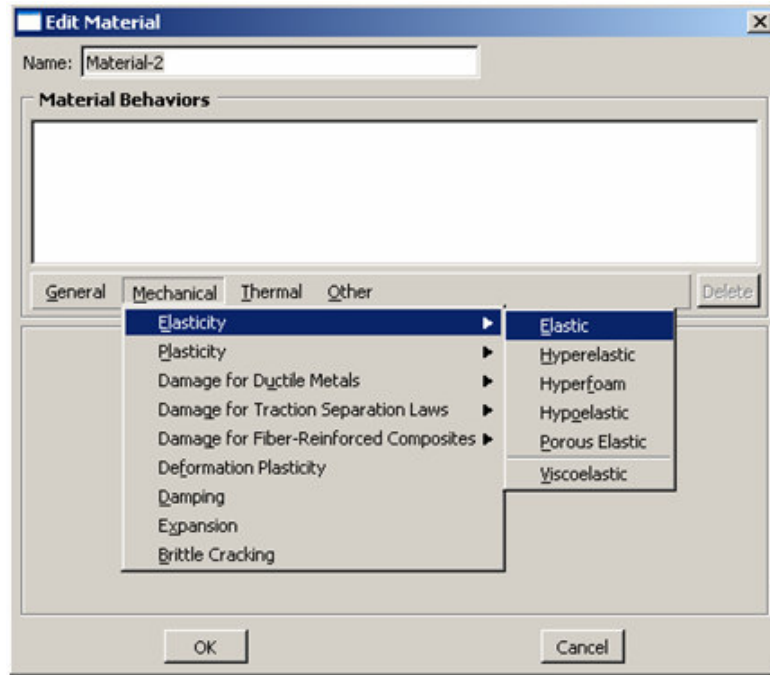


Şekil 6.7 : ABAQUS/CAE çizim alanı

6.5.5 Malzeme Girişi

Modelleme yapıldıktan sonra modelin malzemesi tanımlanmalıdır. Tanımlama işlemi aşağıda ki gibi yapılmaktadır.

Create Material  butonunu seçtikten sonra aşağıdaki pencere görüntülenir.

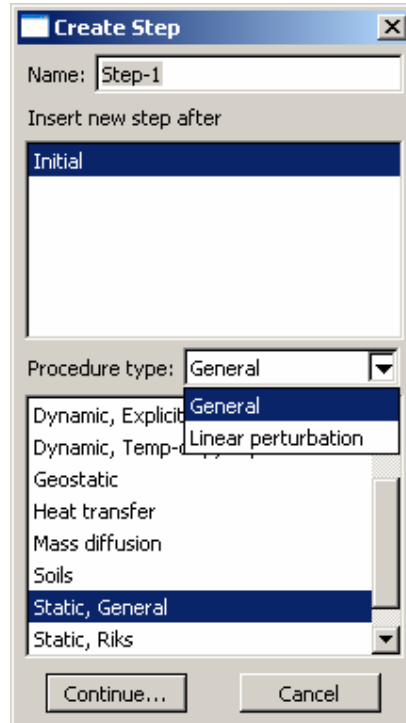


Şekil 6.8 : Malzeme girişi

Malzeme isimlendirildikten sonra malzemenin cinsi ve davranışı seçeneklerden seçilmelidir. Aynı anda malzemeye birçok özellik tanımlana bilmekte ve en ince ayrıntısına kadar malzemenin davranışı programa tanımlanabilmektedir.

6.5.6 Adım (Step) Menüsü

Analiz sırasında modelin hangi analiz adımlardan geçeceği bu aşamada tanımlanmaktadır. Bu menüde aşağıda görüldüğü gibi birçok analiz amacı için seçenekler sunulmuştur.

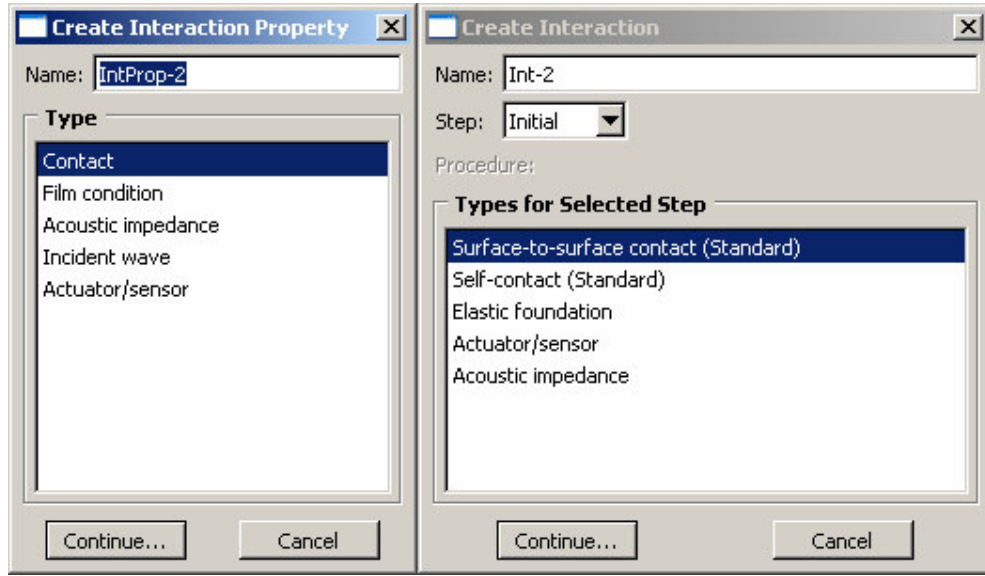


Şekil 6.9 : Adım (Step) menüsü

Step menüsü daha sonra sınır koşulları ve yüklemeler tanımlanma sırasında kullanılacaktır.

6.5.7 Etkileşim (Interaction) Tanımlanması

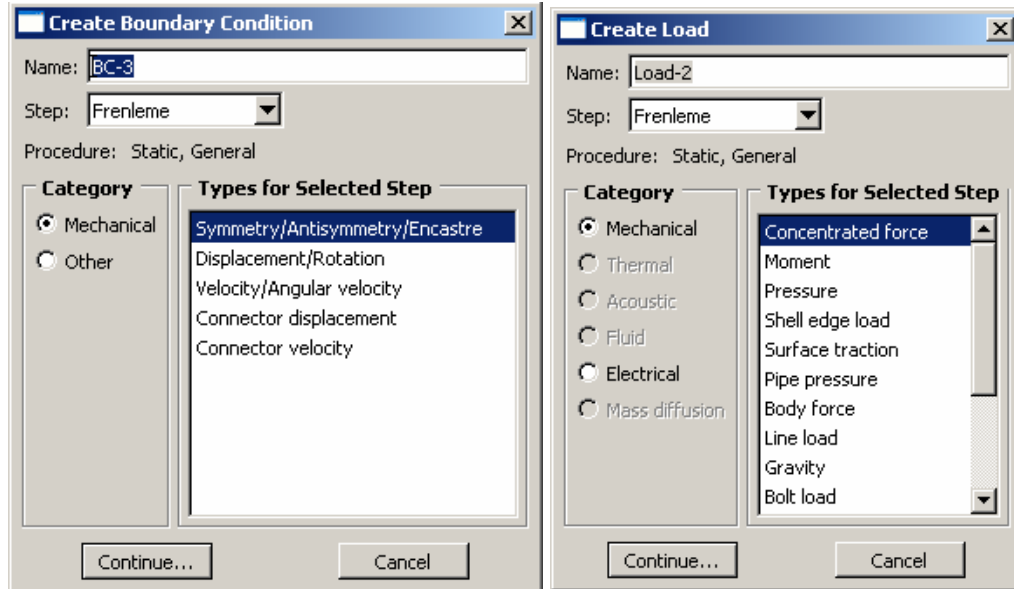
Model içerisinde birden fazla parça ihtiva edebilir. Bu parçalar analiz sırasında hareket ediyorsa veya her bir parça analiz sırasında farklı bir davranış gösteriyorsa o halde her parçanın birbiri arasındaki etkileşimleri tanımlanmalıdır. Örneğin, pim-cıvata-perno bağlantıları, herhangi iki parçanın bir biri üzerinde kayması veya itmesi [11].



Şekil 6.10 : Etkileşim Menüsü

6.5.8 Sınır şartların ve Yüklerin Tanımlanması ve Parçaya Uygulanması

Aşağıdaki verilen menülerden sağdakinde yüklemelerin cinsi ve değerleri, soldakinde ise sınır şartları verilebilmektedir.

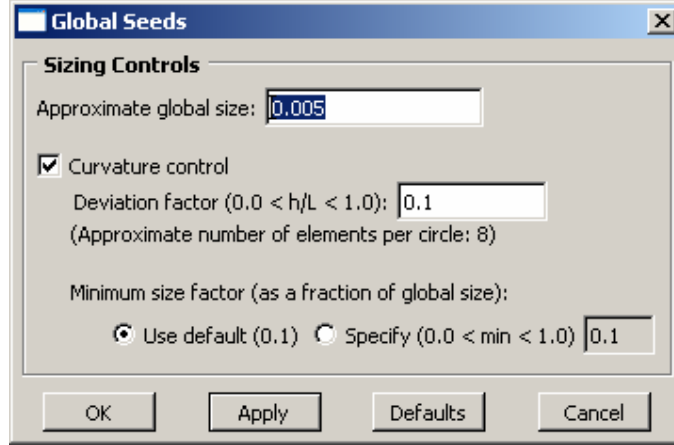


Şekil 6.11 : Yükleme ve Sınır Şartlar Menüleri

6.5.9 Parçanın Küçük Parçalara (Mesh) Bölünmesi

Daha önceki bölümlerde bahsettiğimiz üzere ABAQUS/CAE kullanıcıya otomatik olarak kendi seçtiği en küçük parçanın (mesh) boyutlarını sunmaktadır. Eğer analizin

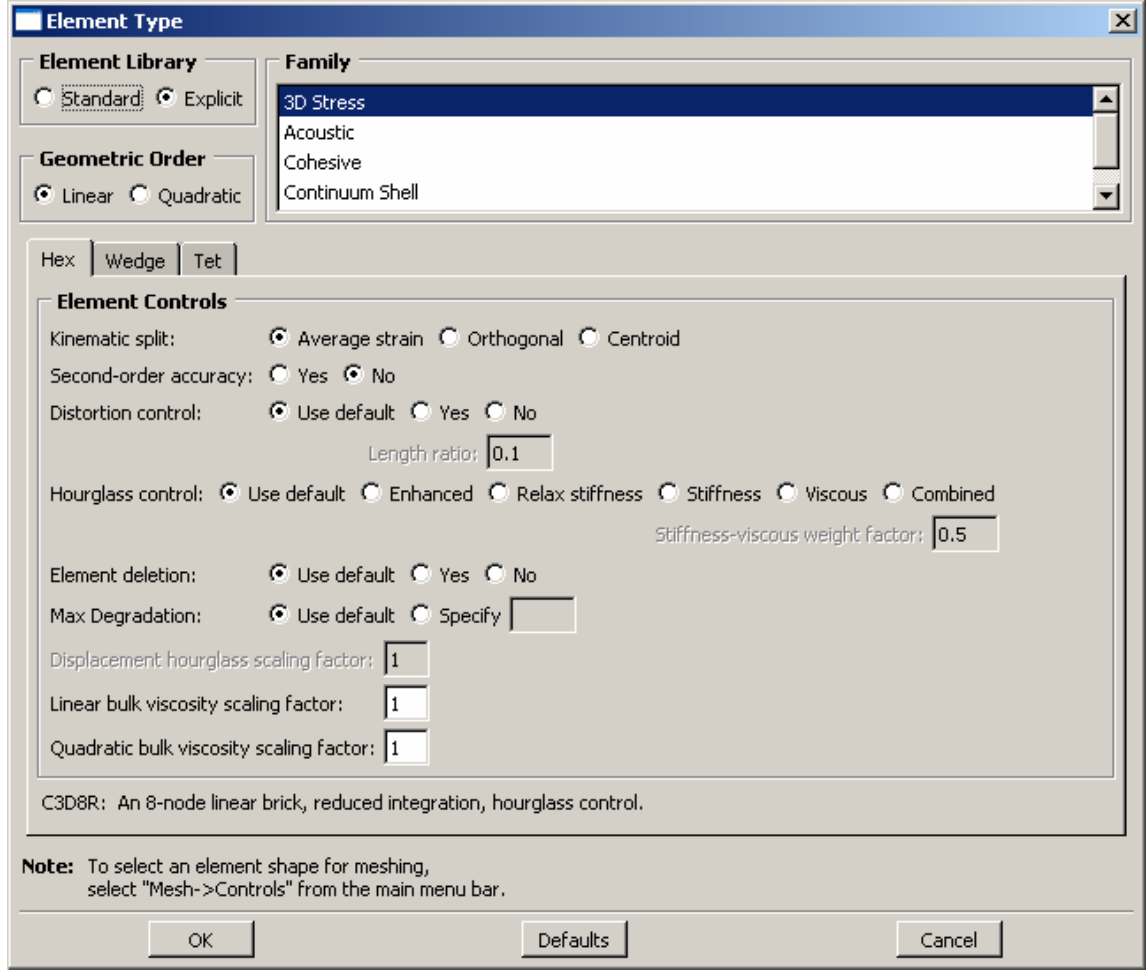
daha doğru ve kesin sonuçları vermesi istendiği takdirde en küçük yaklaşık dilimleme seçeneğindeki (Approximate global size) değeri daha da düşürürüz. Eğer değer çok küçük olursa, bu parçadaki eleman sayısını artıracak için analizin çözülmesi uzun zaman alacağı anlamına gelir. Analiz hızı bilgisayar performansı ile doğru orantılıdır [11].



Şekil 6.12 : Parçanın dilimlenmesi

Parça dilimlendikten sonra eleman tipi kısmına geçilmelidir. Bu durumda da ABAQUS/CAE programının en önemli özelliklerinden biri de akıllıca bizim seçtiğimiz model tipine uygun olan eleman tipi seçenekleri sıralamasıdır. Örneğin, yine mesh atma sırasında en uygun boyutlarda parçayı bölümleyebilmekte ve parça için seçilebilecek uygun eleman tiplerini otomatik olarak sıralamaktadır. Burada bilinmesi gerek husus, yapılacak yüklemeler sırasında parçanın maruz kalacağı deformasyonlara uygun tepki verecek eleman tiplerin seçimidir.

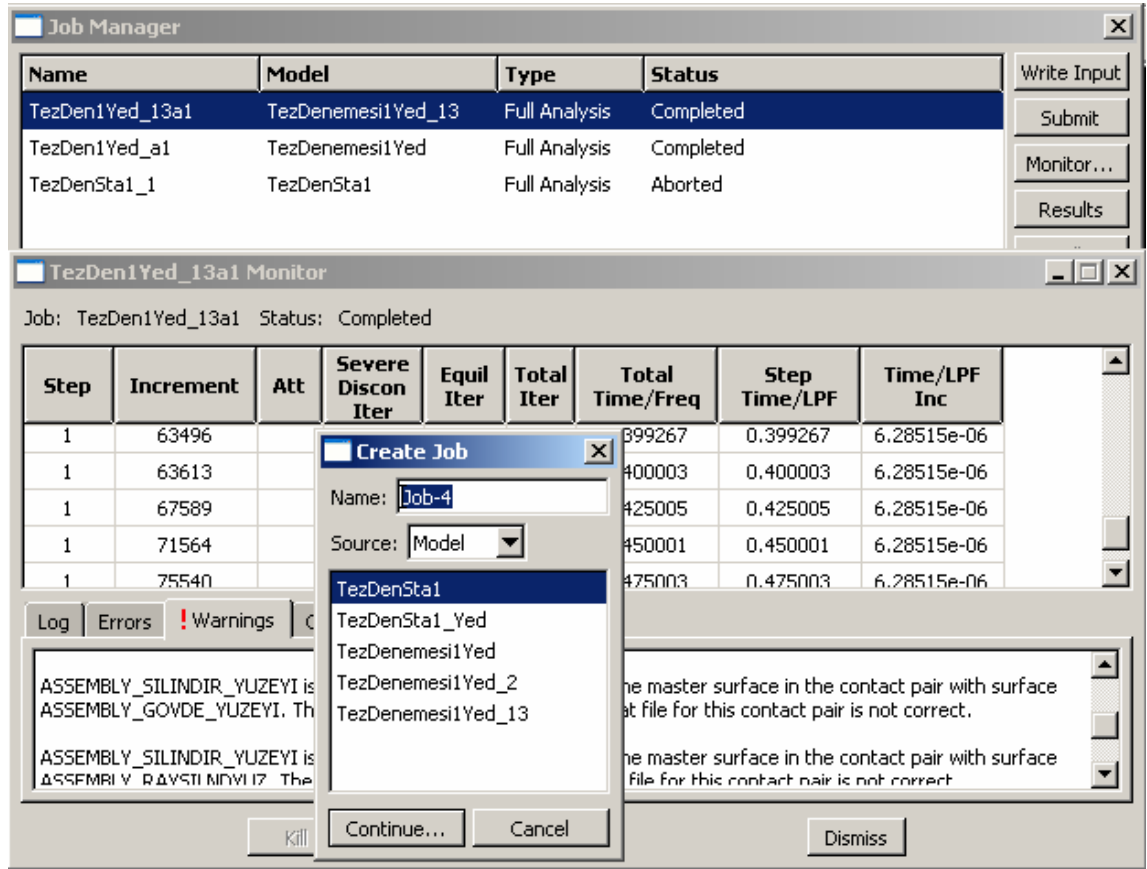
Aşağıdaki menüden eleman tipi seçilir.



Şekil 6.13 : Eleman tipi seçme menüsü

6.5.10 İş (Job) Menüsü

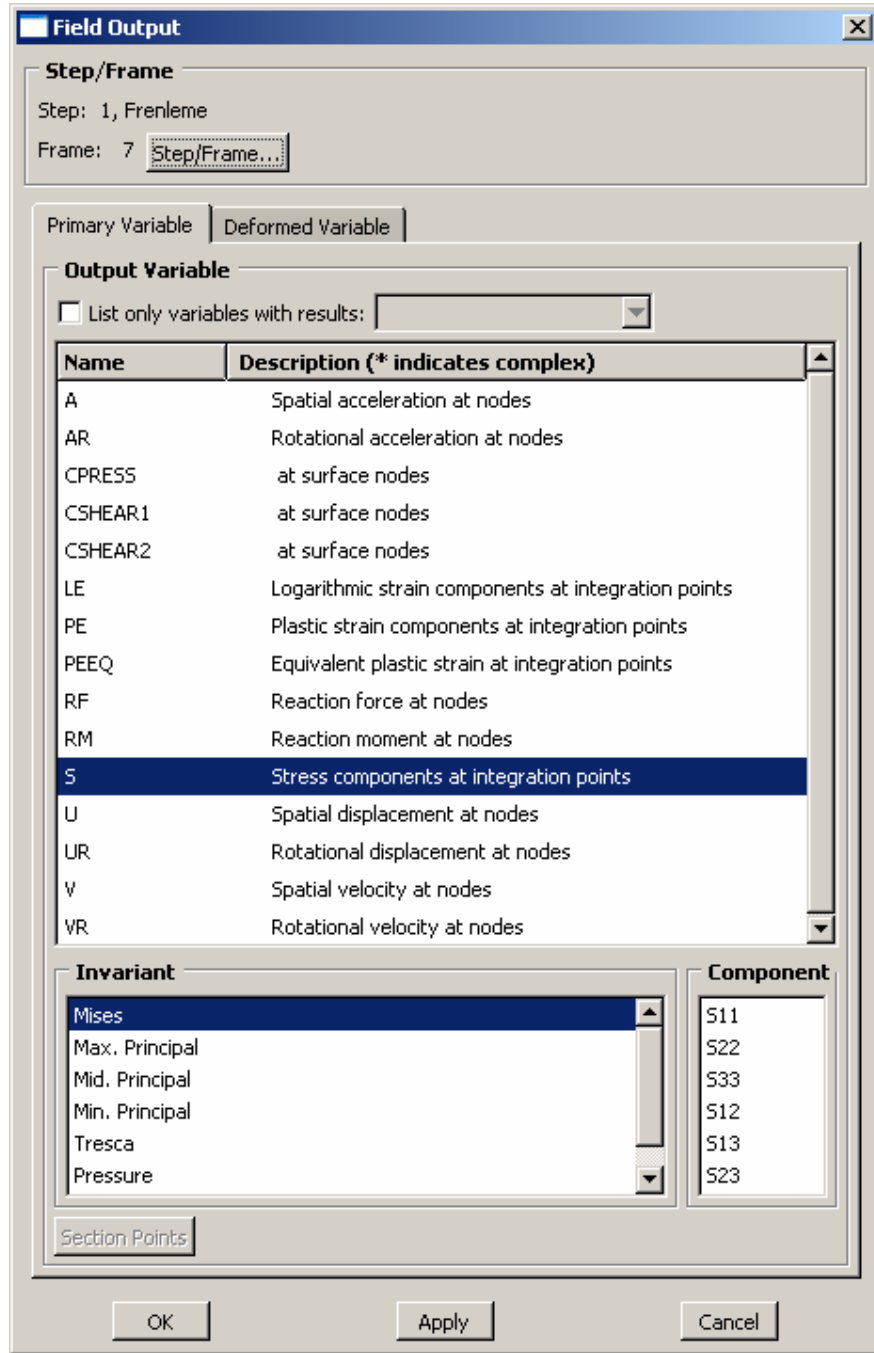
İş menüsünde analize hazır duruma getirdiğimiz modelin analize verilmesini sağlamaktayız. Bu menüde, analizin hangi durumda olduğu, analiz sırasında hataların veya uyarıların neler olduğu gözlemlenebilmektedir. Ayrıca, analizin bitmesinde sonra sonucun yazı editörüne kaydedilmesi veya görüntülenmesi sağlanır. Aşağıda verilen menüden daha önce analizi yapılan bir çalışma görünmektedir.



Şekil 6.14 : İş Menüsü

6.5.11 Analiz Sonrası İşlemler (Postprocessor) Menüsü

ABAQUS/CAE programının bir diğer güçlü özelliği analiz sonucunda sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması için yeterli bir görsel araçları sağlamasıdır. Postprocessing aşamasında çözümde elde edilen değerler ekrana grafik olarak yansıtılmakta, karşılaştırmalar yapılmakta ve çıktı alınmaktadır. Örneğin, çözümü yapılmış bir parçanın gerilme, ivme, sıcaklık, yer değiştirme vs. gibi önemi yüksek sonuçlar görsel olarak gözlemlenebilmektedir. Ayrıca, yukarıda bahsettiğimiz sonuçların gözlenmesi sırasında parça analiz adımları süresince nasıl hareket ettiğini hareketli bir görüntü şeklinde birebir taklidi yapılmasına olanak sağlanmaktadır. Bu aşamada ayrıca çeşitli enerjilerin zamana göre dağılımları izlenebilmektedir. Aşağıda verilen menüden analiz sonrasında birçok sonucun görüntülenmesi sağlanmaktadır.



Şekil 6.15 : Sonuçların Görüntülenmesi Menüsü

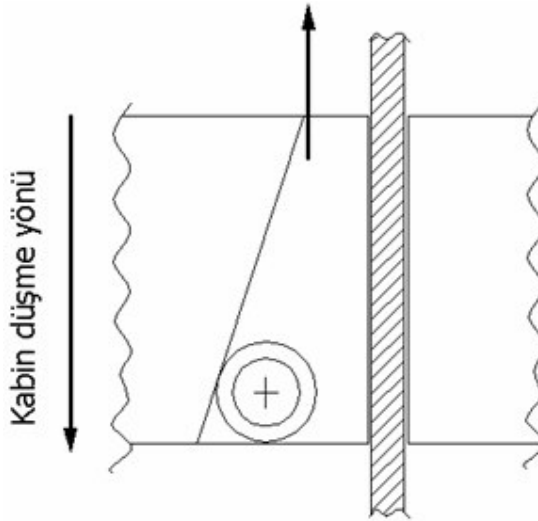
7. GÜVENLİK TERTİBATI MUKAVEMET HESAPLARI

7.1 Giriş

Güvenlik tertibatının devreye girmesi ve asansörü durdurması esnasında kuvvetler ve gerilmeler ortaya çıkar. Ortaya çıkan yüksek değerlerde baskı kuvvetleri kılavuz ray - silindir, silindir - fren bloğu ve fren bloğu - silindir arasında sürtünme kuvvetlerin oluşmasına neden olur. Kılavuz ray - silindir ve ray - blok yüzeyi arasında meydana gelen sürtünme kuvvetleri kabinin güvenli bir şekilde durmasını sağlarlar.

7.2 Paraşüt Frenlemesi Esnasında Oluşan Kuvvet ve Gerilme Hesapları

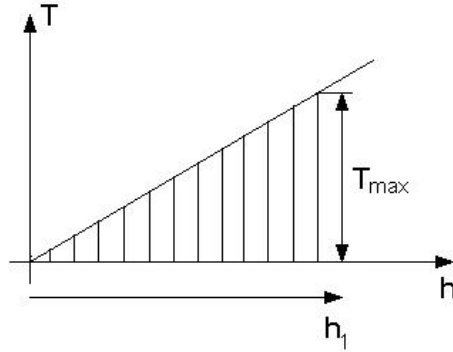
Aşağı yönde hızlanarak belli bir kinetik ve potansiyel enerji kazanan asansör kabini, frenlenme esnasında üzerindeki tüm enerjisini sürtünme enerjisine aktarır. Ani enerji değişimi sonucu kabinde yüksek ivme değişimlerine; bu ise yüksek darbelerin meydana gelmesine neden olur. Şekil 7.1 'de tek yönlü silindir tipi ani paraşüt freninin frenleme esnasındaki silindir ve kabin hareket yönleri gösterilmektedir.



Şekil 7.1 : Kabin ve silindirin hareket yönleri

Paraşüt freni işlemi sırasında silindirin ray ile blok arasına sıkıştırarak yüksek sürtünme kuvvetlerinin doğmasına neden olur. Sürtünme kuvvetleri kaynaklı

sürtünme enerjisinin yola ve sürtünme kuvvetine göre enerji grafiği Şekil 7.2’de gösterilmektedir [12].



Şekil 7.2 : Sürtünme enerjisi grafiği

Şekil 7.2 dikkate alındığında sürtünme kuvvetinden kaynaklanan enerji

$$A_t = T_{\max} \frac{h_1}{2}, \quad (7.1)$$

burada ifade edilen h , serbest düşme yüksekliği, yani kabinin mutlak durmasına kadar kat ettiği mesafedir. Kabin ve içinde yolculuk eden yükün sürtünme kuvvetlerinden kaynaklanan kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamı

$$A_t \approx \frac{h_1}{2}(Q + P) + \frac{v_0^2}{2g}(Q + P), \quad (7.2)$$

burada ifade edilen ve bundan sonraki hesaplarda da kullanılacak olan P , boş kabin ve kabine asılı parçaların, mesela: kabin bükülgen kablusunun kabin tarafından taşınan kısmı ve varsa dengeleme halatları/zincirlerinin vb. kütlelerinin toplamı. Q beyan yükü, g standart yerçekimi (g_n) ivmesidir.

İfade (7.1) ve (7.2) kullanılarak aşağıdaki formül yazılabilir.

$$T_{\max} = \left(1 + \frac{v_0^2}{h_1 g}\right)(Q + P), \quad (7.3)$$

ve gerekli basitleştirmeler yapıldığında, maksimum sürtünme kuvveti

$$T_{\max} \approx (1 + \frac{a_{\max}}{g})(Q + P) \quad (7.4)$$

elde edilir, burada v_0 regülâtörün algıladığı hızdır. Kendi kendine kilitlenen güvenlik tertibatı kullanıldığı taktirde, maksimum kabin yavaşlama ivmesi

$$a_{\max} = \frac{v_0^2}{h_1} \quad (7.5)$$

olacaktır. İnsan taşıma amaçlı tasarlanan asansör kabininde bulun paraşüt fren sisteminin kendiliğinden devreye girmemesi için kabin ivmesi;

$$a_{\max} \leq g \quad (7.6a)$$

olmalıdır. Yük taşıma amaçlı tasarlananlar için ise

$$a_{\max} \leq (2...3)g \quad (7.6b)$$

olmalıdır. Kabin hızı ani ivmelenmelerden dolayı nominal hızın %125'ne ulaştığında paraşüt fren sistemi devreye girecektir. O halde, paraşüt frenin devreye girme hızı,

$$v_0 = 1,25v \quad (7.7a)$$

burada v_0 regülâtörün algıladığı hız, v ise kabin tasarım (nominal) hızıdır.

(7.5), (7.6a) ve (7.7a) ifadelerinden ani silindir tipi paraşüt frenin kullanıldığı asansör kabinin maksimum hızı aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$\text{İnsan ve özel taşıma amaçlı asansörler için; } v \leq \frac{\sqrt{9,81 \cdot 0,05}}{1,25} \approx 0,6 \text{ m/s} \quad (7.7b)$$

$$\text{Yük taşıma amaçlı asansörlerde ise, } v \leq \frac{\sqrt{3 \cdot 9,81 \cdot 0,05}}{1,25} = 0,97 \approx 1 \text{ m/s} \quad (7.7c)$$

olacaktır. Burada, frenleme mesafesi 0,05m olarak alınmıştır.

7.3 Kılavuz Ray İle Silindir Arasında Oluşan Maksimum Sürtünme Kuvveti

İnsan taşıma amaçlı asansör uygulamalarında güvenlik tertibatının devreye girmesiyle meydana gelen maksimum sürtünme kuvveti [12]

$$T_{\max} = 2 \cdot (Q + P) . \quad (7.8a)$$

Yük taşıma amaçlı asansörlerde ise,

$$T_{\max} \approx 4 \cdot \left(\frac{P}{2} + \frac{2}{3}Q \right) = 4 \cdot \left[1 + \frac{1}{3 \cdot \left(1 + \frac{P}{Q} \right)} \right] \cdot \frac{Q + P}{2} \quad (7.8b)$$

Kabin kütesinin içerisinde taşıdığı yüke oranının $P/Q = 0.5$ olduğu varsayılarak (7.8b) ifadesi yeniden düzenlenirse

$$T_{1\max} \approx 4,89 \cdot \frac{Q + P}{2} \quad (7.9)$$

elde edilir. Denklem daha da basitleştirilirse,

$$T_{1\max} = 5 \cdot \frac{Q + P}{2} \quad (7.10)$$

elde edilir.

Buraya kadar yapılan hesaplamalar ve kabuller kılavuz rayları göre irdelenecek olursa, sistemde bulunan her kılavuz raya etkiyen sürtünme kuvveti,

$$T_{1\max} = \frac{T_{\max}}{n} \quad (7.11)$$

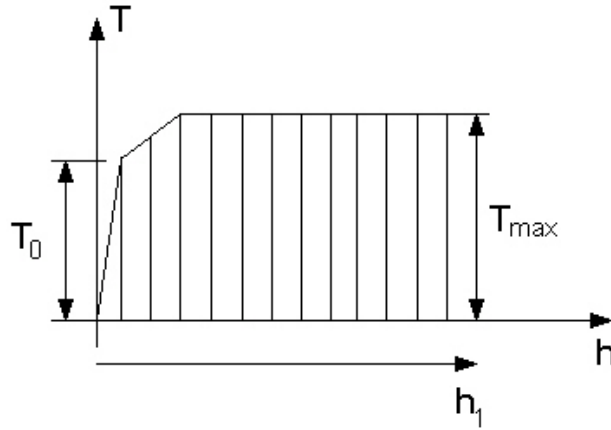
olacaktır.

(7.11) ifadesindeki n , asansör sisteminde kullanılan toplam kılavuz ray sayısıdır. Genellikle günümüzde kullanılan asansör uygulamalarında iki (2) adet kılavuz ray kullanılmaktadır. O halde (7.10) ve (7.11) ifadelerinden yola çıkarak taşıma amaçlı asansör sisteminde kullanılan kılavuz raylara etki eden maksimum sürtünme yükü

$$T_{\max} = 5 \cdot (Q + P) \quad (7.12)$$

olacaktır.

Paraşüt freni esnasında ani ivme değişimlerin ve ani frenlemelerin sonucunda hem kılavuz raylar hem de asansörde seyahat eden insanlara zarar verebileceği için frenlenme süresi ve durma yumuşaklığı güvenlik tertibatlarına kazandırılmalıdır. Bu ise, sürtünen yüzeylerin genişletilmesiyle mümkün olmaktadır. Şekil 7.3 'te güvenlik tertibatı işlemi sırasında olması gereken sürtünme kuvveti, dolayısıyla sürtünme enerjisi artış grafiği gösterilmektedir [12].



Şekil 7.3 : Frenleme esnasında oluşması gereken sürtünme enerjisi grafiği

Şekil 7.3 'te verilen sürtünme enerjisi grafiği kullanılarak,

$$T_{\max} \cdot h_1 \approx (h_1 + \frac{v_0^2}{2g})(Q + P), \quad (7.13)$$

yazılır ve buradan maksimum sürtünme kuvveti

$$T_{\max} \approx (1 + \frac{v_0^2}{2gh_1})(Q + P) \quad (7.14)$$

olarak bulunur. İzin verilen maksimum kabin ivmesi ise

$$a_{\max} = \frac{v_0^2}{2h_1} \quad (7.15)$$

olarak alınarak, (7.14) denklemi düzenlenirse

$$T_{\max} = (1 + \frac{a_{\max}}{g})(Q + P) \quad (7.16)$$

elde edilir.

Asansör kabin ivmesinin yerçekim ivmesine eşit olduğu durumda ($a = g$), (7.16) ifadesi düzenlenerek maksimum sürtünme kuvveti

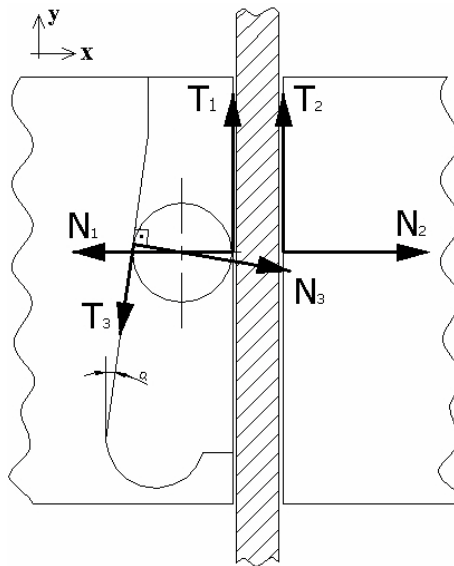
$$T_{\max} = 2 \cdot (Q + P) \quad (7.17)$$

olur.

7.4 Başarılı Kenetlenme İçin Silindir Yuvası Eğim Açısının Tespiti

Silindir tipi ani güvenlik tertibatının başarılı bir frenleme gerçekleştirebilmesi için silindirin kendisini bloğun daralan kesitine sokarak yüksek sürtünme kuvvetlerinin oluşmasına sebep olmalıdır. Bu ise silindir yuvasının doğru bir eğime sahip olması gerektiğini gösterir.

Kenetlenmenin, yani silindirin blok ile ray arasında sıkışarak durdurucu kuvvetleri doğurabilmesi için gereken minimum blok silindir yuvası eğim açısı, Şekil 7.4 'teki kuvvet diyagramı vasıtasıyla hesaplanır [12].



Şekil 7.4 : Frenleme esnasında güvenlik tertibatında oluşan kuvvet diyagramı

Frenleme sürecinde kabin aşağı (veya yukarı) yönde ivme değişimleriyle hareket etmesinden y yönündeki hesaplamalar dinamik esaslara göre yapılmalıdır. O halde, y yönündeki kuvvetlerin toplamı sıfırdan büyük ($\sum Y > 0$) olacaktır.

$$T_1 - N_3 \sin \alpha > 0 \quad (7.18)$$

X yönündeki durum ise statik durumdur. Yani Newton'un 2.nci yasası gereği etki kuvvetler tepki kuvvetlerine eşit olacaktır. O halde, x yönündeki kuvvetlerin toplamı sıfıra eşittir ($\sum X = 0$). Şekil 7.4 yardımıyla

$$N_3 = \frac{N_1}{\cos \alpha - \mu_3 \cdot \sin \alpha} [\text{N}], \quad N_1 = \frac{T_1}{\mu_1} [\text{N}],$$

$$N_2 = \frac{T_2}{\mu_2}, \quad T_3 = N_3 \cdot \mu_3 [\text{N}], \quad N_1 = N_2 [\text{N}] \quad (7.19)$$

yazılabilir. Silindirin frenleme esnasında rayın üzerinde sürüklenerek daralan araya sürekli olarak sıkıştırması, silindir yuvası eğiminin ray ile silindir arasındaki sürtünme katsayısından daha küçük olmasıyla gerçekleşir. Bu durumda $\tan \alpha \leq \mu_1$ şartı gerçekleşmelidir. Benzer şekilde değişik bir şekilde ifade edilecek olursa, kilitlenmenin gerçekleşmesi için $\mu_1 > \mu_3$ olmalıdır. O halde, kenetlenme için gereken silindir yuvası eğim açısı (7.19) 'daki ifadeler kullanılarak

$$\tan \alpha < \frac{\mu_1 - \mu_3}{1 + \mu_1 \cdot \mu_3} \quad (7.20a)$$

bulunur. Örneğin, bir asansör tesisinde kılavuz ray- silindir çiftinin oluşturduğu yüzey sürtünme katsayısı $\mu_1 = 0,25$, silindir-blok çiftinin oluşturduğu yüzey sürtünme katsayısı ise $\mu_3 = 0,1$ olsun. Gereken silindir yuvası eğim açısı,

$$\tan \alpha < \frac{0,25 - 0,1}{1 + 0,25 \cdot 0,1} \Rightarrow \tan \alpha < \frac{0,15}{1,025} \Rightarrow \alpha < 8^{\circ}18' \quad (7.20b)$$

olmalıdır.

7.5 Fren (Sürtünme) Kuvvetlerinin Hesaplanması

İvmelenerek düşen kabin ve yükü durdurucu maksimum fren kuvveti, frenlemenin gecikme süresine ve güvenlik tertibatının tipine bağlıdır. Genel olarak maksimum fren kuvveti

$$T_{\max} = m \cdot (Q + P) \text{ [N]} \quad (7.21)$$

olarak hesaplanır. Denklemden geçen m darbe katsayısı olup güvenlik tertibatının tipine bağlı olarak Tablo 7.1 'den seçilir [13].

Tablo 7.1: Darbe katsayısı m

Paraşüt Sistemi Çalışmasında Meydana Gelen Darbe	m
Ani frenlemeli paraşüt sistemi	5
Ani frenlemeli kenetleme tertibatı (makaralı hariç)	5
Ani frenlemeli makaralı paraşüt sistemi	3
Ani frenlemeli makaralı kenetleme tertibatı	3
Enerji depolayan tipteki oturma tertibatı	3
Enerji depolayan tipteki tampon	3
Kaymalı paraşüt sistemi	2
Kaymalı kenetleme tertibatı	2
Enerji harcayan tipteki oturma tertibatı	2
Enerji harcayan tipteki tampon	2
Boru kırılma valfi	2

Yapılan çalışmada, ani frenlemeli makaralı (silindirli) paraşüt freni dikkate alındığı için, bundan sonra tüm işlemlerde darbe katsayısı 3 olarak alınacaktır. Kılavuz raylara etki eden kuvvetle, kılavuz rayların tepki kuvvetleri birbirine eşittir.

$$T_{\max} = n \cdot (T_1 + T_2) \quad (7.22a)$$

buradaki n kılavuz ray adedi olup, bundan sonraki tüm işlemlerde 2 olarak alınacaktır. O halde, maksimum frenleyici sürtünme kuvveti

$$T_{\max} = 2 \cdot (T_1 + T_2) \quad (7.22b)$$

olur. Şuana kadar ki ifadeler birlikte kullanıldığında güvenlik tertibatlarının her birine etki eden frenleyici sürtünme kuvvetleri aşağıdaki gibi olur.

$$T_{\max} = m \cdot (Q + P) = 2 \cdot T_1 \left(1 + \frac{\mu_2}{\mu_1} \right) \text{ ise, tek bir rayda silindirle ray arasında}$$

meydana gelen frenleyici T_1 sürtünme kuvveti,

$$T_1 \approx \frac{0,5 \cdot m \cdot (Q + P)}{1 + \frac{\mu_2}{\mu_1}} \text{ [N]} \quad (7.23)$$

olur. (7.19) denklemleri kullanılarak ray ile fren bloğu arasındaki frenleyici T_2 kuvveti de bulunmuş olur. Kılavuz rayların fren bloğuna göre daha rijit olduğu durumlarda ray sehim yapmadığı için fren blok duvarına temas etmeyeceğinden T_2 sürtünme kuvveti oluşmayacaktır. Bu durumda frenlenme sadece T_1 kuvveti ile sağlanır.

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{\mu_2}{\mu_1} \text{ [N]} \quad (7.24)$$

7.6 Fren İşlemi Esnasında Meydana Gelen Gerilmeler

Frenleme esnasında meydana gelen kuvvet ve yükler ray, silindir ve fren bloğu yüzeylerinde gerilmelerin oluşmasına neden olurlar. Meydana gelen bazı gerilmelerin değeri çok düşük olduğu için blok veya rayda herhangi bir hasara neden olmazken, bazıları ise kalıcı plastik hasarlara neden olurlar. Gerilmelerin hesabında kullanılacak olan tüm notasyon ve yön kabulleri Şekil 7.4 esas alınarak yapılacaktır. Buna göre (1) numarayla gösterilen indisler kılavuz rayla silindir arasında meydana gelen kuvvetler, (2) ile gösterilen kuvvetler ray ile blok arasında, (3) ile gösterilen kuvvetler ise silindir ile blok arasında ortaya çıkan tepki ve sürtünme kuvvetleri anlamını taşımaktadır.

İdeal şartlarda tüm kuvvetler etkidikleri yüzeylerin z eksenine göre ortasına etkir. Konstrüksiyon, imalat ve montaj hatalarından dolayı hesapların güvenilirliği için yapılacak hesaplarda kuvvetlerin etkime noktaları yüzey kenarlarına kaydırılarak yapılacaktır.

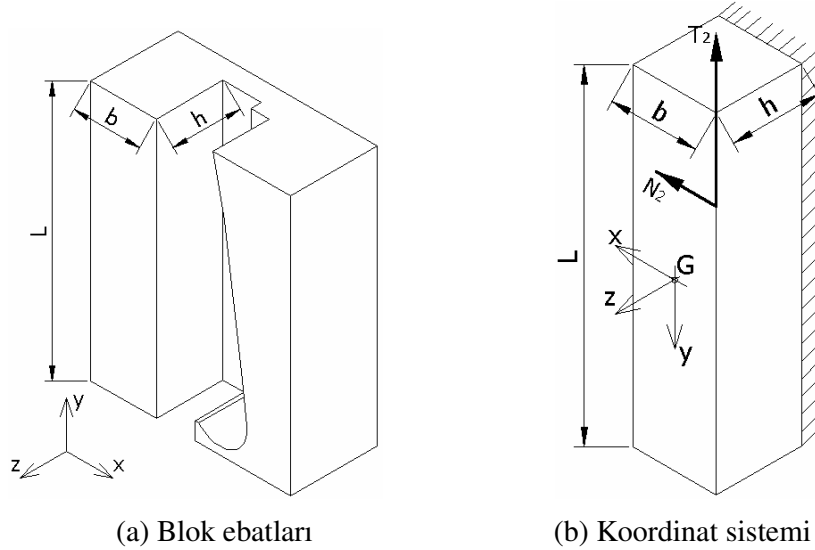
7.6.1 Silindir İle Kılavuz Ray Arasında Meydana Gelen Gerilmeler

Fren olayı esnasında silindir kılavuz raya temas etmesi sonucunda yüksek sürtünme kuvvetleriyle tepki kuvvetleri doğar. Bu sürtünme kuvvetleri eğme ve burulma gerilmelerini, tepki kuvvetleri ise bası gerilmelerini meydana gelmesine sebep olur. Bölüm 2.8 'de kılavuz rayların hesabı ile ilgili geniş bir malumat verildiği için bu bölümde değinilmeyecektir.

7.6.2 Kılavuz Ray ile Fren Bloğu Arasında Meydana Gelen Gerilmeler

Daha önce bahsedildiği üzere, paraşüt fren işlemi sırasında kılavuz raylar sehim yaparak fren bloğuna temas ettiği durumlarda yüzeyler arasında sürtünme kuvveti ve sehimden kaynaklanan bası kuvvetleri fren bloğuna etkir. Bu kuvvetler eğilme, basma ve burulma gerilmelerinin ortaya çıkmasına neden olur.

T_2 frenleyici sürtünme ve N_2 tepki kuvvetlerinin meydana getirdiği eğilme momentleri ve bası gerilmeleri Şekil 7.5'ten faydalanarak hesaplanır.



Şekil 7.5 : Blok ray yüzeyinde meydana gelen eğilme momenti tespiti

Eğilme Gerilmesi Hesabı:

Eğilme gerilmesi hesabında Şekil 7.5 faydalanarak N_2 ve T_2 kuvvetlerin sebep olduğu eğilme gerilmeleri bulunur.

N_2 kuvvetinin meydana getirdiği eğilme momentleri : $M_y = M_{eN_2} = N_2 \cdot h$ [Nmm]

Kuvvetin etki ettiği bölgedeki eylemsizlik momenti :

$$I_y = \frac{L \cdot b^3}{12} \text{ [mm}^4\text{]} \quad (7.25)$$

'dir.

$$x_{\max} = \frac{b}{2} \quad (7.26)$$

İfade (7.26) için, mukavemet momenti;

$$W_y = \frac{I_y}{x_{\max}} \text{ [mm}^3\text{]} \quad (7.27)$$

yukarıdaki ifadelerini kullanarak N_2 kuvvetin oluşturduğu eğilme gerilmesi,

$$\sigma_{ey} = \sigma_{eN2} = \frac{M_{eN2}}{W_y} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (7.28a)$$

veya

$$\sigma_{eN2} = \frac{M_{eN2}}{W_y} = \frac{N_2 \cdot h}{\frac{L \cdot b^3}{12}} \cdot \frac{b}{2} = \frac{6 \cdot N_2 \cdot h}{L \cdot b^2} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (7.28b)$$

olur. T_2 frenleyici sürtünme kuvvetinin oluşturduğu eğilme momenti ,

$$M_x = M_{eT2} = T_2 \cdot h \text{ [Nmm]}, \quad (7.29)$$

kuvvetin etki ettiği bölgedeki eylemsizlik momenti;

$$I_x = \frac{b \cdot L^3}{12} \text{ [mm}^4\text{]} \quad (7.30)$$

ve maksimum etkiye noktasının

$$y_{\max} = \frac{L}{2} \quad (7.31)$$

bilindiğine göre eğilme momenti,

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}} \text{ [mm}^3\text{]} \quad (7.32)$$

olarak yazılabilir. (7.29) ve (7.32) ifadelerini kullanarak T_2 kuvvetin sebep olduğu eğilme gerilmesi,

$$\sigma_{ex} = \sigma_{eT2} = \frac{M_{eT2}}{W_x} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (7.33a)$$

veya

$$\sigma_{eT2} = \frac{M_{eT2}}{W_x} = \frac{T_2 \cdot h}{b \cdot L^3} \cdot \frac{L}{2} = \frac{6 \cdot T_2 \cdot h}{b \cdot L^2} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (7.33b)$$

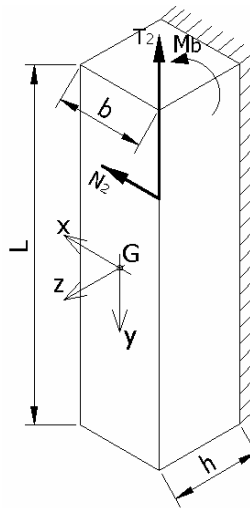
olur.

Burulma Gerilmesi Hesabı:

T_2 frenleyici sürtünme kuvveti etkidiği yön sebebiyle burulma gerilmelerini ortaya çıkmasına neden olur.

Mukavemet esaslarına göre burulma gerilmesi ve momenti hesaplanacak olursa;

Burulma momentin yönü Şekil 7.6 'da görülmektedir.



Şekil 7.6 : Burulma momenti gösterimi

T_2 tepki kuvvetlerinin meydana getirdiği burulma momenti,

$$M_{bT2} = T_2 \cdot \frac{L}{2} \text{ [Nmm]} , \quad (7.34)$$

T_2 kuvvetin sebep olduğu burulma gerilmesi [14],

$$\tau_{bT2} = \frac{(b + 0,6 \cdot L)}{3 \cdot L^2 \cdot b^2} \cdot M_{bT2} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (7.35)$$

olur [14].

Basma Gerilmesi Hesabı:

Blok ile kılavuz ray arasında etki eden N_2 kuvveti blok yüzeyinde basma gerilmesine sebep olur ve Şekil 7.5 kullanılarak hesaplamalar yapılacaktır. N_2 kuvvetinin etki ettiği alan, $A_2 = L \cdot h$ [mm²] olarak hesaplanır. O halde N_2 kuvvetinin neden olduğu basma gerilmesi aşağıdaki gibi bulunur.

$$\sigma_{bN2} = \frac{N_2}{A_2} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (7.36)$$

Asal Eksen Takımında Toplam Eğilme Gerilmesi:

Geometrinin düzgün oluşundan $I_{xy}=0$ 'dir. Asal eksen takımında toplam gerilme;

$$\sigma_{z2} = \frac{N_2}{A_2} + \frac{M_{xe2}}{I_{x2}} \cdot y_2 - \frac{M_{ye2}}{I_{y2}} \cdot x_2 \quad (7.37)$$

burada, y ve x fren sırasında tespit edilen tarafsız eksene en uzak noktanın ordinatları olup, aynı zamanda maksimum eğilme gerilmesinin meydana geldiği yerdir.

Birleşik Gerilme Hesabı:

Bu problemde, modelin emniyetli olup olmadığının tespiti için Mukavemet Hipotezleri arasında yer alan, Maksimum Kayma Gerilmesi hipotezi uygulanmıştır. Bu hipoteze göre, zorlanma bakımından maksimum kayma gerilmesi esas alınmıştır. Bu hipotezin özel hali problemde uygulanmıştır.

Eğilme gerilmesine ilave olarak normal (çekme veya basma) gerilmesi etkimesi halinde aşağıdaki ifadeler kullanılmalıdır [14].

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_z^2 + 4 \cdot \tau_b^2} \leq \sigma_{em} \quad (7.38)$$

Bulunan birleşik gerilme değeri emniyet gerilmesinden daha küçük olması durumunda sistem emniyetli sınır içinde kalacaktır. Eğer birleşik gerilme değeri güvenlik tertibatı malzemesi akma gerilme değerinden daha büyük olursa plastik deformasyonlar kaçınılmaz olur.

Burada emniyet gerilmesi güvenlik tertibatı malzemesinin akma değerinin güvenlik katsayısına bölünmesiyle bulunur.

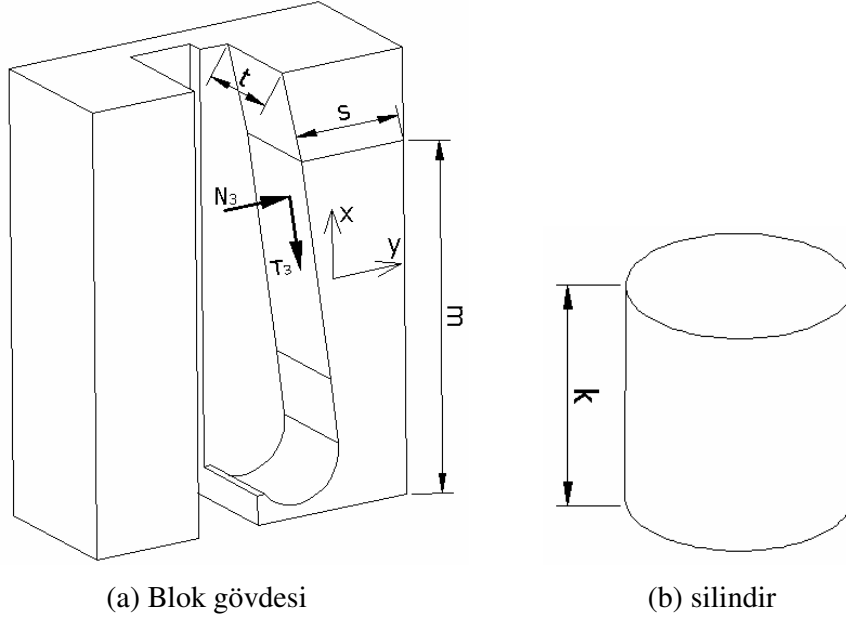
$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{ak}}{\nu} \quad (7.39)$$

Burada, ν güvenlik katsayısı olup, aksi belirtilmediği sürece 2 alınması tavsiye edilmektedir.

7.6.3 Silindir ile Fren Bloğu Arasında Meydana Gelen Gerilmeler

Yapılan hesaplamalar ve deneyler sonucunda fren işlemi sırasında güvenlik tertibatında meydana gelen maksimum gerilme, N_3 kuvvetinin neden olduğu basma ve eğilme gerilmeleri olduğu anlaşılmıştır.

Güvenlik tertibatı gerilme kontrol hesapları sırasında N_3 kuvvetinin neden olduğu gerilmelerin bulunması ve emniyet gerilmesiyle karşılaştırılması hem zaman hem de pratiklik açısından en uygun yol olacaktır. Ayrıca, hesaplamalar sırasında, sonucu çok fazla değiştirmeyen, tesir yüzeylerin kare şeklinde hesaplanması hesabı daha da kolaylaştıracaktır. Basma ve eğme gerilmeleri Şekil 7.7 kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 7.7 : Silindir tipi ani güvenlik tertibatı bloğu eğilme ve basma gerilmesi hesabı

Eğilme Gerilmesi Hesabı:

Bu bölümde yapılan tüm hesaplar basitleştirme adına Şekil 7.7'deki lokal koordinat sistemine göre yapılmıştır. N_3 kuvvetlerinin meydana getirdiği eğilme momenti,

$$M_x = M_{eN3} = N_3 \cdot t \text{ [Nmm]} \quad (7.40)$$

olur. Kuvvetin etki ettiği bölgedeki eylemsizlik momentinin lokal koordinat sistemine göre tespit edilirse;

$$I_x = \frac{m \cdot s^3}{12} \text{ [mm}^4\text{]} \quad (7.41)$$

ve maksimum etkime noktasının $y_{\max} = \frac{s}{2}$ bilindiğine göre, eğilme momenti,

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}} \text{ [mm}^3\text{]} \quad (7.42)$$

olur ve buradan N_3 kuvvetin sebep olduğu eğilme gerilmesi,

$$\sigma_x = \sigma_{eN3} = \frac{M_{eN3}}{W_x} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (7.43a)$$

veya

$$\sigma_{eN3} = \frac{M_{eN3}}{W_x} = \frac{N_3 \cdot t}{\frac{b \cdot s^3}{12}} \cdot \frac{s}{2} = \frac{6 \cdot N_3 \cdot t}{m \cdot s^2} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (7.43b)$$

olarak hesaplanabilir T_3 frenleyici sürtünme kuvvetinin oluşturduğu eğilme momenti,

$$M_y = M_{eT3} = T_3 \cdot t \text{ [Nmm]} , \quad (7.44)$$

kuvvetin etki ettiği bölgedeki eylemsizlik momenti;

$$I_y = \frac{s \cdot m^3}{12} \text{ [mm}^4\text{]} \quad (7.45)$$

ve maksimum etkiye noktasının $x_{\max} = \frac{m}{2}$ bilindiğine göre eğilme momenti,

$$W_y = \frac{I_y}{x_{\max}} \text{ [mm}^3\text{]} \quad (7.46)$$

olur. (7.44) ve (7.46) ifadelerini kullanarak T_3 kuvvetin sebep olduğu eğilme gerilmesi,

$$\sigma_{ey} = \sigma_{eT3} = \frac{M_{eT3}}{W_y} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (7.47a)$$

veya

$$\sigma_{eT3} = \frac{M_{eT3}}{W_y} = \frac{T_3 \cdot t}{\frac{s \cdot m^3}{12}} \cdot \frac{m}{2} = \frac{6 \cdot T_3 \cdot t}{s \cdot m^2} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (7.47b)$$

olarak hesaplanabilir.

Burulma Gerilmesi Hesabı:

T_2 frenleyici sürtünme kuvvetinin meydana getirdiği burulma gerilmesine benzer şekilde T_3 kuvvetin oluşturduğu burulma gerilmesi hesaplanır. Mukavemet esaslarına göre burulma gerilmesi ve momenti hesaplanacak olursa;

T_3 tepki kuvvetlerinin meydana getirdiği burulma momenti,

$$M_{bT3} = T_3 \cdot \frac{m}{2} \text{ [Nmm]} \quad (7.48)$$

olur. T_3 kuvvetin sebep olduğu burulma gerilmesi [14],

$$\tau_{bT2} = \frac{(s + 0,6 \cdot m)}{3 \cdot m^2 \cdot s^2} \cdot M_{bT2} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (7.49)$$

olarak hesaplanır.

Basma Gerilmesi Hesabı:

Blok ile kılavuz ray arasında etki eden N_3 kuvveti blok yüzeyinde basma gerilmesine sebep olur. Şekil 7.7 kullanılarak hesaplamalar yapılırsa; N_3 kuvvetini oluşmasına neden olan silindir, blok yüzeyine çizgisel temas ettiği kabulü ile etki ettiği alan, $A_3 = k \cdot l \text{ [mm}^2\text{]}$ dir. Basma formülünden N_3 kuvvetinin neden olduğu basma gerilmesi,

$$\sigma_{bN3} = \frac{N_3}{A_3} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (7.50)$$

olarak hesaplanabilir.

Asal Eksen Takımında Toplam Eğilme Gerilmesi:

Geometrinin düzgün oluşundan $I_{xy}=0$ 'dir. Asal eksen takımında toplam gerilme;

$$\sigma_{z3} = \frac{N_3}{A_3} + \frac{M_{xe3}}{I_{x3}} \cdot y_3 - \frac{M_{ye3}}{I_{y3}} \cdot x_3 \quad (7.51)$$

burada, y ve x fren sırasında tespit edilen tarafsız eksene en uzak noktanın ordinatları olup, aynı zamanda maksimum eğilme gerilmesinin meydana geldiği yerdir.

Birleşik Gerilme Hesabı:

Burada da ray ile silindir arasında kullanılan maksimum kayma gerilmesi hipotezi uygulanmıştır. Eğilme gerilmesine ilave olarak normal (çekme veya basma) gerilmesi etkimesi halinde

$$\sigma_{v3} = \sqrt{\sigma_{z3}^2 + 4 \cdot \tau_{b3}^2} \leq \sigma_{em} \quad (7.52)$$

ifadesi kullanılmalıdır [14]. Bulunan birleşik gerilme değeri mutlaka emniyet gerilmesinden daha küçük olmalıdır, aksi halde plastik deformasyonlar kaçınılmaz olur. Bulunan sonuçlar (7.39) ifadesine göre kontrol edilmelidir.

7.7 Ani Güvenlik Tertibatında İzin Verilebilir Toplam Kütlenin Hesaplanması

TSE EN 81-1/Nisan 2001 standardına göre asansör tesisatında kullanılacak olan ani güvenlik tertibatı için izin verilebilir toplam kütle hesaplanmalıdır. Hesaplamalara geçilmeden önce yeni tasarlanan veya kullanılacak olan güvenlik tertibatı bir pres veya âni hız değişikliği olmadan hareket eden benzeri bir teçhizat kullanılmak suretiyle yapılmalıdır. Deney sonucunda aşağıdaki hususlar ölçülmüş olmalıdır:

- a) Kuvvetin fonksiyonu olarak kat edilen mesafe.
- b) Kuvvet veya kat edilen mesafenin fonksiyonu olarak güvenlik tertibatı gövdesinin deformasyonu.

Yapılan bu ölçümler sonrasında, güvenlik tertibatının kapasitesi kuvvet-yol diyagramındaki alanın integrasyonu ile bulunmalıdır. Göz önüne alınması gereken diyagram alanları:

- a) Kalıcı bir deformasyon meydana gelmediyse, alanın tümü;
- b) Kalıcı bir deformasyon ve kırılma meydana geldiyse:
 - 1) Esneklik sınırına kadar olan veya
 - 2) En büyük kuvvete kadar olan alandır.

7.7.1 Güvenlik Tertibatınca Absorbe Edilebilen Enerji

Hız regülâtörünün en büyük devreye girme hızından, kabinin serbest düşme yüksekliği

$$h = \frac{v_1^2}{2 \cdot g_n} + 0,1 + 0,03 \text{ (m)} \quad (7.53)$$

burada; v_1 hız regülâtörünün devreye girme hızı (m/s), g_n standart yerçekimi ivmesi (m/s^2), 0,10 m devreye girme gecikmesi sırasında kat edilen yola ve 0,03 m: kavrama elemanlarıyla kılavuz ray arasındaki açıklığın kapanması sırasında kat edilen yola tekabül eder. Güvenlik tertibatınca absorbe edilebilen toplam enerji:

$$2 \cdot K = (P + G) \cdot g_n \cdot h \quad (7.54)$$

ve buradan:

$$(P + G) = \frac{2 \cdot K}{g_n \cdot h} \quad (7.55)$$

bulunur. Burada, K , güvenlik tertibatı bloğu tarafından absorbe edilebilen enerji (J) (Diyagramdan hesaplanan) dir.

7.7.2 İzin Verilebilir Toplam Kütle

Yapılan deneyler sonucunda esneklik sınırının aşılması durumunda, kalıcı bir deformasyon meydana gelmediyse, diyagram alanının tümünün integrasyonu ile K hesaplanır. Güvenlik katsayısı 2 kabul edilir. Böylece izin verilebilir toplam kütle;

$$(P + G) = \frac{K}{g_n \cdot h} \quad (7.56a)$$

olarak bulunur.

Esneklik sınırının aşılması durumunda yani kalıcı bir deformasyon ve kırılma meydana geldiyse, iki hesaplama yapılır ve bu hesaplardan biri tercih edilir.

- 1) Esneklik sınırına kadar olan alanın integrasyonu ile K_1 hesaplanır. Güvenlik katsayısı olarak 3 kabul edilir ve izin verilebilir toplam kütle (kg) bulunur:

$$(P + G) = \frac{K_1}{g_n \cdot h} \quad (7.56b)$$

- 2) En büyük kuvvete kadar olan alanın integrasyonu ile K_2 hesaplanır. Güvenlik katsayısı olarak 3,5 kabul edilir ve izin verilebilir toplam kütle (kg) bulunur:

$$(P + G) = \frac{2 \cdot K_1}{3,5 \cdot g_n \cdot h} \quad (7.56c)$$

7.8 Hesap Örneği

Bir binada tesis edilecek n yolcu kapasiteli bir asansör tesisi için kullanılacak silindir tipi ani paraşüt freninde, paraşüt freni esnasında meydana gelecek kuvvetler ve gerilmeler hesaplanacaktır. Tesisatta kullanılacak olan ray ile fren bloğu yüzeyi çiftleri arasındaki sürtünme katsayısı 0,1, blok ile silindir arasındaki sürtünme katsayısı 0,1 ve ray ile silindir arasındaki sürtünme katsayısı 0,25 olarak bilinmektedir. Darbe katsayısını Tablo 7.1 'den 3 olarak alınacaktır.

7.8.1 Kabin İçerisine 6 Kişinin Binmesi Durumu

Güvenlik tertibatı mukavemet kontrol hesapları sırasında en büyük gerilmelerin silindirin etkidiği blok yüzeyinde meydana geldiğini daha önceden belirtilmişti. Dolayısıyla, bu yüzeyde yapılacak olan mukavemet hesapları yeterli olacaktır.

Verilenler:

Kabin anma yükü : $Q = 6 \times 80 \text{ kg} = 480 \text{ kg} = 4708,8 \text{ N}$

Kabin Ağırlığı : $P = 1500 \text{ kg} = 14715 \text{ N}$

Darbe Katsayısı : $m = 3$

Elastiklik Modülü : $E = 2,1 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Sürtünme Katsayıları

Ray-Silindir : $\mu_1 = 0,25$

Blok-Ray : $\mu_2 = 0,1$

Silindir-Blok : $\mu_3 = 0,1$

Silindir yuvası eğimi : $\alpha = 8,2^\circ$

Şekil 7.8 göre güvenlik tertibatı ölçüleri

Kuvvetlerin etkiği yüzey boyutları: $t = 26mm$, $s = 30mm$, $m = 94,5mm$

Silindir yüksekliği: $k = 26mm$

Silindir Yuvası Eğim Açısı Kontrolü:

$$\tan \alpha < \frac{\mu_1 - \mu_3}{1 + \mu_1 \cdot \mu_3} \quad (7.57a)$$

ise,

$$\alpha < \tan^{-1} \left(\frac{\mu_1 - \mu_3}{1 + \mu_1 \cdot \mu_3} \right) \quad (7.57b)$$

olmalıdır.

$$\alpha < \tan^{-1} \left(\frac{0,25 - 0,1}{1 + 0,25 \cdot 0,1} \right) = 8,33^\circ \quad (7.57c)$$

Mevcut durum $\alpha = 8,2^\circ < 8,33^\circ$ olduğu için, silindir yuvası eğim açısı frenleme için gerekli olan açı değerini sağlamaktadır.

Fren (Sürtünme) ve Baskı Kuvvetlerinin Hesaplanması:

Tek bir rayda silindirle ray arasında meydana gelen frenleyici T_1 sürtünme kuvveti,

$$T_1 \approx \frac{0,5 \cdot m \cdot (Q + P)}{1 + \frac{\mu_2}{\mu_1}} = \frac{0,5 \cdot 3 \cdot (4708,8N + 14715N)}{1 + \frac{0,1}{0,25}} = 20811,2N \quad (7.58)$$

Ray ile fren bloku arasındaki frenleyici T_2 kuvveti,

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{\mu_2}{\mu_1} = 20811,2N \cdot \frac{0,1}{0,25} = 8324,48N \quad (7.59)$$

X yönündeki kuvvetlerin toplamı sıfıra eşittir ($\sum X = 0$), o halde,

$$N_1 = \frac{T_1}{\mu_1} = \frac{20811,2N}{0,25} = 83244,8N \quad (7.60)$$

$$N_2 = \frac{T_2}{\mu_2} = \frac{8324,48N}{0,1} = 83244,8N \quad (7.61)$$

$$N_3 = \frac{N_1}{\cos \alpha - \mu_3 \cdot \sin \alpha} = \frac{83244,8N}{\cos 8,2 - 0,1 \cdot \sin 8,2} = 85334,35N \quad (7.62)$$

$$T_3 = N_3 \cdot \mu_3 = 85334,35N \cdot 0,1 = 8533,4N \quad (7.63)$$

Eğilme Gerilmesi Hesabı:

Bu bölümde yapılan tüm hesaplar basitleştirme adına Şekil 7.8'deki lokal koordinat sistemine göre yapılmıştır.

N_3 kuvvetlerinin meydana getirdiği eğilme momenti,

$$M_x = M_{eN3} = N_3 \cdot t = 85334,35N \cdot 26mm = 2218693,1Nmm \text{ olur.} \quad (7.64)$$

Kuvvetin etki ettiği bölgedeki eylemsizlik momentinin lokal koordinat sistemine göre tespit edilirse;

$$I_x = \frac{m \cdot s^3}{12} = \frac{94,5mm \cdot (30mm)^3}{12} = 212625mm^4 \quad (7.65)$$

$$\text{ve maksimum etkiye noktasının } y_{\max} = \frac{s}{2} = \frac{30mm}{2} = 15mm \quad (7.66)$$

bilindiğine göre, eğilme momenti

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}} = \frac{212625mm^4}{15mm} = 14175mm^3 \quad (7.67)$$

olarak hesaplanır.

O halde, N_3 kuvvetin sebep olduğu eğilme gerilmesi,

$$\sigma_x = \sigma_{eN3} = \frac{M_{eN3}}{W_x} = \frac{2218693,1 Nmm}{14175 mm^3} = 156,5 \frac{N}{mm^2} \quad (7.68)$$

olur. T_3 frenleyici sürtünme kuvvetinin oluşturduğu eğilme momenti,

$$M_y = M_{eT3} = T_3 \cdot t = 8533,4 N \cdot 26 mm = 221868,4 Nmm \quad (7.69)$$

olur. Kuvvetin etki ettiği bölgedeki eylemsizlik momenti;

$$I_y = \frac{s \cdot m^3}{12} = \frac{30 mm \cdot (95,5 mm)^3}{12} = 2177459,7 mm^4 \quad (7.70)$$

$$\text{ve maksimum etkiye noktasının } x_{\max} = \frac{m}{2} = \frac{94,5 mm}{2} = 47,25 mm \quad (7.71)$$

bilindiğine göre eğilme momenti,

$$W_y = \frac{I_y}{x_{\max}} = \frac{2177459,7 mm^4}{47,25 mm} = 46083,8 mm^3 \quad (7.72)$$

olarak hesaplanır. T_3 kuvvetin sebep olduğu eğilme gerilmesi,

$$\sigma_{ey} = \sigma_{eT3} = \frac{M_{eT3}}{W_y} = \frac{221868,4 Nmm}{46083,8 mm^3} = 4,8 \frac{N}{mm^2} \quad (7.73)$$

olarak bulunur.

Burulma Gerilmesi Hesabı:

Mukavemet esaslarına göre burulma gerilmesi ve momenti hesaplanacak olursa; T_3 tepki kuvvetlerinin meydana getirdiği burulma momenti,

$$M_{bT3} = T_3 \cdot \frac{m}{2} = 8533,4 N \cdot \frac{94,5 mm}{2} = 403203,2 Nmm \quad (7.74)$$

olur.

T_3 kuvvetin sebep olduğu burulma gerilmesi,

$$\tau_{bT3} = \frac{(s + 0,6 \cdot m)}{3 \cdot m^2 \cdot s^2} \cdot M_{bT3} = \frac{(30mm + 0,6 \cdot 94,5mm)}{3 \cdot (94,5mm)^2 \cdot (30mm)^2} \cdot 403203,2Nmm = 1,45 \frac{N}{mm^2} \quad (7.75)$$

olarak hesaplanır.

Basma Gerilmesi Hesabı:

Şekil 7.8 kullanılarak hesaplamalar yapılırsa; N_3 kuvvetini oluşmasına neden olan silindir, blok yüzeyine çizgisel temas ettiği kabulü ile etki ettiği alan,

$$A_3 = k \cdot 1mm = 24mm \cdot 1mm = 24mm^2 \quad (7.76)$$

'dir. Burada, silindirin montaj veya imalat hatalarında yüzeye tam temas etmeme olasılığı düşünülerek hesaplarda silindir yüksekliği 2mm azaltılmıştır.

N_3 kuvvetinin neden olduğu basma gerilmesi,

$$\sigma_{bN3} = \frac{N_3}{A_3} = \frac{85334,35N}{24mm^2} = 3556 \frac{N}{mm^2} \quad (7.77)$$

olarak hesaplanır.

Asal Eksen Takımında Toplam Eğilme Gerilmesi:

Geometrinin düzgün oluşundan $I_{xy}=0$ 'dir. Asal eksen takımında toplam gerilme;

$$\sigma_{z3} = 3556 \frac{N}{mm^2} + \frac{2218693,1Nmm}{212625mm^4} \cdot 15mm - \frac{221868,4Nmm}{2177459,7mm^4} \cdot 47,25mm = 3524N / mm^2 \quad (7.78)$$

olarak hesaplanır.

Birleşik Gerilme Hesabı:

Burada da ray ile silindir arasında kullanılan maksimum kayma gerilmesi hipotezi uyarlanmıştır. Eğilme gerilmesine ilave olarak normal (çekme veya basma) gerilmesi etkimesi halinde,

$$\sigma_{v3} = \sqrt{3524^2 + 4 \cdot 1,45^2} = 3524MPa \leq \sigma_{ak} = 255MPa \quad (7.79)$$

hesap edilir. Güvenlik tertibatı malzemesi ST42 olarak alınmıştır. Bulunan birleşik gerilme değeri güvenlik tertibatı akma gerilmesi değerinden daha büyük olduğu için frenleme esnasında güvenlik tertibatında plastik deformasyonlar meydana gelecektir.

Değerlendirme:

Buraya kadar yapılan hesaplamalar sonucunda T_3 kuvvetinin N_3 kuvvetine göre çok küçük olması, dahası T_3 kuvvetinin doğurduğu gerilmelerin de çok küçük olması nedeniyle birleşik gerilme hesaplarında sonucu çok değiştirmemiştir. Bundan dolayı, güvenlik tertibatı hesaplamaları sırasında N_3 kuvvetinin oluşturduğu basma gerilmesinin hesaplanması yeterli olacaktır.

8. SİLİNDİR TİPİ ANİ GÜVENLİK TERTİBATININ ANALİZİ

8.1 Giriş

İncelenen sistemde, fren bloğu asansör kabinin alt bölümüne sabitlenmiş olup, hareketli silindir ise manivela kolu ile işlem çubuğuna bağlıdır. İşlem çubuğu ise regülatör halatına bağlı bulunmaktadır. Kabinin normal hareketi esnasında regülatör halatı serbestçe kabinle birlikte hareket etmektedir. Kabinin kontrolsüz bir şekilde yukarı veya aşağı yönde ivmelenmesi esnasında regülatör içerisinde belli bir hıza göre ayarlanmış olan bir düzenek kabinin maksimum nominal hızını aşınca kendisini kilitlemektedir. Böylece regülatöre bağlı bulunan regülatör halatı da hareketsizleşmektedir. Bu ise, halata bağlı bulunan paraşüt fren tertibatını harekete geçirerek frenleme sağlanmaktadır. Güvenlik tertibatının harekete geçerek frenlemeyi sağlaması tertibattaki hareketli silindir vasıtasıyla olmaktadır. Frenleme esnasında harekesiz kalan silindir, aşağı düşen kabine bulunan fren bloğuna göre izafi olarak ters yönde hareket etmiş gibi olacaktır. Bu hareketten dolayı silindir kendini bloğun daralan bölgesine doğru izafi olarak ilerleyerek kendisini ray ile blok arasına sıkıştırır. Bu esnada yüksek sürtünme kuvvetleri nedeniyle frenlenme sağlanmış olur.

Aşağı yönde giden (düşen) asansörün frenlenmesi sırasında meydana gelecek gerilmelerin, yukarı yönde hızlanan asansörün frenlenmesi sırasında oluşacak gerilme değerinden daha fazla olacağı bilinmekteydi. Bu yüzden hesaplamalar ve analizler sırasında aşağı yönde etkili tek yönlü silindir tipi ani paraşüt freninin gerek basitlik yönünden gerekse sonuçların çift yönlü paraşüt freni için de geçerli olması bakımından, tek yönlü silindir tipi paraşüt freni kullanılmasında karar kılınmıştır.

Bu çalışmada ilk önce Sonlu Elemanlar Yöntemi ile güvenlik tertibatında ve kılavuz rayda ve ray mesnetlerinde meydana gelen gerilmeler bulunmuştur. Ayrıca, frenleme esnasında rayda meydana gelen sehimler, ray ve blok yüzeyinde oluşan tahribatlar, frenleme süresi ve frenleme mesafesi, frenleme ivmesi ve hızı incelenmiştir. Daha sonra ise, laboratuvar ortamında silindir tipi güvenlik tertibatı denenmiştir.

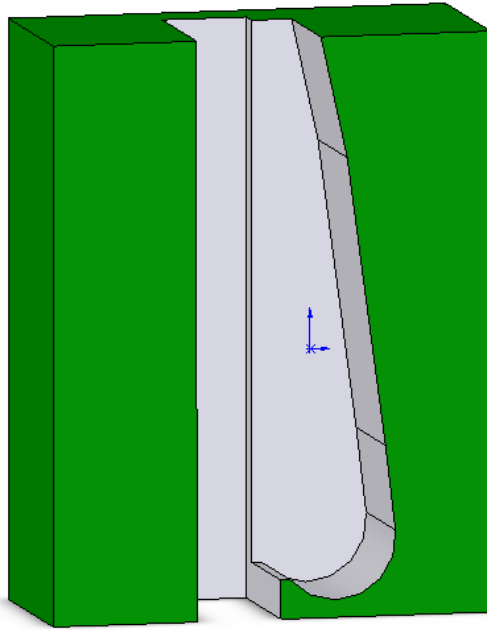
Analizler değişik yükleme şartlarında ve değişik kılavuz ray mesnet aralıkları için incelenmiş ve en sonunda sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Sonlu elemanlar yöntemine göre analizlerin yapılması sırasında ABAQUS/CAE paket programından faydalanılmıştır.

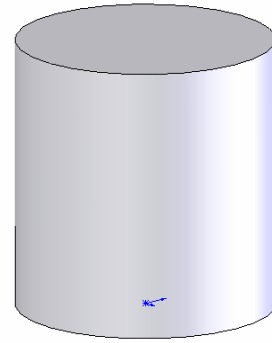
8.2 Silindir Tipi Güvenlik Tertibatının Sonlu Elemanlar Analizi

8.2.1 Güvenlik Tertibatın  Boyutlu Modelinin Oluşturulması

İncelenmek üzere silindir (makara) tipi ani frenlemeli güvenlik tertibatı seçildi. Bu güvenlik tertibatı, günümüzde 0,63 m/s hızın altında çalışan asansörlerde kullanılmaktadır. Paraşüt freni üzerinden alınan ölçülere göre parçanın üç boyutlu modeli SolidWorks paket programının çizim ortamında oluşturuldu. şekil 8.1 'de gerçek ölçülere göre hazırlanan silindir tipi ani güvenlik tertibatı bloğu görülmektedir. Bloğun ayrıntılı boyutları EK A 'da verilmiştir.



(a) blok modeli

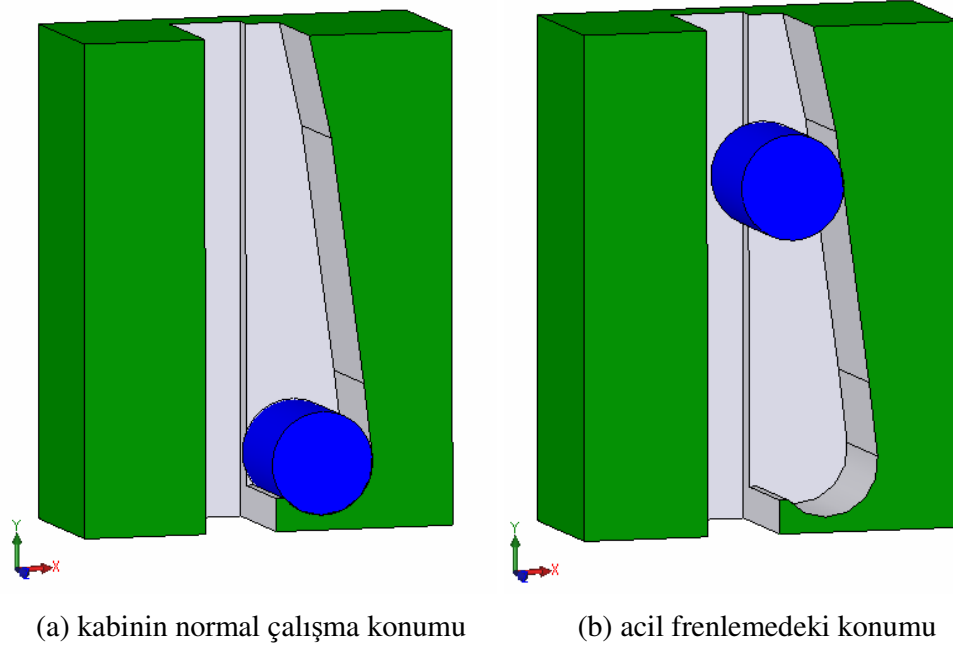


(b) silindir modeli

şekil 8.1 : Silindir tipi ani güvenlik tertibatı bloğunun 3D modeli

Frenlemeyi sağlayan silindir de keza birebir ölçülerine göre üç boyutlu modeli bilgisayar ortamında oluşturulmuştur. şekil 8.1b'de silindirin üç boyutlu modeli görülmektedir. Silindir boyutları $\varnothing 25\text{mm} \times 26 \text{ mm}$ 'dir. Kabinin normal çalışma

durumunda silindir güvenlik tertibatı içerisinde kabinle birlikte hareket eder. Şekil 8.2a 'da kabinin normal çalışma esnasındaki silindirin konumu görülmektedir.



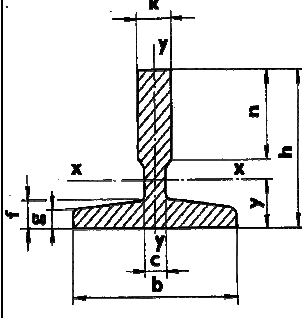
Şekil 8.2 : Silindirin farklı çalışma hızlarındaki konumları

Kabin hareket hızı nominal hızın %15 'ni aştı durumda silindir hareketsiz kalır. Böylece aşağı düşen kabine bağlı olan güvenlik tertibatı bloğu içerisinde göreceli olarak silindir yukarıya, yani daralan alana ray ile blok arasına sıkışır. Bu sıkışma sonucunda frenleme gerçekleşir. Şekil 8.2b'de silindirin blok daralan kısmındaki konumu görülmektedir.

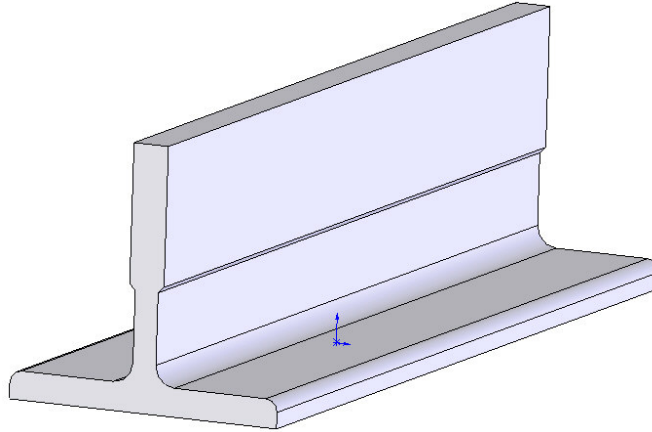
8.2.2 Kılavuz Rayın Üç Boyutlu Modelinin Oluşturulması

Bu çalışmada, T70 profil özelliğine sahip kılavuz ray kullanılmıştır. Ray ebadı ve fiziksel özellikleri Tablo 8.1'de verilmiştir [15]. Tablo 8.1'deki ölçüler kullanılarak, rayın birebir üç boyutlu modeli Şekil 8.3'te görülmektedir. Analizler sırasında, rayın boyu mesnet aralıkları 1,5m, 2,0m, 2,5m ve 3,0m olmak üzere artırılmış, ayrıca mesnetler dışına da 1m uzunluk ilave edilmiştir. Örneğin, 1,5m mesnet aralığı analizi için 3,5m boyunda ray modeli kullanılmıştır. Şekil 8.3'te kılavuz rayın üç boyutlu modeli görülmektedir. Bu şekilde daha net bir görüntü elde edilebilmesi için ray boyu kısaltılmıştır. Analizler sırasında yukarıda sırayla verilen mesnet aralıklarına göre ray uzunlukları yine sırayla 3,5m, 4,0m, 4,5m ve 5,0m olarak alınmıştır.

Tablo 8.1: T70 profil kılavuz ray boyutları ve özellikleri

T70 Kılavuz Ray	Profil Boyutları		Profil Özellikleri	
	b [mm]	70	A [mm ²]	11.54
	h [mm]	65	Iz [mm ⁴]	27.5 x104
	k [mm]	9	Iy [mm ⁴]	25.8 x104
	n [mm]	34	Wx [mm ³]	8.52x103
	c [mm]	6	Wy [mm ³]	7.54x103
	g [mm]	7	ix [mm]	15.2
	f [mm]	7	iy [mm]	15
	y [mm]	18.6	e [mm]	27.5

Tablo 8.1 'deki ölçüler kullanılarak elde edilen rayın üç boyutlu modeli Şekil 8.3 'te gösterilmiştir.

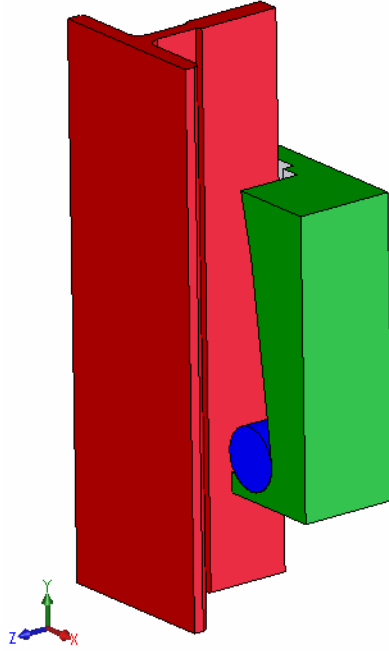


Şekil 8.3 : Kılavuz rayın 3D modeli

8.2.3 Analiz Edilmek Üzere Hazırlanan Modellerin Montajı

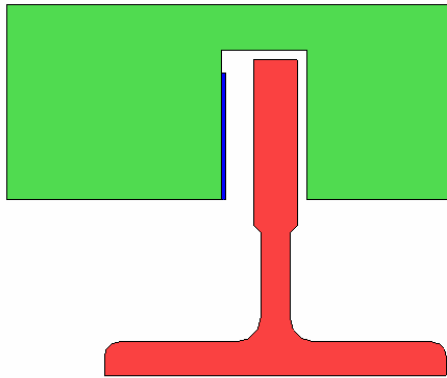
Verilen ölçülerdeki kılavuz ray, kabinin aşağı veya yukarı yönde giderken, fren bloğuna temas etmemesi için rayın her iki tarafından 2mm aralıklar bırakılmıştır. Ayrıca, rayın blok iç tabanına temas etmemesi için aşağıdan da 2 mm 'lik bir aralık bırakılmıştır. Silindir ise, paraşüt fren esnasında yuvasından çıkarak raya temas ettiği

için, analiz prosesini hızlandırmak maksadıyla temas durumunda montajı yapışmıştır. Şekil 8.4 'te montaj resim görölmektedir.



Şekil 8.4 : Güvenlik tertibatının raya montajı

Güvenlik tertibatın raya montajının üstten görünüşü Şekil 8.5 'de verilmektedir. Şekil 8.5 'de göröldüğü üzere ray ile blok arka yüzeyi ve ray ile blok iç tabanı arasında 2mm'lik mesafe bırakılmıştır. Bu mesafe, kabinin normal hızda hareketi esnasında güvenlik tertibatının ray yüzeyine temas etmeden hareket etmesini sağlamaktadır.

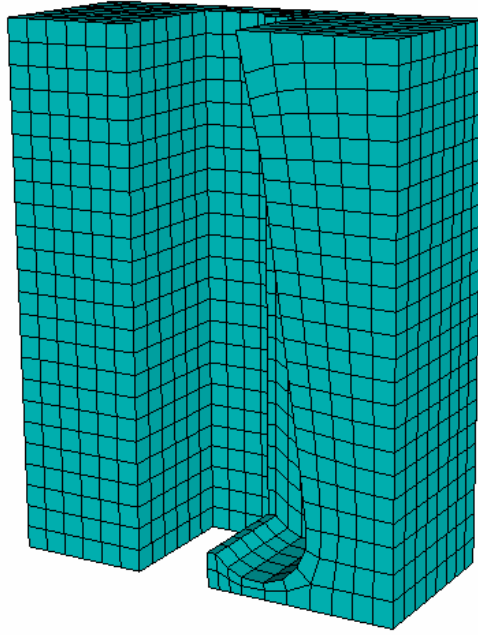


Şekil 8.5 : Güvenlik tertibatın raya montajının üstten görünüşü

8.3 Analiz Prosesi

8.3.1 Fren Bloğun Sonlu Elemanlara Ayırıştırılması (Mesh Atılması)

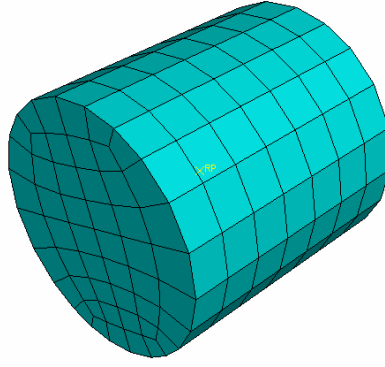
Analizi başlatmadan önce modeller sonlu elemanlara ayırıştırılması gerekmektedir. Eleman boyutlarının küçük seçilmesi, analizin doğru sonuçlar vermesiyle doğru orantılıdır. Şekil 8.6 'de blok sonlu elemanlara ayırıştırılmış biçimi görülmektedir. Eleman tipi olarak C3D8R (An 8-node linear brick, reduced integration, hourglass control) seçilmiştir.



Şekil 8.6 : Güvenlik tertibatı bloğunun ağ yapısı

8.3.2 Silindirin Sonlu Elemanlara Ayırıştırılması

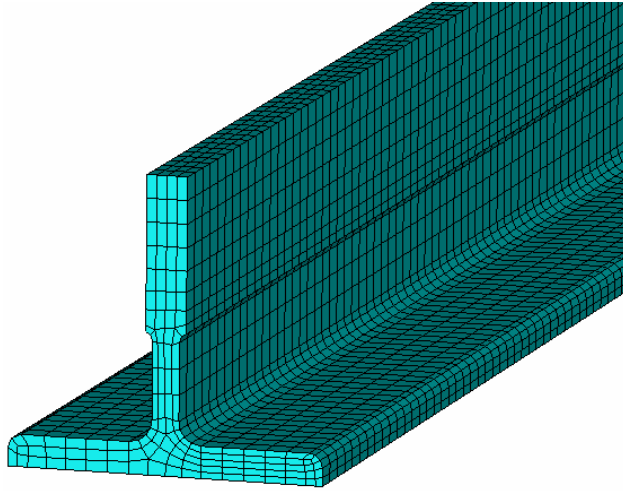
Normalde, silindirin yapısı ray ve fren bloğuna nazaran çok daha fazla rijit olması ve fren işlemleri sırasında deformasyonunun ihmal edilecek kadar çok küçük olmasından dolayı bu çalışmada, silindir yapısı rijit olarak kabul edilmiştir. Buna göre silindir analiz sırasında herhangi bir deformasyona maruz kalmayacaktır. Şekil 8.7'de silindirin sonlu elemanlara ayırıştırılmış biçimi görülmektedir. Eleman tipi olarak C3D8R (An 8-node linear brick, reduced integration, hourglass control) seçilmiştir.



Şekil 8.7 : Kullanılan silindirin ağ yapısı

8.3.3 Kılavuz Rayın Sonlu Elemanlara Ayırıştırılması

Kılavuz ray, frenleme esnasında deformasyona maruz kalan bir diğer elemandır. Bu yüzden rayın yapısını işlem öncesi deformasyona uğrayabilen yapı (deformable) şeklinde seçilmiştir. Ray boyunun fren bloğuna nazaran çok fazla uzun olmasından dolayı sonlu eleman boyu büyük seçilmiştir. Örneğin, 3 m mesnet aralığına sahip 5 m boyundaki ray için sonlu eleman boyu 5 mm seçilmiştir. Eleman tipi ise yine fren bloğu ile aynı olan C3D8R (An 8-node linear brick, reduced integration, hourglass control) seçilmiştir. Şekil 8.8’de kılavuz rayın ağ yapısı görülmektedir.

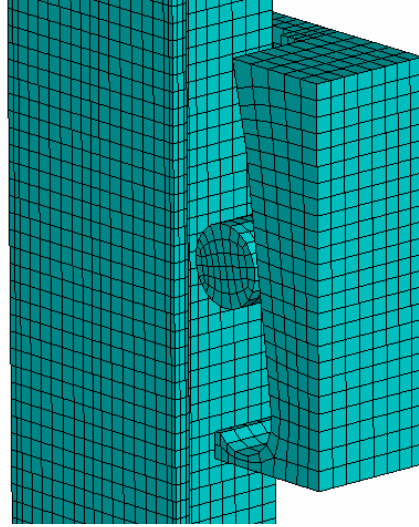


Şekil 8.8 : Kılavuz rayın ağ yapısı

8.3.4 Sonlu Elemanlara Ayırıştırılmış Montaj

Montaj esnasında oluşabilecek herhangi bir hatanın model meshlerine zarar vermemesi için modeller tek tek parça bazında sonlu elemanlarına ayırıştırılmıştır.

Böylelikle, parçaların montaj esnasında meshleri zarar görmeyecektir. Şekil 8.9 ‘de montaj resim görülmektedir.



Şekil 8.9 : Montajın ağ yapısı

8.3.5 Modellere Malzeme Bilgisi Atanması

Analiz edilmek üzere seçilmiş olan silindir tipi ani paraşüt fren parçalarının malzemesi esas alınarak analizlerde kullanılmıştır. Parçalara ait malzeme bilgilerini analizlerde kullanılmadan önce nominal gerilme ve şekil değiştirme, gerçek gerilme ve şekil değiştirmeye dönüştürülmüştür. Nominal gerilme-şekil değiştirme eğrilerinden okunan değerler, ifade (8.1) ve (8.2) yardımıyla gerçek gerilme ve şekil değiştirme değerlerine dönüştürülmüştür.

$$\varepsilon = \ln(1 + \varepsilon_{nom}) \quad (8.1)$$

$$\sigma = \sigma_{nom} \cdot (1 + \varepsilon_{nom}) \quad (8.2)$$

Fren Bloğu Malzeme Tanımı:

Mevcut sistemde fren bloğu malzemesi ST42 çeliği kullanılmaktadır. Analizler sırasında blok malzemesi olan ST42 çeliğinin nominal gerilme-şekil değiştirme (stress-strain) grafiği kullanılarak elde edilen gerçek gerilme-şekil değiştirme grafiği Tablo 8.2 ‘de verilmiştir [16].

Tablo 8.2: St42 çeliği nominal değerlerinin gerçek gerilme-uzama değerlerine dönüştürülmesi

Nominal Gerilme(Pa)	Nominal Ş.Değiştirme	Gerçek Gerilme(Pa)	Gerçek Ş.Değiştirme	Plastik Şekil Değiştirme
255E+6	0.001	255.3E+06	0.00100	0.0000
285E+6	0.080	308E+6	0.0770	0.0754
335E+6	0.115	374E+6	0.1089	0.1070
385E+6	0.140	439E+6	0.1310	0.1288
435E+6	0.175	511E+6	0.1613	0.1587
470E+6	0.210	569E+6	0.1906	0.1878

ABAQUS/CAE ortamında St42 malzemesi hem elastik hemde plastik değerleri içerecek şekilde tanımlanarak fren bloğu malzemesi olarak atanmıştır.

Plastik deformasyon için yine Tablo 8.2 ‘den faydalanılmıştır. Blok malzemesinin elastiklik tanımı için ise malzemenin mekanik değerleri olan yani elastisite modülü $E = 201 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, poisson oranı $\nu = 0,3$ ve özkütlesi olarak $p = 7850 \text{ kg/m}^3$ verilmiştir.

Silindir Malzeme Tanımı:

Silindirin mevcut sistemde malzeme cinsi CuSi12 dir. CuSi12 alaşımının mekanik özellikleri $E = 200 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, poisson oranı $\nu = 0,3$ ve özkütlesi olarak $p = 8700 \text{ kg/m}^3$ ‘dir. Daha önceden silindirin kılavuz ray ve fren bloğuna nazaran çok rijit bir yapıya sahip olduğu belirtilmiştir. Bu yüzden, silindire Tablo 8.3 ‘teki malzeme değerleri atanmasına rağmen silindir üzerinde herhangi bir deformasyon ve gerilme verileri ölçülmeyecektir. Atanan malzeme tanımı ise, ileri araştırmalarda silindir üzerinde oluşan gerilme ölçümü yapılmak istendiği takdirde kullanılabilecektir [17].

Tablo 8.3: CuSi12 alaşım nominal değerlerinin gerçek gerilme-uzama değerlerine dönüştürülmesi

Nominal Gerilme(Pa)	Nominal ř.Değiştirme	Gerçek Gerilme(Pa)	Gerçek ř.Değiştirme	Plastik şekil Değiştirme
160E+6	0.002	160.3E+06	0.00200	0.0012
200E+6	0.006	201E+6	0.0060	0.0050
230E+6	0.010	232E+6	0.0100	0.0088
250E+6	0.030	258E+6	0.0296	0.0283
270E+6	0.050	284E+6	0.0488	0.0474
280E+6	0.070	300E+6	0.0677	0.0662

Kılavuz Ray Malzeme Tanımı:

Kılavuz raylar, Tablo 2.3 ‘de verilen malzemelerden imal edilirler. Bu çalışmada kılavuz ray malzemesi olarak St37 kullanılmıştır. Buna göre, ifade (8.1) ve (8.2) ‘ye göre St37 malzemesinin nominal gerilme-şekil değiştirme değerlerinin gerçek gerilme-şekil değiştirme değerlerine dönüştürülmüş hali Tablo 8.4‘de verilmiştir [18].

Tablo 8.4: St37 alaşım nominal değerlerinin gerçek gerilme-uzama değerlerine dönüştürülmesi

Nominal Gerilme(Pa)	Nominal ř.Değiştirme	Gerçek Gerilme(Pa)	Gerçek ř.Değiştirme	Plastik şekil Değiştirme
235E+6	0.001	235.2E+06	0.00100	0.0000
270E+6	0.080	292E+6	0.0770	0.0755
300E+6	0.115	335E+6	0.1089	0.1072
325E+6	0.140	371E+6	0.1310	0.1292
348E+6	0.175	408E+6	0.1613	0.1592
370E+6	0.210	448E+6	0.1906	0.1884

ABAQUS/CAE ortamında St37 malzemesi hem elastik hem de plastik değerleri içerecek şekilde tanımı yapılarak fren bloğu malzemesi olarak atanmıştır.

Plastik deformasyon için yine Tablo 8.4 ‘den faydalanılmıştır. Blok malzemesinin elastiklik tanımı için ise malzemenin mekanik değerleri olan yani elastisite modülü

$E = 201 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, poisson oranı $\nu = 0,3$ ve özkütlesi olarak $p = 7850 \text{ kg/m}^3$ verilmiştir.

8.3.6 Analiz Tipi, Süresi ve Adımı Seçimi

Paraşüt fren sistemi uygulaması, daha doğrusu, frenleme süreci dinamik bir süreç olduğu için ABAQUS/CAE ortamında Analiz Tipi olarak dinamik seçilmiştir. Frenleme esnasında, yüzeylerin birbirine ezme, sürtünme ve çekme gibi sert temaslarda bulunması, analiz esnasında mesh ağının (sonlu eleman ağının) yırtılması problemini ortaya çıkarmaktadır. Bu gibi problemlerin oluşmasına önlemek için, “Explicit Dynamic” analiz tipi ABAQUS/CAE ‘de seçilmiştir.

Fren süresi, yapılan deney ve araştırmalardan yola çıkarak 0,3 sn olarak verilmiştir. Zaten, analiz edilmek üzere seçilen fren tipi, ani frenleme özelliğini taşıdığından 0,3s süreden önce frenleme gerçekleşeceği beklenmiştir.

Analiz adımı olarak, öncelikle başlangıç adımı, daha sonra ise frenleme adımı analizde tanımlanmıştır. Şöyle ki, sistem frenlemeye geçmeden önceki hali başlangıç, frenleme sürecine girdiği anda ise frenleme adımı olarak programa tanıtılmıştır.

8.3.7 Analiz Sonuç İsteği

Analiz sonrası elde etmek istenilen çıktı tercihleri bu safhada programa tanıtılmıştır. Bu çalışmada ana amaç, fren bloğunda ve kılavuz rayda meydana gelen gerilmelerin ve deformasyonların tespiti olmuştur. İkinci dereceden öneme sahip amaçlar ise, frenleme esnasında hız, ivme, duruş mesafesi, duruş süresi ve ray sehimlerinin tespiti olmuştur.

Yukarıda sıralanan amaçlar doğrultusunda bu safhada analiz bulgu isteği programa tanıtılmıştır.

8.3.8 Sınır Koşulların Atanması

Bu safhada her bir modelin gerçek uygulamalarda sahip olduğu serbestlik dereceleri ve kısıtları programa tanıtılmıştır.

Fren Bloğu Sınır Koşulları:

Fren bloğu kabinin normalde kabinin altına sabitlendiği için uygulama sırasında kabinle birlikte hareket eder. Aynı şekilde kabinin kontrolsüz bir şekilde aşağı veya

yukarı yönde ivmelenmesi durumunda da kabinle birlikte hareket eder. Bundan dolayı, sınır koşulları atanması sırasında kabinin hareket yönünde (Y-Y) serbestlik derecesi verilirken, diğer tüm yönler için (X-X ve Z-Z) sınırlama konulmuştur.

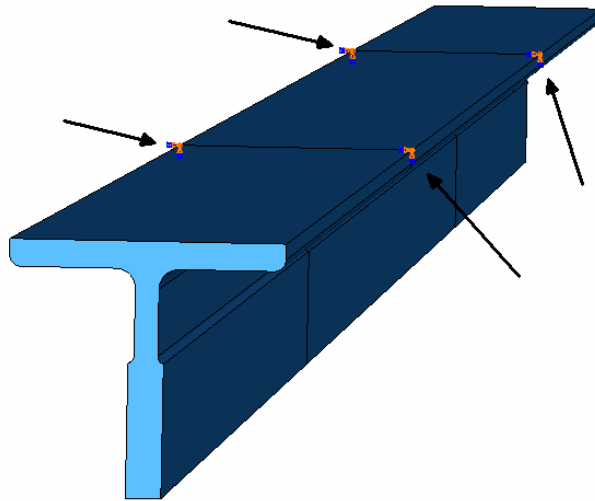
Burada ve bundan sonraki aşamalarda kullanılan koordinat sistemi Şekil 8.4 'de gösterilen koordinat sistemi ile aynı olacaktır.

Silindir Sınır Koşulları:

Asansör uygulamasında, kabinin düzgün işleyişi esnasında, yardımcı elemanlarla regülatör halatına bağlı bulunan silindir, kabinle birlikte hareket eder. Kabin hızı tasarım hızını %15 kadarını aştığı anda regülatör halatının hareketsiz kalması sonucu silindir de hareketsiz kalmaktadır. Bu ise, aşağı yönde hareket eden fren bloğu içerisinde hareketsiz kalan silindirin kılavuz raya temas etmesine neden olmaktadır. Kılavuz raya temas eden silindir bloğun aşağı hareket etmesi sonucunda blokla ray arasındaki daralan alana sıkışmasına neden olmakta, bu da frenlenmeyle sonuç bulmaktadır. Tüm bu süreç bilgisinden yola çıkarak, silindirin serbestlik derecesini, silindirin kendi etrafında dönebilecek ve x yönünde hareket edebilecek şekilde verilmiştir. Yani, sınırlama z-z (blok dışarısına çıkması) ve y-y (blokla birlikte aşağı-yukarı yönde hareketi) yönleri için getirilmiştir.

Kılavuz Ray Sınır Koşulları:

Yine asansör uygulamalarından yola çıkarak, kılavuz ray hareketsiz sabit bir giriş olarak kabul edilmiştir. Sınırlama koşulu için de mesnet yerlerinden ankastre sınırlama kullanılmıştır. Şekil 8.10 mesnetlerden sabitlenmiş ray resmi verilmektedir.



Şekil 8.10 : Mesnet noktalarından sabitlenmiş (ankastre) kılavuz ray

8.3.9 Yüklemler

Kabin içerisine 6,8 ve 10 kişi binmesi durumu için analizlerin yapılmasına karar kılınmıştı. Ayrıca her yükleme durumu için ayrı ayrı analiz edilmek üzere ray mesnet aralığı 1,5 m, 2,0 m ve 3,0 m olarak belirlenmiştir. Buna göre, toplamda 12 analiz yapılması planlanmaktaydı. İki kılavuz rayı bulunan bir asansör uygulamasında iki adet paraşüt freni bulunacağından, toplam yükte ikiye bölündüğü bu çalışmada kabul edilmiştir. O halde, aşağıda sırayla verilen yükleme şekli analizler sırasında uygulanmıştır.

Kabin içerisindeki yük $6 \text{ kişi} \times 80 \text{ kg} = 480 \text{ kg} = 4800 \text{ N}$

Kabin kütlesi $= 1500 \text{ kg} = 15000 \text{ N}$

Toplam yük $= 4800 + 15000 = 19800 \text{ N}$

Sistemde iki adet kılavuz rayı ve iki adet güvenlik tertibatı olduğu varsayılarak, her bir güvenlik tertibatına düşen yük Toplam yükün yarısı kadar olacaktır.

Bir güvenlik tertibatına etkiye yük $= 19800 / 2 = 9900 \text{ N}$

Aynı hesabı diğer 8 ve 10 kişi yüklemeleri içinde yapılırsa;

8 kişi yükleme durumunda 10700 N , 10 kişilik yükleme durumunda ise 11500 N bir yük güvenlik tertibatına etkimektedir.

Sisteme ayrıca yerçekimi etkidiği için yerçekimi ivmesi olarak $9,91 \text{ m/s}^2$ verilmiştir.

8.3.10 Önceden Tanımlanmış Değer

Analiz yapılacak olan silindir tipi ani güvenlik tertibatı, uygulama sırasında ancak kabinin nominal hızının %15'ni aştığı anda devreye girdiği bilinmektedir. Yani, silindir tipi ani güvenlik tertibatının çalışma hızı olan $0,63 \text{ m/s}$, $0,73 \text{ m/s}$ ulaşınca regülatörün kilitlenmesine ve böylece regülatör halatına bağlı bulunan silindirin hareketsiz kalmasına eden olmaktadır. Regülatörün kilitlenme süresi ve o esnada kabinin halan düşüyor olması, kabin hızının biraz daha artmasına yol açmaktadır. Bundan dolayı silindirin hareketsiz kaldığı anda kabinin, dolayısıyla fren bloğu hızının $0,80 \text{ m/s}$ ulaştığı varsayılmıştır.

Yukarıda anlatılan bilgiden esaslanarak, analiz başlangıç adımı olarak sistemin sahip olduğu ilk hız $0,80 \text{ m/s}$ (-y yönünde) olarak programa girilmiştir.

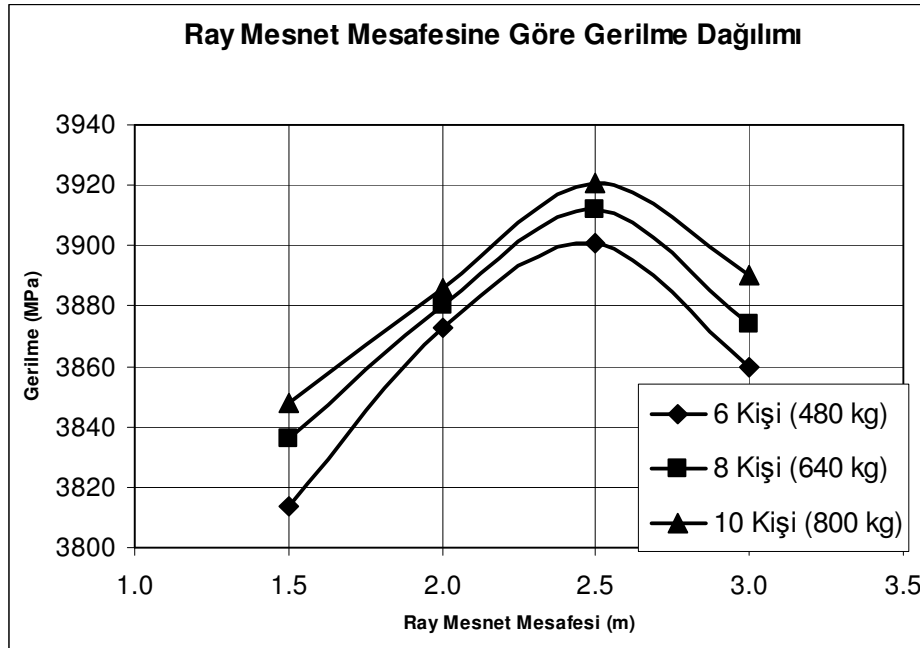
8.4 Bulgular

Bu çalışmada daha öncede anlatıldığı üzere sırayla 6,8 ve 10 kişilik yükleme durumu için yine sırayla 1,5m, 2,0m, 2,5m ve 3,0m, mesnet aralığına sahip 3,5m, 4,0m, 4,5m ve 5,0m uzunluğundaki her bir ray üzerinde silindir tipi ani güvenlik tertibatı denendi. Analiz sonucunda elde edilen verilere göre sistemde meydana gelen gerilmeler, sehimler, deformasyonlar, fren mesafe ve süresi ile ivme ve hız grafikleri elde edilmiştir. Gerilmeler Von-Misses cinsinden elde edilmiştir. Sehimler ve deformasyonlar x-x yönünde, duruş mesafeleri ise y-y yönünde ele alınmıştır.

8.4.1 Fren Bloğu Üzerinde Meydana Gelen Maksimum Gerilmeler

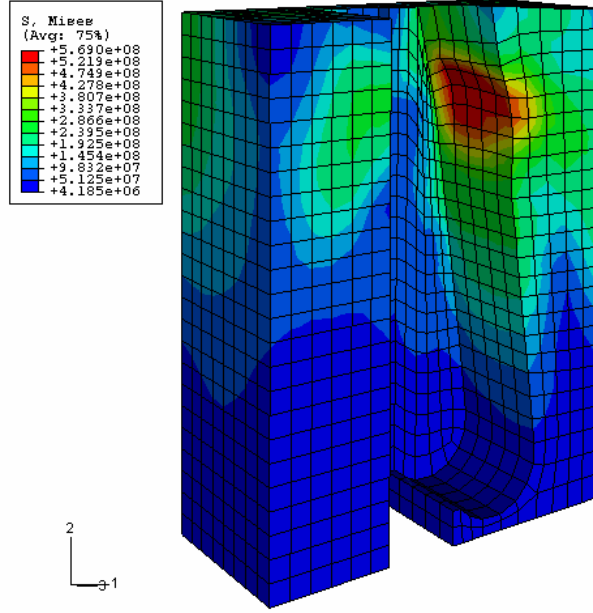
Frenleme esnasında blok üzerinde en fazla gerilme silindirin frenleme pozisyonunda temas ettiği bölgede meydana geldiği görülmüştür. Değişik yükleme ve ray mesnet aralığı şartları için elde edilen veriler Tablo F.1’de verilmiştir. Tablodaki verilere göre elde edilmiş gerilme-ray mesnet aralığı grafiği Şekil 8.11’de verilmiştir.

Şekil 8.11 ’de verilen grafikten görüldüğü üzere blok yüzeyinde meydana gelen en fazla gerilmeler ray mesnet aralığının 2,5m olması durumudur. En düşük gerilmeler ise rayın 1,5m aralıklarıyla mesnetlenmiş durumunda ortaya çıkmaktadır.



Şekil 8.11 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda fren bloğunun maruz kaldığı gerilmeler

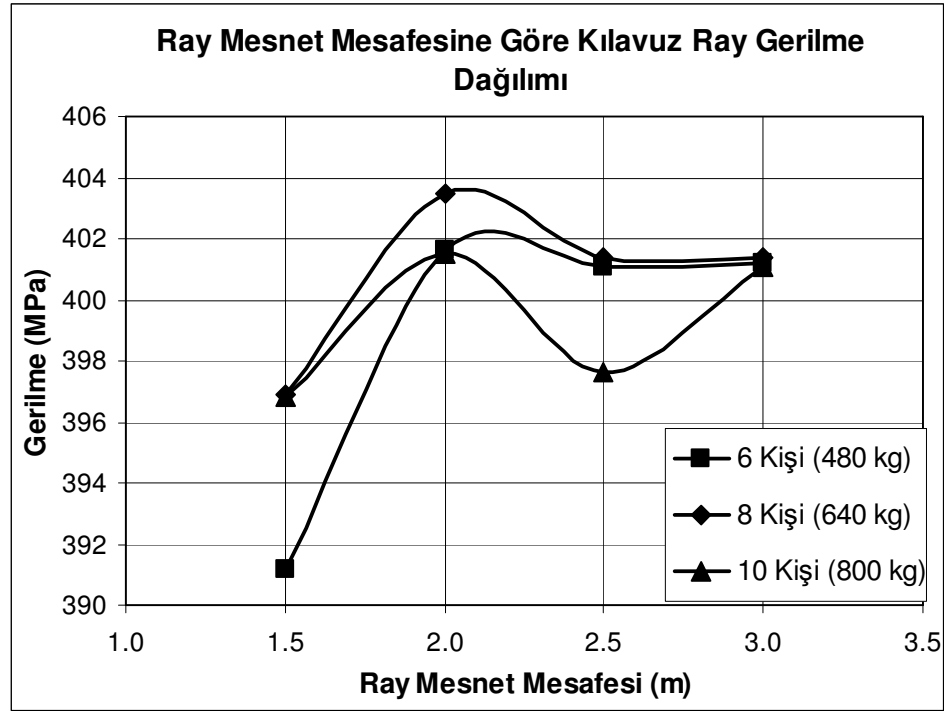
Şekil 8.12’te frenleme sürecinin 0,1sn ’sinde 6 kişilik yükleme ve 1.5m ray mesnet mesafesi ile yapılan analiz esnasında fren bloğunda meydana gelen gerilmeler görülmektedir.



Şekil 8.12 : Frenlemenin 0,1sn ’sinde fren bloğunda meydana gelen gerilmeler

8.4.2 Kılavuz Ray Üzerinde Meydana Gelen Maksimum Gerilmeler

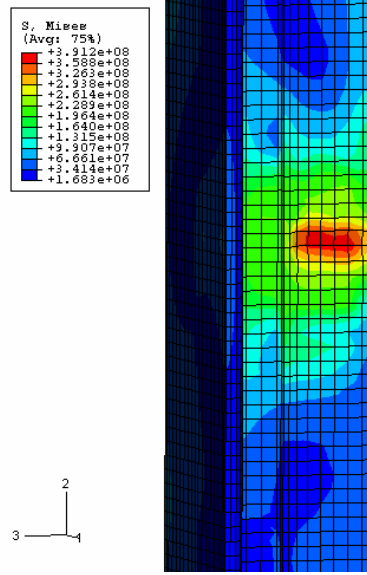
Frenleme esnasında kılavuz ray üzerinde en fazla gerilme silindirin frenleme pozisyonunda raya temas ettiği bölgede meydana geldiği görülmüştür. Değişik yükleme ve ray mesnet aralığı şartları için elde edilen veriler Tablo F.2’da verilmiştir. Tablodaki verilere göre elde edilmiş gerilme-ray mesnet aralığı grafiği Şekil 8.13 ’te verilmiştir.



Şekil 8.13 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda silindirin temas ettiği bölgede kılavuz rayın maruz kaldığı gerilmeler

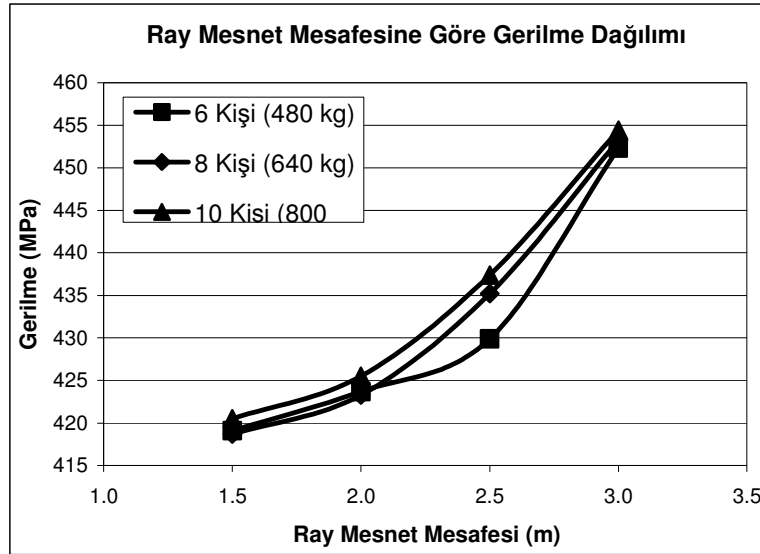
Şekil 8.13 'te verilen grafikten görüldüğü üzere silindirin temas ettiği ray yüzeyinde meydana gelen en fazla gerilmeler ray mesnet aralığının 2,0m olması durumudur. Ayrıca en yüksek gerilme durumu rayın doğal frekansına denk gelen 8 kişilik yükleme durumunda bilhassa baş vermektedir. Bundan dolayı maksimum 8 kişilik yükleme durumu için mümkün olduğu kadar ray 2,0m mesnetleme aralığından kaçınılmalıdır. En düşük gerilmeler ise rayın 1,5m aralıklarıyla mesnetlenmiş durumunda ortaya çıkmaktadır.

Şekil 8.14'te frenleme sürecinin 0,1sn 'sinde 6 kişilik yükleme ve 1,5m ray mesnet mesafesi ile yapılan analiz esnasında rayda, silindirin temas ettiği bölgede meydana gelen gerilmeler görülmektedir.



Şekil 8.14 : Frenlemenin 0,1sn 'sinde silindirin temas ettiği bölgedeki gerilmeler

Analiz sonuçlarından ayrıca ray mesnet noktalarına gelen gerilmelerde ölçülmüştür. Tablo F.3'de değişik yükleme ve ray mesnet aralığı şartları için elde edilen veriler görülmektedir. Tablodaki verilere göre elde edilmiş gerilme-ray mesnet aralığı grafiği Şekil 8.15 'te verilmiştir.

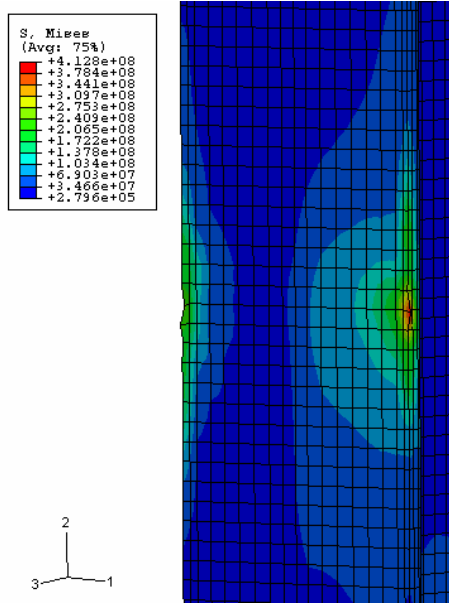


Şekil 8.15 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda ray mesnetlerinin maruz kaldığı gerilmeler

Şekil 8.15 'te verilen grafikten görüldüğü üzere ray mesnetlerinde meydana gelen gerilmeler ray mesnet aralıklarının artmasıyla doğru orantılıdır. En fazla gerilme 3,0m, en düşük gerilme ise 1,5m mesnet aralığında meydana gelmektedir.

Kılavuz ray malzemesi seçiminde analizlerde kullanılan değişik yük ve ray mesnet mesafeleri durumu için seçilecek olan ray malzemesi bu gerilmelere dayanacak nitelikte seçilmelidir. Mevcut sistemde kullanılan soğuk çekme yönteminin kullanıldığı St37 malzemesi bu uygulama için uygun gelmektedir.

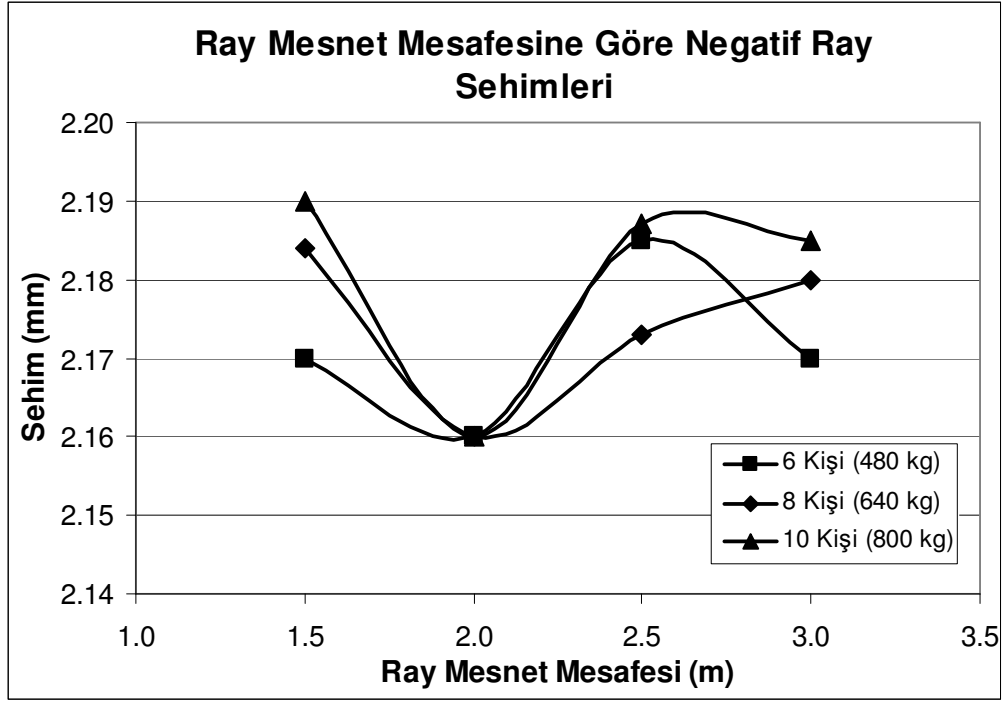
Şekil 8.16'te frenleme sürecinin 0,1sn 'sinde 6 kişilik yükleme ve 1.5m ray mesnet mesafesi ile yapılan analiz esnasında rayın mesnet noktalarında meydana gelen gerilmeler görülmektedir.



Şekil 8.16 : Frenlemenin 0,1sn 'sinde mesnetlerde meydana gelen gerilmeler

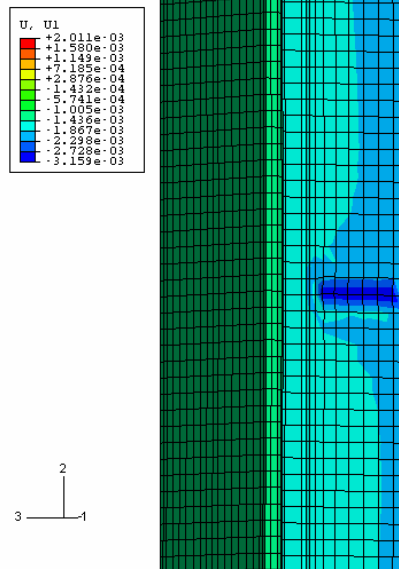
8.4.3 Maksimum Kılavuz Ray Sehimleri

Frenleme esnasında kılavuz ray üzerinde en fazla negatif sehim (-x yönündeki sehim) silindirin frenleme pozisyonunda raya temas ettiği bölgede meydana geldiği görülmüştür. Değişik yükleme ve ray mesnet aralığı şartları için elde edilen veriler Tablo F.4'de verilmiştir. Tablodaki verilere göre elde edilmiş sehim-ray mesnet aralığı grafiği Şekil 8.17 'te verilmiştir.



Şekil 8.17 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda silindirin temas ettiği bölgedeki maksimum negatif kılavuz ray sehimleri

Şekil 8.18’te frenleme sürecinin 0,1sn ’sinde 6 kişilik yükleme ve 1.5m ray mesnet mesafesi ile yapılan analiz esnasında rayın negatif sehimini görülmektedir.

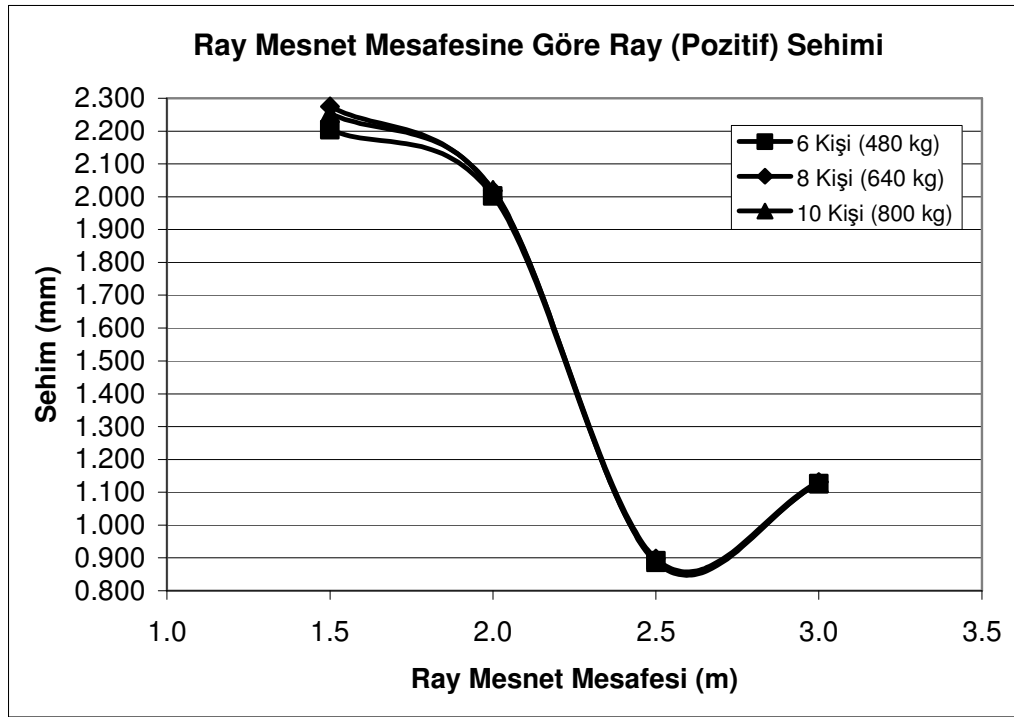


Şekil 8.18 : Frenlemenin 0,1sn ’sinde rayın negatif sehimini

Analiz sonuçlarından ayrıca rayın maksimum pozitif (+x yönünde) sehimleri de ölçülmüştür. Ray üzerinde görülen maksimum sehim bölgeleri;

- 1,5m ve 2,0m ray mesnet aralığı durumlarında kılavuz ray uçlarında,
- 2,5m ray mesnet aralığı durumunda silindirin raya temas ettiği bölgeden her iki yönde (+/- y) 1685mm mesafe uzaklığında,
- 3,0m ray mesnet aralığı durumunda ise silindirin raya temas ettiği bölgeden her iki yönde (+/- y) 1350mm mesafe uzaklığında olduğu tespit edilmiştir.

Değişik yükleme ve ray mesnet aralığı şartları için elde edilen pozitif ray sehimi verileri Tablo F.5'de verilmiştir. Tablodaki verilere göre elde edilmiş pozitif sehim-ray mesnet aralığı grafiği Şekil 8.19 'te görülmektedir.

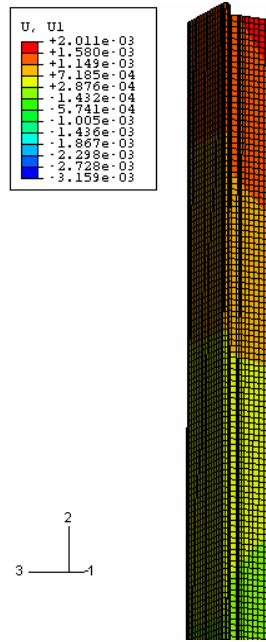


Şekil 8.19 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda maksimum pozitif kılavuz ray sehimleri

Şekil 8.17 'te verilen grafikten görüldüğü üzere silindirin temas ettiği bölgede rayda meydana gelen en fazla negatif sehimler 6 kişinin üzerindeki yükleme şartlarında ray mesnet aralığının 1,5m olması durumunda meydana gelmektedir. Genel olarak en düşük sehimler ise 2,0m mesnet aralıklarında görülmektedir.

Şekil 8.19'ye göre maksimum pozitif sehimler mesnet aralığı 1,5m durumunda ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. En düşük sehimler ise mesnet aralığı 2,5m ise 3,0m arasında olduğu durumda görülmektedir.

Şekil 8.20 'de frenleme sürecinin 0,1sn 'sinde 6 kişilik yükleme ve 1.5m ray mesnet mesafesi ile yapılan analiz esnasında rayın pozitif sehim görülmektedir.

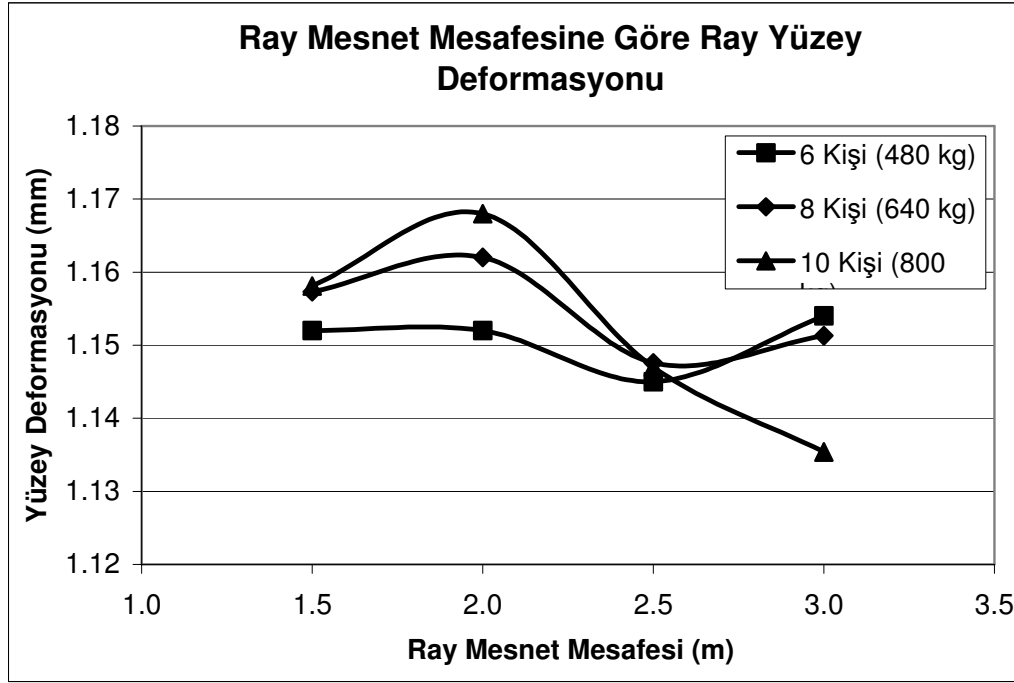


Şekil 8.20 : Frenlemenin 0,1sn 'sinde rayın pozitif sehim

TSE EN 81-1 standardının uygun gördüğü maksimum izin verilebilir kılavuz ray sehim değeri 5 mm 'dir. Tablo F.4 ile Tablo F.5'de bulunan sehimler 5mm 'den daha küçük olduğu için bu yükleme şartları ve mesnet aralığı durumları için uygulamalarda herhangi bir olumsuz sonuç doğurmayacaktır.

8.4.4 Kılavuz Ray Üzerinde Meydana Gelen Maksimum Deformasyonlar

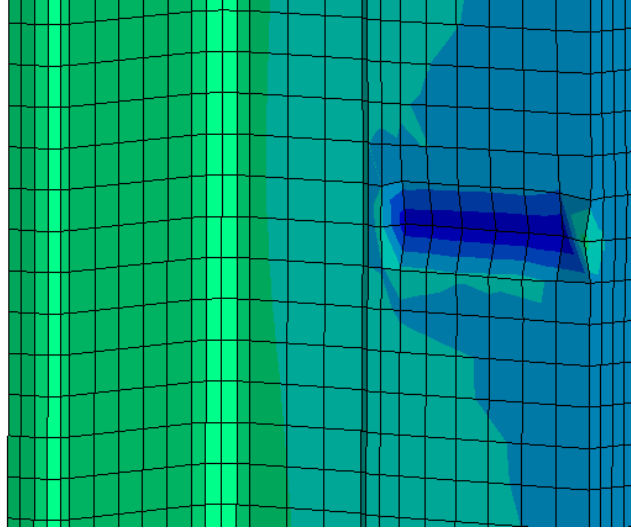
Frenleme esnasında kılavuz ray üzerinde en fazla gerilme silindirin frenleme pozisyonunda raya temas ettiği bölgede meydana geldiği görülmüştür. Dolayısıyla, maksimum ray deformasyonları da bu bölgede meydana gelmiştir. Değişik yükleme ve ray mesnet aralığı şartları için elde edilen veriler Tablo F.6'da verilmiştir. Tablodaki verilere göre elde edilmiş deformasyon-ray mesnet aralığı grafiği Şekil 8.21 'te görülmektedir



Şekil 8.21 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda silindirin temas ettiği bölgede kılavuz rayın maruz kaldığı deformasyonlar

Şekil 8.21 'te verilen grafikten görüldüğü üzere 1,5m 'lik mesnet aralığı durumunda meydana gelen deformasyonların mesnet aralığı 2,5m ve 3,0m durumlarından daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bunun başlıca nedeni ray boyunun kısa olmasından ray rijit davranış sergileyerek yeteri derecede sehim yapamamış olmasıdır. Diğer yünden, maksimum deformasyonların 2,0m mesnet aralıklarında olduğu görülmüştür. Bunun nedeni ise, kılavuz rayın gerilmeler altındaki doğal dalgalanma (eğilme) bölgesinin silindirin etkidiği bölgeye, yani mesnetlere eşit uzaklığa, denk gelmiş olmasıdır. Ayrıca grafikten de anlaşıldığı üzere dalga boyularının en küçük olduğu durum 2,5m mesnet aralığına rayın sahip olduğu durumudur.

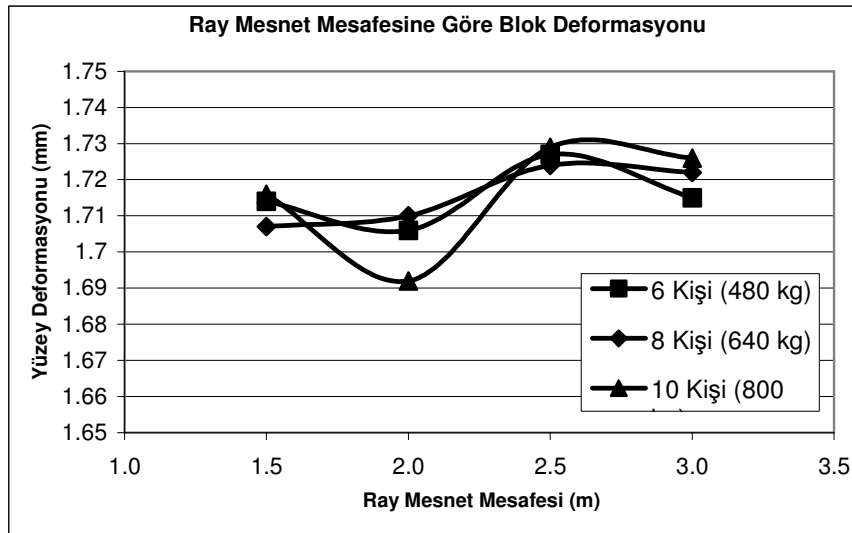
Şekil 8.22 'te frenleme sürecinin 0,1sn 'sinde 6 kişilik yükleme ve 1.5m ray mesnet mesafesi ile yapılan analiz esnasında silindirin temas ettiği ray yüzeyinde meydana gelen deformasyon görülmektedir.



Şekil 8.22 : Frenlemenin 0,1sn 'sinde ray deformasyonu

8.4.5 Fren Bloğu Üzerinde Meydana Gelen Maksimum Deformasyonlar

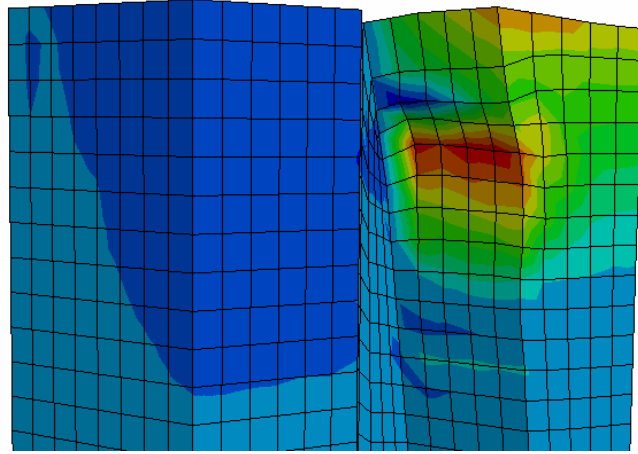
Frenleme esnasında kılavuz ray üzerinde en fazla gerilme silindirin frenleme pozisyonunda bloğa temas ettiği bölgede meydana geldiği görülmüştür. Dolayısıyla, maksimum blok deformasyonları da bu bölgede meydana gelmiştir. Değişik yükleme ve ray mesnet aralığı şartları için elde edilen +x yönünde deformasyon verileri Tablo F.7'de verilmiştir. Tablodaki verilere göre elde edilmiş deformasyon-ray mesnet aralığı grafiği Şekil 8.23 'te görülmektedir.



Şekil 8.23 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumunda silindirin temas ettiği bölgede fren bloğunun maruz kaldığı deformasyonlar

Şekil 8.23 'te verilen grafikten görüldüğü üzere blok üzerinde meydana gelen maksimum deformasyonlar 2,5m mesnet aralıklarında olduğu görülmüştür. Diğer yönden Şekil 8.21'den ise en yüksek ray deformasyonları bu mesnet aralığında ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. Buradan, rayın en fazla uğradığı deformasyon ray mesafesinde blok en az deformasyona uğramaktadır sonucu ortaya çıkmaktadır. Kılavuz rayın fren bloğundan daha yüksek maliyete sahip olmasından bu durum göz önünde bulundurulmalı, yani mesnet aralığı en uygun değerler arasında seçilmelidir.

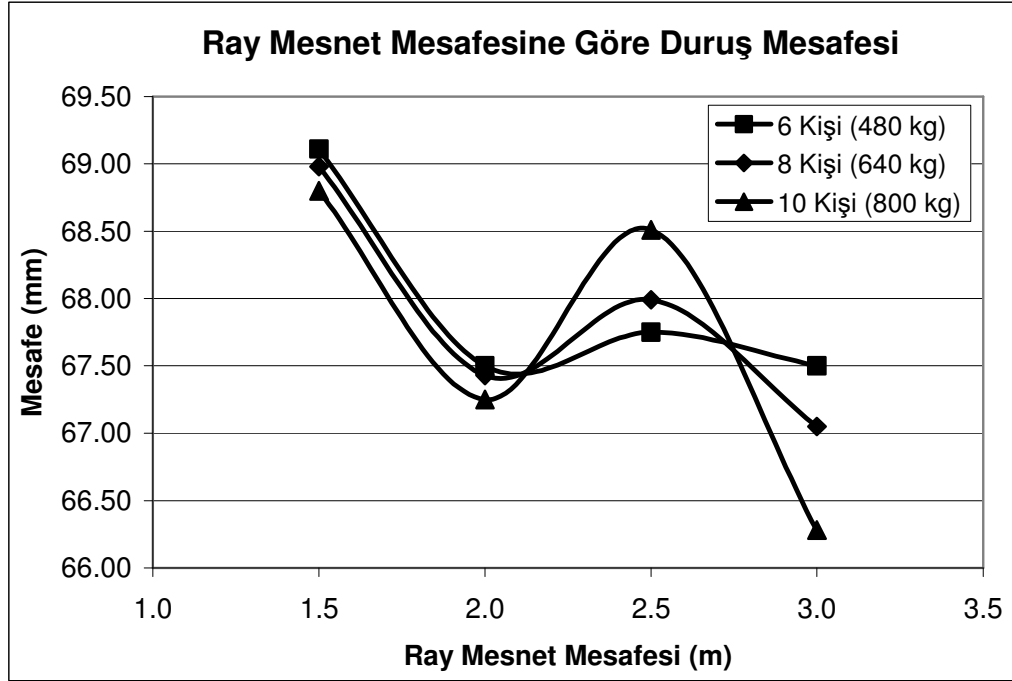
Şekil 8.24 'da frenleme sürecinin 0,1sn 'sinde 6 kişilik yükleme ve 1.5m ray mesnet mesafesi ile yapılan analiz esnasında silindirin temas ettiği blok yüzeyinde meydana gelen deformasyon görülmektedir.



Şekil 8.24 : Frenlemenin 0,1sn 'sinde blok deformasyonu

8.4.6 Güvenlik Tertibatı Fren (Duruş) Mesafeleri

Analiz edilmek üzere seçilen güvenlik tertibatı ani frenlemeli tip olduğu için analiz sonucundan elde edilen fren mesafeleri oldukça düşük çıktığı görülmüştür. Değişik yükleme ve ray mesnet aralığı şartları için elde edilen duruş (fren) mesafesi verileri Tablo F.8'de verilmiştir. Tablodaki verilere göre elde edilmiş duruş mesafesi-ray mesnet aralığı grafiği Şekil 8.25 'te görülmektedir.



Şekil 8.25 : Değişik yükleme ve ray mesnet aralıkları durumu güvenlik tertibatı fren duruş mesafeleri

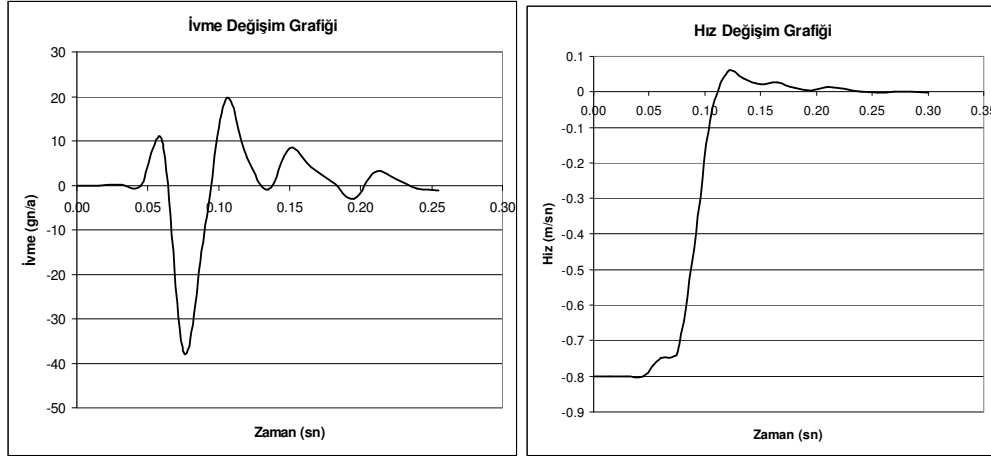
Yüksek ivmeli hareketlerin insan sağlığına olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir. Kabinin yüksek ivmeyle frenlenmesi ise kısa mesafede kabin durması anlamını taşımaktadır. Bundan dolayı kabinin mümkün olduğu kadar daha uzun mesafelerde durması yüksek önem taşımaktadır. Şekil 8.25 'de verilen grafikten görüldüğü üzere fren bloğunun frenleme sonrası ölçülmüş fren mesafesinin en yüksek olduğu değerler kılavuz ray mesnet aralığı 1,5m olduğu durumda gerçekleşmiştir. En düşük mesafeler ise 2,0m ve 3,0m mesnet aralığına sahip raylarda görülmüştür. Bu durumda, insan sağlığı açısından en uygun ray mesnet aralığı durumu 1,5m durumudur.

8.4.7 Güvenlik Tertibatı Fren (Duruş) Süreleri

Yapılan ölçümlerden elde edilen veriler doğrultusunda ilk frenleme, yani ilk durdurma ivmesi, 0,105sn ile 0,120 sn'ler arasında ortaya çıktığı görülmüştür. Bu zaman aralığından sonra ise çarpmanın etkisiyle gittikçe genliği küçülen ivme dalgalanmaları ortaya çıkmıştır. En sonunda ise ivme değeri çok küçük değerlere düşerek frenleme gerçekleşmiştir.

8.4.8 Güvenlik Tertibatı Hız ve İvme Grafiği

Analizde, başlangıç hızı 0,8m/sn olan güvenlik tertibatı, silindirin ray ile bloğa aynı anda temas etmesiyle yüksek ivmeli fren kuvvetlerine maruz kalmıştır. Yükleme durumu 8 kişi ve ray mesnet aralığı 1.5m olan durum için elde edilen veriler doğrultusunda çizilen ivme ve hız grafikleri Şekil 8.26’de görülmektedir.

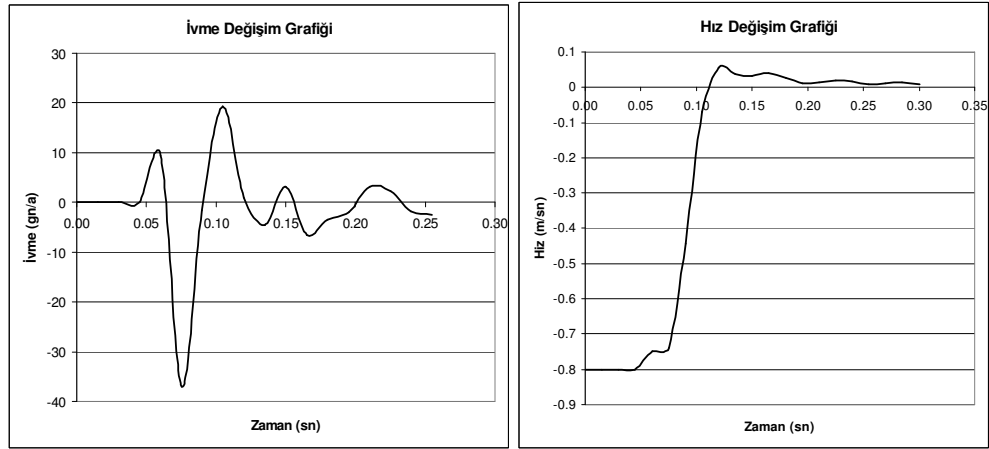


(a) ivme grafiği

(b) hız grafiği

Şekil 8.26 : Mesnet aralığı 1,5m ve 8 kişilik yükleme durumu için elde edilen grafikler

Yükleme durumu 8 kişi ve ray mesnet aralığı 2,0m olan durum için elde edilen veriler doğrultusunda çizilen ivme ve hız grafikleri ise Şekil 8.27’de görülmektedir.



(a) ivme grafiği

(b) hız grafiği

Şekil 8.27 : Mesnet aralığı 2,0m ve 8 kişilik yükleme durumu için elde edilen grafikler

Şekil 8.26'deki ivme ve hız grafikleriyle Şekil 8.27 'deki ivme ve hız grafikleri karşılaştırılacak olursa, ray mesnet aralığı daha küçük olan 1,5m durumu için ivme grafiği daha düzgün azalan dalgalara sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca Şekil 8.26'deki hız grafiği de yine Şekil 8.27'deki hız grafiğinden daha düzgün olduğu görülmektedir. Buradan, rayın kısa mesnet aralıklarıyla mesnetlemesi uzun mesnet aralıklarıyla mesnetlenmesi durumlarına göre daha yumuşak ivmeli frenlemelere sahip olduğu sonucu elde edilmektedir.

8.5 Silindir Tipi Güvenlik Tertibatı Bloğunun Analitik Analizi

Bölüm 7'de fren bloğuna etki eden kuvvetlerin ve bu kuvvetlerin meydana getirdiği gerilmeler bulunmuştu. Daha önceden bahsedildiği üzere, yapılan hesaplamalar ve araştırmalar sonucunda fren bloğuna etkiyen en büyük kuvvet N_3 , dolayısıyla meydana gelen en büyük gerilmeye yine bu kuvvetin neden olduğu basma gerilmesidir. Bu bölümde bloğun analitik yöntemlerle analizi, N_3 kuvvetinin meydana getirdiği basma gerilmelerin bulunması şeklinde olacaktır.

8.5.1 Kabin İçerisine 6 Kişinin Binmesi Durumu

Verilenler:

$$\text{Kabin anma yükü} : Q = 6 \times 80 \text{ kg} = 480 \text{ kg} = 4708,8 \text{ N}$$

$$\text{Kabin Ağırlığı} : P = 1500 \text{ kg} = 14715 \text{ N}$$

$$\text{Darbe Katsayısı} : m = 3$$

$$\text{Elastiklik Modülü} : E = 2,1 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Sürtünme Katsayıları

$$\text{Ray-Silindir} : \mu_1 = 0,25$$

$$\text{Blok-Ray} : \mu_2 = 0,1$$

$$\text{Silindir-Blok} : \mu_3 = 0,1$$

$$\text{Silindir yuvası eğimi} : \alpha = 8,2^\circ$$

Şekil 7.8 'e göre güvenlik tertibatı ölçüleri

Kuvvetlerin etkiği yüzey boyutları: $t = 26mm$, $s = 30mm$, $m = 94,5mm$

Silindir yüksekliği: $k = 26mm$

Silindir Yuvası Eğim Açısı Kontrolü:

$$\tan \alpha < \frac{\mu_1 - \mu_3}{1 + \mu_1 \cdot \mu_3} \text{ ise } \alpha < \tan^{-1} \left(\frac{\mu_1 - \mu_3}{1 + \mu_1 \cdot \mu_3} \right) \quad (8.3a)$$

olmalıdır.

$$\alpha < \tan^{-1} \left(\frac{0,25 - 0,1}{1 + 0,25 \cdot 0,1} \right) = 8,33^\circ \quad (8.3b)$$

Mevcut durum $\alpha = 8,2^\circ < 8,33^\circ$ olduğu için, silindir yuvası eğim açısı frenleme için gerekli olan açı değerini sağlamaktadır.

N3 Baskı Kuvvetinin Hesaplanması

Tek bir rayda silindirle ray arasında meydana gelen frenleyici T_l sürtünme kuvveti,

$$T_1 \approx \frac{0,5 \cdot m \cdot (Q + P)}{1 + \frac{\mu_2}{\mu_1}} = \frac{0,5 \cdot 3 \cdot (4708,8N + 14715N)}{1 + \frac{0,1}{0,25}} = 20811,2N \quad (8.4)$$

olarak hesaplanır. X yönündeki kuvvetlerin toplamı sıfıra eşittir ($\sum X = 0$), o halde

$$N_1 = \frac{T_1}{\mu_1} = \frac{20811,2N}{0,25} = 83244,8N \quad (8.5)$$

$$N_3 = \frac{N_1}{\cos \alpha - \mu_3 \cdot \sin \alpha} = \frac{83244,8N}{\cos 8,2 - 0,1 \cdot \sin 8,2} = 85334,35N \quad (8.6)$$

olur.

Basma Gerilmesi Hesabı:

Şekil 7.8 kullanılarak hesaplamalar yapılırsa, N_3 kuvvetini oluşmasına neden olan silindir, blok yüzeyine çizgisel temas ettiği kabulü ile etki ettiği alan,

$$A_3 = k \cdot 1mm = 24mm \cdot 1mm = 24mm^2 \quad (8.7)$$

'dir. Burada, silindirin montaj veya imalat hatalarında yüzeye tam temas etmeme olasılığı düşünülerek hesaplarda silindir yüksekliği 2mm 'azaltılmıştır. N_3 kuvvetinin neden olduğu basma gerilmesi,

$$\sigma_{bN3} = \frac{N_3}{A_3} = \frac{85334,35N}{24mm^2} = 3556 \frac{N}{mm^2} \quad (8.8)$$

olarak bulunur.

8.5.2 Kabin İçerisine 8 Kişinin Binmesi Durumu

Verilenler:

Kabin anma yükü : $Q = 8 \times 80kg = 640kg = 6278.4N$

Kabin Ağırlığı : $P = 1500kg = 14715N$

Darbe Katsayısı : $m = 3$

Elastiklik Modülü : $E = 2,1 \times 10^5 \frac{N}{mm^2}$

Sürtünme Katsayıları

Ray-Silindir : $\mu_1 = 0,25$

Blok-Ray : $\mu_2 = 0,1$

Silindir-Blok : $\mu_3 = 0,1$

Silindir yuvası eğimi : $\alpha = 8,2^\circ$

Şekil 7.8 'e göre güvenlik tertibatı ölçüleri

Kuvvetlerin etkidiği yüzey boyutları: $t = 26mm$, $s = 30mm$, $m = 94,5mm$

Silindir yüksekliği: $k = 26mm$

Silindir Yuvası Eğim Açısı Kontrolü:

$$\tan \alpha < \frac{\mu_1 - \mu_3}{1 + \mu_1 \cdot \mu_3} \text{ ise } \alpha < \tan^{-1} \left(\frac{\mu_1 - \mu_3}{1 + \mu_1 \cdot \mu_3} \right) \quad (8.9)$$

olmalıdır.

$$\alpha < \tan^{-1} \left(\frac{0,25 - 0,1}{1 + 0,25 \cdot 0,1} \right) = 8,33^\circ \quad (8.10)$$

Mevcut durum $\alpha = 8,2^\circ < 8,33^\circ$ olduğu için, silindir yuvası eğim açısı frenleme için gerekli olan açı değerini sağlamaktadır.

N3 Baskı Kuvvetinin Hesaplanması:

Tek bir rayda silindirle ray arasında meydana gelen frenleyici T_1 sürtünme kuvveti,

$$T_1 \approx \frac{0,5 \cdot m \cdot (Q + P)}{1 + \frac{\mu_2}{\mu_1}} = \frac{0,5 \cdot 3 \cdot (6278,4N + 14715N)}{1 + \frac{0,1}{0,25}} = 22493N \quad (8.11)$$

olarak hesaplanır. X yönündeki kuvvetlerin toplamı sıfıra eşittir ($\sum X = 0$), o halde,

$$N_1 = \frac{T_1}{\mu_1} = \frac{22493N}{0,25} = 89972N \quad (8.12)$$

$$N_3 = \frac{N_1}{\cos \alpha - \mu_3 \cdot \sin \alpha} = \frac{89972N}{\cos 8,2 - 0,1 \cdot \sin 8,2} = 92230,4N \quad (8.13)$$

olur.

Basma Gerilmesi Hesabı:

Şekil 7.8 kullanılarak hesaplamalar yapılırsa, N_3 kuvvetini oluşmasına neden olan silindir, blok yüzeyine çizgisel temas ettiği kabulü ile etki ettiği alan,

$$A_3 = k \cdot 1mm = 24mm \cdot 1mm = 24mm^2 \quad (8.14)$$

‘dir. Burada, silindirin montaj veya imalat hatalarında yüzeye tam temas etmeme olasılığı düşünülerek hesaplarda silindir yüksekliği 2mm ‘azaltılmıştır. N_3 kuvvetinin neden olduğu basma gerilmesi,

$$\sigma_{bN3} = \frac{N_3}{A_3} = \frac{92230,4N}{24mm^2} = 3843 \frac{N}{mm^2} \quad (8.15)$$

olarak hesaplanır.

8.5.3 Kabin İçerisine 10 Kişinin Binmesi Durumu

Verilenler:

Kabin anma yükü : $Q = 10 \times 80kg = 800kg = 7848N$

Kabin Ağırlığı : $P = 1500kg = 14715N$

Darbe Katsayısı : $m = 3$

Elastiklik Modülü : $E = 2,1 \times 10^5 \frac{N}{mm^2}$

Sürtünme Katsayıları

Ray-Silindir : $\mu_1 = 0,25$

Blok-Ray : $\mu_2 = 0,1$

Silindir-Blok : $\mu_3 = 0,1$

Silindir yuvası eğimi : $\alpha = 8,2^\circ$

Şekil 7.8 ‘e göre güvenlik tertibatı ölçüleri

Kuvvetlerin etki ettiği yüzey boyutları: $t = 26mm$, $s = 30mm$, $m = 94,5mm$

Silindir yüksekliği: $k = 26mm$

Silindir Yuvası Eğim Açısı Kontrolü:

$$\tan \alpha < \frac{\mu_1 - \mu_3}{1 + \mu_1 \cdot \mu_3} \quad (8.16)$$

$$\text{ise } \alpha < \tan^{-1} \left(\frac{\mu_1 - \mu_3}{1 + \mu_1 \cdot \mu_3} \right) \quad (8.17a)$$

olmalıdır.

$$\alpha < \tan^{-1} \left(\frac{0,25 - 0,1}{1 + 0,25 \cdot 0,1} \right) = 8,33^\circ \quad (8.17b)$$

Mevcut durum $\alpha = 8,2^\circ < 8,33^\circ$ olduğu için, silindir yuvası eğim açısı frenleme için gerekli olan açı değerini sağlamaktadır.

N3 Baskı Kuvvetinin Hesaplanması

Tek bir rayda silindirle ray arasında meydana gelen frenleyici T_f sürtünme kuvveti,

$$T_1 \approx \frac{0,5 \cdot m \cdot (Q + P)}{1 + \frac{\mu_2}{\mu_1}} = \frac{0,5 \cdot 3 \cdot (7848N + 14715N)}{1 + \frac{0,1}{0,25}} = 24175N \quad (8.18)$$

olarak bulunur. X yönündeki kuvvetlerin toplamı sıfıra eşittir ($\sum X = 0$), o halde,

$$N_1 = \frac{T_1}{\mu_1} = \frac{24175N}{0,25} = 96699N \quad (8.19)$$

$$N_3 = \frac{N_1}{\cos \alpha - \mu_3 \cdot \sin \alpha} = \frac{96699N}{\cos 8,2 - 0,1 \cdot \sin 8,2} = 99126,3N \quad (8.20)$$

olur.

Basma Gerilmesi Hesabı:

Şekil 7.8 kullanılarak hesaplamalar yapılırsa, N_3 kuvvetini oluşmasına neden olan silindir, blok yüzeyine çizgisel temas ettiği kabulü ile etki ettiği alan,

$$A_3 = k \cdot 1mm = 24mm \cdot 1mm = 24mm^2 \quad (8.21)$$

'dir. Burada, silindirin montaj veya imalat hatalarında yüzeye tam temas etmeme olasılığı düşünülerek hesaplarda silindir yüksekliği 2mm 'azaltılmıştır. N_3 kuvvetinin neden olduğu basma gerilmesi,

$$\sigma_{bN3} = \frac{N_3}{A_3} = \frac{99126,3N}{24mm^2} = 4130,3 \frac{N}{mm^2} \quad (8.22)$$

olarak hesaplanır.

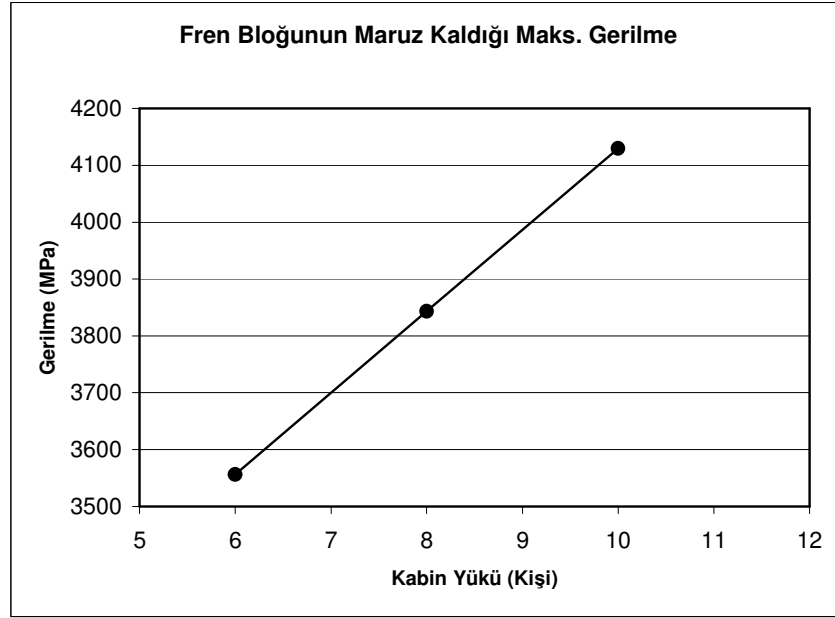
8.5.4 Değerlendirme

Yapılan analitik hesap sonuçları bir tablo haline getirilirse, değişik yükleme durumların paraşüt freni esnasında blokta meydana gelen maksimum gerilmeler Tablo 8.13'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 8.5: Blokta meydana gelen maksimum gerilmeler

Kişi Sayısı	Gerilme (MPa)
6	3556
8	3843
10	4130

Tablo 8.5 'deki veriler grafiğe dökülürse Şekil 8.28 'deki gibi düzgün artan grafik elde edilir.

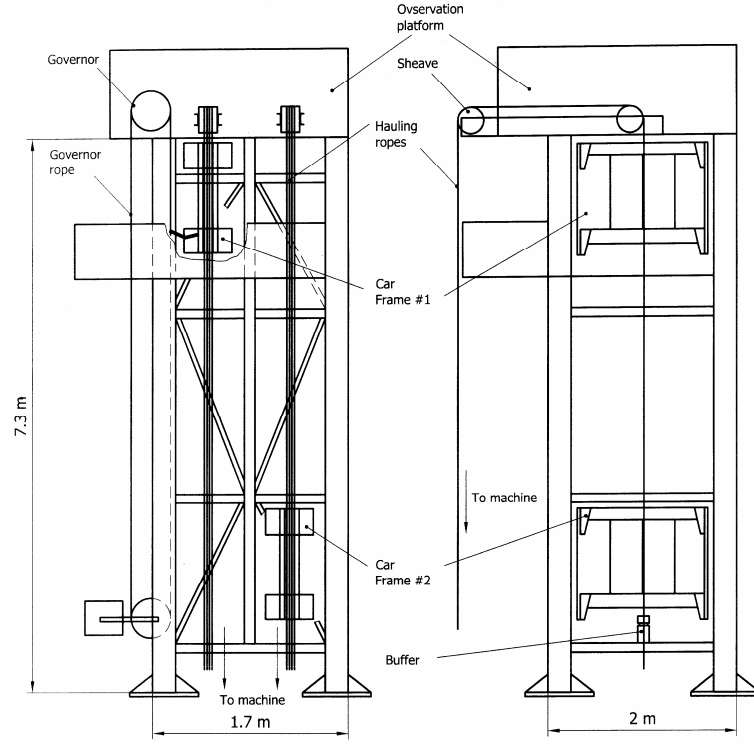


Şekil 8.28 : Değişik yükleme şartlarında paraşüt freni esnasında fren bloğunun maruz kaldığı gerilme grafiğı

Grafikten de anlaşıldığı üzere, doğal olarak yük miktarı artmasıyla gerilmelerde artmaktadır.

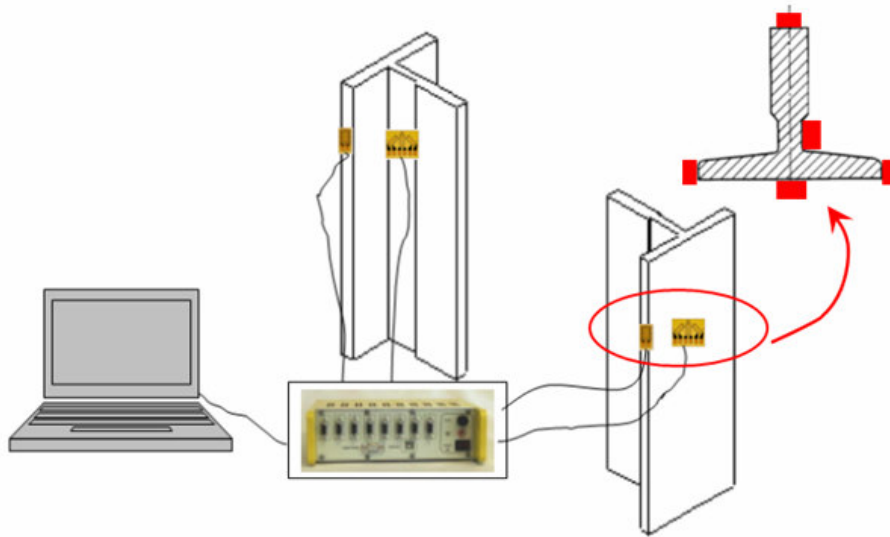
8.6 Silindir Tipi Güvenlik Tertibatının Laboratuvarında Denenmesi

İTÜ. Makina Fakültesi Asansör Teknolojileri Laboratuvarında bulunan asansör tesisinde deney gerçekleştirilmiştir. Tesisattaki mevcut kılavuz ray T70 profil raydı. Deney, kabin içerisine 480 kg 'lık yük yüklenerek gerçekleştirilmiştir. Kılavuz ray mesnetler arası mesafe ise 1,5m idi. Şekil 8.29 'de deney tesisatı görülmektedir [15].



Şekil 8.29 : Deney tesisatı

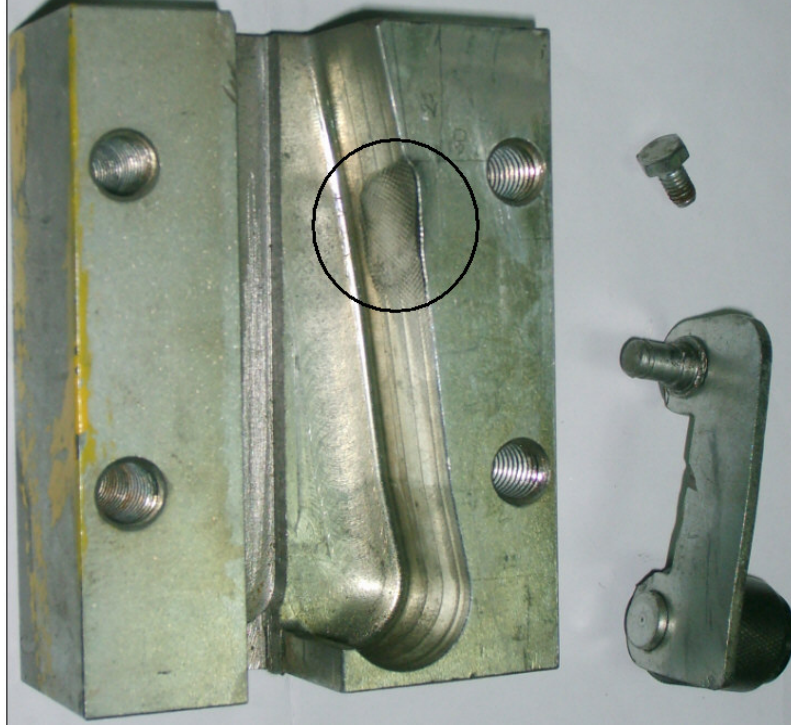
Deney sırasında gerilmelerin ve ivmelerin elde edilebilmesi için 2 adet rozet-tipi ve 3 adet tek strain-gage kılavuz rayın Şekil 8.30'deki gibi yapıştırıldı [15]. Veriler 32 kannallı ESAM Traveller-1cihazı yardımıyla okundu. Cihazda WINDOWS® XP ortamında ESAM Version 3 paket programı kullanıldı.



Şekil 8.30 : Deney ölçüm düzeneğın bağlanması

8.6.1 Fren Bloğunda Meydana Gelen Deformasyonlar

İçinde 480kg yükü birlikte aşağı bırakılan kabin, güvenlik tertibatı yardımıyla durduruldu. Deney sonucunda güvenlik tertibatı bloğunda en büyük deformasyon silindirin frenleme konumunda bloğa temas ettiği yüzeyde tespit edildi. Deformasyon miktarı yaklaşık olarak 1,6mm ölçüldü. Şekil 8.31 'de deney sonrası blokta meydana gelen deformasyon görülmektedir.



Şekil 8.31 : Gerçek blokta meydana gelen deformasyonlar

8.6.2 Kılavuz Rayda Meydana Gelen Deformasyonlar

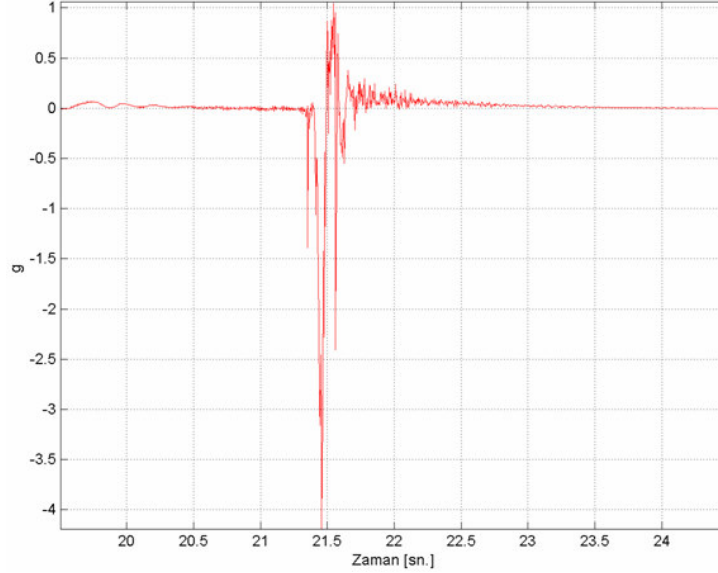
Deney sonrası yapılan ölçümlerde ray yüzeyinde ölçülen deformasyon miktarı yaklaşık olarak 1,1mm olduğu görülmüştür. Şekil 8.32 'te ray üzerindeki deformasyonlar görülmektedir. Deneyde kullanılmış olan kılavuz ray, daha önceden de güvenlik tertibatı testlerine maruz kalmış olmasından, ray yüzeyinde birden fazla deformasyon bölgeleri oluşmuştur.



Şekil 8.32 : Gerçek blokta meydana gelen deformasyonlar

8.6.3 Deney Sırasında Elde Edilen Fren İvme Grafiği

Deney sırasında ESAM Traveler-1 cihazıyla 8 kişilik yükleme durumu için yapılan fren ivme ölçümü sonucunda elde edilen ivme grafiği Şekil 8.33 'da görülmektedir [15]. Cihazın ölçüm sistemine göre düşüş yönü, yani yerçekimi ivmesi yönünü pozitif, yerçekimi yönüne ters yöndeki ivmelenme ise negatiftir. Ayrıca, cihazın ivme skalası yerçekim ivmesinin 4 katını gösterebilecek şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 8.33 : Deneyle elde edilen fren ivme değişim grafiği

Şekil 8.33 'deki grafiği dikkatle incelendiğinde, 0,5sn 'den daha kısa sürede yüksek ivmeli bir frenleme gerçekleştiği kolayca anlaşılmaktadır. Bu durum, kabin içerisinde yolculuk eden yolcuların yüksek darbeli titreşimlere maruz bırakacaktır.

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kabin içerisine 6,8 ve 10 kişilik yükleme durumlarında ve 1,5m, 2,0m, 2,5m ve 3,0m ‘lik mesafelerle mesnetlenmiş T70 rayı kullanılarak düşey yönde paraşüt fren analizi yapılmıştır. Analizler üç değişik metotla, Sonlu Elemanlar Metodu, Analitik Metot ve Deneyle gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın en sonunda ise Analitik ve Deneyle elde edilen sonuçlar Sonlu Elemanlar Metodu’yla bulunan sonuçlarla karşılaştırılarak bu problem için SEM ile yapılan analizinin doğruluğu araştırılmıştır.

ABAQUS/CAE paket programını kullanarak SEM analiz sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda değişik yükleme ve mesnet aralıklarına göre en uygun durum Tablo 9.1 ’de gösterilmiştir. Tabloda 1,5m, 2,0m, 2,5m ve 3,0m mesnet mesafeleri için sırasıyla, $M_{1,5}$, $M_{2,0}$, $M_{2,5}$ ve $M_{3,0}$ kısaltmaları kullanılmıştır.

Tablo 9.1: En uygun durum tablosu

		En Uygun Durum							
		Blok gerilmesi	Ray gerilmesi	Ray mesnet gerilmesi	Ray sehim	Ray Deform.	Blok Deform.	Duruş Mesafesi	Frenleme ivmesi
Yükleme (kişi x 80 kg)	6 kişi	$M_{1,5}$	$M_{1,5}$	$M_{1,5}$	$M_{2,0}$	$M_{2,5}$	$M_{2,0}$	$M_{1,5}$	$M_{1,5}$
	8 kişi	$M_{1,5}$	$M_{1,5}$	$M_{1,5}$	$M_{2,0}$	$M_{2,5}$	$M_{2,0}$	$M_{1,5}$	$M_{1,5}$
	10 kişi	$M_{1,5}$	$M_{1,5}$	$M_{1,5}$	$M_{2,0}$	$M_{3,0}$	$M_{2,0}$	$M_{1,5}$	$M_{1,5}$

Tablo 9.1 ‘deki duruma göre bir fayda-değer puanlaması yapılacak olursa en yüksek puanın 1,5m mesnet aralığının, en düşük puanı ise 2,5m ve 3,0m aralıklarla rayın mesnetlendiği durumu almıştır. Buradan şu sonuç çıkarılabilir; maksimum 6,8 ve 10 kişilik kabin yükleme durumları için en iyi ray mesnetleme aralığı 1,5m veya en azından 1,5m ile 2,0m arasındır.

Sonlu Elemanlar Yöntemiyle bulunan fren bloğuna etki eden gerilme değerleriyle, analitik hesaplarla bulunan gerilmeler karşılaştırıldığında Tablo 9.2 ‘deki durum elde edilir.

Tablo 9.2: SEM analizi ile analitik hesaplamanın karşılaştırılması

Kişi Sayısı	Analitik Gerilme (MPa)	SEM Ort.Gerilme (MPa)	Hata (%)
6	3556	3873.5	8.93
8	3843	3874.5	0.82
10	4130	3882	6.00

Tablo 9.2 ‘den açıkça anlaşıldığı üzere iki metot arasında maksimum fark %9’u geçmemektedir. Bu fark öncelikle analitik hesapta yapılan kabullerden ve daha sonra sonlu elemanlar yöntemindeki sayısal yaklaşımdan kaynaklanmaktadır.

Deneyde elde edilen verilerle ABAQUS/CAE paket programını kullanarak Sonlu Elemanlar Metoduyla elde edilen veriler karşılaştırıldığında ise, ray deformasyonunda %4.5, blok deformasyonunda ise %7 ‘lik bir hatayla aynı sonuçlar elde edilmiştir. Buradaki fark ise, deney esnasında montaj veya parçaların imalat hatalarından kaynaklanan ek sürtünme kuvvetlerin etkimiş olmasındandır.

SEM ‘le yapılan analiz neticesinde elde edilen gerilme, sehim, deformasyon, fren süresi, frenleme mesafesi, frenleme ivmesi ve hız değerlerinin mertebeleri dikkate alındığında, kılavuz rayların ve güvenlik tertibatının sonlu eleman modellemesinde kullanılan eleman tipinin ve sınır şartlarının tatminkâr hassasiyette sonuçlar verdiği görülmüştür.

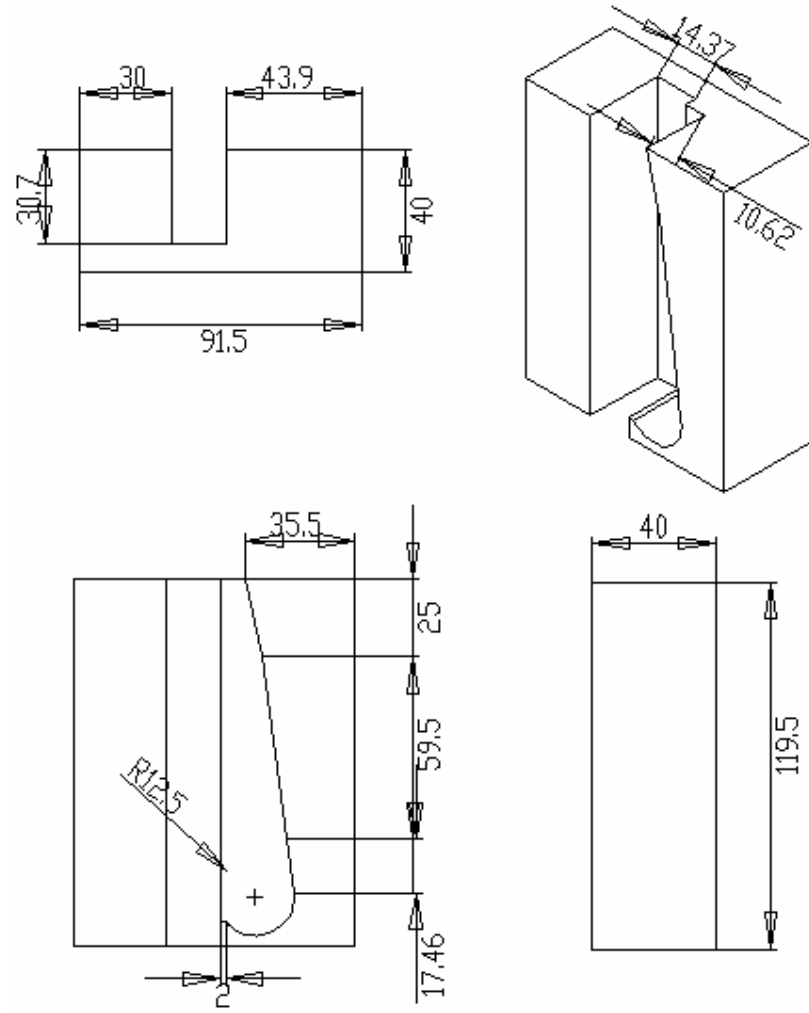
Bu çalışma sonucunda elde edilen bilgi, deneyim ve veriler ışığında, tasarım aşamasında olan güvenlik tertibatlarının, her seferinde bir prototipinin asansör tesisatında denenmesi yerine, SEM analizleri sonucunda elde edilen nihai tasarımın laboratuvar deney düzeneğinde denenmesi olanağı elde edilmiştir. Bu ise hem tasarım maliyetlerinin, hem de tasarım süresinin kısılması açısından yüksek öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

- [1] **Inglis, J.**, 2000. Evolution Of Safety Gears, Elevator World Inc.
- [2] **http://www.asansordunyasi.com/web/detay.asp?id=766&kat_id=34,** 2007. Asansör Güvenlik Tertibatları'nın Türkiye'de Gelişimi.
- [3] **İmrak, C. E., Gerdemeli, İ.**, 2000. Asansörler ve Yürüyen Merdivenler, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [4] **Demirsöz, R.**, 2005. Asansör Kılavuz Rayların Gerilme Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Janovsky, L.**, 1999. Elevator Mechanical Design, Elevator World Inc., Third Edition, U.S.
- [6] **Güçlü, S.Y.**, 2006. Asansör Tasarımında Kullanılan Makina Elemanlarının Optimizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi*, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- [7] **Metroplast Ltd. Şti.**, 2006, Güvenlik Tertibatları Hakkında, İstanbul.
- [8] **<http://www.asray.com>,** 2007. Soğuk Çekme ve İşlenmiş Asansör Ray Özellikleri.
- [9] **Çavdar, K., Karpas, F., Güngören, Y.**, 2005. Asansörler İçin Paraşüt Fren Sistemi Tasarımı, *II. İletim Teknolojileri Kongresi*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, İstanbul.
- [10] **Fetvacı, M. C.**, 1999. Sonlu Elemanlar Metodu ile Modellemede Temel Prensipler, *Mühendis ve Makina*, Sayı: 470, Mart 1999
- [11] **Can, Ö., Kaya, A.İ.**, 2007. Örneklerle Abaqus'a Giriş, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- [12] **Drugie, W.**, 1958. Elektryczne Wyciągi Pionowe, Warszawa.
- [13] **TS EN 81-1**, 2001. Asansörler - Yapım ve Montaj için Güvenlik Kuralları - Bölüm 1: Elektrikli Asansörler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [14] **Savci, M., Arpacı, A.**, 1999, Mukavemet, Birsan Yayınevi, İstanbul.

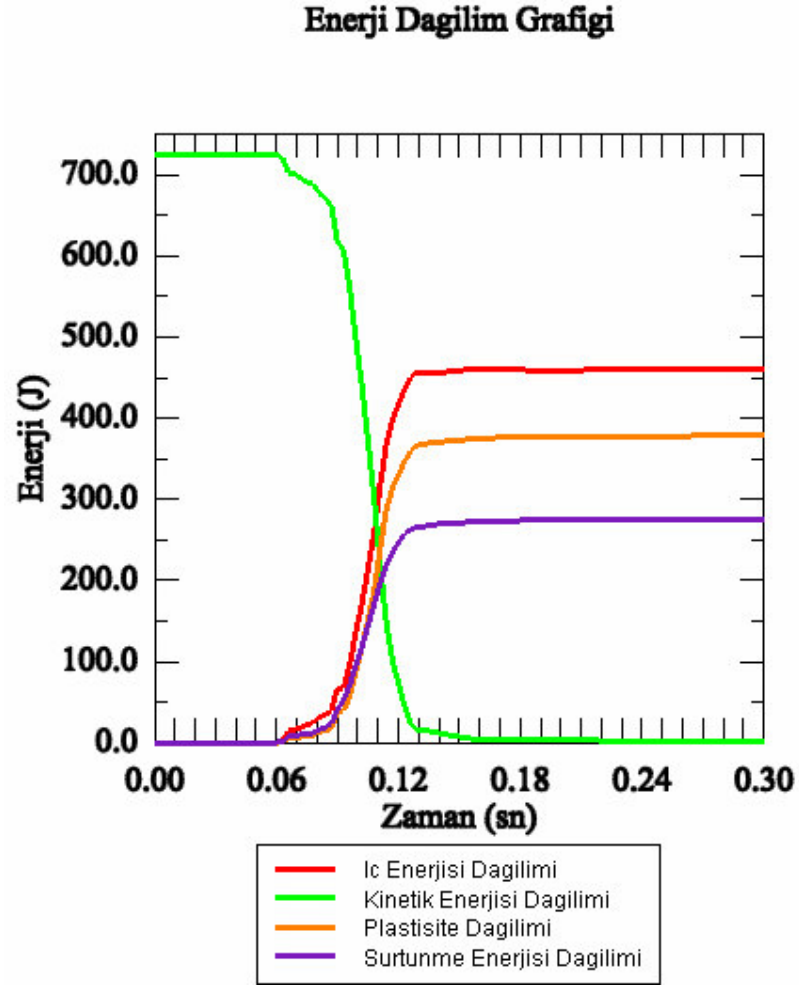
- [15] **Imrak, C., E., Bozdog, E., Sunbuloglu, E., Toprak, T., Targıt, S.,** 2006. Experimental Stress Analysis Of Guide Rails, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [16] **<http://www.e-pipe.co.kr/eng/DIN/17177.htm>,** 2007. ST42 Çeliğinin Mekanik Özellikleri.
- [17] **<http://www.dhtmetal.com/mechanicalproperties.htm> CuSi12,** 2007. Alaşım Çeliği Mekanik Özellikleri
- [18] **<http://www.koguss.de/pdf/eigenschaften-en.pdf>,** 2007. ST37 Çeliğinin Mekanik Özellikleri
- [19] **Arcate Centoducati S.P.A.,** 2007. Ürün Kataloğu
- [20] **<http://www.kirantas.com/terimler.html>,** 2007. Asansör Uygulamalarında Kullanılan Terimler

EK A



Şekil A.0.1 : Güvenlik tertibatı bloğunun detaylı teknik resmi

EK B



Şekil B.0.1 : Altı kişilik yükleme altında frenleme esnasında tüm sistemde meydana gelen enerji dönüşüm grafiği

EK C

Tablo C.1: $\sigma=370 \text{ N/mm}^2$ için narinlik derecesine λ göre, omega ω değerleri

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									

Tablo C.2: $\sigma=520\text{N/mm}^2$ için narinlik derecesine λ göre, omega ω değerleri

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	1.32	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									

EK D

Omega ω değerleri aşağıda görülen ifadeler yardımıyla da hesaplanabilir.

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \quad \text{ve} \quad l_k = l \quad (\text{D.1})$$

Narinlik derecesine bağlı olarak omega değerleri Tablo C1’de görülen ifadelere göre hesaplanır.

Tablo D.1: Narinlik derecesine göre omega değerleri

Narinlik derecesi	Omega ω değerleri	
	$\sigma = 370 \text{ N/mm}^2$ çelik için	$\sigma = 520 \text{ N/mm}^2$ çelik için
$20 \leq \lambda \leq 60$	$0.00012920 \cdot \lambda^{1.89} + 1$	$0.0008240 \cdot \lambda^{2.06} + 1.021$
$60 < \lambda \leq 85$	$0.00004627 \cdot \lambda^{2.14} + 1$	$0.00001895 \cdot \lambda^{2.41} + 1.05$
$85 < \lambda \leq 115$	$0.00001711 \cdot \lambda^{2.35} + 1.04$	$0.00002447 \cdot \lambda^{2.36} + 1.03$
$115 < \lambda \leq 250$	$0.00016887 \cdot \lambda^{2.00}$	$0.00025330 \cdot \lambda^{2.00}$

$\sigma = 370 \text{ N/mm}^2$ ile 520 N/mm^2 arasındaki çekme mukavemetli çelikleri için omega değerleri, aşağıdaki ifade ile hesaplanır.

$$\omega_R = \left[\frac{\omega_{520} - \omega_{370}}{520 - 370} \cdot (\sigma - 370) \right] + \omega_{370} \quad (\text{D.2})$$

EK E

Tablo E.1: Farklı kabin türleri için ray hesapları (Paraşüt sistemi devreye girdiğinde)

	Genel Düzen	Merkezden Kılavuzlanıp Asılmış Kabin	Merkezden Kaçık Kılavuzlanıp Asılmış Kabin
Eğilme Gerilmesi			
Durum 1 x_Q	$x_C + D_x / 8$	$D_x / 8$	$x_C + D_x / 8$
y_Q	y_C	$y_Q = 0$	$y_Q = y_P = y_C = y_S = 0$
Durum 2 x_Q	x_C	$x_Q = 0$	$x_Q = x_C$
y_Q	$y_C + D_y / 8$	$D_y / 8$	$D_y / 8$
F_x	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h}$	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h}$	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h}$
M_y	$\frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}$	$\frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}$	$\frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}$
F_y	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{n \cdot h / 2}$	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{n \cdot h / 2}$	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{n \cdot h / 2}$
M_x	$\frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}$	$\frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}$	$\frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}$
Ray Boynundaki Eğilme Gerilmesi			
σ_F	$\frac{1.85 \cdot F_x}{c^2}$	$\frac{1.85 \cdot F_x}{c^2}$	$\frac{1.85 \cdot F_x}{c^2}$
Sehim			
δ_x	$0.7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y}$	$0.7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y}$	$0.7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y}$
δ_y	$0.7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x}$	$0.7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x}$	$0.7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x}$
Burkulma Gerilmesi			
F_k	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q + P)}{n}$	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q + P)}{2}$	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q + P)}{2}$
σ_k	$\frac{(F_k + k_3 \cdot M)}{A} \cdot \omega$	$\frac{(F_k + k_3 \cdot M)}{A} \cdot \omega$	$\frac{(F_k + k_3 \cdot M)}{A} \cdot \omega$
Birleşik Gerilme			
σ	$\sigma_m + \frac{F_k + k_3 \cdot M}{A}$	$\sigma_m + \frac{F_k + k_3 \cdot M}{A}$	$\sigma_m + \frac{F_k + k_3 \cdot M}{A}$

Tablo E.2: Farklı kabin türleri için ray hesapları (Paraşüt sistemi devreye girdiğinde)

	Yandan Kılavuzlanıp Asılmış Kabin	Panoramik Asansörler
Eğilme Gerilmesi		
Durum 1 x_Q	$c + 5 \cdot D_x / 8$	Kuvvet kolu x_Q kabin toplam alanının $\frac{3}{4}$ üne eşit olan alanın ağırlık merkezinin mesafesi
y_Q	$y_Q = 0$	$y_Q = 0$
Durum 2 x_Q	$c + D_x / 2$	Kuvvet kolu x_Q kabin toplam alanının $\frac{3}{4}$ üne eşit olan alanın ağırlık merkezinin mesafesi
y_Q	$D_y / 8$	Kuvvet kolu y_Q kabin toplam alanının $\frac{3}{4}$ üne eşit olan alanın ağırlık merkezinin mesafesi
F_x	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h}$	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h}$
M_y	$\frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}$	$\frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}$
F_y	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{n \cdot h / 2}$	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{n \cdot h / 2}$
M_x	$\frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}$	$\frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}$
Ray Boynundaki Eğilme Gerilmesi		
σ_F	$\frac{1.85 \cdot F_x}{c^2}$	$\frac{1.85 \cdot F_x}{c^2}$
Sehim		
δ_x	$0.7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y}$	$0.7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y}$
δ_y	$0.7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x}$	$0.7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x}$
Burkulma Gerilmesi		
F_k	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q + P)}{n}$	$\frac{k_1 \cdot g \cdot (Q + P)}{n}$
α_k	$\frac{(F_k + k_3 \cdot M)}{A} \cdot \omega$	$\frac{(F_k + k_3 \cdot M)}{A} \cdot \omega$
Birleşik Gerilme		
σ	$\sigma_m + \frac{F_k + k_3 \cdot M}{A}$	$\sigma_m + \frac{F_k + k_3 \cdot M}{A}$

EK F

Tablo F.1: Değişik yük ve mesnet aralıkları için blok üzerinde meydana gelen gerilme değerleri (MPa)

		Ray Mesnet Aralıkları (m)			
		1.5	2.0	2.5	3.0
Yüklemeye (kişi x 80 kg)	480	3814	3873	3901	3860
	640	3836	3880	3912	3874
	800	3848	3886	3921	3890

Tablo F.2: Değişik yük ve mesnet aralıkları için silindirin temas ettiği bölgede ray üzerinde meydana gelen gerilme değerleri (MPa)

		Ray Mesnet Aralıkları (m)			
		1.5	2.0	2.5	3.0
Yüklemeye (kişi x 80 kg)	480	391.2	401.6	401.1	401.2
	640	396.9	403.5	401.4	401.4
	800	396.8	401.5	397.6	401.1

Tablo F.3: Değişik yük ve mesnet aralıkları için ray mesnetlerinin maruz kaldığı gerilme değerleri (MPa)

		Ray Mesnet Aralıkları (m)			
		1.5	2.0	2.5	3.0
Yüklemeye (kişi x 80 kg)	480	419.1	423.7	429.9	452.3
	640	418.7	423.3	435.2	453.2
	800	420.5	425.5	437.4	454.4

Tablo F.4: Değişik yük ve mesnet aralıkları için silindirin temas ettiği bölgede meydana gelen maksimum negatif ray sehimleri (mm)

		Ray Mesnet Aralıkları (m)			
		1.5	2.0	2.5	3.0
Yükleme (kişi x 80 kg)	480	2.17	2.16	2.19	2.17
	640	2.18	2.16	2.17	2.18
	800	2.19	2.16	2.19	2.19

Tablo F.5: Değişik yük ve mesnet aralıkları için meydana gelen maksimum pozitif ray sehimleri (mm)

		Ray Mesnet Aralıkları (m)			
		1.5	2.0	2.5	3.0
Yükleme (kişi x 80 kg)	480	2.204	2.003	0.891	1.126
	640	2.275	2.018	0.898	1.131
	800	2.254	2.021	0.887	1.127

Tablo F.6: Değişik yük ve mesnet aralıkları için silindirin temas ettiği bölgede ray üzerinde meydana gelen deformasyon değerleri (mm)

		Ray Mesnet Aralıkları (m)			
		1.5	2.0	2.5	3.0
Yükleme (kişi x 80 kg)	480	1.152	1.152	1.145	1.154
	640	1.1573	1.162	1.1476	1.1513
	800	1.1581	1.168	1.147	1.1354

Tablo F.7: Değişik yük ve mesnet aralıkları için silindirin temas ettiği bölgede blok üzerinde meydana gelen deformasyon değerleri (mm)

		Ray Mesnet Aralıkları (m)			
		1.5	2.0	2.5	3.0
Yükleme (kişi x 80 kg)	480	1.714	1.706	1.727	1.715
	640	1.707	1.710	1.724	1.722
	800	1.716	1.692	1.729	1.726

Tablo F.8: Değişik yük ve mesnet aralıkları için fren (duruş) mesafeleri (mm)

		Ray Mesnet Aralıkları (m)			
		1.5	2.0	2.5	3.0
Yükleme (kişi x 80 kg)	480	69.11	67.50	67.75	67.50
	640	68.98	67.43	67.99	67.05
	800	68.80	67.25	68.51	66.28

EK G

TERİMLER

Ani frenlemeli güvenlik tertibatı: Kılavuz raylar üzerindeki frenleme hareketi ani olan paraşüt sistemi

Araç asansörü (automobile elevator): Kabini ticari olmayan motorlu araçları taşıyacak boyutlarda yapılmış asansör.

Asansör (elevator): Boyutları ve yapımı itibarıyla insanları da içine alacak bir kabini olan, tam düşey veya tam düşey doğrultuya 15 dereceden daha az eğimli olabilen kılavuz raylar arasında belli duraklara insan ve yük taşıyan bir araçtır.

Asansör boşluğu (elevator hoistway): Kabin ve eğer varsa karşı ağırlığın içinde hareket ettiği boşluktur. Bu boşluk; kuyu dibi, kuyu duvarları ve kuyu tavanı ile sınırlıdır.

Asansör Kuyusu: Kabin ve varsa karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının içinde hareket ettiği boşluk. Bu boşluk genellikle kuyu dibi, kuyu duvarları ve kuyu tavanı ile sınırlıdır.

Beyan Hızı (rated speed): Asansörün tasarımı olduğu, mt/sn olarak ifade edilen kabin hız değeri.

Beyan yükü: Asansörün tasarımı olduğu taşıma yükü değeri

Dengeleme Ağırlığı: Kabin ağırlığının tümünü yada bir kısmını dengeleyerek enerji tasarrufu yapan kütle

Elektrik güvenlik zinciri: Seri olarak bağlı olan elektirik güvenlik cihazlarının tümü

En küçük halat kopma yükü: Halat anma çapının karesi ile, halat tellerinin anma dayanımı ve halat yapısına bağlı bir katsayının çarpımına eşittir.

Etek: Kabin eşiği veya durak kapısı eşiğinden aşağı doğru düşey doğrultuda uzanan düzgün bir kısımdır.

Güvenlik Tertibatı (safety gear): Aşağı doğru aşırı hız kazanma veya askı tertibatının kopması halinde devreye girerek kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığını frenleyerek sabit tutan , mekanik bir tertibat.

Hız regülatörü (overspeed governor): Asansör belli bir hıza ulaştığında tahrik tertibatını devre dışı bırakan ve gerektiğinde güvenlik tertibatını çalıştıran bir düzen

İskelet: Kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığını taşıyan, askı halatlarına bağlantılı metal çerçeve. Bu iskelet kabin duvarlarının bir parçası da olabilir.

Kabin: Asansörün insan ve/veya yükleri taşıyan bir parçası

Kabin bükülgen kablosu: Kabin ile kumanda tablosu arasındaki bağlantıyı sağlayan bükülgen kablo

Karşı ağırlık: Sürtünme ile tahriki sağlayan bir kütle

Kaymalı Güvenlik Tertibatı: Kılavuz rayları etkileyerek frenleme etkisinin sürtünme ile gerçekleştiği, kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığında meydana gelen kuvvetlerin kabul edilebilir bir değerde sınırlandırılması için özel önlemlerin alındığı bir güvenlik tertibatı.

Kılavuz Raylar: Kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığına kılavuzluk eden asansör kısımları

Kilit Açılma Bölgesi : Durak kapısı kilidinin açılmasına izin verilebilmesi için, kabin tabanının durak seviyesinin altında ve üstünde bulunması gereken bölge

Kullanıcı: Asansörden yararlanan kimse

Kullanılabilir Kabin alanı: Döşemeden 1 mt. yükseklikte ölçülen, asansörün çalışması sırasında yolcu ve yüklerin yararlanabileceği alan.

Kuyu alt boşluğu: Kabinin gittiği en alt durak seviyesinin altındaki asansör kuyusu kısmı.

Kuyu üst boşluğu: Kabinin gittiği üst durak seviyesinin üstündeki asansör kuyusu kısmı

Lamine Cam: 2 veya daha fazla cam tabakasından her birinin palstik bir madde ile birleştirilmesiyle meydana gelen güvenlik camı

Makara dairesi: Tahrik makinasının bulunmadığı, ancak makaraların bulunduğu, hız regülatörü ve elektrik tertibatının bulunabileceği oda.

Makina dairesi: Makina veya makinaların bulunduğu oda

Otomatik seviyeleme: Asansör durduktan sonra, yükleme ve boşaltma sırasında gerekirse birbirini takip eden hareketlerle durma seviyesinin ayarlanması.

Regülatör Halatı: Askı tertibatının kopması durumunda güvenlik tertibatını çalıştırmak için kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığına bağlanan yardımcı halat [20].

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Taşkent'te doğdu. 2000 yılında Ümraniye Lisesi'nden mezun oldu. 2005 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden Makina Mühendisi ünvanını aldı. Aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği ABD, Konstrüksiyon Programında Yüksek Lisans eğitimine başladı.