

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KOMPLE RAY BAĞLANTI SİSTEMİNİN  
DENEYSEL GERİLME ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sühan ATAY**

**Makina Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Konstrüksiyon Programı**

**HAZİRAN 2013**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KOMPLE RAY BAĞLANTI SİSTEMİNİN  
DENEYSEL GERİLME ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sühan ATAY  
(503951037)**

**Makina Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Konstrüksiyon Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cevat Erdem İMRAK**

**HAZİRAN 2013**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503951037 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Sühan ATAY**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**KOMPLE RAY BAĞLANTI SİSTEMİNİN DENEYSEL GERİLME ANALİZİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**      **Prof. Dr. Cevat Erdem İMRAK**      .....

İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Yrd. Doç. Dr. İsmail GERDEMELİ**      .....

İstanbul Teknik Üniversitesi

**Doç. Dr. Cüneyt FETVACI**      .....

İstanbul Üniversitesi

**Teslim Tarihi :**      **30 Nisan 2013**

**Savunma Tarihi :**      **04 Haziran 2013**



## ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca değerli zamanlarını ayırarak bilgi, tecrübe ve kıymetli katkıları ile yol gösteren danışman hocam sayın Prof. Dr. C. Erdem İMRAK' a teşekkürlerimi sunarım.

Öncelikle BLAIN HYDRAULICS GmbH firmasından sayın Dr.Ferhat ÇELİK'e ve HABP-Hidrolik Asansör Bilgilendirme Platformu'na, ARKEL firmasından sayın Melih KÜÇÜKÇALIK'a, WITTUR TURKEY firmasından sayın Ercüment HIZAL'a, ASRAY firmasından sayın Sefa TARGIT'a, BUCHER HİDROLİK SİSTEMLERİ firmasından sayın Avni BEZMEZ'e, MORE ASANSÖR firmasından sayın Resul HACIOĞULLARI'na, KLEEMANN ASANSÖR SANAYİ firmasından sayın Stefanos PARIZYANOS'a, ÖNKA ÇELİK KAPI SANAYİ firmasından sayın Adnan ÖNEN'e, GÜNŞA MAKİNA METAL firmasından sayın Hayrullah GÜNDÜZ ve Nurullah GÜNDÜZ'e, HİPAŞ firmasından sayın Tevfik ALPOĞLU'na ve MARMATEK MÜHENDİSLİK firmasından sayın Sercan SUNAR'a çalışmamıza yaptıkları değerli katkılarından dolayı en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmalarım boyunca her zaman yanımda olan ve manevi desteklerini esirgemeyen çok değerli aileme şükranlarımı sunarım.

Haziran 2013

Sühan Atay  
(Makina Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
KISALTMALAR .....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xxi
SUMMARY .....	xxv
1. GİRİŞ .....	1
2. ASANSÖR.....	5
2.1 Asansör Tanımı .....	5
2.2 Asansör Çeşitleri .....	6
2.2.1 Kullanım amacına göre asansörler .....	6
2.2.1.1 İnsan asansörü .....	6
Sınıf I asansörü.....	6
Sınıf II asansörü .....	6
Sınıf III asansörü .....	7
2.2.1.2 Yük asansörü.....	7
2.2.1.3 Servis asansörü.....	7
2.2.1.4 Maden kuyusu asansörü .....	8
2.2.1.5 Yatay asansörü .....	8
2.2.2 Konstrüksiyon ve tahrik sistemine göre asansörler.....	9
2.2.2.1 Halatlı asansör .....	9
Redüktörlü asansörler .....	10
Redüktörsüz asansörler .....	10
2.2.2.2 Paternoster (sürekli çalışan) asansör .....	11
2.2.2.3 Hidrolik asansör .....	11
2.2.2.4 Vidalı ve kremayerli asansör.....	12
2.2.2.5 Eğimli (tırmanan) asansör .....	12
2.2.3 Kumanda sistemine göre asansörler.....	13
2.2.3.1 Basit kumandalı asansör.....	14
2.2.3.2 Toplamalı kumandalı asansör .....	14
2.2.3.3 Seçmeli kumandalı asansör .....	14
2.2.4 Hızlarına göre asansörler .....	14
2.2.4.1 $v \leq 0,63$ m/s hızındaki asansörler.....	14
2.2.4.2 $v = 1$ m/s hızındaki asansörler.....	15
2.2.4.3 $v \geq 1,6$ m/s hızındaki asansörler.....	15
2.3 Asansör Genel Yapısı.....	15
2.3.1 Asansör kuyusu (boşluğu).....	15
2.3.2 Makina dairesi.....	15
2.3.3 Kılavuz raylar.....	16

2.3.4 Asansör kabini.....	16
2.3.5 Patenler.....	17
2.3.6 Kat kapıları.....	17
2.3.7 Tamponlar .....	17
2.3.8 Asansör kumanda panosu.....	17
2.3.9 Mekanik fren veya paraşüt tertibatı.....	17
2.3.10 Askı elemanı.....	17
2.3.11 Sınır kesiciler.....	17
2.3.12 Karşı ağırlık.....	17
2.3.13 Hız regülatörü.....	18
2.3.14 Fren tertibatı .....	18
2.3.15 Makina motor grubu.....	18
<b>3. KILAVUZ RAY VE BAĞLANTI ELEMANLARININ ÖZELLİKLERİ.....</b>	<b>19</b>
3.1 Kılavuz Raylar.....	19
3.1.1 Kılavuz ray malzemesi .....	20
3.1.2 Kılavuz ray imalatı.....	21
3.1.2.1 Soğuk çekme kılavuz ray imalatı .....	22
3.1.2.2 Talaşlı imalat yöntemi ile kılavuz ray imalatı .....	23
3.1.3 Kılavuz rayların özellikleri ve boyutları .....	23
3.1.3.1 Kılavuz ray boyutları.....	23
3.1.3.2 Kılavuz ray yüzey sertlik değerleri .....	26
3.1.3.3 Kılavuz ray sürtünme katsayısı .....	26
3.1.3.4 Kılavuz ray yüzey pürüzlülüğü .....	28
3.1.3.5 Kılavuz ray bıçak kalınlığı ve ray uçları .....	28
3.1.3.6 Kılavuz ray doğrusalığı ve burkulma.....	30
3.2 Kılavuz Ray Bağlantı Elemanları .....	32
3.2.1 Kılavuz ray konsolları .....	33
3.2.1.1 Kılavuz ray konsollarının özellikleri.....	35
3.2.1.2 Kılavuz ray konsollarının montajı.....	35
Konsolların çelik yapılara montajı .....	35
Konsolların beton yapılara montajı .....	36
Konsolların tuğla yapılara montajı.....	37
3.2.2 Kılavuz ray tırnakları .....	38
3.2.3 Kılavuz ray bağlantı levhaları .....	40
3.2.4 Kılavuz ray patenleri .....	42
3.2.5 Konsol bağlantı ankrajları .....	43
3.2.5.1 Ankraj bağlantı beton özellikleri.....	43
3.2.5.2 Ankraj yükleme özellikleri.....	43
3.2.5.3 Ankraj sistem tipleri .....	44
Dökme-yerleştirme ankrajlar.....	44
Sonradan montajlı ankrajlar .....	45
3.2.5.4 Ankrajların çalışma prensipleri .....	45
Yapıştırma .....	45
Sürtünme .....	45
Anahtarlama .....	46
3.2.5.5 Yapıştırıcı ankraj sistemleri .....	46
3.2.5.6 Mekanik ankraj sistemleri .....	47
3.3 Kılavuz Rayların Asansör Kuyusuna Montajı.....	47
3.4 Kabin ve Karşı Ağırlığın Kılavuzlanması .....	50
3.5 Kılavuz Rayların Hizalanması.....	53

3.6 Ray ve Bağlantı Elemanlarının Seyir Konforu Açısından Önemi .....	55
3.7 Ray ve Bağlantı Elemanlarının Seyir Güvenliği Açısından Önemi .....	57
<b>4. GÜVENLİK TERTİBATI.....</b>	<b>59</b>
4.1 Hız Regülatörü .....	60
4.1.1 Sarkaçlı regülatör .....	62
4.1.2 Savrulma ağırlıklı hız regülatör .....	62
4.2 Paraşüt Fren.....	64
4.2.1 Ani olarak etki eden paraşüt tertibatı .....	65
4.2.2 Kademeli olarak etki eden paraşüt tertibatı.....	67
4.2.3 Paraşüt tertibatı seçim kriterleri.....	68
<b>5. KILAVUZ RAYLARA AİT HESAPLAMALAR.....</b>	<b>69</b>
5.1 Kılavuz Raylara Etkiyen Kuvvetler .....	69
5.2 Kılavuz Raylarda Eğilme Gerilmesi Hesabı .....	71
5.3 Kılavuz Raylarda Burkulma Gerilmesi Hesabı .....	72
5.4 Kılavuz Raylarda Birleşik Gerilmesi Hesabı .....	75
5.5 Kılavuz Ray Boynundaki Eğilme Gerilmesi Hesabı.....	76
5.6 Kılavuz Raylarda Sehım Hesabı.....	77
5.7 Kılavuz Raylarda İzin Verilen Gerilme ve Sehım Değerleri .....	80
<b>6. ALGILAYICILAR (SENSÖRLER).....</b>	<b>81</b>
6.1 Load Cell (Yük Hücresi) .....	82
6.1.1 Pankek (Pancake) yük hücresi .....	87
6.1.2 Donut yük hücresi .....	88
6.2 Deplasman (veya konum) Sensörleri .....	89
6.2.1 LVDT endüktif deplasman sensörü .....	89
6.2.2 DC/DC endüktif deplasman sensörü.....	92
<b>7. BAĞLAMA CİVATALARI.....</b>	<b>93</b>
7.1 Vidaların Özellikleri.....	93
7.2 Sürtünme .....	95
7.2.1 Genel tarif ve sınıflandırma .....	95
7.2.2 Kuru sürtünme.....	96
7.2.3 Sınır sürtünme .....	100
7.2.4 Kay-dur (stick-slip) olayı .....	101
7.3 Cıvata Bağlantısının Teorisi.....	102
7.3.1 Öngerilmeli ve öngerilmesiz cıvata bağlantısı.....	102
7.3.2 Sıkma (öngerilme) momenti .....	103
7.3.3 Kilitlenme (otoblokaj) koşulu .....	105
7.3.4 Cıvataların zorlanması .....	105
7.4 Öngerilme Teorisi .....	107
7.5 Vida Dişlerinin Zorlanması.....	113
7.6 Öngerilmeli Cıvataların Pratik Heap Yöntemi.....	114
7.7 Enine Kuvvete Maruz Kalan Cıvataların Pratik Hesap Yöntemi.....	117
7.7.1 Boşluklu monte edilen cıvatalar.....	117
7.7.2 Boşluksuz monte edilen cıvatalar .....	118
<b>8. SONLU ELEMANLAR ANALİZİ.....</b>	<b>119</b>
8.1 Sonlu Elemanlar Analizine Giriş.....	119
8.2 Sonlu Elemanlar Analiz Süreci .....	121
8.2.1 Sonlu eleman modellenmesi .....	121
8.2.2 Sonlu eleman çözümler .....	122
8.2.3 Son işleme (post processing).....	122
8.2.4 Uygulama alanları .....	122

<b>9. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>123</b>
9.1 Kılavuz Ray Gerilme ve Sehim Hesapları.....	123
9.1.1 Kılavuz ray bilgileri .....	124
9.1.2 Güvenlik tertibatı çalışması.....	125
9.1.2.1 Eğilme gerilmesi hesabı .....	125
9.1.2.2 Burkulma gerilmesi hesabı.....	126
9.1.2.3 Bileşik gerilmesi hesabı .....	127
9.1.2.4 Kılavuz ray boynundaki eğilme gerilmesi hesabı .....	127
9.1.2.5 Kılavuz ray sehim hesabı .....	128
9.1.3 Farklı değişken durumlarında yapılan hesaplamalar.....	128
9.2 Kılavuz Ray Bağlantıları İçin Tasarlanan Deney Düzenegi.....	128
9.2.1 Hidrolik deney tesisatının özellikleri .....	130
9.2.2 Taşıyıcı şase konstrüksiyon blok özellikleri .....	132
9.2.3 Deney düzeneginde kullanılan sensörler.....	137
9.2.3.1 Model 8524 çekme basma yük hücresi .....	138
9.2.3.2 LTH 350 kuvvet ölçüm bilezikleri .....	140
9.2.3.3 Model 8740 dc/dc endüktif deplasman sensörü .....	141
9.2.3.4 Model 9205 USB sensör arayüzü.....	143
9.2.4 Veri toplamada kullanılan programlar .....	146
9.2.4.1 DigiVision veri toplama ve kayıt yazılımı .....	146
9.2.4.2 Hidrolik ünitenin kumanda ve kontrol yazılımı .....	146
9.2.5 Deney düzenegi komple görünüşler .....	147
9.2.6 Deney düzeneginin çalışması .....	148
9.2.6.1 Üstten çekme-basma uygulaması ( $F_y$ kuvveti simülasyonu) .....	149
9.2.6.2 Yandan çekme-basma uygulaması ( $F_x$ kuvveti simülasyonu) .....	149
9.2.7 Konsol bağlantılarının yorumlanması .....	150
9.3 Halatlı Asansör Test Kulesi Çalışması .....	152
9.3.1 Test kulesi .....	152
9.3.2 Test koşulları .....	154
9.3.2.1 Test kabini boş durumu .....	156
9.3.2.2 Test kabini yüklü durum .....	156
9.3.3 Testin yapılışı .....	157
9.3.3.1 Test 1 .....	157
9.3.3.2 Test 2 .....	158
9.3.3.3 Test 3 .....	159
9.3.4 Test sonuçları .....	160
<b>10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>163</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>165</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>171</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>221</b>

## KISALTMALAR

<b>AYSAD</b>	: Asansör ve Yürüyen Merdiven Sanayicileri Derneği
<b>TS</b>	: Türk Standartları
<b>EN</b>	: Europeane Norm
<b>AT</b>	: Avrupa Topluluğu
<b>APM</b>	: Automated People Movers
<b>AC</b>	: Alternative current
<b>DC</b>	: Direct current
<b>ISO</b>	: International Organization for Standardization
<b>ASME</b>	: American Society of Mechanical Engineers
<b>DIN</b>	: Deutsches Institut für Normung
<b>BS</b>	: British Standart
<b>ANSI</b>	: American National Standards Institute
<b>UNI</b>	: Nazionale Italiano di Unificazione
<b>AFNOR</b>	: Association Française de Normalisation
<b>HB</b>	: Brinell Sertliği
<b>TSE</b>	: Türk Standartları Enstitüsü
<b>ISA</b>	: Instrument Society of Amerika
<b>LVDT</b>	: Linear Variable Differential Transformer
<b>EMF</b>	: Electric and Magnetic (electromagnetic) Fields
<b>SEA</b>	: Sonlu Elemanlar Analizi
<b>USB</b>	: Universal Serial Bus



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 3.1 : Kılavuz ray malzemeleri . . . . .	20
Çizelge 3.2 : Gerilme hesaplarında kullanılan emniyet katsayıları . . . . .	21
Çizelge 3.3 : Kılavuz ray ölçüleri [mm] . . . . .	25
Çizelge 3.4 : Kılavuz ray özellikleri . . . . .	25
Çizelge 3.5 : Çekme mukavemeti – yüzey sertlik değerleri . . . . .	26
Çizelge 3.6 : Rayların yüzey pürüzlülük değerleri, $R_a$ . . . . .	28
Çizelge 3.7 : Doğrusallık oranı . . . . .	30
Çizelge 3.8 : İzin verilen burkulma açısı değerleri . . . . .	31
Çizelge 3.9 : Ray sabitleme tırnağı boyutları [mm] . . . . .	39
Çizelge 3.10 : Bağlantı levhası özellikleri [mm] . . . . .	41
Çizelge 3.11 : Kılavuz ray hizalanmasında hassasiyet . . . . .	56
Çizelge 4.1 : Regülatör çalışma hızları [m/s] . . . . .	61
Çizelge 5.1 : Asansör kapasitelerine göre $s$ değerleri . . . . .	70
Çizelge 5.2 : Yük durumuna göre göz önüne alınacak yükler ve kuvvetler . . . . .	71
Çizelge 5.3 : Darbe katsayıları $k_1$ . . . . .	73
Çizelge 5.4 : Narinlik katsayısına göre $\omega$ değerleri . . . . .	75
Çizelge 5.5 : Kılavuz raylar için güvenlik katsayıları . . . . .	80
Çizelge 5.6 : İzin verilen gerilme değerleri . . . . .	80
Çizelge 7.1 : Cıvata somun sisteminde geçme sınıf ve tolerans kaliteleri . . . . .	95
Çizelge 7.2 : Titreşimli değişim durumunda civataya gelen kuvvet . . . . .	110
Çizelge 7.3 : Sistem eşdeğer rijitlik katsayı değerleri . . . . .	112
Çizelge 7.4 : Cıvata kalitesine göre $F_{\text{ön}}$ öngerilme kuvvetinin tayini . . . . .	112
Çizelge 7.5 : Civatalar için $\sigma_{cD}^* = \sigma_G$ değerleri . . . . .	117
Çizelge 9.1: Hidrolik deney tesisatının özellikleri . . . . .	131
Çizelge 9.2: Konstrüksiyon mesh özellikleri . . . . .	135
Çizelge 9.3 : Konstrüksiyon analiz sonuçları . . . . .	136
Çizelge 9.4 : Çekme basma yük hücresi teknik özellikleri . . . . .	139
Çizelge 9.5 : LTH 350 kuvvet ölçüm bileziği teknik özellikleri . . . . .	141
Çizelge 9.6 : Model 8740 deplasman sensörünün teknik özellikleri . . . . .	143
Çizelge 9.7 : 9205 USB çoklu sensör arayüzü teknik özellikleri . . . . .	144
Çizelge 9.8 : Boş kabin-mesnetlerde ortaya çıkan kuvvetler [N]. . . . .	162
Çizelge 9.9 : Yüklü (100%) kabin-mesnetlerde ortaya çıkan kuvvetler [N]. . . . .	162
Çizelge A. 1 : $\sigma = 370 \text{ N/mm}^2$ için ( $\lambda$ )'ya göre omega ( $\omega$ ) değerleri . . . . .	173
Çizelge A. 2 : $\sigma = 520 \text{ N/mm}^2$ için ( $\lambda$ )'ya göre omega ( $\omega$ ) değerleri . . . . .	174
Çizelge B. 1 : ( $l$ ), ( $X_Q$ ) ve ( $Q$ )'ya göre hesaplanan ( $F$ ), ( $\sigma$ ) ve ( $\delta$ ) değerleri . . . . .	175
Çizelge B. 2 : ( $l$ ), ( $X_Q$ ) ve ( $Q$ )'ya göre hesaplanan ( $F$ ), ( $\sigma$ ) ve ( $\delta$ ) değerleri . . . . .	176
Çizelge B. 3 : ( $l$ ), ( $X_Q$ ) ve ( $Q$ )'ya göre hesaplanan ( $F$ ), ( $\sigma$ ) ve ( $\delta$ ) değerleri . . . . .	177
Çizelge C. 1 : En büyük ve en küçük kabin alan değerleri . . . . .	179
Çizelge C. 2 : Kabin ölçülerine göre hesaplanan ( $F$ ), ( $\sigma$ ) ve ( $\delta$ ) değerleri . . . . .	181
Çizelge C. 3 : Kabin ölçülerine göre hesaplanan ( $F$ ), ( $\sigma$ ) ve ( $\delta$ ) değerleri . . . . .	182

<b>Çizelge D. 1</b> : Çelik civata ve somun malzemelerinin simgeleri .....	183
<b>Çizelge D. 2</b> : Metrik civatalar için ön-yük ve sıkma tork değerleri .....	184
<b>Çizelge E. 1</b> : HSA ankraj dübelin montaj bilgileri .....	185

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 : Flatiron binası (a) ve İstanbul Sapphire Tower (b) .....	1
Şekil 1.2 : Türkiye sismik risk haritası .....	3
Şekil 2.1 : Kullanım amacına göre sınıflandırma .....	6
Şekil 2.2 : İnsan-yük asansörü ve servis asansörü .....	7
Şekil 2.3 : Maden kuyusu asansörü .....	8
Şekil 2.4 : Yatay asansör .....	9
Şekil 2.5 : Konstrüksiyon ve tahrik yöntemine göre sınıflandırma .....	9
Şekil 2.6 : Redüktörlü asansör ve redüktörsüz asansör .....	10
Şekil 2.7 : Paternoster (sürekli çalışan) asansör .....	11
Şekil 2.8 : Hidrolik asansörler .....	12
Şekil 2.9 : Vidalı ve kremayerli asansörler .....	13
Şekil 2.10 : Eğimli (tırmanan) asansörler .....	13
Şekil 2.11 : Kumanda sistemine göre asansörler .....	13
Şekil 2.12 : Hızlarına göre asansörler .....	14
Şekil 2.13 : Asansör tesisinin genel bölümleri .....	16
Şekil 3.1 : Asansör kılavuz rayları .....	19
Şekil 3.2 : Rayın hammadde ve sıcak haddeleme üretim aşamaları .....	22
Şekil 3.3 : Rayın soğuk çekme ve talaşlı imalat üretim aşamaları .....	23
Şekil 3.4 : Asansör kılavuz ray görünüşleri .....	24
Şekil 3.5 : Paraşüt sistemi üzerinde oluşan kuvvetlerin düzeni .....	27
Şekil 3.6 : Dengesiz frenleme kuvvetleri nedeniyle raydan çıkma durumu .....	27
Şekil 3.7 : Farklı kalınlıktaki ray birleşiminde paraşüt fren sistemi .....	29
Şekil 3.8 : İki kılavuz rayın montajı .....	29
Şekil 3.9 : Hatalı merkezlenmiş ray birleşiminde paraşüt fren sistemi .....	30
Şekil 3.10 : Kılavuz ray doğrusallığı .....	31
Şekil 3.11 : Kılavuz ray boynundaki burkulma .....	31
Şekil 3.12 : Kılavuz ray, ray konsolu, ray sabitleme tırnağı bağlantısı .....	32
Şekil 3.13 : Kılavuz ray konsolları .....	33
Şekil 3.14 : Farklı tiplerde kılavuz ray-konsol bağlantıları .....	34
Şekil 3.15 : Çelik yükleme ek parçası .....	36
Şekil 3.16 : Çelik yükleme ek parçası ile gerçekleştirilmiş konsol bağlantısı .....	36
Şekil 3.17 : Beton yapıda konsol bağlantı düzeneğinin oluşturulması .....	37
Şekil 3.18 : Çeşitli tiplerde ray sabitleme tırnakları .....	39
Şekil 3.19 : Farklı tip tırnaklarla ray bağlantısı .....	39
Şekil 3.20 : Ray sabitleme tırnağının temel boyutları .....	39
Şekil 3.21 : İki rayın bağlantı levhalarıyla birbirine montajı .....	40
Şekil 3.22 : Kılavuz ray bağlantı levhası .....	41
Şekil 3.23 : Kılavuzlamada kullanılan patenler .....	42
Şekil 3.24 : Tekerlekli paten-ray montajı .....	43
Şekil 3.25 : Dökme-yerleştirme ankraj tipleri .....	44

Şekil 3.26 : Yapıştırma kuvvetlerinin gösterimi .....	45
Şekil 3.27 : Sürtünme kuvvetlerinin gösterimi .....	46
Şekil 3.28 : Anahtarlama kuvvetlerinin gösterimi .....	46
Şekil 3.29 : Hilti kartuşlu yapıştırıcı sistemi.....	46
Şekil 3.30 : Hilti kwik bolt tz mekanik ankraj sistemi.....	47
Şekil 3.31 : Kılavuz ray bağlantılarının yerleşimi .....	47
Şekil 3.32 : Kılavuz ray bağlantılarının yerleşimi .....	48
Şekil 3.33 : Kuyu içerisine yerleştirilen kılavuz ray ve bağlantıları.....	48
Şekil 3.34 : Kabin ve karşı ağırlık konstrüksiyonu.....	50
Şekil 3.35 : Asansör tahrik sistemi .....	51
Şekil 3.36 : Kılavuz rayların konumu .....	52
Şekil 3.37 : Kılavuz rayların hızlanması.....	54
Şekil 3.38 : Kılavuz rayların yerleştirilmesi .....	54
Şekil 3.39 : Kılavuz ray birleşim yeri düzgünlükleri .....	56
Şekil 3.40 : Özellikle eksantrik kılavuzlanmış kabinlerde ray deformasyonu .....	57
Şekil 4.1 : Güvenlik sistemi .....	59
Şekil 4.2 : Hız regülatörünün çalışma prensibi.....	60
Şekil 4.3 : Çift sarkaçlı regülatör .....	62
Şekil 4.4 : Savrulma ağırlıklı hız regülatörü.....	63
Şekil 4.5 : Dynatech regülatör sistemi .....	63
Şekil 4.6 : Ani olarak etki eden paraşüt tertibatları .....	65
Şekil 4.7 : Ani frenlemeli tampon etkili güvenlik tertibatı .....	66
Şekil 4.8 : Kaymalı paraşüt tertibatı .....	67
Şekil 5.1 : Paraşüt sisteminin etkisi ile oluşan kuvvetler.....	73
Şekil 5.2 : Kılavuz ray eksenleri ve ray boyun genişliği .....	76
Şekil 5.3 : Kılavuz ray üzerine etki eden kılavuz kuvvetleri .....	77
Şekil 5.4 : Kabin kılavuz ray hesaplarında kullanılan boyutlar .....	78
Şekil 6.1 : Cisimlerin uygulanan kuvvet ile şekil değiştirmesi.....	83
Şekil 6.2 : Yük hücresi prensip şeması .....	83
Şekil 6.3 : Yük hücresi elemanları.....	84
Şekil 6.4 : Yay elemanın davranışı .....	84
Şekil 6.5 : Yük hücresi yay elemanının davranışı .....	85
Şekil 6.6 : Strain gauge (gerinim pulu).....	85
Şekil 6.7 : Strain gagenin çalışma prensibi.....	86
Şekil 6.8 : Strain gagenin yay eleman üzerindeki durumu .....	86
Şekil 6.9 : Load cell (Yük hücresi) örnekleri.....	87
Şekil 6.10 : Pankek (Pancake) tipi yük hücresi örnekleri .....	88
Şekil 6.11 : Pankek tipi yük hücresinin çekme plakası ile kullanımı .....	88
Şekil 6.12 : Donut tipi yük hücresi örnekleri.....	88
Şekil 6.13 : LVDT (Linear Variable Differential Transformer) yapısı .....	89
Şekil 6.14 : LVDT prensip şeması.....	90
Şekil 6.15 : LVDT genlik çıkış ve faz diyagramı .....	90
Şekil 6.16 : LVDT kullanım alanları .....	91
Şekil 6.17 : Faz değişim diyagramı ve prensip şeması-sıfır konumu .....	92
Şekil 6.18 : Faz değişim diyagramı ve prensip şeması-uc konumlar.....	92
Şekil 7.1 : Somun ve civata .....	93
Şekil 7.2 : Helis ve helis açılımı .....	93
Şekil 7.3 : Sürtünme çeşitleri a. Kuru b. Sınır c. Sıvı.....	96
Şekil 7.4 : Sürtünme karakteristiği .....	97
Şekil 7.5 : Kuru sürtünme halinde yüzeylerin durumu .....	99

Şekil 7.6 : Mikro kaynakların oluşumu .....	99
Şekil 7.7 : Sınır sürtünmesi.....	100
Şekil 7.8 : Kay-dur olayına ait model.....	102
Şekil 7.9 : Öngerilmeli civata bağlantısı ve somun alın yüzey sürtünmesi.....	102
Şekil 7.10 : Sıkma ve çözme momenti .....	103
Şekil 7.11 : Öngerilme teorisine ait şema.....	107
Şekil 7.12 : Civata ve sıkılan parçaların karakteristikleri.....	107
Şekil 7.13 : Üçgen ön gerilme diyagramı .....	108
Şekil 7.14 : Esnek civatalar ve bunların etkileri .....	111
Şekil 7.15 : Contalı bağlama.....	111
Şekil 7.16 : Civata ile sıkılan parçaların rijitliği.....	113
Şekil 7.17 : Vida dişlerinin yük dağılımı ve zorlanması .....	113
Şekil 7.18 : Civataların yorulma mukavemeti .....	116
Şekil 7.19 : Enine kuvvete zorlanan civatalar .....	117
Şekil 8.1 : Sonlu eleman örnekleri.....	120
Şekil 8.2 : Üç boyutlu sonlu eleman mesh (ağ) örneği.....	121
Şekil 9.1 : T90/B işlenmiş kılavuz ray kesiti ve ölçüleri.....	124
Şekil 9.2 : x eksenî üzerindeki yük dağılımı .....	125
Şekil 9.3 : Test düzeneği prensip şeması .....	129
Şekil 9.4 : Helisel dişli pompa.....	130
Şekil 9.5 : Hidrolik tahrik ünitesi .....	131
Şekil 9.6 : Hidrolik deney tesisatı hidrolik devre şeması .....	132
Şekil 9.7 : Deney tesisatı konstrüksiyonun yükleme ve mesnet durumu. ....	133
Şekil 9.8 : Üç boyutlu dörtyüzlü eleman (tetrahedral elements) modeli.....	135
Şekil 9.9 : Konstrüksiyon statik yükleme-gerilme analizi.....	135
Şekil 9.10 : Konstrüksiyon statik yükleme-deformasyon analizi. ....	136
Şekil 9.11 : Test düzeneği prensip şemasında sensör yerleşimi .....	137
Şekil 9.12 : Model 8524 çekme-basma yük hücresi.....	138
Şekil 9.13 : Model 8524 yük hücresi boyutları .....	138
Şekil 9.14 : Futek LTH 350 Model kuvvet ölçüm bileziği.....	140
Şekil 9.15 : Model LTH 350 kuvvet ölçüm bilezik boyutları.....	140
Şekil 9.16 : DC/DC endüktif deplasman sensör çeşitleri .....	141
Şekil 9.17 : Model 8740 deplasman sensörünün boyutları.....	142
Şekil 9.18 : 9205 USB çoklu sensör arayüzü .....	144
Şekil 9.19 : DigiVision veri toplama ve kayıt programı.....	146
Şekil 9.20 : Deney düzeneği ön ve yan görünüşleri. ....	147
Şekil 9.21 : Deney düzeneği sol ve sağ izometrik görünüşleri.....	147
Şekil 9.22 : Deney düzeniğinde $F_y$ kuvveti simülasyon uygulaması.....	149
Şekil 9.23 : Deney düzeniğinde $F_x$ kuvveti simülasyon uygulaması.....	149
Şekil 9.24 : İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuvarı Asansör Test Kulesi .....	152
Şekil 9.25 : Deney düzeneği kabin çelik karkası ve dolgu ağırlık.....	153
Şekil 9.26 : Veri toplama sistemi prensip şeması.....	154
Şekil 9.27 : Kabin deney düzeneği yükleme durumları.....	154
Şekil 9.28 : Kılavuz ray bağlantı konsol eleman boyutları.....	155
Şekil 9.29 : Kılavuz ray bağlantı detayları ve yük hücresi montajı.....	155
Şekil 9.30 : Boş kabin yükleme durumu.....	156
Şekil 9.31 : Dolu kabin yükleme durumu.....	156
Şekil 9.32 : Test-1 bilezik yük hücresi montajı.....	157
Şekil 9.33 : Bilezik yük hücresi test-1 montaj görüntüsü.....	157
Şekil 9.34 : Test-2 bilezik yük hücresi montajı.....	158

Şekil 9.35 : Bilezik yük hücresi test-2 montaj görüntüsü.....	158
Şekil 9.36 : Test-3 bilezik yük hücresi montajı.....	159
Şekil 9.37 : DigiVision programı ölçme modu görüntüsü.....	159
Şekil 9.38 : Kılavuz ray üzerine etkiyen kuvvetler.....	161
Şekil E. 1 : Kullanımdaki ankraj dübelin gösterimi .....	185
Şekil F. 1 : GR28 helisel dişli pompanın akış performansı .....	187
Şekil F. 2 : GR28 helisel dişli pompanın güç-moment performansı .....	187
Şekil G. 1 : Taşıyıcı şase konstrüksiyon blok teknik resmi.....	189
Şekil G. 2 : Model 8524 yük hücresi bağlantısı montaj resmi. ....	190
Şekil G. 3 : Model 8524 yük hücresi uzatma parçası teknik resmi. ....	191
Şekil G. 4 : Model 8524 yük hücresi pull plate parçası teknik resmi.....	192
Şekil G. 5 : Ara uzatma parçası teknik resmi. ....	193
Şekil G. 6 : Ray bağlantı parçası teknik resmi. ....	194
Şekil G. 7 : Ray bağlantı pernosu teknik resmi. ....	195
Şekil G. 8 : Hidrolik ünite yan bağlama alt plakası teknik resmi. ....	196
Şekil G. 9 : Model 8740 sensör bağlantı parçası teknik resmi. ....	197
Şekil G. 10 : Model 8740 sensör mili bağlantı parçası teknik resmi.....	198
Şekil G. 11 : Rod end bağlantı parçası teknik resmi. ....	199
Şekil G. 12 : Konsol alt bağlantı pleyti teknik resmi.....	200
Şekil H. 1 : Boş kabin durumu, test 1, 2000 N, C2 sensör okuması.....	201
Şekil H. 2 : Boş kabin durumu, test 1, 2000 N, C1 sensör okuması.....	201
Şekil H. 3 : Boş kabin durumu, test 1, 2500 N, C2 sensör okuması.....	202
Şekil H. 4 : Boş kabin durumu, test 1, 2500 N, C1 sensör okuması.....	202
Şekil H. 5 : Boş kabin durumu, test 1, 3000 N, C2 sensör okuması.....	203
Şekil H. 6 : Boş kabin durumu, test 1, 3000 N, C1 sensör okuması.....	203
Şekil H. 7 : Boş kabin durumu, test 2, 2000 N, C2 sensör okuması.....	204
Şekil H. 8 : Boş kabin durumu, test 2, 2000 N, C1 sensör okuması.....	204
Şekil H. 9 : Boş kabin durumu, test 2, 2500 N, C2 sensör okuması.....	205
Şekil H. 10 : Boş kabin durumu, test 2, 2500 N, C1 sensör okuması.....	205
Şekil H. 11 : Boş kabin durumu, test 2, 3000 N, C2 sensör okuması.....	206
Şekil H. 12 : Boş kabin durumu, test 2, 3000 N, C1 sensör okuması.....	206
Şekil H. 13 : Boş kabin durumu, test 3, 2000 N, C2 sensör okuması.....	207
Şekil H. 14 : Boş kabin durumu, test 3, 2000 N, C1 sensör okuması.....	207
Şekil H. 15 : Boş kabin durumu, test 3, 2500 N, C2 sensör okuması.....	208
Şekil H. 16 : Boş kabin durumu, test 3, 2500 N, C1 sensör okuması.....	208
Şekil H. 17 : Boş kabin durumu, test 3, 3000 N, C2 sensör okuması.....	209
Şekil H. 18 : Boş kabin durumu, test 3, 3000 N, C1 sensör okuması.....	209
Şekil H. 19 : Dolu kabin durumu, test 1, 2000 N, C2 sensör okuması.....	210
Şekil H. 20 : Dolu kabin durumu, test 1, 2000 N, C1 sensör okuması.....	210
Şekil H. 21 : Dolu kabin durumu, test 1, 2500 N, C2 sensör okuması.....	211
Şekil H. 22 : Dolu kabin durumu, test 1, 2500 N, C1 sensör okuması.....	211
Şekil H. 23 : Dolu kabin durumu, test 1, 3000 N, C2 sensör okuması.....	212
Şekil H. 24 : Dolu kabin durumu, test 1, 3000 N, C1 sensör okuması.....	212
Şekil H. 25 : Dolu kabin durumu, test 2, 2000 N, C2 sensör okuması.....	213
Şekil H. 26 : Dolu kabin durumu, test 2, 2000 N, C1 sensör okuması.....	213
Şekil H. 27 : Dolu kabin durumu, test 2, 2500 N, C2 sensör okuması.....	214
Şekil H. 28 : Dolu kabin durumu, test 2, 2500 N, C1 sensör okuması.....	214
Şekil H. 29 : Dolu kabin durumu, test 2, 3000 N, C2 sensör okuması.....	215
Şekil H. 30 : Dolu kabin durumu, test 2, 3000 N, C1 sensör okuması.....	215
Şekil H. 31 : Dolu kabin durumu, test 3, 2000 N, C2 sensör okuması.....	216

<b>Şekil H. 32</b> : Dolu kabin durumu, test 3, 2000 N, C1 sensör okuması.....	216
<b>Şekil H. 33</b> : Dolu kabin durumu, test 3, 2500 N, C2 sensör okuması.....	217
<b>Şekil H. 34</b> : Dolu kabin durumu, test 3, 2500 N, C1 sensör okuması.....	217
<b>Şekil H. 35</b> : Dolu kabin durumu, test 3, 3000 N, C2 sensör okuması.....	218
<b>Şekil H. 36</b> : Dolu kabin durumu, test 3, 3000 N, C1 sensör okuması.....	218
<b>Şekil H. 37</b> : Dolu kabin yukarı çıkış, test 2, 3000 N, C2 sensör okuması. ....	219
<b>Şekil H. 38</b> : Dolu kabin yukarı çıkış, test 2, 3000 N, C1 sensör okuması. ....	219
<b>Şekil H. 39</b> : Dolu kabin aşağı iniş, test 2, 3000 N, C2 sensör okuması. ....	220
<b>Şekil H. 40</b> : Dolu kabin aşağı iniş, test 2, 3000 N, C1 sensör okuması. ....	220



## KOMPLE RAY BAĞLANTI SİSTEMİNİN DENEYSEL GERİLME ANALİZİ

### ÖZET

Şehirleşme ve çok katlı binaların artması ile birlikte asansörlerin günlük hayatımız içindeki önemi artmış ve düşey transport sistemlerinde kullandığımız vazgeçilmez bir ulaşım aracı haline gelmiştir.

Asansör sistemleri bir çok elemandan meydana gelmektedir. Güvenli ve konforlu bir seyahat sağlamak bakımından asansör sistemlerinde kullanılan kılavuz raylar ile kılavuz rayları kuyu duvar yüzeyine sabitlemek ve kılavuz rayların doğrusallığını sağlamak için kullanılan ray konsolları ve sabitleme tırnakları, komple ray bağlantı sisteminin en temel elemanlarını oluşturmaktadır.

Kılavuz raylar bu asansör sistemlerinin emniyet açısından en önemli elemanlarıdır. Kılavuz ray ve ray bağlantı elemanlarının bu asansör sistemindeki temel fonksiyonları; düşey hareket boyunca asansör kabini ve karşı ağırlığı kılavuzlayarak yapıya sabitlemek, kabinin yatay hareketlerini mümkün olduğunca en aza indirmek, kabin içinde düzensiz yüklemelerden dolayı meydana gelen merkezden kaçık yükleme durumu için hareket güçlüklerini ve sarsıntıları önlemek, ve ayrıca tehlike durumunda devreye giren paraşüt sistemi ile güvenli duruşu sağlamak ve kabini durdurmaktadır.

Asansör kabininin seyahati esnasında ve paraşüt sisteminin devreye girmesi durumunda kılavuz raylar ve ray bağlantı elemanları üzerinde kuvvetler oluşmaktadır. Özellikle emniyet freni işletimi esnasında, kılavuz rayların uygun şekilde monte edilmediği durumlarda kılavuz ray konsolları çok yüksek yüklere maruz kalacaktır. Bu kuvvetler kılavuz raylar ve ray bağlantı elemanları üzerinde eğilme ve burkulma (veya çekme) gerilmelerine neden olmaktadır.

Güvenlik mekanizmasının çalışması durumunda veya çevresel faktörlerden kaynaklanan, asansör kabin patenlerinden kılavuz raylar üzerine gelen dinamik yüklerin, sistem tarafından karşılanması veya öngörülen minimum hasar ile ekstrem durumun aşılması amacı hedeflenmektedir.

Literatürdeki önceki çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların genellikle kılavuz raylar, konsollar ve sabitleme tırnaklarının bilgisayar ortamında gerilme ve sehim analizlerinin yapılması ile sınırlı kaldığı görülmüştür. Fakat bu çalışmada kılavuz rayların farklı kullanım durumları ve farklı yükleme halleri için TS EN 81-1-A3 standartlarına göre sayısal hesaplamaları yapılmıştır. Daha sonra laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneyler ile kılavuz ray, konsollar ve tırnakların üzerinde oluşan gerilmeler ve deformasyonlar incelenmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Bu çalışmada, ilk olarak, asansör tanımlamaları, çeşitleri ve asansör donanımları detaylı olarak anlatılmış, güvenlik mekanizmasının çalışması durumundaki kılavuz ray gerilme hesaplamalarına yer verilmiştir. Daha sonra ölçme ve kontrol için kullanılan sensör özellikleri ve temel prensipleri açıklanmıştır. Bağlantı elemanlarının teorik esasları ayrıntılı olarak verilmiş, ve sonlu elemanlar metodu

konusuna kısaca değinilmiştir. Son olarak, kılavuz raylar ve komple bağlantı sistemi hakkında yapılan çalışmalar, analizler ve deneyler detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

İTÜ Makine Fakültesi Asansör Teknolojileri Laboratuvarı'nda asansör kılavuz raylarının deneysel gerilme analizleri ve sonlu elemanlarla modelleme ve similasyon çalışmaları neticesinde elde edilen bilgi birikimi ve HILTI firmasından Dr. Michael Merz tarafından sunulan kapsamlı bildirimlerde yer alan bir deney düzeneği, deneysel bir çalışma yapılarak statik ve dinamik yükler altında asansör konsolları ve bağlantılarının davranışlarının incelenmesi fikrini doğurmuştur.

Asansör sisteminin en temel elemanlarını oluşturan bu parçaların değişik yükleme durumlarındaki davranışlarının incelenmesi, gözlemlenmesi ve alınacak yeni konstrüktif tedbirlerin araştırılması maksadı ile bir deney düzeneği tasarlanmış ve kurulmuştur. Bu deney düzeneği ile yapılan deneyler ile asansör sisteminin temel elemanları hakkında elle tutulur somut verilerin elde edilmesi hedeflenmiştir.

Kılavuz ray konsolları ve bağlantıları ile ilgili deneysel çalışması için imkanlarımız dahilinde deney tesisatı tasarlanmış, sponsor firmaların destek ve katkıları ile kurulmuştur. Tasarlanan deney tesisatı, çeşitli kılavuz ray konsolları ve bağlantıları ile ilgili gelecekte daha kapsamlı araştırma ve inceleme yapılmasına ve uygunluk raporlarının verilmesine imkan sağlayacak niteliklere sahip olmasına çalışılmıştır.

Bu deney düzeneği, çalışmada kullanılacak deneysel elemanların bağlandığı taşıyıcı şase konstrüksiyon blok, uygulanacak değişken yükleri sağlayan bir hidrolik tahrik ünitesi, kontrol-kumanda ünitesi ve sensörler olmak üzere dört ana yapıdan oluşmaktadır.

Deneysel elemanların bağlandığı taşıyıcı şase konstrüksiyon blok, St37 malzemeden T90 kılavuz ray profillerin kaynaklı birleştirilmesi suretiyle oluşturulmuş bir yapıdır. Taşıyıcı şase konstrüksiyonun tasarım aşamasında sonlu elemanlar analizi yönteminden yararlanılmıştır.

Hidrolik tahrik ünitesi, asansör kabininin çalışması esnasında sisteme uyguladığı yüklerin simüle edilmesi için, yani sistemde oluşan çekme ve kesme yüklerini doğrudan kılavuz ray üzerine uygulanması için tasarlanmış bir güç ünitesidir.

Kontrol-kumanda ünitesi, deney esnasında sisteme uygulanması istenen gerekli yük kombinasyonları sağlamak için hidrolik donanım elemanlarını kontrol ederek kaynakları gerekli birimlere yönlendirme görevi görmektedir. Bunun için özel hazırlanmış windows tabanlı pc uygulama programı kullanılmaktadır.

Deney düzeneğinde kullanılan sensörler, yük ölçüm sensörleri ve deplasman sensörleri olmak üzere iki çeşittir. Yük ölçüm sensörleri, çekme-basma yük hücresi ve kuvvet ölçüm bileziklerinden oluşmaktadır. Yük ölçüm sensörleri deney sırasında uygulanacak ve ortaya çıkacak yüklerin ayarlanması, ölçülmesi ve kayıt edilmesi için kullanılır. Konsol bağlantı sisteminin, uygulanan yükler sırasında yapacağı izafi hareketlerinin yani yer değişimlerinin ölçülmesi ve kaydedilmesi, üst konsol ve zemin arasına yerleştirilmiş DC/DC deplasman sensörü ile yapılmaktadır.

Sensörlerden alınan verilerin PC ortamına aktarılması için Model 9205 USB sensör arayüzü cihazı kullanılmaktadır. Bu sensör arayüz cihazı 16 bit'e kadar çözünürlük ve saniyede 2500 adet ölçüme imkan vermektedir. Sensörlerden gelen verilerin toplanması ve kayıt edilmesi için aynı anda 16 adet ölçme yapabilen DigiVision yazılımı kullanılmaktadır. 16 arayüz çıktı eğrileri aynı anda görüntülenebilmektedir.

Ayrıca bu çalışmada, örnek bir asansör projesi referans alınarak kılavuz raylar ve ray konsolları incelenmiştir. Kılavuz rayların gerilme ve sehim hesaplamaları analitik yöntemle yapılırken, rayları asansör kuyu duvarına mesnetlemeye yarayan ray konsollarına gelen yükler deneysel olarak incelenmiştir.

Örnek asansör projesi referans alınarak yapılan analitik hesaplamalarda, incelenen T90/B kılavuz ray profilinin, güvenlik mekanizmasının devreye girmesi durumunda ve merkezden kaçık yükleme durumunda, asansör sistemindeki görevini izin verilen emniyet gerilme ve sehim değerlerinin altında güvenli bir şekilde yerine getirip getirmediği araştırılmıştır. Bununla birlikte kılavuz ray konsolları arasındaki mesafeler ve merkezden kaçık yükleme durumları değiştirilerek analitik hesaplar tekrarlanmış ve sonuçlar çizelge halinde verilmiştir.

Bu çalışmada ayrıca, komple kılavuz ray bağlantı sisteminin deneysel gerilme analizi için tasarlanan deney düzeneğinde kullanılan ölçme donanımı, İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuvarı'nda mevcut test kulesindeki T90/B kılavuz ray ve bağlantı elemanlarına uygulanarak deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu testte mevcut sensörler ve veri toplama sistemi kılavuz ray bağlantı elemanlarına bağlanarak, asansör test kabininin değişik yükleme durumları incelenerek bağlantı elemanlarından gerçek veriler elde edilmiştir. Yapılan tez çalışması sonunda, Merz'in çıkarımları (sonuçları) deneysel olarak ispatlanmıştır.

Testler, mühendis ve teknisyenlerin eğitimlerinin yanısıra, asansör ekipmanlarının özellikle asansör kılavuz raylarının ve emniyet freni mekanizmalarının testlerinde kullanılan ve İTÜ Asansör Teknolojileri Labaoratuvarı'nda mevcut 7,3 m yüksekliğindeki test kulesinde gerçekleştirilmiştir. Testlerde amaç asansör kabininin farklı yükleme durumları altında kılavuz ray bağlantı elemanlarına ve mesnetlere gelen kuvvetlerin deneysel olarak incelenmesi ve sonuçların yorumlanmasıdır.

Yapılan testlerde 8 kişilik asansör kabininin boş ve yüklü (%100 dolu) durumları için araştırılmıştır. Boş ve yüklü asansör kabin durumlarını temin etmek için kabin sepetlerine çelik döküm ağırlıklar kullanılmıştır. Bu deneyde kullanılan kılavuz rayların test kulesine yapılan bağlantılarında St37 malzemeden imal edilmiş açılı konsol elemanlarından yararlanılmıştır. Testlerde sonuçlar kılavuz ray bağlantı elemanları (bağlantı tırnakları) üzerine yerleştirilen bilezik tipi (donut) yük hücreleri ile alınmıştır.

Ayrıca sismik bölgelerde kurulacak asansör sistemleri için kılavuz ray bağlantı sistemlerinde kullanılan konsol ve bağlantı elemanları ile ilgili olarak yapılan incelemeler doğrultusunda tavsiyelerde bulunulmuştur.

Malzemelerin ve yapısal sistemlerin yük altındaki davranışı mühendisliğin en önemli konularından biridir. Söz konusu malzemenin veya yapısal sistemin servis ömrü boyunca tahmin edilen yük altında arıza yapmayacak şekilde tasarlanması hayati önem taşımaktadır. Yapısal sistemlerin analizi karmaşıktır ancak modern yapısal sistemlerin optimizasyonu ve tasarımı için önemli bir basamaktır.

Bu asansör teknik sisteminin ve bunları oluşturan elemanların işe yaramama durumları rasyonel bir şekilde ele alınmış ve konstrüktif açıdan bir perspektif sağlamaya çalışılmıştır.

Literatürde bu konuda, özellikle komple ray bağlantı sistemi ile ilgili olarak, yeterli sayıda ve kapsamda deneysel çalışma mevcut değildir. Bu çalışmada, daha önce yapılan bazı çalışmalar temel alınarak varolan eksikliklerin kapatılması hedeflenmiştir.



## **EXPERIMENTAL STRESS ANALYSIS OF COMPLETE RAIL FASTENING SYSTEMS**

### **SUMMARY**

With the increase of urbanization and high-rise buildings, the importance of elevators has increased in our daily lives and the elevators have become an essential transportation vehicle, which are used for vertical transportation.

Elevator systems are composed of many elements. Guide rails which are used in elevator systems in terms of providing safe and comfortable travel, rail brackets and steel clips which are used for fixing guide rails to shaft wall and provide the linearity of the guide rails, are the essential elements of the complete rail fastening system.

Guide rails are, for safety reasons, the most important element of elevator systems. The basic functions of the guide rails and rail fasteners in the elevator system are to guide the elevator car and counterweight in their vertical travel, to minimize the horizontal movement of the car as much as possible, to prevent tilting of the car due to eccentric load, and also to provide safe stance and to stop the car with parachute system which is activated in case of danger.

Forces occur during the elevator car travel and in the event of activation of parachute system on the guide rails and rail fasteners. When guide rails are not mounted properly, especially during the operation of the safety brake, guide rail brackets will be subjected to very high loads. These forces on the guide rails and rail fasteners lead to bending and buckling (or tensile) stresses.

Caused by environmental factors or in case of safety gear operation, the dynamic loads on the guide rails which come from guide shoes of elevator cabin, is to be absorbed by the system or with minimum projected damage is to overcome the extreme situation by the system, is aimed.

Review of literature about the topic shows that studies related with stress and deflection analysis of guide rails, brackets and steel clips generally remained limited to the computer environment. However, in this study, numerical calculations were made according to TS EN 81-1-A3 standards for different loading states and different use cases of the guide rails. Next, stresses and deformations occurring on the guide rails, brackets and steel clips, are examined by experiments carried out in the laboratory and the results are interpreted.

In this study, firstly, the elevator definitions, types, and elevator equipment are described in detail, and guide rail stress calculations are given in the case of operation of the security mechanism. Then the sensor is used to measure and control the features and the basic principles are described. The theoretical principles of fasteners are given in detail and the subject of the finite element method is briefly mentioned. Finally, studies, analyses and tests on guide rails and complete rail fastening system are described in detail.

Idea of examining the behavior of elevator brackets and its connections under static and dynamic loads with an experimental study emerged from knowledge that obtained as a result of experimental stress analysis of elevator guide rails and finite element modeling and simulation studies in the Elevator (Lift) Technologies Laboratory, ITU Faculty of Mechanical Engineering, and an experimental set that is submitted by Dr. Michael from HILTI firm in the comprehensive articles.

Those parts that make up the basic elements of the elevator system, examination of the behavior of the different load cases, monitoring and new constructive measures to be taken to investigate an experimental set was designed and installed for the purpose. Experiments to be made by using this experimental set, with the basic elements of the elevator system is aimed to obtain tangible concrete data.

For an experimental study on the guide rail brackets and its connections, possibilities within the experimental set system was designed and established with the support and contributions of the sponsor companies. The experimental set, designed, which was tried to have the qualities that will allow for compliance reports and research and investigation to be made more comprehensive in the future on a variety of guide rail brackets and its connections.

This experimental set system consists of four main structures. These are carrier structural frame that is used to connect the elements to be tested in experimental studies, hydraulic power unit that provides variable loads to be applied, control-drive unit and sensors.

The carrier structural frame, is used to connect the experimental elements, which is made of St37 material, is a structure formed by the method of welding using profiles from T90 guide rails. Finite element analysis method was used at the design stage of the carrier structural frame.

Hydraulic power unit designed to simulate elevator car loads applied during operation of an elevator system, namely designed for the application of tensile and shear loads of an elevator system directly on the guide rail unit.

Control-drive unit ensures that desirable the necessary load combinations to apply to the system during testing and resources are directed to the required units by checking the hydraulic hardware elements. It is used a specially crafted application program Windows based pc to do this.

There are two types of sensors used in the experimental set. These are load measurement sensors and displacement sensors. And load measurement sensors are divided into two categories, which these are tension and compression load cell and donut load cell. Load measurement sensors that will arise during the test loads to be applied and adjusted, is used to measure and record. Bracket connection system will make displacements or relative movements under the loads applied during tests. DC/DC displacement movement sensors, are used to measure and to record the relative movement, are placed between upper bracket and structural frame table.

Model 9205 USB sensor interface device is used to transfer data from sensors to the PC environment. Model 9205 USB sensor interface device has 16-bit resolution and allows up to 2500 measurements per second. DigiVision software, that capable of 16 measurements at the same time, is used to collect and to record data from sensors. This 16 interface output curves can be viewed simultaneously.

Also in this study, elevator guide rails and rail brackets examined with reference to an example project of an elevator. Stress and deflection calculations guide rails were performed by the analytical method. Loads on rail brackets and its connections, that for fixing guide rails to wall of the elevator shaft, studied experimentally.

In the analytical calculations with reference to the elevator project example, T90/B guide rail profile examined, was investigated under allowable stress and deflection values of safety at the task of elevator system in the event of activation of parachute system on the guide rails and in the case of eccentric loading. At the same time, analytical calculations were repeated by changing the distances between the guide rail brackets and by changing eccentric loading conditions. Thus the results are given in a table.

In this study experimental studies were also conducted using the measurement equipment, which is used in experimental set was designed for experimental stress analysis of complete guide rail fastening systems, was connected to the T90/B guide rails and its fasteners at the test tower in the Elevator (Lift) Technologies Laboratory, ITU Faculty of Mechanical Engineering. In this test, available sensors and data acquisition system connected to the guide rail fasteners, then from the connection elements the real data were obtained by examining different loading conditions of the elevator test cabin. At the end of the thesis study, Merz's inferences (results) has been proved experimentally.

Tests were carried out in the test tower, 7.3 m high, especially is used for testing elevator equipment, elevator guide rails and the safety brake mechanisms, as well as training of engineers and technicians available in the ITU Elevator Technologies Laboratory. The purpose of the tests is to investigate the forces from the guide rail fasteners and brackets under different loading conditions of elevator cabin and interpret the results as experimentally.

In the test, 8-person elevator cabin with empty and loaded (100% full) cases were investigated. Steel casting weights were used in the elevator cabin frame to ensure empty and full status. Angular brackets elements were used in the connections of the guide rails in this experiment. And angular brackets elements, made of St37 material, were utilized at the test tower. Test results were taken from the ring type (donut) load cells placed on guide rail fasteners (steel clips).

In addition to the guide rail connection system for elevator systems to be established in seismic regions and connection elements to be used in connection with brackets recommendations were made in accordance with the views.

One of the most important topics in engineering is materials and structural systems behavior under load. Throughout the service life of the structural system designed to not break down under estimated load is vital importance. Structural systems analysis is complex, but important step for optimization and design of modern structural systems.

Elevator technical system and its components' inefficiency situations are discussed in a rational way and a constructive point of view is attempted to provide.

In the literature on this issue, particularly with respect to the complete rail fastening system, experimental study is not available in sufficient number and scope. This study, based on some previous studies, aimed to close the existing gaps.



## 1. GİRİŞ

Asansör, insanları ve yükleri bir kabin içinde bir düzeyden başka bir düzeye taşımaya yarayan, elektrikle çalışan sistemler olarak bilinmektedir [01,02]. 19'uncu yüzyıl başlarında özellikle Amerika'da yüksek binaların yapımı ile başlayan asansör uygulamaları ve teknolojileri, binalardaki yoğun insan trafiğine cevap verecek şekilde ve son derece hızlı çalışan asansörlerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır [02]. 1902 yılında inşa edilmiş olan New York'taki Flatiron binası yükselen şehir silüetinin bir örneği olmuştur (**Şekil 1.1.a**) [03].



(a)



(b)

**Şekil 1.1** : Flatiron binası (a) ve İstanbul Sapphire Tower (b) [04,05]

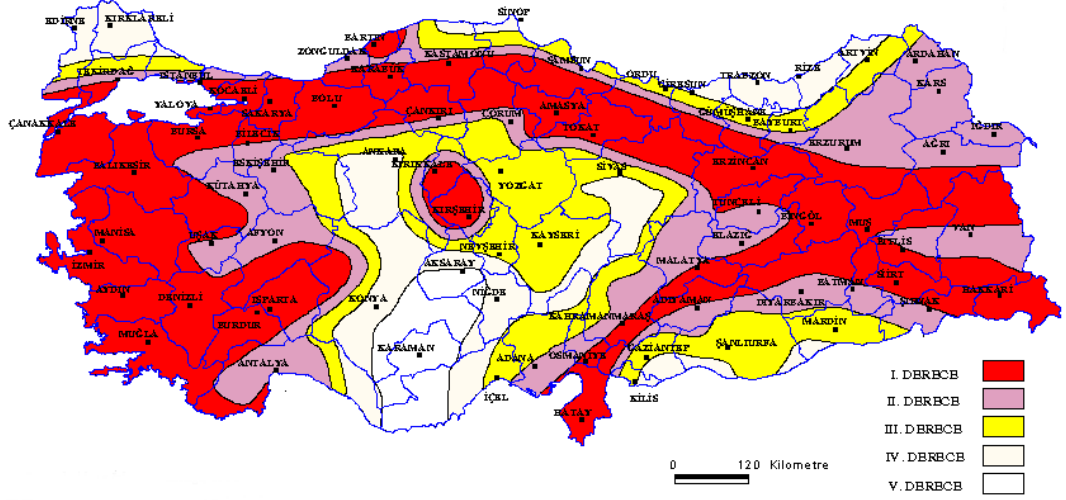
Türkiye'de, özellikle İstanbul'da 2000'li yıllardan sonra hız kazanan yüksek yapılaşma sonucunda gökdelenler şehir silüetinin vazgeçilmez bir parçası olmuştur. 261 metre yüksekliğindeki Sapphire of Istanbul tamamlandığı 2011 yılı itibarıyla Türkiye'nin birinci, Avrupa'nın ise dördüncü en yüksek gökdeleni olma özelliğini taşımaktadır (**Şekil 1.1.b**) [06].

Hızlı şehirleşme ve buna bağlı olarak gelişen dikey yapılaşma, asansör kullanımını ve önemini her geçen gün arttırmaktadır. Bununla birlikte asansörlerin güvenli ve konforlu bir şekilde insanlara hizmet vermesi önemli bir konu haline gelmiştir. Asansör proje ve kurulumundaki tüm aşamaların yetkili ve uzman kişiler tarafından, gereken özen ve hassasiyet gösterilerek yapılması önem arz etmektedir.

Bilinçsiz asansör kullanımı, halat ve fren tertibatı gibi önemli elemanların periyodik bakımları yapılmamış asansörler, insan sağlığı açısından son derece önemli güvenlik zaafları ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca uygulamada binanın kullanım amacına uygun olarak trafik hesabının yapılması ve buna bağlı olarak asansör kuyu boşluklarının bırakılması, asansör yerleşimi ve miktarının tesbiti gibi bina yapım aşamasında göz önünde bulundurulması gereken güvenlik önlemleri olarak dikkate alınmalıdır [07].

Asansörler, binaların en pahalı ekipmanlarından birisidir ve çok önemli bir işlevi yerine getirmektedir. Bununla beraber, deprem sırasında hasarlanmaya hassas olduğu bilinen çeşitli mekanik ve elektrik/elektronik bileşenlere de sahiplerdir. Hasarlardan doğacak ekonomik ve işletme kayıplarını bir yana bırakırsak, hastaneler gibi kritik önemi olan binalarda deprem sırasında ve özellikle sonrasında asansörlerin aktif halde bulunmaları özellikle önemli bir konudur. Bu nedenle, sismik olaylara karşı koruyucu ve önleyici tedbirler alınırken, binalarda kullanılan üretim teknolojileri ve elektrik, gaz ve su hatlarıyla, asansör, yürüyen merdiven ve diğer bina ekipmanları seçimi de çok önemli hale gelmektedir. Ray-karşıağırlık sistemi asansörlerin en zayıf noktası oluşturmakta ve hasarlar birinci öncelikle bu sistemlerde meydana gelmektedir. Bu nedenle, ray karşıağırlık sisteminin dinamik karakteristiklerini iyileştirmek amacıyla akademik çalışmalar sürdürülmektedir.

Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye topraklarının %66'sının birinci ve ikinci derece deprem riski altında olduğunu ve bu kesimlerde de halkın %70'inin ikamet ettiğini açıklamıştır. Sanayi tesislerinin %50'den fazlası birinci derece risk bölgelerinde, %25'i de ikinci derece risk bölgeleri içerisinde yer almaktadır. Türkiye'de, 3. dereceye kadar deprem riski altında bulunan bölgelerinin sismik haritası **Şekil 1.2**'de gösterilmektedir. Bu harita, Türkiye topraklarının %85'i üzerine inşa edilecek olan asansörlerin, sismik hareketlere karşı dayanıklı olarak üretilmiş, özel asansörler olması gerektirdiğini işaret etmektedir [08].



**Şekil 1.2 :** Türkiye sismik risk haritası [09].

Bu çalışma, Blain Hydraulic firmasının ve AYSAD'ın öncülüğünde gerçekleştirilen “2011 Van Depremlerinin Asansörler Üzerindeki Etkisi İle İlgili Bir Araştırma” başlıklı çalışmanın sonunda geliştirilmiş bir proje olarak ortaya çıkmıştır. İTÜ Makine Fakültesi'nde Asansör Teknolojileri Laboratuvarında asansör kılavuz raylarının deneysel gerilme analizleri ve sonlu elemanlarla modelleme ve simülasyon çalışmaları neticesinde elde edilen bilgi birikimi ve HILTI firmasından Dr. Michael Merz tarafından sunulan kapsamlı bildirimlerde yer alan bir deney düzeneği, deneysel bir çalışma yapılarak statik ve dinamik yükler altında asansör konsolları ve bağlantılarının davranışlarının incelenmesi fikrini doğurmuştur. Literatürde benzer nitelikli çalışmalara rastlanılmamış olması ve deprem bölgelerinde yapılan testler ve irdelemeler sonrasında asansör kılavuz raylarının mesnetleri hakkında çalışmaların deneysel boyutta devam ettirilmesi fikri ortaya çıkmıştır [10].

Asansör yapısı ve tarifine giren kılavuz raylar, asansör sisteminin emniyeti açısından en önemli elemanlarıdır. Asansör tesisinde kabini ve karşı ağırlığı düşey hareketlerde ayrı ayrı kılavuzlamak ve yatay hareketlerini minimuma indirmek, paraşüt tertibatının çalışması durumunda kabini durdurmak, kabin ve karşı ağırlığın düşey doğrultularını korumak, dönmesini engellemek maksadıyla kullanılmaktadır. Aynı zamanda, paraşüt düzeninin kabini tutmak için kullanacağı elemanlar da kılavuz raylardır [01]. Kılavuz raylar birbirlerine bağlantı levhalarıyla uç uca eklenmekte ve duvar yüzeyine konsollar aracılığı ile sabitlenmektedir. Konsollar ve raylar arasındaki bağlantı ise ray sabitleme tırnakları ile sağlanmaktadır. Asansörün güvenli çalışmasını sağlamak için kılavuz raylar, kılavuz ray bağlantıları ve tesbit yerleri

bunları etkileyen yüklere ve kuvvetlere yeterince dayanım göstermelidir [11]. Kılavuz ray konsolları ve tırnakları, rayları hizada tutan ray donanımları olduğundan tasarımları çok önemlidir. Konsollar, bağlantıları ve destekleri, kabinin düzensiz yüklenmesi sonucu oluşan yatay kuvvetlere dirençli olmalı ve toplam eğilme miktarı asansörün normal çalışmasını etkilemeyecek bir değerde sınırlandırılmalıdır [12].

Bu çalışmada, seçilen kılavuz rayların gerilme ve sehim hesapları TS EN 81-1-A3 standardında belirtilen hesap esaslarına uygun olarak yapılmıştır. Kabin beyan yükünün artırılması ve ağırlık merkezinin ray eksenine uzaklığının değiştirilmesi hallerinde kılavuz raylardaki durum yeniden incelenmiştir. Hesaplarda elde edilen kuvvet değerleri, komple ray bağlantı sisteminin pratik gerilme davranışının deneysel analizinde referans olarak kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmayla, daha önce yapılmış bazı çalışmalar referans alınarak, komple bir sistem olarak kılavuz ray bağlantı sisteminin pratik gerilme davranışı irdelenmiş, mevcut eksiklikler giderilmeye çalışılmış ve özellikle deprem kuşağında bulunan ülkemizde, önemle üzerinde durulması gereken can güvenliğini ilgilendiren bu hassas durum üzerine dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

Bu tez çalışmasında Hilti firmasından Dr. Michael Merz tarafından sunulan “Practical Stress Behaviour of Complete Rail Fastening Systems” [13] başlıklı çalışmada bahsi geçen deney düzeneği esas alınarak, Asansör Teknolojileri Laboratuvarı imkanları ile asansör firmalarının katkılarıyla yeni bir deney düzeneği tasarlanmıştır.

Ayrıca Dr. Michael Merz’in 2008 yılındaki “Practical Stress Detection on Rail Anchors” çalışmasında geçen “Merkezden kılavuzlanmış asansör kabin raylarındaki ankrajların değişken gerilmelere maruz kaldığını bütün test çalışmaları göstermiştir. Hatta asansör kabininin boş çalışması durumunda, kabin destek mesnetlerini geçerken değişken yükler ankrajlara transfer edilmektedir” iddiası da irdelenmeye çalışılmış ve buna yönelik olarak İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuvarı’nda halatlı asansör kulesi test kabinlerinin normal ve yüklü çalışma durumlarında kılavuz ray konsolları ve ray bağlantı elemanlarına gelen kuvvetler incelenmiş ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

## 2. ASANSÖR

### 2.1 Asansör Tanımı

Asansör, yolcuları ve yükleri bir düzeyden başka bir düzeye taşıyan sistemdir. Asansörleri, ağır yük asansörlerinden ve vinçlerden ayırmak gerekir. Asansörler, bir kabin veya platformdan oluşan, kılavuz raylar arasında hareket eden, iki veya daha fazla durak arasında insan ve yolcu taşıyan sistemdir.

Asansörler; yük ve insanları, kılavuz raylar arasında hareketli kabin veya platformları ile düşey doğrultuda yapının belli duraklarına taşımaya yarayan elektrikli araçlar olarak tarif edilmektedir [01].

Asansörler, 95/16/AT Asansör Yönetmeliği'ne göre "Binalarda ve inşaatlarda, belirli seviyelerde hizmet veren, sabit ve yatay düzlemle 15 dereceden fazla bir açı oluşturan raylar boyunca hareket eden bir kabine sahip olan ve; insanların, insanların ve yüklerin ve kabine ulaşabiliyorsa, yani bir kişi kabine zorlanmadan girebiliyorsa ve kabin içine ya da kabin içindeki bir kişinin kolayca ulaşabileceği şekilde yerleştirilmiş kontrollerle teçhiz edilmiş ise, sadece yüklerin taşınmasına yönelik bir tertibat" olarak tanımlanmıştır [14].

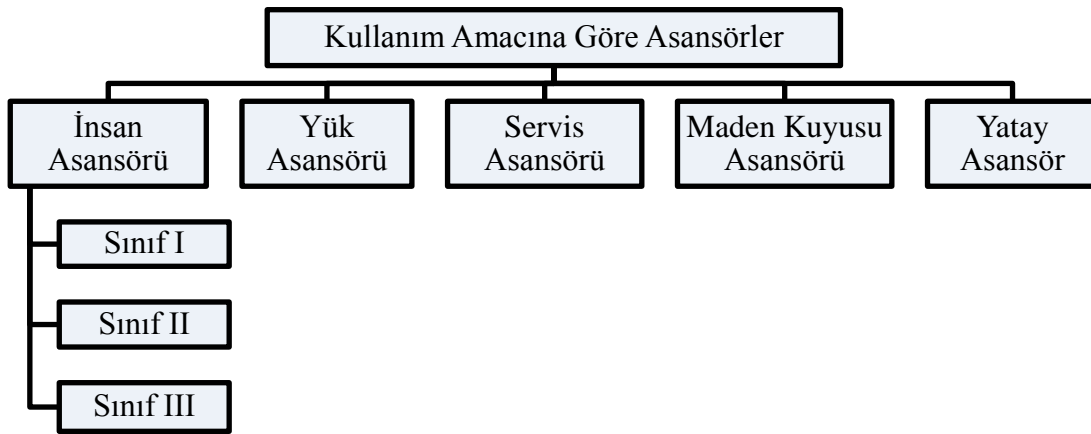
TS 10922 EN 81/1-2 standartları düşey asansörleri kapsar ve standartta bu tanım, "Asansör, boyutları ve yapımı itibarıyla insanları da içine alacak bir kabini olan, tam düşey veya düşey doğrultuya 15 dereceden daha az eğimli olabilen, kılavuz raylar arasında belli duraklara insan ve yük taşıyan araçtır" şeklindedir. Burada üzerinde durulan, düşey asansörlerdir. Düşey asansörlerin yatay asansörlerden ana farkı, raylara konan patenlerin taşıma görevi görmemesi, sadece kılavuzluk yapmasıdır [11].

Bu genel tanımlamalar etrafında 20'den fazla asansör çeşidi bulunmaktadır. Asansörler 100 yıldan daha uzun bir zaman diliminde insanlara yüksek katlı binalarda hizmet vermektedir. Yüksek katlı binalar var oldukları sürece, tesis edilmiş bulunan asansörler de bazı yenilemelerle varlıklarını devam ettireceklerdir [01].

## 2.2 Asansör Çeşitleri

Asansör tesislerinin sınıflandırılmasında kullanım amacı, konstrüksiyon ve tahrik yöntemi gibi farklı özellikler göz önünde bulundurulmaktadır [01]. **Şekil 2.1** ve **Şekil 2.5**'te bu sınıflandırmalar gösterilmektedir. Bununla birlikte asansörler, kumanda sistemine ve hızlarına göre de sınıflandırılmaktadır [15]. **Şekil 2.11** ve **Şekil 2.12**'de bu sınıflandırmalar gösterilmektedir.

### 2.2.1 Kullanım amacına göre asansörler



**Şekil 2.1** : Kullanım amacına göre sınıflandırma [01].

#### 2.2.1.1 İnsan asansörü

Özellikle insanların taşınmasına ait, kullanma rahatlığı ve kabin konforu sağlanmış olan asansörlerdir. Bir bölümü, tekerlekli sandalye ve sedye ile hasta taşıyabilecek kabin formunda olmak üzere "Hasta asansörleri" adını alır. TS 863 (TS 8237 ISO 4190-1 Nisan 2004) standardına göre insan asansörlerinin sınıflandırılması:

##### **Sınıf I asansörü**

Sadece insan taşımak için tasarlanmış asansörlerdir.

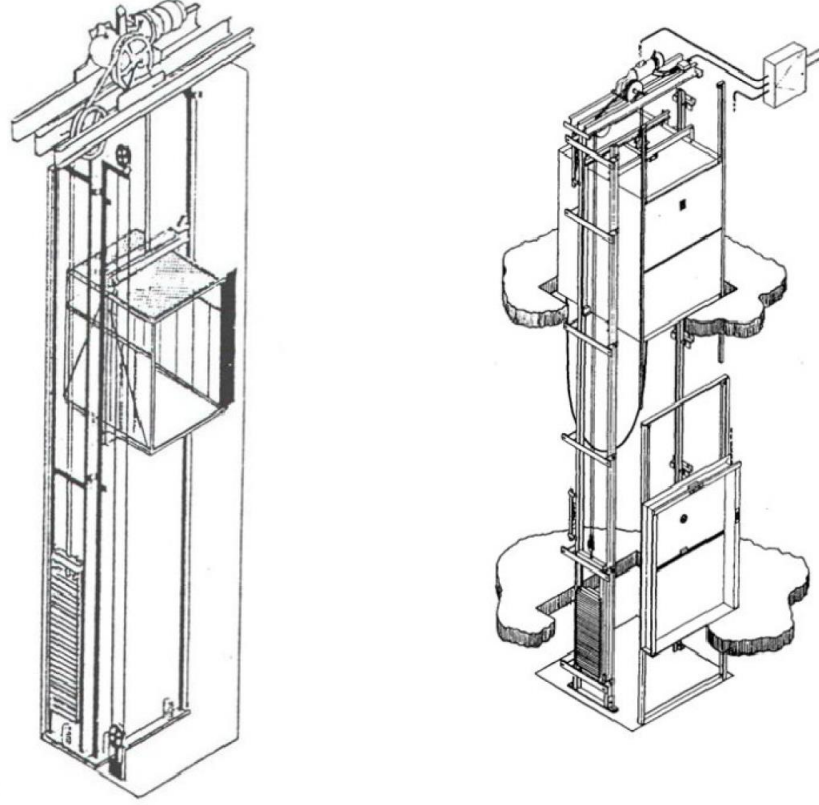
##### **Sınıf II asansörü**

Esas olarak insan taşımak için tasarlanan, ancak gerektiğinde yük de taşıyabilen asansörlerdir.

Sınıf I ve Sınıf II asansörleri kullanım yerlerine göre üç tipe ayrılmıştır. Konutlarda kullanılan asansör, konut dışı yerlerde kullanılan asansör ve sağlık tesislerinde kullanılan asansör [01].

### Sınıf III asansörü

Sağlık tesislerinde kullanılmak üzere hasta, sedye vb. taşımak için tasarlanmış asansörlerdir [01].



Şekil 2.2 : İnsan-yük asansörü ve servis asansörü [01].

#### 2.2.1.2 Yük asansörü

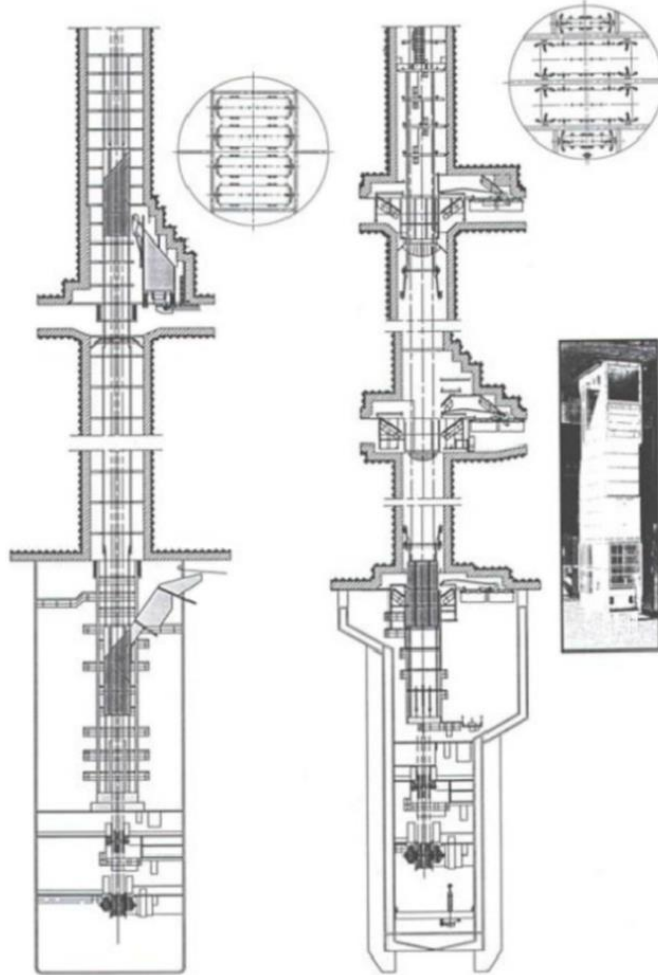
Yük asansörleri daha çok taşıma ağırlıklı, bazı tiplerinde insanların da kullanabildiği, bazı tiplerinde insanların binmesine müsaade edilmeyen, nispeten küçük hızlı, basit yapılı asansörlerdir.

#### 2.2.1.3 Servis asansörü

İlk kez 1960'larda elektronik olarak kontrol edilebilen servis asansörleri kullanılmaya başlanmıştır. Maksimum 1500 kg kadar yapılabilmektedir. Sağlık kuruluşları ve lokantalarda kullanılan servis asansörlerinin neme ve korozyona karşı dayanıklı, kolay temizlenebilen hijyenik yapıda olması istenmektedir. Bürolar, alışveriş merkezleri, bankalar, kütüphaneler, hastaneler, oteller, evlerde servis vermektedirler. Bir insanın sığamayacağı boyutta olan ve tamburlu bir tahrik sistemi ile çalışan asansördür [01].

#### 2.2.1.4 Maden kuyusu asansörü

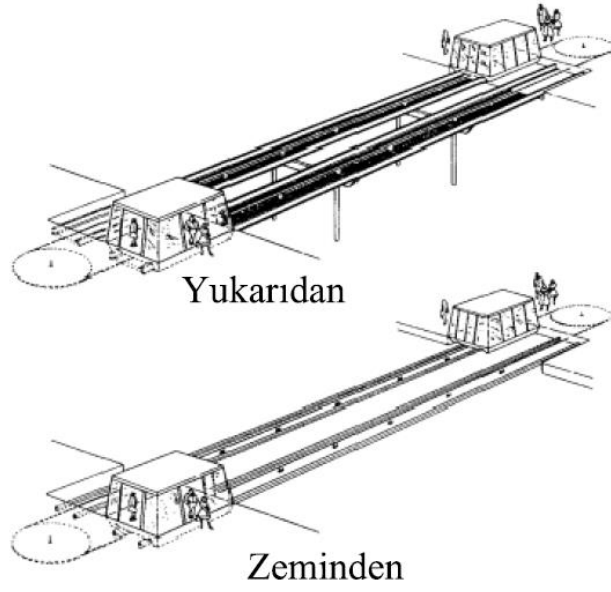
Maden kuyusu asansörleri, yerin derinliklerinde elde edilen kömür, maden filizi gibi maddelerin, düşey doğrultuda açılmış olan kuyu boyunca taşınarak yeryüzüne çıkarılması amacı ile yapılan, aynı zamanda personelin de taşındığı büyük taşıma kapasiteli, yüksek hızlı ve sade düzenli asansörlerdir [01].



Şekil 2.3 : Maden kuyusu asansörü [01].

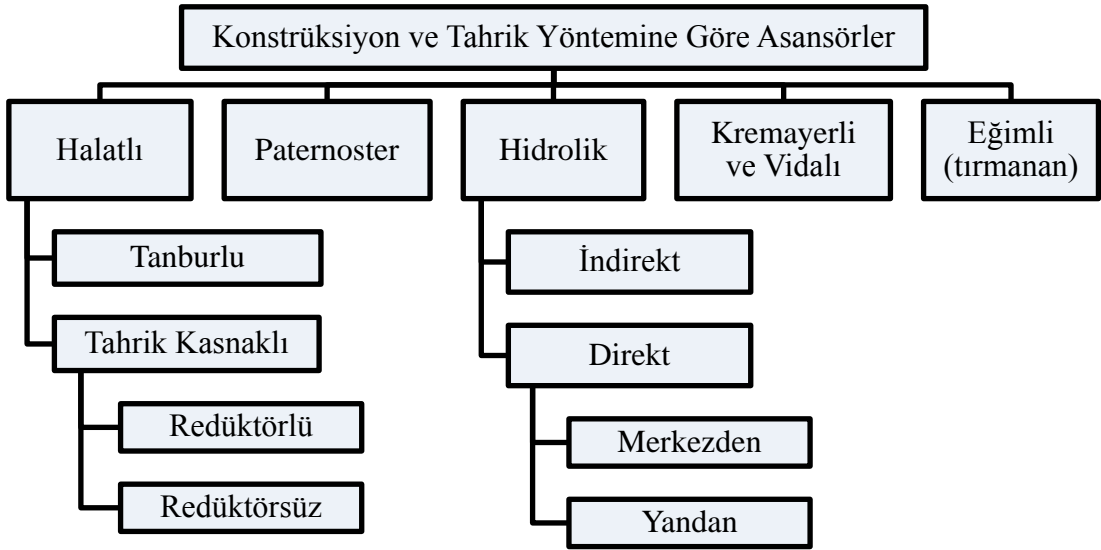
#### 2.2.1.5 Yatay asansörü

Yatay asansörler, havaalanlarında, hastane ve üniversite komplekslerinde 30 yılı aşkın sürede kullanım imkanı bulan ve Otomatik İnsan Taşıma (Automated People Movers) olarak da isimlendirilen insan taşıma sistemleridir. Kısaca APM olarak bilinen yatay asansörler, raylı yollar üzerine monte edilmiş, tek veya birkaç taşıma biriminden oluşan otomatik sürücüsüz taşıma sistemleridir. Bu sistemler yüksek kaliteli servise ve saatte 2000 ila 25000 kadar yolcu taşıma kapasitesine sahiptirler [01].



Şekil 2.4 : Yatay asansör [01].

### 2.2.2 Konstrüksiyon ve tahrik sistemine göre asansörler



Şekil 2.5 : Konstrüksiyon ve tahrik yöntemine göre sınıflandırma [01].

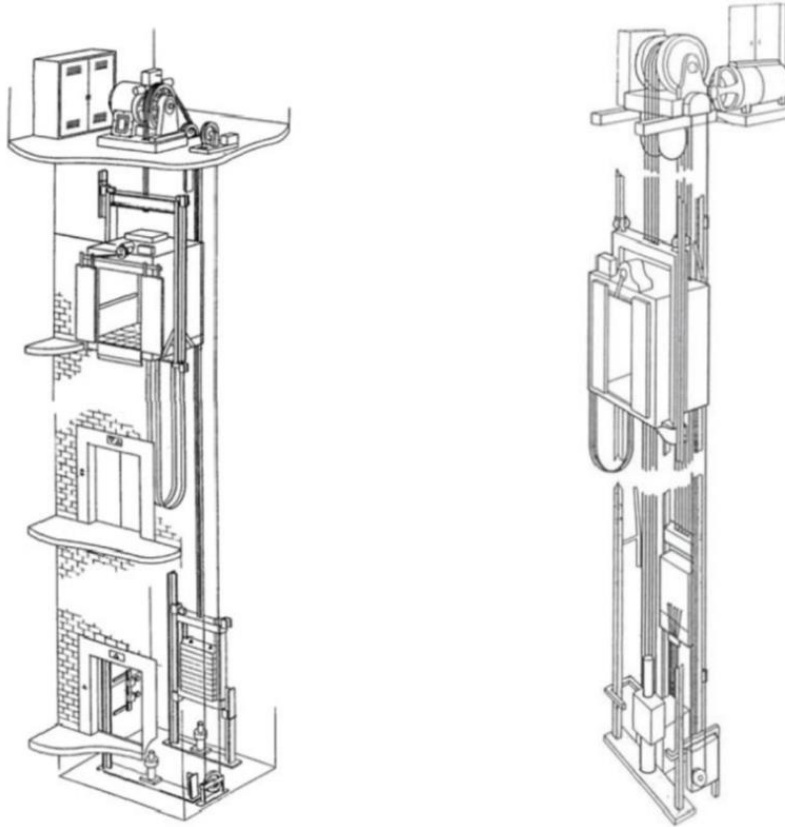
#### 2.2.2.1 Halatlı asansör

Konvansiyonel asansör tesisleridir. Katlar arasındaki insan ve yük taşımacılığı halatlı donanımlar ile sağlanmaktadır. Kısa mesafeli ve düşük kapasiteli tesislerde (servis asansörü gibi) tamburlu vinç mekanizmasından yararlanılır. Taşıma yüksekliğinin arttığı binalarda ise sürtünme bağından yararlanan tahrik kasnaklı sistemler

kullanılmaktadır. Değişik taşıma kapasitelerinde çalışmaya imkan veren halatlı sistemlerde 2 m/s altındaki çalışma hızlarda redüktörlü (sonsuz vida veya planet mekanizması) alternatif akım motorlu; 2 m/s üstündeki çalışma hızlarında ise redüktörsüz doğru akım motorlu dizaynlar kullanılmaktadır [01].

### **Redüktörlü asansörler**

Asansör tahrik grubunda AC motor ve bir redüktör bulunmaktadır. Böylece kabin hızı, genelde bir sonsuz vida mekanizması ile ayarlanır. Bu tip asansörler, 10 kg'dan 14000 kg kadar kapasitelerde; 0,125 m/s'den 2,0 m/s kadar hızlarda kullanılırlar. Dişli mekanizmalı asansörler, 10-12 katlı ofis binalarında ve 25 katın altında bulunan apartmanlarda kullanılır [01].



**Şekil 2.6 :** Redüktörlü asansör ve redüktörsüz asansör [01].

### **Redüktörsüz asansörler**

1903 yılında ilk defa Newyork'ta BEOVER binasında tesis edilen bu asansör, genellikle yüksek katlı binalardaki yüksek hızlı asansördür. Bu asansörlerin hızı 2 m/s'den fazladır. Dişli çarksız tahrik asansörü büyük hacimli ve devir sayısı düşük olan DC motordan oluşur. Asansör bir stator ve kontrol ünitesi tarafından idare edilir [01].

### 2.2.2.2 Paternoster (sürekli çalışan) asansör

Birbirine arka arkaya bağlı kabinleri sürekli hareket halinde iken binilip-inilerek kullanılan asansör tesisidir. Bina katlarında kapıların bulunmadığı paternosterlerde, kabinler 1 veya 2 kişilik olup 4 m - 4,5 m aralıklarla kılavuzlar içine alınmış lamelli zincirlere bağlıdır. Çıkış ve iniş tarafı kabinleri katlardan yan yana geçerler. Hız en fazla 0,3 m/s'dir. Kopma halinde kabinlerin düşmesi bahis konusu değildir. Paternosterler, katlar arasında trafiğin yoğun olduğu, devlet daireleri, idare binaları, endüstri kuruluşları gibi yerlerde üstünlük gösterilmiştir. 60 metre yüksekliğe kadar yapılabilir. Taşıma kapasiteleri ortalama saatte 500 kişidir. Günümüzde yerini grup kontrollü asansör sistemleri almıştır [01].

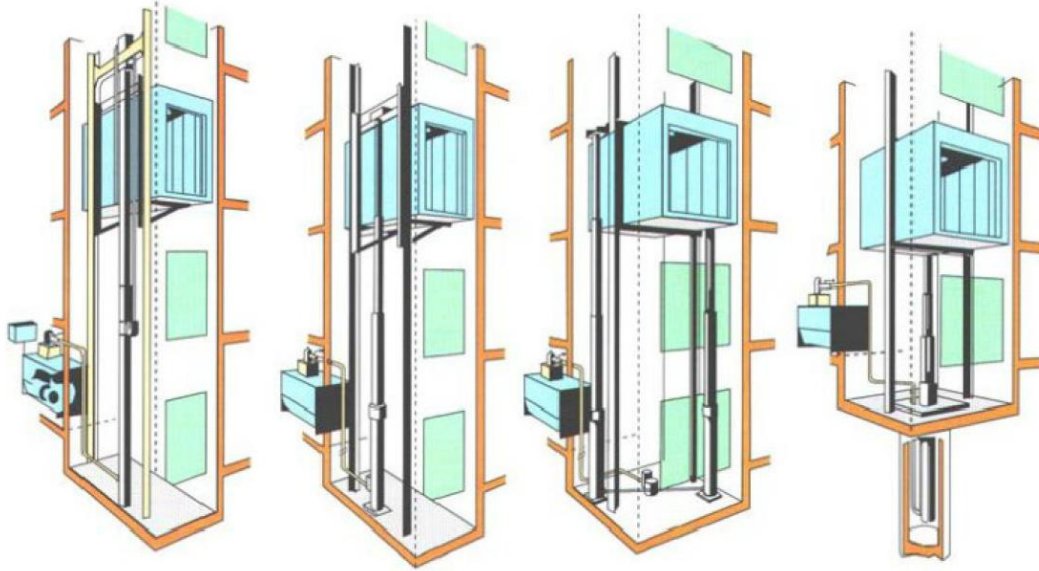


Şekil 2.7 : Paternoster (sürekli çalışan) asansör [01].

### 2.2.2.3 Hidrolik asansör

Tahrik yeteneğinin hidrolik pompa ünitesi tarafından sağlandığı asansör dizaynıdır. Hidrolik yağının bir pompa ile kaldırma pistonlarına iletildiği ve kabinin direkt veya indirekt olarak pistonlar ile hareket ettirildiği sistemdir. Kaldırma yüksekliğini arttırmak için palangalı donanım da uygulanmaktadır. Yüksek taşıma mesafelerinde sadece indirekt sistemler kullanılabilir. İndirekt sistemlerde kabin hızı silindir hızının iki katı olduğu için yüksek hızlarda indirekt sistemler daha avantajlıdır. Kaldırma kapasitesi 20 ton'a kadar arttırılabilir [01].

Hidrolik asansör hem yolcu hem de yük taşımak için kullanılır. Bu tip asansörler, 2 ila 6 kat yüksekliğine 0,125 m/s'den 1 m/s arasında hızlarla çalışır. Genelde hidrolik asansörler 0,75 m/s hızla çalışır. Tek silindirli hidrolik asansörler ile 1.000 kg – 10.000 kg yükler, çift silindirli hidrolik asansörler ise 10.000 – 90.000 kg yükler taşınabilir. Hidrolik asansörler düşük katlı binalarda kullanılabilir, fakat insan taşımamasından daha çok, yük taşımada kullanılır [01].



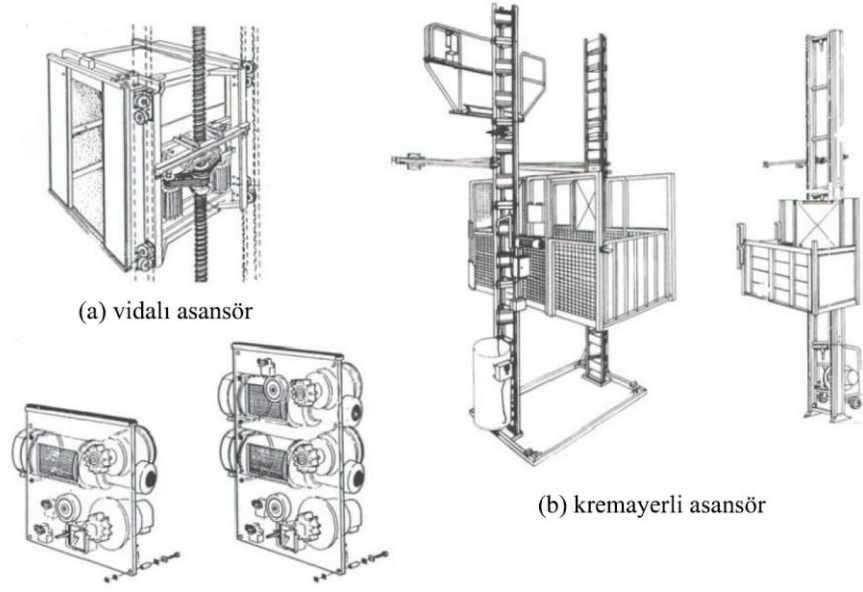
Şekil 2.8 : Hidrolik asansörler [01].

#### 2.2.2.4 Vidalı ve kremayerli asansör

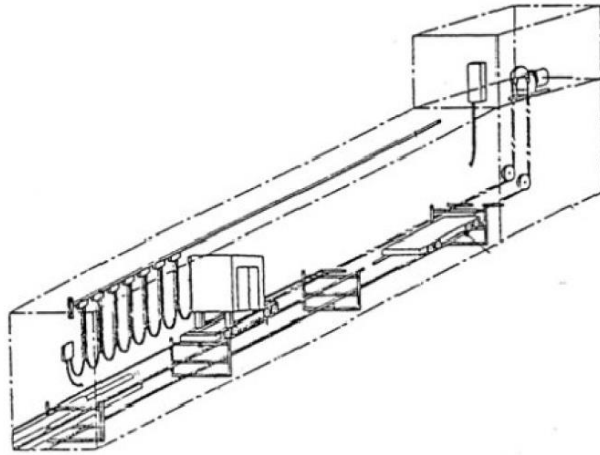
Bir vidalı mil aracılığı ile krikoya benzer şekilde, kabinin hareketinin sağlandığı küçük kaldırma yükseklikleri ve düşük hızlarda çalışan asansörlerdir. Vidalı mildeki otoblokajdan dolayı, kabinin aşağı düşme tehlikesi yoktur (Şekil 2.9.a). Kremayerli asansör ise, daha çok inşaat işlerinde dış cephe ile ilgili çalışmalar için kullanılmaktadır. Kremayerli kısım istenildiği boyda ayarlandığından, inşaat yüksekliği arttıkça asansörün seyir mesafesi ayarlanabilmektedir (Şekil 2.9.b) [01].

#### 2.2.2.5 Eğimli (tırmanan) asansör

İnsan ve yük taşımada kullanılacak asansörlerin 90 dereceden farklı konumda çalıştırıldığı asansör tesisleridir. Eğimli binalarda, açık alanda dik yamaçlarda kullanılan eğimli asansörlerde konvansiyonel asansörlere oranla daha fazla alan ve özel donanım gerekmektedir. 7° eğimi aşan yerlerde ayaktaki yolcuların kalkış-duruş hareketlerinden etkilendiğinden hız sınırlıdır (Şekil 2.10) [01].

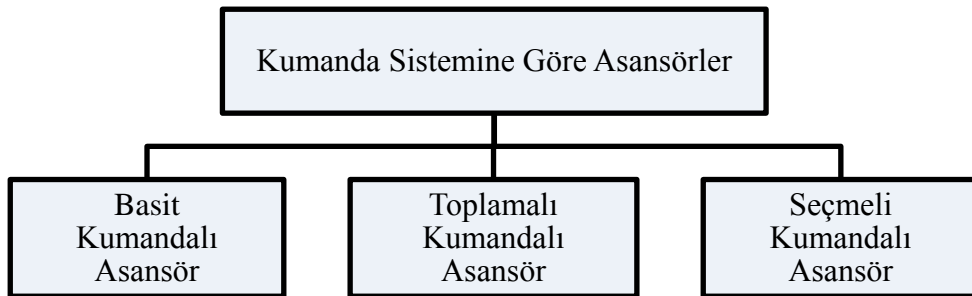


Şekil 2.9 : Vidalı ve kremayerli asansörler [01].



Şekil 2.10 : Eğimli (tırmanan) asansörler [01].

### 2.2.3 Kumanda sistemine göre asansörler



Şekil 2.11 : Kumanda sistemine göre asansörler [15].

### 2.2.3.1 Basit kumandalı asansör

Asansörün sadece tek bir çağrıya cevap verdiği sistemlerdir. Sistem ilk aldığı çağrıya cevap verir. Diğer çağrıya cevap vermesi için ilk aldığı çağrıdaki görevini tamamlaması gerekmektedir. İnsan trafiğinin düşük olduğu yerlerde kullanılan kumanda sistemidir. Eski sistemlerde sık rastlanır.

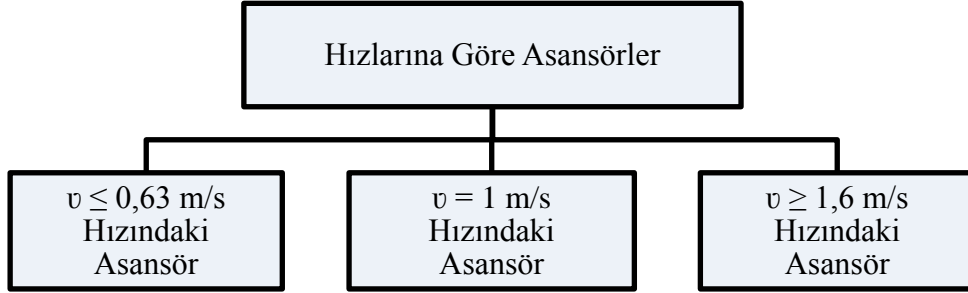
### 2.2.3.2 Toplamalı kumandalı asansör

Aldığı tüm çağrıları belleğinde tutarak gittiği yön doğrultusunda cevap veren kumanda sistemidir. İniş-çıkış emirlerini ayırt etmez. Orta yoğunluktaki trafikte kullanılabilir. İniş ve çıkış isteklerinde çakışmaya yol açtığı için zaman kayıplarına neden olmakla beraber en sık kullanılan kumanda çeşididir.

### 2.2.3.3 Seçmeli kumandalı asansör

Aldığı çağrılara iniş ve çıkış ayırımı yaparak cevap veren kumanda sistemleridir. Trafik akışının yoğun olduğu yerlerde kullanılır. Bu tür kumanda sistemleri, tek bir merkezden birçok asansörü kumanda etmek için kullanılır [15].

## 2.2.4 Hızlarına göre asansörler



Şekil 2.12 : Hızlarına göre asansörler [15].

### 2.2.4.1 $v \leq 0,63$ m/s hızındaki asansörler

Kısa mesafeler altında kullanılan, tahrik sisteminin tek bir hız içinde kaldığı yada palanga sistemleri kullanılarak hızı yavaşlatılmış fakat, yük taşıma kapasitesi artırılmış asansörlerdir. Bu tipteki asansörler trafiğin düşük olduğu yerlerde veya yük taşıma amaçlı olarak kullanılır [15].

#### **2.2.4.2 $v = 1$ m/s hızındaki asansörler**

Asansörlerde duruş ve kalkışlarda insanın rahatsız olmaması için  $1,5 \text{ m/s}^2$  üstündeki ivmelenmeye müsaade edilmez. Buna bağlı olarak ya çift hızlı asansör motorları kullanılmış veya motor kontrol teknikleri (frekans kontrolörleri) ile duruş ivmeleri düşürülmüştür.

#### **2.2.4.3 $v \geq 1,6$ m/s hızındaki asansörler**

Yüksek binalarda ve trafik akışının yoğun olduğu yerlerde kullanılırlar. Motor duruşlarında frekans kontrol teknikleri kullanılır [15].

### **2.3 Asansör Genel Yapısı**

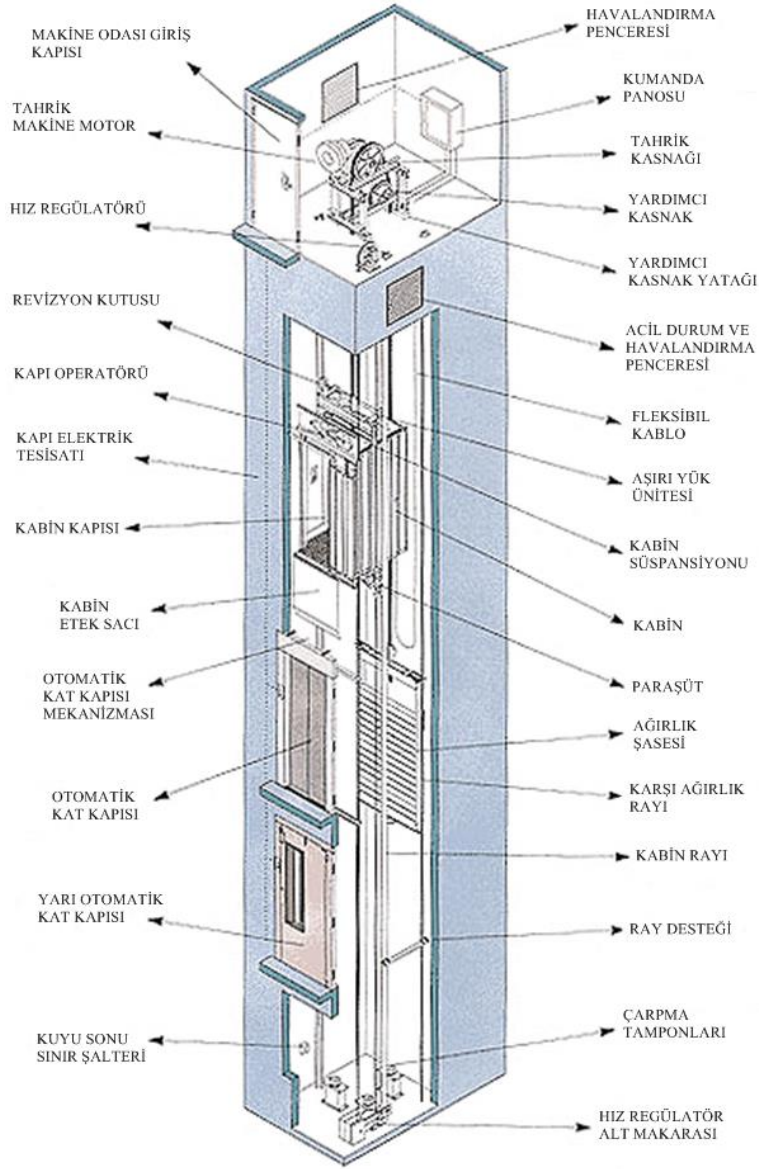
Yaygın olarak binalarda tesis edilen halatla tahrik edilen asansörlerin genel bölümleri ile kullanılan makine parçaları ile **Şekil 2.13**'de gösterilmiştir. Belli başlı bölümleri şunlardır; Asansör Kuyusu (Boşluğu), Makine Dairesi, Kabin, Kat Kapıları, Kılavuz Raylar, Karşı Ağırlık, Askı Elemanı (Tel halat), Hız Regülatörü, Son Kat Şalteri, Paraşüt Düzeni, Asansör Makinası, Tamponlar, Paten, Kumanda Düzeni, Elektrik Donanımı [01].

#### **2.3.1 Asansör kuyusu (boşluğu)**

Asansör boşluğu (kuyusu), asansör hızı ve kabin boyutlarına göre tasarlanan, kabin ile karşı ağırlığın düşey doğrultu boyunca içinde hareket ettiği, etrafı yanmaya karşı dayanıklı duvarlarla çevrilmiş olan boşluktur. Kabinin en son duraklarda bulunma durumuna göre, üstte ve altta belirli miktarlarda emniyet boşlukları vardır. Bu mesafeler, asansör hızı arttıkça hıza bağlı olarak artar. Burada amaç, olağan dışı bir durumda asansörün durmasını güvenli bir şekilde sağlayacak ve asansörün içinde, üzerinde veya altında bulunabilecek bir insanı koruyacak mesafeyi sağlamaktır [01].

#### **2.3.2 Makina dairesi**

Asansör makinası ve kumanda tablosu, ana şalter, hız regülatörü ve saptırma makarasının da bulunduğu kapalı bölüme makine dairesi denir. Makine dairesi, genellikle asansör boşluğu üstünde olduğu gibi, altta veya yanda da yapılabilir [01].



Şekil 2.13 : Asansör tesisinin genel bölümleri [16].

### 2.3.3 Kılavuz raylar

Kılavuz raylar, kuyu içinde kabini ve karşı ağırlığı seyir süresince kılavuzlamak ve yatay hareketini en aza indirmeyi sağlar. İstenmeyen bir durum karşısında güvenlik tertibatının çalışmasıyla kabini ve karşı ağırlığı durdurur.

### 2.3.4 Asansör kabini

Asansör kabini yük ve insanların katlar arasında taşınmasında kullanılan çelik profil iskeleti ile askı halatlarına bağlı, kapılı veya kapısız olabilen çelik konstrüksiyonlardır. Kabinler çelik bir zemin ve taşıyıcı bir iskeletten meydana getirilir [01].

### **2.3.5 Patenler**

Kabin ve karşı ağırlık ayrı ayrı kılavuz rayına patenler ile alt ve üst kısımlarından kılavuzlanmaktadır.

### **2.3.6 Kat kapıları**

Asansör duraklarındaki kapılar basit, yarı otomatik, ya da tam otomatik olabilir.

### **2.3.7 Tamponlar**

Elastik tamponlar, elastik dayanak olarak doğrudan sabit kaideye, temele veya kabin ve karşı ağırlığa monte edilir.

### **2.3.8 Asansör kumanda panosu**

Asansörlerin kolay, rahat düzenli ve güvenli bir şekilde kullanılmaları için kumanda sistemleri gerçekleştirilir. Basma düğmeli kumanda, röleler ve şalterler aracılığı ile istenen hareketi yerine getirir. Basma yerine, manyetik veya elektronik yoldan dokunma ile görev yapan düğmeler de vardır.

### **2.3.9 Mekanik fren veya paraşüt tertibatı**

Halat kopması veya iniş hızının aşırı derecede artması halinde, asansörü kılavuz raylar üzerinde frenleyerek durdurur. Kabinin üst veya alt kirişlerine yerleştirilir.

### **2.3.10 Askı elemanı**

Asansörlerde genellikle yük taşıyıcı elemanlar çelik tel halatlardır. Çelik tel halatlar, zamanla eskir fakat, ani olarak kopmaya karşı güvenli elemanlardır.

### **2.3.11 Sınır kesiciler**

Asansörlerde hem elektrikli hem mekanik sınır kesiciler bulunmalıdır. Bu kesiciler durak seviyelerinin aşılması durumunda kabin ve karşı ağırlık tamponlara değmeden çalışır ve asansörün tahrik tertibatını durdurur.

### **2.3.12 Karşı ağırlık**

Kabin ağırlığını ve tam yükün de 0,4 ya da 0,5'ini karşılayacak değerde seçilir. Karşı ağırlık çelik bir çerçeveye tutturulmuş yönlendirme elemanlarından oluşmaktadır [01].

### **2.3.13 Hız regülatörü**

Hız regülatörü bir güvenlik elemanıdır. Asansör, normal iniş hızı değerinin %25 kadar aşarsa, hız regülatörü, motor elektriğini keser. Hız regülatörü, asansör boşluğunun üst tarafında, makine dairesinde bulunur. Genellikle hız sınırlayıcı olarak görev yapar.

### **2.3.14 Fren tertibatı**

Bir asansör makinasında frenler, tutma ve yürütme frenleri olarak çalışırlar. Tutma frenleri bir hareketin sonunda yükü askıda tutan frenlerdir. Yürütme frenleri ise doğrusal hareket yapan kütlelerle (kabin, taşınan yük, karşı ağırlık, halat vb.) ile dönen kütlelerin (rotor, kavrama, fren kasnağı, sonsuz vida mili, dengeleme volanı vb.) kinetik enerjilerini alırlar. Burada kütlelerin tam hızdan mı, yoksa yavaşlatılmış bir hızdan mı frenlendiklerine dikkat edilmelidir.

### **2.3.15 Makina motor grubu**

Makine grupları hareket almak için blok olarak veya kaplin vasıtası ile bir elektrik motoruna bağlanırlar. Makine gruplarında kullanılan elektrik motorlarının, kısa zaman aralıklarında çok fazla duruş ve kalkışa dayanıklı, az ısınan tipte olması istenir. Bu nedenle genel olarak sincap kafesli, özel sarılmış asansör motorları kullanılır.

Beslemenin doğrudan yapıldığı ve frekans kontrolünün yapılmadığı motorlar, durma periyodunda dışarıdan bir frenleme isterler. Duruş hızı doğrudan dış etkiyle düşürülen motor gruplarında kuvvetli elektromanyetik frenler kullanılır. Yüksek hızlarda ise duruş mesafesini ve ivmesini ayarlamak için çift hızlı motorlar kullanılır.

Motorlar seçilirken asansörün yük, kalkış momenti ve hız ihtiyacı dikkate alınır. Düşük güçte seçilecek motor, asansörü ivmelendiremeyeceği gibi, yüksek güçte seçilecek bir motor da asansörde kabul edilen en yüksek ivme kuvveti olan  $1,5 \text{ m/s}^2$  ivmenin üstüne çıkarak rahatsızlık veya sarsıntı yaratır.  $2 \text{ m/s}$  üstündeki hızlarda genelde makine dişli grubu kullanılmaz. Bu asansörlerde doğru akım motorları veya frekans ve voltajları haricen kontrol edilen alternatif akım motorları redüktörsüz olarak tahrik kasnağına bağlanırlar. Bu tip motorlarda hız artışı ve düşüşü kontrol altında olduğu için daha az güce sahip elektromanyetik frenler güvenlik amacına yönelik olarak kullanılırlar [01].

### 3. KILAVUZ RAY VE BAĞLANTI ELEMANLARININ ÖZELLİKLERİ

#### 3.1 Kılavuz Raylar

Kılavuz raylar asansör tesisinde kabini ve karşı ağırlığı düşey hareketlerde ayrı ayrı kılavuzlamak ve yatay hareketlerini minimuma indirmek, paraşüt tertibatının çalışması durumunda kabini durdurmak maksadıyla kullanılır. Kabin ve karşı ağırlığın düşey doğrultularını korur, dönmesini engellerler. Aynı zamanda, paraşüt düzeninin kabini tutmak için kullanacağı elemanlar kılavuz raylardır [01].



Şekil 3.1 : Asansör kılavuz rayları [17].

Asansörün güvenli çalışmasını sağlamak için kılavuz raylar, kılavuz ray bağlantıları ve tespit yerleri bunları etkileyen yüklere ve kuvvetlere yeterince dayanım göstermelidir. Bununla birlikte kılavuz raylardaki eğilmeler; durak kapıları kilitlerinin istenmeden açılmayacağı, güvenlik tertibatının çalıştırılmayacağı, hareketli parçaların diğer parçalara çarpmayacağı bir ölçüde sınırlandırılmalıdır [01,12]. Kılavuz rayların konsollara ve binaya tespiti, binanın normal oturmasından veya betonun çekmesinden kaynaklanan etkileri ya kendiliğinden ya da basit bir ayarlama ile dengelemeye imkân vermelidir. Ayrıca bağlantı elemanlarının, kılavuz rayların yerinden kurtulmasına yol açabilecek şekilde dönmesi önlenmelidir [18].

Kılavuz ray, hakkında standart hazırlanmış tek asansör elemanı olup, özellikleri 'ISO 7465 (2001) Passenger lifts and service lifts - Guide rails for lift cars and counterweights - T-Type' adıyla anılan standartta verilmiştir. Türk Standartları

Enstitüsü'nün kılavuz raylarla ilgili yayınladığı TS 4789 ISO 7465 (Aralık 2002) numaralı standart uluslararası standartla uyumlu hale getirilmiştir [19,20].

İstenmeyen bir durum karşısında güvenlik sistemi çalıştığında doğrudan kılavuz raylara tutunarak kabini ve karşı ağırlığı durdurmaktadır. Bu anda büyük kuvvetler oluşur. Raylar montaj yapısı olarak bu kuvvetleri düşey doğrultuda karşılamak durumundadır [21]. Raylar, kabinin hareketi ve paraşüt freni mekanizmasının işletimi sırasında eğilme ve burkulma gerilmelerine maruz kalır [22]. ASME A17.1 yönetmeliğindeki tanımlamalara göre hem kılavuz rayların hem de konsolların en az 380 MPa'lık (55 ksi) bir çekme mukavemetine sahip olması gerekir [23].

EN 81-1:1998 standardına göre, nominal hızın 0.4 m/s'yi geçmesi veya hıza bakılmaksızın paraşüt sisteminin kademeli olarak devreye girmesi durumunda, kılavuz raylar soğuk işlenmiş veya sürtünen yüzeyler işlenmiş olmalıdır [12].

Yüzey kalitesi ve işlemleri ile birlikte çelik bileşenleri, ray imalatçıları ve ülke menşeleri arasında büyük bir çeşitlilik göstermektedir. Yirminci yüzyılın ortalarına doğru kılavuz rayların standartlaştırılmasından dolayı, kılavuz rayların inovasyonu ve raylar üzerinde herhangi bir değişiklik yapmak hem zor hem de yüksek maliyetlere neden olmaktadır [24].

Kabin ve karşı ağırlığın düşey yönde üniform bir seyir yapmasını sağlamak için bazı kılavuz rayı formları gereklidir. Yuvarlak ve diğer profiller kullanılmasına rağmen, günümüzde neredeyse sadece T profil raylar kullanılmaktadır [25].

### 3.1.1 Kılavuz ray malzemesi

Kılavuz raylar ISO 7465, DIN 15311 veya TS 4789 standartlarına uygun olarak **Çizelge 3.1**'de verilen malzemelerden imal edilmektedir [01].

**Çizelge 3.1** : Kılavuz ray malzemeleri [01].

Ray Standardı	Soğuk Çekilmiş	İşlenmiş
ISO 7465	FE 360 B	FE 430 B
DIN 15311	St 37-2	St 42-2
BS 5655 / 9	4360 / 40A	4360 / 43A
ANSI A17-1	-	ASTM - A36
UNI 7465	FE 360 B	FE 430 B
AFNOR 82 / 251	E 24-2	E28 - 2

Kılavuz raylar, güvenlik tertibatının üzerinde çalıştığı yapısal elemanlar olduğundan kılavuzlama ve emniyet işlevlerini birlikte gerçekleştirirler. Çelik, hâlâ bu iki gereksinimleri mükemmel bir şekilde karşılayan en ucuz malzemedir [26].

Amerika Birleşik Devletleri'nde kimyasal ve patlayıcı içeren tesislerde çeliklerin kaza riskine yol açması nedeniyle kılavuz raylar için metal olmayan uygun bir malzeme kullanılabilir [12].

Karşı ağırlıkta güvenlik tertibatı kullanılması durumunda, ana kılavuz raylarda olduğu gibi üzerlerine gelen yükleri taşıyacak nitelikte bir ray kullanılmalıdır. Karşı ağırlıkta güvenlik sistemi kullanılmaması durumunda karşı ağırlık kılavuz rayları olarak daha düşük gerilimli malzeme kullanılabilir [21]. Gerilme hesaplarında kullanılan emniyet katsayıları **Çizelge 3.2**'de verilmiştir. Emniyet katsayıları ( $v$ ), % uzama oranına ( $\epsilon$ ) bağlı olarak belirlenmektedir [20,27].

**Çizelge 3.2** : Gerilme hesaplarında kullanılan emniyet katsayıları [28].

Yük Durumları	% Uzama ( $\epsilon$ )	Emniyet Katsayısı ( $v$ )
Normal Kullanım Yüğü	$\epsilon \geq \%20$	2,25
Emniyet Tertibatı İşletimi	$\epsilon \geq \%20$	1,8

Yukarıda çizelgede verilen değerlere göre ray malzemesinin kopma anındaki % uzama oranı ( $\epsilon$ ) arttıkça, emniyet katsayısını ( $v$ ) daha küçük almak mümkündür. Yani elastikliğin artırılmasına çalışılmalıdır. Standartlarda sünek malzemeler önerilmiştir [27]. Uzama oranı %8'in altında olan malzemeler çok gevrek olarak kabul edilir ve kullanılmayacaktır [28].

Kabin ve karşı ağırlık en azından iki rijit çelik kılavuz rayı tarafından kılavuzlanmalıdır. Bu raylar çekme gerilmesi  $370 \text{ N/mm}^2$  ile  $520 \text{ N/mm}^2$  arasında olan yapı çeliklerinden imal edilir [01].

### 3.1.2 Kılavuz ray imalatı

Kılavuz rayları, BS 5655/9, ISO 7465 ve ANSI/ASME A17.1 standartları ve yönetmeliğine veya bunlarla uyumlu diğer standartlara göre soğuk çekilerek veya işlenerek imal edilir [18]. Modern asansör tesisatlarında, günümüzde hemen hemen sadece T profil kılavuz rayları kullanılmaktadır. Karşı ağırlık için kullanılacak kılavuz ray, gergin yuvarlak profilli çelik çubuktan ya da köşebentten yapılabilir [01].

Asansör raylarının ve genel olarak yapı işlerinde kullanılan çelik profillerin seçim hesaplarında kullanılan teoriler, cisimlerin izotropik olduğunu, yani mekanik özelliklerinin etki yapan kuvvetin uygulama yönüne bağlı olmadığı varsayımına dayanır. Cismin izotropik olması doğru haddelenmesine de bağlıdır [27,29].

Haddeleme işlem sıcaklığı 1200 °C civarındadır. İşlem sonuna kadar yeniden kristalleşme sıcaklığının altına inilmemelidir. Aksi takdirde oluşacak kristal yapı deformasyonları, kontrolsüz plastik şekil değişimlerine, yani rayın sonradan eğilmesine sebep olmaktadır [27,30].



**Şekil 3.2 :** Rayın hammadde ve sıcak haddeleme üretim aşamaları [31].

Kılavuz raylar, yüksek kalitede hassas ölçüm imkânlarına sahip tam donanımlı fabrika ortamlarında üretilmektedir [24]. Önce ham çeliğin sıcak haddelenmesi ile T profil şeklini alma aşamasından geçmek zorunda olan raylar, bu aşamadan sonra ISO 7465 standardında belirtildiği üzere soğuk çekme ve talaşlı imalat yöntemleri ile imal edilebilmektedir. Soğuk çekilmiş raylar A, işlenmiş raylar B harfi eklenerek standarttan alınmaktadır, örneğin; T 90-A veya T 90-B [30].

### **3.1.2.1 Soğuk çekme kılavuz ray imalatı**

Soğuk çekme raylar, sıcak haddelenmiş profillerin sert metal kalibreden geçirilmesi ile sıvama ve sıkıştırma usulüyle imal edilmektedir. Bu yöntem ile rayların ölçü hassasiyeti ve yüzey pürüzlülüğü bakımından bütün yüzeylerinin özellikleri arttırılmaktadır. Sıkıştırma ve sıvama esasına dayanan bu yöntemle, malzemenin mekanik özellikleri de geliştirilmiş olur. Talaşlı imalat, söz konusu mekanik özellik artışını temin edemediğinden, işlenmiş raylar, çekme dayanımı daha yüksek hammadde kullanılarak üretilmektedir [30,31,32].



**Şekil 3.3 :** Rayın soğuk çekme ve talaşlı imalat üretim aşamaları [31].

Kılavuz raylar herhangi bir yüzey işleme programına tabi tutulmazlar. Soğuk çekme işlemi malzemenin gerilmesine sonuç olarak yapısının değişmesine neden olur. Bu işlem kesit boyunca haddelenmiş hammadde kalınlığındaki değişimlerden kaynaklanan kısa eğrilerin oluşmasına neden olur. Bu eğriler yanallı ivmelenme oranlarını yükseltir. Bu yüzden 1.6 m/s'nin üzerindeki hızlarda soğuk çekilmiş raylar kullanılmamaktadır [26,33].

### **3.1.2.2 Talaşlı imalat yöntemi ile kılavuz ray imalatı**

Haddelenmiş ray profillerinin paten çalışma yüzeyleri, planyalama, frezeleme veya broşlama usullerinden biri ile talaş kaldırılması yöntemi ile imal edilmektedir [27].

### **3.1.3 Kılavuz rayların özellikleri ve boyutları**

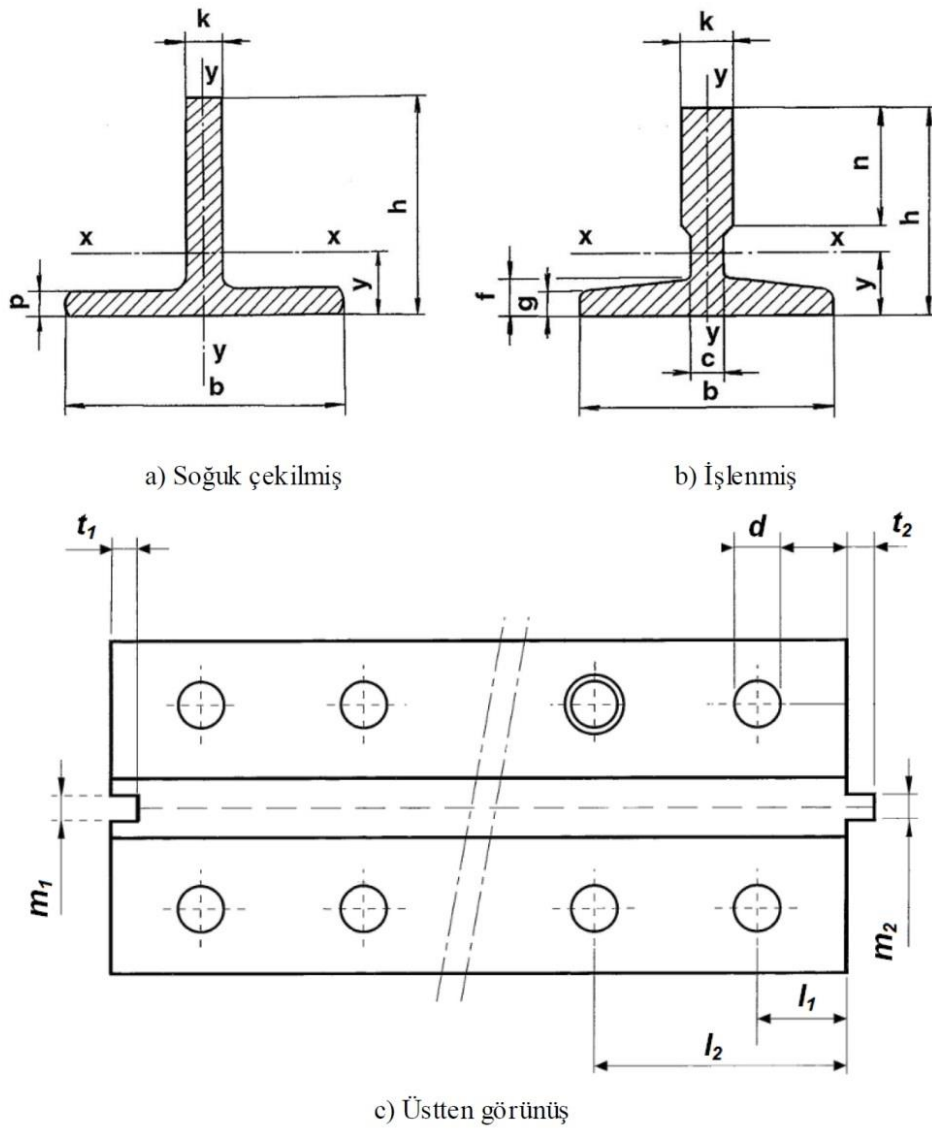
#### **3.1.3.1 Kılavuz ray boyutları**

Ray boyutu seçiminde; kabin ağırlığı, kabin yükü, ray döşeme sistemi ve konsol aralıkları, emniyet freni tipi gibi faktörler önemli rol oynar [28].

Seçilen rayın boyutu, karşılanması gerekli kuvvetlere bağlı olacaktır. Kabin hareketi boyunca, özellikle eğer kabinin dengesi iyi ayarlanmışsa ve yük düzgün bir şekilde dağıldıysa kuvvetler kısmen daha düşük olacaktır. Bununla birlikte, kabinin yüklenmesi sırasında, raylar üzerine daha büyük yükler uygulanabilir. Bu durum, özellikle servis asansörlerinin yük kaldırma aracı kullanılarak yüklenmesi sırasında geçerli olmaktadır. Bu yükler raylarda burkulma momenti oluşturacaktır. Aşırı kullanım durumunda, raylardaki bu yükün bir kısmını azaltmak için asansörü yapıya sabitleyen bir sistem temin etmek gerekli olabilir [25].

Raylar üzerine uygulanan diğer kuvvetler, acil durumlarda güvenlik tertibatının devreye girmesiyle oluşmaktadır. Bu durum, bir eğilme gerilmesine neden olacak kadar büyük bir basınç yükünün raylar üzerine iletilmesi ile sonuçlanacaktır. Bu kuvvetlerin hesaplanması ve dolayısıyla ray boyutu seçimi BS 5655 Part 9'da belirtilen yöntemle uygun olacak şekilde gerçekleştirilmelidir [25].

Kılavuz raylar soğuk çekilmiş veya talaşlı imalat yöntemi ile işlenmiş olabilir. Kılavuz ray profillerinin kesit görünüşleri Şekil 3.4.a ve Şekil 3.4.b'de, üstten görünüşü ise Şekil 3.4.c'de gösterilmiştir. Kılavuz rayların teknik ölçüleri ISO 7465:1992'ye uygun olacak şekilde Çizelge 3.3'te, özellikleri ise Çizelge 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4 : Asansör kılavuz ray görünüşleri [01,12,33].

**Çizelge 3.3 : Kılavuz ray ölçüleri [mm] [01,12].**

Ray tipi	b	h	k	n	c	g	f	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	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	6,4	6,37	7,14	6,35	13
T125/B	125	82	16	42	10	9	12	6,4	6,37	7,14	6,35	17
T127-1/B	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	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	140	108	19	50,8	12,7	12,7	15,9	6,4	6,37	7,14	6,35	21,5
T140-2/B	140	101,6	28,6	50,8	19	14,3	17	6,4	6,37	7,14	6,35	21,5
T140-3/B	140	127	31,7	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;

**Çizelge 3.4 : Kılavuz ray özellikleri [01,12].**

Ray tipi	S	q	J <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	y
	10 <sup>2</sup>		10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>		10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>		
	mm <sup>2</sup>	kg/m	mm <sup>4</sup>	mm <sup>3</sup>	Mm	mm <sup>4</sup>	mm <sup>3</sup>	mm	mm
T45/A	4,25	3,34	8,08	2,53	13,8	3,84	1,71	9,5	13,1
T50/A	4,75	3,73	11,24	3,15	15,4	5,25	2,1	10,5	14,3
T70-2/A	10,52	8,26	47,43	9,63	21,2	23,13	6,61	14,8	20,2
T70-1/A	9,51	7,47	41,3	9,24	20,9	18,65	5,35	14	20,4
T70-3/B	11,54	9,3	27,5	8,52	15,2	25,8	7,54	15	17,3
T75-3/A,B	10,99	8,63	40,35	9,29	19,2	26,49	7,06	15,5	18,6
T82/A	10,9	8,55	49,4	10,2	21,3	30,5	7,4	13,2	19,8
T89/A,B	15,7	12,3	59,52	14,25	19,5	52,4	11,8	18,3	20,2
T89/B	15,7	12,3	59,6	14,5	19,5	52,4	11,8	18,3	20,7
T90/A,B	17,25	13,55	102	20,87	24,3	52,6	11,8	17,5	21,6
T125/B	22,83	17,9	151	26,2	25,7	159	25,4	26,4	24,3
T127-1/B	22,64	17,77	186,2	30,4	28,6	148	23,4	25,6	27,5
T127-2/B	28,63	22,48	198,4	30,9	26,3	230	36,2	28,3	24,6
T140-1/B	35,2	27,6	404	53,4	33,9	310	44,3	29,7	32,4
T140-2/B	43,22	32,7	452	67,5	32,5	365	52,3	29,2	34,8
T140-3/B	57,35	47,6	946	114	40,6	488	70	29,2	44,2

A: soğuk çekilmiş kılavuz ray

B: işlenmiş kılavuz ray

Paraşüt sisteminin devreye girmesiyle veya kabin ve içindeki yolcuların ağırlığı nedeniyle kılavuz ray üzerinde oluşan kuvvetin sarf edilmesi doğrudan kılavuz rayların kalınlığına bağlıdır [24,34]. Daha büyük kabin kapasitesi, daha yüksek hızlar ve daha yüksek güvenlik için daha büyük boyutlu kılavuz raylara gereksinim duyulmaktadır [24]. İmalat hatalarından dolayı kılavuz rayların kalınlığında meydana gelen değişiklikler, kılavuz ray dizisinde dengesizliklere yol açabilmektedir [34].

Kılavuz rayların, ray standardına göre tavsiye edilen boy uzunlukları 5 m'dir [19]. Bu uzunluk imalat açısından uygundur ve rayın doğrultulması için gerekli parametrelerin düzgün bir şekilde kontrol edilmesine imkân vermektedir [26]. Kılavuz ray uzunluğu  $\pm 2$  mm'lik bir tolerans ile imal edilmektedir [19].

### 3.1.3.2 Kılavuz ray yüzey sertlik değerleri

Çeliklerin mukavemeti ile sertliği arasındaki ilişki **Çizelge 3.5**'te gösterilmektedir.

**Çizelge 3.5** : Çekme mukavemeti – yüzey sertlik değerleri [27].

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

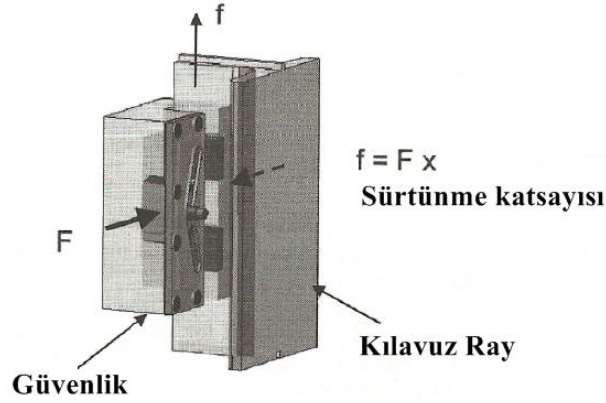
Yapı çeliklerinde ampirik olarak  $HB \times 3,3 = N/mm^2$  dir. Bu varsayıma göre asansör kılavuz rayları 110-160 HB arasında bir sertlik değerine sahiptir [31].

Ray yüzey sertliği, emniyet freni devreye girdiği zaman önem kazanmaktadır. Emniyet freni devreye girdiğinde, ray ile fren pabucu arasında bir temas söz konusudur ve temasta olan taraflardan biri aşınmaya veya çentik etkisine maruz kalacaktır. Bu durumda rayın değil fren pabucunun aşınması tercih edilir. Asansör parçalarının ahenk içinde bir arada çalışması gerektiğinden, fren pabuçlarının raya uygun üretilmesi ve bu şekilde üretilmiş frenlerin seçilmesi şarttır. Ayrıca fren pabuçlarının çok sert veya çok sivri olması kırılma ihtimalini artırır ve tehlike yaratır [27].

### 3.1.3.3 Kılavuz ray sürtünme katsayısı

Malzeme ve yüzey pürüzlülüğü, sürtünme katsayısını doğrudan etkileyen faktörlerdir. Malzemenin kimyasal bileşimi ve sonuçta oluşan sertlik değeri sürtünme katsayısını etkiler.

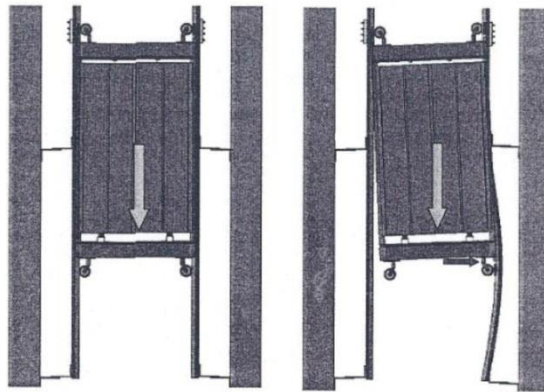
Kılavuzlama bağlantılarında paraşüt sistemi devreye girdiğinde, kılavuz raylar güvenlik açısından önemli bir eleman haline gelir. Kılavuz rayın sürtünme katsayısı, paraşüt sistemi devreye girer girmez belirli bir hız azalmasını korumak için sarf edilen normal kuvveti belirler [34]. Paraşüt düzeni üzerinde oluşan kuvvetler **Şekil 3.5**'te gösterilmiştir.



**Şekil 3.5** : Paraşüt sistemi üzerinde oluşan kuvvetlerin düzeni [34].

Seyir yolu boyunca farklı sürtünme değerleri, paraşüt sisteminin etkisinden dolayı arzu edilmeyen yavaşlama değişimlerine yol açar ve bunun sonucu olarak insan güvenliği tehlikeye girer [34].

Buna ek olarak, sürtünme katsayısındaki dengesizlikler aynı asansörün kılavuz raylarının ikisi arasında da olabilir. Sürtünme katsayısındaki dengesizlik TS EN 81-1-A3 standardında hesaba katılmayan yan kuvvetlerin oluşmasına neden olabilir ve bu kuvvetin miktarı paraşüt sisteminin raydan çıkmasına neden olabilir. **Şekil 3.6**'da dengesiz frenleme kuvvetlerinden dolayı rayların deforme olmasıyla beraber paraşütün raydan çıkma durumu gösterilmiştir [34].



**Şekil 3.6** : Dengesiz frenleme kuvvetleri nedeniyle raydan çıkma durumu [34].

Sürtünme katsayısındaki değişimleri minimuma indirmek ve yukarıda tanımlanan problemlerden kaçınmak amacıyla, yüzey pürüzlülük değerinin düşük ve bütün seyir yolu boyunca homojen olması istenmektedir. Bunu gerçekleştirmenin tek yolu, yüzey pürüzlülük değerlerinin olabildiğince sabit kalmasına olanak sağlayan uygun bir imalat sürecine sahip olmaktır [34].

### 3.1.3.4 Kılavuz ray yüzey pürüzlülüğü

Rayların yüzey pürüzlülüğü  $R_a$  standart ölçüleri **Çizelge 3.6**'da verilmiştir.  $R_a$  değeri, numune boyunca ölçülen profil sapmalarının mutlak aritmetik ortalaması olarak tanımlanmaktadır [27,35]. Bağlantı levhası temas yüzeyinin pürüzlülük değeri (bağlantı levhası işlenmiş durumdadır)  $R_a = 6,3 \mu\text{m}$ 'dir [19].

**Çizelge 3.6** : Rayların yüzey pürüzlülük değerleri,  $R_a$  [19,27].

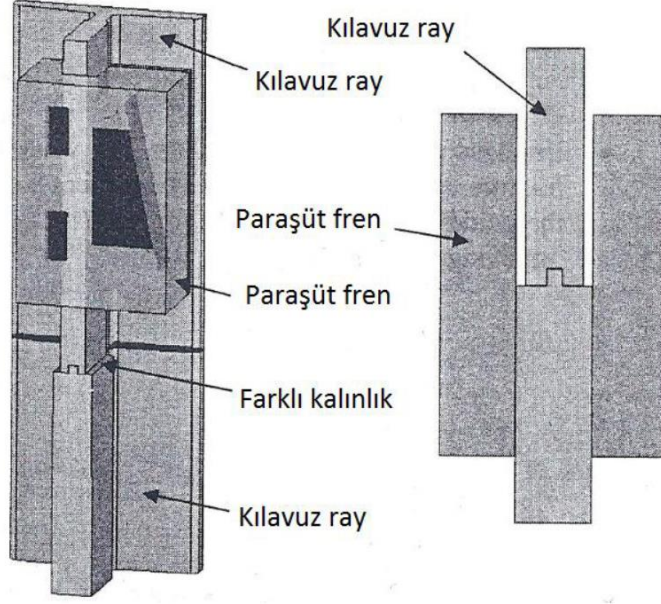
Ray Sınıfı	Ray Boyuna [ $\mu\text{m}$ ]	Ray Enine [ $\mu\text{m}$ ]
A	$1,6 \leq R_a \leq 6,3$	$1,6 \leq R_a \leq 6,3$
B	$R_a \leq 1,6$	$0,8 \leq R_a \leq 3,2$
BE	$R_a \leq 1,6$	$0,8 \leq R_a \leq 3,2$

Kılavuz ray yüzeylerinin pürüzlülük miktarı, kayan patenlerin veya tekerlekli patenlerin aşınmasını etkiler. Aynı zamanda bu pürüzlülük miktarı sürtünme faktörünü ve güvenlik tertibatının çalışmasını da etkiler. En önemli nokta ise, kılavuz rayların tutarlı davranışını sağlamak için pürüzlülüğün homojenliği devam ettirilmelidir [26].

Kabini ve karşı ağırlığı kılavuzlamak için kullanılan kılavuz ray yüzeyleri, kılavuzlama elemanlarının uygun bir şekilde çalışmasını kolaylaştırmak için yeterince pürüzsüz olmalıdır [12]. Sıcak haddelenmiş profillerle yapılan ek işlemler bu amaca yöneliktir. ISO 7465 standardında atıf yapılan ISO 468 veya TS 971, yüzey pürüzlülüğü özelliğini açıklamaktadır [27].

### 3.1.3.5 Kılavuz ray bıçak kalınlığı ve ray uçları

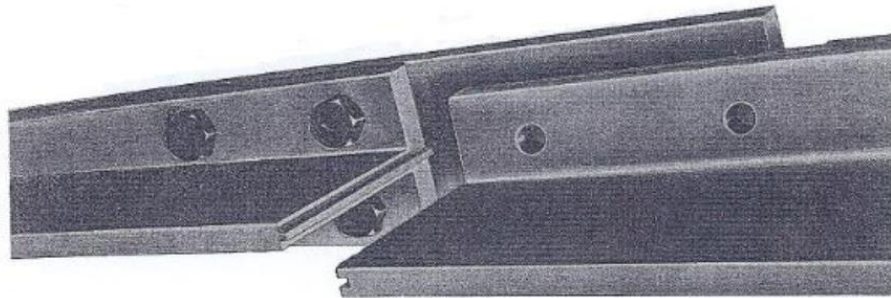
Bıçağın kalınlığı ve homojenliği, güvenlik tertibatının devreye girmesiyle oluşan hız azalması için sarf edilen kuvveti doğrudan etkilediğinden oldukça fazla önem taşımaktadır. **Şekil 3.7**'de farklı kalınlıklara sahip rayların bağlantısı ve paraşüt düzeni görülmektedir [34].



**Şekil 3.7 :** Farklı kalınlıktaki ray birleşiminde paraşüt fren sistemi [34].

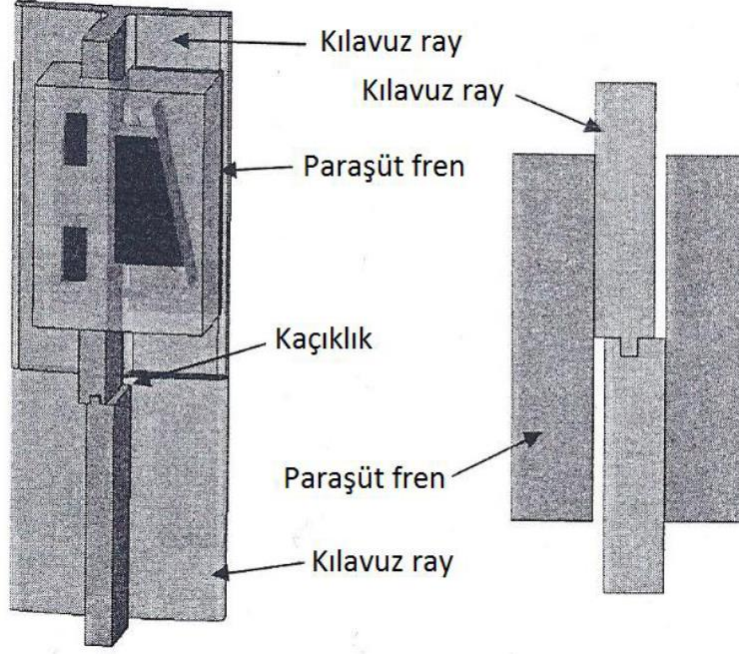
Kullanılan paraşüt sistemi tipine bağlı olarak problemin büyüklüğü artabilir. Bıçak kalınlığında 0,1 mm değişimler yolcu asansörünün ani hız yavaşlaması sebebiyle meydana gelen kuvveti %10'dan daha fazla etkileyebilir. İstenilen homojenliği elde etmek için, uygun bir imalat yöntemine sahip olmak gereklidir [34].

Asansör kuyuları 5 m'den daha derin olduğu durumlarda standart uzunlukta bir kılavuz ray yeterli olmayacağı için iki veya daha fazla kılavuz rayın birbirine monte edilmesi gerekir. **Şekil 3.8**'de iki kılavuz rayın birbirine monte edilmesi durumu görülmektedir [29].



**Şekil 3.8 :** İki kılavuz rayın montajı [12].

Montaj işlemlerinin kolay bir şekilde yapılabilmesi için **Şekil 3.8** ve **Şekil 3.4.c**'de görüldüğü gibi kılavuz rayların uç kısımlarına erkek ve dişi kanallar işlenir [33].



**Şekil 3.9 :** Hatalı merkezlenmiş ray birleşiminde paraşüt fren sistemi [34].

Erkek ve dişi kanalların merkezlenmesindeki kaçıklık (**Şekil 3.9**) aynı asansörün kılavuz ray dizileri arasında kuvvetlerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu kuvvetler, raylar üzerinde dengesizliğe yol açmaktadır. Kılavuz rayların erkek ve dişi geçme kanallarının kalitesi uygun imalat yöntemine bağlı olarak değişmektedir [34].

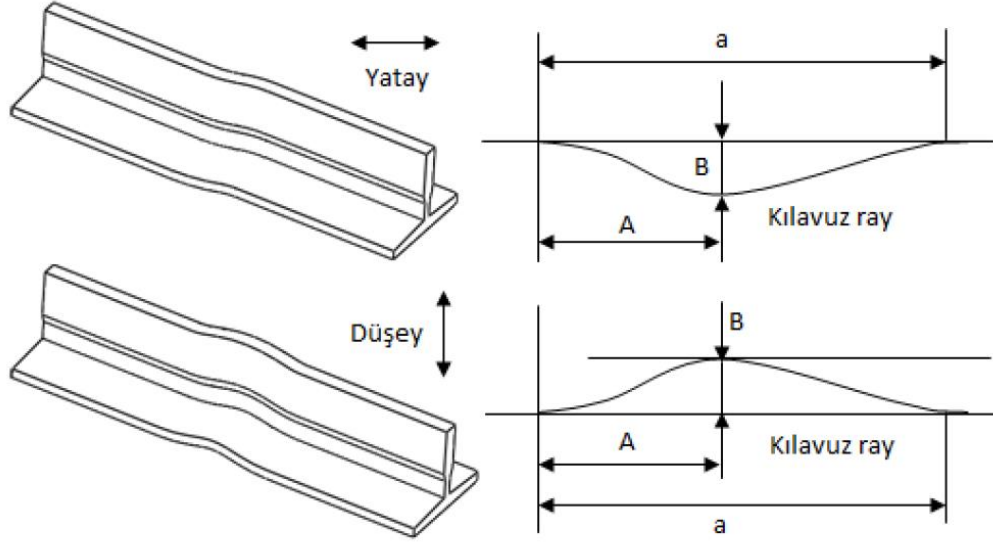
### 3.1.3.6 Kılavuz ray doğrusallığı ve burkulma

Üretilen raylarda maksimum ray doğrusallık oranı B/A için boyutlar **Şekil 3.10**'da görülmektedir. **Çizelge 3.7**'de ise bu orana ait değerler verilmektedir [33,36]. Kılavuz ray doğrusallığı özellikle asansörün 4 m/s'nin üzerindeki hızlarında önem kazanmaktadır [30].

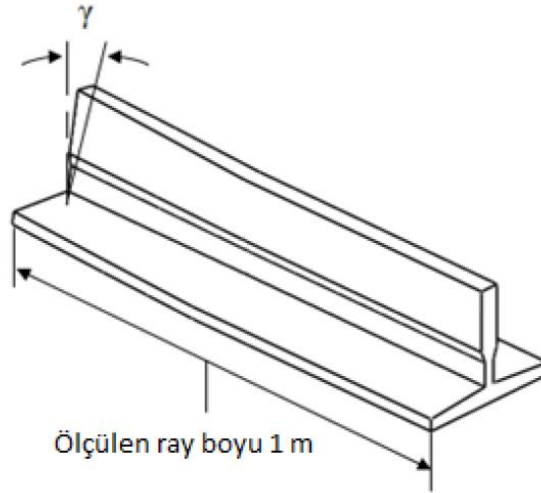
**Çizelge 3.7 :** Doğrusallık oranı [36].

Kılavuz Ray Tipi	B/A maksimum değeri
Soğuk Çekilmiş T 50/A	0,0016
İşlenmiş	0,0010

Burada; A: referans noktası ile ölçüm noktası arasındaki en kısa mesafe, B: referans noktası ile ölçüm noktası arasındaki en büyük mesafe, a: A ve B değerlerinin denetlendiği uzunluktur ve 1 metreden uzundur [36].



**Şekil 3.10 :** Kılavuz ray doğrusallığı [36].



**Şekil 3.11 :** Kılavuz ray boynundaki burkulma [36].

İmal edilen raylarda ray boynundaki maksimum burkulma açısı **Şekil 3.11**'de görüldüğü gibi  $\gamma$  ile ifade edilmekte ve riayet edilecek  $\gamma$  değerleri **Çizelge 3.8**'de verilmektedir [36].

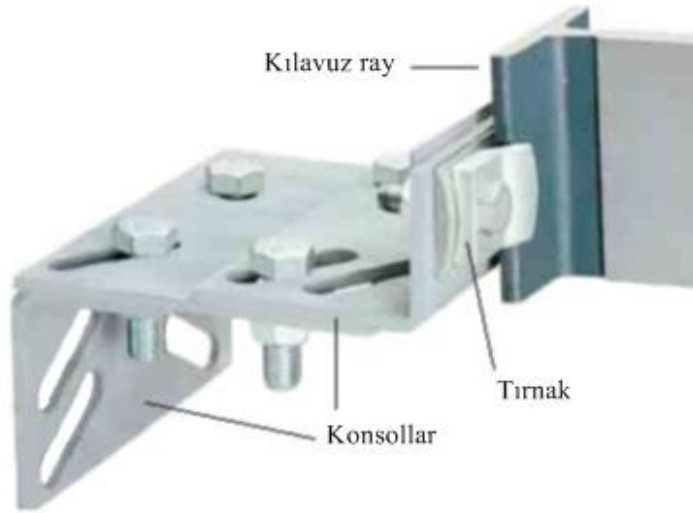
**Çizelge 3.8 :** İzin verilen burkulma açısı değerleri [36].

Kılavuz Ray Tipi	$\gamma$ max
Soğuk Çekilmiş T 50/A	50 ′/m
İşlenmiş	30 ′/m

### 3.2 Kılavuz Ray Bağlantı Elemanları

Asansör kılavuz rayları genelde, ‘asma’ ve ‘oturtma’ yöntemlerinden biri ile kuyu içine monte edilmektedirler. Her iki montaj şeklinde de raylar, yapılan hesaplara ve rayın kesitine bağlı olarak bırakılan aralıklarla, bina betonarmesine kılavuz ray konsolları ve ray sabitleme tırnakları ile tespit edilmektedirler.

Konsollar ve sabitleme tırnakları rayların doğrusallığını sağlamak, buna bağlı olarak da güvenli ve konforlu bir seyahat sağlamak açısından kılavuz raylar ile birlikte asansör sisteminin en önemli parçalarıdır. **Şekil 3.12**'de bir kılavuz rayın, ray konsolu ve sabitleme tırnağı ile bağlantısı gösterilmiştir [30].



**Şekil 3.12 :** Kılavuz ray, ray konsolu, ray sabitleme tırnağı bağlantısı [30].

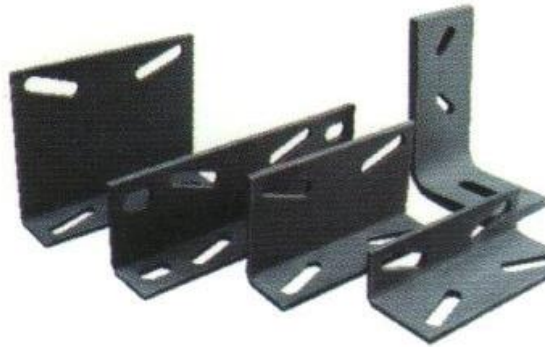
Kılavuz raylar, uçlarına erkek ve dişi kanallar açılıp, bu kanallar yardımıyla hizalanmaktadır. Kılavuz rayların birbirine bağlantısı ise ray bağlantı levhalarıyla gerçekleştirilmektedir. Bağlantı levhası kılavuz rayların uç kısmından en az 4 civata ile tespit edilmelidir ve levhanın genişliği kılavuz ray genişliğinden daha az olmamalıdır. Standart bağlantı levhaları, bağlandıkları ray kesitlerinden önemli bir ölçüde daha zayıf olmalıdır. Bu yüzden, ağır yüklemelere maruz kalan kılavuz rayların kullanıldığı durumlarda, 50 mm'ye kadar kalınlığı olan standart olmayan bağlama levhalarının ya da bağlantı elemanları olarak kısa bir şekilde eşleşen kılavuz rayların kullanılması daha uygun olabilir. Bu durumda daha fazla boşluğa ihtiyaç duyulur, ama bağlantının yüksek rijitliğinin sağlanması gerekir [12].

Günümüzde tırnakların ve konsolların hesaplanması için kullanılabilir bir standart bulunmamasına rağmen, paraşüt sistemi etkisinden ve özellikle bina yerleşiminden ve sıcaklık değişimlerine bağlı genleşmelerden dolayı tırnak ve kılavuz ray arasında oluşan kuvvetlerin kesinlikle göz önünde bulundurulması gerekir. Konsollar üzerinde oluşan gerilmeler, tırnak ve kılavuz ray arasındaki sürtünmeyle ilişkili olduğundan, konsol tipinin seçimi kullanılan tırnaklara bağlıdır. Düşük bir sürtünme kuvvetine sahip dayanıklı bir tırnak tercih edilmelidir [34].

Kılavuz ray konsolları ve tırnakları, rayları hizada tutan ray donanımları olduğundan tasarımları çok önemlidir [25]. Konsollar, bağlantıları ve destekleri, kabinin düzensiz yüklenmesi sonucu oluşan yatay kuvvetlere dirençli olmalı ve toplam eğilme miktarı asansörün normal çalışmasını etkilemeyecek bir değerde sınırlandırılmalıdır [12]. Yüksek olmayan binalar için, rayları rijit tutmak için dövülmüş çelik tırnaklar kullanılabilir. 20 m'den yüksek binalar için, yay tırnaklar daha avantajlıdır [25].

### 3.2.1 Kılavuz ray konsolları

Kılavuz rayları yerleştirilirken ray ile ilişkisi çok önemli olan bir yardımcı eleman da rayı binaya bağlayan konsollardır. Bu konsollar, rayların yatay hareketlerini önleyecek mukavemette ve sabitlemeleri bu kuvvetleri karşılayacak yapıda olmalıdırlar [30]. **Şekil 3.13**'te çeşitli kılavuz ray konsolları görülmektedir.

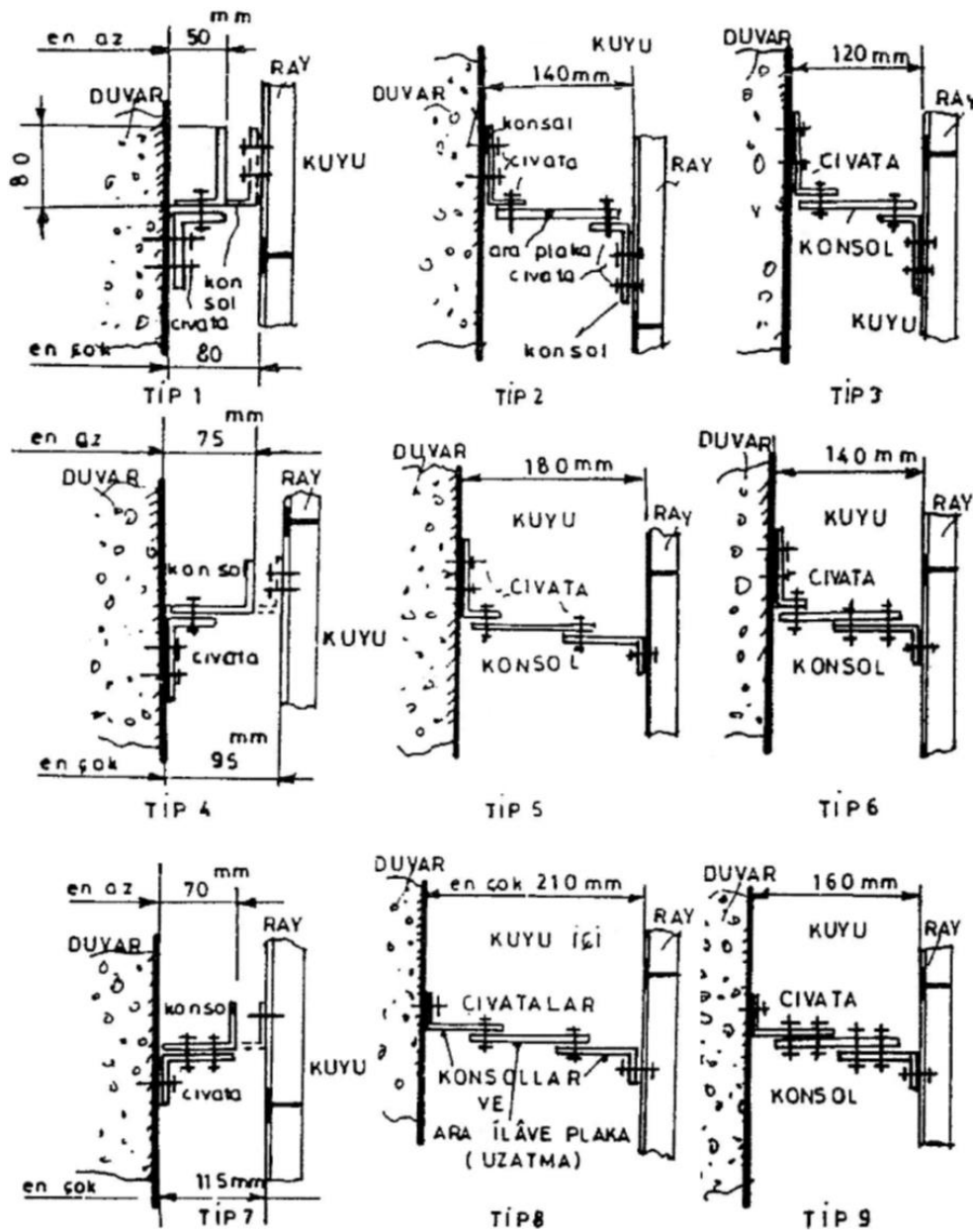


**Şekil 3.13** : Kılavuz ray konsolları [37].

Konsollar arası mesafe, asansör mühendisleri tarafından tespit edilmelidir. Konsol aralığının ideal bir ölçüsü literatürde tanımlanmamıştır [27]. Ancak hesaplar, oturtma veya asma raya göre hangisi seçilmişse TSE normlarına göre yapılmaktadır [30]. Mesafe azaltıldıkça, konsol sayısı artar ve ray boyutu küçülür. Konsol montajı maliyetiyle ray maliyetini optimize eden çözüm hedeflenmelidir. Teorik olarak

mesnet mesafesini sonsuza kadar küçültmek mümkündür. Fakat, binanın mesnet kabul edilebilecek yapısal elemanlarının izin verdiği kadar küçülme gerçekleştirilebilir. Hiçbir mukavemet gösteremeyecek bir dolgu duvarına mesnet yerleştirilmemelidir [27].

Konsollar ile ray arasında, hareket yeteneğine engel olacak sabit bir bağlantı olmamalıdır. Eğer ray konsollara kaynatılır veya zamanla oluşacak korozyon ile iki metal birleşir ise, ısıl genleşme sonucu büyük gerilmeler oluşur ve ray deforme olur. Konsollara, ray ile konsol arasında korozyon sonucu oluşacak bağı önleyecek bir madde, örneğin gres yağı sürmek iyi bir çare olacaktır [27].



Şekil 3.14 : Farklı tiplerde kılavuz ray-konsol bağlantıları [38].

### **3.2.1.1 Kılavuz ray konsollarının özellikleri**

Firmalar genellikle standart tipte üretilmiş ray konsollarını kullanmaktadırlar. Buna rağmen özel durumlarda, ray konsolları tasarlanan asansöre ve binanın yapısına uygun olarak, belirli standartlar dahilinde tasarlanabilmektedir.

Kılavuz ray konsolları genellikle St-37 çelik malzemesinden imal edilmektedir. Ray konsolları, hazır çelik saclardan istenen boyutlara göre kesilip, projeye uygun cıvata deliklerinin açılmasından sonra bükme işlemi ile şekillendirilmektedir. Açılan cıvata delikleri proje doğrultusunda kanal şeklinde eğimli veya yatay olarak açılmaktadır ancak standart konsollarda bu cıvata delikleri eğimli şekilde olmaktadır. Cıvata deliklerinin kanal şeklinde ve eğimli olması rayın konsola ve konsolun duvara tespitinde avantaj sağlamaktadır. **Şekil 3.14**'te farklı tiplerde kılavuz ray konsol bağlantıları verilmiştir [30].

### **3.2.1.2 Kılavuz ray konsollarının montajı**

Ray konsolları bina yapısına monte edilmektedir. Bu yataklama noktaları, gerek çelik kirişler gerekse örme taş duvarlar binayı yapan firmalar tarafından tedarik edilmekte ve binaya yerleştirilmektedir. Bu gibi desteklerin oluşturulması asansör mühendislerinin sorumluluğunda yer almamaktadır [39].

#### **Konsolların çelik yapılara montajı**

Konsollar genellikle asansör boşluğundaki çelik kirişlere doğrudan kaynak veya cıvata ile monte edilmektedirler. Kaynak yöntemi, çelik kirişler veya diğer şekiller için pratik, güvenilir ve iyi bir yöntem olmasına rağmen işlem uygun bir şekilde gerçekleştirilmelidir.

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

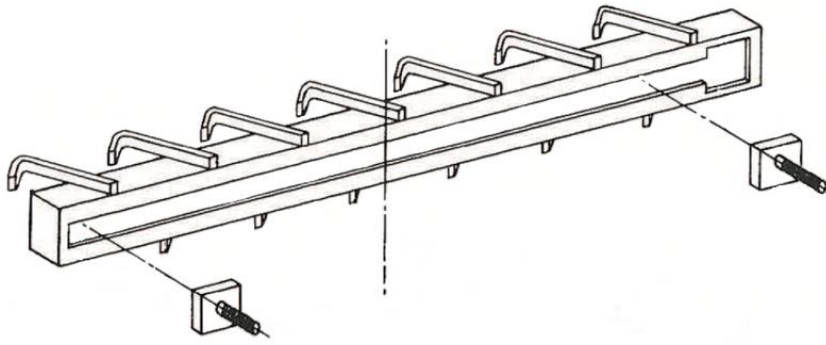
Delikler, doğru ölçülere göre az miktar küçük çapta olacak şekilde delinmelidir. Kaynak ile delinen delikler daima az miktarda prüzlüdür. Delikler bu yüzden çelik henüz sıcak iken zımpara ile şekillendirilmelidir. Buna ek olarak, çelik yüzeyindeki çapaklar keski yardımı ile temizlenmelidir [39].

### **Konsolların beton yapılara montajı**

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

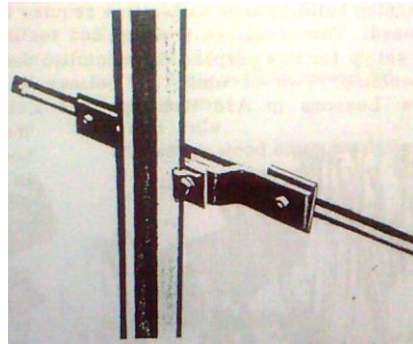
Çelik yükleme ek parçalarının tek bir uzun parça olarak kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu konsol bağlama civatalarının aynı çizgide olmalarını sağlamaktadır.

**Şekil 3.15**'te çelik yükleme ek parçası gösterilmektedir [39].



**Şekil 3.15** : Çelik yükleme ek parçası [39].

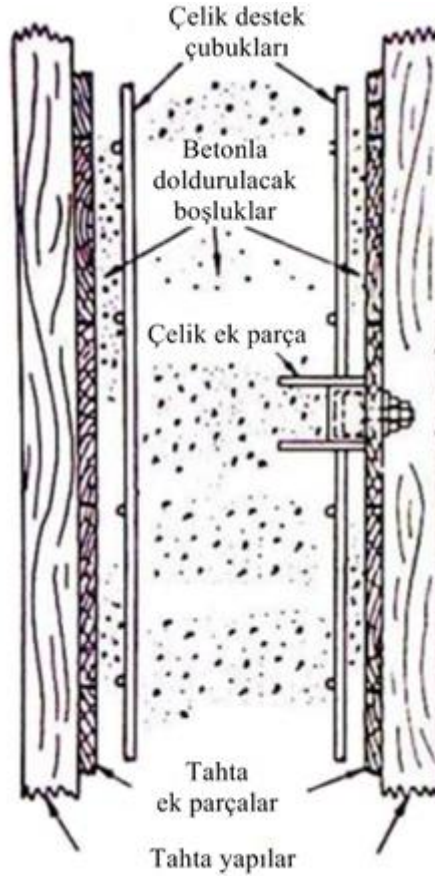
Konsolları, çelik yükleme ek parçası ile monte etme işlemi bina yapımının ilk aşamalarında planlanması gereken bir yöntemdir. Ek parçalar, beton dökülmeden önce, destekleyecekleri konsolların seviyesine göre yerleştirilmektedirler.



**Şekil 3.16** : Çelik yükleme ek parçası ile gerçekleştirilmiş konsol bağlantısı [39].

Asansör boşluğunun boyutları kontrol edilip doğrulandıktan sonra, kabin ve karşı ağırlığa ait kılavuz ray konsollarının ve konsollara ait civata deliklerinin yaklaşık yerleri tespit edilmekte ve işaretlenmektedir. Tahta kalıp sayesinde, işaretlenen noktalardan ray merkezine eşit uzaklıkta olacak şekilde delinmektedir [30,39].

Çelik ek parçayı tahta kalıbın asansör boşluğuna bakan kısmına bağlamak için, her bir seviyede tahta kalıbın dış duvarına bir tahta yerleştirerek boşluk oluşturulması veya beton kalıplar geçici bir süre ile dışarıda bırakılan konsol seviyesine geldiğinde çelik ek parçanın monte edilmesi gerekmektedir. Tahta ek parçalar ile oluşturulan boşluk, çelik yükleme ek parçası yerleştirildikten sonra çimento ile doldurulmaktadır. **Şekil 3.17**'de çelik ek parçanın kalıplar içindeki genel düzenlemesi gösterilmektedir.



**Şekil 3.17** : Beton yapıda konsol bağlantı düzeneğinin oluşturulması [39].

Bazı firmalar beton yapılarda kendi tasarımları olan çelik ek parçaları kullanmayı tercih etmektedirler. Bu genellikle dövülebilir çelikten olan özel tipler, çelik yükleme ek parçası için tanımlanan benzer şartlarda montaj yapılmaktadır. Bu tip çelik ekler, kılavuz ray üstünde merkezleme yerine her bir ray konsol civatasında merkezlenir ve güvenli bir şekilde civatalanır.

#### **Konsolların tuğla yapılara montajı**

Tuğla yapılarda, konsolların montajında da çelik ek parçalar kullanılmaktadır. Bu ek parçalar, asansör boşluğunun yapımı aşamasında örülen tuğlalarla birlikte yapıya

yerleştirilmektedir. Çelik ek parçalar tuğla duvar yüzeyinden bir miktar içeriye yerleştirilmektedir [30,39].

### 3.2.2 Kılavuz ray tırnakları

Kılavuz rayları, konsollara bağlamak amacı ile ray sabitleme tırnakları kullanılmaktadır. Asansörler binalara genellikle, henüz daha yapı tamamlanmadan kuruldukları için yapının bası kuvveti ray üzerinde basınç oluşturmakta ve rayın yapısını bozabilmektedir. Ray ile ray konsolu bağlantısında cıvata yerine ray sabitleme tırnağının kullanılmasının temel sebebi budur [30]. Kılavuz ray tırnaklarının genellikle 3 temel tipi kullanılır:

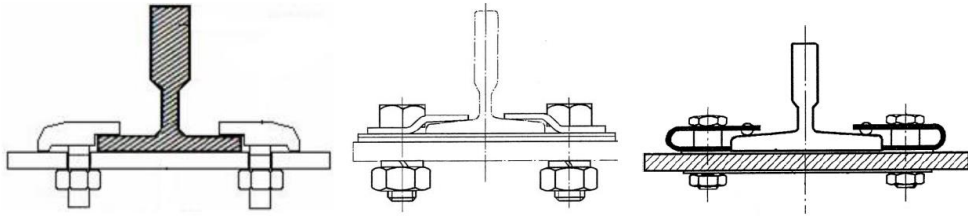
- a) Katı tırnaklar, çeliğin dövülmesi ile elde edilir. Dayanımın ana kriter olduğu, kılavuz rayların yüksek yüklemelere maruz kaldığı yerlerde kullanılır. Bu tırnaklar günümüzde, ağır yük nakliye asansörlerinde, sırt çanta sistemli hidrolik asansörlerde ve benzeri asansörlerde kullanılır.
- b) Genel amaçlı tırnaklar, çeliğin preslenmesi ile elde edilir. Kılavuz raylar üzerindeki yükün kısmen daha az olduğu asansörlerde kullanılır. Birkaç katlı binalarda kullanılan yolcu asansörleri buna örnek verilebilir. Birkaç katlı binalarda, binadaki insan yoğunluğu az olması nedeniyle, kılavuz raylarda büyük deformasyonların olması beklenmez.
- c) Kayar tırnaklar, bina ile kılavuz raylar arasında farklılık gösteren bir hareketin meydana gelmesinin bekleneceği yüksek katlı binalarda kullanılır. Temel tasarım kriteri, tutarlı ve önceden tahmin edilebilir bir kayma eylemini gerçekleştirmektir. Eğer kayar tırnaklar çalışmazsa, farklı hareketleri dengelemek için düzenli olarak muayene ve düzenleme gerektiren bir provizyon gerekir. Aksi takdirde, binadaki yerleşim ve yoğunluk nedeniyle kılavuz raylarda aşırı gerilmeler meydana gelebilir ve bu da arzu edilmeyen deformasyonlara yol açar.

Kayar tırnaklar, kılavuz rayların diğer bütün yönlerdeki hareketini kısıtlayarak sadece uzunlamasına hareketini sağlayacak şekilde tasarlanabilir. Bu tırnaklar öngörülen sıkma kuvveti aşıldığında, kılavuz rayın kayma hareketine imkân verir [12]. **Şekil 3.18'**de çeşitli tiplerde ray sabitleme tırnakları gösterilmiştir.



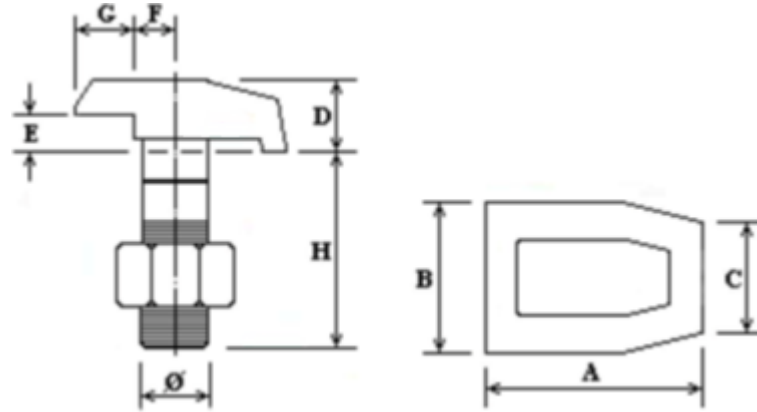
**Şekil 3.18** : Çeşitli tiplerde ray sabitleme tırnakları [30,33].

**Şekil 3.19**'da çeşitli tiplerde kullanılan ray tırnakları ile kılavuz ray bağlantıları gösterilmiştir.



**Şekil 3.19** : Farklı tip tırnaklarla ray bağlantısı [12].

En çok tercih edilen ray sabitleme tırnağı tipinin boyutları **Şekil 3.20**'de ve temel ölçüleri de **Çizelge 3.9**'da verilmiştir [30].



**Şekil 3.20** : Ray sabitleme tırnağının temel boyutları [30,40].

**Çizelge 3.9** : Ray sabitleme tırnağı boyutları [mm] [01].

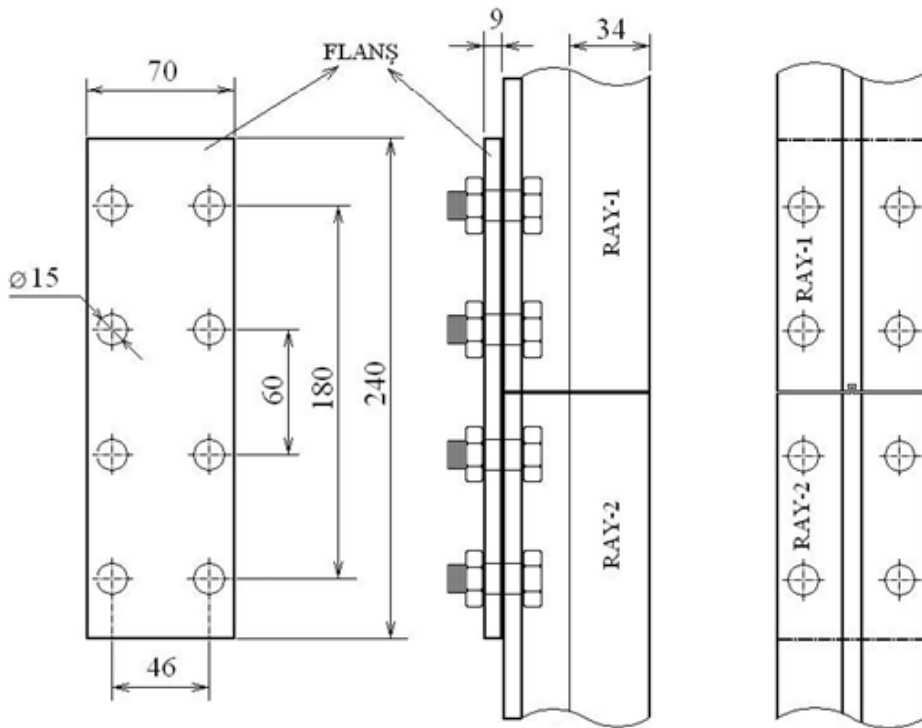
	Ø	A	B	C	D	E	F	G	H
T1	M10	32	23	16	12	5,5	5	11	23
T2	M12	39	27	19	15	7,3	6,5	13	27
T3	M14	45	30	21	18,5	9,5	8	13	34
T4	M16	50	34	22	20,5	10,5	8,5	15	40
T5	M18	55	37	22	23	13	11	17	42

### 3.2.3 Kılavuz ray bağlantı levhaları

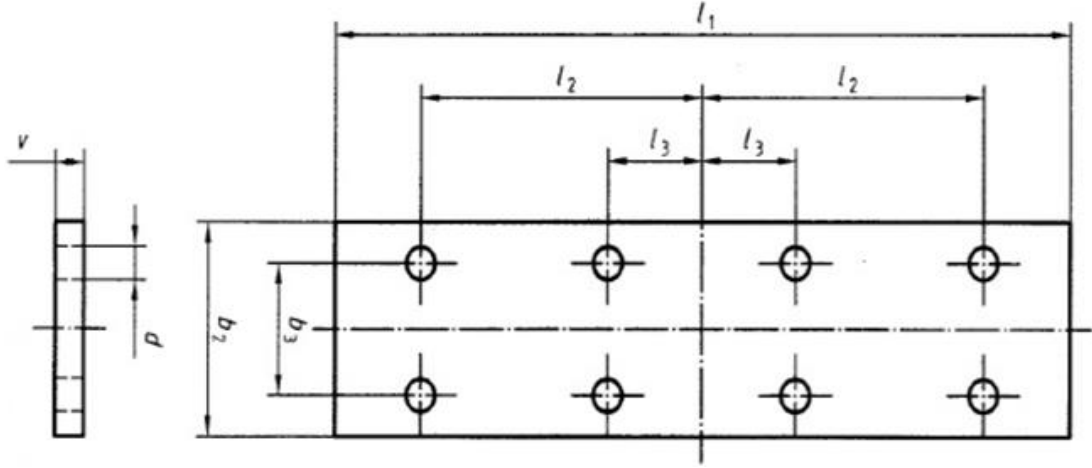
Bağlantı levhaları iki kılavuz rayın birbirine monte edilmesinde kullanılmaktadır. Kılavuz raylarının flanşlarının arka kısımları bağlantı levhası için düz bir yüz oluşturacak şekilde işlenmiştir. Bağlantı levhası kılavuz rayların uç kısmından en az 4 cıvata ile tespit edilmeli ve kalınlığı kılavuz ray kalınlığı kadar alınmalıdır.

Bağlantı levhaları, asansör tesisinde emniyet ve konfor elde etme yolunda kılavuz raylar kadar önemlidir. Levha kalınlığı ile cıvata boyutları, kullanılan rayın boyutlarına bağlı olarak seçilmektedir [01,28].

Döşenmiş ray hattı, tek parça kiriş olarak kabul edilir. Dolayısıyla bağlantı noktaları kılavuz ray ile aynı mukavemete sahip olmalıdır. Ayrıca doğru ve kolay montaj için kaliteli bağlantı levhaları kullanılmalıdır. Uygun olmayan bağlantı levhaları, genellikle bağlantı yüzü işlenmiş veya imalat sırasında düzlemselliği kaybolmuş, kalınlığı standartta belirtilen değerden daha düşük ürünlerdir. Bağlantı levhası, ek noktasında ray ile aynı mukavemete sahip olmalıdır. Bunun için özellikle yük asansörlerinde, ataleti standardın önerdiği değer üzerinde özel elemanlar kullanmak, emniyeti ve konfor düzeyini artıracaktır [29]. **Şekil 3.21**'de iki rayın, bağlantı levhası ve cıvatalar ile birbirlerine bağlanması gösterilmektedir.



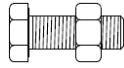

**Şekil 3.21** : İki rayın bağlantı levhalarıyla birbirine montajı [40].



Şekil 3.22 : Kılavuz ray bağlantı levhası [19].

Şekil 3.22’de kılavuz rayların birbirine eklenerek birleştirilmesinde kullanılan ray bağlantı levhasının teknik çizimi gösterilmiştir. Bağlantı levhasının ölçüleri ve bu ölçülere uygun kullanılan diğer ray bağlantı elemanları Çizelge 3.10’da verilmiştir.

Çizelge 3.10 : Bağlantı levhası özellikleri [mm] [01,19,41].

Ray Tipi	d	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	v		
T45/A	9	50	25	160	65	15	8	M8-25	T1
T50/A	9	50	30	200	75	25	8	M8-25	T1
T70/A	13	70	42	250	105	25	10	M12-35	T2
T75/A	13	70	42	250	105	25	10	M12-35	T2
T75/B	13	70	42	250	105	25	10	M12-35	T2
T82/A	13	80	50,8	216	81	27	10	M12-35	T2
T89/A T89/B	13	90	57,2	305	114,3	38,1	13	M12-35	T3
T90/A T90/B	13	90	57,2	305	114,3	38,1	13	M12-35	T3
T125/B	17	130	79,4	305	114,3	38,1	18	M12-35	T4
T125/BE	17	130	79,4	305	114,3	38,1	28	M12-35	T4
T127-1/B	17	130	79,4	305	114,3	38,1	18	M12-35	T4
T127-1/BE	17	130	79,4	305	114,3	38,1	28	M12-35	T4
T127-2/B	17	130	79,4	305	114,3	38,1	18	M12-35	T5
T127-2/BE	17	130	79,4	305	114,3	38,1	28	M12-35	T5
T140-1/B	21	140	92,1	380	152,4	31,8	28	M20-65	T5
T140-1/BE	21	140	92,1	380	152,4	31,8	38	M20-65	T5
T140-2/B	21	140	92,1	380	152,4	31,8	28	M20-65	T5
T140-2/BE	21	140	92,1	380	152,4	31,8	38	M20-65	T5
T140-3/B	21	140	92,1	380	152,4	31,8	38	M20-65	T5
T140-3/BE	21	140	92,1	380	152,4	31,8	48	M20-65	T5

A: soğuk çekilmiş kılavuz ray

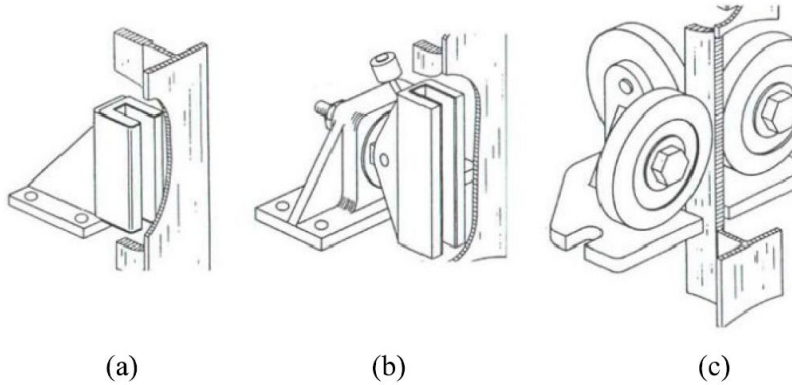
B, BE: işlenmiş kılavuz ray

Bağlantı levhası, bağlantı plakalarının bir konsolun yanına yerleştirilmemesi şartıyla, kılavuz raylardaki sehimi hesaplamak için gerek duyulan sınır şartları kullanılarak hesaplanır [26].

### 3.2.4 Kılavuz ray patenleri

Kabin ve karşı ağırlık ayrı ayrı kılavuz rayına patenler ile alt ve üst kısımlarından kılavuzlanmaktadır. Kılavuzlama yapan patenler, (a) kayan paten, (b) döner paten, (c) tekerlekli patenler olmak üzere 3 ayrı tiptedir (**Şekil 3.23**).

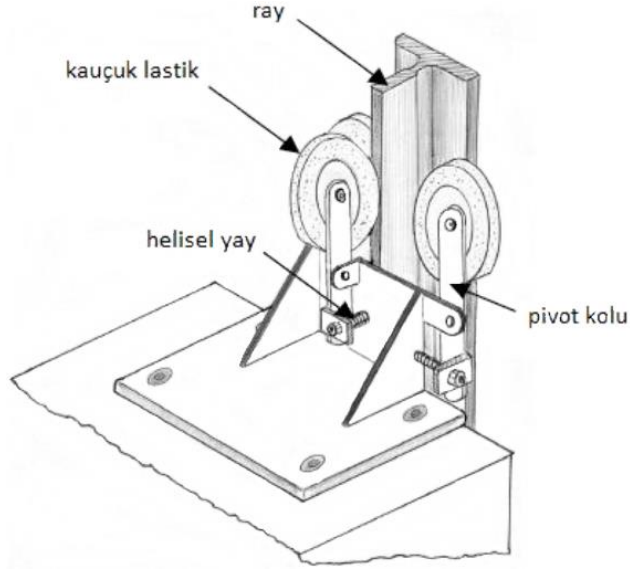
Kayan patenler, 2 m/s altındaki orta ve düşük hızda çalışan asansörlerde kullanılmaktadır. Kayma süresi, kabin hareketine ilave bir kuvvet yaratabilmekte ve kılavuz raylara sabit basınç uygulamaktadır. Pabuçların gövdesi dökme demirden, tampon bölgesi neopran veya benzeri özellikte plastik esaslı malzemedir. Aşınma dayanıklılığını arttırmak ve daha uzun ömür sağlamak için molibden disülfat ilave edilmektedir. Kılavuz rayların otomatik olarak gresle yağlanmak suretiyle sürtünme direnci azaltılmakta ve çalışma koşulları iyileştirilmektedir [01].



**Şekil 3.23** : Kılavuzlamada kullanılan patenler [01,18].

Döner patenler, yüksek hızlı asansörlerde tercih edilmektedir. Ancak yumuşak bir kullanım ve sürtünme kayıplarının azaltılması ve bununla beraber güçten kazanç sağlaması nedeniyle orta hızlı asansörlerde de kullanılmaktadır.

Tekerlekli patenler, kılavuz raylara sürekli temas halinde bulunan üç adet kendi etrafında dönebilen ve rulmanlı yataklı tekerlekten oluşmaktadır. Tekerlekler, plastik veya poliüretandan imal edildiğinden titreşimler oldukça azaltılmıştır ve sessiz çalışma, düşük sürtünme sağladıklarından tercih edilmektedir. Tekerlekli patenlerin bulunduğu kılavuz raylar yağlanmamış olarak bulunmalıdır [01]. **Şekil 3.24**'te genel kullanımdaki bir tekerlekli paten ile bir ray montajı gösterilmektedir.



Şekil 3.24 : Tekerlekli paten-ray montajı [23].

### 3.2.5 Konsol bağlantı ankrajları

İnşaatlarda yapı elemanlarının mevcut donmuş betona bağlantısını kolaylaştırmak için sonradan monte edilebilen ankrajlar kullanılmaktadır. Farklı yapıştırıcı ve mekanik sistemler endüstride uygulamaya sunulmaktadır. Yapıştırıcı sistemler kalıcı bir ankraj sağlarken, mekanik sistemler geçici kullanım veya betonun kullanım sırasında kırılması durumunda gerektiğinde çıkarılabilir olmasını da sağlamaktadır.

#### 3.2.5.1 Ankraj bağlantı beton özellikleri

Betonun karakteristikleri ankraj performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Düşük dayanımlı bir betonun başarısızlığı, konik-beton-dışa atması ile sonuçlanması muhtemel olacaktır. Benzer şekilde yüksek dayanımlı beton, daha yüksek bir sünek kırılma veya sıyrma sergileme eğilimine sahip olacaktır. Bu kavram bir arıza durumunda hasar ve maliyetleri en aza indirmek için kullanılabilir. Şartlara bağlı olarak, beton bir yapı yerine bir civatayı değiştirmek daha faydalı olabilir [42].

#### 3.2.5.2 Ankraj yükleme özellikleri

Etkin ankrajlama için, ankrajdan dayanması beklenen bütün yüklerin çeşidini ve büyüklüğünü bilmek çok önemlidir. Arzu edilen sonucu elde etmek için ilk olarak yüklerin tipi bilinmelidir [42].

Statik yükler, yapıya ve ankraj elemanına sürekli olarak uygulanan kuvvetlerdir. Statik yükler için temel kaynak gerçek yapının ağırlığıdır ve yapı bağlantıları üzerine

dağılmış olmasıdır. Bu yükler hemen hemen her yapı içinde mevcuttur. Ağırlığı ve miktarları bilinen inşaat malzemelerinden bu yükler açıkça tahmin edilebilir.

Dinamik yüklerin belirlenmesi, statik yüklerin belirlenmesinden daha karmaşıktır. Öncelikle, dinamik yükler çevresel faktörler ve insan etkileşimini içeren farklı kaynaklardan gelişirler. İkinci olarak, büyüklükleri kadar yerleri de değişken olabilmektedir. Çevresel yükler, sismik hareketler, rüzgar ve diğer hava şartlarının bir sonucu olabilir. Bunlar tarihsel eğilimler ve bilinen ekstrem durumların analiziyle hesaplanabilir.

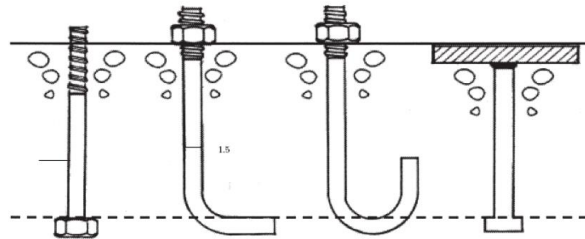
Öngörülen yükler belirlendikten ve yapısal elemanlar tasarlandıktan sonra, bu yüklerin farklı ankraj ve bağlantılarda nasıl gerçekleştirileceğine bakılmaktadır. Ankrajlar ile ilgili olarak, yükler öncelikle gerilme ve makaslama kuvvetleri ile sonuçlanacaktır. Bu kuvvetler ankrajın belirlenmesinde önemlidir, çünkü nihayetinde ankrajın bu kuvvetlere dayanması gerekecektir [42].

### 3.2.5.3 Ankraj sistem tipleri

Geliştirilmiş ankraj tiplerinin birçok belirgin avantaj ve dezavantajları vardır. Çoğu ankrajlar dökme-yerleştirme ve sonradan-montajlı olmak üzere iki kategoriye ayrılabilirler. Ankrajlar montaj zamanına göre uygun kategoriye yerleştirilir. Dökme-yerleştirme ankrajlar, beton sertleştiğinde ankrajları düzgün bir şekilde yerleştirebilmek için beton dökümünden önce montaj edilir. Sonradan-montajlı ankrajlar beton kurduktan sonra montaj edilir.

#### Dökme-yerleştirme ankrajlar

Dökme-yerleştirme ankrajlar olarak adlandırılan ankrajlar inşaat başlangıcı sırasında beton içine yerleştirilir. Bu ankrajlar ister beton dökülmeden önce, isterse beton tamamen sertleşmeden önce konumlandırılır. **Şekil 3.25**'te değişik uygulamalar için uygun dökme-yerleştirme ankrajların birkaç tipleri gösterilmiştir [42].



**Şekil 3.25** : Dökme-yerleştirme ankraj tipleri [42].

Mühendisler dökme-yerleştirme ankrajlar kullanmak için inşaattan önce ankraj civatasının tasarım özelliklerini bilmek zorundadır. Ankrajın inşaat sırasında yanlış yerleştirilme ihtimalinde, inşaatın gecikmesi ve para kaybı ile sonuçlanacaktır.

### Sonradan montajlı ankrajlar

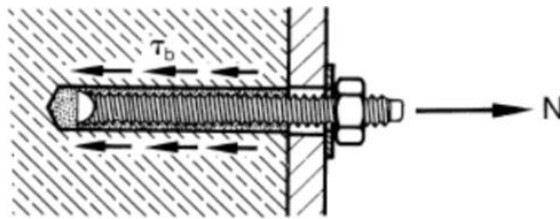
Sonradan montajlı ankrajların mekanik ve yapıştırıcı olmak üzere iki ana kategorisi vardır. Bu ankrajlar beton kuruduktan sonra monte edilirler. Ankrajların beton kuruduktan sonra monte edilmesi daha esnek bir tasarıma izin vermektedir.

#### 3.2.5.4 Ankrajların çalışma prensipleri

Mekanik ve yapıştırıcı ankrajlar, yükü farklı yöntemler ile transfer ettikleri için, sonradan-montajlı ankrajların çalışma prensiplerinin incelenmesi gerekmektedir. Özgün bir şekilde belirli bir kullanıma yönelik tasarlanmış her bir ankraj bu prensiplerin bir kombinasyonunu kullanmaktadır. Uygun bir ankraj seçmek için ankrajın kendisini, temel malzemesine nasıl tutturduğunu anlamak gerekir.

### Yapıştırma

Yapıştırma işlemi, dış çekilmiş bir çubuğun betona delinmiş bir delik içine yerleştirildiği ve yapısal bir yapıştırıcı ile sağlamlaştırıldığı bir süreçtir. Yapışkan tipik olarak, montaj öncesinde karıştırılması gereken iki bileşenli epoksi, poliyester veya vinilester sistemden oluşmaktadır. Yük, çubuk uzunluğu boyunca bağlayıcı madde vasıtasıyla gerçekleştirildiği için ankrajın kapasitesi doğrudan doğruya gömme derinliğine bağlıdır. **Şekil 3.26** yapıştırıcı ile beton arasındaki bağın, yükü



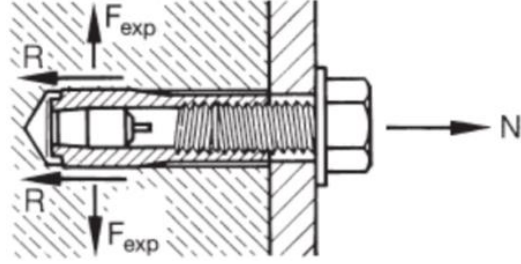
**Şekil 3.26 :** Yapıştırma kuvvetlerinin gösterimi [42].

nasıl transfer ettiğinin görsel bir temsilini sunmaktadır. Delik ve çubuk arasındaki çaptaki fark dahi önemlidir çünkü kullanılan yapıştırıcı, çubuk çapına göre performansının en yüksek olduğu, belirli bir delik çapına sahip olabilir [42].

### Sürtünme

Genişleyen ankraj, yükü transfer etmek için ankraj ve beton arasındaki sürtünmeyi kullanır. **Şekil 3.27'**de gösterildiği üzere mekanik bir ankrajın kovanı, deliğin yan

duvarlarına karşı genişleyerek ve baskı yaparak genişlemeye neden olduğunda sürtünme meydana gelir.

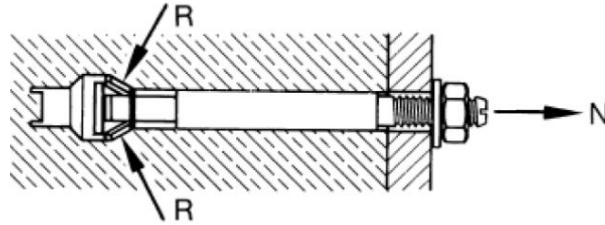


Şekil 3.27 : Sürtünme kuvvetlerinin gösterimi [42].

Sürtünme kuvveti tarafından oluşturulan bu direnç, yükü ankrajdan betona transfer eder. Ankrajın kapasitesini belirleyen ve ankraj tarafından oluşturulan bu sürtünme kuvvetine karşılık gelen ankraj tarafından genişleme gerilmeleri üretilir [42].

### Anahtarlama

Anahtarlama, yükleme ile aynı yöndeki kuvvetler tarafından yükün betona transfer edildiği bir işlemdir. Betonun yüzeyine dik olacak şekilde ankrajın yüzeyi genişlediğinde anahtarlama gerçekleşir. Şekil 3.28, açılı yüzeyin bu yükü betona nasıl transfer ettiğini gösterir.



Şekil 3.28 : Anahtarlama kuvvetlerinin gösterimi [42].

### 3.2.5.5 Yapıştırıcılı ankraj sistemleri

Yapıştırıcılı ankraj sistemlerinin performansı, herhangi bir uygulama için uygunluklarının yanı sıra, yapıştırıcının tipi ve saplama çubuğunun tipi olmak üzere iki ana bileşen türüne bağlıdır [42].



Şekil 3.29 : Hilti kartuşlu yapıştırıcı sistemi [42].

Farklı yapıştırıcılar, sıcaklık, gömme derinliği, jelleşme süresi, temel malzemesi, yükleme, kurulum şartı ve korozyon direnci gibi etkenlerin kombinasyonu için daha uygun olabilir.

### 3.2.5.6 Mekanik ankraj sistemleri

Mekanik sistemin performansı belirli bir uygulama için ankrajın uygunluğuna ve ankrajın dayanıklılığına bağlıdır. Alt-kesimli ankrajlar, genişlemeli veya kovanlı ankrajlar ve vidalar, bütün ankarajlar farklı mekanik kullanımlara sahiptirler. Betonun durumu kullanılacak ankrajın tipini etkileyecektir [42].



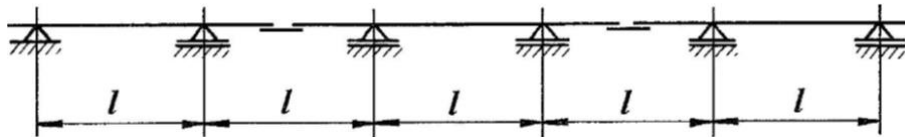
Şekil 3.30 : Hilti kwik bolt tz mekanik ankraj sistemi [42].

### 3.3 Kılavuz Rayların Asansör Kuyusuna Montajı

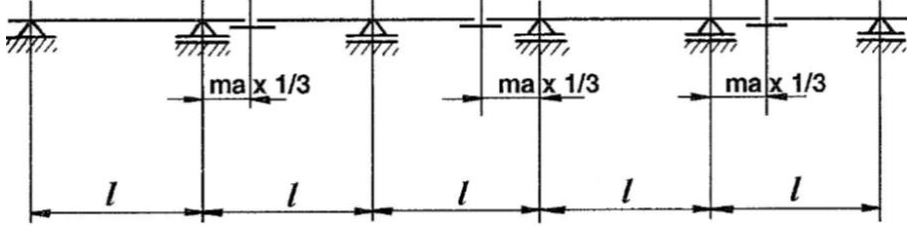
Asansör kuyusu, asansör hızı ve kabin boyutlarına göre dizayn edilen ve kabin ile karşı ağırlığın düşey doğrultu boyunca içinde hareket ettiği, etrafı yanmaya karşı dayanıklı duvarlarla çevrilmiş olan boşluktur. Asansör boşluğu duvarları, tabandan tavana kadar tuğla, beton perde veya çelik konstrüksiyon ile yapılmış olmalıdır [01].

Kuyunun yapısı millî imar mevzuatına uygun olmalı ve en azından; tahrik makinesinden, güvenlik tertibatının çalışması sırasında kılavuz raylardan, dengesiz yüklerden, tamponların çalışmasından veya dengeleme halatı gergi tertibatından, kabinin yükleme ve boşaltılmasından, vb. kaynaklanan yüklere dayanabilecek şekilde olmalıdır [11].

Şekil 3.31'de gösterildiği gibi iki konsol bağlantısı arasında birden fazla ray bağlantısı olması tavsiye edilmemektedir. Konsolların kılavuz rayların birleşme noktalarına yakın olması durumu ise Şekil 3.32'de gösterilmiştir [12].



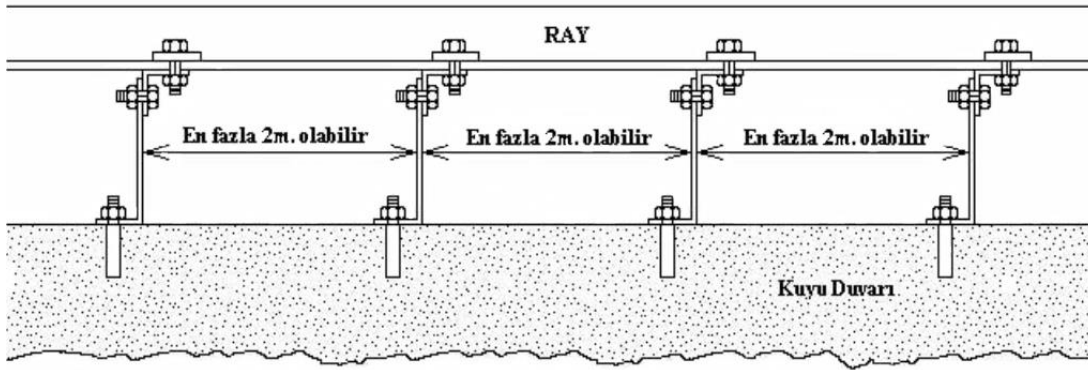
Şekil 3.31 : Kılavuz ray bağlantılarının yerleşimi [12].



Şekil 3.32 : Kılavuz ray bağlantılarının yerleşimi [12].

Rayları ve bağlantı elemanlarını uygun şekilde kuyuya taşıdıktan sonra en önemli işlem, rayların doğru konumda yerleştirilip sabitlenmesi işlemleridir [30]. Kılavuz raylar, kabinin ağırlık merkezine olabildiğince yakın konumlandırılmalıdır [25].

Kılavuz rayların izafi durumu; kabin girişinin konumuna, kabin şekline ve kabinin ağırlık merkezine bağlı olarak belirlenmektedir. Rayların tam konunu, tasarım aşaması sırasında belirlenir ve asansör imalatçıları uygun olup olmayacağı konusunda öneride bulunurlar [25]. Şekil 3.33'te kuyu içine yerleştirilmiş ray ve bağlantıları, Şekil 3.36'da rayların konumları görülmektedir.



Şekil 3.33 : Kuyu içerisine yerleştirilen kılavuz ray ve bağlantıları [40].

Rayların genelde iki ana montaj şekli vardır. Birincisi, 'askılı' sistem denen ve kuyu üst döşemesine uygun şekilde yukarıdan asılarak kuyu dibinde altları boş bırakılan sistemdir. İkincisi ise 'oturtma' denen kuyu dibinde ray babası adı verilen beton bloklarla alttan kuyu dibine sabitlenerek kuyu üstünde üst kısımlarının boş bırakıldığı sistemdir.

Her ikisinde de ortak olan yan, rayların bir tarafından kuyuya sabitlenerek, gelebilecek kuvveti karşılamasının sağlanmasıdır. Diğer tarafının boş bırakılmasının sebebi binada oluşabilecek yapısal oturmalardan dolayı veya herhangi bir deprem sırasında kuyuda oluşabilecek yapısal bozulmalardan dolayı, rayların etkilenmesini

önlemek, hem de ısısal değişikliklerde ray boyundaki oluşan farkların rayları sıkıştırarak doğrultularının bozulmasının önüne geçmektir.

Her iki montaj şeklinde de raylar, yapılan hesaplara ve rayın kesitine bağlı olarak bırakılan aralıklarla bina betonarmesine konsollarla tespit edilirler. Bu konsollar rayların yatay hareketlerini önleyecek mukavemette olmalı ve sabitlemeleri bu kuvvetleri karşılayacak yapıda olmalıdır.

Rayların konsollar ve ray tırnakları ile bina betonarmesine bağlanması kadar rayların birbirlerine flanş ve cıvatalarla bağlanması da ray montajında önemlidir. Flanşların raya bakan yüzleri bağlantı levhası için düz bir satıh oluşturmalı ve rayda bırakılan yuvaya tam oturmalıdır. Flanş, kılavuz rayların uç kısmından en az 4 cıvata ile tespit edilmeli ve kalınlığı kılavuz ray kalınlığı kadar olmalıdır. Ray montajındaki bütün elemanlar (sabit duvar konsolları hariç) sökülebilir olmalı, sabit veya kaynaklı ekleme, bağlantı yapılmamalıdır [21].

Depremın sık görüldüğü bölgelerde kılavuz raylar normalde kullanılanlardan daha büyük seçilmelidir. Buna ek olarak tırnaklar ve konsollar kayan bir yapıya sahip olmalıdır. Kılavuz rayın bağlantı levhası üzerinden kayması olasılığının önüne geçilmesi için özellikle bağlantı levhaları rijit olmalıdır [26].

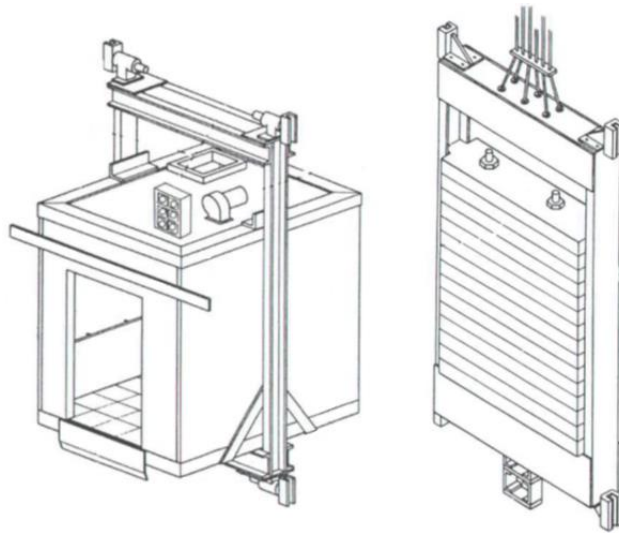
TS EN 81-1-A3 standardına göre kılavuz rayların imalat ve montajı aşağıda belirtilen kurallara göre gerçekleştirilmelidir:

- 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 sağlanmalıdır.
- c) T profilli kılavuz raylara müsaade edilen azami sehım şöyle olmalıdır;
  - 1) Paraşüt freni bulunan kabin ve karşı ağırlık kılavuz rayları için her iki yönde 5 mm'dir.
  - 2) 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 bağlantılardaki dönmeler engellenmelidir.
- f) Asansör kabini, karşı ağırlık veya denge ağırlığı şöyle kılavuzlanması gerekmektedir;
- 1) Kabin, karşı ağırlık veya denge ağırlığının her biri enaz iki rijit çelik kılavuz rayla kılavuzlanacaktır.
  - 2) Nominal hızın 0.4 m/s'yi aşması ve hız değerinin büyüklüğüne bakılmaksızın kaymalı emniyet tertibatı kullanılması durumunda kılavuz raylar çekme çelikten imal edilecek veya sürtünme yüzeyleri işlenecektir.
  - 3) Paraşüt freninin olmadığı karşı ağırlık sisteminde, kılavuz raylar kalıpla bükülmüş metal sacdan yapılabilir. Bu raylar korozyondan korunacaktır [11,20].

### 3.4 Kabin ve Karşı Ağırlığın Kılavuzlanması

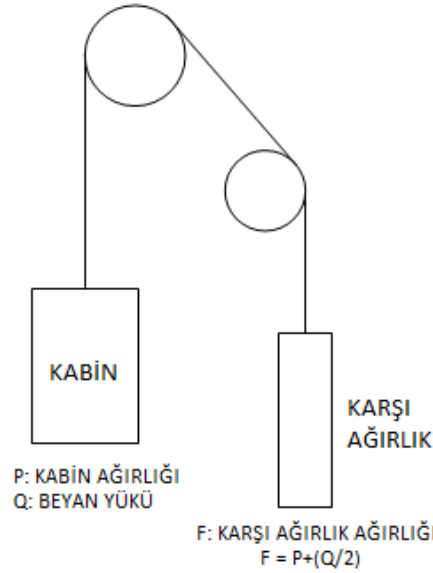
Asansör kabini, amacına göre yük veya insanların seyir mesafelerinde güvenli bir şekilde taşınmalarını sağlayan çelik konstrüksiyondan yapılmış, çelik profil iskelet ile askı halatlarına bağlı olan taşıma bölümüdür. Kabinin ana bölümünü askı halatları ile bağlantıyı sağlayan, ayrıca raylara yönlendirme elemanı olarak ray pabuçları (patenler) vasıtası ile tutturulup asansörün yatay hareketlerini engelleyen kabin iskeleti oluşturur. Patenler altta ve üstte ikişer adet olabileceği gibi büyük kabinlerde dörder adette olabilir [21].



Şekil 3.34 : Kabin ve karşı ağırlık konstrüksiyonu [01].

Kabin iskeletine daha sonra çelik bir zemin ve yan duvarlar ilave edilerek kabin alanı oluşturulur. Kabin duvar ve tavan sac kalınlığı istenen mukavemeti sağlayacak kuvvette olmalıdır. Kabin, iskelete lastik takozlu cıvata veya pabuçlarla bağlanarak sabitlenmesi yapılır ve amaca uygun kaplanır [21]. **Şekil 3.34**'te bir kabin ve karşı ağırlık konstrüksiyonuna birer örnek görülmektedir.

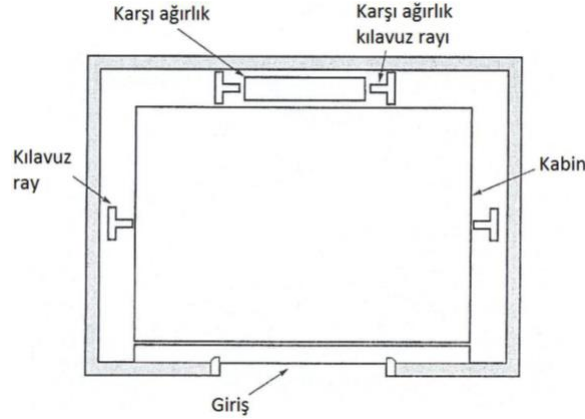
Sürtünme tahrikli asansörlerde karşı ağırlık, kabini dengeleme unsuru olarak kullanılır. Karşı ağırlığın kütlesi, **Şekil 3.35**'te görüldüğü gibi, kabin ağırlığına beyan yükünün yarısının ilavesi ile bulunur. Böylece kabinin boş aşağı inmesi veya tam yüklü yukarı çıkması şartlarında birbirine eşit momentler oluşturulur. Bu durumda asansörün moment olarak karşılaşıacağı en fazla yük, beyan yükünün yarısı olmaktadır [21].



**Şekil 3.35** : Asansör tahrik sistemi [33].

Karşı ağırlık, kabin gibi bir iskelet ve iskelet içine şartnamelere uygun konmuş ağırlıklardan oluşur. Barit, beton, pik döküm gibi değişik malzemeler ağırlık olarak kullanılabilir. Karşı ağırlık iskeletinde de kabin iskeletinde olduğu gibi cıvatalı bağlantılar yapılmalı, sadece kaynaklı bağlantı kullanılmamalıdır. Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı, üst üste dizilen bloklardan oluşuyorsa, bunların yerinden çıkmasını önlemek için gerekli tedbirler alınmalıdır. Bu amaç için; ağırlık bloklarını sıkıca tutan bir iskelet veya ağırlığın metal bloklardan oluşması ve asansörün beyan hızının 1 m/s'yi aşmaması durumunda, en az iki adet olmak üzere bağlantı tijleri kullanılmalıdır [21].

Kılavuz raylar eğer mümkünse, **Şekil 3.36**'da görüldüğü üzere kabinin her iki tarafında konumlandırılır. Kılavuz rayların sayısı kullanılan yüklere ve kullanıma uygun boyutlara bağlıdır. Kabin için 2 ray ve karşı ağırlık için 2 ray en sık kullanılan konfigürasyondur ama kullanılabilir ray sayısı üzerinde gerçek bir sınırlama yoktur.



**Şekil 3.36** : Kılavuz rayların konumu [25].

Kabin, kuyu içerisinde çelik kılavuz raylarla, kabine tutturulmuş kayar patenler veya döner pabuçlar arasındaki etkileşim sayesinde kılavuzlanmaktadır [24]. Kılavuz raylar, kabin ve karşı ağırlığın aşağı yukarı aşırı hareket etmesi esnasında raylardan çıkmamasını garanti altına alacak şekilde yeterince uzun olması gerekirken, rayların üst kısmı ile yapı arasında bir açıklık bırakılmalıdır. Bu sayede, bina baskı yaptığıında, raylara baskı kuvveti iletilmemiş olur. Bu aralık, hareket mesafenin her 3.5 metresi boyunca yaklaşık 3 mm'dir. 100 metrenin üzerindeki asansör hareket mesafeleri için, binadaki basınç sonucu olması beklenen mesafeler hakkında yapısal mühendise danışılmalıdır. Belirli bir verinin bulunmaması halinde her 3.5 metrede bir, 5 mm boşluk bırakılmasına izin verilmelidir [25].

Kabinin veya karşı ağırlığın raydan çıkması şu sebeplerden kaynaklanabilir:

- Paraşüt sisteminin dengesiz bir şekilde etki etmesi durumlarında,
- Bir deprem anında,
- Konsolların veya tırnakların kırılması durumunda,

Kabin veya karşı ağırlık raydan çıkarsa, aşağıda sıralanan ciddi problemler ortaya çıkabilir:

- Kabin ve karşı ağırlığın çarpışması,
- Paraşüt sisteminin ray doğrultusunda çalışmasının engellenmesi [34].

TS EN 81-1-A3 standardında kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının kılavuzlanması ile ilgili şu ifadeler yer almaktadır:

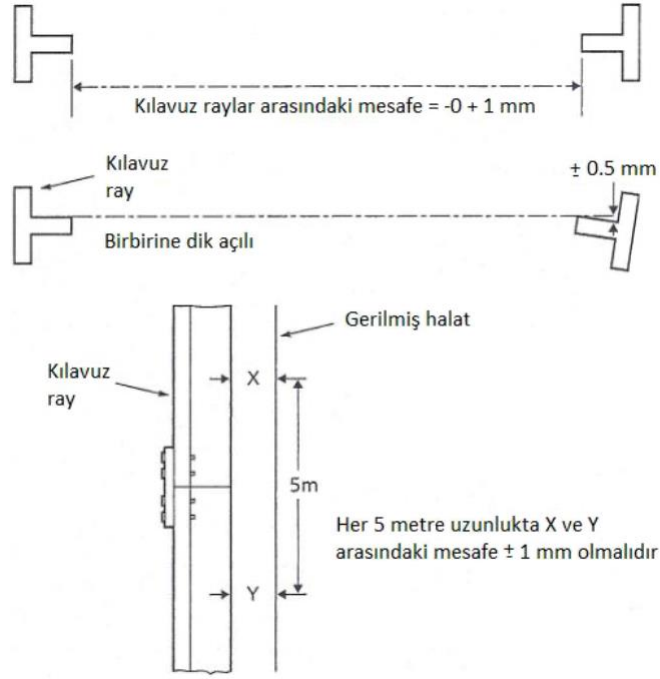
- a) Kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı en az ikişer adet sabit çelik ray ile kılavuzlanmalıdır.
- b) Aşağıda belirtilen durumlarda kılavuz raylar çekme çelikten yapılmalı veya sürtünme yüzeyleri işlenmelidir:
  - 1) 0.4 m/s'den büyük beyan hızlarında
  - 2) Kaymalı güvenlik tertibatı kullanıldığında, beyan hızından bağımsız olarak.
- c) Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı kılavuz raylarında güvenlik tertibatı kullanılmıyorsa, raylar sac profilden imal edilmiş olabilir. Bunlar paslanmaya karşı korunmalıdır [11].

### **3.5 Kılavuz Rayların Hizalanması**

Rayların kabin ve karşı ağırlığın düşey doğrultularını koruması, dönmelerini engellemesi, kapı ile kabin ve kabin ile karşı ağırlık arasındaki mesafeyi devamlı olarak sabit tutarak koruması gerekir. Bu yüzden rayların doğrultusunda olması, bağlantılarının sabitlenmiş olması, ayrıca konforlu bir seyir için bağlantı noktalarının düz bir satır oluşturması ve aralarındaki mesafenin bütün kuyu boyunca sabit olması gerekir [21].

Düzenli olmayan kılavuz raylar, uygun olmayan montaj ve/veya pürüzlü yüzeyler kabinde ve karşı ağırlıkta titreşimlere sebep olur. Bu titreşimler de sürüş boyunca değişken dinamik kuvvetlere yol açabilir. Bu kuvvetler kılavuz raylar üzerinde sürtünme direncinin dalgalanmasına, sonuç olarak motor yükünün değişmesine neden olacaktır [12].

Asansör kabini kuyu içerisindeyken rayları tek seferde hizalama imkânı var ise de oldukça zordur. Bu yüzden raylar, kabin yerleştirilmeden önce kontrol edilmelidir. Bu sayede herhangi bir hata düzeltilebilir. Aynı zamanda bütün ölçüler için rayların çalışma merkezlerini referans alarak kullanmak genel bir uygulamadır. Bu sebepten dolayı, eğer yanlış hizalanmış raylar varsa, neredeyse her ray yanlış hizalanacaktır.

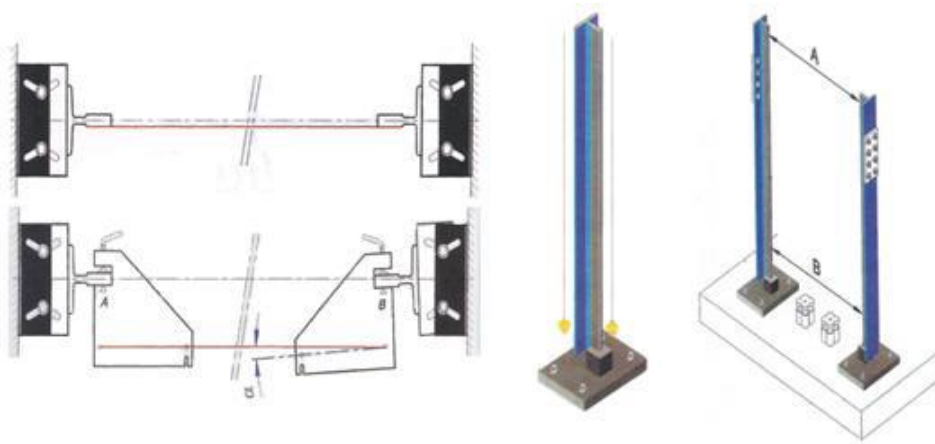


**Şekil 3.37** : Kılavuz rayların hizalanması [25,33].

**Şekil 3.37** montajın doğru bir şekilde yapılabilmesi için bir örnek teşkil etmektedir. Genellikle, karşı ağırlık için gerekli rayların hizalanma hassasiyetine verilen önem, kabin için gerekli rayların hizalanma hassasiyetine verileden daha azdır [25].

Rayların döşenmesinde şu geometrik özellikler bulunmalıdır:

- Patenlerin çalıştığı yüzeylerin aynı düzlemde olması (**Şekil 3.38.a**)
- Düşey doğrultuda olmaları (**Şekil 3.38.b**)
- Birbirlerine paralel olmaları (**Şekil 3.38.c**) [27].



a) Aynı düzlem

b) Düşey doğrultu

c) Birbirine paralellik

**Şekil 3.38** : Kılavuz rayların yerleştirilmesi [27,32].

### 3.6 Ray ve Bağlantı Elemanlarının Seyir Konforu Açısından Önemi

Son yıllarda, asansör seyir kalitesi veya asansör seyir konforu konusu, asansör kullanıcıları tarafından artan bir şekilde ilgi görmektedir. Bugüne kadar, asansör seyir kalitesinin nasıl tanımlanacağı, ölçüleceği ve değerlendirileceği konusunda uluslararası standartlar olmasına rağmen, asansör endüstrisinde, alışlagelen asansör seyir kalite standardı üzerinde bir görüş birliğine varılamamıştır.

Günümüzde halen bir asansörün seyir performansı, genellikle düşey hareketi gerçekleştirirken geçen süre esas alınarak değerlendirilmektedir. Bu süre, kapıların kapanması, kabinin harekete başlaması, diğer katlara hareket etmesi, kabinin durması ve kapıların tekrar açılması için gereken zamanı ihtiva eder. Bu eylemler gerçekleşirken, belirli bir seviyede gürültü ve titreşim üretilmektedir. Bunlar da yolcular tarafından seyir kalitesi olarak algılanmaktadır [43].

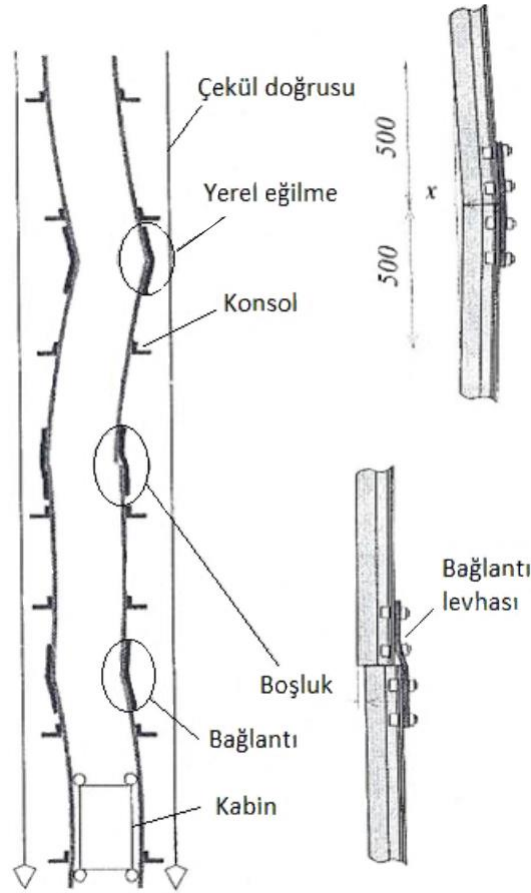
Seyir konforunu sağlamanın yolu, tasarım aşamasından itibaren doğru komponentleri seçmektir. Bu yüzden konforu etkileyen bütün elemanlar için gerekli parametreler tanımlanmalıdır. Konfor başlangıçta gerçekleştirilmezse, arızaya neden olan elemanın tespit edilmesi zor olacağından maliyet yükselir [33].

Konfor açısından en önemli problem seyir yolu üzerinde bulunan kılavuz ray ve bağlantılarından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden, iyi kalitede kılavuz rayların bulunması ve hassas bir şekilde hizalamanın sağlanması aşırı derecede önemlidir [33]. Asansörler için düzgün bir şekilde sürüşü sağlamak için kılavuz raylar doğru yerleştirilmeli, düzenli bir şekilde incelenmeli ve yeniden hizalanmalıdır [44].

Asansör yanal titreşimi, yüksek hıza sahip asansörlerde seyir kalitesini etkileyen başlıca problemlerden biridir. Yanal titreşim, temel olarak kılavuz ray deformasyonlarından ve kılavuz ray hizalama hatalarından kaynaklanır [45]. Ray montajı ile ilgili problemler, montaj esnasındaki özen ve çalışma periyodu süresince yapılacak düzenli bakım çalışmaları ile giderilebilir [46].

Artan kabin hızlarında, kabin titreşimlerinin ray deformasyonlarına karşı duyarlılığının arttığını ve kabin titreşim seviyelerinin artan kabin hızlarına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir [46]. Düzgün bir şekilde hizalanmış kılavuz ray, bir asansör kabininin yanal titreşimlerini büyük ölçüde azaltabilir. Konfor seviyesini artırmak için, kayan patenler (kılavuz pabuçlar) yerine tekerlek patenler (kılavuz silindirler) kullanılabilir [43].

Klasik bir asansör boşluğunun bir modeli ve ray bağlantılarının yakından görünüşü Şekil 3.39’de gösterilmiştir.



Şekil 3.39 : Kılavuz ray birleşim yeri düzgünsüzlükleri [44].

Kılavuz ray hafifçe kavis çizdiğinde, asansör, ray boyunca düzgünce hareket eder ve kılavuz ray asansörün rahatsızlık verecek şekilde sarsılmasına neden olmaz. Bununla birlikte, kılavuz rayın herhangi bir anı eğilmesi (yerel eğilme) veya ray bağlantılarındaki boşluklar rahatsızlık verici bir sarsılmaya neden olur. Buna ilave olarak, kılavuz ray açıklığındaki (kılavuz raylar arasındaki aralık) değişiklikler de rahatsızlık verici bir sarsılmaya neden olur. Bu nedenle, yerel eğilmeler ve kılavuz ray boşlukları, seyir kalitesini etkileyen önemli faktörlerdir [44]. Çizelge 3.11’de kılavuz rayların hizalanması sırasında gereken hassasiyet gösterilmiştir.

Çizelge 3.11 : Kılavuz ray hizalanmasında hassasiyet [44].

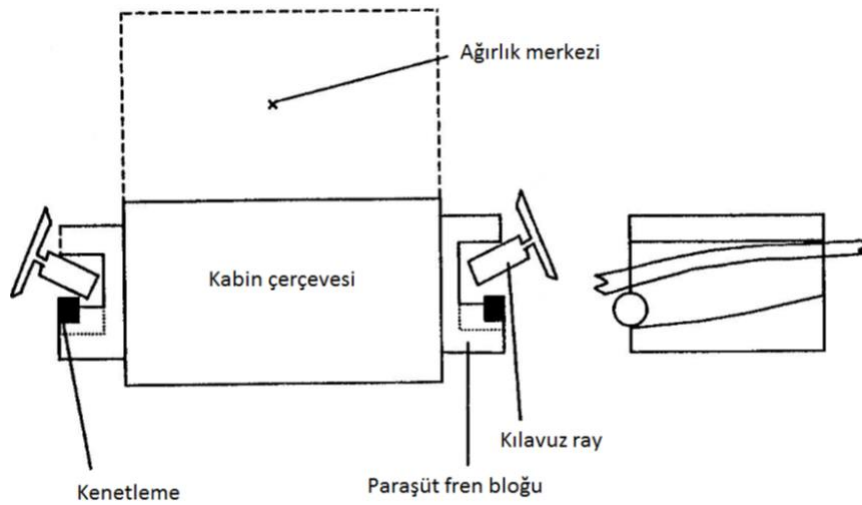
Ölçüm Ögesi	Gereken Hassasiyet
Yerel Eğilme	0.05 mm/m
Ray Bağlantı Boşluğu	0.05 mm
Raylar Arasındaki Mesafe Hatası	0.1 mm

### 3.7 Ray ve Bağlantı Elemanlarının Seyir Güvenliği Açısından Önemi

Büyüklik bakımından kılavuz ray ve bağlantıları, asansörün küçük bir bölümü olarak düşünülebilir ama günümüzde önemi gittikçe artan güvenlik ve konfor konularında büyük bir rol oynar. Asansör kullanıcıları tarafından konfor kolaylıkla hissedilmesine rağmen, güvenlik kavramını anlamak oldukça zordur. Asansör üreticileri, asansör güvenliğini etkileyen bütün parçaların güvenliğini sağlamak için kurallara (standartlara veya yönetmeliklere) bağlı bütün zorunlulukları garanti etmek zorundadır. Asansör güvenliğini artırmak için, aşağıda belirtilen maddelere göz atılmalıdır.

- Kılavuz ray ve bağlantı hesaplamaları,
- Kılavuz ray ve bağlantılarındaki parametrelerin homojen (türdeş) olması,
- Potansiyel riskleri en aza indirmek için yeni fikirler üzerinde araştırma yapılması [34].

Asansörün seyri sırasında, özellikle de kabin iyi dengeliyse ve yük dağılımı iyiye, kuvvetler nispeten düşük olur. Raylar üzerine etki eden diğer yükler, acil durumlarda paraşüt fren tertibatının işletiminden gelir [22]. Kılavuz raylar dayanım, sertlik, rijitlik ve denge özelliklerinden dolayı paraşüt sisteminin doğru bir şekilde devreye girmesi için temel bir işlev görmektedir. Fren kuvveti harekete geçtiğinde, rayın pozisyonunun ve şeklinin muhafaza edilmesi gerekir. Özellikle, kademeli çalışan paraşüt sistemi durumunda, rayın kafa şekli, toleransı ve rayın yağlanması kabini durdurmak için gerekli zamanı etkiler [47].



Şekil 3.40 : Özellikle eksantrik kılavuzlanmış kabinlerde ray deformasyonu [47].

Yükün kabin üzerine düzgün olmayan bir şekilde dağılmış olması durumunda, özellikle ekrantrik olarak kılavuzlanmış kabinlerde, paraşüt sistemi, kılavuz rayların değişken burkulma ve eğilmelerine uyumlu olmalıdır. **Şekil 3.40**'ta gösterildiği gibi, paraşüt sistemi fren yüzeyleri, kılavuz ray yüzeylerine tam olarak denk gelmediğinde, paraşüt sistemi kusurlu bir şekilde çalışacaktır. Kabin çerçevesi ve raylar, onların bağlantıları ve ek parçaları ve hatta zorlanma için yapısal kuyu kapasitesi, güvenli bir paraşüt sistemi performansı için gerekli ön koşullardır [47].

Paraşüt sisteminin frenleme kuvvetlerini etkileyen faktörler gözönünde bulundurulmalıdır. Bu faktörler:

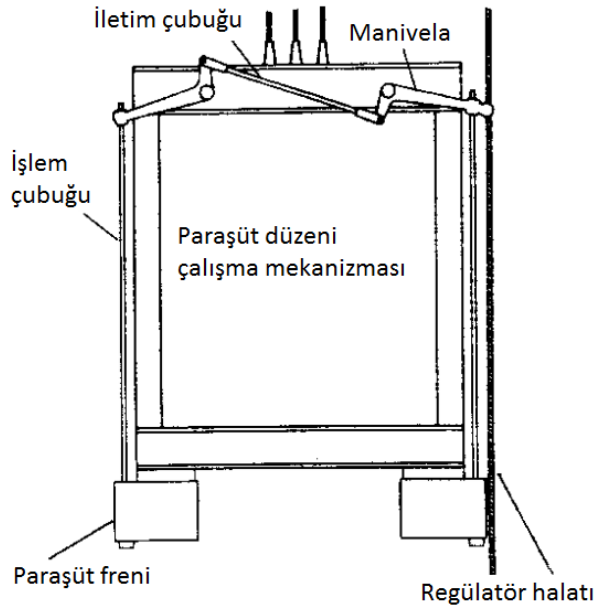
- a) Kılavuz rayların sürtünme katsayısı,
- b) Kılavuz rayların boyutları [34].

Ray deformasyonları, asansör kabininin hareketi sırasında kabin patenlerinden kılavuz raya aktarılan kuvvetler etkisinde oluşmaktadır [46]. Bina içerisindeki yapısal hareketler, alçak katlı asansörleri çok etkilemez, fakat çok katlı binalarda kullanılan asansörler için binadaki daralmalar ve ısıl genleşmeler kılavuz raylarda eğilmeye neden olabilmektedir [26]. Rayda oluşan bu deformasyonların asansör titreşiminde büyük bir etkisi vardır [48].

Bir asansör kabini, lastik tamponlar ile elastik bir şekilde kabin çerçevesine yerleştirilir, çerçeveye bağlanan üst ve alt kılavuz patenler ile raylar üzerine kılavuzlanır. Kılavuz patenlerde oluşan tahrik kuvvetini engellemek için, destek lastiğinin sertliğini olabildiğince elastik seçmek gerekir. Diğer bir yandan, asansör kabin yer değiştirmesi çeşitli sebeplerden dolayı sınırlıdır, örneğin asansör kuyusunda diğer ekipmanlarla çarpışması istenmez. Bu yüzden destek lastiğinin sertliği kesinlikle uygun elastikiyette seçilmelidir [48].

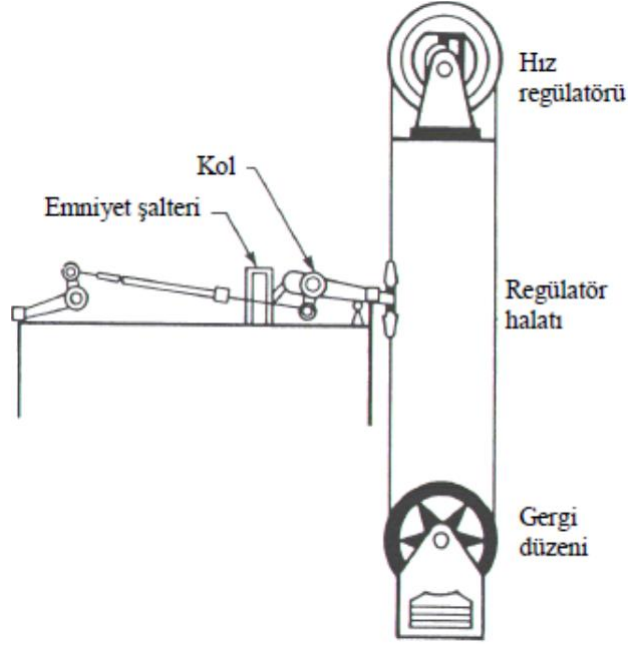
#### 4. GÜVENLİK TERTİBATI

Asansörün herhangi bir şekilde hızı beyan hızının %115'inden fazla bir hıza ulaşırsa, mekanik bir sistem devreye girerek kabini raylara sıkıştırır ve durdurur. Mekanik fren veya güvenlik sistemi olarak da isimlendirilen bu sistem iki ana parçadan oluşmaktadır. Sistemin devreye girmesini sağlayan regülatör ve sistem devreye girdiğinde kabinin durmasını sağlayan güvenlik tertibatı kısmı mekanik freni oluşturan ana parçalardır [21]. **Şekil 4.1**'de görüldüğü üzere, bir güvenlik sistemi paraşüt fren, hız regülatörü, regülatör halatı ve yardımcı bağlantılardan (manivela, iletim çubuğu, işlem çubuğu) oluşmaktadır [01].



**Şekil 4.1** : Güvenlik sistemi [29].

Hız regülatörü, asansör iniş hızı, nominal değerini %15 kadar aştığı takdirde, paraşüt tertibatını harekete geçirerek, paraşüt frenini etkiler ve motor cereyanını keser. Hız regülatörü asansör boşluğunun üst tarafında, makine dairesinde bulunur. Regülatör halatı kabinin hareketini, regülatör kasnağına iletir. Aşırı hız halinde sıkıştırılan bu halat paraşüt mekanizmasını harekete geçirir. Hız regülatörleri genellikle 'hız sınırlayıcı' olarak görev yaparlar. Ancak hız düzenleyen hız regülatörü çeşitleri de yapılmıştır. Hız regülatörünün çalışma prensibi **Şekil 4.2**'de gösterilmiştir [01].



**Şekil 4.2 :** Hız regülatörünün çalışma prensibi [01].

Burada dikkat edilmesi gereken husus, paraşüt yani regülatörden geçen halatın taşıyıcı halat olmamasıdır. Bu halat sadece frenleme amacıyla kullanılır. Asansör kabininin üstünden frenleyici ile çıkan halat, regülatör kasnağından geçerek tekrar aşağıya iner ve makine dairesindeki bir kasnaktan da geçtikten sonra asansör kabininin alt tarafına bağlanır [28].

Hız sapması meydana geldiğinde, yukarıda kilitlenen paraşüt sistemi aşağıya doğru gitmek isteyen asansör kabine 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 frenler kullanılmayıp sadece paraşüt kullanılsaydı, 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 oluşabilecek çok yüksek ivme değerleri de insan sağlığı açısından zararlıdır [28].

#### **4.1 Hız Regülatörü**

Güvenlik tertibatının bir elemanı olan hız regülatörü asansörün güvenliğini sağlayan en önemli mekanik düzeneklerden biridir [33].

Paraşüt yani regülatör, hız ölçme görevi görürken normal hızdan öngörülen bir değer üzerinde sapma meydana geldiğinde, merkezkaç kuvvetinin etkisini kullanan bir mekanizma sayesinde kilitlenme gerçekleşir ve çelik halatın ilerlemesini frenler, durdurur [49]. Elektrikli asansörlerin kabin hızına bağlı regülatör çalıştırma hız aralıkları **Çizelge 4.1**'de verilmiştir [01].

**Çizelge 4.1** : Regülatör çalışma hızları [m/s] [01].

Kabin Hızı	Regülatörü Çalıştırma Hızı	Regülatör Hızı
0,25	0,30	0,60
0,38	0,44	0,60
0,50	0,57	0,85
0,75	0,86	1,00
1,00	1,15	1,40
1,50	1,62	2,00
2,50	2,87	3,15
3,50	4,00	4,25

Kabin güvenlik tertibatını çalıştırmak için hız regülatörü, beyan hızının %115'ine eşit bir hızdan önce devreye girmemelidir. Devreye girme anındaki hız, aşağıda belirtilenlerden daha küçük olmalıdır:

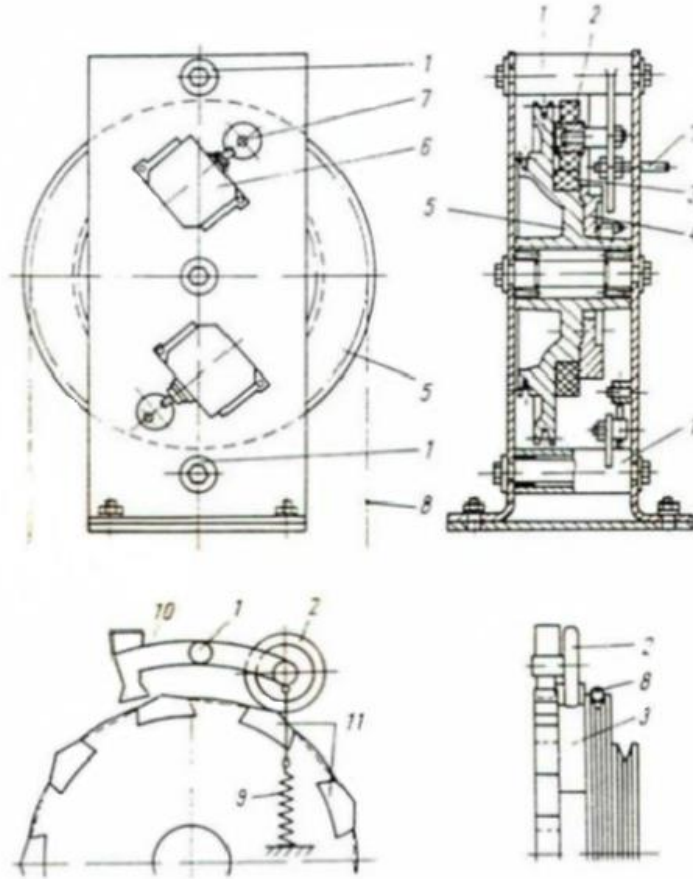
- a) Ani frenlemeli güvenlik tertibatında, makaralı tip haricinde, 0.8 m/s
- b) Makaralı ani frenlemeli güvenlik tertibatında, 1.0 m/s
- c) Ani frenlemeli tampon etkili güvenlik tertibatında ve 1.0 m/s'ye kadar olan beyan hızlarında kullanılan kaymalı güvenlik tertibatlarında, 1.5 m/s
- d) 1,0m/s'den büyük beyan hızlarında kullanılan kaymalı güvenlik tertibatında:  $(1.25v + 0.25/v)$  metre/saniye olarak.

Hız regülatörünün devreye girme süresi, güvenlik tertibatı çalışıncaya kadar tehlikeli hızlara ulaşılmasına meydan vermeyecek kadar kısa olmalıdır [11]. Nominal hız değerinin 1.0 m/s 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 [12]. Hız regülatörleri yapıları bakımından iki farklı çeşitte asansör tesislerinde kullanılmaktadır.

- 1) Sarkaçlı regülatör,
- 2) Savrulma ağırlıklı regülatör [01].

#### 4.1.1 Sarkaçlı regülatör

0.8 m/s'den az kabin hızlarında kullanılan, basit ve çift sarkaçlı regülatörlerdir. Çift sarkaçlı regülatörlerde manivela makarası, poligon diski üzerinden, sıkışmış durumdaki çekme yayı vasıtasıyla hareket etmektedir (Şekil 4.3). Poligon diski, yavaşlatma diski ve halat diski dizayn olarak birbirine bağlıdır [01].

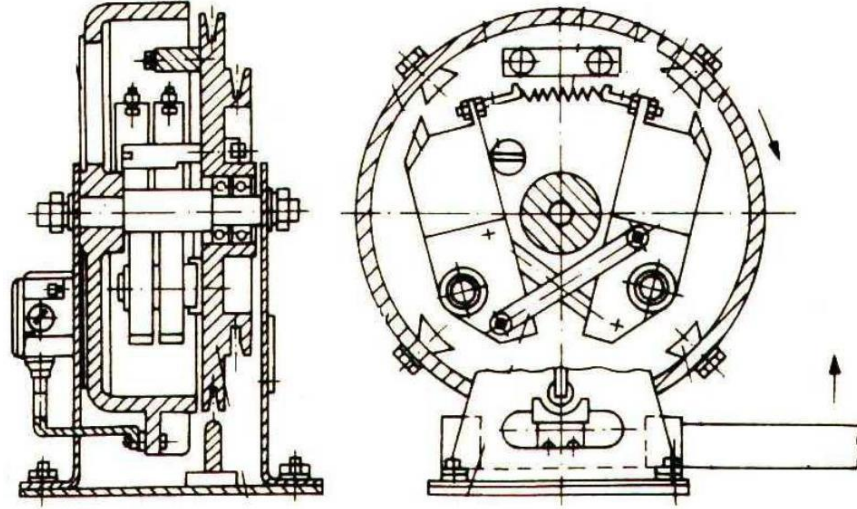


Şekil 4.3 : Çift sarkaçlı regülatör [01].

Burada, 1. manivela, 2. makara, 3. yavaşlatma diski, 4. halat diski, 5. poligon diski, 6. şalter, 7. civata, 8. regülatör halatı, 9. çekme yayı, 10. mandal, 11. kertik

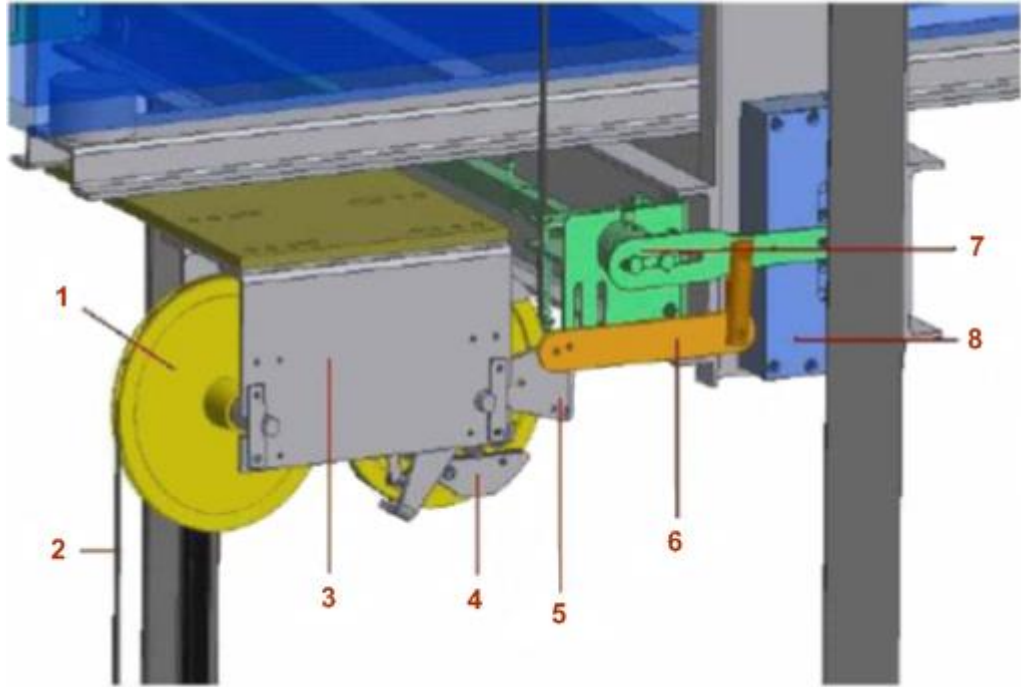
#### 4.1.2 Savrulma ağırlıklı hız regülatör

1 m/s kabin hızlarının aşıldığı yerlerde kullanılır. Sarkaçlı regülatörlerden farklı olarak, hareket hızının poligon diskinin bir kenarının her geçmesinde kontrolü yerine, regülatörün 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 4.4'te verilmiştir [01].



Şekil 4.4 : Savrulma ağırlıklı hız regülatörü [01].

Regülatör sisteminin kabinin altına monte edilmiş detaylı gösterimi Şekil 4.5'te verilmiştir. Şekil 4.5 dikkatle incelendiğinde, regülatör sisteminin fren tertibatına çok yakın olduğu görülür. Regülatörün fren 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 [20].



Şekil 4.5 : Dynatech regülatör sistemi [20].

Burada, 1.kılavuz makara, 2.halat, 3.regülatör, 4.santrifüj sistemi, 5.kilitleme mekanizması, 6.yardımcı sistem, 7.harekete geçiren çubuk, 8.paraşüt fren tertibatı.

## 4.2 Paraşüt Fren

Taşıma amacı ile insanların girdiği veya herhangi bir yükün taşındığı ve tel halat veya zincir yardımıyla asılmış olan her asansör kabinde paraşüt düzeni olmak zorundadır [50]. Paraşüt sistemleri, elektrikli, hidrolik veya pnömatik sistemler güvenli olmadığından mekanik olarak çalışırlar. Halat kopması veya iniş hızının aşırı derecede artması halinde, asansörü kılavuz raylar üzerinde frenleyerek durdurur. Ani frenleyerek kısa mesafede durdurma, atalet kuvvetleri yüzünden gerek insan, gerekse taşıyıcı elemanlar üzerinde zararlı etki yapacağından, yumuşatıcı ve kaydırıcı paraşüt freni uygulanır. 0.85 m/s asansör hızına kadar kullanılan sert fren etkilerinden başka, kılavuz rayları da zedeleyebilir [01].

Tüm asansör kabin ve platformları için regülatör yardımcılığı ile birlikte konulması zorunlu olan paraşüt freni, karşı ağırlık için de özel bir halde gereklidir. Karşı ağırlığın hareket alanı altında, insanların bulunduğu, konut, büro, toplantı salonları gibi yerler varsa karşı ağırlık da paraşüt düzeni ile donatılmalıdır [01].

Paraşüt düzeni, kabin aşağı yönde giderken (günümüzde yukarı yönde ivmelenmeler için de kullanılmaktadır), hız artışının sebebi ne olursa olsun, kabin hızı paraşüt freninin devreye girmesi için gerekli olan hız değerini bulduğunda kılavuz rayları yakalayarak, kabini (ve/veya karşı ağırlığı) durduracak mekanik bir düzendir [29]. Kabin iskeleti üzerinde kabin altına veya üstüne monte edilebilirler. Esas istenen kabin altında olmasıdır. Kabin altında olması durumunda, frenleme kuvveti paraşüt tertibatında ve bağlantı cıvatalarında oluşmakta, ayrıca askı kirişlerinde ve taşıyıcı kirişlerde kuvvete yol açmamaktadır. Bu daha güvenli bir yerleşimdir. Ancak bakım ve montaj zorluğundan dolayı kabin üstüne de konabilir [21].

Kabinde, yalnız aşağı hareket yönünde etkili olan, beyan yükü ile yüklü kabini hız regülatörünün devreye girdiği hızda, askı halatlarının kopması durumunda dahi kılavuz raylarda frenleyecek ve sabit tutacak bir güvenlik tertibatı bulunmalıdır. Asansör beyan hızının 1 m/s'yi aşması durumunda, kabinde kaymalı güvenlik tertibatı kullanılmalıdır.

- a) Ani frenlemeli tampon etkili güvenlik tertibatı, 1 m/s'yi aşmayan beyan hızlarında kullanılabilir.
- b) Ani frenlemeli güvenlik tertibatı, 0.63 m/s'yi aşmayan beyan hızlarında kullanılabilir.

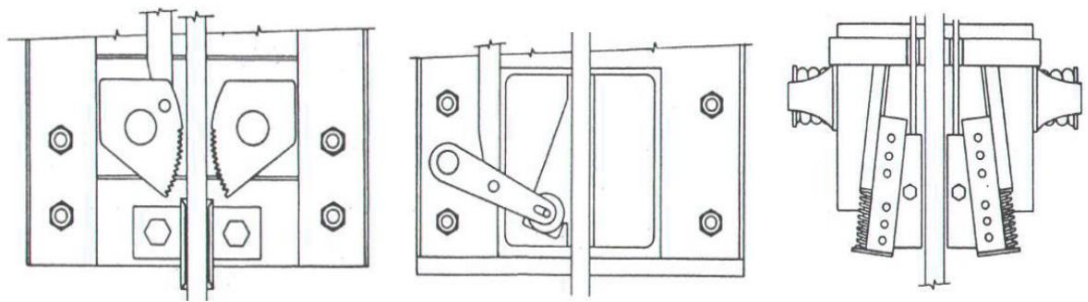
Kabinde, birden fazla güvenlik tertibatı bulunması durumunda bunların tümü kaymalı cinsten olmalıdır. Asansör beyan hızının 1 m/s'yi aşması durumunda, karşı ağırlıkta veya dengeleme ağırlığında kullanılan güvenlik tertibatı kaymalı cinsten olmalıdır. Diğer durumlarda ani frenlemeli güvenlik tertibatı kullanılabilir. Kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığındaki güvenlik tertibatlarının her biri, kendi hız regülatörü tarafından çalıştırılmalıdır. Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığındaki güvenlik tertibatı, beyan hızının 1 m/s'yi aşmadığı durumlarda, askı halatlarının kopmasıyla veya bir güvenlik halatı tarafından çalıştırılabilir. Güvenlik tertibatının elektrik, hidrolik veya pnömatik esasla çalışan cihazlarla çalıştırılması TS 10922 EN 81-1 standartlarına göre yasaklanmıştır [11].

Paraşüt tertibatının kabin hızına bağlı olarak kullanılan başlıca iki türü vardır.

- 1) Ani olarak etki eden paraşüt tertibatı,
- 2) Kademeli olarak etki eden paraşüt tertibatı (mekanizması) [01].

#### 4.2.1 Ani olarak etki eden paraşüt tertibatı

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. Ani etki eden paraşüt tertibatları tırtıllı tipi (a), masuralı tipi (b), köşeli tipi (c) olmak üzere üç değişik tiptedir. **Şekil 4.6**'da ani olarak etki eden paraşüt tertibatları görülmektedir [01].



a) Tırtıllı tip

b) Masuralı tip

c) Köşeli tip

**Şekil 4.6** : Ani olarak etki eden paraşüt tertibatları [01].

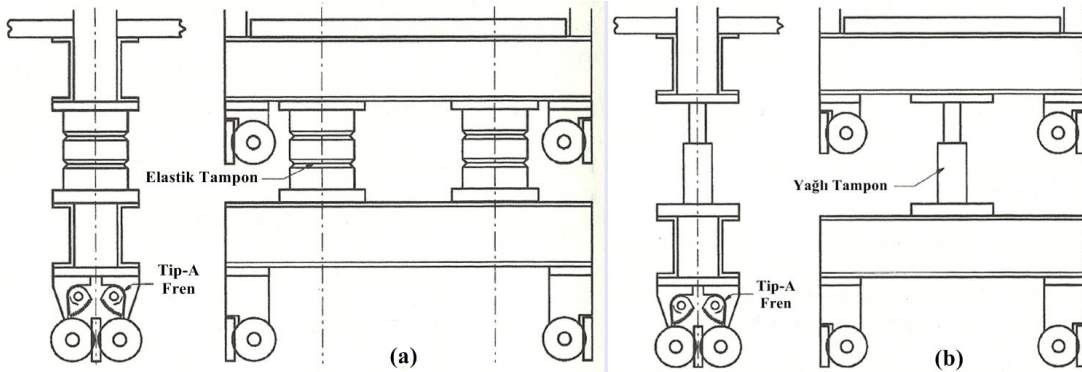
Tırtıllı tipi paraşüt düzeni, **Şekil 4.6.a**'da görüldüğü gibi paraşüt tertibatı testere dişli kamlarla tutturulmuştur. Bunlar kabinin her iki tarafına kılavuz rayları sıkıştırarak

tarzda yerleştirilmiştir. Bunlar aralarında mekanik olarak temastadırlar. Manivela koluna bağlı bulunan ve regülatör halatı adı verilen çelik halat çekildiği zaman kamlar kılavuz rayı sıkıştırarak kabinin durmasını sağlarlar.

Masuralı tip paraşüt düzeni, **Şekil 4.6.b**'de görüldüğü gibi sertleştirilmiş bir çelik silindir gittikçe daralan çeneye girer ve böylece kılavuz rayın karşısında kendi sıraya giren bir tampon levha oluşturur. Bu tip paraşüt düzeni genellikle düşük hızlarda çalışan ağır yük asansörlerinde tercih edilir.

Köşeli tip paraşüt düzeni, **Şekil 4.6.c**'de görüldüğü gibi çelik çeneler eğimli dökme demir bloklara yerleştirilmiştir. Çenelerin kılavuz rayla birleşmesi anında bir takoz hareketi meydana gelir ve paraşüt düzeni kilitlenir [01].

Ani frenlemeli tampon etkili güvenlik tertibatı, ani güvenlik tertibatına benzer çalışma prensibine sahip olup yağ dolumlu tamponlar sayesinde darbe azaltılmaktadır. [51]. **Şekil 4.7.a**'da lastik tamponlu ve **Şekil 4.7.b**'de ise yağlı tamponlu frenler gösterilmiştir.



**Şekil 4.7** : Ani frenlemeli tampon etkili güvenlik tertibatı [52].

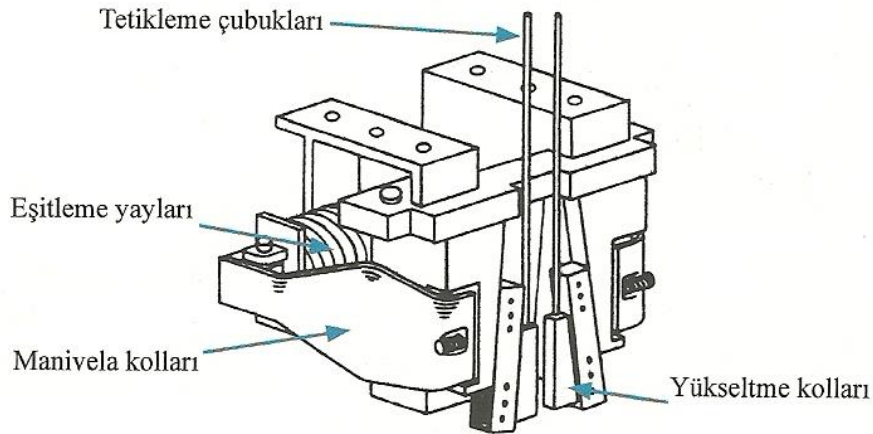
Bu tip fren kullanılması zorunluluğunun oluşması için istenen, beyan hızının 0.63 m/s üzerinde ama 1 m/s'nin altında olması gerekir. Bu hızlarda regülatörün devreye giriş hızı 1.15 m/s üstü ile 1.5 m/s arasında olacaktır. Bu hızlara göre de 1  $g_n$  altında bir ivme için 8 cm ile 11 cm'den daha uzun bir duruş mesafesi gerekmektedir. Ani frenlemeli güvenlik tertibatlarının duruş mesafeleri, istenen şartları karşılayamaz. Ani frenlemeli güvenlik tertibatı duruş mesafelerine ek olarak, istenen mesafelere ulaşabilmek için ikinci bir esnemeye ihtiyaç duyulur. Taşıyıcı süspansiyona ani frenlemeli güvenlik tertibatı konur. Gerekli olan duruş mesafesi için ek esneme ise, genel olarak kabin ve süspansiyon arasına konan tamponlarla sağlanmaktadır. Süspansiyonda (taşıyıcı karkas) frenleme sonucu ani bir duruş olmasına rağmen,

kabin tampon strokları kadar esnemeye devam eder. Bu sayede kabin içindeki kişiler için gerekli olan  $1 g_n$  altında ivme elde edilir. Amerikada bu tip frenler 2.5 m/s hızlara kadar kullanılabilir. Bu tip asansörlerde ender olarak bu sistem, güvenlik tertibatı ile süspansiyon arasında da kullanılmıştır. Ama çok fazla tertibat gerektirdiği ve maliyet artırdığı için, pek karşılaşılan uygulamalar değildir.

Ani frenlemeli tampon etkili fren uygulamasında süspansiyona bağlanan fren, bir ani etkili frendir ve bilinenin aksine, bu uygulamada süspansiyonun duruşunda bir tampon etkisi söz konusu değildir. Bu yüzden asansörün taşıyıcı ve tahrik sisteminde (halatlar, makine-motorda, diğer süspansiyonlarda) oluşan darbede bir yumuşama söz konusu olmaz. Tamponlama etkisi kabin ile taşıyıcı süspansiyon (karkas) arasındadır, kabin içini etkiler, diğer sistemler süspansiyonun ani duruşuyla, ani frenlemeli güvenlik tertibatı etkisine maruz kalır. Bu yüzden süspansiyonlar, makine-motor gibi aksamlar ani frenleme etkisine maruz kalınacağı düşünülerek tasarlanmalıdır [53].

#### 4.2.2 Kademeli olarak etki eden paraşüt tertibatı

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.



Şekil 4.8 : Kaymalı paraşüt tertibatı [54].

Basma yayları bulunan kaymalı paraşüt tertibatında frenleme kuvveti, serbest düşmeye geçen kabinin emniyetle durmasını sağlamaktadır. Çözme tesisatlı kaymalı güvenlik tertibatı hızı 6 m/s'den az olan asansörlerde kullanılmaktadır. Paraşüt tertibatı sadece aşağı doğru ve sürtünme katsayısı 0.1 değerindedir. Kaymalı paraşüt tertibatına ait şematik resim **Şekil 4.8**'de görülmektedir [01].

#### **4.2.3 Paraşüt tertibatı seçim kriterleri**

Asansör sistemlerinin kurulumunda bir asansör sistemi için hayati önem taşıyan paraşüt freni seçimi, gerekli verimliliği sağlamak ve iyi randıman alabilmek bakımından oldukça önemlidir. Paraşüt freninin tasarımında veya seçiminde dikkat edilmesi gereken çok önemli noktalar vardır.

- a) Yük oranı: Paraşüt freninin ne kadar yüke dayanıklı olduğunun veya dayanması gerektiğinin kesinlikle bilinmesi gerekir. Kabin ağırlığına ek olarak maksimum yükleme değeri de bunda belirleyici rol oynar.
- b) Hız: Asansör hızı frenin seçiminde önemli rol oynar, örneğin ani tip paraşüt frenleri birçok ülkede maksimum asansör hızınının 0.65 m/s olduğu durumlarda kullanılmaktadır.
- c) Kılavuz raydan açıklığı: Paten tipi veya kabin yükü seçiminde olduğu gibi kılavuz ray yüzeyi ile açıklık mesafesi 1.5 mm ile 5 mm arasında belirlenmelidir.
- d) Paten tipi: Kullanılan paten tipi frenin çalışma performansı için çok önemlidir. Patenler kabine kılavuz raylar aracılığı ile kılavuzluk ettikleri için frenin ray üzerindeki hareketini de belirler. Örneğin düşük hızlı asansörlerde genelde paten olarak ya döküm ya da küçük açıklıklı plastik patenler seçilir.
- e) Servise girebilme durumu: Frende herhangi bir arıza meydana geldiğinde, kurulu asansör sistemi üzerinde diğer asansör komponentlerine zarar vermeden bakıma alınabilmelidir veya sökülebilmelidir.
- f) Çevresel faktörler: Su ve tozun zararlı etkileri hem kılavuz ray hem de paraşüt frenini etkilemektedir. Bunun için asansör sisteminin hangi koşullarda çalıştığı göz önüne alınarak fren seçimi yapılmalıdır [29].

## 5. KILAVUZ RAYLARA AİT HESAPLAMALAR

Asansörlerde kullanılan T profilli kılavuz rayların hesapları TS 10922 EN 81-1 standardına göre yapılmaktadır. Asansörlerde kullanılan kabin ve karşı ağırlık kılavuz rayları, eğilme gerilmesine göre boyutlandırılmaktadırlar. Kılavuz rayların üzerine güvenlik tertibatının etki ettiği durumlarda, eğilme ve burkulma gerilmeleri hesaba katılarak boyutlandırma yapılırken, kuyu üstünden asılarak montajı yapılan kılavuz raylarda ise burkulma gerilmesi hesabı yapılmayıp, yerine çekme gerilmesi hesabı yapılmaktadır [30]. Asansör kılavuz raylarına ilişkin mekanik hesaplar yapılırken bazı kabullerin öncelikle yapılması gerekmektedir. Bunlar;

- a) Hesaplarda özel bir yük dağılımı yoktur.
- b) Kabin beyan yükü, kabin alanının dörtte üçüne eşit olarak dağılmıştır.
- c) Güvenlik tertibatı kılavuz raylara aynı anda etkimektedir.
- d) Frenleme kuvveti kılavuz raylara eşit olarak dağılmıştır [11].

Kabine bağlı bulunan dengeleme elemanları, bükülgen kablo gibi elemanların kütleleri kabinin ağırlık merkezinden etkimektedir [30].

### 5.1 Kılavuz Raylara Etkiyen Kuvvetler

Asansör kılavuz raylarının hesabında dikkate alınacak yük ve kuvvetler aşağıda sıralanmıştır;

- a) Kabin ve kabine asılı elemanların toplam kütlesi (piston, dengeleme elemanları, bükülgen kablo gibi) ( $P$ )
- b) Kabin beyan yükü ( $Q$ )
- c) Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının kılavuzlanma kuvveti ( $G$ )
- d) Kabinin yüklenmesi veya boşaltılması sırasında etki eden eşik kuvveti ( $F_s$ )
- e) Kabin kılavuz rayının burkulma kuvveti ( $F_k$ )
- f) Karşı ağırlık kılavuz rayının burkulma kuvveti ( $F_c$ )

g) Kılavuz raylara tespit edilmiş yardımcı cihazlardan kaynaklanan kuvvetler (hız regülatörü, şalterler hariç) ( $M$ )

h) Rüzgâr yükleri ( $WL$ ) [11].

Kabinin yüklenmesi veya boşaltılması sırasında, bir kabin girişinde eşiğin orta noktasında etki eden bir eşik kuvveti ( $F_s$ ) gözönüne alınmalıdır. Eşik kuvvetinin büyüklüğü değişik amaçlarla kullanılan asansör tiplerine göre değişmektedir. Eşiğe kuvvet uygulanırken kabinin boş olduğu kabul edilir. Ayrıca birden fazla girişi olan kabinlerde, yalnız en elverişsiz girişte eşiğe kuvvet uygulandığı göz önüne alınmaktadır [55]. Eşik kuvveti, (5.1) eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$F_s = s \cdot g_n \cdot Q \quad (5.1)$$

$F_s$  : Eşik kuvveti (N)

$Q$  : Beyan yükü (kg)

$g_n$  : Standart yerçekimi ivmesi (9.81 m/s<sup>2</sup>)

$s$  : Asansör kapasitelerine göre **Çizelge 5.1**'de verilmiştir.

**Çizelge 5.1** : Asansör kapasitelerine göre  $s$  değerleri [55].

Asansör kapasitesi	$s$
Konut, büro, otel vb. binalarda beyan yükü 2500 kg'dan az asansörler için	0,4
Beyan yükü 2500 kg'dan büyük asansörler için	0,6
Beyan yükü 2500 kg'dan büyük asansörlerde forklift ile yükleme durumu için	0,85

Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının kılavuzlanma kuvvetinin ( $G$ ) tespitinde aşağıdaki faktörler hesaba katılarak belirlenmektedir:

a) Kütlenin etki noktası

b) Askı tertibatı

c) Varsa, gergi tertibatlı veya gergi tertibatsız, dengeleme halat/zincirlerinden kaynaklanan kuvvetler [11].

Merkezden kılavuzlanan ve asılan bir karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığında, kütlenin etki noktasının ağırlık veya dengeleme ağırlığının yatay kesit alanının ağırlık merkezinden kaçıklığı, genişliğin en az %5'i ve derinliğin %10'u olarak göz

önüne alınmalıdır [11]. Asansör kılavuz raylarına etki edecek yük ve kuvvetler Çizelge 5.2’de toplu halde görülmektedir.

**Çizelge 5.2 :** Yük durumuna göre göz önüne alınacak yükler ve kuvvetler [11].

Yük durumları	Yükler ve kuvvetler	<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>G</i>	<i>F<sub>s</sub></i>	<i>F<sub>k</sub></i> veya <i>F<sub>c</sub></i>	<i>M</i>	<i>WL</i>
Normal kullanma	Hareket	+	+	+	-	-	+	+
	Yükleme ve boşaltma	+	-	-	+	-	+	+
Güvenlik tertibatının çalışması	Güvenlik tertibatı veya benzeri	+	+	+	-	+	+	-
	Boru kırılma vanası	+	+	-	-	-	+	-

## 5.2 Kılavuz Raylarda Eğilme Gerilmesi Hesabı

Aşağıda belirtilenlere bağlı olarak kılavuz patenlerdeki kuvvetler ( $F_b$ ), kılavuz raylarda eğilme gerilmesi meydana getirmektedir:

- Kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının asılma şekline
- Kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının kılavuz raylarının konumuna
- Kabin içindeki yüke ve bu yükün dağılımına bağlıdır.

Kılavuz rayın farklı eksenlerindeki eğilme gerilmesinin hesaplanmasında aşağıdaki kabuller yapılmaktadır:

- Kılavuz ray, birbirinden ( $l$ ) uzaklıkta mafsalları bulunan mütemadi kiriştir.
- Eğilme gerilmesine neden olan kuvvetlerin bileşkesi, birbirine komşu iki tespit noktasının ortasına etki eder.
- Eğilme momentleri kılavuz ray profilinin nötr eksenine etki eder.

Kılavuz raylar üzerinde eğilme gerilmesi yaratan moment, eşitlik (5.2) kullanılarak hesaplanır.

$$M_m = \frac{3 \cdot F_b \cdot l}{16} \quad (5.2)$$

$M_m$  : Eğilme momenti (Nmm)

$F_b$  : Farklı yük durumlarında raylara patenler tarafından uygulanan kuvvet (N)

$l$  : Kılavuz ray konsolları arasındaki en uzun mesafe (mm)

Ray profil eksenlerine dik olarak etki eden kuvvetlerin oluşturduğu eğilme gerilmesi, (5.3) eşitliği kullanılarak hesaplanır.

$$\sigma_m = \frac{M_m}{W} \quad (5.3)$$

$\sigma_m$  : Eğilme gerilmesi (N/mm<sup>2</sup>)

$M_m$  : Eğilme momenti (N.mm)

$W$  : Mukavemet momenti (mm<sup>3</sup>)

$W$ , profil şekline göre değişen bir değerdir.

Kabin veya karşı ağırlığı kılavuzlamak için, ikiden fazla kılavuz ray kullanılıyorsa ve kılavuz ray profilleri birbirinin aynı ise, kuvvetlerin kılavuz raylar arasında eşit dağıldığı kabul edilebilir [11].

### 5.3 Kılavuz Raylarda Burkulma Gerilmesi Hesabı

Asansör kılavuz raylarına etki eden ve burkulma gerilmesine sebep olan burkulma kuvveti ( $F_k$ ); güvenlik tertibatının devreye girmesi ile oluşan kuvvetler ve eşik kuvveti ( $F_s$ ) sebebiyle meydana gelmekte ve eşitlik (5.4) ile hesaplanmaktadır (Şekil 5.1) [12,30].

$$F_k = \frac{k_l \cdot g_n \cdot (P + Q)}{n} \quad (5.4)$$

$F_k$  : Bir kabin kılavuz raydaki burkulma kuvveti (N)

$k_l$  : Darbe katsayısı

$g_n$  : Standart yerçekimi ivmesi (9.81 m/s<sup>2</sup>)

$P$  : Boş kabin, iç kapı ve kabine asılı parçaların kütlelerinin toplamı (kg)

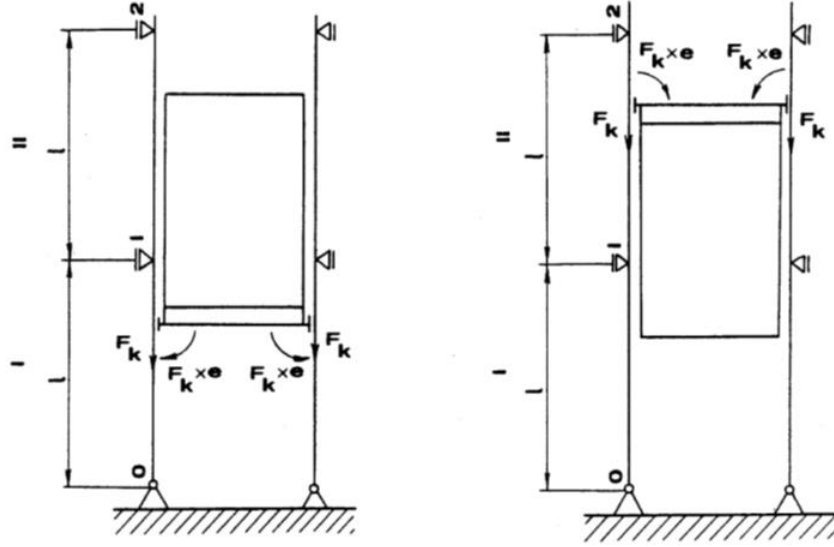
$Q$  : Beyan yükü (kg)

$n$  : Kılavuz ray sayısı [11].

Güvenlik tertibatı olan karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının burkulma kuvveti de (5.4)'e benzer bir şekilde, (5.5) eşitliği ile ifade edilmektedir.

$$F_c = \frac{k_l \cdot g_n \cdot (P + q \cdot Q)}{n} \quad (5.5)$$

$q$  : Beyan yükünün karşı ağırlıkla dengelenmesi veya kabin kütesinin dengeleme ağırlığı ile dengelenmesi oranını gösteren dengeleme katsayısıdır ve 0.5 olarak alınmaktadır.



Şekil 5.1 : Paraşüt sisteminin etkisi ile oluşan kuvvetler [12].

Eşitlik (5.4) ve eşitlik (5.5)'te geçen  $k_l$  darbe katsayısı paraşüt sisteminin çalışması ile ilgili olup, paraşüt sisteminin tipine bağlı olarak değişmektedir. Çizelge 5.3'te  $k_l$  değerleri verilmektedir. Hareket halinde meydana gelen darbelere karşı  $k_2$  darbe katsayısı kullanılmaktadır ve  $k_2$  katsayısı 1.2 olarak alınmaktadır. Yardımcı donanımda meydana gelen darbelerde ise  $k_3$  darbe katsayısı kullanılmakta ve değeri asansör tesisinin şartlarına göre imalatçı firma tarafından belirlenmektedir [11,30].

Çizelge 5.3 : Darbe katsayıları  $k_l$  [11].

Darbe tipi	$k_l$
Ani frenlemeli güvenlik tertibatı	5
Ani frenlemeli kenetleme tertibatı (makaralı tip hariç)	5
Ani frenlemeli makaralı güvenlik	3
Ani frenlemeli makaralı kenetleme tertibatı	3
Enerji depolayan tipteki oturma tertibatı	3
Enerji depolayan tipteki tampon	3
Kaymalı güvenlik tertibatı	2
Kaymalı kenetleme tertibatı	2
Enerji harcayan tipteki oturma tertibatı	2
Enerji harcayan tipteki tampon	2
Boru kırılma vanasının çalışmasıyla meydana gelen	2

Burkulma gerilmesinin hesaplanmasında omega  $\omega$  - metodu kullanılmaktadır [11]. Bu metoda göre asansör kılavuz raylarına etki eden burkulma gerilmesi, kabin için ve karşı ağırlık için; eşitlik (5.6a) ve eşitlik (5.6b) ile hesaplanmaktadır [11,30].

$$\sigma_k = \frac{(F_k + k_3 \cdot M) \cdot \omega}{A} \quad (5.6a)$$

ve

$$\sigma_c = \frac{(F_c + k_3 \cdot M) \cdot \omega}{A} \quad (5.6b)$$

$\sigma_k$  : Kabin raylarındaki burkulma gerilmesi (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_c$  : Karşı ağırlık raylarındaki burkulma gerilmesi (N/mm<sup>2</sup>)

$F_k$  : Bir kabin kılavuz rayındaki burkulma kuvveti (N)

$F_c$  : Bir karşı ağırlık kılavuz rayındaki burkulma kuvveti (N)

$k_3$  : Darbe katsayısı

$M$  : Yardımcı donanımın kılavuz raylarda meydana getirdiği kuvvet (N)

$A$  : Kılavuz rayın kesit alanı (mm<sup>2</sup>)

$\omega$  : Burkulma katsayısı

Omega ( $\omega$ ) değerleri **Ek A.1**'de verilmiştir.

Omega değerleri, çizelgelerden belirlenebileceği gibi eşitlik (5.7)'de belirtilen ifadeler ile de hesaplanabilmektedir [11].

$$\lambda = \frac{l_k}{i_{min}} \quad \text{ve} \quad l_k = l \quad (5.7)$$

$\lambda$  : Narinlik katsayısı

$l_k$  : Burkulma uzunluğu (mm)

$i$  : Eylemsizlik yarıçapı (mm)

$l$  : Kılavuz ray konsolları arasındaki en büyük uzaklık (mm)

Narinlik katsayısına bağlı olarak omega değerleri **Çizelge 5.4**'te görülmektedir [11].

**Çizelge 5.4 :** Narinlik katsayısına göre  $\omega$  değerleri [11,55].

Narinlik derecesi	Omaga ( $\omega$ ) değerleri	Narinlik derecesi	Omaga ( $\omega$ ) değerleri
	$R_m = 370 \text{ N/mm}^2$ çelik için		$R_m = 520 \text{ N/mm}^2$ çelik için
$20 \leq \lambda \leq 60$	$0,00012920 \cdot \lambda^{1,89} + 1$	$20 \leq \lambda \leq 50$	$0,0008240 \cdot \lambda^{2,06} + 1,021$
$60 < \lambda \leq 85$	$0,00004627 \cdot \lambda^{2,14} + 1$	$50 < \lambda \leq 70$	$0,00001895 \cdot \lambda^{2,41} + 1,05$
$85 < \lambda \leq 115$	$0,00001711 \cdot \lambda^{2,35} + 1,04$	$70 < \lambda \leq 89$	$0,00002447 \cdot \lambda^{2,36} + 1,03$
$115 < \lambda \leq 250$	$0,00016887 \cdot \lambda^{2,00}$	$89 < \lambda \leq 250$	$0,00025330 \cdot \lambda^{2,00}$

$R_m = 370 \text{ N/mm}^2$  ile  $R_m = 520 \text{ N/mm}^2$  arasındaki çekme dayanımlı çelikler için omega değerleri, eşitlik (5.8) ile hesaplanır. Diğer sert metalik malzemelerin omega değerleri imalatçıları tarafından verilmelidir [11].

$$\omega_R = \left[ \frac{\omega_{520} - \omega_{370}}{520 - 370} \cdot (R_m - 370) \right] + \omega_{370} \quad (5.8)$$

#### 5.4 Kılavuz Raylarda Birleşik Gerilmesi Hesabı

Kılavuz raylara etki eden eğilme gerilmesinin dışında, çekme gerilmesi veya burkulma gerilmesinin de etki ettiği durumlarda birleşik gerilme hesabı yapılmaktadır.

- 1) x – eksen ve y – ekseninde etkiyen eğilme gerilmelerinin bileşkesi;

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{em} \quad (5.9)$$

- 2) Eğilme ve çekme gerilmelerinin etki ettiği durumda gerilmelerin bileşkesi;

$$\sigma = \sigma_m + \frac{(F_k + k_3 \cdot M)}{A} \leq \sigma_{em} \quad (5.10a)$$

veya

$$\sigma = \sigma_m + \frac{(F_c + k_3 \cdot M)}{A} \leq \sigma_{em} \quad (5.10b)$$

- 3) Eğilme ve burkulma gerilmelerinin birlikte etki ettiği durumlarda ise bileşke gerilme;

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{em} \quad (5.11)$$

eşitlikleri ile hesaplanmaktadır.

$\sigma$  : Eğilme ve çekme gerilmelerinin birleşik gerilmesi ( $N/mm^2$ )

$\sigma_m$  : x ve y eksenindeki birleşik eğilme gerilmesi ( $N/mm^2$ )

$\sigma_c$  : Eğilme ve burkulma gerilmelerinin birleşik gerilmesi ( $N/mm^2$ )

$\sigma_x$  : x – eksenindeki eğilme gerilmesi ( $N/mm^2$ )

$\sigma_y$  : y – eksenindeki eğilme gerilmesi ( $N/mm^2$ )

$\sigma_{em}$  : İzin verilen gerilme ( $N/mm^2$ )

$\sigma_k$  : Kabin raylarındaki burkulma gerilmesi ( $N/mm^2$ )

$F_k$  : Bir kabin kılavuz rayındaki burkulma kuvveti (N)

$F_c$  : Bir karşı ağırlık kılavuz rayındaki burkulma kuvveti (N)

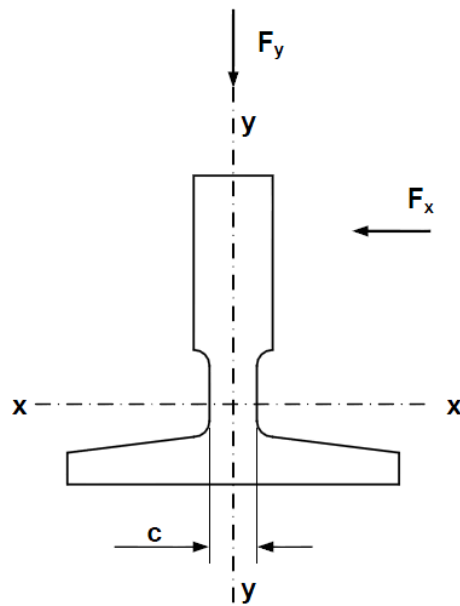
$k_3$  : Darbe katsayısı (imalatçı firma tarafından)

$M$  : Yardımcı donanımın kılavuz raylarda meydana getirdiği kuvvet (N)

$A$  : Kılavuz rayın kesit alanı ( $mm^2$ ) [11].

### 5.5 Kılavuz Ray Boyundaki Eğilme Gerilmesi Hesabı

Kılavuz rayın eksenleri ve ray boyun genişliği Şekil 5.2’de görülmektedir. Kılavuz rayların bağlama pabuçlarındaki eğilme gerilmesi hesaba katılmaktadır.



Şekil 5.2 : Kılavuz ray eksenleri ve ray boyun genişliği [11].

T profilli kılavuz raylarda meydana gelen ray boynundaki eğilme gerilmesi eşitlik (5.12) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{em} \quad (5.12)$$

$\sigma_F$  : Ray boynundaki yerel eğilme gerilmesi (N/mm<sup>2</sup>)

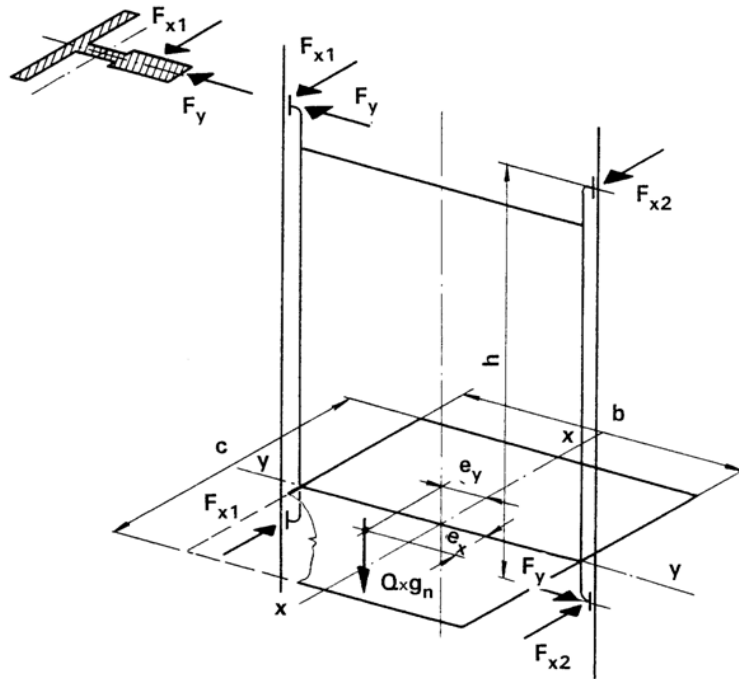
$F_x$  : Kılavuz patenin ray boynundaki kuvveti (N)

$c$  : Kılavuz ray profilinin ayağı ile başı arasındaki boyun genişliği (mm)

$\sigma_{em}$  : İzin verilen gerilme (N/mm<sup>2</sup>) [11].

### 5.6 Kılavuz Raylarda Sehım Hesabı

Kılavuz raylarda meydana gelen sehımler, eşitlik (5.13a) ve eşitlik (5.13b) ile hesaplanmaktadır.



Şekil 5.3 : Kılavuz ray üzerine etki eden kılavuz kuvvetleri [12].

x-x düzleminde;

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \quad (5.13a)$$

y-y düzleminde;



$$F_x = \frac{k_l \cdot g \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} \quad (5.14a)$$

ve

$$F_y = \frac{2 \cdot k_l \cdot g \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{n \cdot h} \quad (5.14b)$$

$D_x$  : x – yönündeki kabin boyutu, kabin derinliği

$D_y$  : y – yönündeki kabin boyutu, kabin derinliği

$x_c, y_c$  : Kabin merkezinin (C), kılavuz ray sisteminin ilgili eksenlerine olan mesafeleri

$x_s, y_s$  : Askı noktasının (S), kılavuz ray sisteminin ilgili eksenlerine olan mesafeleri

$x_p, y_p$  : Boş kabinin ağırlık merkezinin kılavuz ray sisteminin ilgili eksenlerine olan mesafeleri

$x_{cp}, y_{cp}$  : Boş kabinin ağırlık merkezinin, x ve y eksenlerinde kabin merkezine olan mesafeleri

$S$  : Kabin askı noktası

$C$  : Kabinin geometrik merkezi

$P$  : Boş kabinin ağırlık merkezi

$Q$  : Beyan (anma) yükünün ağırlık merkezi

$\rightarrow$  : Yükleme yönü

$1,2,3,4$  : 1,2,3 veya 4 nolu kabin kapılarının merkezi

$x_i, y_i$  : İlgili kabin kapısının, kılavuz ray sisteminin ilgili eksenlerine olan mesafeleri,  $i=1,2,3$  veya 4

$n$  : Kılavuz rayların sayısı

$h$  : Kabin kılavuz patenleri arasındaki mesafe

$x_Q, y_Q$  : Beyan yükü ağırlık merkezinin kılavuz ray sisteminin ilgili eksenlerine olan mesafeleri

$x_{CQ}, y_{CQ}$  :  $x$  ve  $y$  eksenlerine göre kabin merkezi ile beyan yükü ağırlık merkezi arasındaki mesafe [11].

### 5.7 Kılavuz Raylarda İzin Verilen Gerilme ve Sehim Değerleri

Kılavuz ray hesaplarında izin verilen emniyet gerilmesi; uzama sınırı (çekme gerilmesi)  $R_m$  ve güvenlik katsayısı  $S_f$  için, eşitlik (5.15) ile hesaplanmaktadır.

$$\sigma_{em} = \frac{R_m}{S_f} \quad (5.15)$$

**Çizelge 5.5**'te, yükleme durumu ve kopma uzamasına bağlı olarak güvenlik katsayıları verilmektedir.

**Çizelge 5.5** : Kılavuz raylar için güvenlik katsayıları [11].

Yük Durumları	Kopma uzaması ( $A_5$ )	Güvenlik Katsayısı
Normal kullanma yüklenmesi	$A_5 \geq \%12$	2,25
	$\%8 \leq A_5 < \%12$	3,75
Güvenlik tertibatının çalışması	$A_5 \geq \%12$	1,8
	$\%8 \leq A_5 < \%12$	3,0

TS 4789 ISO 7465 standardına uygun kılavuz raylar için izin verilen gerilme değerleri **Çizelge 5.6**'da verilmiştir.

**Çizelge 5.6** : İzin verilen gerilme değerleri [11].

Yükleme Durumları	$R_m = 370$ N/mm <sup>2</sup>	$R_m = 440$ N/mm <sup>2</sup>	$R_m = 520$ N/mm <sup>2</sup>
Normal kullanma yüklenmesi	165	195	230
Güvenlik tertibatının çalışması	205	244	290

Asansör kılavuz rayları için izin verilen maksimum sehim miktarı, rayların üzerinde güvenlik tertibatının çalışıp çalışmamasına bağlıdır [33].

İzin verilen maksimum sehim miktarı; üzerinde güvenlik tertibatı çalışan kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı kılavuz raylarında her iki yönde 5 mm, üzerinde güvenlik tertibatı çalışmayan kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı kılavuz raylarında her iki yönde 10 mm'dir [11].

## 6. ALGILAYICILAR (SENSÖRLER)

Sensör genellikle, bir sinyali veya uyarıyı alan veya bir sinyale veya uyarıya tepki veren bir cihaz olarak tanımlanır. Bu geniş bir tanımdır. Aslında, bir insan gözünden tabancadaki tetikleyiciye kadar hemen hemen her şeyi kapsayacak şekilde geniş bir tanımdır. Bu dünya, doğal ve insan yapımı nesnelere ayrılır. Doğal sensörler, sinir liflerindeki gibi iyon taşıma sistemine dayalı, onların kendi fiziksel doğası esasında elektrokimyasal bir karakteri olan, genellikle sinyallere cevap veren, canlı organizmalarda bulunan sensörler. İnsan yapımı cihazlarda, bilgi elektriksel formda yani elektron taşıma yoluyla işlenir ve aynı zamanda iletilir. Yapay sistemlerde kullanılan sensörler, arabirimleri ile birlikte olan cihazlar gibi aynı dili konuşması gerekir. Bu dil doğası gereği elektrikseldir. İnsan yapımı bir sensör, iyonlar yerine, elektronların yer değişimi tarafından gerçekleştirilen bilgi sinyallerine yanıt verecek yeteneğe sahip olmalıdır. Dolayısıyla bir sensörü elektromekanik çözüm veya sinir lifleri yerine elektronik sisteme elektrik kabloları aracılığı ile bağlamak ile mümkün olur. Sensörler için daha dar bir tanım kullanmak gerekir ise; “bir uyarı alan ve bu uyarıya elektriksel sinyal şeklinde tepki veren cihazdır”, şeklinde ifade edebiliriz.

Bütün sensörleri pasif ve aktif şeklinde iki sınıfa ayırabiliriz. Pasif sensör, herhangi bir ilave enerji kaynağına ihtiyaç duymayan ve giriş uyarı enerjisini sensör aracılığı ile çıkış sinyaline çevrildiği dış uyarıların cevabında direkt olarak elektrik sinyalleri üretir. Termokupl, fotodiyot ve piezoelektrik sensör örnek olarak verilebilir.

Aktif sensörler, kendi işlemleri için, ikaz sinyali olarak adlandırılan bir dış güce ihtiyaçları vardır. Bu sinyal, çıkış sinyali üretmek için sensör tarafından değiştirilir. Aktif sensörler bazen parametrik olarak adlandırılırlar çünkü dış bir etkiye tepki olarak kendi özelliklerini değiştirirler ve bu özellikler daha sonra elektrik sinyallerine dönüştürülebilir. Bir sensör parametresi, dış sinyali modüle eder ve bu modülasyon ölçülen değerini taşıdığı şekilde ifade edilebilir. Örneğin, termistör sıcaklığa duyarlı bir dirençtir. Herhangi bir elektrik sinyali üretmez, fakat elektrik akımı içinden geçirildiğinde (ikaz sinyali), kendi direnci termistör boyunca akım ve/veya voltajdaki değişimlerin saptanması ile ölçülebilir. Bu değişimler (Ohm ile

gösterilen), bilinen fonksiyon sayesinde doğrudan sıcaklık ile ilgilidir. Aktif sensörün bir başka örneği, elektrik direncinin gerinim ile ilişkili olduğu rezistif bir strain gauge'dir. Sensörün direncini ölçmek için elektrik akımı, harici bir güç kaynağından sensöre uygulanması gerekir [56].

Teknik terminolojide Sensör ve Transdüser terimleri birbirlerinin yerine sık sık kullanılan terimlerdir. Transdüser genel olarak enerji dönüştürücü olarak tanımlanır. Sensör ise çeşitli enerji biçimlerini elektriksel enerjiye dönüştüren cihazlardır. Ancak 1969 yılında ISA (Instrument Society of America) bu iki terimi eş anlamlı olarak kabul etmiş ve “ölçülen fiziksel özellik, miktar ve koşulların kullanılabilir elektriksel miktara dönüştüren bir araç” olarak tanımlamıştır [57].

Son yıllarda endüstri ve otomasyon sistemlerindeki gelişmeler, sensör ve transdüserlerle çok geniş uygulama alanı bulmuşlardır. Sensörler fiziksel ortam ile endüstriyel amaçlı elektrik-elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü görevi görürler. Bu cihazlar endüstriyel proses kontrol, koruma ve görüntüleme gibi çok geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Üretim akışı ve makine hareketlerinin geri besleme bilgisi olarak denetleyici birimlere aktarılması için sensörlere kesinlikle gerek vardır. Sensörler konum, sınır, seviye bilgileri verirler veya darbe iletici olarak görev yaparlar.

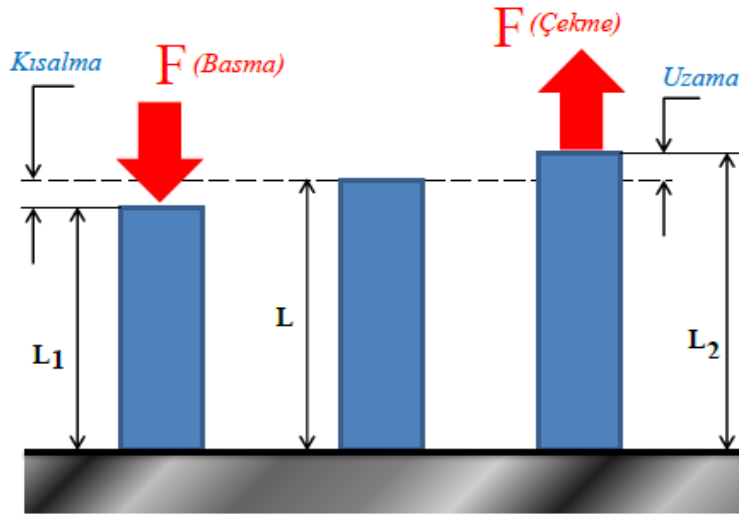
Günümüzde yüzlerce tip sensörden söz edilebilir, mikro-elektronik teknolojisindeki hızlı gelişmeler yeni uygulamaların oluşmasına olanak sağlamaktadır. Sensörlerle uzunluk, alan, miktar, kütleli akış, kuvvet, tork (moment), basınç, hız, ivme, pozisyon, ses dalga boyu ve yoğunluğu, sıcaklık, ısı akısı, voltaj, akım, direnç, indüktans, kapasitans, di-elektrik katsayısı, polarizasyon, elektrik alanı ve frekans, alan yoğunluğu, akı yoğunluğu, manyetik moment, geçirgenlik, yoğunluk, dalga boyu, polarizasyon, faz, yansıtma, gönderme, yoğunlaşma, içerik, oksidasyon-redaksiyon, reaksiyon hızı, pH miktarı ölçümleri gibi birçok uygulama alanı gelişmiştir [58].

## **6.1 Load Cell (Yük Hücresi)**

Temel çalışma prensibi, strain gauge'lere (gerinim pulları) dayanır. Birim deformasyon ölçebilen bu küçük pullar, çeşitli konfigürasyonlarda özellikleri tanımlı çelikler üzerine yapıştırılır. Yük hücreleri, hem akademik çalışmalarda ve

laboratuvarlarda, hem de endüstriyel tesislerde sıklıkla kullanılan yük ya da kuvvet ölçme sensörleridir. Basma yönünde, basma-çekme yönlerinde ya da farklı konfigürasyon ve geometrilerde (eğilme, kesme vb.) çalışan modelleri vardır. İki yönde çalışanlarına kuvvet sensörü (force transducer) adı da verilebilmektedir [59].

Yük hücresi, mekanik ve elektronik teknolojisinden yararlanılarak geliştirilmiş ölçme araçlarıdır. Kuvvet etkisi ile şekil değişiminin en etkili olarak ölçülebileceği metottur. Metallerin direnç değişiminden faydalanarak yapılan ölçme şeklidir. Metaller, uygulanan kuvvet sonucunda şekil değiştirirler. Basma şeklinde uygulanan kuvvet metalin boyunun kışalmasına, çekme kuvveti ise uzamasına neden olur. Uygulanan kuvvet ne kadar fazla ise şekil değişimi o kadar fazladır (**Şekil 6.1**) [60].



**Şekil 6.1** : Cisimlerin uygulanan kuvvet ile şekil değişmesi.

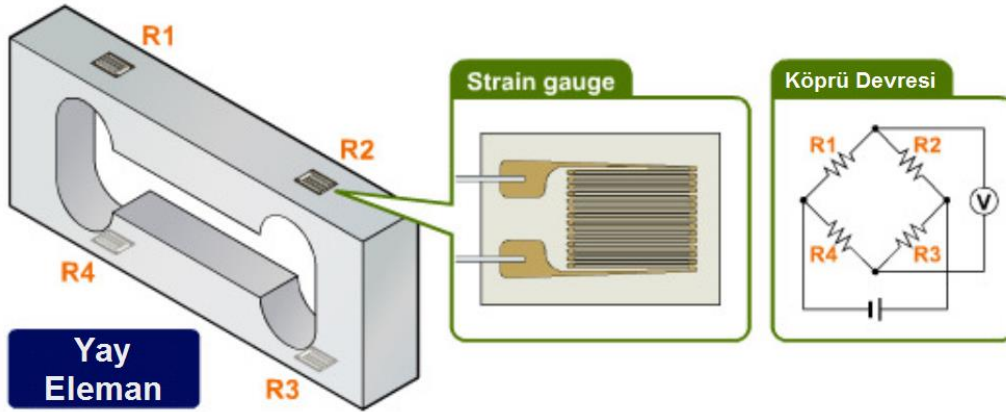
Belirli bir kuvvet, belirli bir şekil değişimine neden olur. Meydana gelen şekil değişimi, yük hücresi tarafından elektriksel sinyale dönüştürülür [60].



**Şekil 6.2** : Yük hücresi prensip şeması [61].

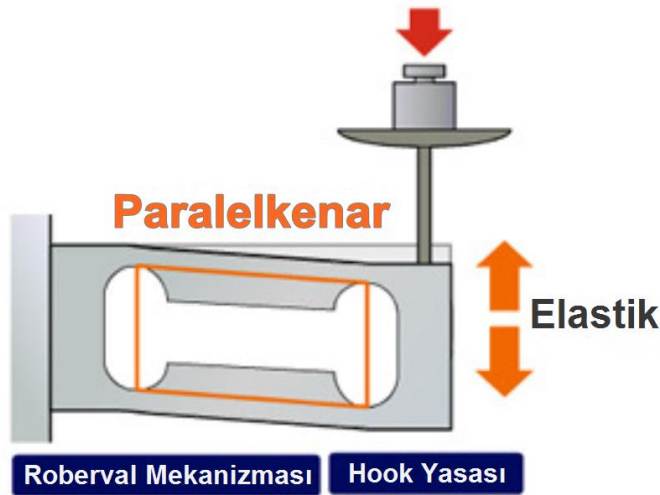
Yük hücresi için ideal olan yalnızca dış kuvvetler etkisi ile olan şekil değişimini ölçmesidir. Ancak uygulamada, çevre sıcaklığı, imalat kusurları, yük hücresinin altındaki yüzeye oturma miktarı ve metalin esnemeye karşı direnci yanlış değerler

ölçülmesine neden olabilir. Metallerin dirençleri sıcaklık, uzunluk ve metalin türü gibi çeşitli etkenlere bağlıdır [60].



Şekil 6.3 : Yük hücresi elemanları [61].

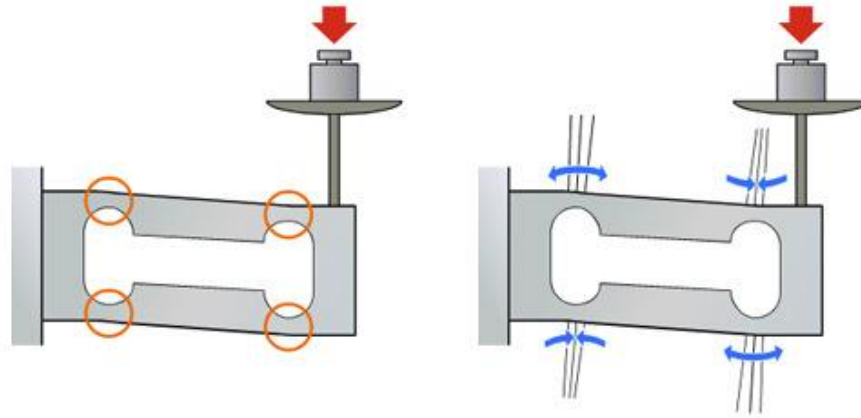
Yük hücresi, üzerine etkiyen ağırlık veya kuvveti elektrik sinyaline çeviren “kuvvet sensörüdür”. Bir Yük hücresi, alüminyum veya çelik alaşımlı bir yay eleman, sensör olarak görev yapan strain gauge ve köprü devresinden meydana gelir. Strain gauge’ler yay eleman üzerine önemli ölçüde biçim değiştirebilecek (deformasyon) şekilde dört yere yapıştırılır [61].



Şekil 6.4 : Yay elemanın davranışı [61].

Yay eleman, bir ağırlık veya kuvvet uygulandığında hafifçe deforme olur. Yay elemanın hareketine baktığımızda, Roberval mekanizma olgusunu gösteren genel bir paralelkenar konfigürasyonu olduğunu kabul edebiliriz. Buna ilave olarak, alüminyum veya çelik alaşımın elastik bölgesinde tatmin edici sonuçlar veren Hook kanunu, köprü devresi için kullanılır. Malzemenin bir kuvvet altında doğrusal bir

şekilde deforme olması durumu Hook yasası (veya elastikiyet kanunu) olarak isimlendirilir. Bu davranış malzemenin elastik olduğunu gösterir.



**Şekil 6.5 :** Yük hücresi yay elemanının davranışı [61].

Yay elemanın hareketine bakıldığında, bir ağırlık veya kuvvet uygulandığında köprünün dört ince noktasında deformasyonun en büyük olacağı görülmektedir. Bu ince noktalara küçük pimler yerleştirildiğinde, belirli noktaların gerildiğini diğer noktaların ise basınç etkisi altında kaldığını görülür (Şekil 6.5). Yük hücresine uygulanan ağırlık veya kuvvet, deformasyon derecesi (miktarı) aracılığıyla ölçülebilir. Böyle deformasyonları tespit etmek için Strain Gauge kullanılır [61].

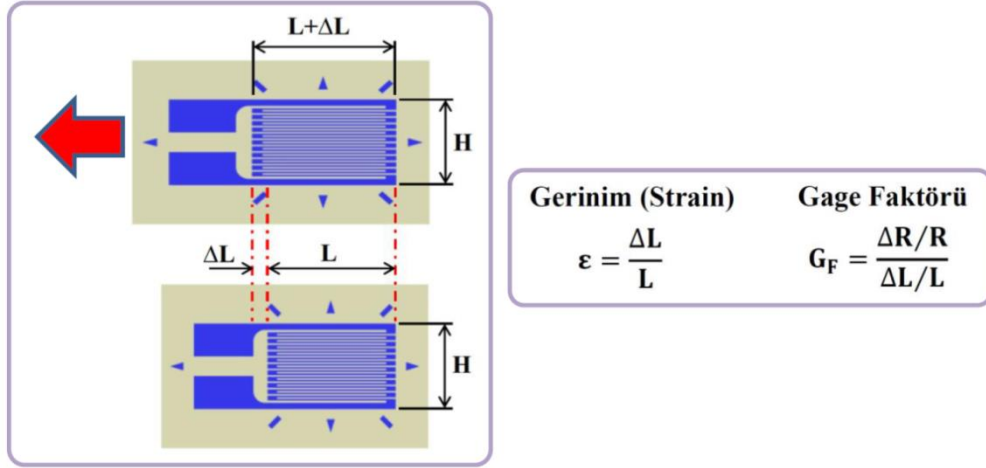
Strain Gage Sensörleri, kuvvet, ağırlık, basınç gibi fiziksel değişkenlerin ölçümlerinde kullanılırlar. Temel olarak, esneyebilen bir tabaka üzerine ince bir telin veya şeridin çok kuvvetli bir yapıştırıcı ile yapıştırılmasından oluşmuştur (Şekil 6.6) [62].



**Şekil 6.6 :** Strain gauge (gerinim pulu) [63].

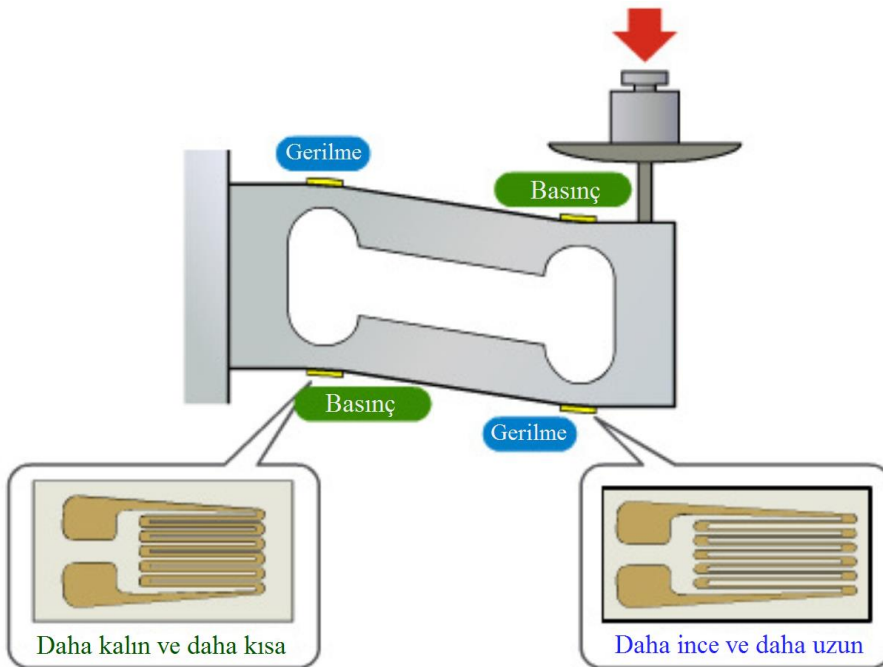
Üzerindeki basıncın etkisinden dolayı tabakanın esnemesi, iletken şeridin de gerilerek uzamasına sebep olmaktadır. Bu uzama esnasında telin boyu uzayarak kesiti azalacaktır. Bilindiği gibi iletkenlerin kesiti azaldıkça dirençleri artacağından uygulanan kuvvete bağlı olarak iletkenin direncinde de değişme olacaktır. Bu direnç

değişimine bağlı olarak uygulanan kuvvetin miktarı tespit edilebilir (**Şekil 6.7**) [62]. Strain gage'lerin sensör elemanı genellikle bakır-nikel alaşım levhalardan yapılmaktadır. Alaşım levhanın strain değişimine bağlı olarak sabit bir oranda direnç değişimi vardır (Gage Faktörü) [64].



**Şekil 6.7** : Strain gagenin çalışma prensibi.

Strain gauge'ler ölçtükleri yük nedeniyle oluşan elastik bölgedeki fiziksel deformasyonu, elektriksel sinyallere dönüştürerek veri toplama sistemi tarafından algılanmasını sağlarlar [59].



**Şekil 6.8** : Strain gagenin yay eleman üzerindeki durumu [61].

Fiziksel deformasyon verisi, birim deformasyon formatında ölçüldüğünde, çeşitli malzeme özelliklerinden (elastik modül, poisson oranı vb.) yüke ulaşmak mümkündür. Tüm bu parametrelerden ulaşılması gerekli kalibrasyon adımları fabrika aşamasında yapılarak, yük hücreleri kullanıcıya birim yük başına ne kadar elektriksel voltaj çıkışı alabileceğini hesaplayabileceği bir katsayı ile gelir [59].

Yay eleman üzerindeki Strain gauge'in elastik deformasyona göre nasıl değiştiği **Şekil 6.8**'de açıkça görülmektedir. Strain gauge üzerindeki tel, basınç etkisinde daha kalın ve daha kısa olduğunda, gerilme etkisinde daha ince ve daha uzun olacaktır. Daha ince ve daha uzun olduğunda telin direnci artacak, daha kalın ve kısa olduğunda ise telin direnci azalacaktır [61].

**Şekil 6.8**'de dört noktadan ölçme yapan bir yük hücresi görülmektedir. Tek noktadan yada iki noktadan ölçüm yapan yük hücreleri de bulunmaktadır. Yük hücreleri kullanım alanlarının gerektirdiği şekilde imal edilirler bu yüzden çok farklı ve çeşitli modelde yük hücrelerine rastlanılır. Günümüzde 50-100 gr'dan 1000-2000 ton'a kadar geniş bir kapasite aralığında yük hücreleri imal edilebilmektedir (**Şekil 6.9**) [62].



**Şekil 6.9** : Load cell (Yük hücresi) örnekleri [62].

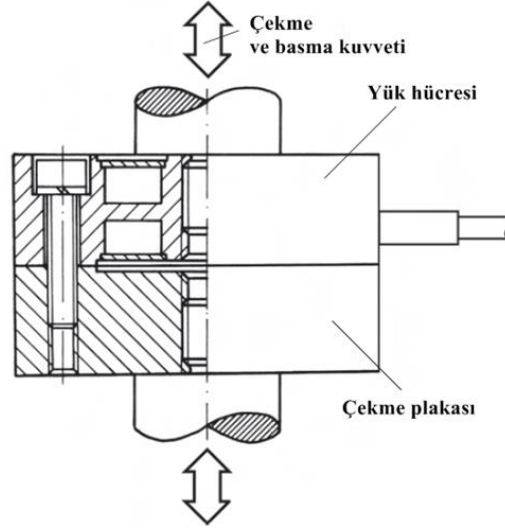
### 6.1.1 Pankek (Pancake) yük hücresi

Pankek yük hücreleri genellikle yüksek hassasiyet ve daha az duyarlılık gerektiren uygulamalarda kullanılır. Bu tip yük hücreleri normal olarak basınç uygulamalarında test veya üretim sırasında uygulanan yük veya basıncı kontrol etmek için pres makinalarında kullanılmaktadır. Üretici firmasına bağlı olmakla birlikte genellikle sunum kapasiteleri 50 lbs ile 1 milyon lbs arasında değişmektedir [65].



Şekil 6.10 : Pankek (Pancake) tipi yük hücresi örnekleri [65].

Pankek yük hücreleri merkezde vida dişi ve dış halka çevresinde ise birden fazla bağlantı delikleri ihtiva etmektedir. Dış bağlantı delikleri ayrıca çekme yüklemesinde kullanılmasına müsaade etmektedir. Ayrıca gerilme plakası opsiyon olarak eklendiğinde kullanıcıya hem çekme hem de basma özelliği sağlamaktadır [65].



Şekil 6.11 : Pankek tipi yük hücresinin çekme plakası ile kullanımı [66].

### 6.1.2 Donut yük hücresi

Bu tip yük hücreleri genellikle washer (rondela) load cell olarak anılmaktadır. Basınç uygulamaları için geliştirilmiş bir modeldir. Paslanmaz çelik malzemedendir yapıldığından çok rijit bir yapıya sahiptir, yüksek hassasiyet ve yüksek rijitlik sunarlar. Bu yük hücreleri yüksek dış yüklere karşı dirençli, düşük sapma özelliğine sahip ve genellikle metal folyo strain-gauge teknolojisi kullanılmaktadır [67].



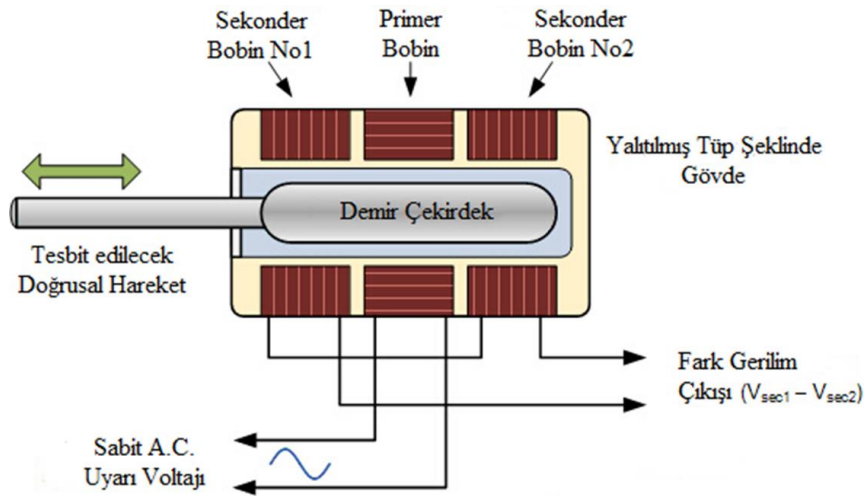
Şekil 6.12 : Donut tipi yük hücresi örnekleri [67].

## 6.2 Deplasman (veya konum) Sensörleri

### 6.2.1 LVDT endüktif deplasman sensörü

LVDT (Linear Variable Differential Transformer), Lineer Değişken Diferansiyel Transformatör mekanik yıpranma problemlerinden olumsuz etkilenmeyen, konumsal sensör türlerinden biridir ve kısaca LVDT harfleri ile tanımlanır. AC transformatör ile aynı prensibe göre çalışan, hareket ölçmek için kullanılan, bir endüktif tip konum sensörüdür. Hareketli çekirdeğin durumu ile orantılı olarak çıkan doğrusal yer değişimini ölçmek için kullanılan çok hassas bir cihazdır [68].

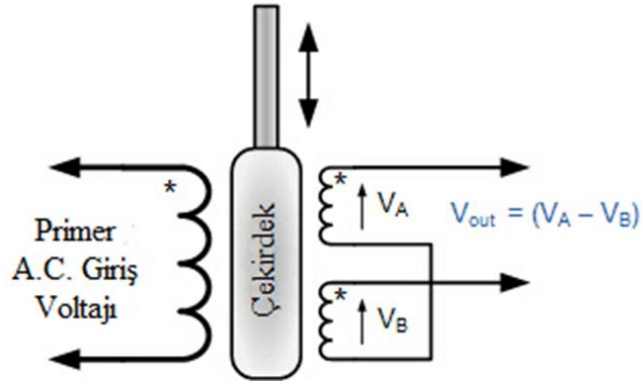
Temel olarak, içi boş bir tüp üzerine sarılmış bir primer bobin ve elektriksel olarak seri bir şekilde fakat  $180^\circ$  ters bağlanan özdeş iki sekonder bobin olmak üzere üç bobinden meydana gelir. Bazen armatür olarak adlandırılan ve ölçülen nesneye bağlı, hareketli demir ferromanyetik bir çekirdek, tüpün içinde kayar veya aşağı yukarı hareket eder. İki komşu sekonder sargısı içinde bir EMF sinyaline neden olan, “Uyarı sinyali” (2-20 V rms, 2-20 kHz) olarak adlandırılan küçük bir AC referans voltaj, primer sargısına uygulanır (transformatör prensipleri) (Şekil 6.13) [68].



Şekil 6.13 : LVDT (Linear Variable Differential Transformer) yapısı [68].

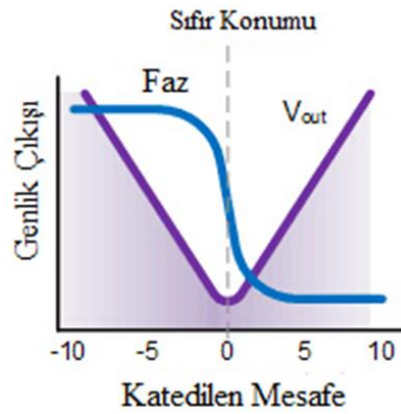
Eğer manyetik demir çekirdek armatür, tam olarak tüp ve sargıların merkezinde ise "sıfır konum", iki sekonder sargılarda  $180^\circ$  faz farkından dolayı oluşan EMF sinyalleri birbirlerini iptal ederler, böylece sonuçta elde edilen çıkış voltajı sıfır olur. Çekirdek sıfır konumundan biraz bir tarafa veya diğer tarafa yer değiştirdiğinde, sekonderlerin birinde indüklenen voltaj diğer sekonder indüklenen voltajdan daha büyük hale gelir ve bir çıktı üretilir (Şekil 6.14).

Çıkış sinyalinin polaritesi hareketli çekirdeğin yön ve yer değiştirmesine bağlıdır. Demir çekirdeğin kendi merkezi sıfır konumundan daha fazla yer değiştirmesi, daha büyük çıkış sinyali ile sonuçlanacaktır. Sonuç, çekirdeğin pozisyonu ile doğrusal olarak değişen bir diferansiyel voltaj çıkışıdır. Dolayısıyla çıkış sinyali, hem çekirdeğin yer değişimi ile doğrusal bir fonksiyona hem de hareket yönünü gösteren bir polariteye sahiptir [68].



Şekil 6.14 : LVDT prensip şeması [68].

Armatür bir uçtan diğerine merkez konumdan geçerek hareket ettirildiği zaman, çıkış voltajları maksimumdan sıfıra ve tekrar geri maksimuma değişir fakat bu süreçte kendi faz açısını  $180^\circ$  değiştirir. Bu LVDT'ye bir AC çıkış sinyali üretmesini sağlar. Çıkış sinyalinin büyüklüğü merkez konumdan hareket miktarını gösterir. Çıkış sinyalinin faz açısı çekirdeğin hareket yönünü gösterir (Şekil 6.15) [68].



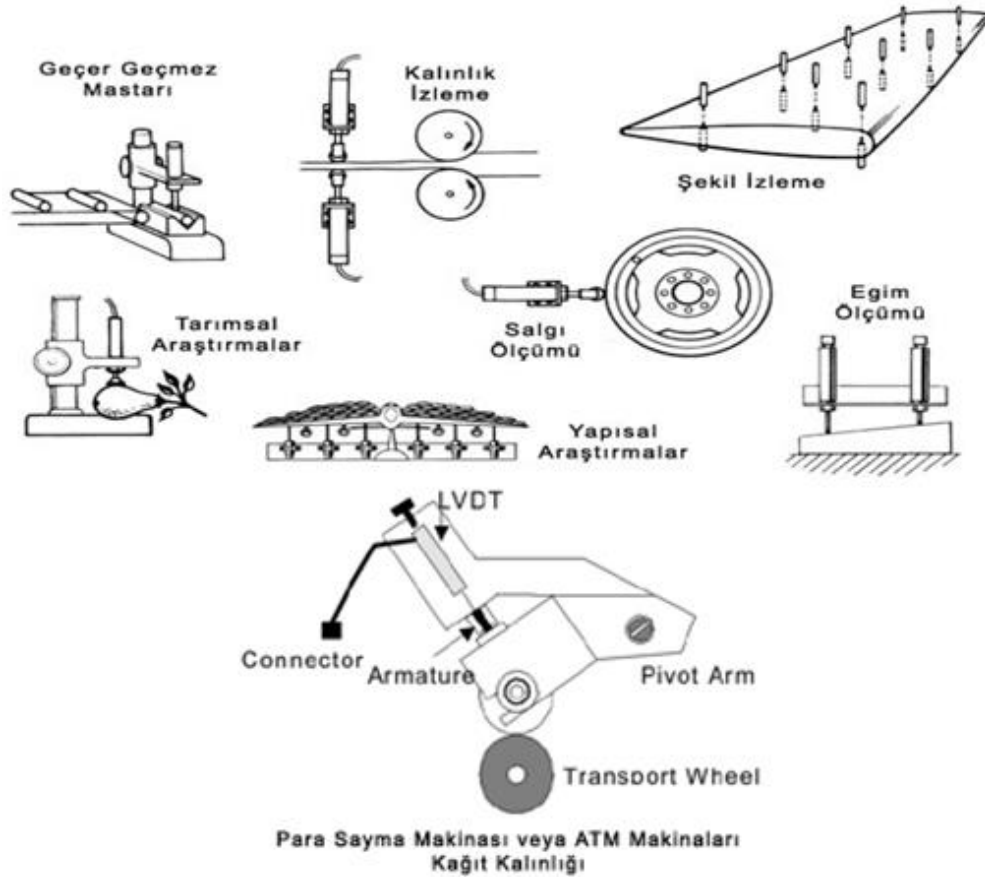
Şekil 6.15 : LVDT genlik çıkış ve faz diyagramı [68].

LVDT'nin ani yer değişimlerini ölçebilmesi için osilatör frekansının hareketin en yüksek frekansından en azından 10 kat daha büyük olması gerekir. Yavaş yer değişim işleri için kararlı osilatör yerine 50-60 Hz'lik besleme kaynağı frekansı kullanılabilir [58].

LVDT'nin en önemli özelliklerinden biri sürtünmesiz çalışmasıdır. Normal kullanımda, çekirdek ve bobinler arasında sürtünmeye sebep olacak hiçbir mekanik bağlantı yoktur. Bu özellik malzeme testleri, titreşim konum ölçümleri ve yüksek hassasiyetli ölçme sistemleri için bilhassa kullanışlıdır [69].

Birçok LVDT'nin iç deliğinin her iki ucu da açıktır. Beklenmedik aşırı hareket halinde çekirdek, sensör bobin düzeneği üzerinden zarar vermeden geçebilir. Aşırı konum değişimine karşı bu sağlamlık, tahribatsız malzeme test cihazında çekme numunelerine bağlı ekstensometreler gibi uygulamalar için LVDT'yi ideal bir sensör yapmaktadır.

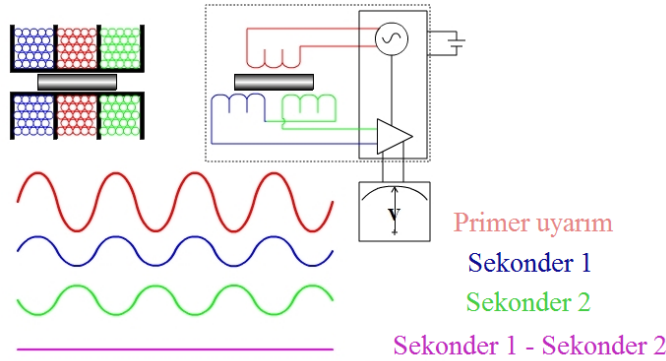
LVDT çekirdeği ve bobin yapısı arasında hiçbir temas olmadığından, hiçbir parça birbirine sürtmez veya yıpranmaz. Bu LVDT'nin sınırsız bir mekanik ömre sahip olduğu anlamına gelir. Bu faktör, uçak, uydular ve uzay araçlarında ve nükleer tesisler gibi yüksek güvenilirlik uygulamalarda özellikle önemlidir. Aynı zamanda pek çok endüstriyel süreç kontrolü ve fabrika otomasyon sistemlerinde yüksek oranda tercih edilir [69].



Şekil 6.16 : LVDT kullanım alanları [70].

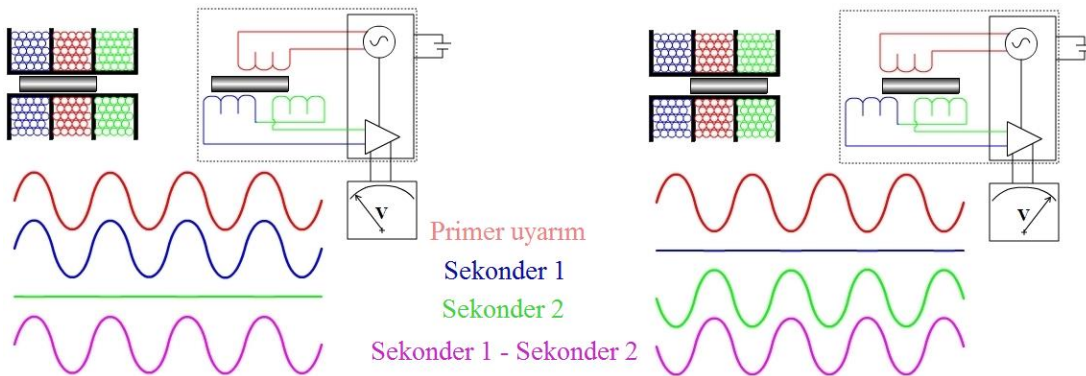
## 6.2.2 DC/DC endüktif deplasman sensörü

Deplasman sensörü, bir primer ve iki sekonder olmak üzere 3 bobin içermektedir. Sensörün primer ve sekonderleri arasındaki akımın transferi armatür olarak adlandırılan manyetik çekirdeğin pozisyonu aracılığı ile kontrol edilir. Sensörün sekonderleri birbirine ters bağlanmıştır. Ölçüm aralık pozisyonunun merkezinde, deplasman sensörünün iki sekonder voltajları ters bağlı olduklarından eşittir fakat sensör çıkış sonuçları sıfırdır [71].



Şekil 6.17 : Faz değişim diyagramı ve prensip şeması-sıfır konumu [71].

Sensör armatürü merkezden uzaklaştırıldığında sonuç, pozisyon sensörünün sekonderlerinden biri azalır diğeri ise artar. Bu, ölçüm sensöründen bir çıkış ile sonuçlanır. Çıkış fazı (uyarım fazı ile karşılaştırıldığında) armatürün bobin içindeki yerini elektronik olarak bilmemize olanak sağlar. Deplasman sensör içine yerleştirilmiş bir osilatör/demodülatör entegre devresi ile uyarım sağlanır ve dönüş sinyali DC voltaja dönüştürülür. Sensör dahili elektronik şartlandırıcı ihtiva ettiğinden, harici sinyal şartlandırmaya gerek yoktur [71].

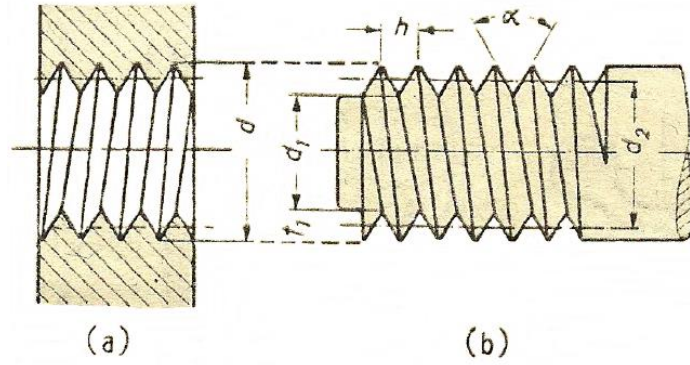


Şekil 6.18 : Faz değişim diyagramı ve prensip şeması-uc konumlar [71].

## 7. BAĞLAMA CİVATALARI

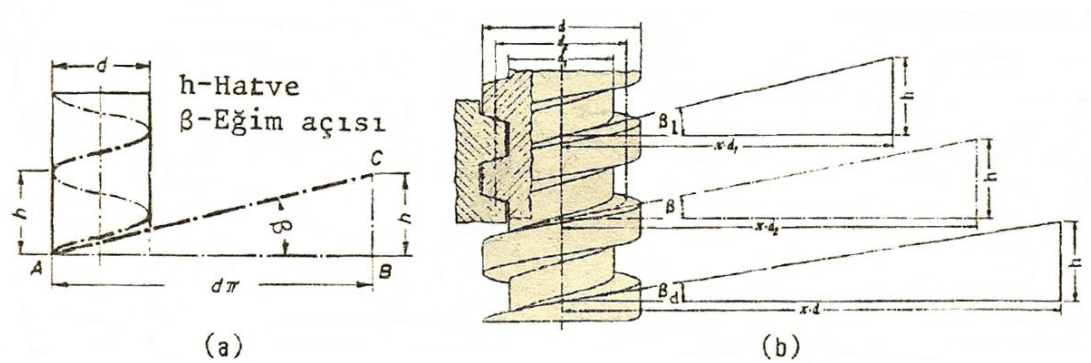
### 7.1 Vidaların Özellikleri

Cıvatalar en çok kullanılan çözülebilen bağlama elemanlarıdır. Cıvata sistemi, cıvata ve somun olmak üzere esas iki elemandan meydana gelmektedir. Cıvata dış yüzeyinde vida bulunan (Şekil 7.1.b); somun iç yüzeyinde vida bulunan bir elemandır (Şekil 7.1.a).



Şekil 7.1 : Somun ve civata [72].

Vida, silindirik veya konik elemanların dış ve iç yüzeyleri üzerine açılan helis kanalıdır (Şekil 7.1).



Şekil 7.2 : Helis ve helis açılımı [72].

Teorik olarak bir helisi (Şekil 7.2.a); çap ( $d$ ), hatve ( $h$ ) ve helis açısı ( $\beta$ ) olmak üzere üç faktör tayin eder. Bilindiği gibi helis eğrisinin açılımı bir üçgen meydana getirir. Bu üçgenden yararlanarak helisin üç faktörü arasında (7.1) bağıntısı bulunur [72].

$$\tan \beta = \frac{h}{\pi d} \quad (7.1)$$

Vidayı da bu üç faktör karakterize eder. Ancak vida bir kanal olduğundan, burada tekbir çap değil, nominal çap adını taşıyan diş başı çapı ( $d$ ), diş dibi çapı ( $d_1$ ) ve ortalama (veya profil) çapı ( $d_2$ ) olmak üzere üç çap vardır (**Şekil 7.2.b**). Her çapta hatvenin değeri aynıdır, dolayısıyla her çapa,

$$\tan \beta_1 = \frac{h}{\pi d_1} \quad ; \quad \tan \beta_2 = \frac{h}{\pi d_2} \quad ; \quad \tan \beta_d = \frac{h}{\pi d} \quad (7.2)$$

bağıntıları ile tayin edilen farklı helis açıları karşılık gelir. Hesaplamalarda vidanın helis açısı olarak ortalama çapa karşılık gelen helis açısı alınır. Böylece vidanın helis açısı,

$$\tan \beta = \tan \beta_2 = \frac{h}{\pi d_2} \quad (7.3)$$

şeklinde ifade edilir. Kinematik bakımından hatve, civatanın tam bir dönüşüne karşılık gelen eksenel yöndeki ilerlemesi olarak tarif edilir. Vidanın sınıflandırılması profil, helis yönü ve ağız sayısı bakımından yapılabilir. Profil bakımından üçgen metrik, üçgen whitworth, trapez, testere, yuvarlak, kare vidalar vardır. Helis yönü bakımından vidalar sağ ve sol olabilirler. Ağız sayısı bakımından vidalar tek veya çok (iki, üç, dört) ağızlı olabilirler. Metrik vidalar genellikle bağlamada, whitworth vidalar boru bağlantılarında veya özel durumlarda; trapez, testere ve kare vidalar hareket iletiminde, yuvarlak vidalar ise özel sistemlerde kullanılmaktadır.

Metrik vidalar M, whitworth vidalar W, trapez vidalar Tr, testere vidalar Tv, yuvarlak vidalar Yv ile simgelenmektedir. Bir vidanın tam olarak simgeleme tarzı:

Metrik vidalar için : Simge x Nominal çap

Diğer vidalar için : Simge x Nominal çap x Hatve

şeklinde dir. Vida-somun çifti esas bir geçme meydana getirmektedir. Civata somun sisteminde ince, orta ve kaba olmak üzere üç geçme sınıfı vardır (**Çizelge 7.1**). Vidaların toleranslarını göstermek için simgelerin sonuna toleransları konur. Örneğin, civata vidası için: M10–4g; somun vidası için: M24–5H; geçme için: M24–7H/8g şeklinde [72].

**Çizelge 7.1** : Civata somun sisteminde geçme sınıf ve tolerans kaliteleri [72].

Geçme Sınıfı	Somun	Civata
İnce	4H, 5H	4h, 4g, 4e
Orta	5H, 6H	6h, 6g, 6e
Kaba	7H, 7G	8g, 8e

Genellikle civata ve somunlar çelikten imal edilir. Bu maksatla çeliğin bütün çeşitleri kullanılır. Ayrıca çeşitli maksatlara göre civata ve somun malzemesi olarak alüminyum alaşımları, prinç ve son zamanlarda özellikle elektrik izolasyonu gayesiyle poliamid, teflon gibi plastikler kullanılır. Günümüzde civata imalatı standartlara göre büyük seriler halinde sadece civata imal eden fabrikalarda yapılmaktadır. Bu tür civataların mekanik özelliklerini belirten simgeler, kabartma usulü kullanılarak civata başlarına yazılır. **Çizelge D. 1**'de iki sayıdan oluşan semboller gösterilmiştir.

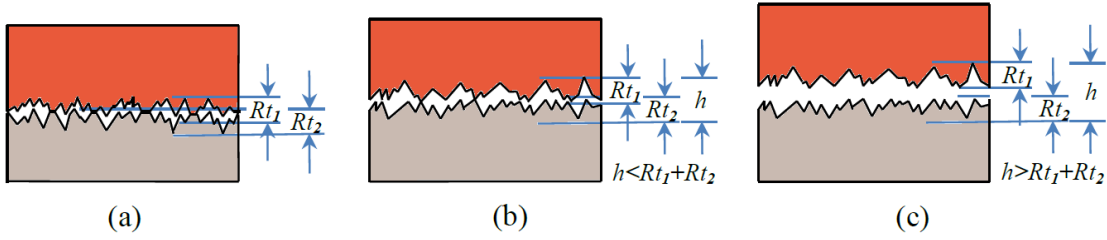
Birinci sayının 10 ile çarpımı malzemenin  $\text{daN/mm}^2$  cinsinden minimum kopma (çekmeye göre) mukavemetini gösterir. Civatanın minimum kopma mukavemeti  $\sigma_k=6 \times 10=60 \text{ daN/mm}^2$ ; akma mukavemeti ise  $\sigma_{AK}=6 \times 8=48 \text{ daN/mm}^2$  'dir. Aynı semboller, ikinci sayı yani akma sınırı hariç olmak üzere somunlar için geçerlidir. Paslanmaz çelikten yapılan civatalar; krom-nikel çelikleri için A, krom çelikleri için C ile simgelenir. Bu simgeler, mekanik sınırlarını belirten sayıların önüne yazılır, örneğin; A10.9 [72].

## 7.2 Sürtünme

### 7.2.1 Genel tarif ve sınıflandırma

Genel anlamda sürtünme, temasta olan ve izafi hareket yapan iki cismin temas yüzeylerinin harekete veya hareket ihtimaline karşı gösterdikleri dirençtir. Birbirine temas eden hareketli parçalar arasında kayma, yuvarlanma veya kayma-yuvarlanma mevcut olabilir. Böylece sürtünme kinematik bakımdan kayma, yuvarlanma veya kayma-yuvarlanma sürtünmesi şeklinde olur.

İzafi hareket yapan yüzeyler arasına bir yağlayıcı madde konulması veya konulmaması bakımından sürtünme olayı kuru, sınır ve sıvı olmak üzere üç halde incelenir. Genel anlamda kuru sürtünme birbirine göre izafi harekette bulunan ve doğrudan doğruya temasta olan iki yüzey arasında oluşan sürtünmedir (**Şekil 7.3.a**).



**Şekil 7.3 :** Sürtünme çeşitleri a. Kuru b. Sınır c. Sıvı [72].

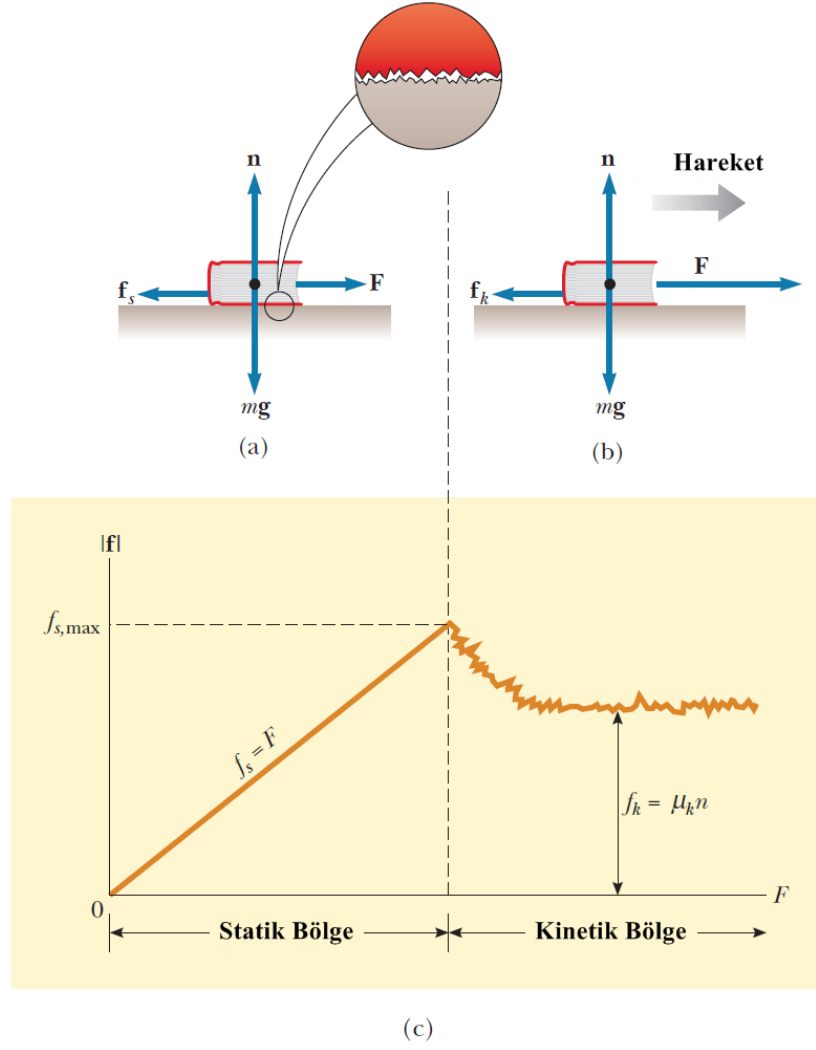
Yüzeyler arasına bir yağlayıcı madde konulması halinde iki durum ortaya çıkabilir. Her iki yüzey yağlayıcı madde tarafından ayrılmış olabilir ve esas sürtünme yağlayıcı maddenin tabakaları arasında oluşur; bu hale sıvı sürtünmesi denir (**Şekil 7.3.c**). İkinci durumda, yani yüzeyler tamamıyla ayrılmadığı takdirde, sınır sürtünme hali vardır (**Şekil 7.3.b**) [72].

### 7.2.2 Kuru sürtünme

Bir cismin bir başka cismin üzerinde kayarak hareket ediyorsa cisimlerin her biri diğerine kayma yüzeylerine paralel sürtünme kuvveti uygular. Her bir cismin üzerine uygulanan sürtünme kuvveti, o cismin diğerine göre görelî hareketine zıt yöndedir. İki cismin arasında görelî hareketin olmadığı durumlarda da yüzeyler arasında sürtünme kuvveti var olabilir. Birbirine göre hareketsiz yüzeyler arasındaki sürtünme kuvvetine "statik sürtünme kuvveti" adı verilir.

Hareketi başlatmak için gerekli kuvvetin en küçük değeri, statik sürtünme kuvvetinin en büyük değerine eşittir. Harekete başladıktan sonra yüzeyler arasındaki sürtünme giderek azalır. Böylece hareketi başlatmak için gerekli kuvvetten daha küçük değerde bir kuvvet düzgün doğrusal hareketi gerçekleştirecektir. Bu durumda hareket halindeki yüzeyler arasındaki kuvvete "kinematik sürtünme kuvveti" adı verilir [73].

**Şekil 7.4**'de kitap ile yüzey arasındaki  $f_s$  sürtünme kuvvetinin yönü  $F$  uygulama yükünün tersi yönündedir. Çünkü iki yüzeyde pürüzlüdür, büyütülmüş bakışta gösterildiği gibi temas sadece birkaç noktadan olmaktadır. Statik sürtünme kuvvetinin büyüklüğü uygulanan kuvvetin büyüklüğüne eşittir (a). Uygulama kuvvetinin büyüklüğü, kinetik sürtünme kuvvetinin büyüklüğünü aştığında kitap sağa doğru ivmelenir (b). Uygulama kuvvetinden kaynaklanan sürtünme kuvvetinin grafiği (c) [74].



**Şekil 7.4 :** Sürtünme karakteristiği [74].

Kuru (yağlanmamış) iki yüzey arasındaki maksimum statik sürtünme kuvvetinin matematiksel ifadesi iki ampirik kanundan çıkarılabilir. 1) Kuvvet en geniş limitler arasında, yaklaşık olarak sürtünen yüzeylerin alanından bağımsızdır ve 2) yüzeylerin birbirine uyguladığı normal kuvvetle orantılıdır.

Normal kuvvet, birbirine değen iki cisimden birinin diğerine uyguladığı ve değme yüzeyine dik kuvvettir ve yüklem kuvveti olarak da adlandırılır. Normal kuvvet, birbirine değen ve büsbütün katı olmayan cisimlerin şekil değiştirmesi sonucu oluşur. Maksimum statik sürtünme kuvvetinin büyüklüğünün normal kuvvetin büyüklüğüne oranına söz konusu yüzeylerin "statik sürtünme katsayısı" adı verilir. Statik sürtünme kuvvetini  $f_s$  ile ifade ederek aşağıdaki bağıntıyı yazabiliriz [73].

$$f_s \leq \mu_s n \quad (7.4)$$

$\mu_s$  statik sürtünme katsayısı ve  $n$  normal kuvvetin büyüklüğüdür.  $f_s$  'nin maksimum değerinde eşitlik aksi halde eşitsizlik geçerlidir. Kuru ve yağlanmamış yüzeyler arasındaki kinetik sürtünme kuvvetinin matematiksel ifadesi de statik sürtünme kuvveti ifadesinin elde edildiği ampirik kanunlardan çıkartılabilir. 1) Kinematik sürtünme kuvveti en geniş limitler arasında yaklaşık olarak sürtünen yüzeylerin alanlarından bağımsızdır ve 2) normal kuvvetle orantılıdır. Aynı zamanda kinematik sürtünme kuvveti birbiri üzerinde hareket eden yüzeylerin göreceli hızından da bağımsızdır. Kinetik sürtünme kuvvetinin büyüklüğünün normal kuvvetin büyüklüğüne oranına "kinetik sürtünme katsayısı" adı verilir. Kinetik sürtünme kuvvetini  $f_k$  ile ifade edersek,

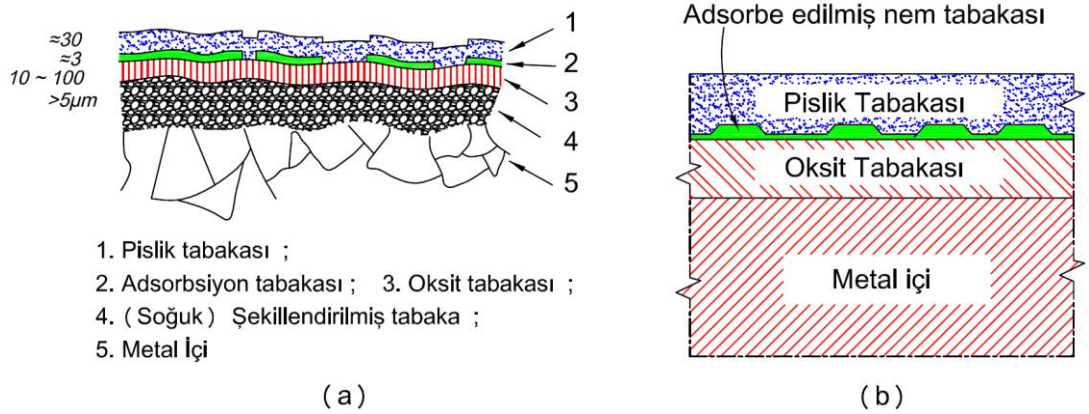
$$f_k = \mu_k n \quad (7.5)$$

eşitliği sağlanacaktır. Burada  $\mu_k$  kinetik sürtünme katsayısıdır.  $\mu_k$  ve  $\mu_s$  kuvvet büyüklüklerinin birbirine oranı olduğuna göre boyutsuz sabitlerdir. Genellikle yüzey çiftleri için  $\mu_s > \mu_k$  eşitsizliği sağlanır.  $\mu_s$  ve  $\mu_k$ 'nin gerçek değerleri birbirine değen yüzeylerin doğasına bağlıdır ve genellikle 1'den küçük olmalarına rağmen 1 değerini de aşabilirler. Çok iyi cilalanmış parlak bir yüzey atomik ölçekte incelendiğinde pürüzsüz bir yüzey değildir. Birbirine değen iki cisim için gerçek mikroskobik değme alanı, gözlenen mikroskobik değme alanından daha azdır. Gerçek (mikroskobik) değme alanı normal kuvvetle doğru orantılıdır. Çünkü yüzeylerin değme noktalarındaki yükseklikler kalıcı deformasyonla şekil değiştirirler ve bu olay bu noktalardaki büyük gerilmeler sonucu oluşur. Gerçek değme alanı, görünen değme alanının azalmasına karşılık sabit kalır, çünkü artan gerçek bir alana düşen normal kuvvet daha fazla kalıcı deformasyona yol açar. Değme noktalarının birçoğu soğuk kaynaklanmış noktaya dönüşür. Bir kütle diğeri üzerinde zıt yönde çekilirse sürtünme direncinin etkisiyle, binlerce soğuk kaynaklanmış noktanın bağları kopar ve kopan bağların yerine yeni kaynaklanmış noktalar oluşur.

Sürtünme katsayısı malzemenin doğasına, yüzeyin düzgünlüğüne, parlaklığına ve inceliğine, sıcaklığına ve kirliliğine bağlıdır. Uygulamalar ampirik sürtünme kanunlarını doğrular. Sürtünme katsayısı sabit kabul edilir. Gerçekte  $\mu_k$  bir ortalama değerdir ve hıza hassas aralıkta hıza bağlı olarak büyük değişim göstermez [73].

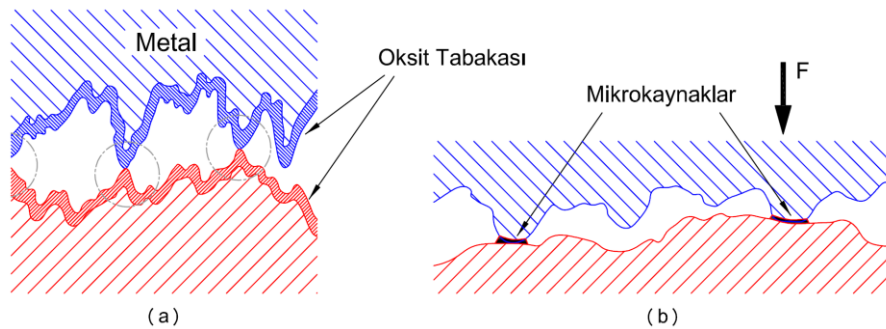
Yapılan inceleme ve deneylere göre kuru olarak tarif edilen maddelerin yüzeyleri aslında atmosferi teşkil eden elemanların etkisi altında oksit, yağ, su buharı, pislik

gibi yüzey tabakaları ile kaplıdır. (Şekil 7.5.a,b) Adsorpsiyon yolu ile oluşan ve ancak elektronik mikroskoplarla varlığı kanıtlanabilen bu tabakalar madensel yüzeylere kuvvetle bağlanabilmekte ve yalnız çok etkin fiziksel ve kimyasal yöntemlerle temizlenebilmektedir. Teknikte kullanılan elemanların yüzeyleri çeşitli kimyasal bileşikleri ihtiva eden tabii bir adsorpsiyon tabakası ile kaplıdır. Bunun sonucu olarak doğrudan doğruya temas eden yüzeyler arasında daima tabakalar bulunur [72].



Şekil 7.5 : Kuru sürtünme halinde yüzeylerin durumu [72].

Sürtünme olayını açıklamaya çalışan birçok teoriler vardır. Bunların gerçeğe en yakın olanı Bowden ve Tabor'un "kaynak bağları" teorisidir. Yukarıdaki olaylara dayanarak bu teori şu şekilde açıklanabilir. Yüksüz durumda yüzeyler belirli pürüzlük noktalarında temasta bulunurlar (Şekil 7.6. a), bu noktalarda tabii tabakalar arasında bağlar oluşur.



Şekil 7.6 : Mikro kaynakların oluşumu [72].

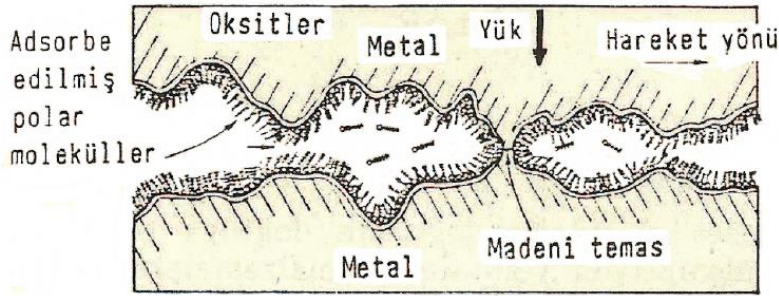
Yük tatbik edildikten sonra, çok küçük olan temas yüzeylerinde çok büyük basınçlar meydana gelir. Bu basınçların etkisi altında bazı temas noktalarındaki tabii tabakalar kopar, metalik temas meydana gelir ve yüksek basıncın etkisi altında bu noktalarda moleküler bağ şeklinde mikroskobik kaynak bağları oluşur. Bu bağlar, tabii tabaka

bağlantısından çok daha kuvvetlidir. Temasta bulunan elemanların izafi hareketi ancak bu bağların kopması ile mümkündür. O halde sürtünme gerek metalik, gerekse tabii tabaka bağlarının oluşturduğu dirençtir; sürtünme kuvveti ise bu bağların kopması için gereken kuvvettir (**Şekil 7.6.b**) [72].

### 7.2.3 Sınır sürtünme

Yüzeyler arasında bulunan herhangi bir yağlayıcı maddeye rağmen sıvı sürtünmesi hali oluşturulamadığı durumda sınır sürtünmesi hali ortaya çıkar. Pratikte en çok rastlanan bu sürtünme halinde sürtünme katsayısı genel olarak 0,02 ile 0,1 arasında değişir.

Yüzeyler arasına yağlayıcı bir madde konulması halinde yağlayıcı maddenin molekülleri, adsorpsiyon olayının sonucu olarak madensel yüzeylere düzgün ve muntazam bir şekilde yapışırlar. Yapılan deneyler göstermiştir ki, polar karbonlu hidrojenlerin molekülleri aktif karboksil grupları ile madensel yüzeylere bağlanmaktadır (**Şekil 7.7**).



**Şekil 7.7** : Sınır sürtünmesi [72].

Böylece yüzeyler üzerinde birkaç molekül tabakası kalınlığında adsorpsiyon tabakaları oluşmaktadır. Yağın bu özelliğine yapışma kabiliyeti denir. Bu özellik yağ ve madensel yüzeylerin karşılıklı etkilerine bağlıdır. Oluşan bu tabaka, tabii tabakada olduğu gibi, metalik yüzeylerin doğrudan doğruya temasa geçmesini önler. Ancak yağ tabakası ile tabii tabaka arasında önemli bir fark vardır. Havanın etkisi ile oluşan tabii tabakanın esası oksit tabakasıdır, burada tesadüfen bulunan yağ molekülleri çok azdır. Yağ tabakası ise tamamen yağ moleküllerinden oluşur ve özelliğini buraya yağlamak amacıyla konulan yağ maddesinden alır. Yağ tabakasının tabii tabakaya göre kopma mukavemeti çok daha büyüktür ve bunun sonucu olarak doğrudan doğruya madensel temasta olan yüzeyler daha azdır. Yapışmış yağ tabakasının kopma mukavemeti ( $\sigma_{kf}$ ) ve kayma mukavemeti ( $\tau_{kf}$ ) ile ifade edildiğinde sürtünme

katsayısı,

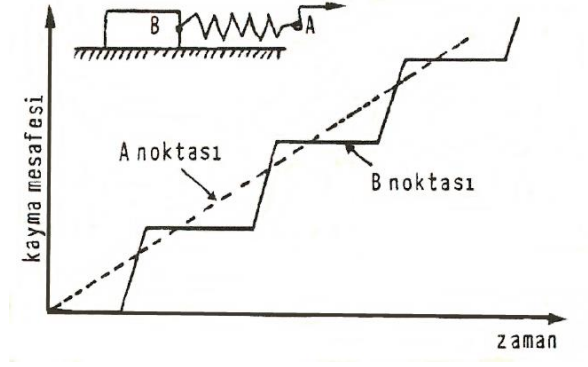
$$\mu \cong \frac{\tau_{kf}}{\sigma_{kf}} \quad (7.6)$$

olarak yazılır. Burada önemli olan yağ tabakasının kopma ve kayma mukavemetleridir. Adi yağların oluşturduğu yağ tabakasının kopma mukavemetini büyütme veya kayma mukavemetini azaltmak için yağlara katık denilen bir takım ek maddeler konulur. Genellikle organik yağlardan oluşan katık maddeleri yağ içerisine çok az miktarda konulur. Bu maddeler metal yüzeylerle kimyasal reaksiyona girerler ve yüzeyler arasında, kopma mukavemeti yüksek olan yarı sıvı halinde madeni sabunlar meydana getirirler. Böylece sınır sürtünme; sadece adsorpsiyon tabakalarından oluşan fiziksel veya kimyasal reaksiyonu sonucu meydana gelen tabakalardan oluşan kimyasal esasına dayanabilir. Pratikte kuru sürtünmede olduğu gibi sınır sürtünmesi bölgesinde çalışan sistemlerin sürtünme katsayıları deney ile tayin edilir [72].

#### 7.2.4 Kay-dur (stick-slip) olayı

Kay-dur olayı hareketin bilhassa başlangıcında, yani çok küçük hızlarda meydana gelmektedir. Bu olay statik sürtünmenin, kinematik sürtünmeden daha yüksek olması ve sürtünme halinde bulunan elemanı harekete geçiren ara elemanın, şekil değiştirme kabiliyetine sahip olmasına bağlıdır. Ara eleman bir yay olarak düşünülürse, olayı incelemek için **Şekil 7.8**'deki model meydana getirilebilir. Hareketsiz halindeki B elemanını harekete geçirmek için yayı,  $F_o = \mu_o F_n$  bir kuvvetle çekmek gerekir. Eleman harekete geçtikten sonra çekme kuvveti  $F = \mu F_n$  olur;  $\mu_o > \mu$  olduğuna göre  $F_o > F$ 'dir. Başlangıçta B elemanı, çekme kuvveti  $F_o$  olmadan yani sürtünme kuvveti yenilmeden harekete geçmez. Bu süre içerisinde çekme elemanlarında (yayda) şekil değiştirme meydana gelir ve verilen enerji şekil değiştirme enerjisine dönüştürülür.

Harekete başladığında, sürtünme aniden azalır ve çekme elemanında biriken şekil değiştirme enerjisi, B elemanını bir sıçrama şeklinde ileri kaydırır. Elemanın ataletinden dolayı, bu enerji çabuk tükenir ve eleman durur. Olaylar tekrarlanır ve B elemanı kay-dur şeklinde hareket eder; şöyle ki sistemin A noktası doğrusal bir yol alırken, B elemanı kademeli bir yol çizer [72].



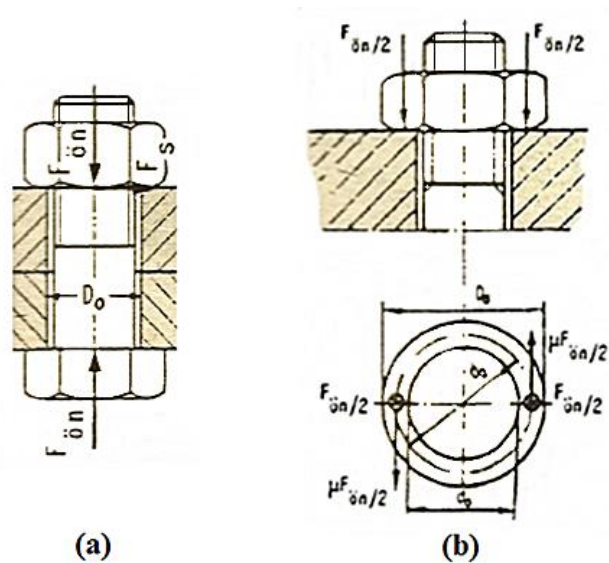
Şekil 7.8 : Kay-dur olayına ait model [72].

Kay-dur olayı makinaların bilhassa takım tezgâhlarının çalışma kabiliyetini önemli şekilde etkilemektedir. Olay ancak sıvı sürtünme veya yuvarlanmalı sürtünme ile tamamen önlenir [72].

### 7.3 Civata Bağlantısının Teorisi

#### 7.3.1 Öngerilmeli ve öngerilmemiş civata bağlantısı

Civatalar öngerilmeli (sıkmalı) veya öngerilmemiş olmak üzere iki şekilde çalışırlar. Öngerilmeli civatalar bağlanacak parçaların deliklerine boşluklu olarak monte edilir ve sonra kuvvetli bir şekilde sıkılır. Sıkma sırasında bağlamada meydana gelen kuvvete öngerilme kuvveti ( $F_{ön}$ ) denilir (Şekil 7.9.a). Bu bağlantı değişken zorlanmalara maruz kalan sistemlerde kullanılır. Pratikte en çok öngerilmeli civatalar kullanılır.



Şekil 7.9 : Öngerilmeli civata bağlantısı ve somun alın yüzey sürtünmesi [72].

Öngerilmemiş cıvatalarda somun hiç sıkılmaz veya temas yüzeyine iyi bir şekilde oturuncaya kadar sıkılır. Bağlantıda kayda değer bir sıkma kuvveti meydana gelmez. Dolayısıyla cıvata sadece çalışma kuvvetinin etkisinde kalır.

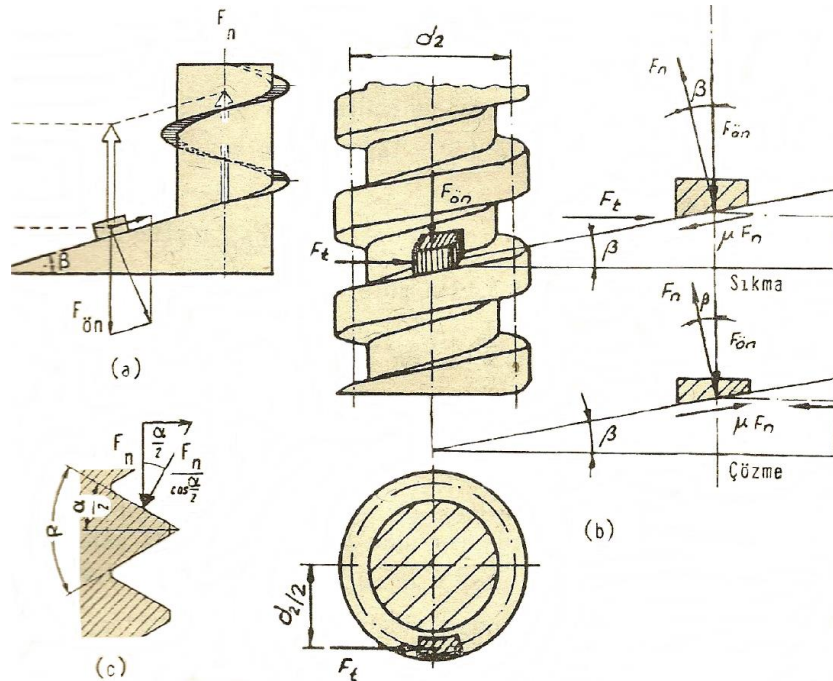
### 7.3.2 Sıkma (öngerilme) momenti

Öngerilmeli olarak monte edilen cıvatalarda, sıkma momenti iki direnç momentin toplamı olarak,

$$M_{stop} = M_{S1} + M_{S2} \quad (7.7)$$

olarak ifade edilir. ( $M_{S1}$ ) cıvata vidası ile somun arasındaki sürtünmeyi de içeren eğik düzlem etkisine bağlı esas sıkma momentini, ( $M_{S2}$ ) somun veya cıvata başı ile temas ettiği yüzey arasındaki sürtünme momentini gösterir.

Vidanın çalışma ilkesi eğik düzlem ilkesine dayanır ve somunun sıkılması bir yükün eğik düzlem üzerinde kaldırılmasına benzer. Bu benzerlik, vidanın ortalama çapına göre açınımını yapmak ve somunu herhangi bir parça olarak göstermek suretiyle elde edilir. Ayrıca hareket esnasında parça ile eğik düzlem arasındaki sürtünme, cıvata ve somun arasındaki sürtünmedir (Şekil 7.10.a).



Şekil 7.10 : Sıkma ve çözme momenti [72].

Kare profil esas alınırsa Şekil 7.10.b'de gösterilen matematiksel modelde, ( $F_{ön}$ ) sıkma esnasında meydana gelen kuvvet, ( $F_t$ ) parçayı eğik düzlem üzerinde itmek

(yani somunu sıkmak) için gereken kuvvet, ( $F_n$ ) parçalar arasındaki normal kuvvet,  $\mu.F_n$  hareket yönüne göre sürtünme kuvvetidir.  $\mu=tan\rho$  denkleminde,  $\rho$  sürtünme açısı olmak üzere sıkma kuvveti,

$$F_t = F_{\text{ön}} \frac{\tan \beta + \mu}{1 - \mu \tan \beta} = F_{\text{ön}} \cdot \tan (\beta + \rho) \quad (7.8)$$

şeklinde bulunur. Üçgen ve trapez vidalarda profili etkileyen normal kuvvet  $F'=F_n/\cos(\alpha/2)$ 'dir (**Şekil 7.10.c**). Dolayısıyla burada sürtünme kuvveti,

$$F_s = \mu F' = \mu \frac{F_n}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad \text{veya} \quad \mu = \frac{\mu}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad (7.9)$$

değeri ile  $F_s = \mu'.F_n$  şeklinde ifade edilebilir. (7.8) denkleminde  $\mu$  yerine  $\mu'$  ve  $\rho$  yerine  $\rho'$  ( $\mu' = \tan \rho'$ ) konursa sıkma kuvveti,

$$F_t = F_{\text{ön}} \frac{\tan \beta + \mu'}{1 - \mu' \tan \beta} = F_{\text{ön}} \cdot \tan (\beta + \rho') \quad (7.10)$$

bağıntıları elde edilir. **Şekil 7.10**'ye göre sıkma momenti,

$$M_{s_1} = F_t \frac{d_2}{2} = F_{\text{ön}} \frac{d_2}{2} \frac{\tan \beta + \mu'}{1 - \mu' \tan \beta} = F_{\text{ön}} \frac{d_2}{2} \tan (\beta + \rho') \quad (7.11)$$

şeklinde bulunur. Kare vidalarda  $\alpha=0$  ve dolayısıyla  $\mu' = \mu$ 'dir. Somun ile temas yüzeyi arasındaki sürtünme momenti ( $M_{s_2}$ ), durumunda sürtünme bilezik şeklinde olan bir yüzeyde meydana gelir (**Şekil 7.9.b**). Temas yüzeylerindeki basınçların yerine tek bir kuvvet konursa, sürtünme momenti;

$$M_{s_2} = \mu_0 F_{\text{ön}} \frac{d_0}{2} \quad (7.12)$$

şeklinde yazılır. Burada ( $\mu_0$ ) somun ile temas yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısı, ( $d_0$ ) temas yüzeylerinin ortalama çapıdır. Toplam sıkma momenti, (7.11) ve (7.12) denklemlerine göre,

$$M_{s_{top}} = M_{s_1} + M_{s_2} = F_{\text{ön}} \left[ \frac{d_2}{2} \tan (\beta + \rho') + \mu_0 \frac{d_0}{2} \right] \quad (7.13)$$

şeklinde bulunur [72].

### 7.3.3 Kilitlenme (otoblokaj) koşulu

Bu koşul bağlantının kendi kendine çözülmemesi anlamına gelmektedir. Başka bir deyimle bağlantı, cıvata üzerinde ( $M_{stop}$ ) momentine göre zıt bir momentin uygulaması ile çözülsün. Çözme momenti adını taşıyan bu momentin bulunması için esas sıkma momentinin elde edilmesindeki ilkeler uygulanır. **Şekil 7.10.b** dikkate alınır, bu durumda hareket yönü değiştiği için sürtünme kuvvetinin yönü de değişir. Dolayısıyla çözme momenti,

$$M'_{s1} = F_{ön} \frac{d_2}{2} \tan(\beta - \rho') \quad (7.14)$$

şeklinde bulunur. Kilitlenme koşulu yani cıvatanın kendi kendine çözülmemesi için  $M'_{s1} \leq 0$  olması gerekir. Buna göre (7.14) denkleminde yani  $F_{ön} \cdot (d_2/d) \cdot \tan(\beta - \rho') \leq 0$  koşulundan,

$$\beta \leq \rho' \quad (7.15)$$

elde edilir. Başka bir deyimle kilitlenme koşulunun yerine getirilmesi yani bağlantının kendi kendine çözülmemesi için, ( $\beta$ ) helis açısı, ( $\rho$ ) sürtünme açısından daha küçük veya en çok eşit olması gerekir. Standart vidalarda  $\beta \cong 2,3^\circ \dots 3,5^\circ$  arasındadır, diğer taraftan  $\mu \cong 0,12 \dots 0,2$  için  $\rho' \cong 6,84^\circ \dots 11,31^\circ$  olduğuna göre bu vidalarda  $\beta < \rho'$  dir, yani kilitlenme koşulu yerine getirilir. (7.9) bağıntısı dikkate alınır üçgen vidalarda  $\alpha = 60^\circ$  için  $\mu' = 1,15 \cdot \mu$ ; trapez ve testere vidalarda  $\alpha = 30^\circ$  için  $\mu' = 1,04 \cdot \mu$  ve kare vidalarda  $\alpha = 0^\circ$  için  $\mu' = \mu$  dir. Bu durumda,

$$\mu'_{üçgen} > \mu'_{trapez} > \mu_{kare} \quad \text{veya} \quad \rho'_{üçgen} > \rho'_{trapez} > \rho_{kare}$$

olarak bulunur. Bu demektir ki, aynı sıkma kuvvetine karşın, üçgen vidalarda trapez ve kare vidalara göre daha büyük bir sıkma momenti elde edilir. Bu nedenle üçgen vidalar bağlama vidaları olarak kullanılır [72].

### 7.3.4 Cıvataların zorlanması

Sıkma kuvvetinin bir tepkisi olarak cıvata ( $F_{ön}$ ) kuvveti tarafından çekmeye zorlanmaktadır (**Şekil 7.9**). Ayrıca ( $M_{s1}$ ) momenti tarafından burulmaya maruz kalmaktadır. Çekme ve burulma zorlanması,

$$\sigma_{\zeta} = \frac{4F_{\ddot{on}}}{\pi d_s^2} \quad ; \quad \tau = \frac{M_{sI}}{W_p} = \frac{16M_{sI}}{\pi d_s^3} \quad (7.16)$$

şeklinde ifade edilirse, bileşik gerilmeler ve mukavemet koşulu,

$$\sigma_B = \sqrt{\sigma_{\zeta}^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_{em} \quad (7.17)$$

olarak yazılır. Bu bağlantı cıvatanın kontrol hesabında kullanılır. Burada statik zorlanma olduğu için  $\sigma_{em} = \sigma_{AK}/s$  alınır, birçok hallerde  $\sigma_{em} = (0,7 \dots 0,75) \cdot \sigma_{AK}$  olarak tavsiye edilir.  $M_{sI} = F_{\ddot{on}} \cdot (d_2/d) \cdot \tan(\beta + \rho')$  ve  $d_s \cong d_I$  ile (7.17) bağıntısı,

$$\sigma_B = \sqrt{\left(\frac{4F_{\ddot{on}}}{\pi d_I^2}\right)^2 + 3 \left[\frac{16F_{\ddot{on}}}{\pi d_I^3} \frac{d_2}{2} \tan(\beta + \rho')\right]^2} \leq \sigma_{em} \quad (7.18)$$

şeklinde yazılır. Standart cıvatalarda  $d_2/d_I \cong 1,1$  ve  $\tan(\beta + \rho') \cong 0,17 \dots 0,20$  alınırsa,

$$\tau = \frac{4F_{\ddot{on}}}{\pi d_I^2} \frac{2d_2}{d_I} \tan(\beta + \rho') = \sigma_{\zeta} \frac{2d_2}{d_I} \tan(\beta + \rho') \cong 0,4 \sigma_{\zeta} \quad (7.19)$$

şeklinde yazılırsa ve  $\sigma_{\zeta} = 4F_{\ddot{on}} \cdot \pi/d_I^2$  karekök dışına çıkarılırsa,

$$\sigma_B = \sigma_{\zeta} \sqrt{1 + 3 \left[\frac{2d_2}{d_I} \tan(\beta + \rho')\right]^2} \cong 1,3 \sigma_{\zeta} \quad (7.20)$$

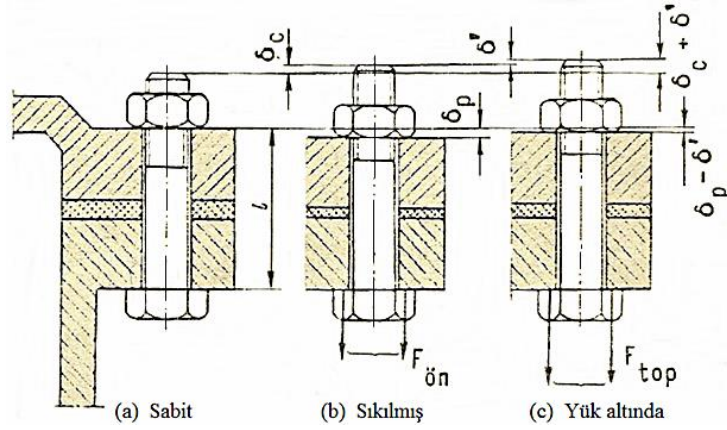
şeklinde yazılır. Başka bir deyimle sıkma esnasında cıvatada meydana gelen burulma gerilmesi ( $\sigma_{\zeta}$ ) çekme gerilmesinin yaklaşık 0.4 katı, ( $\sigma_B$ ) bileşik gerilmesi ise ( $\sigma_{\zeta}$ ) çekme gerilmesinin yaklaşık 1.3 katı kadardır. Dolayısıyla sıkma esnasında cıvataların mukavemet hesabı ortalama olarak,

$$\sigma_B = 1,3 \sigma_{\zeta} = 1,3 \left(\frac{4F_{\ddot{on}}}{\pi d_s^2}\right) \leq \sigma_{em} \quad (7.21)$$

bağıntısı ile yapılabilir. Pratikte (7.21) bağıntısı boyutlandırma, (7.18) bağıntısı ise kontrol için kullanılmaktadır. Bu nedenle çok önemli sistemlerde cıvataların sıkma işlemi, sıkma momentinin etkisini bertaraf eden ve cıvatayı sadece çekmeye maruz bırakan özel tertibatlarla yapılır [72].

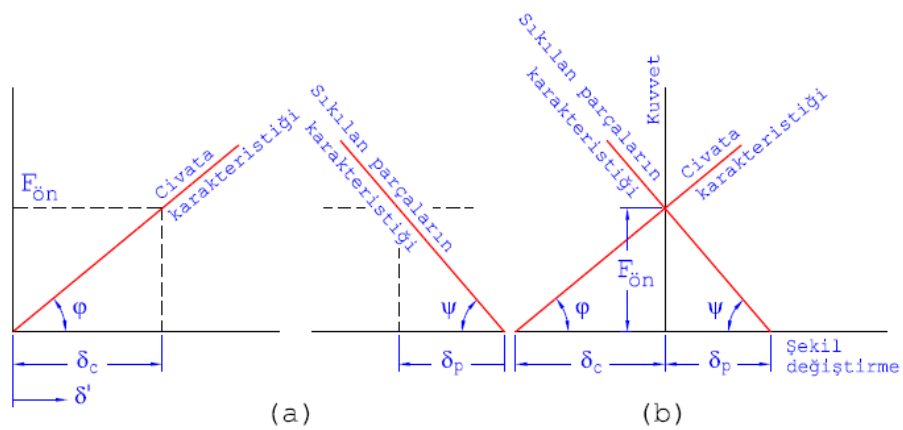
## 7.4 Öngerilme Teorisi

Öngerilme teorisi, öngerilme ile takılan bir cıvata sisteminde, işletme kuvvetinin etkisini incelemektedir. Konuyu açıklamak için kapağı cıvatalarla bağlanan basınçlı bir silindir ele alınsın (Şekil 7.11). Burada bağlamayı gerçekleştiren bir cıvatanın: Serbest (a), sıkıldıktan sonra öngerilmeli (b) ve işletme kuvvetinin etkisi altındaki (c) durumu gösterilmiştir. Sıkma sırasında sistemde parçaları sıkı ve cıvatayı çekmeye zorlayan bir  $F_{ön}$  öngerilme kuvveti meydana gelir.



Şekil 7.11 : Öngerilme teorisine ait şema [72].

Bu kuvvetin etkisi altında sıkılan parçalar kısalır ve cıvata uzar. Sıkılan parçaların kısalması ( $\delta_p$ ) ve cıvatanın uzaması ( $\delta_c$ ) ile ifade edilirse, elastik bölgede kalmak şartı ile Hooke kanununa göre ( $\delta_c$ ) ile ( $F_{ön}$ ) ve ( $\delta_p$ ) ile ( $F_{ön}$ ) arasındaki bağıntı bir diyagram şeklinde gösterilebilir (Şekil 7.12.a).



Şekil 7.12 : Cıvata ve sıkılan parçaların karakteristikleri [72].

Buradan  $\delta_c-F_{ön}$  doğrusuna cıvatanın karakteristiği denir. Karakteristiğin açısı sistemin rijitliğini veya yaylanma sayısını gösterir. Buna göre cıvatanın rijitliği;



kuvveti ile eşittir. Buradan şu anlam çıkarmak mümkündür. İşletme sırasında ( $F_{i\dot{s}}$ ) kuvvetinin yalnız bir kısmı, ( $F_z$ ) değerindeki kısmı cıvataya ek olarak gelir ve cıvataya gelen toplam kuvvet;

$$F_{top} = F_{\ddot{on}} + F_z \quad (7.24)$$

olur. İş kuvvetinin değer kısmı olan ( $F_p$ ) kuvveti ise, sıkılan parçaları etkiler ve bu parçalarda kalan kuvvet,

$$F'_{\ddot{on}} = F_{\ddot{on}} - F_p \quad (7.25)$$

olur. **Şekil 7.13**'deki küçük üçgenlerden,

$$F_z = \delta' \tan \varphi = \delta' k_c \quad \text{ve} \quad F_p = \delta' \tan \psi = \delta' k_p \quad (7.26)$$

bulunur ve

$$F_{i\dot{s}} = F_z + F_p = \delta' (k_c + k_p) \quad (7.27)$$

şeklinde yazılır. Bu bağıntıların müşterek çözümünden,

$$F_z = F_{i\dot{s}} \frac{k_c}{k_c + k_p} \quad ; \quad F_p = F_{i\dot{s}} \frac{k_p}{k_c + k_p} \quad (7.28)$$

elde edilir. Sistemin eşdeğer rijitliği,

$$k_e = \frac{k_c}{k_c + k_p} \quad (7.29)$$

şeklinde ifade edilirse,

$$F_z = k_e F_{i\dot{s}} \quad ; \quad F_p = (1 - k_e) F_{i\dot{s}} \quad (7.30)$$

bulunur ve bunlara bağlı olarak,

$$F_{top} = F_{\ddot{on}} + k_e F_{i\dot{s}} \quad (7.31)$$

ve

$$F'_{\ddot{on}} = F_{\ddot{on}} - (1 - k_e) F_{i\dot{s}} \quad (7.32)$$

olarak elde edilir. Yukarıdaki açıklamalarla ilgili sonuçlar ve öneriler şu şekilde sıralanabilir.

a. Öngerilme ile bağlanan cıvata sistemlerinde, şekil-değiştirmeler elastik bölgede kaldığı sürece, çalışma sırasında cıvataya gelen toplam kuvvet;

$$F_{top} = F_{ön} + F_z < F_{ön} + F_{i\dot{s}} \quad (7.33)$$

şeklindedir.

b. Öngerilme ile bağlanan cıvata sistemlerinde zorlanma değişken olduğu durumda, cıvatadaki kuvvet genliği azalır. ( $F_{i\dot{s}}$ ) işletme kuvveti titreşimli bir değişim gösterirse, cıvataya gelen kuvvet **Çizelge 7.2**'deki gibi değişir (**Şekil 7.13**).

**Çizelge 7.2 :** Titreşimli değişim durumunda cıvataya gelen kuvvet [72].

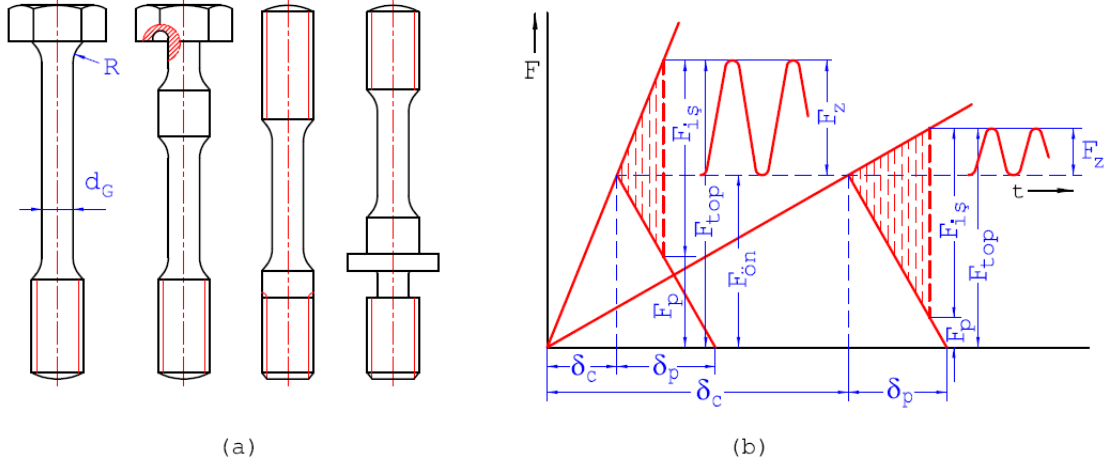
Yük	I	II	III	IV
Fiş	0	Fiş	0	Fiş
F <sub>top</sub>	F <sub>ön</sub>	F <sub>ön</sub> + F <sub>z</sub>	F <sub>ön</sub>	F <sub>ön</sub> + F <sub>z</sub>

Yani  $F_{i\dot{s}}$ 'in genliği  $F_{i\dot{s}}/2$  olması halinde, cıvataya gelen kuvvet genliği  $F_{max}=F_{top}$  ve  $F_{min}=F_{ön}$  değeri ile,

$$F_g = \frac{F_{max} - F_{min}}{2} = \frac{F_{top} - F_{ön}}{2} = \frac{F_z}{2} \quad (7.34)$$

olur. Bu durum uygun bir eksen takımı seçmek suretiyle **Şekil 7.13**'te gösterilmiştir. Görülüyor ki cıvataya gelen kuvvet genliği,  $F_z$ 'nin değerine bağlıdır. Bu kuvvet ne kadar küçük olursa, toplam kuvvet genliği de o nispette küçük ve bunun sonucu olarak cıvatanın durumu değişken zorlanma bakımından o kadar iyi olur (ömrü uzar). Diğer taraftan (7.27) denklemine göre ( $F_z$ ), ( $k_e$ ) katsayısına ve dolayısıyla ( $k_c$ ) ile ( $k_p$ ) değerlerine bağlıdır. ( $k_e$ ) ne kadar küçük olursa, yani cıvatanın rijitliği ne kadar azalırsa, ( $F_z$ ) kuvveti o kadar küçük olur.

**Şekil 7.14.a**'da rijitlikleri  $k_{c1} = \arctan\phi_1$  ve  $k_{c2} = \arctan\phi_2$  olan iki cıvatanın durumu gösterilmiştir. Görüldüğü gibi rijitliği  $k_{c2} < k_{c1}$  olan cıvataya, aynı  $F_{ön}$  öngerilme ve  $F_{i\dot{s}}$  işletme kuvveti için  $F_z$  kuvveti ve buna bağlı  $F_g$  kuvvet genliği daha küçük olur. Durum böyle olunca, pratikte değişken zorlanma hallerinde esneklikleri büyük olan esnek cıvatalar kullanılır. Bu cıvataların başlıca özelliği gövde çapının dış dibi çapından küçük veya eşit olmasıdır.

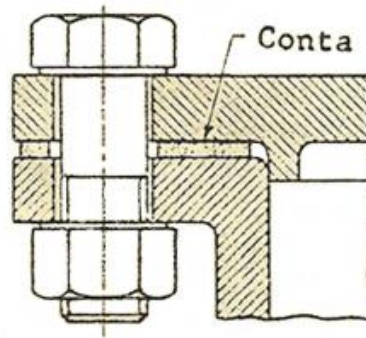


(a) (b)  
**Şekil 7.14** : Esnek civatalar ve bunların etkileri [72].

c. Sızdırmazlığın korunması gereken sistemlerde (yüksek basınç altında bulunan kazanlar, kaplar, borular, motor silindirleri), önemli olan öngerilme kuvvetinin değeridir. Bu tür sistemlerde işletme esnasında da sıkılan parçalarda bir sıkma kuvvetinin kalması gerekir. Aksi takdirde sıkılan parçalar büsbütün boşalır ve sızdırmazlık sağlanamaz. Bu durum  $F_p = F_{ön}$  olduğu halde meydana gelir. Bu durumda tüm ( $F_{iş}$ ) kuvveti civataya yüklenir (Şekil 7.13'te M noktası). Dolayısıyla sızdırmazlığı sağlamak için gereken koşul,

$$F'_{ön} = F_{ön} - (1 - k_e) F_{iş} > 0 \quad \text{veya} \quad F_{ön} > (1 - k_e) F_{iş} \quad (7.35)$$

şeklinde yazılabilir. Görülüyor ki sızdırmazlık koşulunun yerine getirilmesi için ( $k_e$ ) katsayısının büyük, dolayısıyla ( $k_p$ ) değerinin (7.29), yani sıkılan parçanın rijitliğinin küçük olması gerekir, başka bir deyimle sıkılan parçalar esnek olmalıdır. Pratikte bu özelliği sağlamak için sıkılan parçalar arasına conta denilen elastik malzemeler konur (Şekil 7.15).



**Şekil 7.15** : Contalı bağlama [72].

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşıldığı gibi, değişken zorlanmada yani yorulmada ( $k_e$ ) katsayısının değerinin küçük, sızdırmazlık koşulunda ise, büyük olması gerekir. Bununla beraber (7.29) denkleminden görüldüğü üzere ( $k_e$ ) katsayısının küçülmesi, ( $k_c$ ) değerinin küçülmesi veya ( $k_p$ ) değerinin büyümesi ile sağlanır. Ancak ( $k_c$ ) değerinin küçülmesi veya ( $k_p$ ) değerinin büyümesi sızdırmazlık koşuluna aykırıdır. Bundan dolayıdır ki yorulma ile sızdırmazlık koşulları ayrı olarak göz önüne alınmalıdır. Şöyle ki sistemin değişken zorlanmalara karşı daha iyi davranması için esnek cıvata; sızdırmazlığı sağlaması daha önemli ise, esnek sıkılan parça sistemine gidilmelidir. Tecrübelerle göre genel olarak Çizelge 7.3'te verilen değerler önerilir.

**Çizelge 7.3 :** Sistem eşdeğer rijitlik katsayı değerleri [72].

Yükleme Çeşidi	$k_e$
Değişken zorlanma	0,1...0,2
Sızdırmazlık	0,5...0,65

d. Öngerilme ile monte edilen cıvatalarda önemli bir konu, ( $F_{ön}$ ) öngerilme kuvvetinin tayin edilmesidir. Bu değer, ( $F_{i\dot{s}}$ ) işletme kuvvetine ve cıvatanın kalitesine bağlı olarak Çizelge 7.4'te verilmiştir.

**Çizelge 7.4 :** Cıvata kalitesine göre  $F_{ön}$  öngerilme kuvvetinin tayini [72].

Cıvata kalitesi	4.6	5.6	6.6	6.8	10.9	12.9
Fön / Fiş	2,75	3,0	4,2	4,4	4,5	4,7

Ortalama değer olarak,

$$F_{ön} \cong (3...4,5) F_{i\dot{s}} \quad (7.36)$$

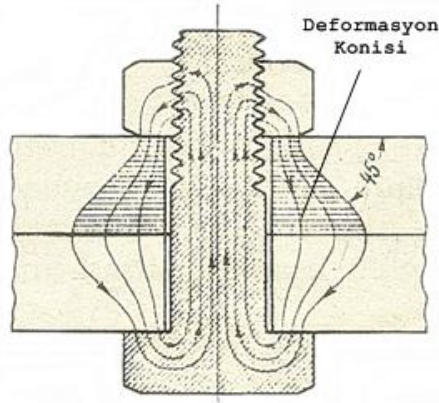
alınabilir. Seçilen değer (7.18) ve (7.21) bağıntılarına göre kontrol edilmesi gerekir. Bu bağıntılarda  $\sigma_B = \sigma_{AK}$  alınır,

$$F_{ön} \cong (0,70...0,75) \sigma_{AK} A_s \quad (7.37)$$

olarak elde edilir. Bazı durumlarda ( $F_{ön}$ ) bu bağıntıya göre tayin edilir. Burada  $A_s = \pi d_s^2 / 4$  cıvatanın gerilme kesitidir.

e. Bir başka konu (7.23) bağıntısında yer alan sıkılan parçaların ( $A_p$ ) kesit alanıdır, bu alanı tayin etmek için birçok yöntemler vardır. Bunlardan en eskisi ve aynı zamanda en basiti Rötcher yöntemidir. Bu yöntemle göre sıkma esnasında

parçalardaki şekil değiştirmelerin yayılışı, kenarları 45° lik açı yapan bir koni olarak kabul edilir (Şekil 7.16).



Şekil 7.16 : Cıvata ile sıkılan parçaların rijitliği [72].

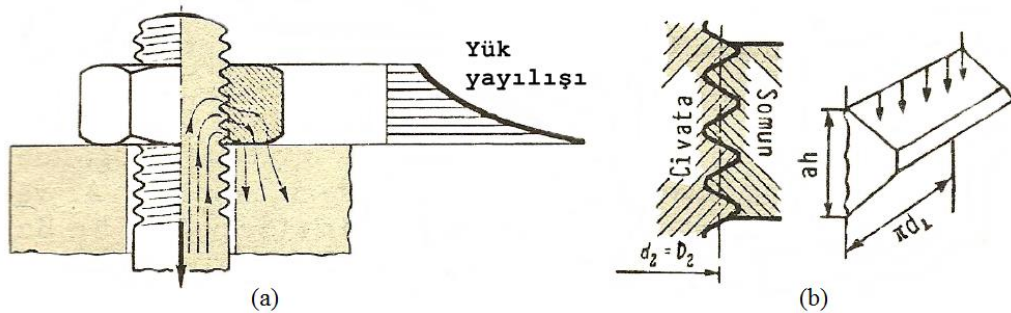
Konilerin yerine eşit hacimli bir silindir konulursa, bu silindirin kesit alanı, sıkılan parçaların elastik deformasyona katılan kesit alanını verir. Bu konuda yapılan araştırmalar, gerilme dağılımının esas bir paraboloid olduğunu göstermiştir. Buna karşılık gelen eşdeğer silindirin kesit alanı,

$$A_p = \frac{\pi}{4} \left[ (1,5 d + k_0 l_p)^2 - 1,14 d \right] \quad (7.38)$$

bağıntısı ile bulunur. Burada çelik için  $k_0 = 0,1$ , dökme demir için  $k_0 = 0,125$ 'dir.

### 7.5 Vida Dişlerinin Zorlanması

Cıvata ile bağlanan parçalardaki kuvvet akımı, cıvata ve somun dişleri üzerinden geçer. Standart somunlarda, Şekil 7.17.a'da görüldüğü gibi, kuvvetin vida dişlerine dağılımı eşit değildir. Deneyle göstermiştir ki kuvvetin %50-60'ı ilk iki diş tarafından taşınmaktadır.



Şekil 7.17 : Vida dişlerinin yük dağılımı ve zorlanması [72].

Buna rağmen bütün hesaplarda, kuvvetin dişlere eşit olarak yayıldığı kabul edilir, yani bir dişe gelen kuvvet  $F_1 = F/z$  olur. Burada  $z$  diş sayısıdır. Zorlanma bakımından vida dişleri, yüzey basıncı ve kesmeye zorlanır (**Şekil 7.17.b**). Yüzey basıncı,

$$P = \frac{4 F}{z \pi (d^2 - d_1^2)} \leq P_{em} \quad (7.39)$$

ve kesme gerilmesi,

$$\tau = \frac{F}{z \pi d_1 a h} \leq \tau_{em} \quad (7.40)$$

bağıntılarla tayin edilir. Burada ( $a$ ) hatvenin bir kesri olup kare vidada  $a=0,5$ , trapez vidada  $a=0,65$ , üçgen civata vidasında  $a=0,75$ , üçgen somun vidasında  $a=0,85$  alınır. **(7.39)** bağıntısından belirli bir emniyet yüzey basınç değeri için vidanın diş sayısı,

$$z \geq \frac{4 F}{\pi (d^2 - d_1^2) P_{em}} \quad (7.41)$$

ve buradan da somunun yüksekliği,

$$m = z h = \frac{4 F h}{\pi (d^2 - d_1^2) P_{em}} \quad (7.42)$$

bulunur. Standart çelik somunların yüksekliği  $m=0,8d$  'dir. Bu yükseklik yüzey basınç ve kesme bakımından yeterlidir. Bu nedenle standart çelik somunları için yükseklik hesabı yapılmaz.

## 7.6 Öngerilmeli Civataların Pratik Heap Yöntemi

Daha önceden belirtildiği gibi öngerilmeli civatalar, değişken zorlanmaya maruz kalan ve sızdırmazlık sağlayan bağlantılarda uygulanır. Bu durumda civatanın boyutlandırılması şu şekilde gerçekleştirilir.

a. Verilen bir ( $F_{i\dot{s}}$ ) işletme kuvvetine göre, **Çizelge 7.4**, **(7.36)** ve **(7.37)** bağıntılarına dayanarak ( $F_{ön}$ ) öngerilme kuvveti tayin edilir. Ayrıca bağlantının amacına göre **Çizelge 7.3**'den ( $k_e$ ) eşdeğer rijitlik faktörü seçilir ve buna bağlı olarak  $F_z = k_e \cdot F_{i\dot{s}}$  kuvveti tayin edilir.

b.  $F_{i\dot{s}}$  kuvvetinin 0 ile  $F_{i\dot{s}}$  arasında değiştiği durumda, cıvatayı zorlayan maksimum ve minimum kuvvetler,

$$F_{max} = F_{top} = F_{\ddot{o}n} + F_z = F_{\ddot{o}n} + k_e F_{i\dot{s}} \quad ; \quad F_{min} = F_{\ddot{o}n} \quad (7.43)$$

ve ortalama kuvvet,

$$F = \frac{(F_{top} + F_{\ddot{o}n})}{2} = F_{\ddot{o}n} + \frac{F_z}{2} \quad (7.44)$$

ve kuvvet genliği,

$$F_g = \frac{(F_{top} + F_{\ddot{o}n})}{2} = \frac{F_z}{2} \quad (7.45)$$

olarak bulunur.

c. Cıvata malzemesi seçilir ve buna bağlı olarak  $\sigma_{AK}$  statik ve  $\sigma_{CD}^*$  s\ddot{u}rekli mukavemet sınırları tayin edilir ve eşdeğer kuvvet,

$$F_{gd} = F_0 + \frac{\sigma_{AK}}{\sigma_{CD}^*} F_g \quad (7.46)$$

ve ayrıca uygun bir emniyet katsayısı seğererek, cıvatanın diş kesiti,

$$A_s \geq \frac{F_{gd}}{\sigma_{AK}/s} \quad ; \quad d_s = \sqrt{4A_s/\pi} \quad (7.47)$$

hesaplanır. Standart vida cetvellerinden  $d$ ,  $d_1$ ,  $d_2$  ve  $h$  boyutları ile birlikte standart cıvata seçilir. Bu hesap tarzında emniyet katsayısı  $s=1,2\dots 2$  alınması tavsiye edilir.

d. Elde edilen değerlere g\ddot{o}re bağlantının konstr\dd{u}ksiyon kısmı tamamlanır ve ger\dd{c}ek değerlere dayanarak, cıvata ve sıkılan par\dd{c}aların  $(k_c)$ ,  $(k_p)$  ve bunlara bağlı olan  $(k_e)$  değerleri hesaplanır. Tekrar  $(F_z)$ ,  $(F_0)$ ,  $(F_g)$  kuvvetleri tayin edilir;  $\sigma_o = F_o/A_s$  ve  $\sigma_g = F_g/A_s$  bulunur ve

$$\sigma_{gd} = \sigma_0 + \frac{\sigma_{AK}}{\sigma_{\ddot{c}D}} \sigma_g \quad ile \quad s = \frac{\sigma_{AK}}{\sigma_{gd}} \geq s_s \quad (7.48)$$

bağıntısı ile cıvata kontrol edilir.

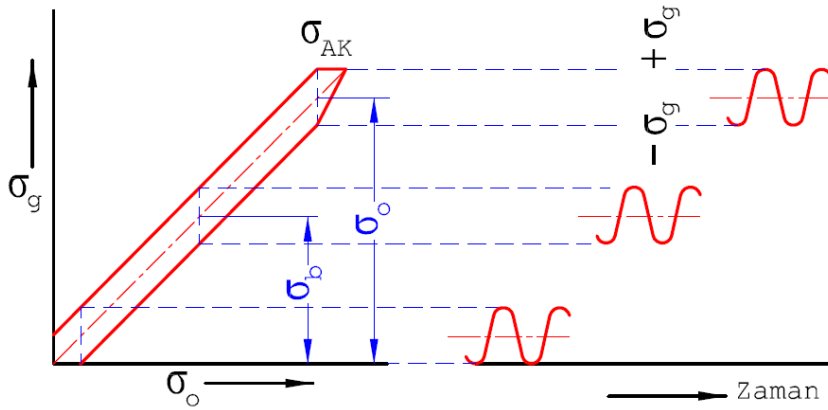
Bu bağıntılarda  $\sigma_{\zeta D}^*$  değeri (7.49) bağıntısı ile tayin edilir. Vida kısmına ait ( $K_{\zeta}$ ) çentik faktörü, talaş kaldırma ile işlenen vidalar için  $K_{\zeta} = 3 \dots 5$ , haddeleme yolu ile işlenen vidalar için  $K_{\zeta} = 2,5 \dots 4$  alınabilir.

$$\sigma_{\zeta D}^* = \frac{K_y K_b}{K_c} \sigma_{\zeta D} \quad (7.49)$$

Bu değerler gerçek cıvatalarla yapılan deneylerde elde edilmiştir ve dolayısıyla ( $K_y$ ) ve ( $K_b$ ) faktörlerini de kapsamaktadır. Bu nedenle cıvataların vida kısmına ait sürekli mukavemet sınırı,

$$\sigma_{\zeta D}^* = \left( \frac{1}{K_{\zeta}} \right) \sigma_{\zeta D} \quad (7.50)$$

bağıntısı ile tayin edilir.



Şekil 7.18 : Cıvataların yorulma mukavemeti [72].

Öngörilmeli cıvataların ikinci bir özelliği deneylerle tayin edilen  $\sigma_G$  değerinin,  $\sigma_o=0$  (tam değişken zorlanma) değeri de dahil olmak üzere tüm  $\sigma_o$  değerleri için sabit olmasıdır (Şekil 7.18). Bu durumda  $\sigma_{\zeta D}^* = \sigma_G$  olarak kabul edilirse cıvatanın kontrol hesabı,

$$s = \frac{\sigma_{\zeta D}^*}{\sigma_g} \geq s_s \quad (7.51)$$

bağıntısı ile yapılabilir. Bu hesapta  $\sigma_{\zeta D}^*$  değeri direkt olarak Çizelge 7.5'ten alınabilir. Bu değerler belirli boyutlarda ve talaş kaldırma ile imal edilen cıvatalar üzerinde yapılan deneylerle tayin edilmektedir.

**Çizelge 7.5 :** Civatalar için  $\sigma_{cD}^* = \sigma_G$  değerleri [72].

Vida	$\sigma_{cD}^* = \sigma_G$ (daN/mm <sup>2</sup> )		
	4.6...5.6	5.8...8.8	10.9...12.9
M4...M8	5,0	6,0	7,0
M10...M16	4,5	5,0	6,0
M18...M30	4,0	4,0	5,0

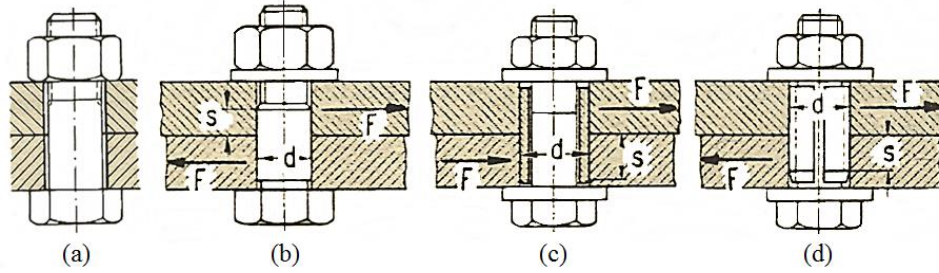
- e. Ayrıca civata sıkma sırasında (7.17) veya (7.18) bağıntısına göre kontrol edilir.
- f. Sızdırmazlığı da sağlayan civatalar için, (7.32) bağıntısından, kalan öngerilme kuvveti hesaplanır. Genellikle  $F'_{ön} \geq F_{ön}/1,5$  olması gerekir [72].

### 7.7 Enine Kuvvete Maruz Kalan Civataların Pratik Hesap Yöntemi

Bu durumda civatalar boşluklu veya boşluksuz monte edilebilir.

#### 7.7.1 Boşluklu monte edilen civatalar

Bu durumda civatalar öngerilme ile monte edilir (Şekil 7.19.a). Şöyle ki ( $F$ ) enine kuvvetin tatbik edilmesi ile parçalar arasında bir  $\mu F_{ön}$  sürtünme kuvveti meydana gelir.



**Şekil 7.19 :** Enine kuvvete zorlanan civatalar [72].

Bağlantının gerçekleştirilmesi için,

$$F_s = \mu F_{ön} \geq F/i \quad \text{veya} \quad \mu F_{ön} = c_0 F/i \quad (7.52)$$

Olması gerekir. Burada  $i$  civata sayısı,  $c_0 \cong 1,1...1,5$  kaymaya karşı emniyet faktörüdür. Bu denklemden, bağlantıyı sağlamak için gereken,

$$F_{ön} = \frac{c_0 F}{\mu i} \quad (7.53)$$

sıkma kuvveti bulunur. Cıvata çekme ve burulmaya zorlanır, dolayısıyla (7.21) denkleminde dayanarak,

$$A_s \geq \frac{1,3 F_{\text{ön}}}{\sigma_{AK}/s} \quad \text{veya} \quad A_l \geq \frac{1,3 F_{\text{ön}}}{\sigma_{AK}/s} \quad (7.54)$$

bağıntısına göre boyutlandırılır ve (7.17) veya (7.18) denklemleri ile kontrol edilir. Emniyet katsayısı  $s=1,1\dots1,5$  alınabilir. Çelik konstrüksiyonda genellikle kesit olarak dış dibi kesiti  $A_l=\pi.d_l^2/4$  kullanılır [72].

### 7.7.2 Boşluksuz monte edilen civatalar

Şekil 7.19.b durumunda civatalar öngerilmemiş olarak bağlanır ve perçinler gibi kesmeye,

$$\tau = \frac{4 F}{i n \pi d_G^2} \leq \tau_{em} \quad (7.55)$$

şeklinde ve yüzey basıncı,

$$P = \frac{F}{i s d_G} \leq \frac{\sigma_{AK}}{s} \quad (7.56)$$

şeklinde hesaplanır. Burada ( $d_G$ ) kesmeye zorlanan cıvata gövdesinin çapı, ( $i$ ) cıvata sayısı, ( $n$ ) kesit sayısıdır. Çok büyük kuvvetlerde Şekil 7.19.c'de gösterildiği gibi karma bir sistem uygulanır. Cıvata öngerilme ile monte edilir ve aynı zamanda deliğe boşluksuz bir burç konular. Şöyle ki enine kuvvetin bir kısmı parçalar arası sürtünme, diğer kısmı ise kesmeye zorlanan burç gövdesi ile iletilir. Burç aynı zamanda parçaların merkezlenmesini de sağlar. Şekil 7.19.d'de esnek bir burç kullanılmıştır [72].

## 8. SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

### 8.1 Sonlu Elemanlar Analizine Giriş

Sonlu Elemanlar Analizi bir bileşen veya montaj elemanlarının kuvvet, sıcaklık ve titreşim gibi çevresel faktörlere nasıl tepki vereceğini tahmin etmek için kullanılan bilgisayarlı bir yöntemdir. Bu "analiz" olarak adlandırılır, ancak ürün kullanıldığında ne olacağını tahmin etmek için ürün-tasarım döngüsünün içerisinde "sanal prototipleme" aracı olarak kullanılır.

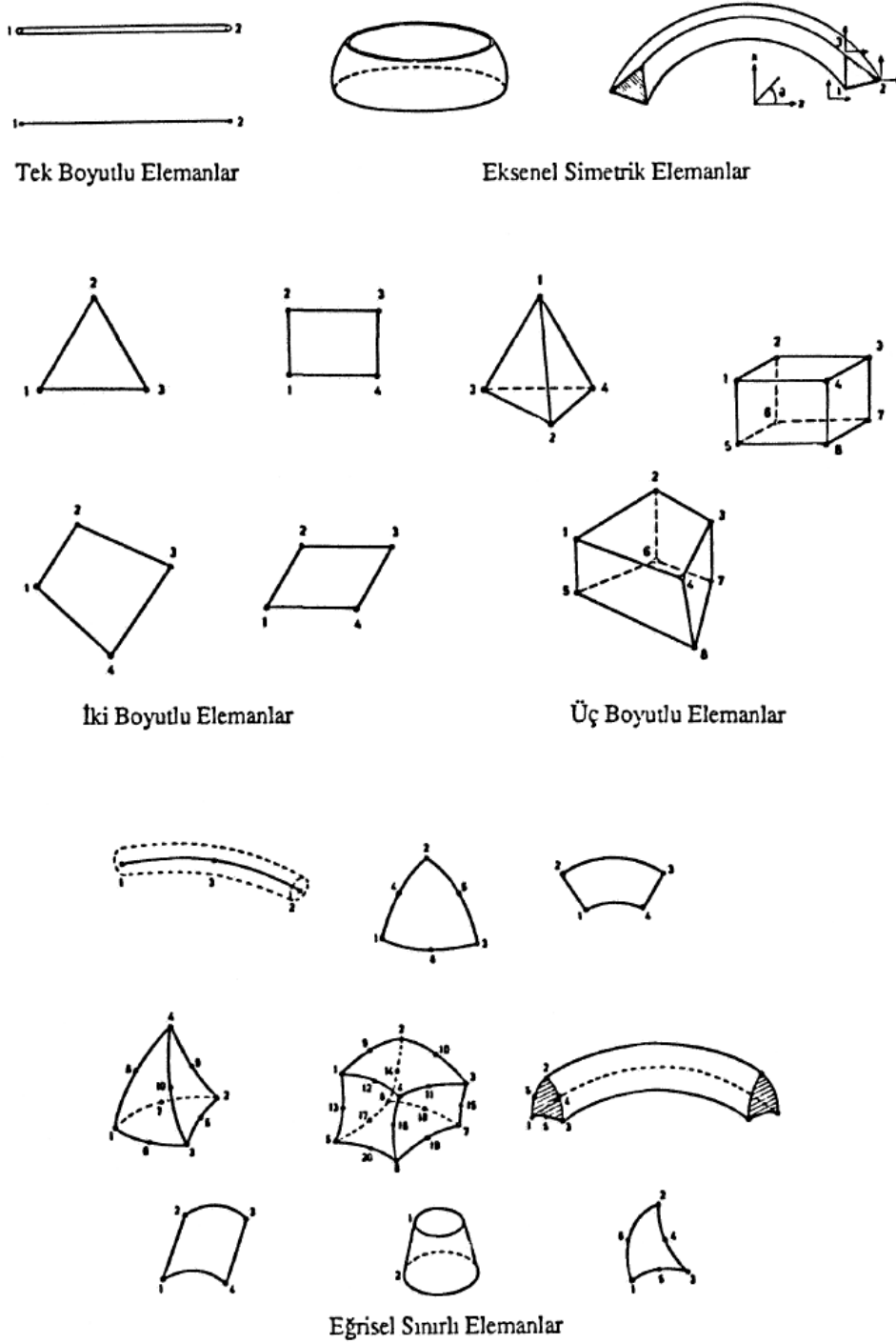
Sonlu Elemanlar Analizi, katı elemanların mekaniği ile ilişkili olarak, statik analiz için yük ve sehim hem de dinamik analiz için hız, ivme ve zaman arasındaki benzer ilişkilerin cebirsel matris eşitlik denklemlerinin sonlu bir çözümüdür. 1678 yılında Robert Hooke, Hook Kanunu olarak modern sonlu elemanlar gerilme analizi için prensipleri belirlemiştir. Basitçe, elastik cisim üzerindeki kuvvet (gerilme) ile orantılı olarak esneme (uzama) yapar. Matematiksel olarak;

$$F = kx \quad (8.1)$$

Burada ( $F$ ) kuvvet, ( $k$ ) oran sabiti, ( $x$ ) esneme (uzama) mesafesidir. Bu doğrusal sonlu elemanlar gerilme analizini anlamak için bilmemiz gereken tek denklemdir.

Sonlu elemanlar yöntemi, gerçek bir nesneyi çok sayıda (1.000 veya 100.000) elemanlara (örn. küpler) ayırarak çalışır. Düzenli formdaki bu her bir küçük elemanın davranışı, kolaylıkla matematiksel denklem eşitlikleri yardımıyla tahmin edilmektedir. Bu özgün eleman davranışlarının toplamı, gerçek nesnenin beklenen davranışını üretir. Bu "sonlu eleman" küçüktür, ancak malzemelerin karmaşık dayanım formülasyonlarının nispeten basit bir geometrik şekle dönüştürülmüş modellenen mekanik yapının parçası sonsuz küçük değildir. Çubuklar, kirişler ve üçgen plakalar en basit örneklerdir. Dörtgen levhalar, kavisli kabuklar ve altı yüzlü (tuğla) gibi 3-boyutlu katı cisimler daha karmaşık elemanlar olarak bulunmaktadır. Bazı sonlu eleman örnekleri **Şekil 8.1**'de verilmiştir [75].

Sonlu elemanlar analizi içindeki "sonlu" kelimesi, "bir sonlu elemanlar modelinde sonlu sayıda elemanlar vardır" fikrinden gelmektedir. Önceden, mühendislik analiz problemlerini çözmek için mühendisler integral ve diferansiyel hesap teknikleri kullandı. Bu teknikler problem çözmek için nesnelere sonsuz sayıda elemanlara bölerdi [75].

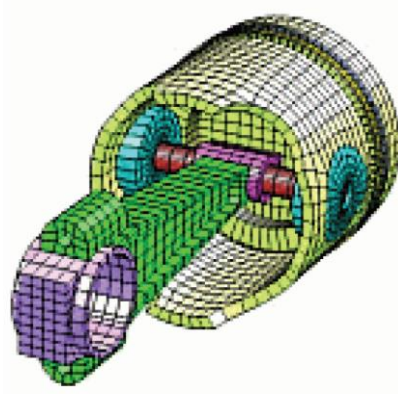


Şekil 8.1 : Sonlu eleman örnekleri [76].

## 8.2 Sonlu Elemanlar Analiz Süreci

### 8.2.1 Sonlu eleman modellenmesi

Sonlu eleman analizi, sonlu eleman modelleyici (bazen ağ oluşturucu veya ön-işlemci olarak adlandırılır) ile başlar. Sonlu elemanlar analizine katılan insan zamanının büyük çoğunluğu analiz için modeli yaratmak için harcanmasından bu yana sonlu elemanlar analizinin (SEA) maliyet-etkisi büyük çoğunlukla bu ön-işlemciye bağlıdır. Tasarım döngüsü içerisine analizi etkili bir şekilde dahil etmek için, gerekli modelleri hızlı bir şekilde yaratmak gerekir. Modelleyici (Mesher or Pre-Processor), ya içe aktarılan 3D-CAD model ya da içeride oluşturulan modellerden birini kullanarak elemanlar ağı (mesh) yaratmak suretiyle, analiz için gerekli fiziksel verileri oluşturur [75].



**Şekil 8.2 :** Üç boyutlu sonlu eleman mesh (ağ) örneği [75].

Düğüm noktalarının bağlantısına göre karakterize edilmiş iki temel ağ (mesh) tipi vardır. Yapılandırılmış ağlar (mesh), her bir noktası aynı sayıda komşuya sahip (bazı ızgaralar (grid) için az sayıda noktalar farklı sayıda komşuya sahip olur) demek olan normal bir bağlantıya sahiptir. Yapılandırılmamış ağlar (mesh) düzensiz bağlantıya (örn. her bir nokta farklı sayıda komşulara sahip olabilir) sahiptir.

Yapılandırılmamış ağlar (mesh), özellikle sonlu elemanlar metodu için geliştirilmiştir. Sonlu elemanlar için, geniş bir olası şekil yelpazesi bulunmaktadır: düzgün dörtyüzlüsü, prizmalar, bloklar ve yapılandırılmamış ağlara yol açan gelişigüzel bağlantı olabilir. Ağlar (mesh) tamamen otomatik olarak, iki boyutta (2D) üçgenleri üç boyutta (3D) düzgün dörtyüzlüsü ve blokları kullanarak oluşturulabilir [75].

### **8.2.2 Sonlu eleman çözücüler**

Çözücüler, sonlu eleman analizinin motorlarıdır. Çözücüler, elemanları, sınır şartlarını ve yükleri alır ve sonuçları incelemek ve anlamak için gerekli tüm bilgileri içeren bir çözüm verir. Çözücüler, doğrusal ve doğrusal olmayan olarak iki kategoriye ayrılabilir.

Doğrusal sonlu elemanlar analizi, tüm deplasmanlar küçük kabul edilir, analiz süresince sınır şartları değişmez ve malzeme özelliği doğrusaldır (örn. elastik), şeklinde doğrusal olmayandan farklılaşmaktadır.

### **8.2.3 Son işleme (post processing)**

Son-işleyiciler (postprocessors) -veya görselleştiriciler- kolaylıkla anlaşılabilir grafikler ve raporlar oluşturmak için çözücü tarafından üretilen veriyi kullanmaktadır.

### **8.2.4 Uygulama alanları**

Sonlu elemanlar yöntemi, neredeyse tüm fiziksel olaylar ile ilgili şeylerin davranışını tahmin etmek için kullanılmaktadır. Bunlar:

- Mekanik gerilme (gerilme analizi)
- Mekanik titreşim
- Isı transferi -taşıma, konveksiyon, radyasyon
- Akışkan akışı - hem sıvı hem gaz akışı
- Çeşitli elektrik ve manyetik olaylar
- Akustik [75].

## 9. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, örnek bir asansör projesi referans alınarak, asansör kılavuz ray konsolları ile ilgili hesaplamalar ve incelemeler yapılmıştır.

İlk olarak TS EN 81-1-A3 standardına göre, örnek projedeki asansör kılavuz raylarına ait kuvvet hesapları, gerilme analizleri ve sehim hesaplamaları yapılmıştır. Güvenlik tertibatının ray yolu üzerindeki farklı konumlarda devreye girmesi durumunda ray konsolları üzerinde ortaya çıkan kuvvet değişimleri hesaplanmıştır.

Kılavuz ray hesaplamalarında elde edilen bu kuvvet, gerilme ve sehim değerleri, ray konsollarının deneysel çalışmalarında referans olarak kullanılmıştır.

### 9.1 Kılavuz Ray Gerilme ve Sehim Hesapları

16 katlı bir binada tesis edilecek 10 yolcu kapasiteli bir asansör tesisi için, kullanılacak kılavuz raylarda meydana gelecek gerilmeler ve sehimler TS EN 81-1-A3 standardına uygun olarak hesaplanacaktır. Hesaplarda kullanılacak, verilen ve kabul edilen değerler aşağıda verilmiştir.

Kabin anma yükü  $Q = 10 \times 80 = 800 \text{ kg}$

Kabin ağırlığı  $P = 1500 \text{ kg}$

Karşı ağırlık  $G = 1900 \text{ kg}$

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

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

Ray hesapları, merkezden kılavuzlanmış ve asılı bir kabin için paraşüt tertibatının çalışması durumunda yapılmıştır. Normal kullanım ve paraşüt tertibatının çalışması durumlarında, yük kabin alanının dörtte üçüne dağılmış olarak kabul edilir. Paraşüt sistemi olarak kaymalı frenlemeli sistem kullanılmıştır. Kılavuz raylara tespit edilmiş yardımcı donanım bulunmamaktadır. **Çizelge 5.3**'ten darbe katsayısı  $k_I = 2$  olarak alınmıştır.

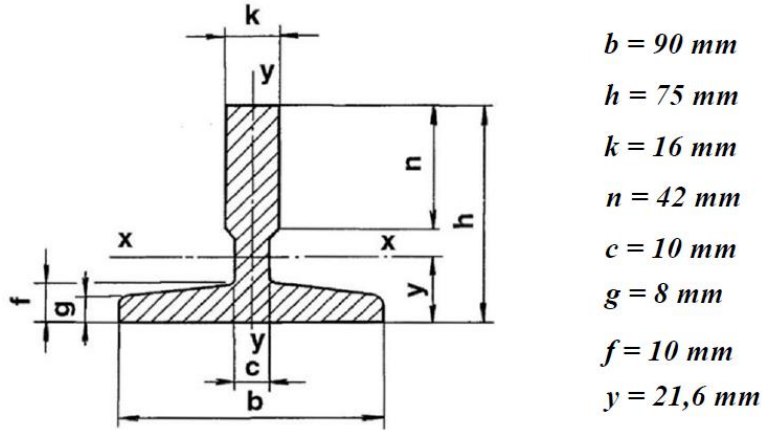
### 9.1.1 Kılavuz ray bilgileri

Kabin kılavuz rayı olarak, **Çizelge 3.3**'ten T90/B profil ray tipi ve malzemesi St37 olarak seçilmiştir (izin verilen gerilme değerleri için, **Çizelge 5.6**).

Kabin kılavuzlama patenleri arasındaki mesafe  $h = 2950 \text{ mm}$

Kılavuz ray konsolları arasındaki en büyük uzaklık  $l = 2000 \text{ mm}$

**Çizelge 3.3** ve **Çizelge 3.4**'ten kılavuz ray profiline ait özellikler;



**Şekil 9.1** : T90/B işlenmiş kılavuz ray kesiti ve ölçüleri

**Çizelge 3.4**'ten kılavuz ray profiline ait özellikler;

Kılavuz rayın kesit alanı (S)  $A = 1725 \text{ mm}^2$

x – eksenindeki eylemsizlik momenti ( $J_x$ )  $I_x = 102.10^4 \text{ mm}^4$

y – eksenindeki eylemsizlik momenti ( $J_y$ )  $I_y = 52,6.10^4 \text{ mm}^4$

x – eksenindeki mukavemet momenti  $W_x = 20,87.10^3 \text{ mm}^3$

y – eksenindeki mukavemet momenti  $W_y = 11,80.10^3 \text{ mm}^3$

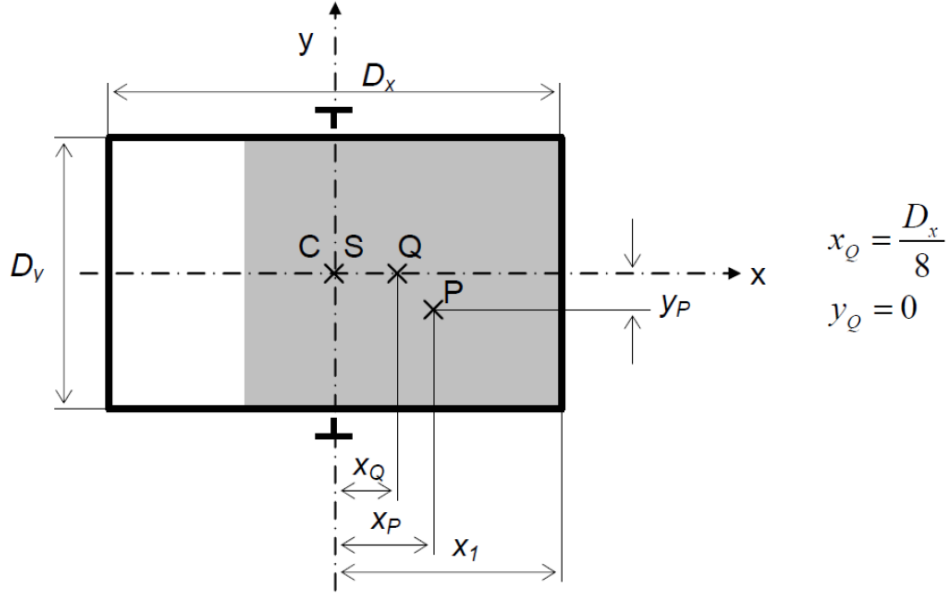
x – eksenindeki eylemsizlik yarıçapı  $i_x = 24,3 \text{ mm}$

y – eksenindeki eylemsizlik yarıçapı  $i_y = 17,5 \text{ mm}$

Kesme kuvvetinin kaçıklığı ( $e \approx h-y-(n/2)$ )  $e \approx 32,4 \text{ mm}$

St37 çelik malzeme için elastiklik modülü  $E = 2,1.10^5 \text{ N/mm}^2$

Kabindeki yük dağılımı ve kabine ait ölçüler **Şekil 9.2**'de gösterilmiştir.  $P$  ve  $Q$  'nun aynı tarafta olması en uygun olmayan yük durumunu göstermektedir. Bu nedenle  $Q$  , x eksenindedir [11].



Şekil 9.2 : x eksenindeki yük dağılımı [11].

$$x_p = \frac{D_x}{8} = \frac{1600}{8} = 200 \text{ mm} \quad \text{ve} \quad y_p = \frac{D_y}{8} = \frac{1400}{8} = 175 \text{ mm}$$

Merkezden kılavuzlanmış ve asılı bir kabin için;  $x_c = 0$  ve  $y_c = 0$

$$x_Q = \frac{D_x}{8} = \frac{1600}{8} = 200 \text{ mm} \quad \text{ve} \quad y_Q = 0$$

## 9.1.2 Güvenlik tertibatı çalışması

### 9.1.2.1 Eğilme gerilmesi hesabı

Kılavuz rayın y – eksenindeki kılavuz kuvvetlerinden kaynaklanan eğilme gerilmesi:

Eşitlik (5.14a) kullanılarak frenleme veya kılavuz kuvveti;

$$F_x = \frac{k_l \cdot g \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (800 \cdot 200 + 1500 \cdot 200)}{2 \cdot 2950} = 1529,69 \text{ N}$$

Eşitlik (5.2) kullanılarak eğilme momenti;

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 1529,69 \cdot 2000}{16} = 573635,6 \text{ Nmm}$$

Eşitlik (5.3) kullanılarak eğilme gerilmesi;

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{573635,6}{11800} = 48,61 \text{ N/mm}^2$$

Kılavuz rayın x – eksenindeki kılavuz kuvvetlerinden kaynaklanan eğilme gerilmesi:

Eşitlik (5.14b) kullanılarak frenleme veya kılavuz kuvveti;

$$F_y = \frac{2 \cdot k_l \cdot g \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{n \cdot h} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot (800 \cdot 0 + 1500 \cdot 175)}{2 \cdot 2950} = 1745,85 \text{ N}$$

Eşitlik (5.2) kullanılarak eğilme momenti;

$$M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 1745,85 \cdot 2000}{16} = 654692,80 \text{ Nmm}$$

Eşitlik (5.3) kullanılarak eğilme gerilmesi;

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{654692,80}{20870} = 31,37 \text{ N/mm}^2$$

Eşitlik (5.9) kullanılarak, x – eksen ve y – ekseninde etkiyen eğilme gerilmelerinin bileşkesi;

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y = 31,37 + 48,61 = 79,98 \text{ N/mm}^2$$

Çizelge 5.6'dan güvenlik tertibatı çalışması durumunda gerilme kontrolü,

$$\sigma_m = 79,98 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{em} = 205 \text{ N/mm}^2$$

### 9.1.2.2 Burkulma gerilmesi hesabı

Eşitlik (5.4) kullanılarak kılavuz raydaki burkulma kuvveti;

$$F_k = \frac{k_l \cdot g_n \cdot (P + Q)}{n} = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (1500 + 800)}{2} = 22563 \text{ N}$$

Omega ( $\omega$ -metodu) değerinin tesbiti için, eşitlik (5.7) kullanılarak narinlik derecesi;

$$\lambda = \frac{l_k}{i_{min}} = \frac{2000}{17,5} = 114,28$$

$\lambda_p = 105 < \lambda = 114,28$  eşitsizliği dolayısıyla, narinlik derecesi değerine karşılık gelen  $\omega$  değeri **Çizelge A. 1(Ek A.1)** tablosundan  $\omega = 2,215$  olarak alınacaktır.

Eşitlik (5.6a) kullanılarak; kılavuz raylara tespit edilmiş yardımcı donanım bulunmadığından  $M = 0$  olacaktır. Kılavuz raydaki burkulma gerilmesi;

$$\sigma_k = \frac{(F_k + k_3 \cdot M) \cdot \omega}{A} = \frac{F_k \cdot \omega}{A} = \frac{22563 \cdot 2,215}{1725} = 28,97 \text{ N/mm}^2$$

Emniyet gerilme değeri St37 için  $205 \text{ N/mm}^2$  verildiğinde kılavuz ray emniyetlidir.

$$\sigma_k = 28,97 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{em} = 205 \text{ N/mm}^2$$

### 9.1.2.3 Bileşik gerilmesi hesabı

Eşitlik (5.10a) kullanılarak, eğilme ve çekme gerilmelerinin etki ettiği durumda gerilmelerin bileşkesi;

$$\sigma = \sigma_m + \frac{(F_k + k_3 \cdot M)}{A} = 79,98 + \frac{22563 + 0}{1725} = 93,06 \text{ N/mm}^2$$

**Çizelge 5.6'** dan güvenlik tertibatı çalışması durumunda gerilme kontrolü,

$$\sigma = 93,06 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{em} = 205 \text{ N/mm}^2$$

Eşitlik (5.11) kullanılarak, eğilme ve burkulma gerilmelerinin etki ettiği durumda bileşke gerilme;

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m = 28,97 + 0,9 \cdot 79,98 = 100,95 \text{ N/mm}^2$$

**Çizelge 5.6'** dan güvenlik tertibatı çalışması durumunda gerilme kontrolü,

$$\sigma_c = 100,95 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{em} = 205 \text{ N/mm}^2$$

### 9.1.2.4 Kılavuz ray boynundaki eğilme gerilmesi hesabı

Eşitlik (5.12) kullanılarak, T profilli kılavuz raylarda meydana gelen ray boynundaki eğilme gerilmesi;

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} = \frac{1,85 \cdot 1529,69}{10^2} = 28,30 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{em} = 205 \text{ N/mm}^2$$

### 9.1.2.5 Kılavuz ray sehimi hesabı

Eşitlik (5.13a) kullanılarak, x-x düzleminde kılavuz rayda meydana gelen sehimi;

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = 0,7 \cdot \frac{1529,69 \cdot 2000^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 52,6 \cdot 10^4} = 1,615 \text{ mm}$$

Eşitlik (5.13b) kullanılarak, y-y düzleminde kılavuz rayda meydana gelen sehimi;

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} = 0,7 \cdot \frac{1745,85 \cdot 2000^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 102 \cdot 10^4} = 0,95 \text{ mm}$$

TS EN 81-1-A3 standartlarına göre, üzerinde güvenlik tertibatı çalışan kabin ve karşı ağırlık kılavuz raylarında her iki yönde izin verilen maksimum sehimi miktarı  $\delta_{max} = 5 \text{ mm}$  (**Bölüm 3.3 c** ve **Bölüm 5.7**) olduğundan, hesaplanan sehimi değerleri kabul şartları içerisinde olduğundan sistem emniyetlidir.

### 9.1.3 Farklı değişken durumlarında yapılan hesaplamalar

Yukarıda verilen örnek uygulamada yapılan kabuller doğrultusunda ve aynı şekilde T90/B tipi kılavuz ray kullanılmak suretiyle ve kabin kılavuzlama patenleri arasındaki düşey mesafe  $h = 2950 \text{ mm}$  aynı kalmak koşulu ile;

- kılavuz ray konsolları arasındaki mesafe, ( $l$ ) değeri,
- kabin yolcu kapasitesinin artırılması, ( $Q$ ) kabin beyan yükü değeri,
- kabin beyan yükü ağırlık merkezinin eksenden kaçıklığı, ( $x_Q$ ) değeri,

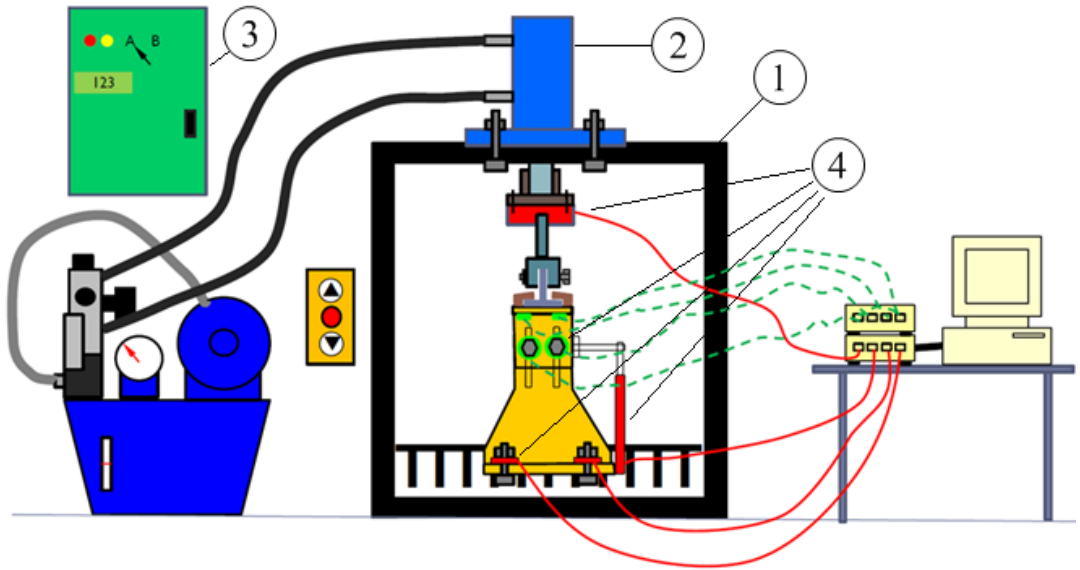
değiştirilmesi ile kılavuz raylarda ortaya çıkan kuvvet, gerilme ve sehimi değerleri ayrı ayrı detaylı olarak incelenmiş ve hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu elde edilen bu değerler **Ek B**'de tablolar halinde verilmiştir. **Çizelge B. 1**, **Çizelge B. 2** ve **Çizelge B. 3**'te verilen ( $l$ ), ( $x_Q$ ) ve ( $Q$ )'ya göre hesaplanan ( $F$ ), ( $\sigma$ ) ve ( $\delta$ ) değerleri, komple kılavuz ray bağlantı sisteminin gerilme davranışının deneysel olarak incelenmesinde referans olarak kullanılmıştır.

## 9.2 Kılavuz Ray Bağlantıları İçin Tasarlanan Deney Düzenegi

İTÜ Makine Fakültesi'nde Asansör Teknolojileri Laboratuvarı'nda asansör kılavuz raylarının deneysel gerilme analizleri ve sonlu elemanlarla modelleme ve simülasyon çalışmaları neticesinde elde edilen bilgi birikimi ve HILTI firmasından Dr. Michael

Merz tarafından sunulan kapsamlı bildirimlerde yer alan bir deney düzeneği, deneysel bir çalışma yapılarak statik ve dinamik yükler altında asansör konsolları ve bağlantılarının davranışlarının incelenmesi fikrini doğurmuştur [10].

Kılavuz ray konsolları ve bağlantıları ile ilgili deneysel çalışması için imkanlarımız dahilinde deney tesisatı tasarlanmış, sponsor firmaların destek ve katkıları ile kurulmuştur. Tasarlanan deney tesisatı, çeşitli kılavuz ray konsolları ve bağlantıları ile ilgili gelecekte daha kapsamlı araştırma ve inceleme yapılmasına ve uygunluk raporlarının verilmesine imkan sağlayacak niteliklere sahip olmasına çalışılmıştır.



**Şekil 9.3 :** Test düzeneği prensip şeması [77].

Şekil 9.3'te prensip şeması gösterilen deney düzeneği, çalışmada kullanılacak deneysel elemanların bağlandığı taşıyıcı şase konstrüksiyon blok (1), uygulanacak değişken yükleri sağlayan bir hidrolik tahrik ünitesi (2), kontrol-kumanda ünitesi (3) ve sensörler (4) olmak üzere dört ana yapıdan oluşmaktadır.

Deneysel elemanların bağlandığı taşıyıcı şase konstrüksiyon blok, St37 malzemeden T90 kılavuz ray profillerin kaynaklı birleştirilmesi suretiyle oluşturulmuş bir yapıdır.

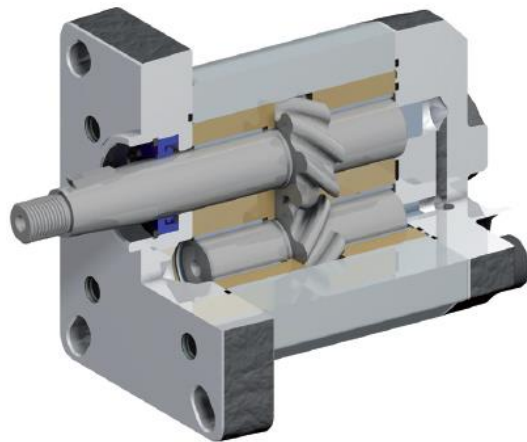
Hidrolik tahrik ünitesi, asansör kabininin çalışması esnasında sisteme uyguladığı yüklerin simüle edilmesi için, yani sistemde oluşan çekme ve kesme yüklerini doğrudan kılavuz ray üzerine uygulanması için tasarlanmış bir güç ünitesidir. Hidrolik silindiri konstrüksiyon taşıyıcı blok üstünden (çekme-basma yükü uygulamak için) ve yanından (kesme yükü uygulamak için) bağlamak için tesisat bağlantıları plastik hortumlardan seçilmiştir.

Kontrol-kumanda ünitesi, deney esnasında sisteme uygulanması istenen gerekli yük kombinasyonları sağlamak için hidrolik donanım elemanlarını kontrol ederek kaynakları gerekli birimlere yönlendirme görevi görmektedir. Bunun için özel hazırlanmış windows tabanlı pc uygulama programı kullanılmaktadır.

Deney düzeneğinde kullanılan sensörler, yük ölçüm sensörleri ve deplasman sensörleri olmak üzere iki çeşittir. Yük ölçüm sensörleri, çekme-basma yük hücresi ve kuvvet ölçüm bileziklerinden oluşmaktadır. Yük ölçüm sensörleri deney sırasında uygulanacak ve ortaya çıkacak yüklerin ayarlanması, ölçülmesi ve kayıt edilmesi için kullanılmıştır. Konsol bağlantı sisteminin, uygulanan yükler sırasında yapacağı izafi hareketlerinin yani yer değişimlerinin ölçülmesi ve kaydedilmesi, üst konsol ve zemin arasına yerleştirilmiş DC/DC deplasman sensörü ile yapılmaktadır (Şekil 9.3).

### 9.2.1 Hidrolik deney tesisatının özellikleri

1.5 kW'lık watt marka bir elektrik motoru ile sağlanan mekanik enerji, settima marka 4.2 cc'lik helisel dişli pompa aracılığıyla hidrolik enerjiye çevrilmektedir. Rexroth marka 4/3'lük yön kontrol valfi ile, hidrolik enerjinin mekanik (lineer) enerjiye dönüştürüldüğü düzgün doğrusal hareket yapan çift etkili hipaş marka Q80/40-200 hidrolik silindir içine yönlendirilmektedir. Hidrolik silindir piston kolunda, basınç değişkenine bağlı bir kuvvet elde edilmesi hidrolik tesisatının esasını oluşturmaktadır. Hidrolik sistemdeki basınç üretimi elektrik motoru ile sağlanmaktadır. Sistemdeki basınç değişkeninin ayar ve kontrolü sun hydraulics marka bir basınç enmiyet valfi aracılığıyla ve basınç algılaması ifm marka 4 haneli sayısal okuma göstergeli bir basınç transmitteri yardımıyla yapılmaktadır.



Şekil 9.4 : Helisel dişli pompa [78]



**Şekil 9.5 : Hidrolik tahrik ünitesi**

40 lt hidrolik yağ kapasiteli, alüminyum malzemeden imal edilmiş yağ tankı üstüne monte hidrolik tahrik ünitesi elemanları **Şekil 9.5**'te görülmektedir. Hidrolik tahrik ünitesi ve kontrol-kumanda ünitesi taşıyıcı şase konstrüksiyon bloktan bağımsız olarak farklı uygulamalarda da kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

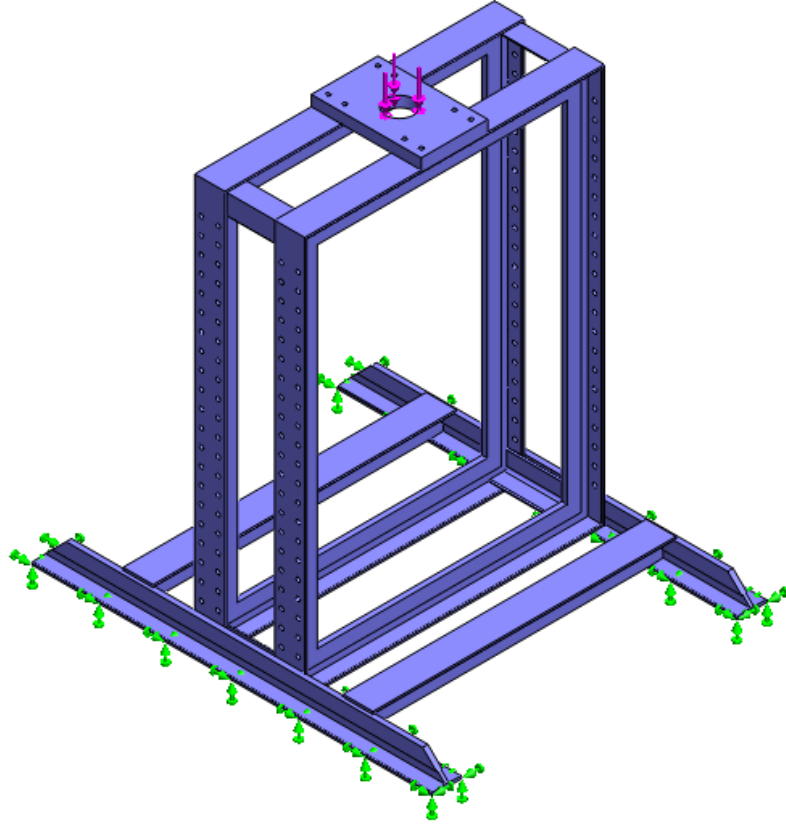
**Çizelge 9.1: Hidrolik deney tesisatının özellikleri**

Özellik	Değer
Uygulama Yüğü (maksimum.)	50 kN
Uygulama Hızı	5-10 mm/sn
Hidrolik Silindir	Q80/40-200 mm
Çift Etkili Piston Strok	200 mm
Çalışma Basınç Aralığı	5-130 Bar
Motor Gücü	1,5 kW-1450 rpm
Motor Tork	10 Nm
Hidrolik Dişli Pompa (Helisel Dişli-GR28)	4,2 cc
Debi (1450 rpm)	6 lt/dak
Hidrolik Yağ Hacmi	40 lt
Hidrolik Yağ Vizkozitesi (+40° C' de)	46 cst (mm <sup>2</sup> /sn)
Toplam Güç İhtiyacı	1,875 kVA

**Şekil 9.4**'te gösterilen GR28 Settima helisel dişli pompanın akış performans ve güç-moment performans özellikleri **Ek F**'de verilmiştir. Basınç sıvısını yani hidroliği, sıkıştırma elemanı olarak helisel dişlilerin kullanıldığı pompalardır. Bu pompalarda



deney konsolları üzerine uygulanacak çalışma yüklerine (çekme, basma ve kesme gerilmesi uygulamalarına) imkan sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.



**Şekil 9.7 :** Deney tesisatı konstrüksiyonunun yükleme ve mesnet durumu.

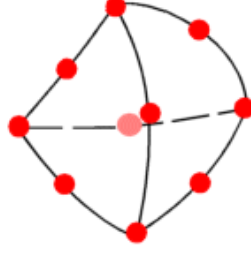
Konstrüksiyonun maksimum çalışma şartlarındaki davranışını incelemek ve emniyet durumunu test etmek amacıyla SolidWorks® programında tasarlanmış ve SolidWorks Simulation® modülünde sonlu elemanlar yöntemi ile analizi yapılmıştır.

SolidWorks Simulation, SolidWorks ile tam entegre tasarım analiz sistemidir. Yazılım, mühendislik tasarım analizi için kullanılan sayısal bir teknik olan sonlu eleman metodunu kullanmaktadır. Sonlu elemanlar analizi, mühendislik tasarımlarının analizi için kullanışlı sayısal teknikler sağlamaktadır. Bu işlem geometrik modelin oluşturulması ile başlar. Sonra bu program, geometrik modeli doğal noktalarından (nod) bağlı basit şekilli (eleman) küçük parçalara ayırır. Sonlu eleman analiz programları modele birbirine bağlı elemanların ayrı bir ağı olarak bakar. Sonlu elemanlar yöntemi, modeli oluşturan bütün elemanlardan alınan bilgilerin birleştirilmesi sayesinde bu modelin davranışını tahmin eder. Mesh işlemi tasarım analizinin en hassas adımını oluşturur. Yazılımdaki otomatik mesher, eleman

boyutu, toleransı ve yerel mesh kontrol özelliklerini temel alarak mesh oluşturur [79]. Programda kullanılan analiz girdi bilgileri aşağıda verilmiştir;

Analiz Tipi	:	Statik
Mesh Tipi	:	Solid Mesh
Birim Sistemi	:	SI
Uzunluk / Yer Değişimi	:	mm
Gerilme / Basınç	:	$N/mm^2$ (MPa)
Malzeme	:	1.0037 (S235JR) / St37-2
Malzeme Model Tipi	:	Linear Elastic Isotropic (Lineer Elastik İzotrop)
Elastiklik Modülü	:	$2,1.10^{11} N/m^2$
Poisson Oranı	:	0,28
Kayma Modülü	:	$7,9.10^{10} N/m^2$
Kütle Yoğunluğu	:	$7800 kg/m^3$
Kopma Gerilmesi	:	$3,5.10^8 N/m^2$
Akma Gerilmesi	:	$2,75.10^8 N/m^2$
Uygulama Yüğü	:	50.000 N
Yükleme Tipi	:	Sequential Loading (Ardışık Yükleme)
Hata Kriteri	:	Max von Mises Stress

Sonlu elemanlar analizinde kullanılan sonlu eleman örnekleri **Şekil 8.1**'de gösterilmiştir. Modellemede kullanılan eleman tipi, SolidWorks Simulation® programında standart mesh olarak tanımlanmış üç boyutlu tetrahedral elements (dörtüzlü eleman) modeli kullanılmıştır. Mesh kalitesi yüksek olarak tanımlanan bu modelde, dört tane köşelerde bir nod ve herbir kenarın ortasında bir nod olmak üzere, her katı eleman 10 nod'dan (düğüm) oluşmuştur. **Şekil 9.8**'deki noktalar nodları göstermektedir. Elemanın köşeleri düz veya kavisli olabilmektedir. Böylece üç boyutlu katı elemanlar ağı elde edilmiştir. SolidWorks Simulation modülünde sonlu elemanlar analizinde kullanılan eleman model özellikleri **Çizelge 9.2**'de verilmiştir.

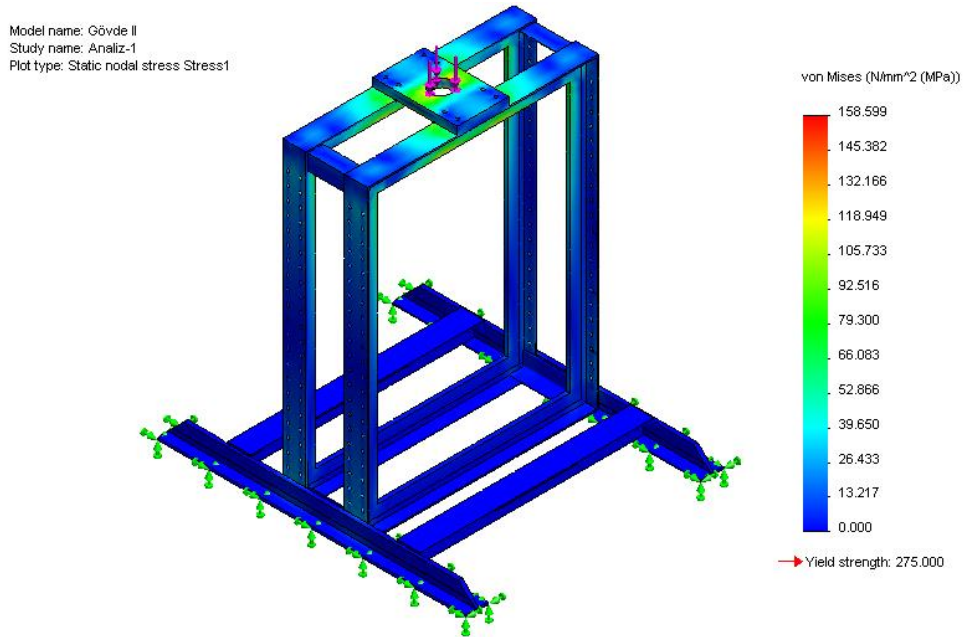


**Şekil 9.8 :** Üç boyutlu dörtyüzlü eleman (tetrahedral elements) modeli [79].

**Çizelge 9.2:** Konstrüksiyon mesh özellikleri

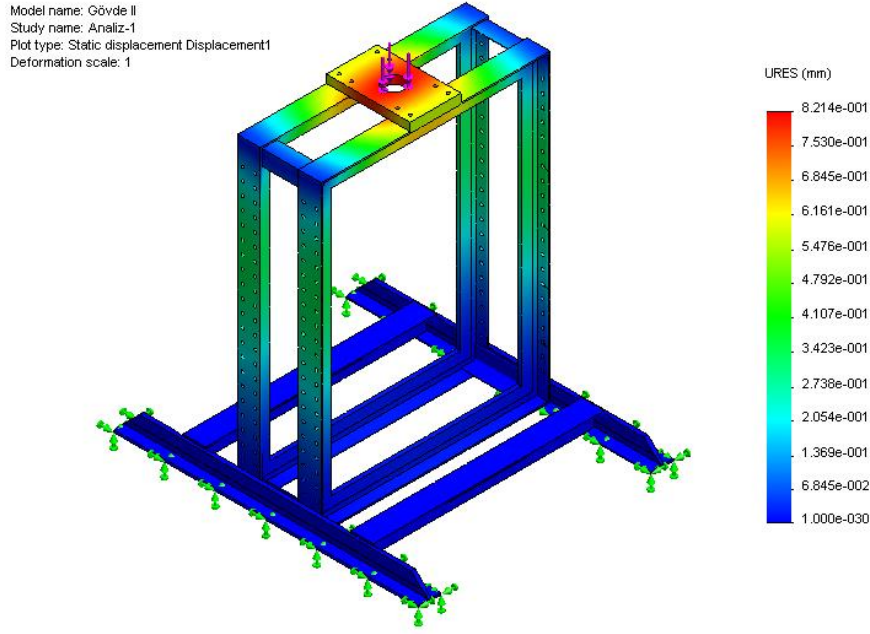
Özellik	Değer
Mesh (Ağ) Tipi	Solid Mesh
Kullanılan Mesh (Ağ)	Standart Mesh
Eleman Boyutu	41,37 mm
Tolerans	2,06 mm
Kalite	Yüksek
Eleman Sayısı	36362
Nod (Düğüm Nokta) Sayısı	74004

Konstrüksiyona tasarım aşamasında, 50 kN maksimum uygulama yükleme durumu SolidWorks Simulation® modülünde gerçekleştirilmiştir. Statik yükleme (deney konsolları için çekme gerilmesi durumu) sırasında ortaya çıkan gerilme analizi sonuçları **Şekil 9.9**'da ve deformasyon analiz sonuçları **Şekil 9.10**'da verilmiştir.



**Şekil 9.9 :** Konstrüksiyon statik yükleme-gerilme analizi.

Elemanlar üzerinde oluşan gerilmelerinin ve kayma gerilmelerinin ortalamasının alındığı hesaplama yöntemine dayanan, von Mises gerilme kriterine göre yapılan analize göre; gerilmelerin en yüksek olduğu bölgelerin kuvvetin uygulandığı bölgelerde meydana gelmiş olduğu **Şekil 9.9**'daki gerilme analiz sonucunda açıkça görülmektedir.



**Şekil 9.10** : Konstrüksiyon statik yükleme-deformasyon analizi.

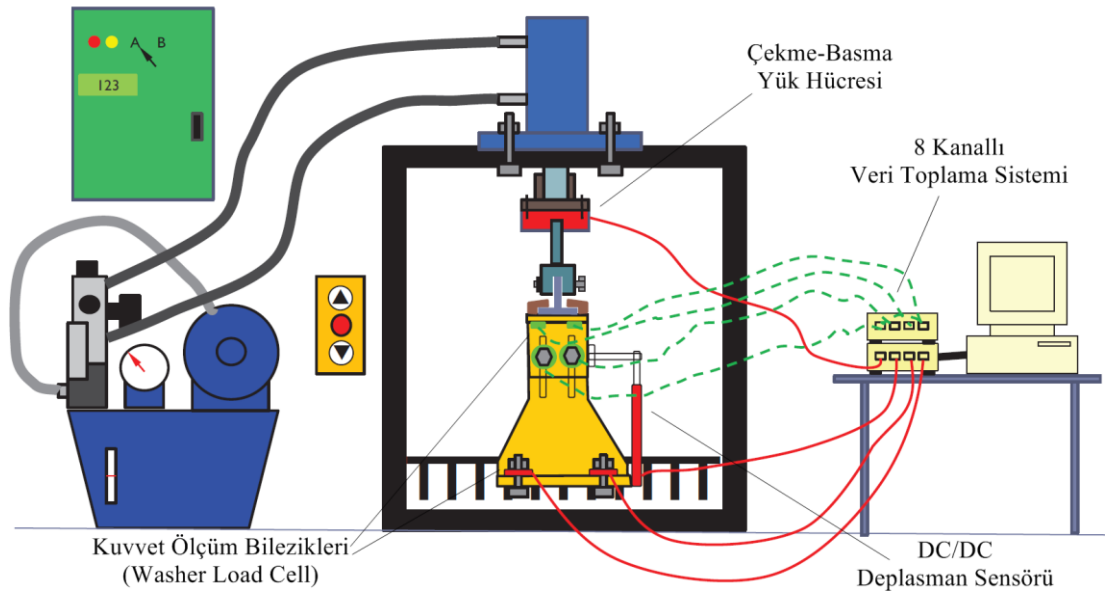
Deney sonucunda elde edilen maksimum gerilme  $158.599 \text{ N/mm}^2$  değeri, malzemenin emniyet gerilme değerinden küçük olduğundan dolayı sistem emniyetlidir. Konstrüksiyon malzemesinin akma gerilmesinin referans alınarak maksimum von Mises gerilme kriterine göre program tarafından yapılan hesaplamalarda güvenlik katsayısı 1.73 olarak bulunmuştur. Yine konstrüksiyon malzemesinin akma gerilmesinin referans alınarak maksimum kayma gerilmesi kriterine göre program tarafından yapılan hesaplamalarda güvenlik katsayısı 1.65 olarak bulunmuştur. Solidworks Simulation modülünde sonlu elemanlar analizi sonunda elde edilen sonuçlar **Çizelge 9.3**'te verilmiştir.

**Çizelge 9.3** : Konstrüksiyon analiz sonuçları.

	Tip	Maksimum Değerler
Gerilme	Max von Mises Stress	$158.599 \text{ N/mm}^2$ (MPa)
Yer Değişimi	Resultant Displacement	0.82142 mm
Uzama	Equivalent Strain	0.0004336

### 9.2.3 Deney düzeneğinde kullanılan sensörler

Algılayıcılar (yani sensörler) konusu detaylı olarak **Bölüm 6**'da işlenmiştir. Deney düzeneğinde kullanılan sensörler, yük ölçüm sensörleri ve deplasman sensörleri olmak üzere iki çeşittir. Yük ölçüm sensörleri, çekme-basma yük hücresi ve kuvvet ölçüm bileziklerinden oluşmaktadır. Bu sensörler piston ve kılavuz ray arasına yerleştirilecek olan çekme-basma yük hücresi ile sisteme uygulanmış kuvvet okunmakta ve kaydedilmektedir. Bu kuvvet ölçüm sensörlerinin yanal yük almaması esas ve önemlidir. Kuvvet ölçüm bilezikleri (washer load cell veya donut load cell), konsolların zemine ve birbirlerine bağlantılarında kullanılmaktadır. Bunlar cıvata bağlantılarının (asansör sisteminde konsol bağlantı ankraj elemanlarının) öngerilme kuvvetlerini ve deney sırasındaki yük değişimlerini ölçmek ve kaydetmek amacıyla kullanılmaktadır.



**Şekil 9.11** : Test düzeneği prensip şemasında sensör yerleşimi [77].

Konsol bağlantı sisteminin, uygulanan yükler sırasında ve/veya sonrasında yapacağı izafi hareketlerinin yani yer değişimlerinin ölçülmesi ve kaydedilmesi; üst konsol ve zemin arasına yerleştirilmiş DC/DC deplasman sensörü ile yapılmaktadır. Tüm bu sensörlerden gelen veriler 8 kanallı veri toplama (data logger) sisteminde birleştirilerek, windows tabanlı bir pc kontrol ve kayıt program uygulamasında anlaşılabilir grafiksel çıktılara dönüştürülmektedir (**Şekil 9.11**).

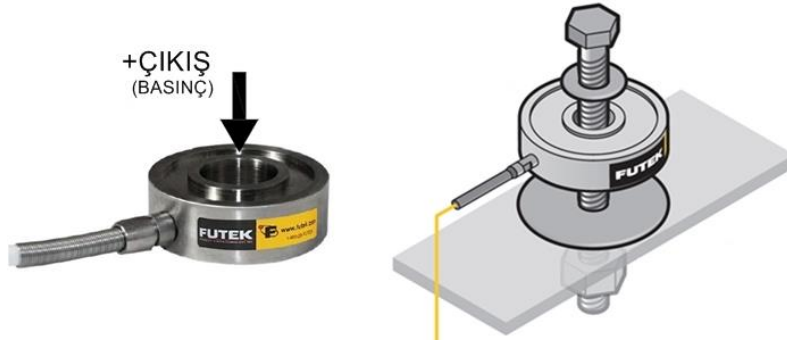


**Çizelge 9.4 : Çekme basma yük hücresi teknik özellikleri [66].**

Özellikler	Değer
Ölçüm aralığı	0...50 kN
Ölçüm hassasiyeti	$\leq 0.25\%$ F.S.
Hassasiyeti (0...5 kN ölçüm aralığına kadar)	% 0,1 F.S.
Nominal karakteristik değer	1,5 mV / V
Elektriksel Değerler	
Folyolu strain-gage köprü direnci (tam köprü devresi)	350 $\Omega$ , nominal
Besleme (VDC veya VAC)	Maksimum 10
Hassasiyet (basmada pozitif çıktı)	1,5 mV / V $\pm$ % 0,25
Kalibrasyon Direnci (burster modeli 1148-6080)	80 k $\Omega \pm 0.1\%$
Çevre Koşulları	
Kompanzasyon Sıcaklığı	15 °C ... 70 °C
Çalışma Sıcaklığı	- 30 °C ... 80 °C
Mekanik Değerler	
Doğruluk (doğrusal olmayan, histerezis ve tekrarlanabilirlik için birleştirilmiş değeri )	$< \pm 0.25\%$ F.S.
Ölçme çeşidi	Çekme ve Basma (Basma yönünde kalibrasyonlu)
Sehim-tam ölçekli	yaklaşık 80 $\mu$ m
Aşırı yüklenme için emniyet kapasitesi	% 150
Aşırı yüklenme için deformasyon kapasitesi	% 250
Dinamik performans (tavsiye edilen)	% 70
Dinamik performans (maksimum)	% 100
Malzeme	1.4542 paslanmaz çelik
Ağırlık	2 kg
Koruma sınıfı (EN 60529 standardına göre)	$\geq 20$ kN IP 67

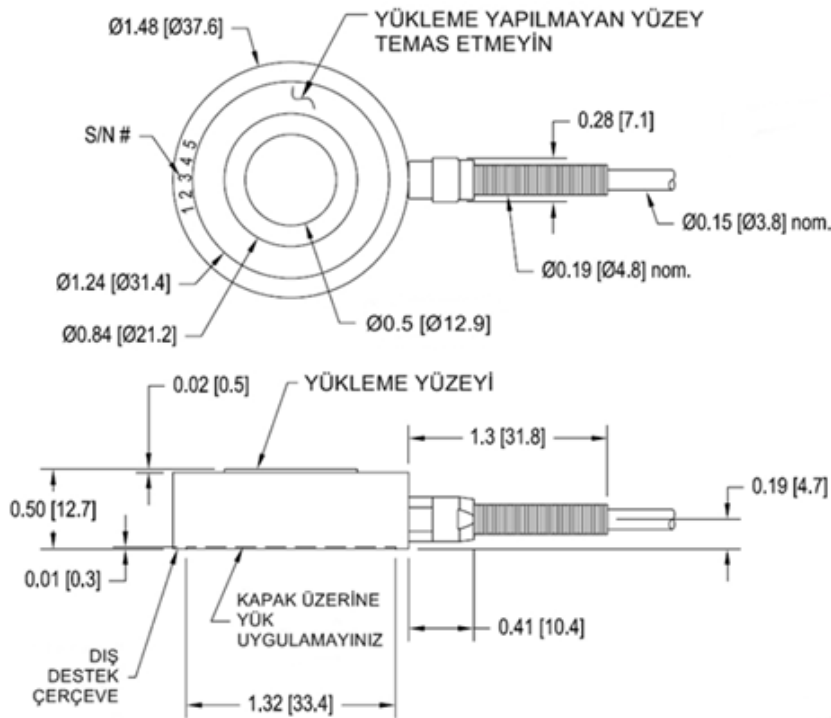
### 9.2.3.2 LTH 350 kuvvet ölçüm bilezikleri

Bu tip sensörler genellikle washer load cell veya donut load cell olarak anılmaktadır. Futek LTH 350, kuvvet ölçüm bileziği basınç uygulamaları için geliştirilmiş bir modeldir. Standart LTH 350 model kuvvet ölçüm bileziği, 17-4 paslanmaz çelik malzemeden yapıldığından çok rijit bir yapıya sahiptir, yüksek hassasiyet ve yüksek rijitlik sunar. Bu yük hücreleri yüksek dış yüklere karşı dirençli, düşük sapma özelliğine sahip ve metal folyo strain-gauge teknolojisi kullanmaktadır [81].



Şekil 9.14 : Futek LTH 350 Model kuvvet ölçüm bileziği [81,82].

Şekil 9.14'te kuvvet ölçüm bileziği ve bağlantı şekli, Şekil 9.15'te boyutları ve kullanım ile ilgili uyarılar gösterilmektedir.



Şekil 9.15 : Model LTH 350 kuvvet ölçüm bilezik boyutları [81].

**Çizelge 9.5 : LTH 350 kuvvet ölçüm bileziği teknik özellikleri [81].**

Özellikler	Değer
Nominal karakteristik çıktı değeri	2 mV / V
Kapasite (LTH 350-FSH00346)	2000 lb (8896 N)
Aşırı yüklenme için emniyet kapasitesi	% 150
Sıfır Balans	±1 %
Besleme (VDC veya VAC)	Maksimum 18
Köprü direnci	700 Ω, nominal
Doğruluk (doğrusal olmayan, histerezis ve tekrarlanabilirlik için birleştirilmiş değeri )	± 0.5 %
Kompanzasyon Sıcaklığı	15 °C ... 72 °C
Çalışma Sıcaklığı	- 50 °C ... 93 °C
Ağırlık	99 g
Malzeme	17-4 PH S.S.
Sehim (nominal)	50 µm

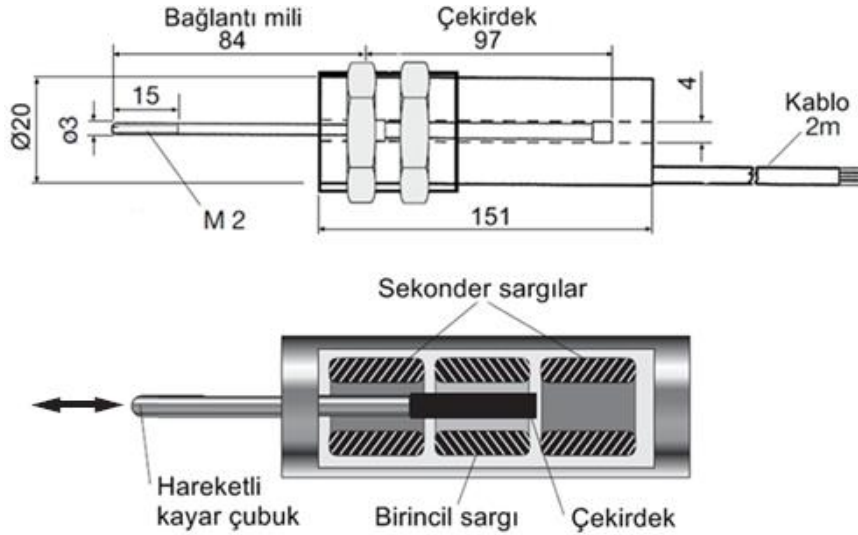
### 9.2.3.3 Model 8740 dc/dc endüktif deplasman sensörü

Burster Model 8740, deplasman veya deplasmana dönüştürülebilen büyüklüklerin ölçülmesi için kullanılan, ölçüm amplifikatörü ile entegre, rijit, titreşim ve şoklara dayanıklı endüktif bir sensördür. Tamamen hareketli ve yaysız bir çekirdek ile sensör gövdesindeki delikler boyunca çekirdeği merkezleyen iki kayar teflon yüzük içermektedir. Harketli çubuğun sonunda, ölçülen obje ile çekirdeği mekanik olarak bağlamak için M2 vida kullanılır. Çubuk üzerine herhangi bir yanal etkiyen kuvvetten kaçınılmalıdır [83].



**Şekil 9.16 : DC/DC endüktif deplasman sensör çeşitleri [83].**

Endüktif deplasman sensörleri, deplasman ve deplasmanlara dönüştürülebilen kuvvet, basınç, uzama, moment, titreşim gibi büyüklükleri diferansiyel dönüştürücü (LVDT) ilkesini kullanarak dolaylı olarak ölçmek için kullanılır. Bu sensörler endüstri, araştırma ve geliştirme teknolojilerinde yüksek kalitede ölçme, yüksek koruma özelliği ve uzun servis ömrü dolayısıyla kullanılmaktadır. Ölçme, kontrol, düzenleme ve makine parçaları arasındaki hızlı ve yavaş hareketlerin izlenmesi, pozisyon ölçümü, bileşenlerin ve yapısal temellerin pozisyon değişiklikleri, servo regülatörler, valf ve robot kontrolörleri, ölçmelerdeki büyümeler gibi birçok uygulamaları kapsamaktadır. İç bobinler ve elektronik bileşenler yalıtımlı, rijit bir tasarıma sahip olan bu sensörler, kolaylıkla şok ve titreşime dayanıklıdır. Bu özelliğinden dolayı mobil uygulamalar ve birçok test işlemlerinin uygulanacağı deneysel uygulamalar için uygundur [83].



**Şekil 9.17** : Model 8740 deplasman sensörünün boyutları [83,84].

Diferansiyel transformatör ve taşıyıcı frekans ölçüm amplifikatörü içeren elektronik bileşenler ile entegreli bu endüktif deplasman sensörleri yalıtılmış ve paslanmaz çelik muhafaza tarafından korunmaktadır. Diferansiyel transformatör bir birincil ve iki sekonder sargıdan oluşmaktadır; bu sekonder sargılar birincil sargının her iki tarafına simetrik olarak yerleştirilmiştir. Entegre elektronik bileşen, sekonder sargılarda indüklenen AC gerilimini demodüle eder, filtreler ve yükseltir. Çubuk şeklindeki çekirdek diferansiyel transformatörün içinde hareket edebilmektedir. Çıktı olarak, bu sensör içindeki hareketli çekirdeğin pozisyonuna göre değişen orantılı DC voltaj büyüklüğü verir [83]. LVDT konusu **Bölüm 6.2**'de ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

**Çizelge 9.6** : Model 8740 deplasman sensörünün teknik özellikleri [83].

Özellikler	Değer
Ölçme aralığı	0...50 mm
Kesme frekansı	100 Hz
Sensör ağırlığı	130 g
Hareketli kütle	6,9 g
Elektriksel Değerler	
Besleme voltajı (ters polariteye karşı korumalı)	9...28 V DC
Akım tüketimi	$\leq 30\text{mA}$
Çıkış voltajı (standart)	0...5 V
Çıkış voltajın dalgalanması	Yakl. 20 mV <sub>eff</sub>
İçsel taşıma frekansı	12 kHz
Çıkış direnci	1 k $\Omega$
Direnç yükleme (tavsiye edilen)	1 M $\Omega$
Çevre Koşulları	
Çalışma sıcaklık aralığı	-20 °C ... 80 °C
Nominal sıcaklık aralığı	-20 °C ... 80 °C
Sıcaklık etkisi	0.03 % F.S./K
Mekanik Değerler	
Doğrusallık sapması	< 0,25 % F.S.
Değiştirilmemiş bağlama konumunda değişimi	< 0,01 % F.S.
Malzeme	St 37, nikel kaplı
Koruma sınıfı (EN 60529 standardına göre)	IP 64

#### 9.2.3.4 Model 9205 USB sensör arayüzü

16 bit'e kadar çözünürlük, saniyede 2500 yüksek hızlı ölçüm, USB portundan bilgisayara basit bağlantı özelliklerine haiz 9205 USB arayüzü "tak & ölç" tasarımı sayesinde, sensör okumalarının hızlı ve kolay bir şekilde, tam sensörde ölçmek ve ilave ampilifikatör veya dönüştürücüler olmadan doğrudan PC'ye aktarmak için bu alandaki ihtiyacı karşılamaktadır [85].



**Şekil 9.18 :** 9205 USB çoklu sensör arayüzü [85].

9205 USB sensör arayüzü, USB bağlantı noktası üzerinden PC bağlantısından besleme almaktadır, ve sensörler için 4V besleme gerilimi üretmek için kullanılmaktadır. Başlangıç ayarları ve sensör ayarları burster tarafından yapılmaktadır ve USB sensör arayüzüne kaydedilmektedir. Yazılım, görüntüleme ve arşivleme fonksiyonları sağlamaktadır. 16 arayüz çıktı eğrileri aynı anda görüntülenebilmektedir. Bir USB sensör arayüzü standart olarak bağlanabilmektedir. Her bir sensör ayrı ayrı hesaplanabilmektedir, ve ölçüm eğrileri bir grafik halinde birlikte veya ayrı ayrı görüntülenebilmektedir. LabVIEW bağlantısı veya özel yazılım programlar içine entegrasyon, driver paketiyle etkindir [85,86].

**Çizelge 9.7 :** 9205 USB çoklu sensör arayüzü teknik özellikleri [85].

Özellikler	Değer
Güç besleme (dış güç besleme birimi ile)	5V
Koruma sınıfı	IP20
Boyutları	290 x 210 x 80 [mm]
Malzeme	Plastik
Sensör bağlantısı	9 kutuplu D-sub
Software sistem gereksinimi	Windows, XP, Vista
Sinyal İşlemleri	
A/D dönüştürme	16 bit'e kadar
Ölçme aralığı (sadece 9205-100 yazılımı ile)	2500 okuma/saniye
Strain-gauge sensör bağlantısı	
Köprü direnci	350 $\Omega$ ...5 k $\Omega$
Bağlantı sistemi	4 kablo
Hassasiyet	0... $\pm$ 3 mV/V

**Çizelge 9.7 (devam) : 9205 USB çoklu sensör arayüzü teknik özellikleri [85].**

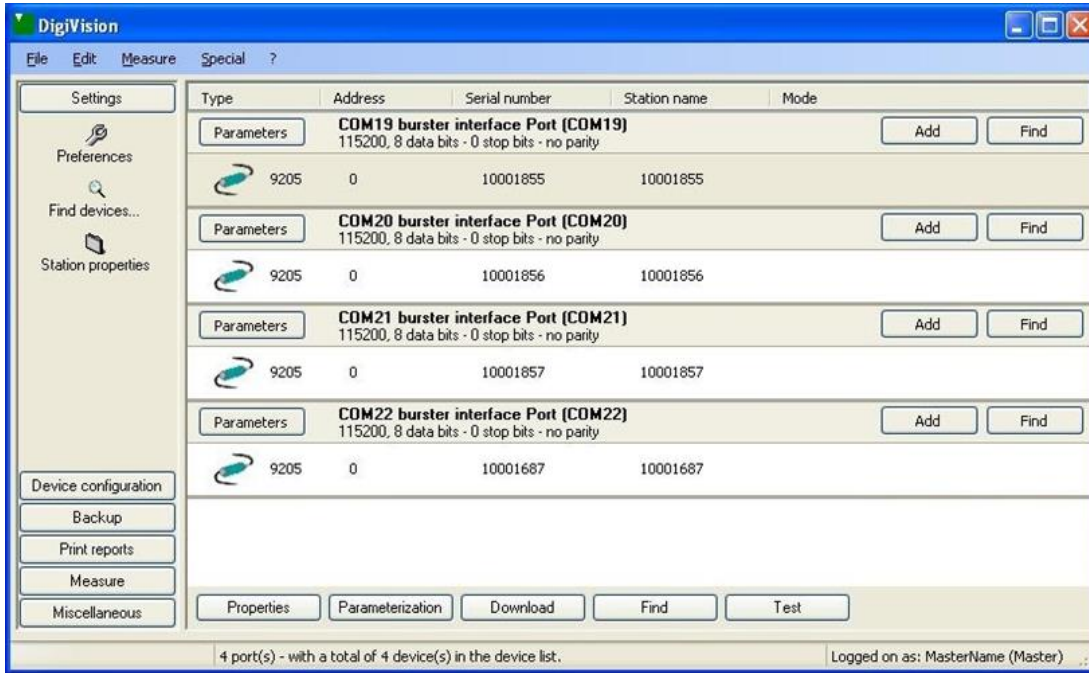
Özellikler	Değer
Sensör besleme	4 V
Besleme akımı	maks. 20 mA
Giriş direnci	200 G $\Omega$
Ölçüm	< $\pm$ 0,05 % F.S.
Sıcaklık katsayısı	10 ppm/K
Çözünürlük	16 bit
Potansiyometre sensör bağlantısı	
Bağlantı sistemi	3 kablo
Direnç	1 k $\Omega$ ...5 k $\Omega$
Ölçüm sinyali	$\pm$ 5 V
Sensör besleme	4 V
Besleme akımı	maks. 20 mA
Giriş direnci	1.3 G $\Omega$
Ölçme hatası	< $\pm$ 0,05 % F.S.
Sıcaklık katsayısı	10 ppm/K
Çözünürlük	16 bit
Transmitter sensör bağlantısı	
Sensör besleme	4 V / 12 V
Besleme akımı	maks. 20 mA / 80 mA
Ölçüm sinyali	$\pm$ 5 V
Ölçme hatası	< $\pm$ 0,05 % F.S.
Sıcaklık katsayısı	10 ppm/K
Çözünürlük	16 bit
Sıcaklık sensör bağlantısı	
Sensörler	Pt 100
Ölçüm aralığı	0 ... 300 °C
Boyutlar (W x H x D)	70 x 60 x 35 [mm]
Çıktı	0...5 V
Doğruluk	0.1 K

## 9.2.4 Veri toplamada kullanılan programlar

Veri toplamada kullanılan programlar; sensörlerden gelen verilerin toplandığı, kayıt edildiği program ve hidrolik sistem hareketlerini, yüklemeleri kontrol eden program olmak üzere iki ana başlıkta toplanmaktadır.

### 9.2.4.1 DigiVision veri toplama ve kayıt yazılımı

Sensörlerden gelen verilerin toplanması ve kayıt edilmesi için kullanılan DigiVision yazılımı aynı anda 16 farklı ölçme yapabilme kapasitesine sahiptir. Kolay kurulumu, cihaz parametrelerin otomatik yüklemesi, basit ve anlaşılır görsel bir arayüzü, saniyede maksimum 2500 ölçme kapasitesi, zaman ve yükleme veri giriş limitlerinin basit ayarlanması, depolama ve farklı formatlara aktarım gibi önemli avantajlara sahiptir. Programa yüklenmiş sensörlerin listesi Şekil 9.19’da gösterilmektedir.

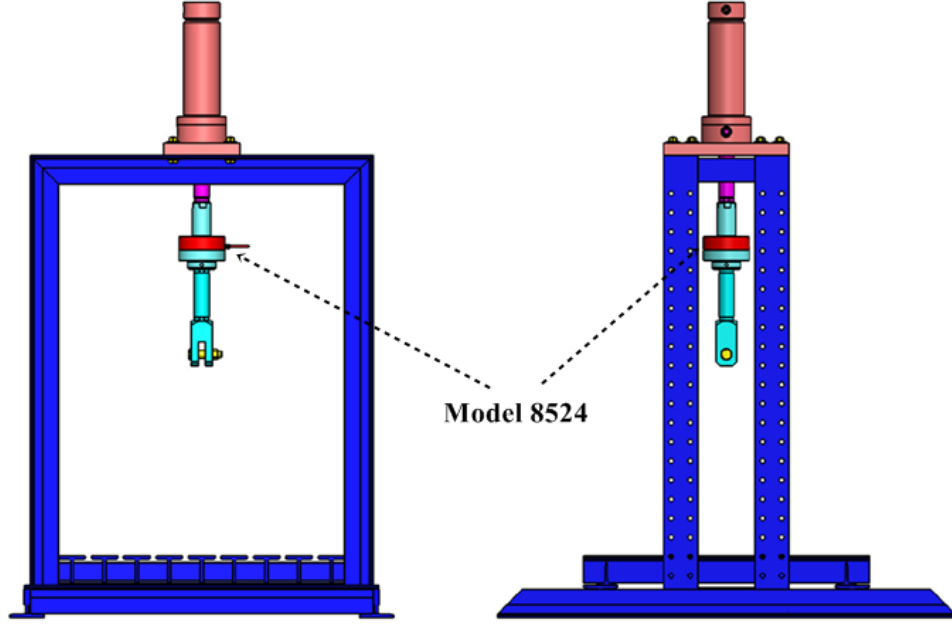


Şekil 9.19 : DigiVision veri toplama ve kayıt programı.

### 9.2.4.2 Hidrolik ünitenin kumanda ve kontrol yazılımı

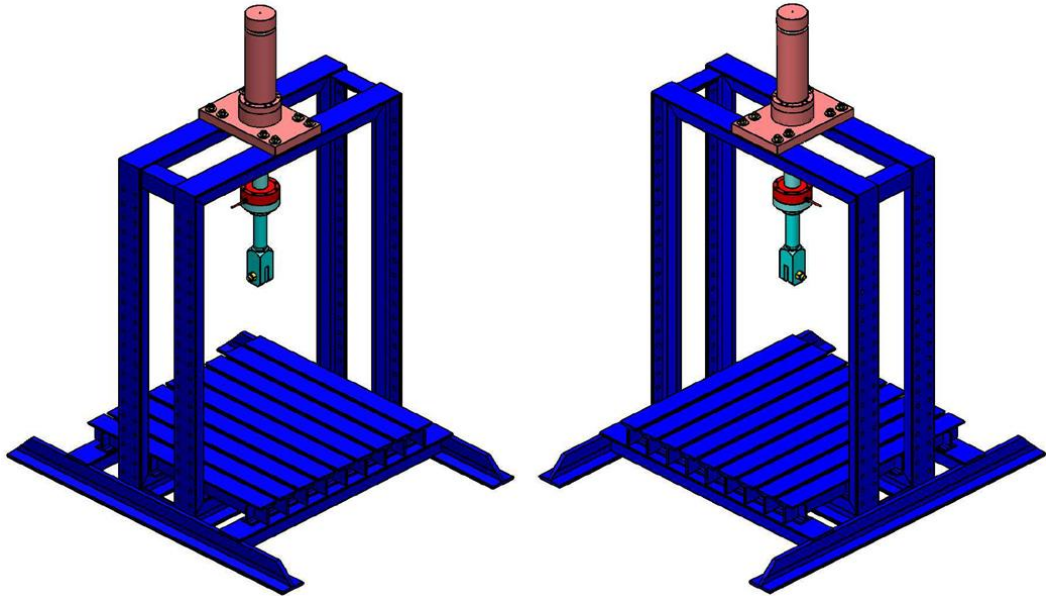
Deney düzeneğinde hidrolik sistemi kumanda ve kontrol eden yazılımdır. Deney sırasında deney numuneleri üzerine uygulanacak yüklerin ve yükleme tiplerinin belirlendiği, tanımlandığı ve uygulandığı bir kontrol kumanda yazılımıdır. Program arayüzünde girilen yükleme tipine ve şiddetine göre hidrolik sistem elemanları görevlendirilmekte ve tanımlanan işlemleri gerçekleştirmektedir. Kumanda ve kontrol yazılımı ARKEL firması tarafından geliştirilmektedir.

### 9.2.5 Deney düzeneği komple görünüşler



Şekil 9.20 : Deney düzeneği ön ve yan görünüşleri.

Deney düzeneği ön ve yan görünüşleri Şekil 9.20’de, sağ ve sol izometrik görünüşleri Şekil 9.21’de görülmektedir. Silindir piston kolu ucuna çekme-basma yük hücresi (load cell) model 8524 bağlanmıştır. Değişik ray ebatlarının bağlanabilmesine imkan sağlayan ray bağlama parçası yük hücresinin altındaki ara uzatma parçasının alt kısmına monte edilmiştir. Ara uzatma parçası konsol boyutlarına göre değişik uzunluklarda sökülüp takılabilmektedir.



Şekil 9.21 : Deney düzeneği sol ve sağ izometrik görünüşleri.

### 9.2.6 Deney düzeneğinin çalışması

Deney düzeneğinde, ray bağlantı elemanları olan mesnetler zemine tesbit edildikten sonra, üzerine bir ray parçası iki adet tırnak ile bağlanacaktır. Raya delik açılacak ve içinden geçen bir perno ile bir ray bağlantı parçası aracılığıyla malafaya (ara uzatma parçasına) bağlanacak ve raya itme veya çekme uygulayacak çift tesirli pistonla bağlanacaktır. Deneyimizde çift etkili hidrolik silindir yardımıyla kılavuz raya ve ray bağlantı sistemine kuvvet (yük) uygulayarak aşağı yönde bastırmaya veya yukarı yönde çekmeye çalışılacaktır. Ray bağlantı sistemine uygulanacak kuvvet (yük) hidrolik silindirin piston kolu ile malafa arasına yerleştirilecek bir adet çekme-basma yük hücresi (model 8524) ile okunacak ve kaydedilecektir. Burada yük hücresinin yanal yükleri almaması esastır (**Şekil 9.22**).

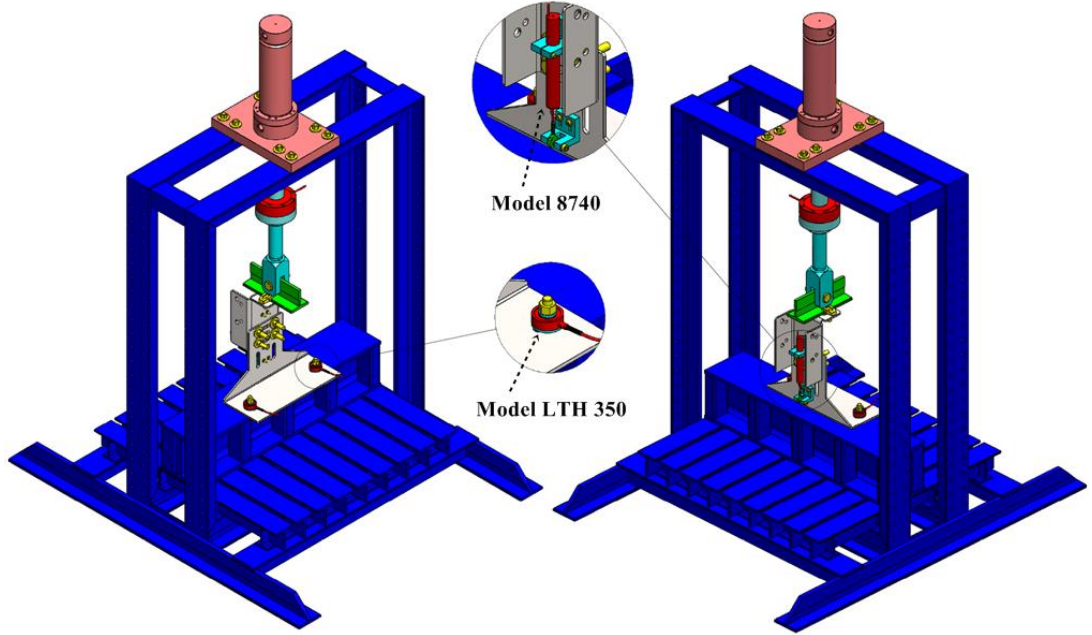
Kılavuz ray bağlantı sisteminin uygulanan kuvvet (yük) etkisi altında yapacağı izafi hareket miktarı (deplasman) konsol alt parçası ile konsol bağlantı sisteminin üst parçası arasına yerleştirilecek 1 adet DC/DC deplasman sensörü (model 8740) ile izlenecek ve kaydedilecektir. Bu deplasman sensörü için 50 mm strok seçilmiştir.

Ray bağlantı tırnağına ve ray bağlantı sisteminde kullanılan cıvatalara gelen yüklerin belirlenmesi ve kaydedilmesi için washer load cell ( bilezik tipi kuvvet ölçüm yük hücresi-Model LTH 350) kullanılacaktır. 2 adet washer load cell (M12 bağlantı cıvataları ve tırnak için) seçilmiştir.

Çalışmanın geliştirilebilir olması için veri toplama sistemi (data logger) 8 kanallı olması planlanmıştır. Mevcut haliyle 4 kanal yeterli olmasına karşın, washer load cell sayısının artırılması düşünüldüğünden 8 kanal veri toplamak gerekecektir [77].

Deney düzeneğinde, kılavuz ray bağlantı sistemine kesme yüklemesi simülasyonu için, konsol ve bağlantı sistemi yukarıda anlatıldığı şekilde bağlanır. Hidrolik silindir yan yükleme için, konstrüksiyon şaftının yan kısmına ray üzerine açılmış bağlantı deliği ortalanacak şekilde yan bağlantı parçaları ve bağlantı elemanları yardımıyla monte edilir. Çekme ve basma yük hücresi, bağlantı mafsalı ve kılavuz ray bağlantı saplaması kılavuz ray bağlantı deliği merkezlenerek monte edilir. Bu kısımda esas olan konsol ve bağlantı elemanlarının yükleme sırasında mafsal ile hareketine müsaade ederek çekme-basma yük hücresine gelecek eksen dışı kuvvet oluşumunu minimuma indirerek toplanan verilerin güvenilirliğini artırmaktır (**Şekil 9.23**).

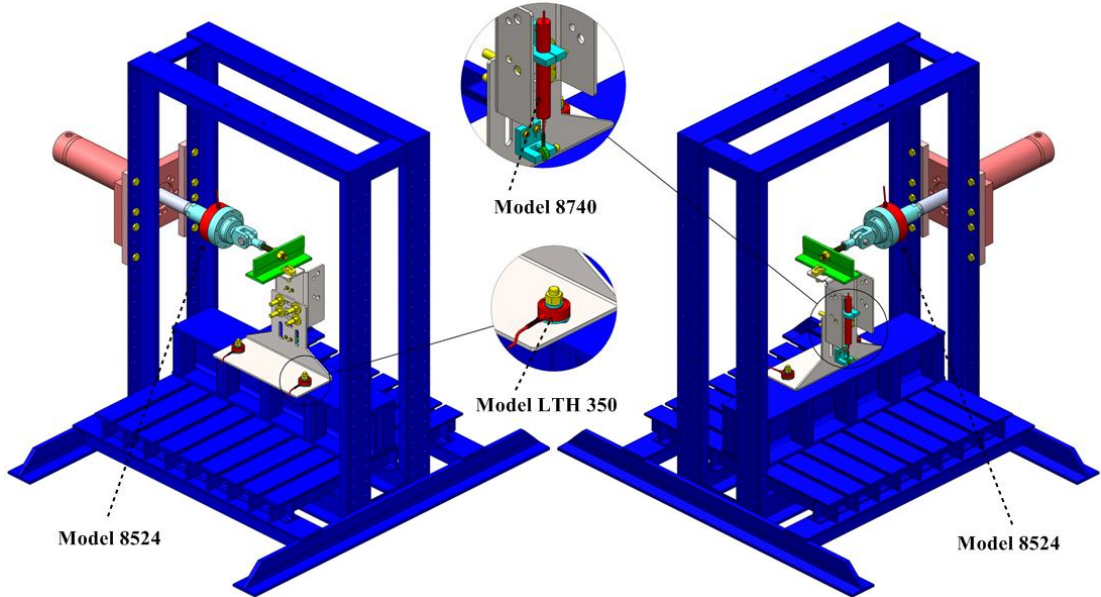
### 9.2.6.1 Üstten çekme-basma uygulaması ( $F_y$ kuvveti simülasyonu)



Şekil 9.22 : Deney düzeniğinde  $F_y$  kuvveti simülasyon uygulaması.

Şekil 9.22 ve Şekil 9.23'te yükleme sırasındaki kuvvet değişimlerinin ve ön yükleme kuvvetinin ölçülmesi için alt konsola bağlanmış washer load cell (bilezik tipi yük hücresi) Model LTH 350 ve yükleme sırasındaki deplasmanların ölçülmesi için alt ve üst konsola bağlanmış Model 8740 deplasman sensörü gösterilmektedir.

### 9.2.6.2 Yandan çekme-basma uygulaması ( $F_x$ kuvveti simülasyonu)



Şekil 9.23 : Deney düzeniğinde  $F_x$  kuvveti simülasyon uygulaması.

### 9.2.7 Konsol bağlantılarının yorumlanması

Testin kurulumunda komple bağlantı sisteminin soruşturulması için, asansör beton şaft duvarları üstündeki kılavuz raylarda kullanılan standart bağlantı metotlarına riayet edilmiştir [13]. Konsol ve bağlantıları hakkında detaylı olarak **Bölüm 3.2**'de bilgiler aktarılmıştır. Deneyde, bahsi geçen bölümde **Şekil 3.14** TİP-7'de gösterilen konsol bağlantı tipinde ve özel bir firmanın kılavuz ray bağlantıları için standart bir eleman olarak kullanılan konsol ve bağlantı elemanları (**Şekil 9.22**) test ve analiz için seçilmiştir.

Kılavuz ray hesaplamaları ile ilgili olarak detaylı bilgiler **Bölüm 5**'te verilmiştir. Bu kapsamda hesaplamalar örnek bir proje için uygulanmış, hesaplamalar ve sonuçlar detaylı bir şekilde **Bölüm 9.1**'de açıklanmıştır. Örnek projemizin değişik yük ve yük uygulama mesafesinin değiştirilmesi ve kılavuz ray konsol bağlantı aralıklarının değiştirilmesi durumlarında değişik kombinasyonlar oluşturulmuş ve bu hesaplamalar tekrarlanmış **Ek B** ve **Ek C**'de çizelgelerde bu değerler verilmiştir.

**Ek B** ve **Ek C**'de verilen bu çizelgelerden görüldüğü üzere değişik kombinasyonlar sonucu ortaya çıkan veriler bize deney öncesi bazı somut değerler sağlamıştır. Çizelgeler incelendiğinde, kılavuz raylar üzerine gelen x-eksen yönünde etkiyen kılavuz kuvveti;  $F_x = 1529,7 \sim 3125,9 \text{ N}$  arasında değişmektedir. Yine raylar üzerine gelen y-eksen yönünde etkiyen kılavuz kuvveti;  $F_y = 1745,8 \sim 2618,8 \text{ N}$  arasında değişmektedir (bakınız, **Şekil 5.3** kılavuz ray üzerine etkiyen kuvvetler).  $F_x$  ve  $F_y$  kuvvetlerinin bileşkesi;  $F_{bileşke} = 2321 \sim 4077,9 \text{ N}$  arasında değiştiği görülmektedir.  $F_x$  ve  $F_y$  kuvvetleri maksimum olarak alındığında; örnek projemizde hesaplanan,  $F_x=1529,7 \text{ N}$  kılavuz kuvvet değerinin 2 katı,  $F_y=1745,8 \text{ N}$  kılavuz kuvvet değerinin ise 1,5 katı olduğu görülmektedir.

Deney esnasında konsollara uygulanacak x ve y-eksen yönünde etkidiği simüle edilen kılavuz kuvveti;  $F=5 \text{ kN}$  (Dr.Michael Merz'in bildirisinde geçen, [13]) çekme ve kesme yüklemeleri, teorik olarak elde edilen maksimum kuvvet değerlerinin sırasıyla 1,6 ve 1,9 katı olduğu görülmektedir. Ancak burada çizelgelerde teorik hesaplamalar neticesinde elde edilen değerlerin **Bölüm 5** ve **Bölüm 9.1**'de bahsi geçen ön kabuller doğrultusunda elde edildiğini gözardı etmemek gerekecektir. Yaptığımız ön kabullerin geçerli olduğu varsayımı doğrultusunda deney konsollarına uygulanacak

kuvvetin, elde ettiğimiz bileşke kuvvet değerinin 1,22 katı olduğu aşıkardır. Yani konsol bağlantılarına 1,22 kat kuvvet uygulanacaktır denilebilir.

Ray bağlantı konsolları orta kısımlarındaki oval deliklerden dört adet M12 civata ve somun ile birbirlerine bağlanmışlardır. Bu konsollar iki açılı parçadan meydana gelen standart elemanlardır. Bağlantının dayanıklılığı, dört civatanın sıkma kuvvetiyle, iki konsol parça arasında ortaya çıkan sürtünme etkisi ile tanımlanır. Ray klipsleri ayrıca standart elemanlardır. Konsol üstündeki M12 civata/somun bağlantısı, 72 Nm’lik bir moment ile sıkılmışlardır [13]. Konsol üstündeki M12 civatalar (ISO 898/1 Sınıfı 8.8 kalite) 72 Nm’lik bir moment ile sıkıldığında (**Çizelge D. 2**), detaylı bir şekilde bağlantı elemanlarının formülasyonlarının aktarıldığı **Bölüm 7**’de, (7.37) eşitliğinden konsollar bir adet civata bağlantısı tarafından;  $F_{ön} = 37748 \sim 40444 \text{ N}$  ’luk kuvvet yüklemesine, 4 adet bağlantı için toplamda  $\sum F_{ön} = 150992 \sim 161776 \text{ N}$  ’luk kuvvet yüklemesine maruz bırakılmış olacaktır.  $\sum F_{ön} = 150992 \sim 161776 \text{ N}$  ’luk ön yüklemesine maruz bir konsol bağlantısının çözülebilmesi için uygulanması gereken minimum teorik kuvvet (7.52) denklemi ve **Çizelge D. 2**’den  $F_s = 15099 \sim 16177 \text{ N}$  olarak elde edilecektir. Bu demek oluyor ki, teorik olarak konsol bağlantısının yükten mütevellit çözülebilmesi için deney sırasında uygulanması gereken minimum yük  $F_s = 15099 \sim 16177 \text{ N}$  aralığında olmalıdır. Teorik olarak hesaplamalarımızda çıkan bu ön yükleme, deney konsollarına uyguladığımız  $F = 5000 \text{ N}$  (Dr. Michael Merz’in bildirisinde geçen, [13]) kuvvetinin 3,02~3,23 katı olduğu görülmektedir. Demek ki deney sırasında uygulayacağımız 5000 N yükten dolayı konsol bağlantı civatalarımızda herhangi bir çözülme olmayacaktır ve bağlantı uygulama yüküne karşı 3 kat emniyetlidir. Asansör kabininin yatay  $g_n$  sismik hareketi esnasında kılavuz raya kabin yüklü iken uygulayacağı kuvvet **Bölüm 9.1**’den yaklaşık 23000 N, karşı ağırlığın kılavuz raya uygulayacağı kuvvet 19000 N olarak hesaplanacaktır. Asansör kabini ya da karşı ağırlık, yatay  $g_n/2$  sismik gücü ile hareket ettiğinde, sismik güçten dolayı [87] ortaya çıkan kuvveti, tek bir konsol civata bağlantısının rahatlıkla karşıladığı görülmektedir. Ve yatay  $g_n/2$  sismik güç oluşumuna karşı kabin dolu iken 1,31 kat emniyetli olduğu rahatlıkla söylenebilir. Fakat sismik bölgelerde depreme karşı alınacak tedbirlerden sistem kılavuz ray bağlantı elemanlarının dayanıklılığı için öne sürülen “Yatay etkiyen  $1g_n$ ’lik bir kuvvete karşı gerekli mukavemeti sağlayacak civata bağlantıları ve destekleri gereklidir [08]” yaklaşımı dikkate alındığında ele aldığımız örneğe göre tek bir konsol civata bağlantısının

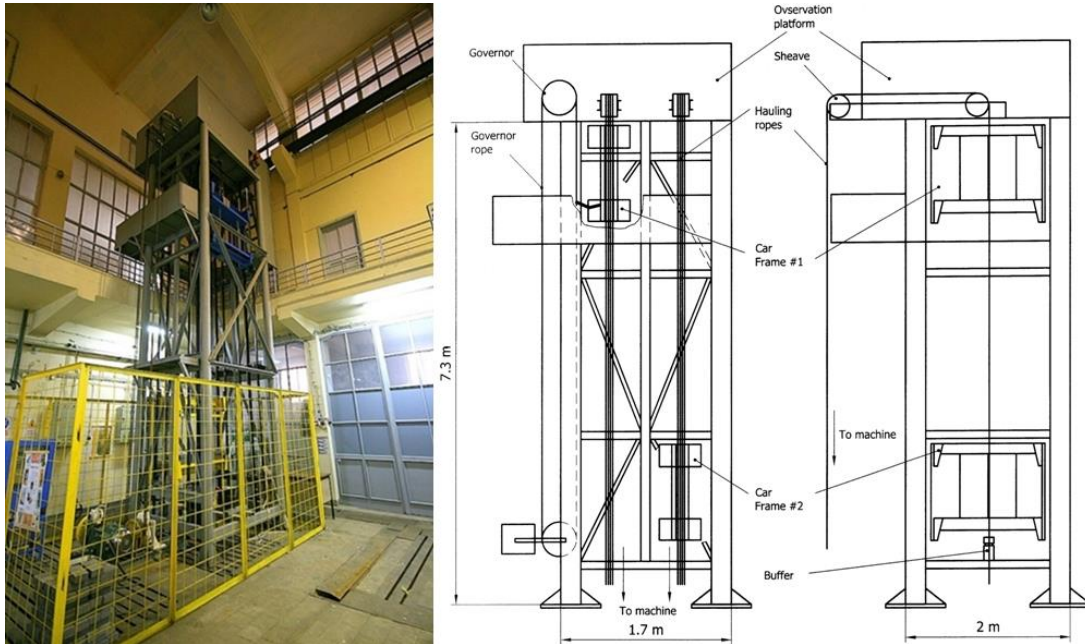
yetersiz kaldığı görülmektedir. Yatay olarak  $1g_n$ 'lik bir kuvvet etkidiğinde hem asansör kabin ve hem karşı ağırlığın oluşturduğu sismik yüklere karşı konsol civata bağlantı sisteminin başarısız olacağı ve sismik hareketlerden sonra sık görülen raydan çıkma arızasının tekrar yaşanacağı açıkça görülmektedir.

Bu durumda konsol civata bağlantısı dışında sistemi oluşturan elemanların dayanım ve konstrüktif özellikleri (ile konsol kuyu duvarı bağlantı elemanları ve ray tırnak bağlantıları) gibi kriterlerinin bir ön kabul doğrultusunda yeniden şekillendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

### 9.3 Halatlı Asansör Test Kulesi Çalışması

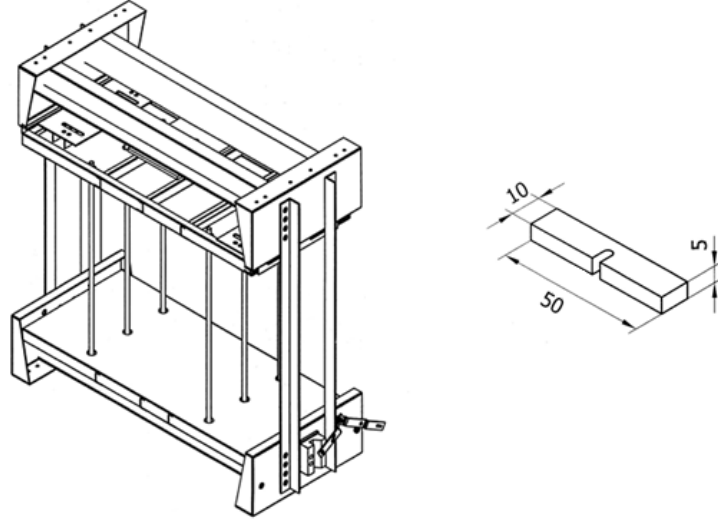
#### 9.3.1 Test kulesi

Testler, mühendis ve teknisyenlerin eğitimlerinin yanısıra, asansör ekipmanlarının özellikle asansör kılavuz raylarının ve emniyet freni mekanizmalarının testlerinde kullanılan ve İTÜ Asansör Teknolojileri Labaratuvarı'nda mevcut test kulesinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 9.24'te gösterilen test kulesi, 7,3 m yüksekliğinde ve çelik profiller kullanılarak kaynaklı birleştirme yöntemiyle oluşturulmuştur. Testlerde amaç asansör kabininin farklı yükleme durumları altında kılavuz ray bağlantı elemanlarına ve mesnetlere gelen kuvvetlerin deneysel olarak incelenmesi ve sonuçların yorumlanmasıdır.



Şekil 9.24 : İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuvarı Asansör Test Kulesi [22].

Bu testte çekiş ünitesi zemin kat konumuna yerleştirilir, halat sistemi de makinenin bodrum katı konumuna göre donatılır, tek halat sarımlı tahrik uygulanır ve halat oranı faktörü sözü edildiği gibi bire eşittir. Çekiş ünitesi bir frenli asansör makinesi, bir kaplin, bir çekiş tekerleği ve serbest düşme işletimi için ikinci bir frenden oluşur. ASRAY firması tarafından imal edilen asansör makinesi kullanılır [22].



**Şekil 9.25 :** Deney düzeneği kabin çelik karkası ve dolgu ağırlık [22].

Bu ünite, 41 dişli bulunan bir karşı çark ve 2 ağızlı sonsuz vidaya sahiptir. Bu sonsuz vida makinesi doğrudan 4 kW'lık bir elektrik motoruyla tahrik edilir. Elektrik motorunun hızı 1000 d/dak'dır. Bu test donanımında, kabin karkaslarının hareketi için 10 mm çapında 4 tel halat ve 4 kama kanala sahip 400 mm çapında bir tahrik kasnağı monte edilir. Test için iki kabin karkası kullanılır ve bunların her biri **Şekil 9.25**'te gösterildiği gibi döküm demirden yapılmış dolgu ağırlıklarıyla yüklenir. Her bir dolgu ağırlığı 50x10x5 cm boyutlarında ve yaklaşık 17,3 kg ağırlığındadır [22].

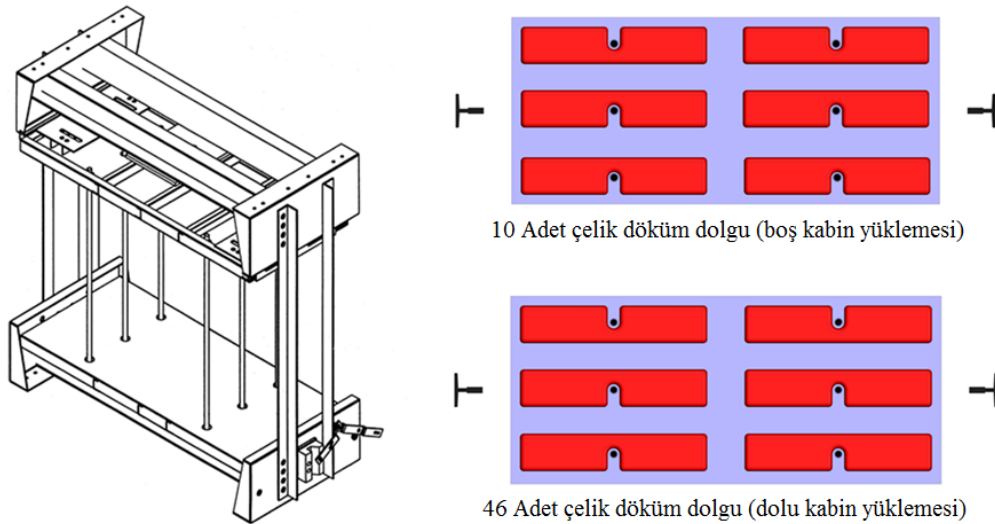
Test sırasında veri kaydı için T90 kılavuz ray bağlantı elemanlarına **Şekil 9.26**'da gösterildiği gibi 4 kanallı Burster Model 9205 USB çoklu sensör arayüzü masaüstü cihazı ve iki adet Futek LTH350 donut (bilezik tipi) yük hücresi bağlanır. Veriler Windows XP için DigiVision V2012.2.1.0 yazılımı ile analiz için dizüstü bilgisayara aktarılır. Futek Model LTH 350 donut yük hücresi ile 4 kanallı Burster Model 9205 USB çoklu sensör arayüzü masaüstü cihaz bağlantısı RS232 ile yapılmaktadır. Burster Model 9205 USB çoklu sensör arayüzü masaüstü cihazı ile dizüstü bilgisayar bağlantısı USB arabirimi ile yapılmaktadır. DigiVision yazılımı ile ilgili olarak detaylı bilgi **Bölüm 9.2.4.1**'de verilmiştir.



Şekil 9.26 : Veri toplama sistemi prensip şeması.

### 9.3.2 Test koşulları

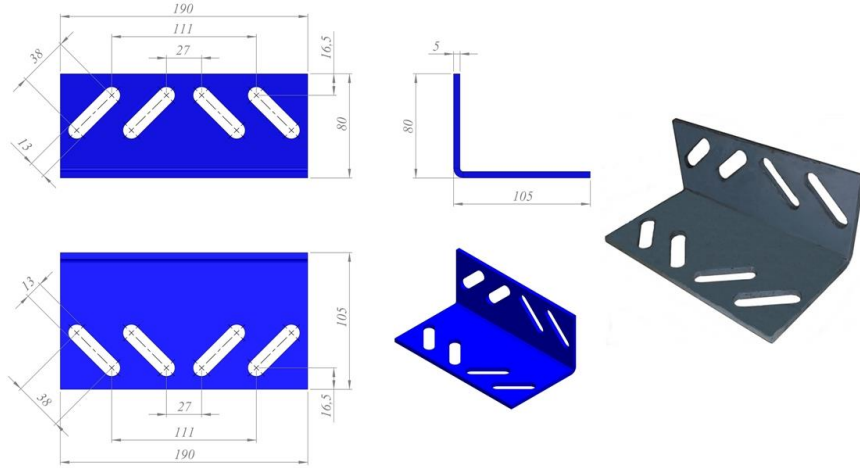
Yapılan testlerde 8 kişilik asansör kabininin boş ve yüklü durumları (%100 dolu) araştırılmıştır. Ayrıca test kabininin seyri sırasında mesnet kuvvetlerine gelen yüklerin durumlarının tesbit edilmesiyle alınacak yeni konstrüktif tedbirlerin yanında, “Merkezden kılavuzlanmış asansör kabin raylarındaki ankrajların değişken gerilmelere maruz kaldığını bütün test çalışmaları göstermiştir. Hatta asansör kabininin boş çalışması durumunda, kabin destek mesnetlerini geçerken değişken yükler ankrajlara transfer edilmektedir [88]” iddiası da irdelenmeye çalışılmış ve buna yönelik çalışmalar yapılmıştır.



Şekil 9.27 : Kabin deney düzeneği yükleme durumları.

Yükleme işleminde her biri 17,3 kg olan döküm çelik ağırlıklar kullanılmıştır. Testlerde T90/B tipi standart kılavuz ray ve bağlantı elemanları kullanılmıştır. T90/B tipi kılavuz ray tabana oturtma yöntemiyle ve dört adet mesnet ile monte edilmiştir ve kılavuz ray mesnetleri arasındaki 2000 mm montaj mesafesi durumu incelenmiştir. Testlerde sonuçlar kılavuz ray bağlantı elemanları (bağlantı tırnakları)

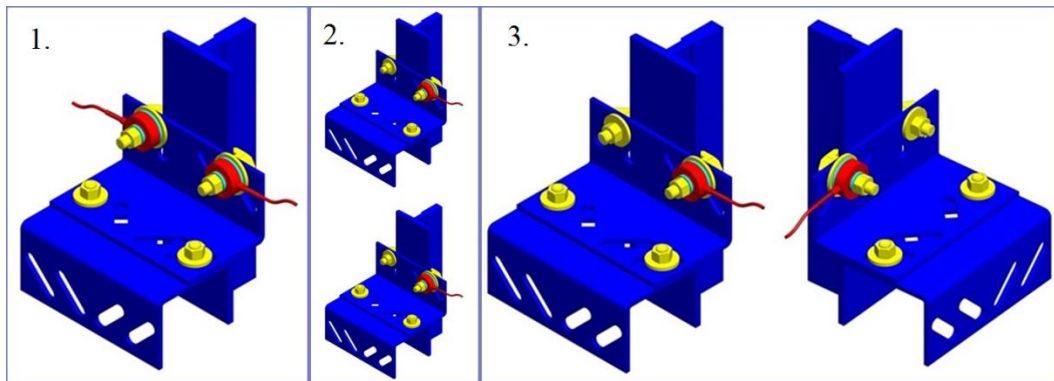
üzerine yerleştirilen bilezik tipi (donut) yük hücreleri ile alınmıştır. Bu deneyde kullanılan kılavuz rayların test kulesine yapılan bağlantılarında **Şekil 9.28**'de boyutları ve fotoğrafı gösterilen St37 malzemeden imal edilmiş olan konsol elemanlarından yararlanılmıştır.



**Şekil 9.28 :** Kılavuz ray bağlantı konsol eleman boyutları.

Test kabininin kılavuz raylar üzerindeki seyri sırasında konsollara ve konsol bağlantılarına uyguladığı kuvvetleri gözlemek için donut load cell (bilezik yük hücreleri) **Şekil 9.29**'da görüldüğü gibi bağlanmıştır.

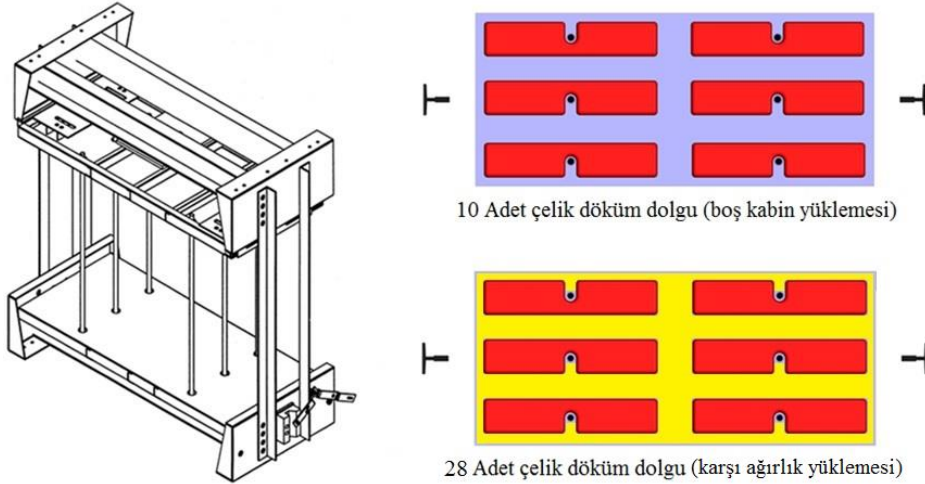
Tırnak bağlantı durumunda; bilezik yük hücresi M12 tırnak üzerine değişik sıkma momentleri uygulanarak bağlanmıştır (**Şekil 9.29**). Bu sıkma momentine tekabül eden ön yüklemde yük hücresi veri toplama programında “sıfır” noktası kabulü yapılarak test işlemleri gerçekleştirilmiştir. Test kabininin kılavuz raylara uyguladığı yükler bu ön yükleme kuvvetinin üstünde ve altında olduğu durumlara göre program çıktısı ve veri kayıt işlemi gerçekleşmektedir. Ön yüklemenin altındaki kuvvetler “eksi”, üstündeki kuvvetler “artı” olarak grafiklerde görülmektedir.



**Şekil 9.29 :** Kılavuz ray bağlantı detayları ve yük hücresi montajı.

### 9.3.2.1 Test kabini boş durumu

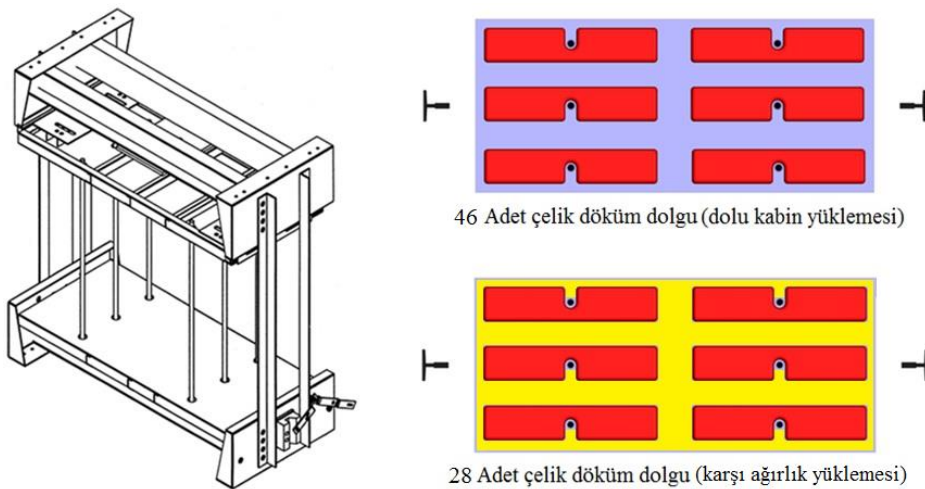
Boş kabin ağırlığını temin etmek için, mavi test kabine bu testte 8 kişilik asansörün boş kabin ağırlığı olan 460 kg sağlamak için 10 parça döküm çelik ağırlık kullanılmıştır. Sarı test kabine 8 kişilik asansörün karşı ağırlığı olan 780 kg sağlamak için 28 parça döküm çelik ağırlık kullanılmıştır.



Şekil 9.30 : Boş kabin yükleme durumu.

### 9.3.2.2 Test kabini yüklü durum

Dolu (%100) kabin ağırlığını temin etmek için, mavi test kabine bu testte 8 kişilik asansörün yüklü olması durumunda dolu kabin ağırlığı olan 1100 kg sağlamak için toplam 46 parça olacak şekilde ek olarak 36 parça döküm çelik ağırlık daha ilave edilmiştir. Sarı test kabine 8 kişilik asansörün karşı ağırlığı olan 780 kg sağlamak için 28 parça döküm çelik ağırlık kullanılmıştır.

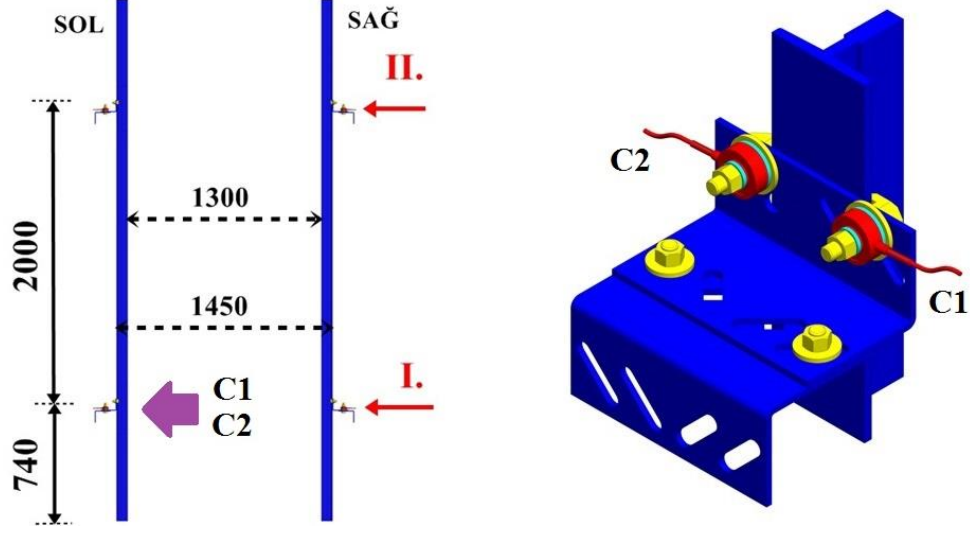


Şekil 9.31 : Dolu kabin yükleme durumu.

### 9.3.3 Testin yapılışı

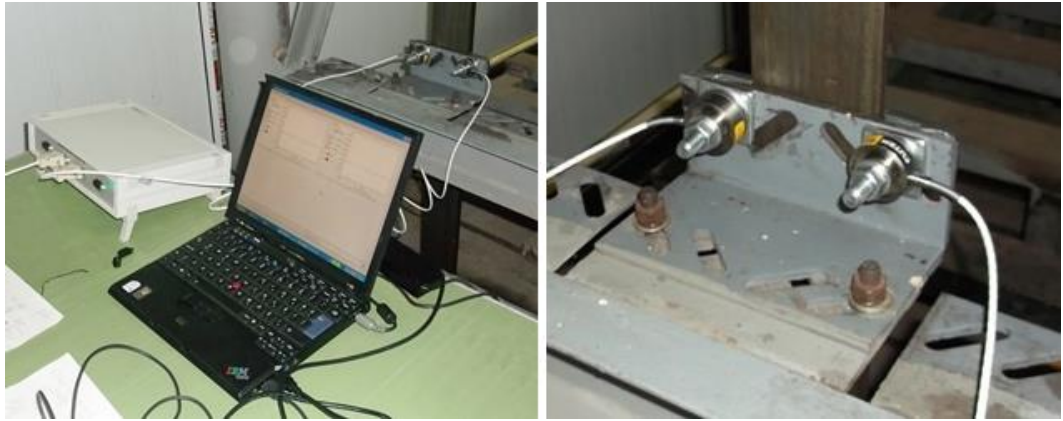
#### 9.3.3.1 Test 1

Bu testte mevcut bilezik yük hücreleri, test kulesi sol kılavuz ray I. seviyedeki mesnet konsol bağlantısına Şekil 9.32’de gösterildiği gibi bağlanır.



Şekil 9.32 : Test-1 bilezik yük hücresi montajı.

Kılavuz ray, tırnak bağlantılarındaki somunların belirli bir moment ile sıkılmak suretiyle istenilen önyükleme ile ayarlanır. Önyükleme kuvvet değerleri DigiVision programı üzerinden kontrol edilir. Kılavuz ray tırnak bağlantısı önyükleme değerine geldiğinde DigiVision programında “sıfır” noktası kabul edilir. Mesnet konsolları üzerine bağlanmış sensörlerin fotoğrafları Şekil 9.33’te gösterilmiştir.



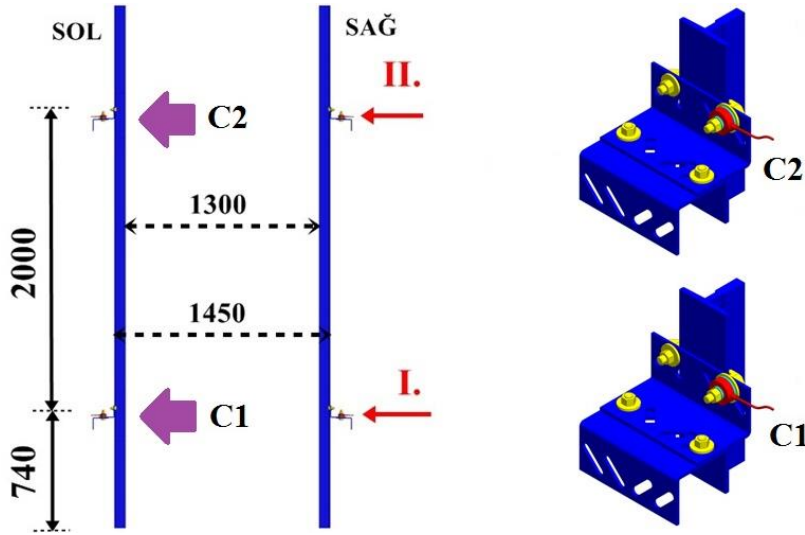
Şekil 9.33 : Bilezik yük hücresi test-1 montaj görüntüsü.

Ölçme ayarlamaları hazır hale getirildikten sonra, test kulesi sepetleri asansörün “boş durum” ve “dolu durum” hal simülasyonları için 10 kez yukarı ve aşağı yönlerde

çalıştırılır. Test kulesi asansör sepetlerinin her iniş ve kalkışlarında, asansör kılavuz ray sisteminin rejime girmesi için 1 dk. beklenir. İşlemler “boş durum” ve “dolu durum” için gerçekleştirilir.

### 9.3.3.2 Test 2

Bu testte mevcut bilezik yük hücreleri, test kulesi sol kılavuz ray I. ve II. seviyedeki mesnet konsol bağlantısına Şekil 9.34’te gösterildiği gibi bağlanır.



Şekil 9.34 : Test-2 bilezik yük hücresi montajı.

Kılavuz ray, tırnak bağlantılarındaki somunların belirli bir moment ile sıkılmak suretiyle istenilen önyüklemeye ayarlanır. Önyüklemeye kuvvet değerleri DigiVision programı üzerinden kontrol edilir. Kılavuz ray tırnak bağlantısı önyüklemeye değerine geldiğinde DigiVision programında “sıfır” noktası kabul edilir. Mesnet konsolları üzerine bağlanmış sensörlerin fotoğrafları Şekil 9.35’te gösterilmiştir.

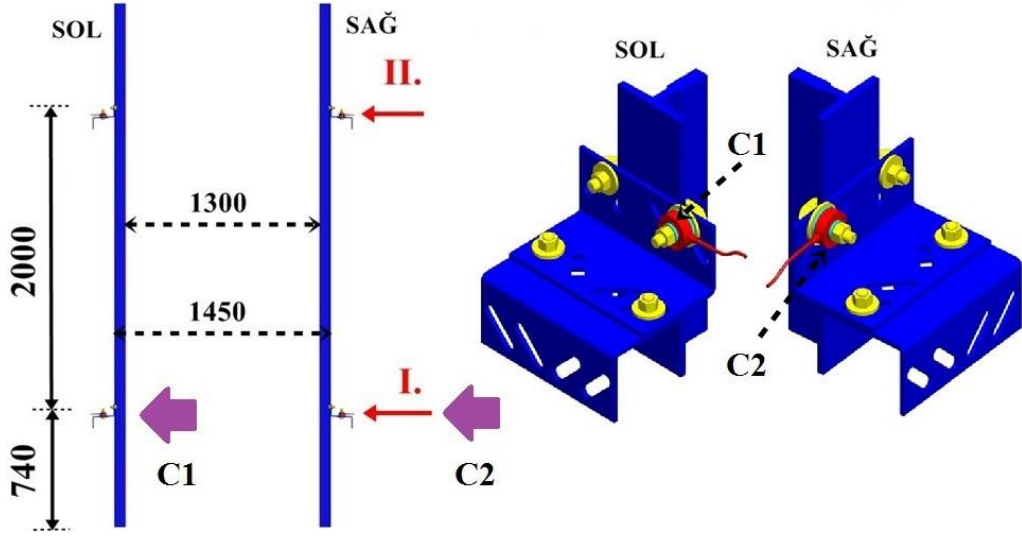


Şekil 9.35 : Bilezik yük hücresi test-2 montaj görüntüsü.

Ölçme ayarlamaları hazır hale getirildikten sonra, test kulesi sepetleri asansörün “boş durum” ve “dolu durum” hal simülasyonları için 10 kez yukarı ve aşağı yönlerde çalıştırılır. Test kulesi asansör sepetlerinin her iniş ve kalkışlarında 1 dk. asansör kılavuz ray sisteminin rejime girmesi için beklenir. İşlemler “boş durum” ve “dolu durum” için gerçekleştirilir.

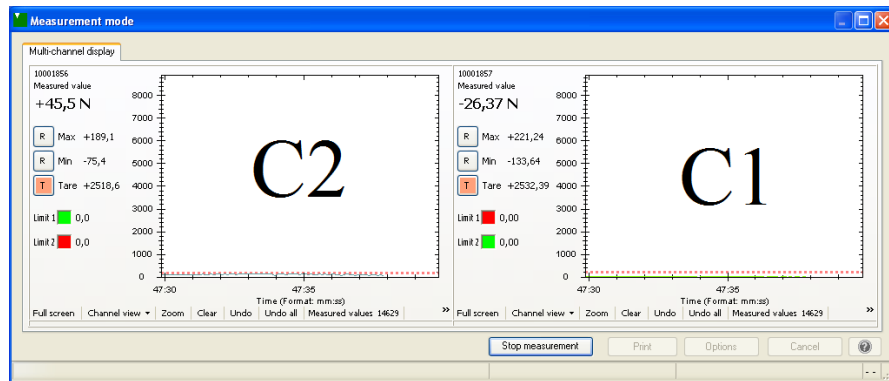
### 9.3.3.3 Test 3

Bu testte mevcut bilezik yük hücreleri, test kulesi sol ve sağ kılavuz ray I. seviyedeki mesnet konsol bağlantısına Şekil 9.36’da gösterildiği gibi bağlanır.



Şekil 9.36 : Test-3 bilezik yük hücresi montajı.

Kılavuz ray, tırnak bağlantılarındaki somunların belirli bir moment ile sıkılmak suretiyle istenilen önyükleme ile ayarlanır. Önyükleme kuvvet değerleri DigiVision programı üzerinden kontrol edilir. Kılavuz ray tırnak bağlantısı önyükleme değerine geldiğinde DigiVision programında “sıfır” noktası kabul edilir.



Şekil 9.37 : DigiVision programı ölçme modu görüntüsü.

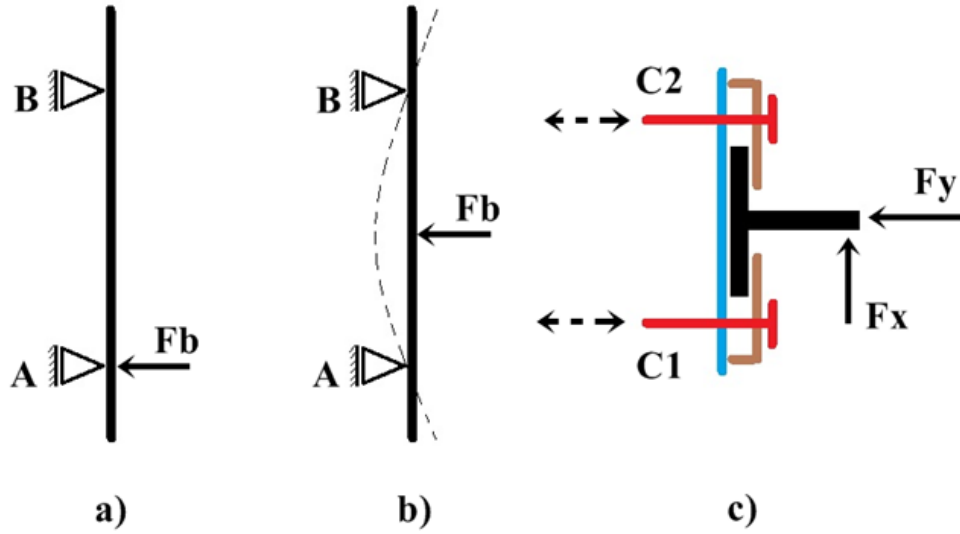
DigiVision programı ölçme modu penceresi **Şekil 9.37**'de gösterilmiştir. Ölçme ayarlamaları hazır hale getirildikten sonra, test kulesi sepetleri asansörün “boş durum” ve “dolu durum” hal simülasyonları için 10 kez yukarı ve aşağı yönlerde çalıştırılır. Test kulesi asansör sepetlerinin her iniş ve kalkışlarında 1 dk. asansör kılavuz ray sisteminin rejime girmesi için beklenir. İşlemler “boş durum” ve “dolu durum” için gerçekleştirilir.

#### **9.3.4 Test sonuçları**

Bu çalışmada T90/B kılavuz ray profil bağlantı elemanları ve mesnetlerine gelen tepki kuvvetleri için incelemeler ve testler yapılmıştır. Yapılan testlerde 7,3 m yüksekliğindeki test kulesindeki test kabini çalışması sırasında tırnak bağlantılarına ve konsol bağlantılarına gelen kuvvetler ölçülmüş ve kayıt edilmiştir. T90/B kılavuz ray tabana oturtma yöntemiyle ve toplamda dört mesnet ile test kulesi çelik konstrüksiyonuna bağlanmıştır. Yapılan testlerde bu dört mesnetten alttan ilk iki seviyedeki mesnetlere bağlanmış bilezik yük hücrelerinden alınan ölçme veri değerlerini kapsamaktadır. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda veri toplama cihazından alınan yük değerleri **Çizelge 9.8** ve **Çizelge 9.9**'da verilmiştir. Kılavuz ray bağlantı elemanlarına gelen kuvvetlerin değişim karakteristiklerini gösteren DigiVision programından alınan grafikler **Ek H**'de verilmiştir.

İki açılı konsol hakkında detaylı bilgi **Bölüm 9.2.7**'de verilmişti. Bu test çalışmasında, iki adet M12 civata-somun ile bağlantısı yapılmış açılı konsollar kılavuz ray mesnetleme görevi görmektedir. **Çizelge 9.9**'dan sensörlerden alınan değerlere bakıldığında ortaya çıkan maksimum yükün, test-3 (C1 sensörü, 3000 N önyükleme) sırasında  $-470.6 N$  olduğu görülmektedir. Maksimum bileşke kuvvetin  $F_y$  eksenine doğrultusunda etkidiği düşünüldüğünde sepet kabinin boş ve yüklü çalışma koşullarında konsol civata bağlantısının,  $s=16\sim17$  kat emniyetli olduğu görülmektedir (Konsollar bir adet civata bağlantısı tarafından;  $F_{ön} = 37748\sim40444 N$  'luk kuvvet yüklemesine, 2 adet bağlantı için toplamda  $\sum F_{ön} = 75496\sim80888 N$  'luk kuvvet yüklemesine maruz bırakılmış olacaktır.  $\sum F_{ön} = 75496\sim80888 N$  'luk ön yüklemesine maruz bir konsol bağlantısının çözülebilmesi için uygulanması gereken minimum teorik kuvvet **(7.52)** denklemi ve **Çizelge D. 2**'den  $F_s = 7549\sim8088 N$  olarak elde edilecektir. Bu demek oluyor ki, teorik olarak konsol bağlantısının yükten

mütevellit çözülebilmesi için deney sırasında y eksenini doğrultusunda uygulanması gereken minimum yük  $F_s=7549\sim 8088\text{ N}$  aralığında olmalıdır).



Şekil 9.38 : Kılavuz ray üzerine etkiyen kuvvetler.

Şekil 9.38.a'da görüldüğü gibi patenlerden gelen kuvvetin direkt olarak konsol üzerine etkimesi durumunda; C1 sensör verilerinin, kuvvet genliğindeki artışların  $F_x$ ,  $-F_y$  veya her ikisinin bileşke kuvvetinden ( $F_b$ ) kaynaklandığı, tersi durumda kuvvet genliğindeki azalışların ise  $F_y$ ,  $-F_x$  veya her ikisinin bileşke kuvvetinin ( $F_b$ ) etkisiyle değiştiği ortadadır (Şekil 9.38.c).

Şekil 9.38.b'de görüldüğü gibi patenlerden gelen kuvvetin konsol üstü harici mesafeden veya iki konsol ortasından etkimesi durumunda, C1 sensör verilerinin  $F_x$ ,  $F_y$  veya her ikisinin bileşke kuvvetlerinin ( $F_b$ ) yanısıra ilave olarak  $F_x$  ve  $F_y$  kuvvetleri sonucu ortaya çıkan  $M_x$ ,  $M_y$  eğilme momentleri ve  $M_b$  burulma momentleri etkisiyle değişeceği açıkça görülmektedir (Şekil 9.38.c).

Ek H'de gösterilen, test kulesi konsol bağlantıları tırnak civatalarından alınan sensör veri grafikleri incelendiğinde, belirli bir önyükleme kuvveti ile sıkılan tırnak bağlantılarının kabinin boş ve yüklü çalışma durumlarında, asansör sistemi rejime girdiğinde, gerilme genliği çok düşük bile olsa genel değişken bir dinamik zorlamaya maruz kaldığı görülmektedir. Bununla birlikte sensör veri grafiklerinde görülen ekstrem yük artışlarının kabin test sepetinin duruş ve kalkış sırasındaki ani ivmelenmelerinden kaynaklandığı görülmüştür. Aynı zamanda test-2 durumu incelendiğinde, patenler C1 ve C2 sensörlerinden geçerken konsol bağlantılarına uyguladığı yüklerin aynı cins fakat şiddetlerinin farklı olduğu görülmüştür.

**Çizelge 9.8 : Boş kabin-mesnetlerde ortaya çıkan kuvvetler [N].**

Yük Hücresi	Ön Yükleme	Test-1		Test-2		Test-3	
		Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
C1	2000	-47.3	42.4	-28.6	75.9	-91.1	42.0
	2500	-58.5	38.4	-77.3	13.4	-131.8	37.9
	3000	-63.0	113.9	-102.3	-11.1	-59.4	78.6
C2	2000	-105.2	91.4	-192.2	3.1	-162.8	70.0
	2500	-120.4	79.4	-135.1	71.8	-197.5	57.5
	3000	-180.2	41.5	-106.6	97.7	-110.6	142.3

Ayrıca Merz'in yaptığı çalışmalar sonunda "Merkezden kılavuzlanmış asansör kabin raylarındaki ankrajların değişken gerilmelere maruz kaldığını bütün test çalışmaları göstermiştir. Hatta asansör kabini boş çalışması durumunda, kabin destek mesnetlerini geçerken değişken yükler ankrajlara transfer edilmektedir" ifadelerine [88] eserinde yer vermiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan testler neticesinde elde edilen veriler değerlendirildiğinde, Merz'in bu çıkarımının gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 9.9 : Yüklü (%100) kabin-mesnetlerde ortaya çıkan kuvvetler [N].**

Yük Hücresi	Ön Yükleme	Test-1		Test-2		Test-3	
		Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
C1	2000	-332.0	78.6	-179.2	94.3	-43.8	208.2
	2500	-186.3	103.2	-339.6	127.3	-133.6	221.2
	3000	-223.4	55.4	-292.7	4.4	-470.6	172.0
C2	2000	-229.2	72.2	-135.1	127.1	-68.7	179.3
	2500	-230.5	55.3	-186.0	125.8	-75.4	189.1
	3000	-197.1	168.1	-116.8	151.2	-169.9	111.9

## 10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Şehirleşme ve çok katlı binaların artması ile birlikte asansörlerin günlük hayatımız içindeki önemi artmış ve düşey tranport sistemlerinde kullandığımız vazgeçilmez bir ulaşım aracı haline gelmiştir. Deprem riski yüksek olan yerleşim merkezlerinde yoğun trafik yüküne maruz bu ulaşım araçlarının yolcu can güvenliği ve emniyeti açısından önemi bir kat daha artmıştır. Olası risk durumlarında bu ulaşım araçlarının emniyetli bir şekilde seyir sağlaması için sistemin temel elemanları ile ilgili olarak çalışmalar yapılması gereği ortaya çıkmıştır.

Son 500 yıldır Marmara Denizindeki Kuzey Anadolu fay sistemi üzerinde yapılan deprem araştırmaları, dev bir metropol konumundaki İstanbul'da güçlü bir sarsıntının gerçekleşme ihtimalinin, önümüzdeki 30 yıl içerisinde,  $62\pm 15$ , önümüzdeki on yıl içerisinde ise  $32\pm 12$  olduğunu göstermektedir. Sismik risk alanındaki bütün binalar deprem şoklarına dayanıklı şekilde tasarlanmalıdır. Sismik risk bölgesindeki asansörler ve asansör kuyuları normal kurulum uygulamalarının ötesinde ek önlemler gerektirmektedir [87]. Uyarıları doğrultusunda asansör sistemlerinde güvenli ve konforlu bir seyahat sağlamak açısından komple ray bağlantı sisteminin en temel elemanlarını oluşturan kılavuz raylar, kılavuz rayları kuyu duvar yüzeyine sabitlemek ve kılavuz rayların doğrusallığını sağlamak için kullanılan ray konsolları ve sabitleme tırnakları hakkında çalışmalar yapılmış ve alınması gereken ek önlemler üzerinde durulmuştur.

Asansör sisteminin en temel elemanlarını oluşturan bu parçaların değişik yükleme durumlarındaki davranışlarının incelenmesi, gözlemlenmesi ve alınacak yeni konstrüktif tedbirlerin araştırılması maksadı ile bir deney düzeneği tasarlanmış ve kurulmuştur. Bu deney düzeneği ile yapılan deneyler ile asansör sisteminin temel elemanları hakkında elle tutulur somut verilerin elde edilmesi hedeflenmiştir.

Ayrıca bu çalışmada, örnek bir asansör projesi referans alınarak kılavuz raylar ve ray konsolları incelenmiştir. Kılavuz rayların gerilme ve sehim hesaplamaları analitik yöntemle yapılırken, rayları asansör kuyu duvarına mesnetlemeye yarayan ray konsollarına gelen yükler deneysel olarak incelenmiştir.

Analitik olarak yapılan hesaplamalarda, örnek asansör projesi referans alınarak incelenen T90/B kılavuz ray profilinin, güvenlik mekanizmasının devreye girmesi durumunda ve merkezden kaçık yükleme durumunda, asansör sistemindeki görevini izin verilen emniyet gerilme ve sehim değerlerinin altında güvenli bir şekilde yerine getirdiği görülmüştür. Bununla birlikte kılavuz ray konsolları arasındaki mesafeler merkezden kaçık yükleme durumları değiştirilerek analitik hesaplar tekrarlanmış ve sonuçlar çizelge halinde verilmiştir. Söz konusu çizelgeler incelendiğinde mesnet konsollar arası mesafe, merkezden kaçık yükleme değeri ve yükleme miktarı artırıldıkça kılavuz raylarda ortaya çıkan gerilme ve sehim değerlerinin artış yönünde değiştiği gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada ayrıca, komple kılavuz ray bağlantı sisteminin deneysel gerilme analizi için tasarlanan deney düzeneğinde kullanılan ölçme donanımı, İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuvarı'nda mevcut test kulesindeki T90/B kılavuz ray ve bağlantı elemanlarına uygulanarak deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu testte mevcut sensörler ve veri toplama sistemi kılavuz ray bağlantı elemanlarına bağlanarak, asansör test kabınınin değişik yükleme durumları incelenerek bağlantı elemanlarından gerçek veriler elde edilmiştir. Yapılan tez çalışması sonunda, Merz'in çıkarımları (sonuçları) deneysel olarak ispatlanmıştır. Buna göre, asansör kabınınin boş çalışması durumunda dahi kabin ray bağlantı mesnetlerini geçerken değişken yüklerin mesnetlerin asansör kuyu duvarındaki ankrajlarına kadar transfer edildiği görülmüştür.

Ayrıca sismik bölgelerde kurulacak asansör sistemler için, ekstrem durumların bir ön kabul doğrultusunda, kılavuz ray bağlantı sistemlerinde şiddetle ihtiyaç ve gerekli olan standardizasyon çalışması yapılması faydalı olacaktır. Bu standartlar doğrultusunda proje aşamasında, asansör sistemi ve özelliklerinin belirlenmesi yerinde olacaktır.

Bu çalışmanın devamı olarak, komple sistemin davranışını analiz edebilmek için, karşılıklı ray bağlantı mesnetleri ile kabin altına ve üstüne isabet eden mesnetlere sensörlerin aynı anda yerleştirilerek sonuçların alınması yararlı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [01] **İmrak, C. E., Gerdemeli, İ.** (2000). *Asansörler ve Yürüyen Merdivenler*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [02] **Çulum, E.** (1993). *Asansörler Dünya'daki ve Türkiye'deki Teknolojisi Uygulamaları Standartlar Yönetmelikler*, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 6 Ağustos 1993, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, İstanbul.
- [03] **Url-1** <<http://www.otisworldwide.com/pdf/AboutElevators.pdf>>, alındığı tarih: 18.01.2012.
- [04] **Url-2** <<http://argenteditions.com/fuller-flatiron-building-p-33.html>>, alındığı tarih: 06.07.2012.
- [05] **Url-3** <<http://www.kilerholding.com.tr/basin/haberler.aspx?hid=19>>, alındığı tarih: 17.12.2012.
- [06] **Türkiye'deki en yüksek binalar listesi.** *Wikipedia*. Alındığı tarih: 17.12.2012, adres: [http://tr.wikipedia.org/wiki/Türkiye'deki\\_en\\_yüksek\\_binalar\\_listesi](http://tr.wikipedia.org/wiki/Türkiye'deki_en_yüksek_binalar_listesi)
- [07] **Çeri, G.** (2011). *Asansörlerde Bakım Onarım Yetersizliğinden Kaynaklanan Kazalar*, Mühendis ve Makina Dergisi, Cilt 52 Sayı 623 Aralık 2011, Ankara.
- [08] **Çelik, F.** (2008). *Depreme Dayanıklı Asansörler ve Manuel Kabin-İçeride Kurtarma Sistemi*, alındığı tarih: 10.08.2012, adres: [www.emo.org.tr/ekler/599dc0d41a8cda9\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/599dc0d41a8cda9_ek.pdf).
- [09] **Özmen, B., Nurlu, M., Güler, H.** (1997). *Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi*, alındığı tarih: 22.03.2013, adres: [http://www.mta.gov.tr/v2.0/images/deprem/dep\\_bol\\_harita.gif](http://www.mta.gov.tr/v2.0/images/deprem/dep_bol_harita.gif).
- [10] **İmrak, C. E., Atay, S.** (2012). *Komple Asansör Ray Bağlantı Sisteminin Pratik Gerilme Davranışının İncelenmesi*, İTÜ Makine Fakültesi Asansör Teknolojileri Laboratuvarı Proje Raporu, İstanbul.
- [11] **TS 10922 EN 81-1.** (2001). *Asansörler – Yapım ve Montaj İçin Güvenlik Kuralları – Bölüm 1: Elektrikli Asansörler*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [12] **Janovsky, L.** (1999). *Elevator Mechanical Design*, Elevator World Inc., Third Edition, New York.
- [13] **Merz, M.**, (2010). *Practical Stress Behaviour of Complete Rail Fastening Systems*, ELEVATION Vol.68, p56-62.
- [14] **95/16/AT.** (2004). *Asansör yönetmeliği*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara.

- [15] **Url-4** <<http://www.kuleasansor.com/teknik-bilgiler/s-n-fland-rma.html>>, alındığı tarih: 04.07.2012.
- [16] **Url-5** <<http://www.sanelasansor.com>>, alındığı tarih: 04.07.2012.
- [17] **Url-6** <[http://vivi55987121.en.busytrade.com/selling\\_leads/info/988982/Sell-Elevator-Guide-Rail.html](http://vivi55987121.en.busytrade.com/selling_leads/info/988982/Sell-Elevator-Guide-Rail.html)>, alındığı tarih: 10.07.2012.
- [18] **Bangash, M. Y. H., Bangash, T.** (2007). *Lifts, Elevators, Escalators and Moving Walkways / Travelators*, London, 37-38.
- [19] **TS 4789 ISO 7465.** (2002). *İnsan ve Yük Asansörleri – Kılavuz Raylar, Asansör Kabinleri ve Karşı Ağırlıkları – T Tipi*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [20] **Bedir, S.** (2007). *Çift Yönlü Asansör Fren Bloklarının Modellenmesi ve Sonlu Elemanların Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [21] **Tavashoğlu, S.** (2005). *Asansör Uygulamaları*, Serkon Teknik Danışmanlık İletişim ve Özel Eğitim Ltd. Şti., İzmir.
- [22] **İmrak, C. E., Bozdağ, E., Sünbülüoğlu, E., Toprak, T., Targıt, S.** (2006). *Experimental Stress Analysis of Guide Rails*, ELEVCON 2006 – The 16th Int Congress on Vertical Transportation Technologies, Helsinki, 111-120.
- [23] **Rildova., Singh, M. P.** (2004). *Seismic Performance of Rail-Counterweight System of Elevator in Buildings*, Ph.D., Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
- [24] **Nichols, S. R.** (2009). *Investigation and Application of a Multi-Physics Modeling Methodolgy for Component Noise Reduction*, Master of Science Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, Hatford.
- [25] **CIBSE Guide D.** (2000). *Lift Components and Installation, Transportation Systems in Buildings*, London.
- [26] **Url-7** <<http://www.corusnz.com/downloads/ElevatorGuideRails-FAQs.pdf>>, alındığı tarih: 30.07.2012.
- [27] **Targıt, S.** (2003). *Asansör Kılavuz Rayları Özellikler ve Uygulamalar*, İletim Teknolojileri Kongre ve Sergisi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, İstanbul.
- [28] **T. C. MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI, MEGEP.** (2011). *Elektrik Elektronik Teknolojisi, Asansör Kabin Donanımları*, Ankara.
- [29] **Demirsöz, R.** (2004). *Asansör Kılavuz Raylarının Gerilme Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [30] **Koç, S.** (2009). *Asansör Kılavuz Ray Konsollarının Gerilme Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [31] **Targıt, S.** (2011). *Asansörlerin Binayla Teması ve Kılavuzları*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara.

- [32] **ASRAY.** (2002). *Elevator Guide Rails Installation and Alignment*, Educational Focus: Elevator Guide Rails, Elevator World, September 2002.
- [33] **Elmalı, S.** (2011). *Kılavuz Ray Bağlantı Elemanlarının Gerilme Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [34] **Sanz, J., Fernandez, J. E.** (2008). *Importance of the Riding Path in Elevator Safety*, ELEVCON 2008 – The 17th Int Congress on Vertical Transportation Technologies, Thessaloniki, 345-353.
- [35] **TS 971.** (1988). *Yüzey Pürüzlülüğü - Parametreler ve Pürüzlülük Tespiti Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Aralık 1988.
- [36] **BS 5655-9.** (1985). *Lifts and service lifts, Part 9: Specification for guide rails*, British Standard.
- [37] **Url-8** <<http://www.indiamart.com/goodluckind/elevator-traction-machines.html>>, alındığı tarih: 15.07.2012.
- [38] **Kan, İ. G.** (2006). *Asansör Tekniği*, Elektrikli Cilt:1, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [39] **Installation Manuel.** (1999). *Basic Field Practices for Installation of Elevator and Escalator Equipment*, Elevator World Inc.
- [40] **T. C. MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI, MEGEP.** (2011). *Asansör Kuyu Donanımları*, Elektrik Elektronik Teknolojisi, Ankara.
- [41] **Url-9** <<http://www.asray.com/Tr/Urunler>>, alındığı tarih: 11.04.2011.
- [42] **Figliolini, Cory T., Coleman, Keith R., El-Korchi, Tahar.** (2008). *The Effects of Hole Cleaning on Post-Installed Anchor Systems in Concrete*, Worcester Polytechnic Institute, Electronic Projects Collection, MQP Project sponsored by HILTI.
- [43] **Li, K. K., Suen, A. M. T.** (2005). *Lift Ride Quality Standard for Public Buildings of the Hong Kong Special Administrative Region*, ELEVCON 2005, The 15th Int Congress on Vertical Transportation Technologies, Beijing.
- [44] **Hagiwara, T., Hamada, T., Yamamoto, S.** (2004). *Automatic Guide-Rail Measuring System for Elevator Installation and Renewal*, Mechanical Engineering Research Laboratory & Hitachi Building System, ELEVCON 2004, The 14th Int Congress on Vertical Transportation Technologies, İstanbul, 106-112.
- [45] **Utsunomiya, K., Okamoto, K., Yumura, T., Funai, K., Kuraoka, H.** (2001). *Active Roller Guide System for High Speed Elevators*, ELEVCON 2001, The 11th Int Congress on Vertical Transportation Technologies, Singapore, 198-205.
- [46] **Kıral, Z.** (2008). *Ray Deformasyonlarının Asansör Kabini Titreşimlerine Etkisinin İncelenmesi*, Mühendis ve Makina, Cilt: 49, Sayı: 578.
- [47] **Herrera, I., Gragera, C.** (2002). *Effective Safety Of The Electromechanical Elevator Safety Gear*, ELEVCON 2002, The 12th Int Congress on Vertical Transportation Technologies, Milan, 110-119.

- [48] **Okamoto, K., Yumura, T., Kuraoka, H., Saragai, K., Kojima, K.** (2000). *A New Slide Guide Shoe to Suppress Elevator Vibration*, Mitsubishi Electric Corporation, ELEVCON 2000, The 10th Int Congress on Vertical Transportation Technologies, Berlin, 108-114.
- [49] **Çavdar, K., Karpat, F., Güngören, Y.** (2005). *Asansörler İçin Parasüt Fren Sistemi Tasarımı*, II. İletim Teknolojileri Kongre ve Sergisi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İstanbul.
- [50] **Janovsky, L.** (1993). *Elevator Mechanical Design*, Safety Gear, Ellis Horwood series, Second Edition, New York.
- [51] **Jong, De J.** (2004). *Understanding the Natural Behaviour of Elevator Safety Gears*, Kone, ELEVCON 2004, The International Congress on Vertical Transportation Technologies, İstanbul.
- [52] **Inglis, J.** (1998). *Evolution of Safety Gear*, ELEVCON 98, The International Congress on Vertical Transportation Technologies, Zurich.
- [53] **Akdemir, L.** (2007). *Güvenlik Tertibatları Hakkında*, Asansör Dünyası Dergisi, Sayı 75 Ocak-Şubat, İstanbul.
- [54] **Cottardo, R.** (2009). *Nasıl Çalışır, How it Works*, Elevatori The European Elevator Magazine, AYSAD, Second Edition, Milano.
- [55] **TMMOB Makina Mühendisleri Odası.** (2008). *Asansör Avan ve Uygulama Projeleri Hazırlama Teknik Esasları*, İzmir.
- [56] **Fraden, J.** (2004). *Handbook of Modern Sensors Physics Designs and Applications*, Third edition, Springer, New York, USA.
- [57] **Url-10** <<http://hobidevreleri.com/projeler/2011/grup4/proje.htm>>, alındığı tarih: 04.12.2012.
- [58] **Url-11** <<http://www.elektrik.gen.tr>>, *Endüstriyel Sensörler ve Uygulama alanları*, alındığı tarih: 04.12.2012.
- [59] **Url-12** <<http://www.teknikdestek.com.tr/loadcell.html>>, alındığı tarih: 02.12.2012.
- [60] **T. C. MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI, MEGEP.** (2008). *Reçete Hazırlama*, Kimya Teknolojisi, Ankara.
- [61] **Url-13** <<http://www.ishida.com/technologies/loadcell/html.html>>, alındığı tarih: 02.12.2012.
- [62] **T. C. MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI.** (2012). *Sensörler ve Transdüserler*, Elektrik Elektronik Teknolojisi, Ankara.
- [63] **HBM.** (2011). *Strain Gages and Accessories*, The HBM's e Strain Gauge Catalog, alındığı tarih: 02.12.2012, adres: [www.hbm.com](http://www.hbm.com).
- [64] **Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd.** (2008). *What's a Strain Gage?, Introduction to Strain Gages*, alındığı tarih: 06.12.2012, adres: [www.kyowa-ei.com](http://www.kyowa-ei.com).
- [65] **Url-14** <[http://www.futek.com/load\\_cell\\_types.aspx](http://www.futek.com/load_cell_types.aspx)>, alındığı tarih: 12.04.2013.

- [66] **Burster.** *Model 8524 Tension and Compression Load Cell Data Sheet*, alındığı tarih: 17.11.2012, adres: [www.burster.com](http://www.burster.com).
- [67] **Url-15** <<http://www.futek.com/product.aspx?t=load&cat=th>>, alındığı tarih: 12.04.2013.
- [68] **Url-16** <[http://www.electronics-tutorials.ws/io/io\\_2.html](http://www.electronics-tutorials.ws/io/io_2.html)>, alındığı tarih: 04.12.2012.
- [69] **Url-17** <[http://www.macrosensors.com/lvdt\\_tutorial.html](http://www.macrosensors.com/lvdt_tutorial.html)>, *LVDT Basics*, alındığı tarih: 03.12.2012.
- [70] **T. C. MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI, MEGEP.** (2008). *Biyomedikal Algılayıcı ve Dönüştürücüler*, Biyomedikal Cihaz Teknolojileri, Ankara.
- [71] **Url-18** <<http://www.rdpe.com/ex/hiw-lvdtc.htm>>, alındığı tarih: 12.04.2013.
- [72] **Akkurt, M.** (1990). *Makine Elemanları*, Cilt I, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [73] **Halliday, D., Resnick, R.** (1991). *Fiziğin Temelleri I*, Mekanik ve Termodinamik, Çeviri: Prof. Dr. Cengiz Yalçın, *Arkadaş Yayınevi*, Ankara.
- [74] **Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.** (2007). *Fundamentals of Physics, Extended*, 8th Edition.
- [75] **Url-19** <<http://www.engineershandbook.com/Software/fea.html>>, alındığı tarih: 17.02.2013.
- [76] **Arıkan, A. S.** (2005). *Sonlu Elemanlar Metodunun Mühendislikte Uygulamaları*, alındığı tarih: 19.02.2013, adres: [www.arsiv.mmo.org.tr/pdf/10944.pdf](http://www.arsiv.mmo.org.tr/pdf/10944.pdf)
- [77] **İmrak, C. E., Atay, S.** (2013). *Komple Ray Bağlantı Sisteminin Deneysel Gerilme Analizi*, İTÜ Makine Fakültesi Asansör Teknolojileri Laboratuvarı, AYSAD Genel Kurul Sunumu, İstanbul.
- [78] **Url-20** <<http://im-tek.com.tr/vidali-pompalar/2440-settima-continuum-serisi-gr28-pompa.html>>, alındığı tarih: 13.01.2013.
- [79] **Dassault Systèmes SolidWorks Corporation.** *SolidWORKS 2010 Help Manuel*.
- [80] **Burster.** *Burster Model 8524 Tension and Compression Load Cell Operation Manual*, alındığı tarih: 17.11.2012, adres: [www.burster.com](http://www.burster.com).
- [81] **Futek.** *Futek LTH350 Donut Hole Load Cell Data Sheet*, alındığı tarih: 29.11.2012, adres: [www.futek.com](http://www.futek.com).
- [82] **Futek.** *Futek Bolt Fastening Application 102 Data Sheet*, alındığı tarih: 29.11.2012, adres: [www.futek.com](http://www.futek.com).
- [83] **Burster.** *Model 8740 DC/DC Displacement Sensors Data Sheet*, alındığı tarih: 17.11.2012, adres: [www.burster.com](http://www.burster.com).
- [84] **Burster.** *Model 8740 DC/DC Displacement Sensors Operation Manual*, alındığı tarih: 17.11.2012, adres: [www.burster.com](http://www.burster.com).
- [85] **Burster.** *Model 9205 USB Sensor Interface Data Sheet*, alındığı tarih: 17.11.2012, adres: [www.burster.com](http://www.burster.com).

- [86] **Burster.** *Model 9205 USB Sensor Interface Operation Manual*, alındığı tarih: 17.11.2012, adres: [www.burster.com](http://www.burster.com).
- [87] **İmrak, C. E., Özkırım, M.** (2010). *İstanbul Sismik Risk Bölgesindeki Asansörler İçin Karşı Tedbirler*, Asansör Dünyası, Sayı:95, Mayıs-Haziran 2010, s.160-167.
- [88] **Merz, M.,** (2008). *Practical Stress Detection on Rail Anchors*, Hilti Corporation, ELEVCON 2008, The 17th Int. Congress on Vertical Transportation Technologies, Thessaloniki, 268-277.
- [89] **Url-21** <<http://www.trfastenings.com/>>, alındığı tarih: 03.10.2012.
- [90] **ETA-99/0001.** (2005). *Torque-controlled expansion anchor, made of galvanised steel, for use in non cracked concrete*, European Organisation for Technical Approvals, Mart 2005.

## **EKLER**

**Ek A :** Narinlik derecesi ( $\lambda$ ) için omega ( $\omega$ ) değerleri

**Ek B :** Verilen ( $l$ ), ( $X_Q$ ) ve ( $Q$ )'ya göre hesaplanan ( $F$ ), ( $\sigma$ ) ve ( $\delta$ ) değerleri

**Ek C :** Standart kabin ölçülerine göre hesaplanan ( $F$ ), ( $\sigma$ ) ve ( $\delta$ ) değerleri

**Ek D :** Standart elik civata ve somun malzemelerinin mekanik zellikleri

**Ek E :** Hilti HSA tork-kontrollü genişleme klipsli ankraj dübelin zellikleri

**Ek F :** GR28 Settima helisel dişli pompa zellikleri

**Ek G :** İmalatı tamamlanan deney düzeneği makine elemanları

**Ek H :** Halatlı asansör test kulesi çalışması deney sonuçları



**Ek A** Narinlik derecesi ( $\lambda$ ) için omega ( $\omega$ ) değerleri [11]

**Çizelge A. 1** :  $\sigma = 370 \text{ N/mm}^2$  için ( $\lambda$ )'ya göre omega ( $\omega$ ) değerleri.

$\lambda$	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									

**Çizelge A. 2 :  $\sigma = 520 \text{ N/mm}^2$  için ( $\lambda$ )'ya göre omega ( $\omega$ ) değerleri.**

$\lambda$	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 B** Verilen ( $l$ ), ( $X_Q$ ) ve ( $Q$ )'ya göre hesaplanan ( $F$ ), ( $\sigma$ ) ve ( $\delta$ ) değerleri

**Çizelge B. 1 :** ( $l$ ), ( $X_Q$ ) ve ( $Q$ )'ya göre hesaplanan ( $F$ ), ( $\sigma$ ) ve ( $\delta$ ) değerleri.

$l$ mm	$X_Q$ mm	$Q$ Kg	$F_x$ N	$\sigma_y$ N/mm <sup>2</sup>	$F_y$ N	$\sigma_x$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_m$ N/mm <sup>2</sup>	$F_k$ N	$\sigma_k$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_c$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_F$ N/mm <sup>2</sup>	$\delta_x$ mm	$\delta_y$ mm
1000	200	800	1529,7	24,31	1745,9	15,69	39,99	22563	16,62	53,07	52,61	28,30	0,20	0,12
		1000	1662,7	26,42	1745,9	15,69	42,11	24525	18,06	56,32	55,96	30,76	0,22	0,12
		1200	1795,7	28,53	1745,9	15,69	44,22	26487	19,51	59,57	59,30	33,22	0,24	0,12
		1400	1928,8	30,65	1745,9	15,69	46,33	28449	20,95	62,82	62,65	35,68	0,25	0,12
		1600	2061,8	32,76	1745,9	15,69	48,45	30411	22,40	66,08	66,00	38,14	0,27	0,12
	300	800	1795,7	28,53	1745,9	15,69	44,22	22563	16,62	57,30	56,41	33,22	0,24	0,12
		1000	1995,3	31,70	1745,9	15,69	47,39	24525	18,06	61,61	60,71	36,91	0,26	0,12
		1200	2194,8	34,87	1745,9	15,69	50,56	26487	19,51	65,91	65,01	40,60	0,29	0,12
		1400	2394,3	38,05	1745,9	15,69	53,73	28449	20,95	70,22	69,31	44,29	0,32	0,12
		1600	2593,8	41,22	1745,9	15,69	56,90	30411	22,40	74,53	73,61	47,99	0,34	0,12
	400	800	2061,8	32,76	1745,9	15,69	48,45	22563	16,62	61,53	60,22	38,14	0,27	0,12
		1000	2327,8	36,99	1745,9	15,69	52,67	24525	18,06	66,89	65,47	43,06	0,31	0,12
		1200	2593,8	41,22	1745,9	15,69	56,90	26487	19,51	72,26	70,72	47,99	0,34	0,12
		1400	2859,9	45,44	1745,9	15,69	61,13	28449	20,95	77,62	75,97	52,91	0,38	0,12
		1600	3125,9	49,67	1745,9	15,69	65,36	30411	22,40	82,98	81,22	57,83	0,41	0,12
1250	200	800	1529,7	30,38	1745,8	19,61	49,99	22563	18,69	63,07	63,68	28,30	0,39	0,23
		1000	1662,7	33,03	1745,8	19,61	52,63	24525	20,32	66,85	67,69	30,76	0,43	0,23
		1200	1795,7	35,67	1745,8	19,61	55,27	26487	21,94	70,63	71,69	33,22	0,46	0,23
		1400	1928,7	38,31	1745,8	19,61	57,92	28449	23,57	74,41	74,69	35,68	0,50	0,23
		1600	2061,8	40,95	1745,8	19,61	60,56	30411	25,19	78,19	79,70	38,14	0,53	0,23
	300	800	1795,7	35,67	1745,8	19,61	55,27	22563	18,69	68,35	68,44	33,22	0,46	0,23
		1000	1995,3	39,63	1745,8	19,61	59,24	24525	20,32	73,45	73,63	36,91	0,51	0,23
		1200	2194,8	43,59	1745,8	19,61	63,20	26487	21,94	78,55	78,82	40,60	0,57	0,23
		1400	2394,3	47,56	1745,8	19,61	67,16	28449	23,57	83,65	84,02	44,29	0,62	0,23
		1600	2593,8	51,52	1745,8	19,61	71,13	30411	25,19	88,76	89,21	47,99	0,67	0,23
	400	800	2061,8	40,95	1745,8	19,61	60,56	22563	18,69	73,64	73,19	38,14	0,53	0,23
		1000	2327,8	46,24	1745,8	19,61	65,84	24525	20,32	80,06	79,58	43,06	0,60	0,23
		1200	2593,8	51,52	1745,8	19,61	71,13	26487	21,94	86,48	85,96	47,99	0,67	0,23
		1400	2859,9	56,80	1745,8	19,61	76,41	28449	23,57	92,90	92,34	52,91	0,74	0,23
		1600	3125,9	62,09	1745,8	19,61	81,69	30411	25,19	99,32	98,72	57,83	0,81	0,23

**Çizelge B. 2 :** ( $l$ ), ( $X_Q$ ) ve ( $Q$ )'ya göre hesaplanan ( $F$ ), ( $\sigma$ ) ve ( $\delta$ ) değerleri.

$l$ mm	$X_Q$ mm	$Q$ Kg	$F_x$ N	$\sigma_y$ N/mm <sup>2</sup>	$F_y$ N	$\sigma_x$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_m$ N/mm <sup>2</sup>	$F_k$ N	$\sigma_k$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_c$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_F$ N/mm <sup>2</sup>	$\delta_x$ mm	$\delta_y$ mm
1500	200	800	1529,7	36,46	1745,9	23,53	59,99	22563	21,41	73,07	75,40	28,30	0,68	0,40
		1000	1662,7	39,63	1745,9	23,53	63,16	24525	23,27	77,38	80,11	30,76	0,74	0,40
		1200	1795,7	42,80	1745,9	23,53	66,33	26487	25,13	81,68	84,83	33,22	0,80	0,40
		1400	1928,8	45,97	1745,9	23,53	69,50	28449	27,00	85,99	89,55	35,68	0,86	0,40
		1600	2061,8	49,14	1745,9	23,53	72,67	30411	28,86	90,30	94,26	38,14	0,92	0,40
	300	800	1795,7	42,80	1745,9	23,53	66,33	22563	21,41	79,41	81,11	33,22	0,80	0,40
		1000	1995,3	47,56	1745,9	23,53	71,08	24525	23,27	85,30	87,25	36,91	0,89	0,40
		1200	2194,8	52,31	1745,9	23,53	75,84	26487	25,13	91,19	93,39	40,60	0,98	0,40
		1400	2394,3	57,07	1745,9	23,53	80,60	28449	27,00	97,09	99,53	44,29	1,07	0,40
		1600	2593,8	61,82	1745,9	23,53	85,35	30411	28,86	102,98	105,67	47,99	1,16	0,40
	400	800	2061,8	49,14	1745,9	23,53	72,67	22563	21,41	85,75	86,81	38,14	0,92	0,40
		1000	2327,8	55,48	1745,9	23,53	79,01	24525	23,27	93,23	94,38	43,06	1,04	0,40
		1200	2593,8	61,82	1745,9	23,53	85,35	26487	25,13	100,71	101,95	47,99	1,16	0,40
		1400	2859,9	68,16	1745,9	23,53	91,69	28449	27,00	108,18	109,52	52,91	1,27	0,40
		1600	3125,9	74,50	1745,9	23,53	98,03	30411	28,86	115,66	117,09	57,83	1,39	0,40
2000	200	800	1529,7	48,61	1745,8	31,37	79,98	22563	28,97	93,06	100,96	28,30	1,62	0,95
		1000	1662,7	52,84	1745,8	31,37	84,21	24525	31,49	98,43	107,28	30,76	1,76	0,95
		1200	1795,7	57,07	1745,8	31,37	88,44	26487	34,01	103,79	113,60	33,22	1,90	0,95
		1400	1928,7	61,29	1745,8	31,37	92,66	28449	36,53	109,16	119,93	35,68	2,04	0,95
		1600	2061,8	65,52	1745,8	31,37	96,89	30411	39,05	114,52	126,25	38,14	2,18	0,95
	300	800	1795,7	57,07	1745,8	31,37	88,44	22563	28,97	101,52	108,57	33,22	1,90	0,95
		1000	1995,3	63,41	1745,8	31,37	94,78	24525	31,49	109,00	116,79	36,91	2,11	0,95
		1200	2194,8	69,75	1745,8	31,37	101,12	26487	34,01	116,47	125,02	40,60	2,32	0,95
		1400	2394,3	76,09	1745,8	31,37	107,46	28449	36,53	123,95	133,24	44,29	2,53	0,95
		1600	2593,8	82,43	1745,8	31,37	113,80	30411	39,05	131,43	141,47	47,99	2,74	0,95
	400	800	2061,8	65,52	1745,8	31,37	96,89	22563	28,97	109,97	116,18	38,14	2,18	0,95
		1000	2327,8	73,98	1745,8	31,37	105,35	24525	31,49	119,56	126,30	43,06	2,46	0,95
		1200	2593,8	82,43	1745,8	31,37	113,80	26487	34,01	129,16	136,43	47,99	2,74	0,95
		1400	2859,9	90,89	1745,8	31,37	122,26	28449	36,53	138,75	146,56	52,91	3,02	0,95
		1600	3125,9	99,34	1745,8	31,37	130,71	30411	39,05	148,34	156,69	57,83	3,30	0,95

**Çizelge B. 3 :** ( $l$ ), ( $X_Q$ ) ve ( $Q$ )'ya göre hesaplanan ( $F$ ), ( $\sigma$ ) ve ( $\delta$ ) değerleri.

$l$ mm	$X_Q$ mm	$Q$ Kg	$F_x$ N	$\sigma_y$ N/mm <sup>2</sup>	$F_y$ N	$\sigma_x$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_m$ N/mm <sup>2</sup>	$F_k$ N	$\sigma_k$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_c$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_F$ N/mm <sup>2</sup>	$\delta_x$ mm	$\delta_y$ mm
2500	200	800	1529,7	60,77	1745,9	39,21	99,98	22563	45,08	113,06	135,06	28,30	3,16	1,86
		1000	1662,7	66,05	1745,9	39,21	105,26	24525	49,00	119,48	143,73	30,76	3,43	1,86
		1200	1795,7	71,33	1745,9	39,21	110,55	26487	52,92	125,90	152,41	33,22	3,70	1,86
		1400	1928,8	76,62	1745,9	39,21	115,83	28449	56,84	132,32	161,09	35,68	3,98	1,86
		1600	2061,8	81,90	1745,9	39,21	121,12	30411	60,76	138,74	169,76	38,14	4,25	1,86
	300	800	1795,7	71,33	1745,9	39,21	110,55	22563	45,08	123,63	144,57	33,22	3,70	1,86
		1000	1995,3	79,26	1745,9	39,21	118,47	24525	49,00	132,69	155,62	36,91	4,12	1,86
		1200	2194,8	87,19	1745,9	39,21	126,40	26487	52,92	141,75	166,68	40,60	4,53	1,86
		1400	2394,3	95,11	1745,9	39,21	134,33	28449	56,84	150,82	177,73	44,29	4,94	1,86
		1600	2593,8	103,04	1745,9	39,21	142,25	30411	60,76	159,88	188,78	47,99	5,35	1,86
	400	800	2061,8	81,90	1745,9	39,21	121,12	22563	45,08	134,20	154,08	38,14	4,25	1,86
		1000	2327,8	92,47	1745,9	39,21	131,68	24525	49,00	145,90	167,51	43,06	4,80	1,86
		1200	2593,8	103,04	1745,9	39,21	142,25	26487	52,92	157,61	180,94	47,99	5,35	1,86
		1400	2859,9	113,61	1745,9	39,21	152,82	28449	56,84	169,31	194,37	52,91	5,90	1,86
		1600	3125,9	124,17	1745,9	39,21	163,39	30411	60,76	181,02	207,81	57,83	6,45	1,86
3000	200	800	1529,7	72,92	1745,8	47,06	119,97	22563	64,91	133,05	172,89	28,30	5,45	3,21
		1000	1662,7	79,26	1745,8	47,06	126,32	24525	70,56	140,53	184,24	30,76	5,93	3,21
		1200	1795,7	85,60	1745,8	47,06	132,66	26487	76,20	148,01	195,59	33,22	6,40	3,21
		1400	1928,7	91,94	1745,8	47,06	139,00	28449	81,85	155,49	206,94	35,68	6,88	3,21
		1600	2061,8	98,28	1745,8	47,06	145,34	30411	87,49	162,97	218,29	38,14	7,35	3,21
	300	800	1795,7	85,60	1745,8	47,06	132,66	22563	64,91	145,74	184,30	33,22	6,40	3,21
		1000	1995,3	95,11	1745,8	47,06	142,17	24525	70,56	156,39	207,81	36,91	7,11	3,21
		1200	2194,8	104,62	1745,8	47,06	151,68	26487	76,20	167,03	212,71	40,60	7,82	3,21
		1400	2394,3	114,14	1745,8	47,06	161,19	28449	81,85	177,68	226,92	44,29	8,53	3,21
		1600	2593,8	123,65	1745,8	47,06	170,70	30411	87,49	188,33	241,12	47,99	9,25	3,21
	400	800	2061,8	98,28	1745,8	47,06	145,34	22563	64,91	158,42	195,72	38,14	7,35	3,21
		1000	2327,8	110,96	1745,8	47,06	158,02	24525	70,56	172,24	212,77	43,06	8,30	3,21
		1200	2593,8	123,65	1745,8	47,06	170,70	26487	76,20	186,06	229,83	47,99	9,25	3,21
		1400	2859,9	136,33	1745,8	47,06	183,38	28449	81,85	199,88	246,89	52,91	10,19	3,21
		1600	3125,9	149,01	1745,8	47,06	196,07	30411	87,49	213,69	263,95	57,83	11,14	3,21



**Ek C** Standart kabin ölçülerine göre hesaplanan ( $F$ ), ( $\sigma$ ) ve ( $\delta$ ) değerleri

**Çizelge C. 1** : En büyük ve en küçük kabin alan değerleri [55].

Kabindeki insan sayısı	Beyan yükü (kütle) Kg	Kullanılabilir en küçük kabin alanı (m <sup>2</sup> )	Kullanılabilir en büyük kabin alanı - İNSAN (m <sup>2</sup> )	Kullanılabilir en büyük kabin alanı - YÜK (m <sup>2</sup> )
1	100 <sup>(1)</sup>	0,28	0,37	
2	180 <sup>(2)</sup>	0,49	0,58	
3	225	0,60	0,70	
4	300	0,79	0,90	
5	375	0,98	1,10	
	400		1,17	1,68
6	450	1,17	1,30	1,84
7	525	1,31	1,45	2,08
8	600	1,45	1,60	2,32
	630		1,66	2,42
9	675	1,59	1,75	2,56
10	750	1,73	1,90	2,80
	800		2,00	2,96
11	825	1,87	2,05	3,04
12	900	2,01	2,20	3,28
13	975	2,15	2,35	3,52
	1000		2,40	3,60
14	1050	2,29	2,50	3,72
15	1125	2,43	2,65	3,90
16	1200	2,57	2,80	4,08
	1250		2,90	4,20
17	1275	2,71	2,95	4,26
18	1350	2,85	3,10	4,44
19	1425	2,99	3,25	4,62
20	1500	3,13	3,40	4,80
	1600 <sup>(3)</sup>		3,56	5,04
	2000		4,20	
	2500 <sup>(4)</sup>		5,00	

1) Bir kişilik asansör için en küçük beyan yükü

2) İki kişilik asansör için en küçük beyan yükü

3) 1600 kg üzerindeki yükler için her 100 kg ilave yük başına 0,40 m<sup>2</sup> eklenmelidir.

4) 2500 kg üzerindeki yükler için her 100 kg ilave yük başına 0,16 m<sup>2</sup> eklenmelidir.

Beyan yükünün ara değerleri için kabin alanları lineer enterpolasyonla bulunur.

Kullanılabilir en küçük kabin alanı 20 kişinin üstündeki insan sayıları için şahıs başına, 0,115 m<sup>2</sup> ilave edilir.



**Çizelge C. 2 : Kabin ölçülerine göre hesaplanan (  $F$  ), (  $\sigma$  ) ve (  $\delta$  ) değerleri.**

$l$ mm	$X_Q$ mm	$D_x \times D_y$ m <sup>2</sup>	$Q$ Kg	$F_x$ N	$\sigma_y$ N/mm <sup>2</sup>	$F_y$ N	$\sigma_x$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_m$ N/mm <sup>2</sup>	$F_k$ N	$\sigma_k$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_c$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_F$ N/mm <sup>2</sup>	$\delta_x$ mm	$\delta_y$ mm
1000	200	1,6x1,4	1000	1662,7	26,42	1745,9	15,69	42,11	24525	18,06	56,32	55,96	30,76	0,22	0,12
		1,6x1,8	1275	1845,6	29,33	2244,7	20,17	49,49	27223	20,05	65,27	64,59	34,14	0,24	0,15
		1,6x2,1	1600	2061,8	32,76	2618,8	23,53	56,29	30411	22,40	73,92	73,06	38,14	0,27	0,18
	300	1,6x1,4	1000	1995,3	31,70	1745,9	15,69	47,39	24525	18,06	61,61	60,71	36,91	0,26	0,12
		1,6x1,8	1275	2269,6	36,06	2244,7	20,17	56,23	27223	20,05	72,01	70,65	41,99	0,30	0,15
		1,6x2,1	1600	2593,8	41,22	2618,8	23,53	64,74	30411	22,40	82,37	80,66	47,99	0,34	0,18
	400	1,6x1,4	1000	2327,8	36,99	1745,9	15,69	52,67	24525	18,06	66,89	65,47	43,06	0,31	0,12
		1,6x1,8	1275	2693,6	42,80	2244,7	20,17	62,97	27223	20,05	78,75	76,72	49,83	0,36	0,15
		1,6x2,1	1600	3125,9	49,67	2618,8	23,53	73,20	30411	22,40	90,83	88,27	57,83	0,41	0,18
1250	200	1,6x1,4	1000	1662,7	33,03	1745,8	19,61	52,63	24525	20,32	66,85	67,69	30,76	0,43	0,23
		1,6x1,8	1275	1845,6	36,66	2244,7	25,21	61,87	27223	22,55	77,65	78,23	34,14	0,48	0,30
		1,6x2,1	1600	2061,8	40,95	2618,8	29,41	70,36	30411	25,19	87,99	88,52	38,14	0,53	0,35
	300	1,6x1,4	1000	1995,3	39,63	1745,8	19,61	59,24	24525	20,32	73,45	73,63	36,91	0,51	0,23
		1,6x1,8	1275	2269,6	45,08	2244,7	25,21	70,29	27223	22,55	86,07	85,81	41,99	0,59	0,30
		1,6x2,1	1600	2593,8	51,52	2618,8	29,41	80,93	30411	25,19	98,56	98,03	47,99	0,67	0,35
	400	1,6x1,4	1000	2327,8	46,24	1745,8	19,61	65,84	24525	20,32	80,06	79,58	43,06	0,60	0,23
		1,6x1,8	1275	2693,6	53,50	2244,7	25,21	78,71	27223	22,55	94,49	93,39	49,83	0,69	0,30
		1,6x2,1	1600	3125,9	62,09	2618,8	29,41	91,50	30411	25,19	109,13	107,54	57,83	0,81	0,35
1500	200	1,6x1,4	1000	1662,7	39,63	1745,9	23,53	63,16	24525	23,27	77,38	80,11	30,76	0,74	0,40
		1,6x1,8	1275	1845,6	43,99	2244,7	30,25	74,24	27223	25,83	90,02	92,65	34,14	0,82	0,52
		1,6x2,1	1600	2061,8	49,14	2618,8	35,29	84,43	30411	28,86	102,06	104,85	38,14	0,92	0,60
	300	1,6x1,4	1000	1995,3	47,56	1745,9	23,53	71,08	24525	23,27	85,30	87,25	36,91	0,89	0,40
		1,6x1,8	1275	2269,6	54,10	2244,7	30,25	84,35	27223	25,83	100,13	101,74	41,99	1,01	0,52
		1,6x2,1	1600	2593,8	61,82	2618,8	35,29	97,11	30411	28,86	114,74	116,26	47,99	1,16	0,60
	400	1,6x1,4	1000	2327,8	55,48	1745,9	23,53	79,01	24525	23,27	93,23	94,38	43,06	1,04	0,40
		1,6x1,8	1275	2693,6	64,20	2244,7	30,25	94,45	27223	25,83	110,23	110,84	49,83	1,20	0,52
		1,6x2,1	1600	3125,9	74,50	2618,8	35,29	109,80	30411	28,86	127,43	127,68	57,83	1,39	0,60

**Çizelge C. 3 : Kabin ölçülerine göre hesaplanan (  $F$  ), (  $\sigma$  ) ve (  $\delta$  ) değerleri.**

$l$ mm	$X_Q$ mm	$D_x \times D_y$ m <sup>2</sup>	$Q$ Kg	$F_x$ N	$\sigma_y$ N/mm <sup>2</sup>	$F_y$ N	$\sigma_x$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_m$ N/mm <sup>2</sup>	$F_k$ N	$\sigma_k$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_c$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_F$ N/mm <sup>2</sup>	$\delta_x$ mm	$\delta_y$ mm
2000	200	1,6x1,4	1000	1662,7	52,84	1745,8	31,37	84,21	24525	31,49	98,43	107,28	30,76	1,76	0,95
		1,6x1,8	1275	1845,6	58,65	2244,7	40,33	98,99	27223	34,96	114,77	124,04	34,14	1,95	1,22
		1,6x2,1	1600	2061,8	65,52	2618,8	47,06	112,58	30411	39,05	130,21	140,37	38,14	2,18	1,43
	300	1,6x1,4	1000	1995,3	63,41	1745,8	31,37	94,78	24525	31,49	109,00	116,79	36,91	2,11	0,95
		1,6x1,8	1275	2269,6	72,13	2244,7	40,33	112,46	27223	34,96	128,24	136,17	41,99	2,40	1,22
		1,6x2,1	1600	2593,8	82,43	2618,8	47,06	129,49	30411	39,05	147,12	155,59	47,99	2,74	1,43
	400	1,6x1,4	1000	2327,8	73,98	1745,8	31,37	105,35	24525	31,49	119,56	126,30	43,06	2,46	0,95
		1,6x1,8	1275	2693,6	85,60	2244,7	40,33	125,93	27223	34,96	141,72	148,30	49,83	2,84	1,22
		1,6x2,1	1600	3125,9	99,34	2618,8	47,06	146,40	30411	39,05	164,02	170,81	57,83	3,30	1,43
2500	200	1,6x1,4	1000	1662,7	66,05	1745,9	39,21	105,26	24525	49,00	119,48	143,73	30,76	3,43	1,86
		1,6x1,8	1275	1845,6	73,32	2244,7	50,42	123,73	27223	54,39	139,51	165,75	34,14	3,80	2,39
		1,6x2,1	1600	2061,8	81,90	2618,8	58,82	140,72	30411	60,76	158,35	187,41	38,14	4,25	2,79
	300	1,6x1,4	1000	1995,3	79,26	1745,9	39,21	118,47	24525	49,00	132,69	155,62	36,91	4,12	1,86
		1,6x1,8	1275	2269,6	90,16	2244,7	50,42	140,58	27223	54,39	156,36	180,91	41,99	4,68	2,39
		1,6x2,1	1600	2593,8	103,04	2618,8	58,82	161,86	30411	60,76	179,49	206,43	47,99	5,35	2,79
	400	1,6x1,4	1000	2327,8	92,47	1745,9	39,21	131,68	24525	49,00	145,90	167,51	43,06	4,80	1,86
		1,6x1,8	1275	2693,6	107,00	2244,7	50,42	157,42	27223	54,39	173,20	196,06	49,83	5,56	2,39
		1,6x2,1	1600	3125,9	124,17	2618,8	58,82	182,99	30411	60,76	200,62	225,45	57,83	6,45	2,79
3000	200	1,6x1,4	1000	1662,7	79,26	1745,8	47,06	126,32	24525	70,56	140,53	184,24	30,76	5,93	3,21
		1,6x1,8	1275	1845,6	87,98	2244,7	60,50	148,48	27223	78,32	164,26	211,95	34,14	6,58	4,13
		1,6x2,1	1600	2061,8	98,28	2618,8	70,58	168,87	30411	87,49	186,50	239,47	38,14	7,35	4,81
	300	1,6x1,4	1000	1995,3	95,11	1745,8	47,06	142,17	24525	70,56	156,39	207,81	36,91	7,11	3,21
		1,6x1,8	1275	2269,6	108,19	2244,7	60,50	168,69	27223	78,32	184,47	230,14	41,99	8,09	4,13
		1,6x2,1	1600	2593,8	123,65	2618,8	70,58	194,23	30411	87,49	211,86	262,30	47,99	9,25	4,81
	400	1,6x1,4	1000	2327,8	110,96	1745,8	47,06	158,02	24525	70,56	172,24	212,77	43,06	8,30	3,21
		1,6x1,8	1275	2693,6	128,40	2244,7	60,50	188,90	27223	78,32	204,68	248,33	49,83	9,60	4,13
		1,6x2,1	1600	3125,9	149,01	2618,8	70,58	219,59	30411	87,49	237,22	285,12	57,83	11,14	4,81

**Ek D** Standart çelik civata ve somun malzemelerinin mekanik özellikleri

**Çizelge D. 1** : Çelik civata ve somun malzemelerinin simgeleri [72].

Simge	Yeni	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9
	Eski	4A	4D	4S	5D	5S	6D	6S	6G	8G	10K	12K	-
Kopma Mukavemeti $\sigma_K$ , daN/mm <sup>2</sup>		34...42	40...55		50...70		60...80			80...100	100...120	120...140	140...160
Minimum akma sınırı $\sigma_{AK}$ , daN/mm <sup>2</sup>		20	24	32	30	40	36	48	54	64	90	108	126
Minimum kopma uzaması $\delta_S$ , %		25	25	14	20	10	16	8	12	12	9	8	7

**Çizelge D. 2 : Metrik civatalar için ön-yük ve sıkma tork değerleri [89].**

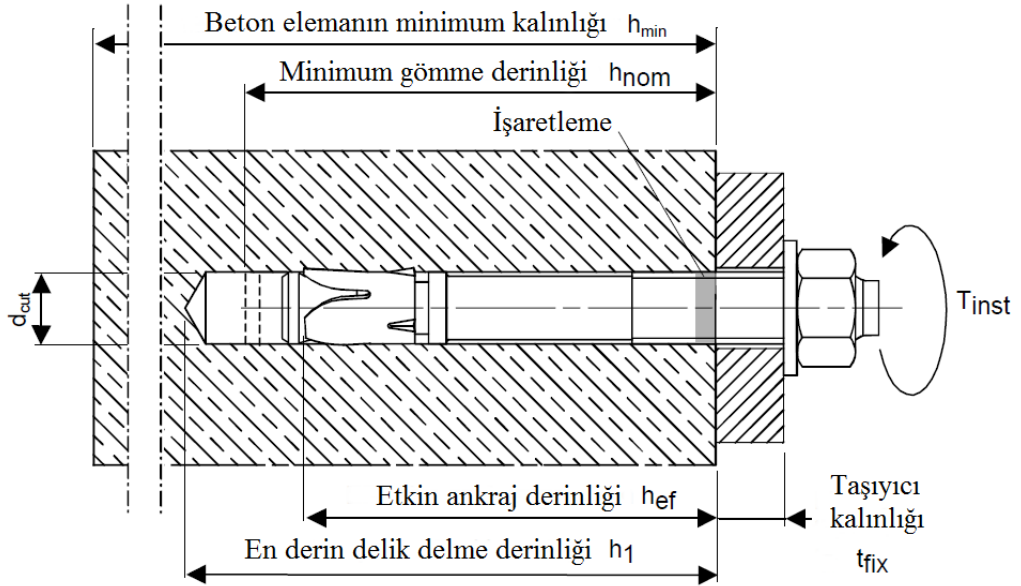
ISO898 / 1 Sınıfı için Maksimum Ön-yük (N) Özellikleri									ISO898 / 1 Sınıfı için Maksimum Sıkma Torku (Nm) Özellikleri							
Diş	Sürtünme katsayısı	3.6	4.6	5.6 - 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6 - 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9	Çevirme faktörü
M6	0,100	3200	3400	4270	5550	9760	13700	16450	2,8	3,0	3,8	4,8	8,6	12,0	14,5	0,00087
	0,125	3050	3240	4060	5270	9290	13050	15650	3,2	3,4	4,3	5,6	9,9	14,0	16,5	0,00106
	0,140	2960	1350	3940	5120	9010	12650	15200	3,5	3,7	4,6	6,0	10,5	15,0	18,0	0,00117
M8	0,100	5870	6260	7830	10170	17900	25200	30200	6,8	7,2	9,1	11,7	21,0	29,0	35,0	0,00115
	0,125	5590	5960	7460	9690	17050	24000	28800	7,9	8,3	10,5	13,6	24,0	34,0	40,0	0,0014
	0,140	5420	5780	7230	9390	16550	23200	27900	8,4	8,9	11,0	14,5	26,0	36,0	43,0	0,00145
M10	0,100	9350	9960	12450	16180	28500	40100	48100	13,5	14,4	18,0	23,4	42,0	58,0	70,0	0,0175
	0,125	8900	9480	11850	15400	27100	38200	45800	15,5	16,6	21,0	27,0	48,0	67,0	81,0	0,00195
	0,140	8640	9200	11500	14900	26300	37000	44400	17,0	18,0	22,0	29,0	51,0	72,0	87,0	0,00175
M12	0,100	13600	14520	18150	23500	41500	58400	70000	24,0	25,0	31,0	41,0	72,0	101,0	121,0	0,0021
	0,125	13000	13840	17300	22400	39600	55600	66800	27,0	29,0	36,0	47,0	83,0	117,0	140,0	0,0023
	0,140	12600	13400	16800	21800	38400	54000	64800	29,0	31,0	39,0	50,0	89,0	125,0	150,0	0,002
M14	0,100	18700	19900	24900	32300	57000	80100	96200	37,0	40,0	50,0	47,0	114	160	193	0,0024
	0,125	17800	19000	23800	30900	54300	76400	91700	43,0	46,0	58,0	74,0	132	185	220	0,0027
	0,140	17300	18400	23100	3000	52700	74100	89000	46,0	50,0	62,0	81,0	141	198	240	0,0022
M16	0,100	25700	27400	34300	44500	78300	110000	132000	57,0	60,0	76,0	98,0	174	245	295	0,0027
	0,125	24500	26100	32700	42500	74700	105000	126000	66,0	70,0	88,0	115,0	200	285	340	0,003
	0,140	23800	25300	31700	41200	72600	102000	122500	71,0	76,0	95,0	124,0	215	305	365	0,0025
M18	0,100	31300	33300	41700	54200	95300	134000	161000	79,0	83,0	105	135	240	340	405	0,003
	0,125	29800	31700	39700	51600	90900	128000	153500	91,0	95,0	121	155	275	390	470	0,0034
	0,140	28900	30800	38600	50100	88200	122000	149000	97,0	105	130	171	295	420	500	0,0028
M20	0,100	40200	42800	53500	69500	122500	172000	206000	111	120,0	148	195	340	475	570	0,0033
	0,125	38300	40800	51100	66400	117000	164000	197000	128	135,0	170	219	390	550	660	0,0037
	0,140	37200	39600	49600	66400	113500	159000	191500	138	146	184	238	420	590	710	0,0033
M22	0,100	50100	53400	66800	86800	153000	215000	258000	149,0	160,0	199	260	455	640	765	0,0036
	0,125	47900	51000	63800	82900	146000	205000	246000	173,0	183,0	230	298	530	745	890	0,004
	0,140	46500	49600	62000	80600	142000	199500	239500	186,0	198	250	322	570	800	960	0,0033

**Ek E** Hilti HSA tork-kontrollü genişleme klipsli ankraj dübelin özellikleri

**Çizelge E. 1** : HSA ankraj dübelin montaj bilgileri [90].

Ankraj tipi	$L_{min}$ (mm) (0)	$L_{max}$ (mm) (0)	$d_{cut}$ (mm) (1)	$d_f$ (mm) (2)	$T_{inst}$ (Nm) (3)	$h_{min}$ (mm) (4)	$h_1$ (mm) (5)	$h_{nom}$ (mm) (6)	$h_{ef,sta}$ (mm) (7)	$t_{fix,max}$ (mm) (8)
M6	50	100	6	7	5	100	55	47	40	0 - 45
M8	57	137	8	9	15	100	65	55	48	0 - 72
M10	68	140	10	12	30	100	70	59	50	0 - 70
M12	80	300	12	14	50	140	95	80	70	0 - 205
M16	100	240	16	18	100	170	115	95	84	0 - 125
M20	125	170	20	22	200	210	130	115	103	0 - 30

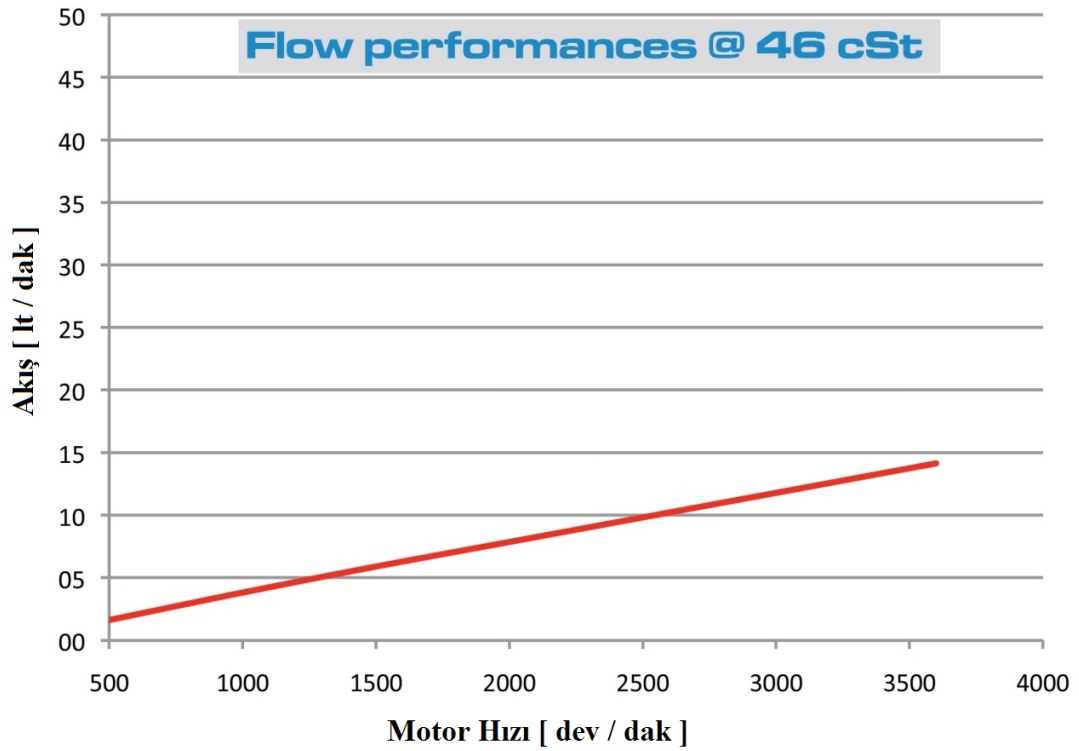
- (0) Civatanın toplam boyu (mm; min – max)
- (1) Matkap ucunun nominal çapı,  $d_{cut}$  (mm)
- (2) Taşıyıcının delik çapı,  $d_f$  (mm)
- (3) Gerekli tork momenti,  $T_{inst}$  (Nm)
- (4) Beton eleman minimum kalınlığı,  $h_{min}$  (mm)
- (5) En derin delik delme derinlik noktası,  $h_1$  (mm)
- (6) Minimum montaj derinliği,  $h_{nom}$  (mm)
- (7) Etkili ankraj derinliği,  $h_{ef}$  (mm)
- (8) Taşıyıcının maksimum kalınlığı,  $t_{fix,max}$  (mm; from - to)



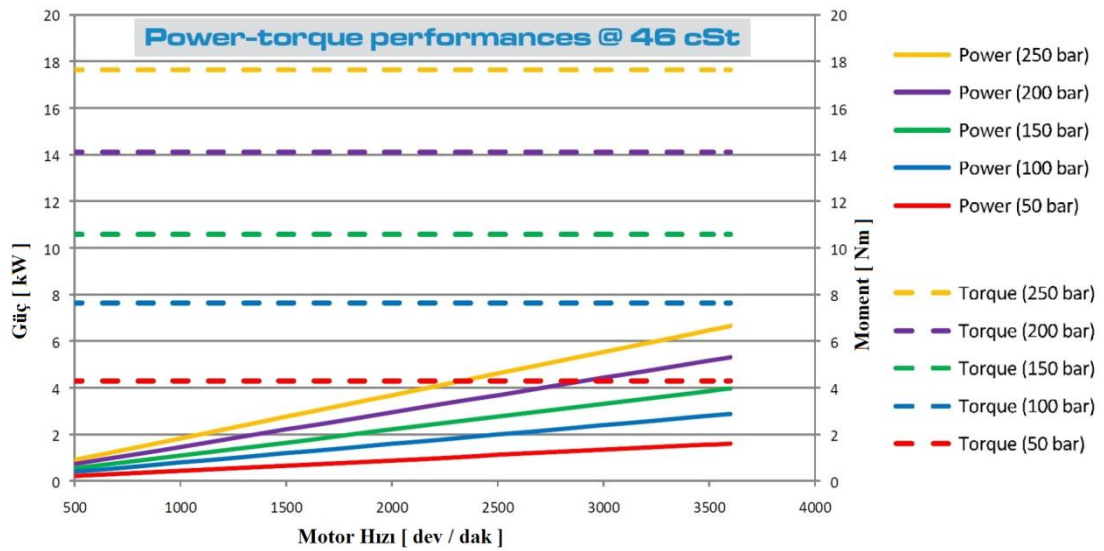
**Şekil E. 1** : Kullanımdaki ankraj dübelin gösterimi [90]



**Ek F** GR28 Settima helisel dişli pompa özellikleri



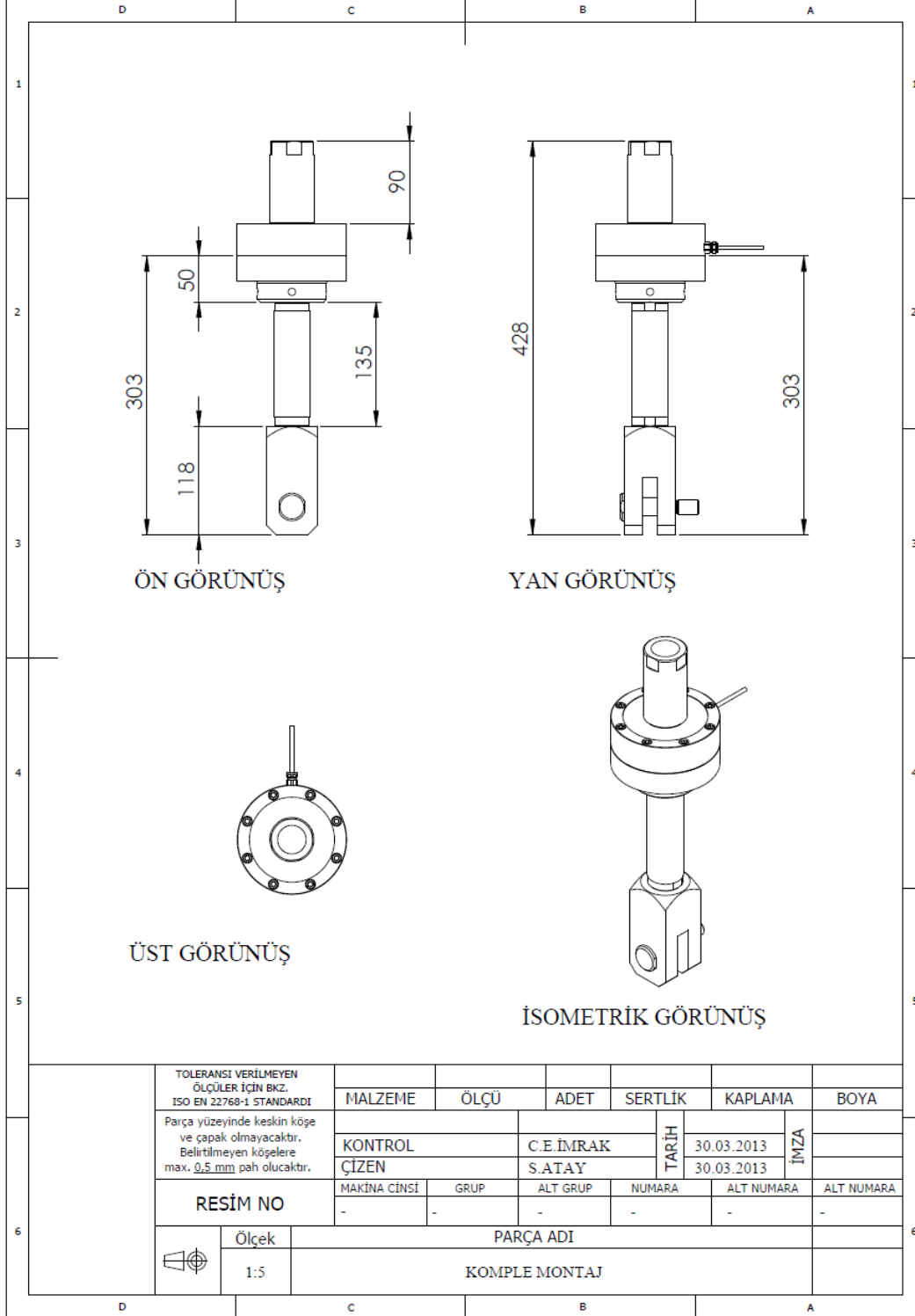
**şekil F. 1** : GR28 helisel dişli pompanın akış performansı [78].



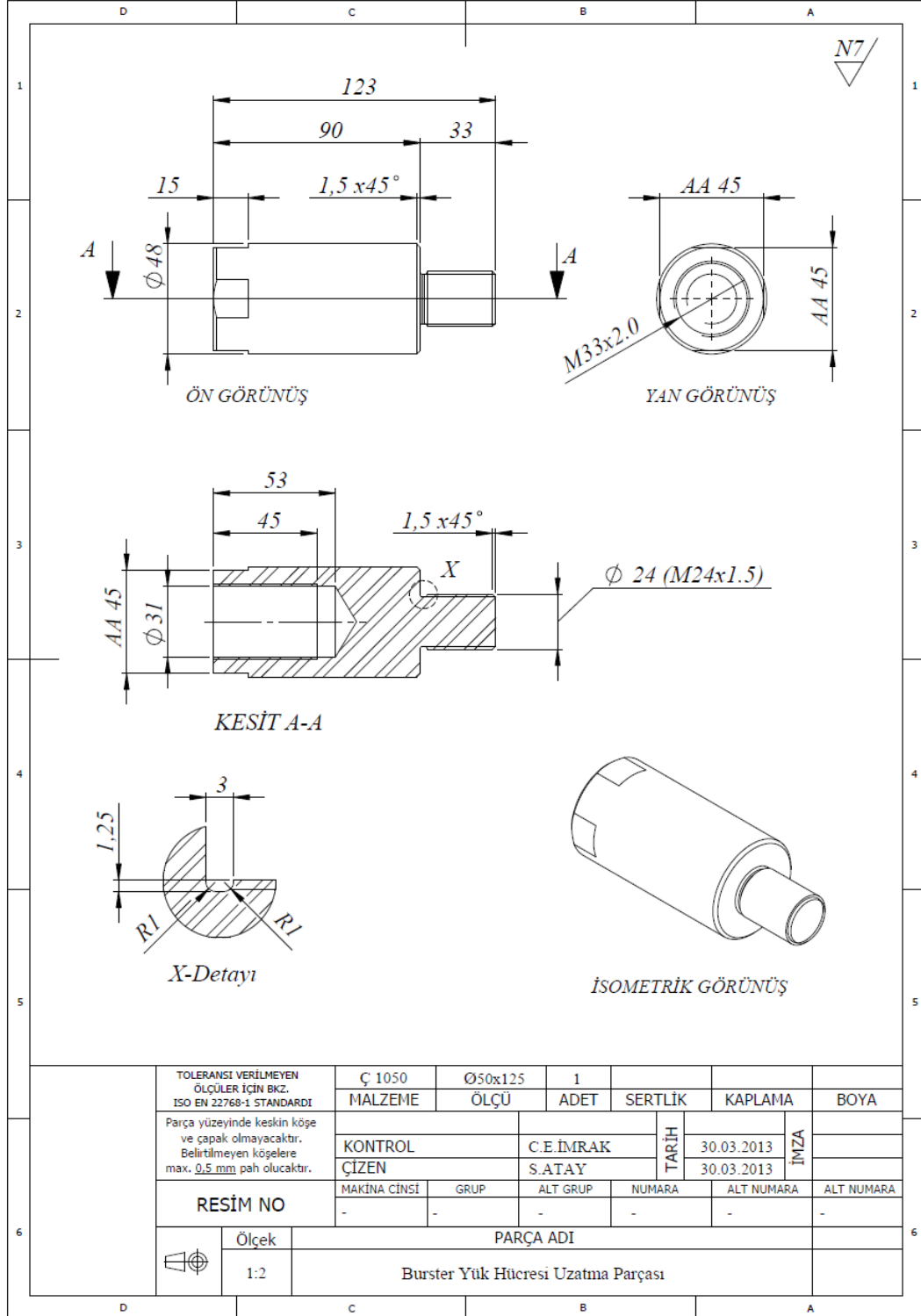
**şekil F. 2** : GR28 helisel dişli pompanın gc-moment performansı [78].



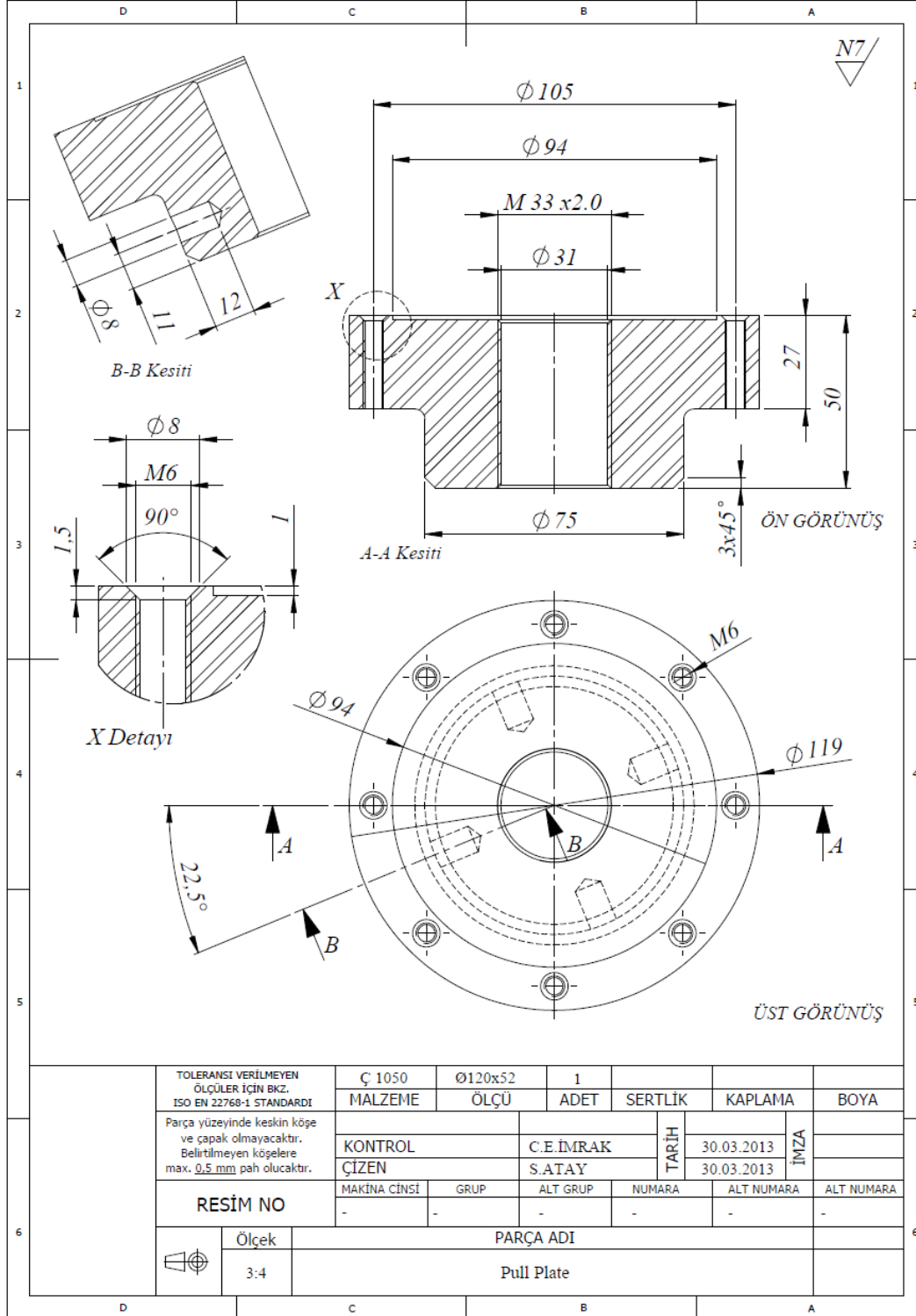




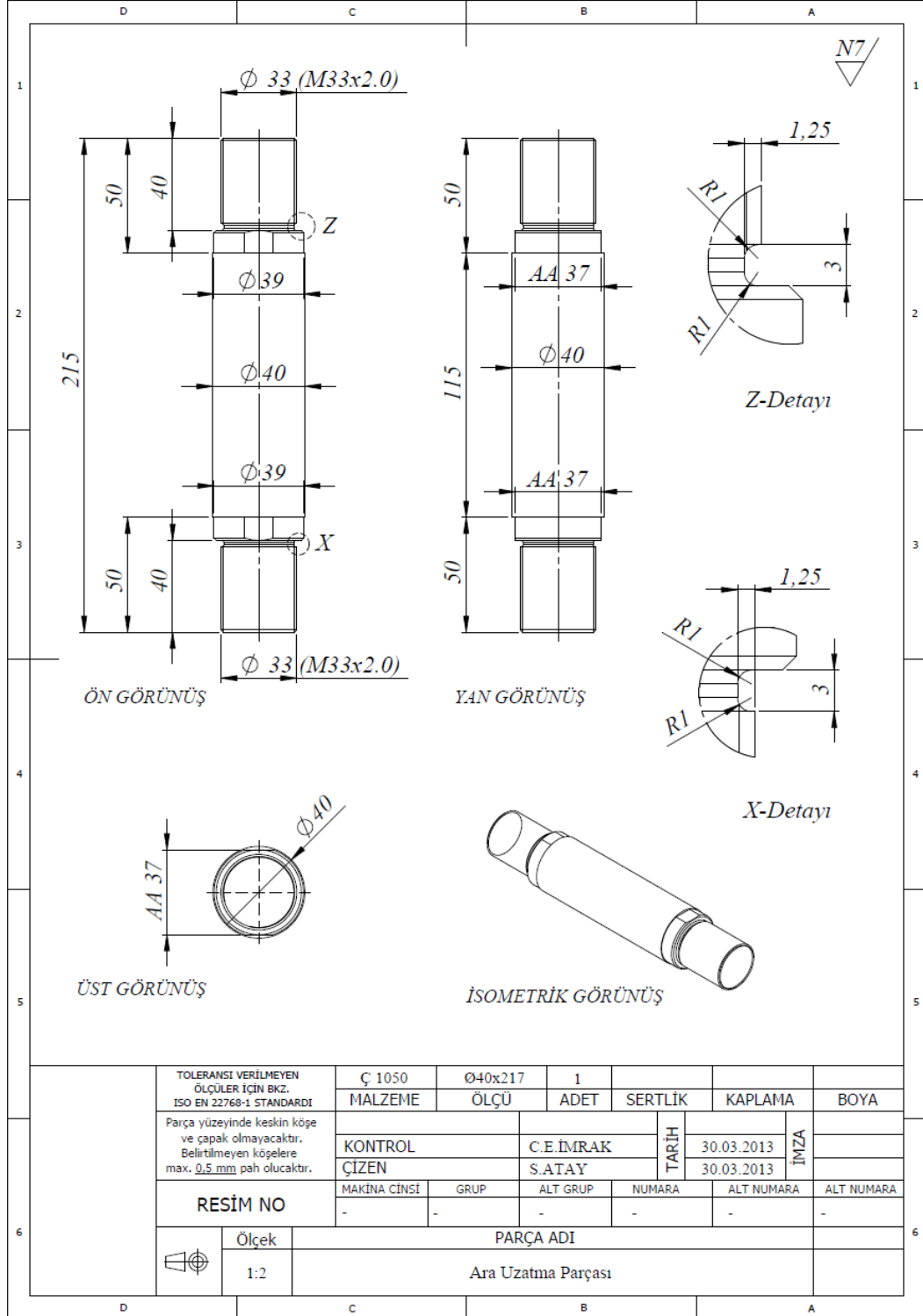
Şekil G. 2 : Model 8524 yük hücresi bağlantısı montaj resmi.



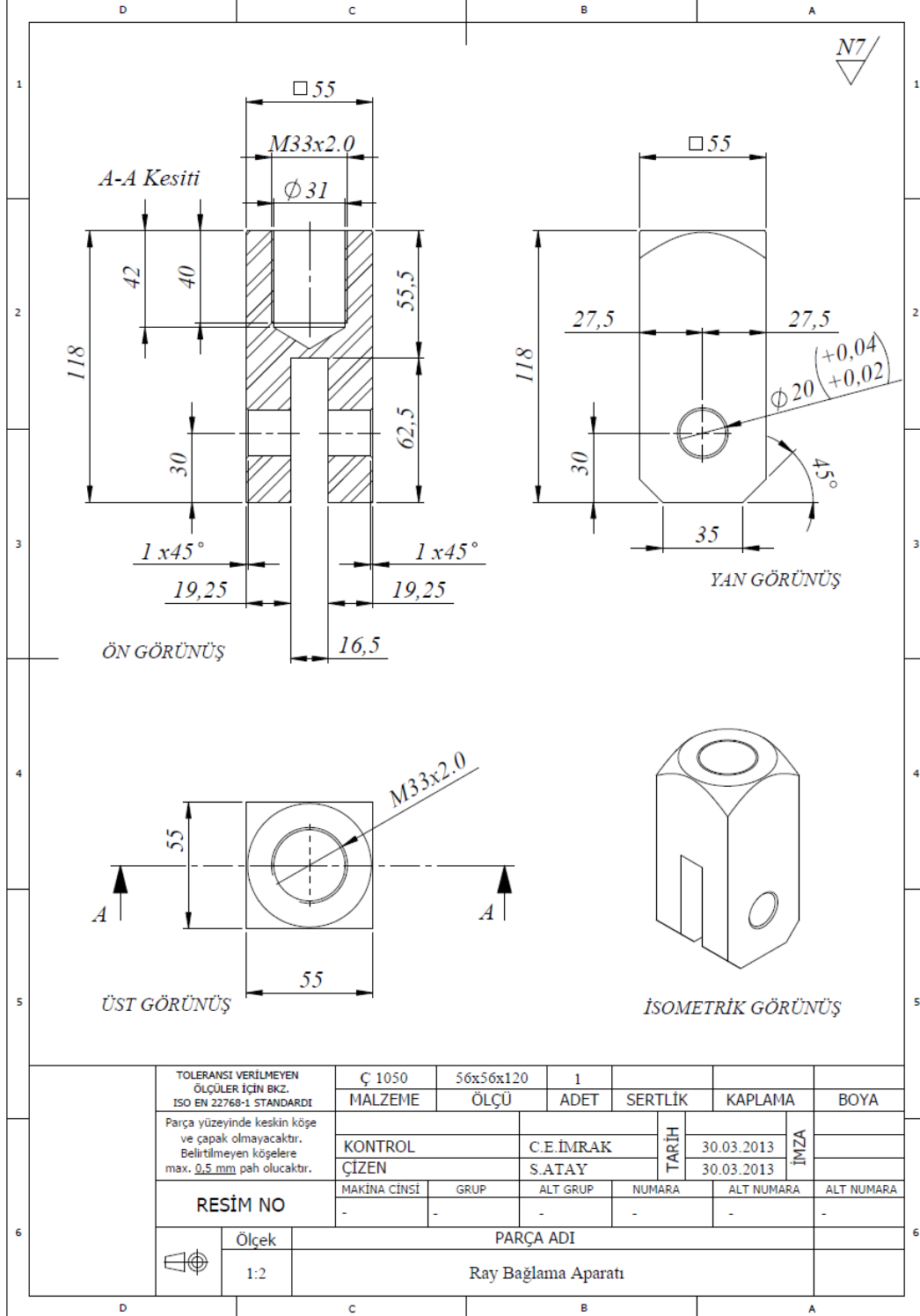
Şekil G. 3 : Model 8524 yük hücresi uzatma parçası teknik resmi.



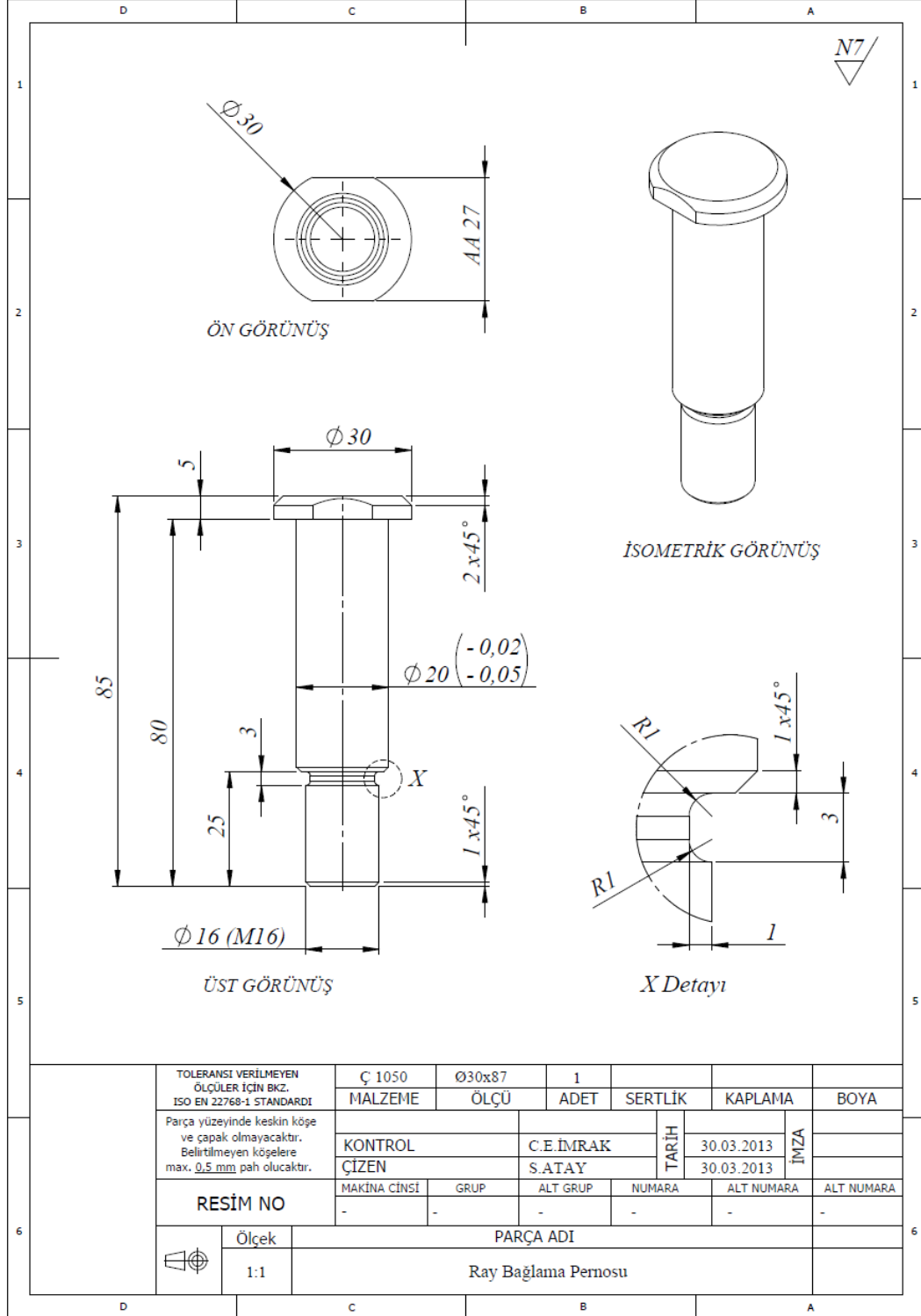
Şekil G. 4 : Model 8524 yük hücresi pull plate parçası teknik resmi.



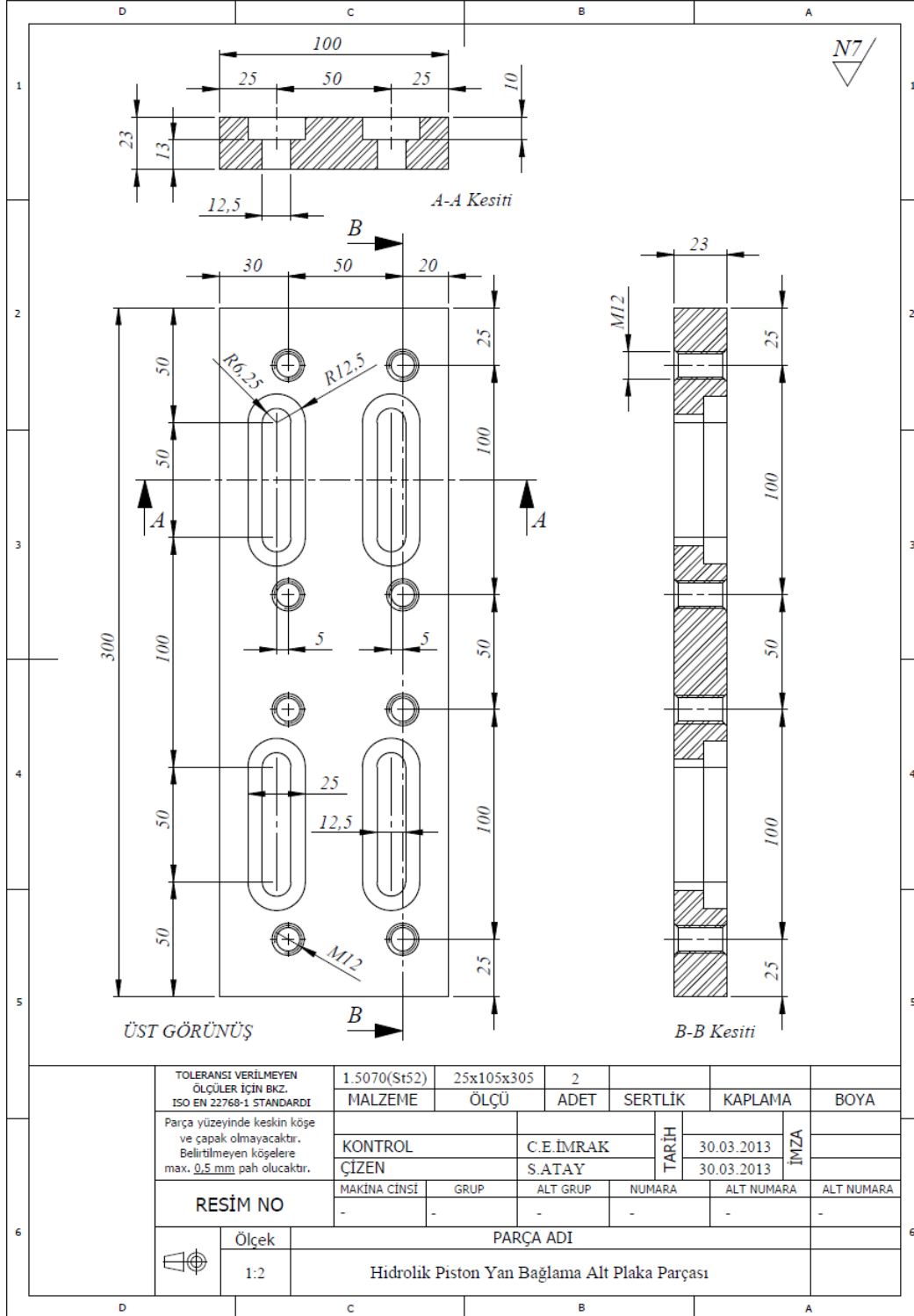
Şekil G. 5 : Ara uzatma parçası teknik resmi.



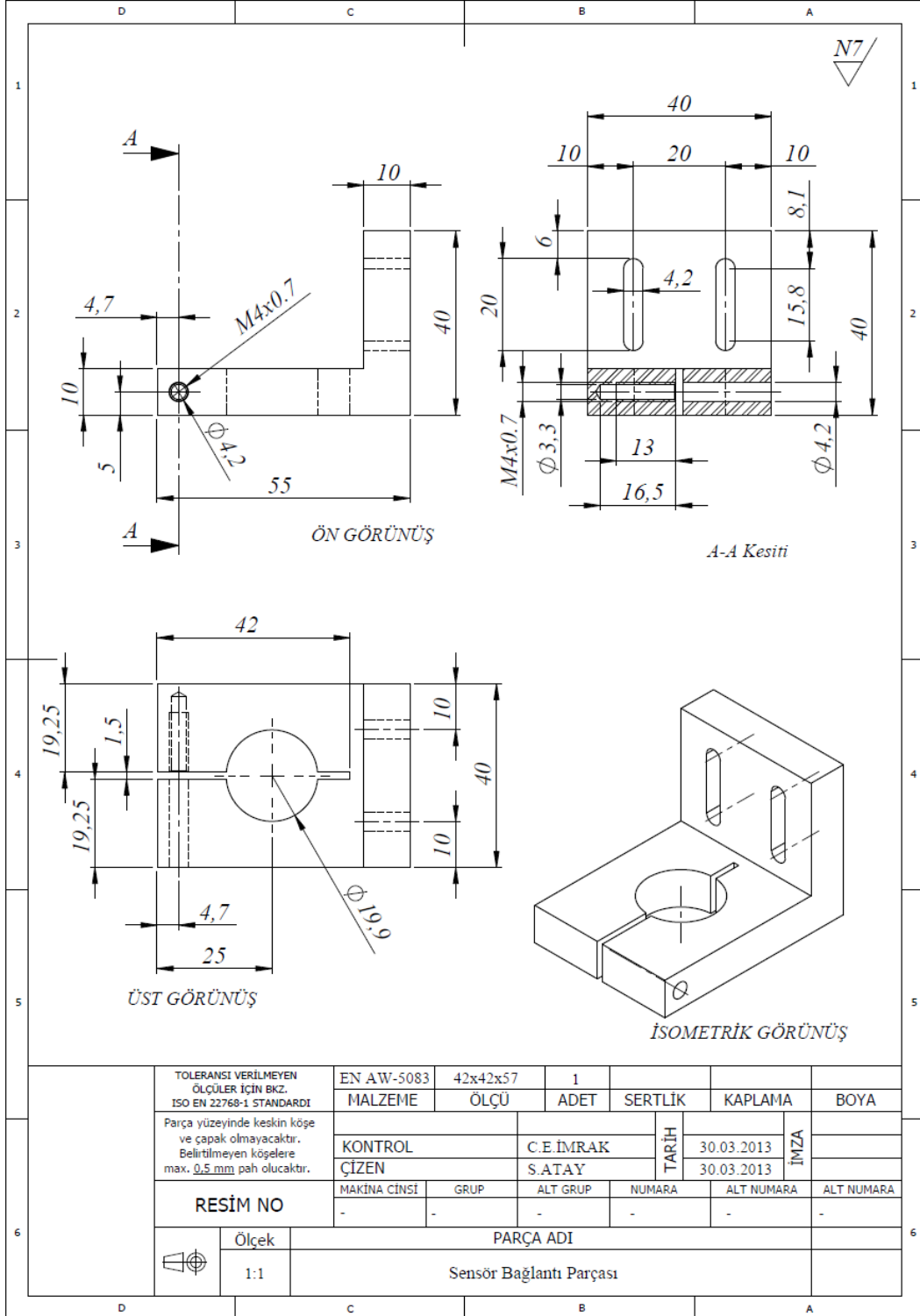
Şekil G. 6 : Ray bağlantı parçası teknik resmi.



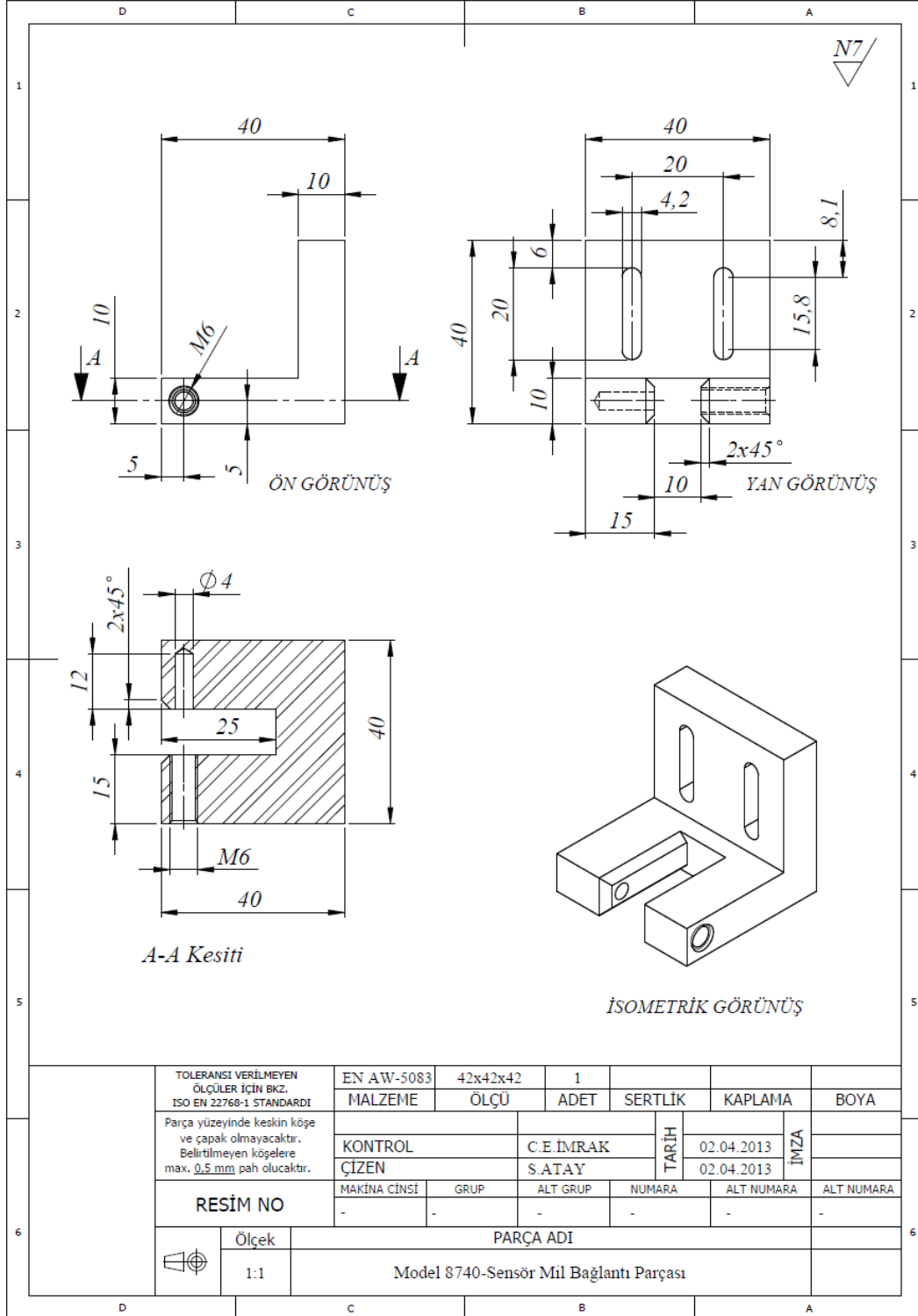
Şekil G. 7 : Ray bağlantı pernosu teknik resmi.



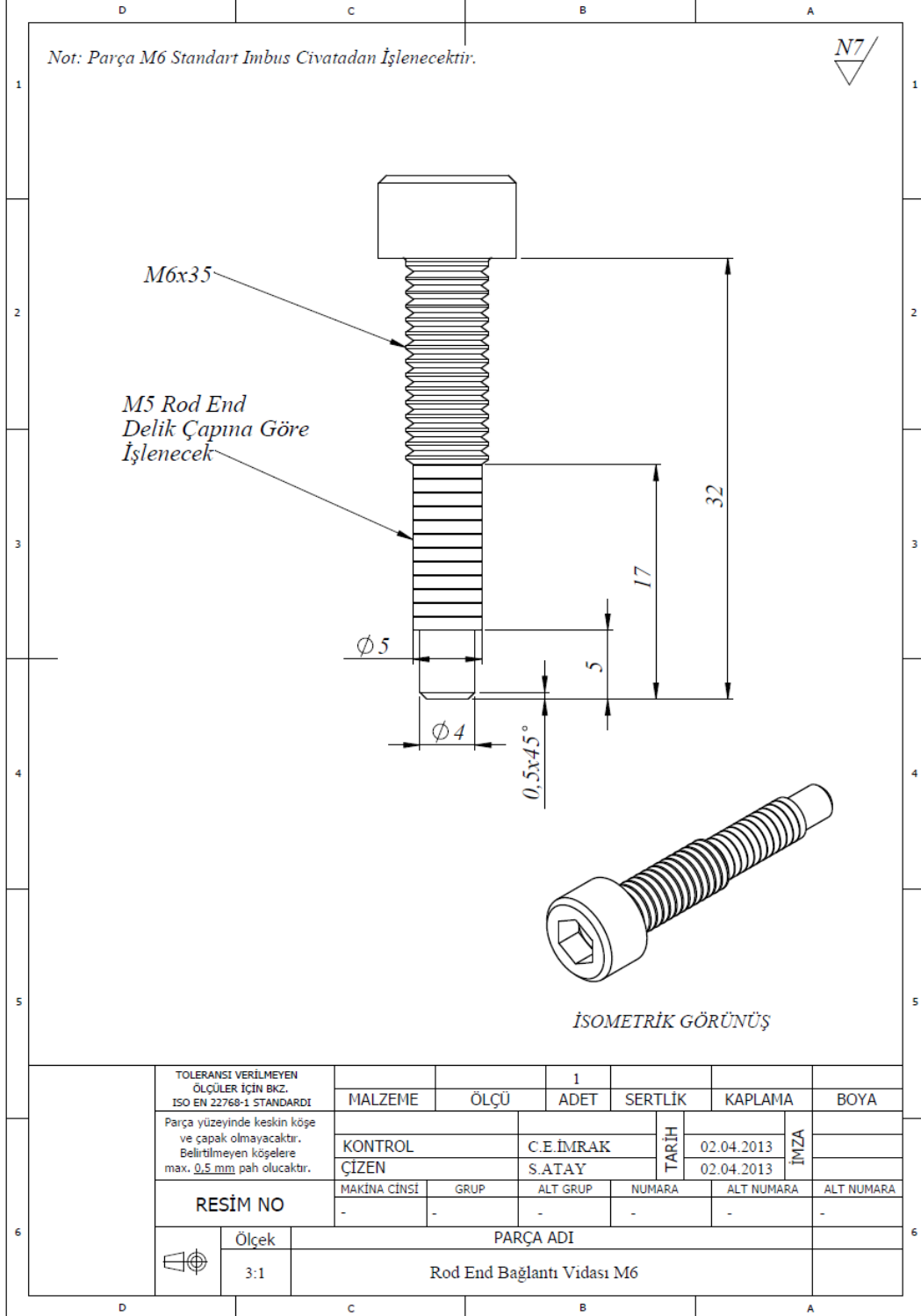
Şekil G. 8 : Hidrolik ünite yan bağlama alt plakası teknik resmi.



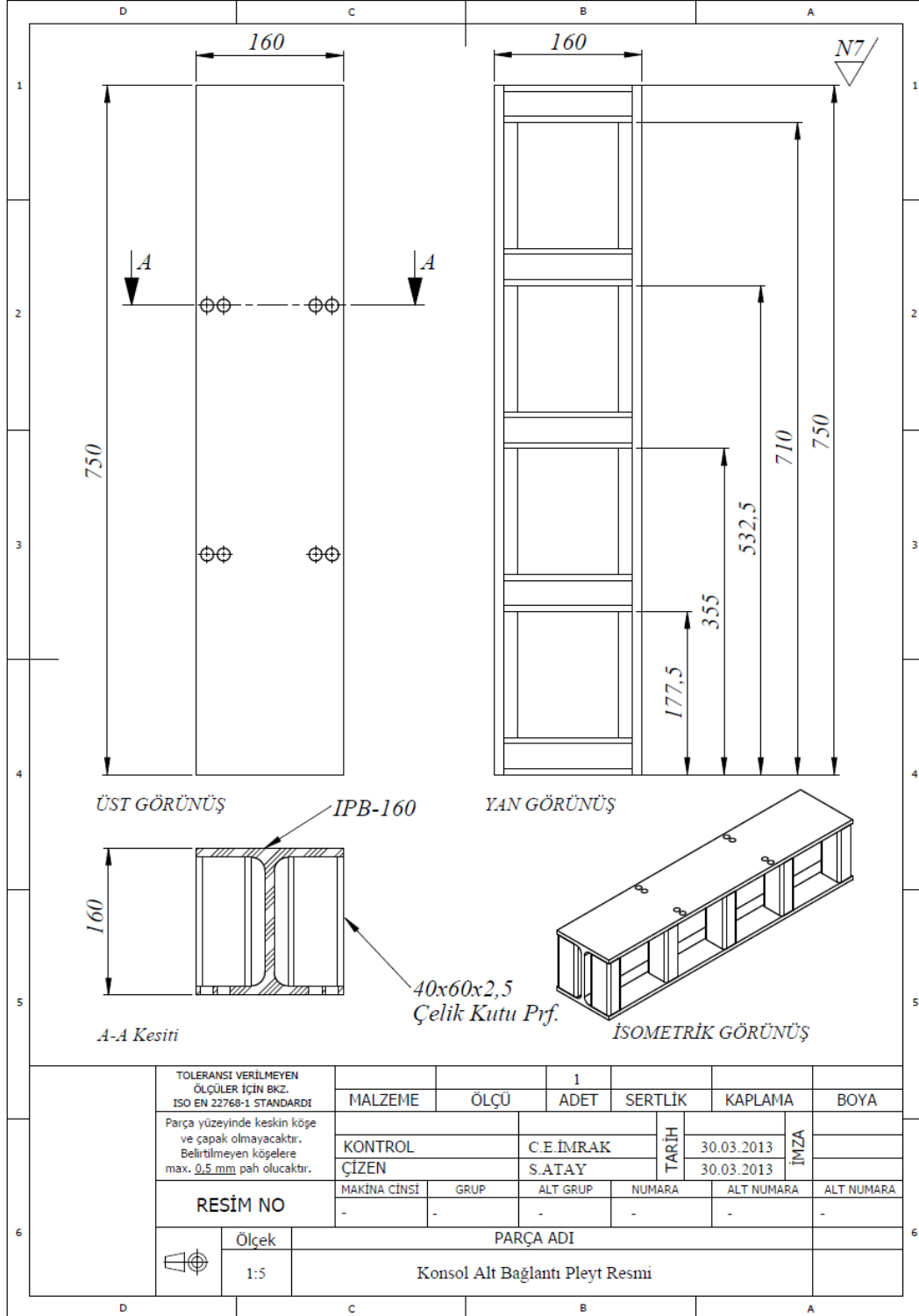
Şekil G. 9 : Model 8740 sensör bağlantı parçası teknik resmi.



Şekil G. 10 : Model 8740 sensör mili bağlantı parçası teknik resmi.



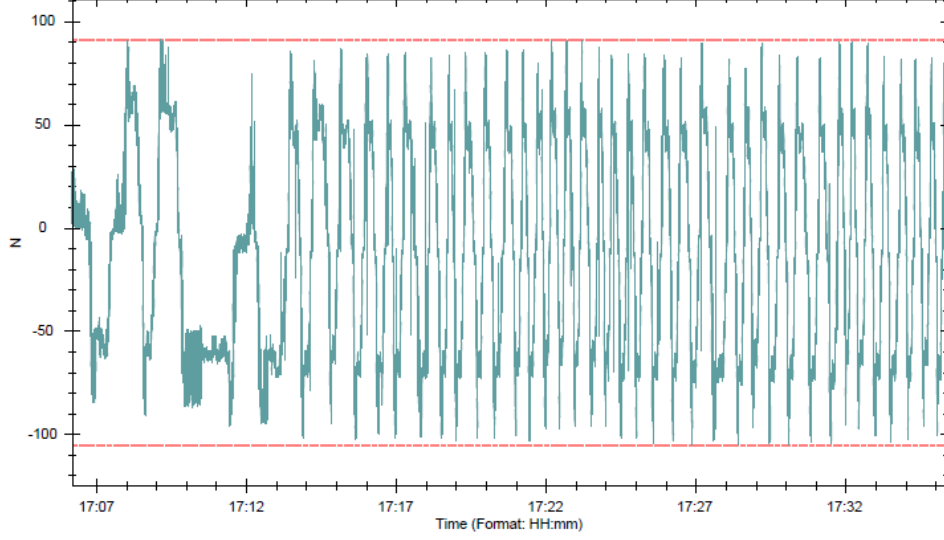
Şekil G. 11 : Rod end bağlantı parçası teknik resmi.



Şekil G. 12 : Konsol alt bağlantı pleyt teknik resmi.

## Ek H Halatlı asansör test kulesi çalışması deney sonuçları

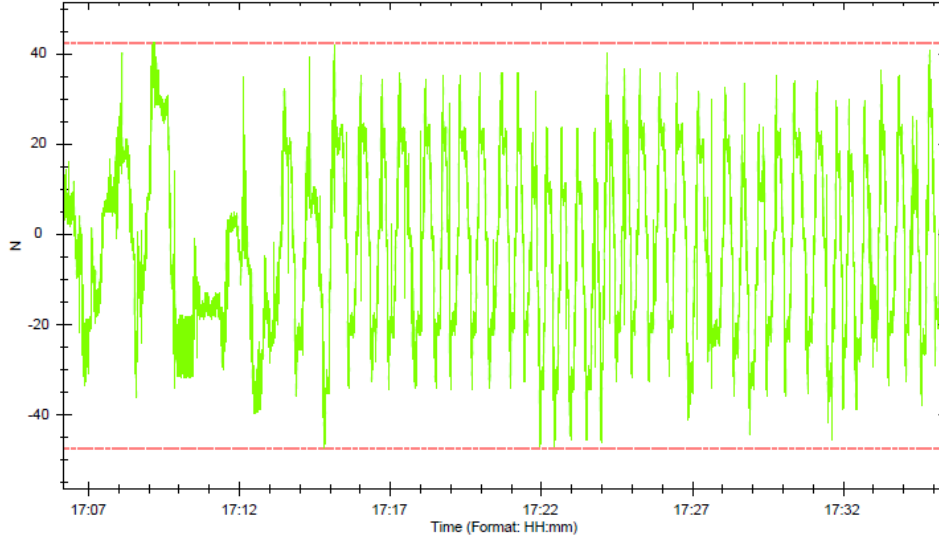
Devices SN: 10001856  
MIN value: -105,2 N  
MAX value: +91,4 N  
Peak-to-peak value: +196,6 N  
Number of measurements: 17530



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 1 :** Boş kabin durumu, test 1, 2000 N, C2 sensör okuması.

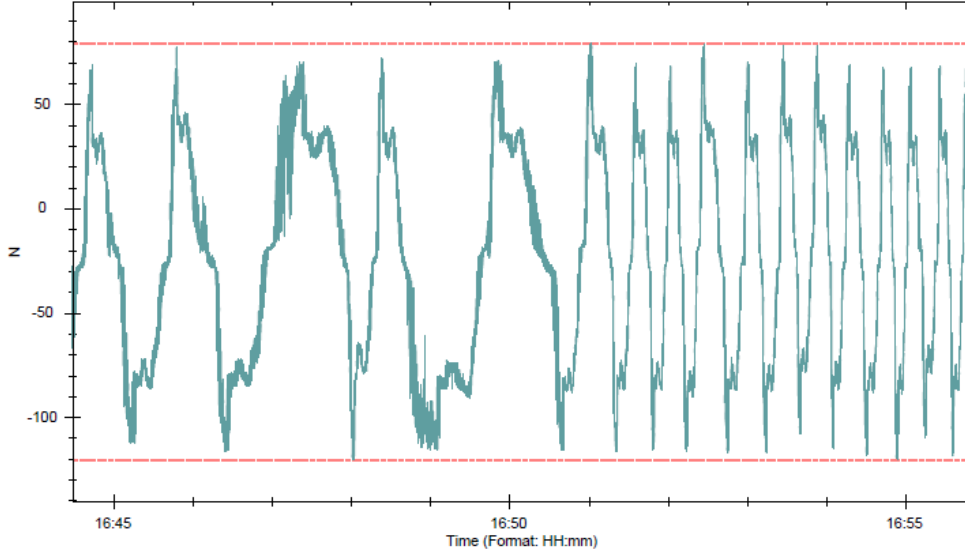
Devices SN: 10001857  
MIN value: -47,38 N  
MAX value: +42,46 N  
Peak-to-peak value: +89,84 N  
Number of measurements: 17530



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 2 :** Boş kabin durumu, test 1, 2000 N, C1 sensör okuması.

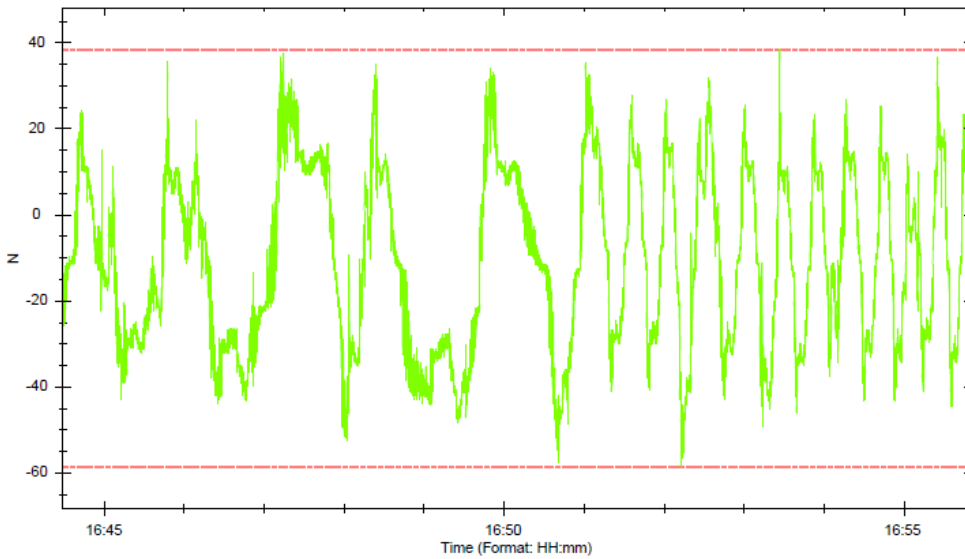
Devices SN: 10001856  
MIN value: -120,4 N  
MAX value: +79,4 N  
Peak-to-peak value: +199,8 N  
Number of measurements: 6818



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 3 :** Boş kabin durumu, test 1, 2500 N, C2 sensör okuması.

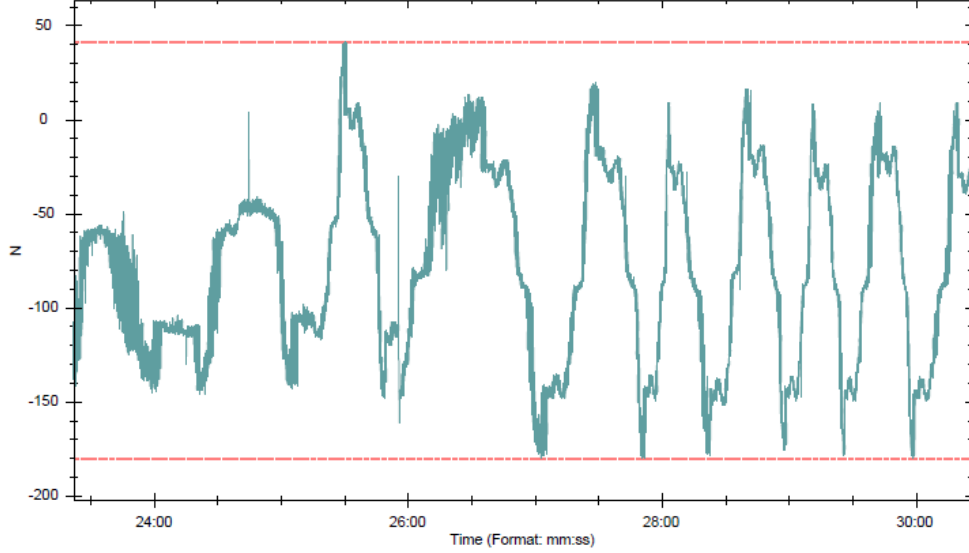
Devices SN: 10001857  
MIN value: -58,55 N  
MAX value: +38,44 N  
Peak-to-peak value: +96,99 N  
Number of measurements: 6819



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 4 :** Boş kabin durumu, test 1, 2500 N, C1 sensör okuması.

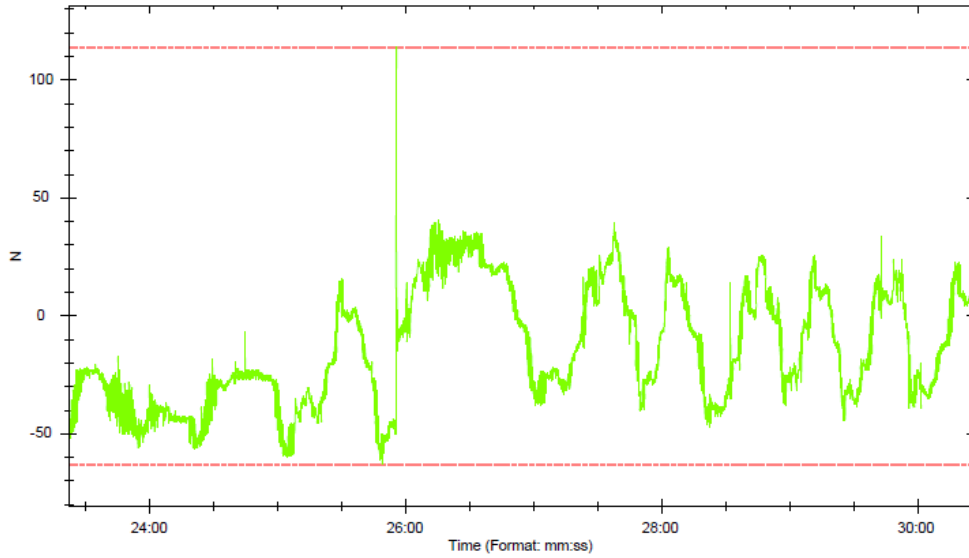
Devices SN: 10001856  
MIN value: -180,2 N  
MAX value: +41,5 N  
Peak-to-peak value: +221,7 N  
Number of measurements: 4248



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 5 :** Boş kabin durumu, test 1, 3000 N, C2 sensör okuması.

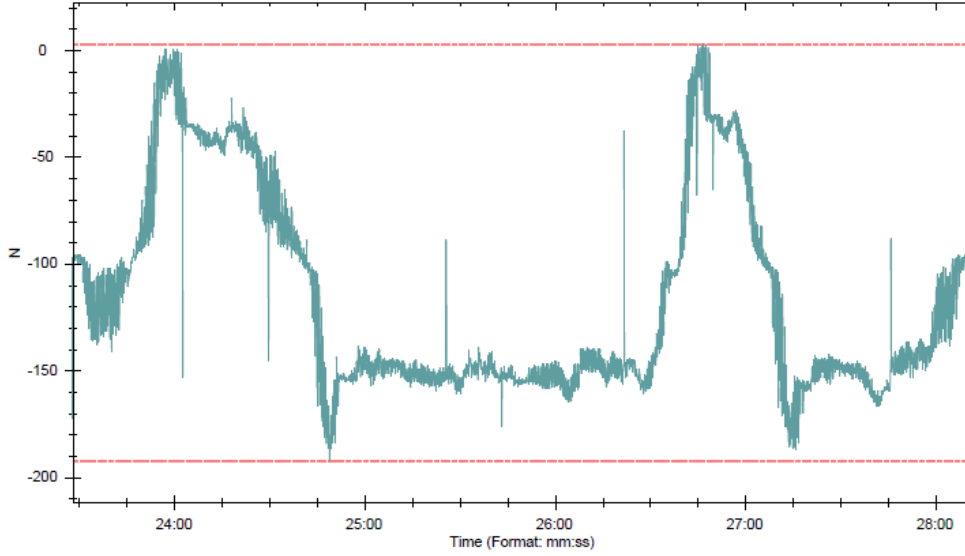
Devices SN: 10001857  
MIN value: -63,02 N  
MAX value: +113,97 N  
Peak-to-peak value: +176,99 N  
Number of measurements: 4248



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 6 :** Boş kabin durumu, test 1, 3000 N, C1 sensör okuması.

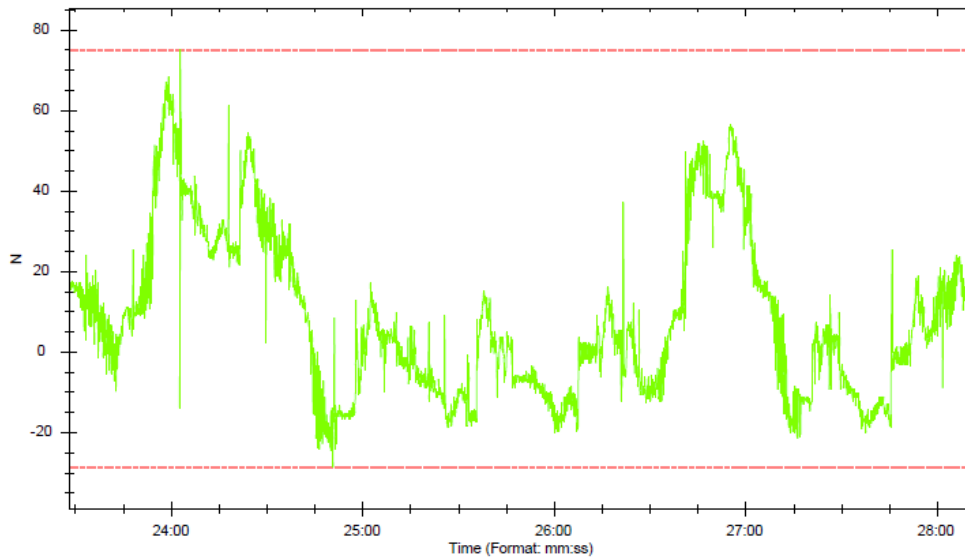
Devices SN: 10001856  
MIN value: -192,2 N  
MAX value: +3,1 N  
Peak-to-peak value: +195,3 N  
Number of measurements: 2838



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 7 :** Boş kabin durumu, test 2, 2000 N, C2 sensör okuması.

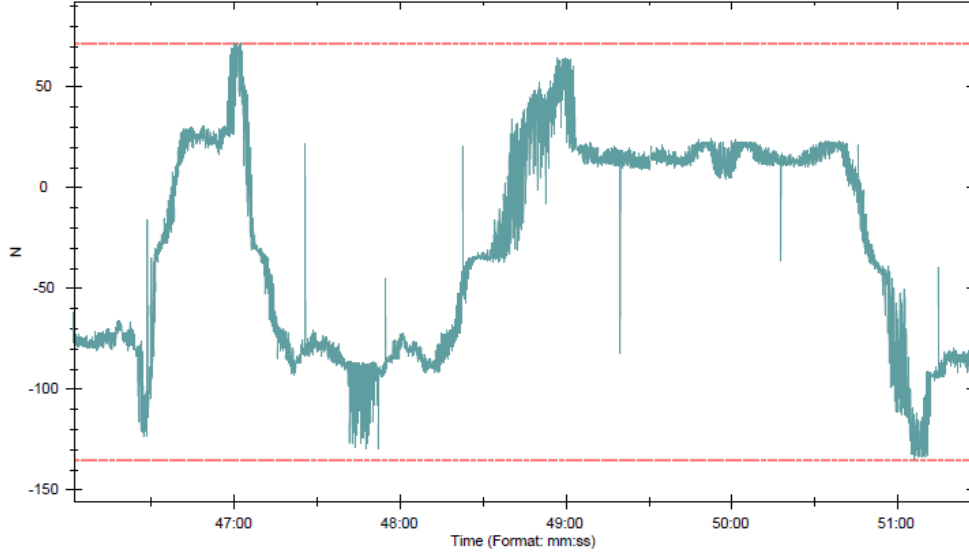
Devices SN: 10001857  
MIN value: -28,60 N  
MAX value: +75,09 N  
Peak-to-peak value: +103,69 N  
Number of measurements: 2838



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 8 :** Boş kabin durumu, test 2, 2000 N, C1 sensör okuması.

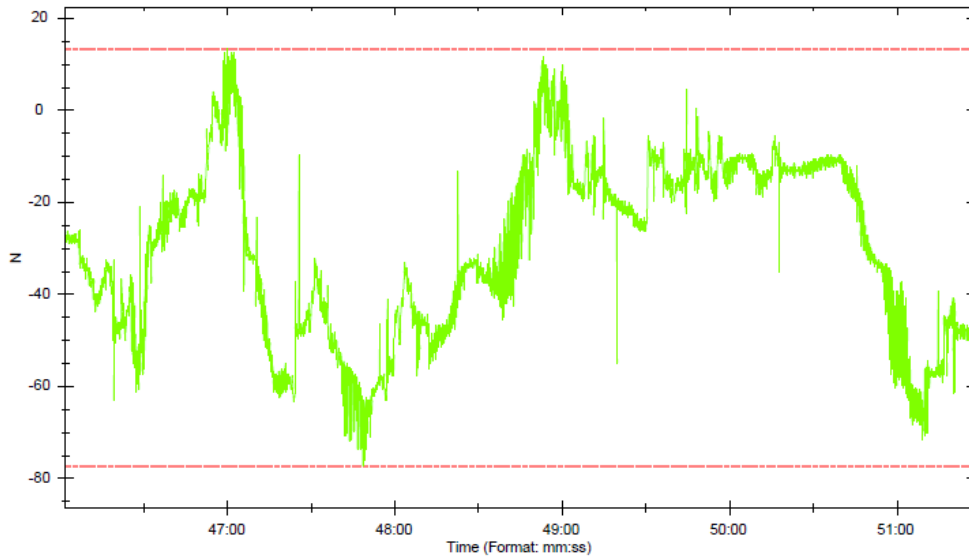
Devices SN: 10001856  
MIN value: -135,1 N  
MAX value: +71,8 N  
Peak-to-peak value: +206,9 N  
Number of measurements: 3258



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüşsuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 9 :** Boş kabin durumu, test 2, 2500 N, C2 sensör okuması.

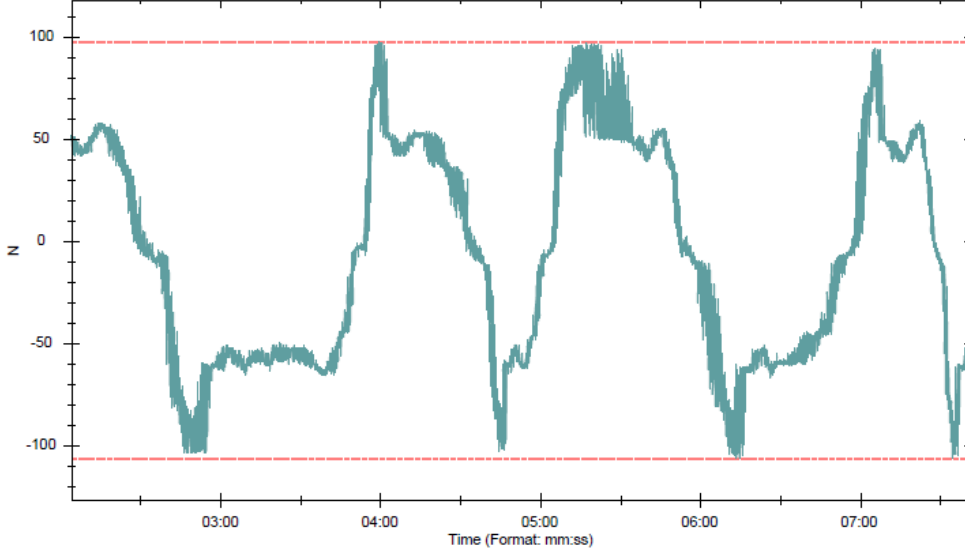
Devices SN: 10001857  
MIN value: -77,32 N  
MAX value: +13,41 N  
Peak-to-peak value: +90,73 N  
Number of measurements: 3258



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüşsuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 10 :** Boş kabin durumu, test 2, 2500 N, C1 sensör okuması.

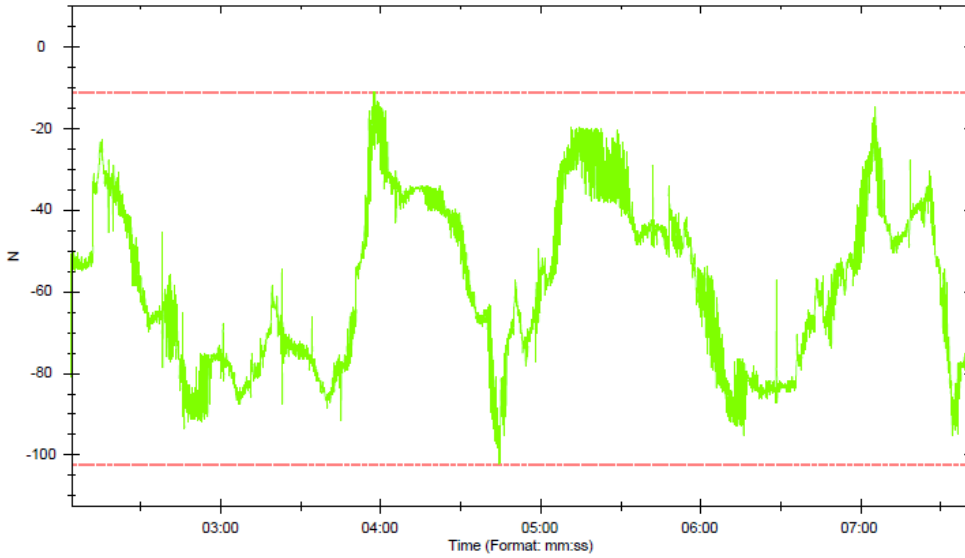
Devices SN: 10001856  
MIN value: -106,6 N  
MAX value: +97,7 N  
Peak-to-peak value: +204,3 N  
Number of measurements: 3379



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 11** : Boş kabin durumu, test 2, 3000 N, C2 sensör okuması.

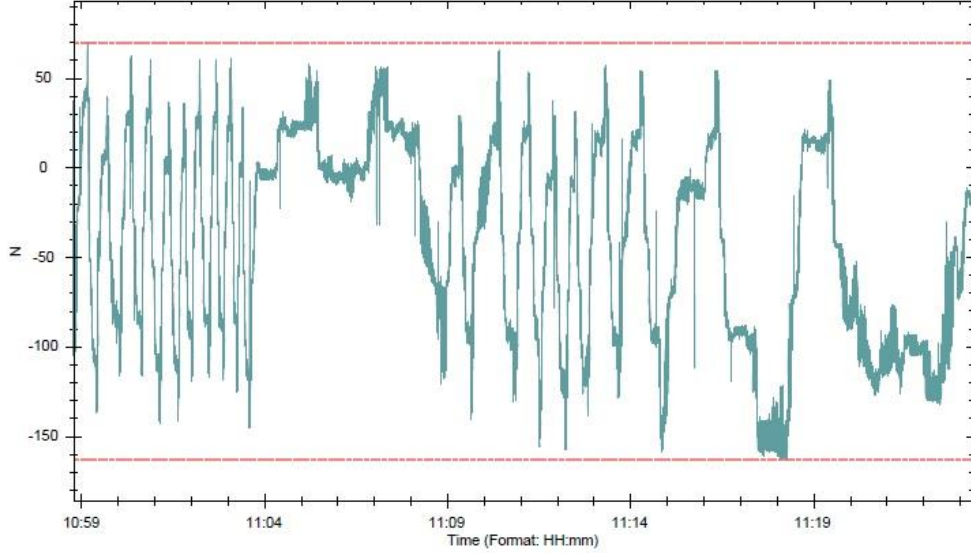
Devices SN: 10001857  
MIN value: -102,35 N  
MAX value: -11,17 N  
Peak-to-peak value: +91,18 N  
Number of measurements: 3379



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 12** : Boş kabin durumu, test 2, 3000 N, C1 sensör okuması.

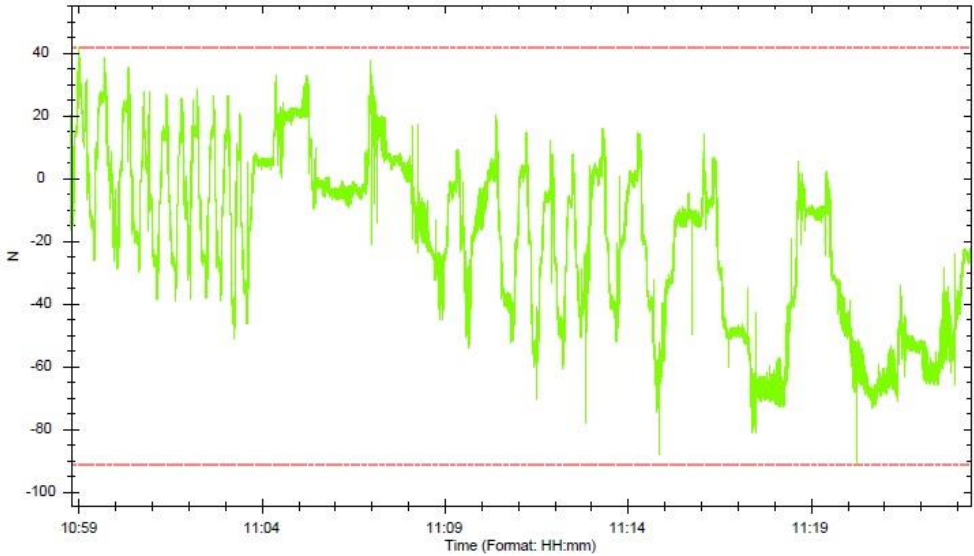
Devices SN: 10001856  
MIN value: -162,8 N  
MAX value: +70,0 N  
Peak-to-peak value: +232,8 N  
Number of measurements: 14752



© 2013 ITÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - Istanbul

**Şekil H. 13** : Boş kabin durumu, test 3, 2000 N, C2 sensör okuması.

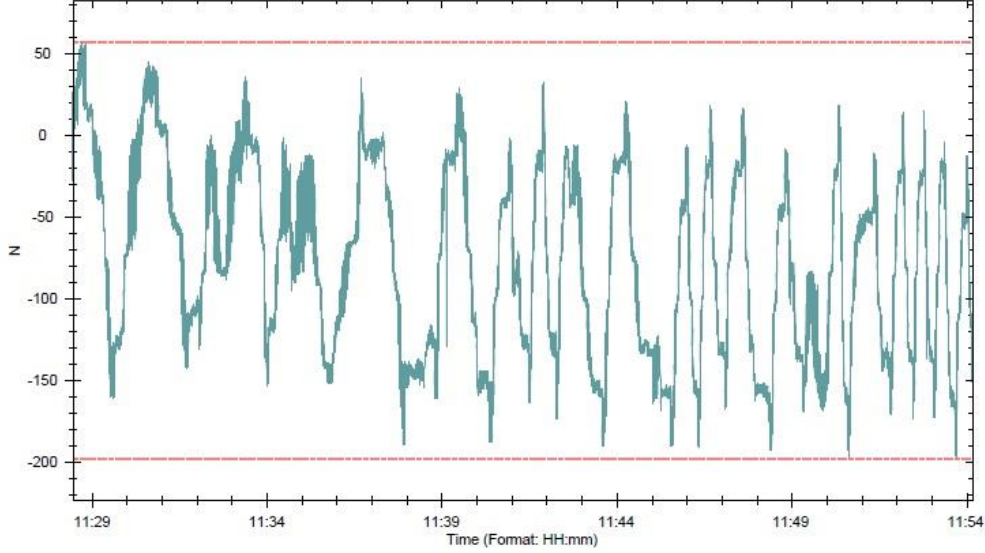
Devices SN: 10001857  
MIN value: -91,18 N  
MAX value: +42,01 N  
Peak-to-peak value: +133,19 N  
Number of measurements: 14752



© 2013 ITÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - Istanbul

**Şekil H. 14** : Boş kabin durumu, test 3, 2000 N, C1 sensör okuması.

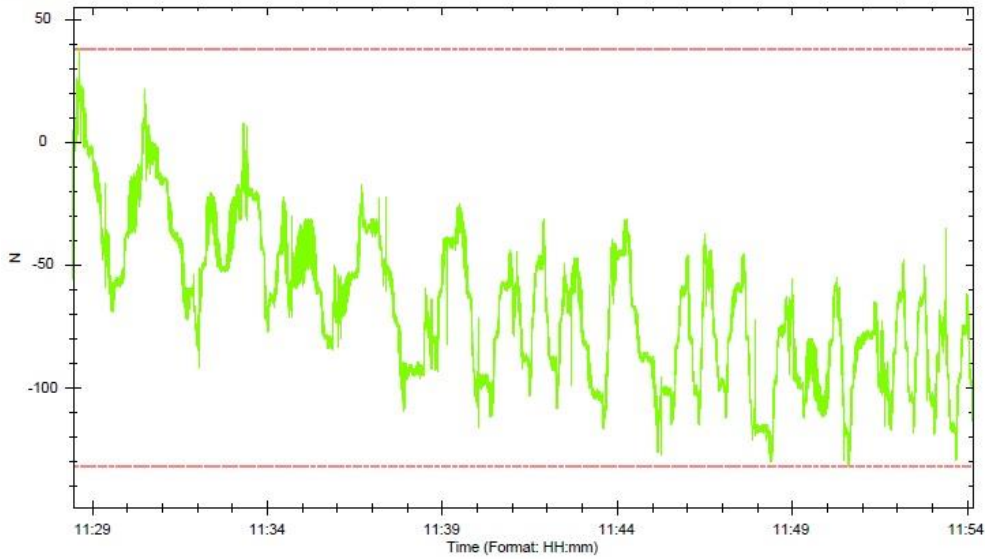
Devices SN: 10001856  
MIN value: -197,5 N  
MAX value: +57,5 N  
Peak-to-peak value: +255,0 N  
Number of measurements: 15438



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 15 :** Boş kabin durumu, test 3, 2500 N, C2 sensör okuması.

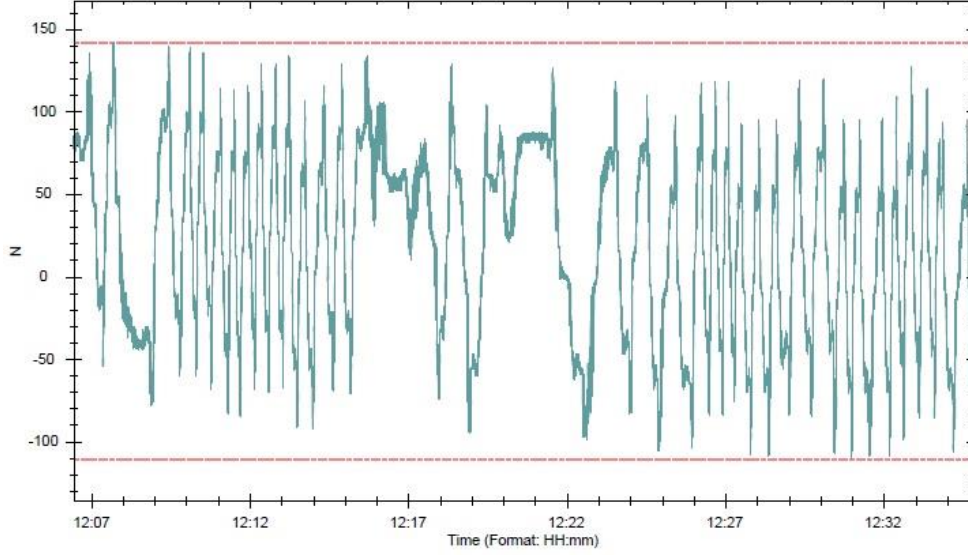
Devices SN: 10001857  
MIN value: -131,85 N  
MAX value: +37,99 N  
Peak-to-peak value: +169,84 N  
Number of measurements: 15438



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 16 :** Boş kabin durumu, test 3, 2500 N, C1 sensör okuması.

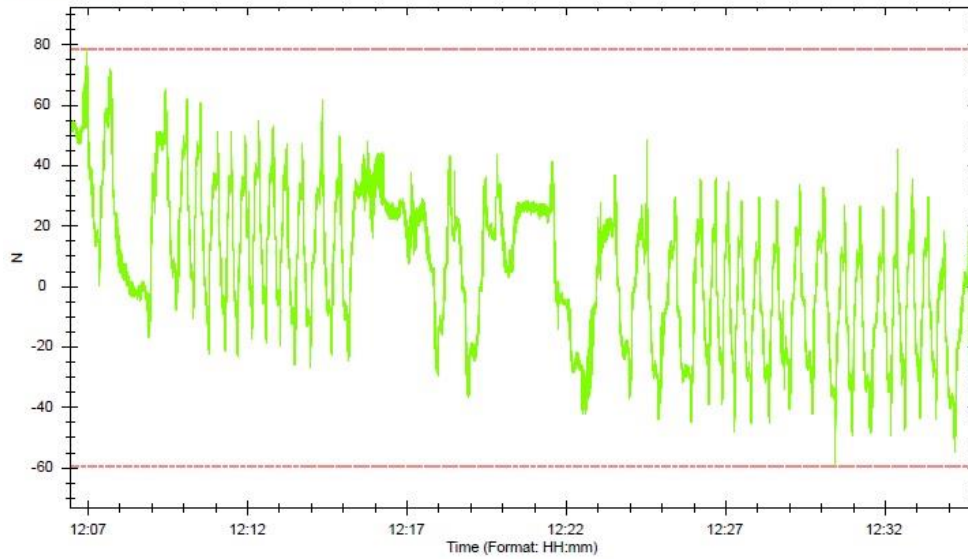
Devices SN: 10001856  
MIN value: -110,6 N  
MAX value: +142,3 N  
Peak-to-peak value: +252,9 N  
Number of measurements: 17039



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 17** : Boş kabin durumu, test 3, 3000 N, C2 sensör okuması.

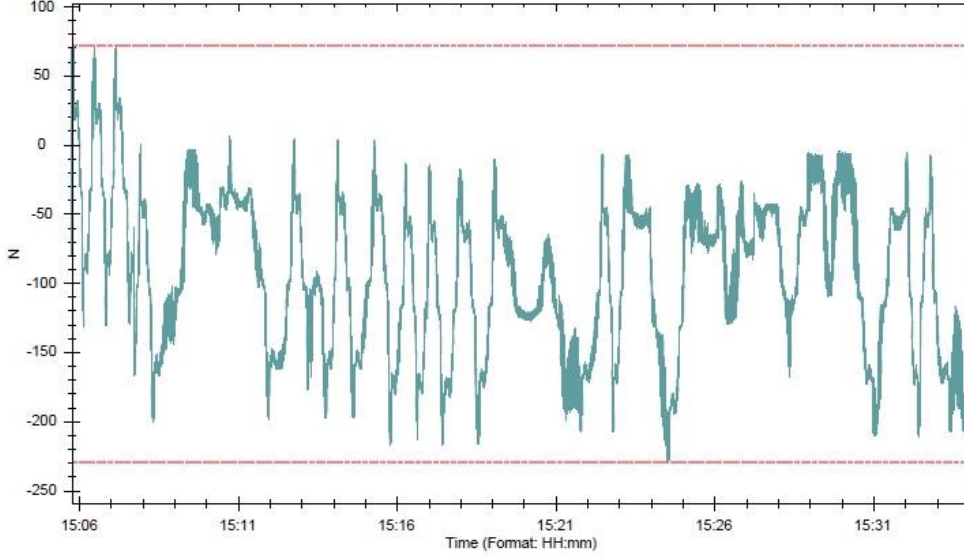
Devices SN: 10001857  
MIN value: -59,44 N  
MAX value: +78,66 N  
Peak-to-peak value: +138,10 N  
Number of measurements: 17038



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 18** : Boş kabin durumu, test 3, 3000 N, C1 sensör okuması.

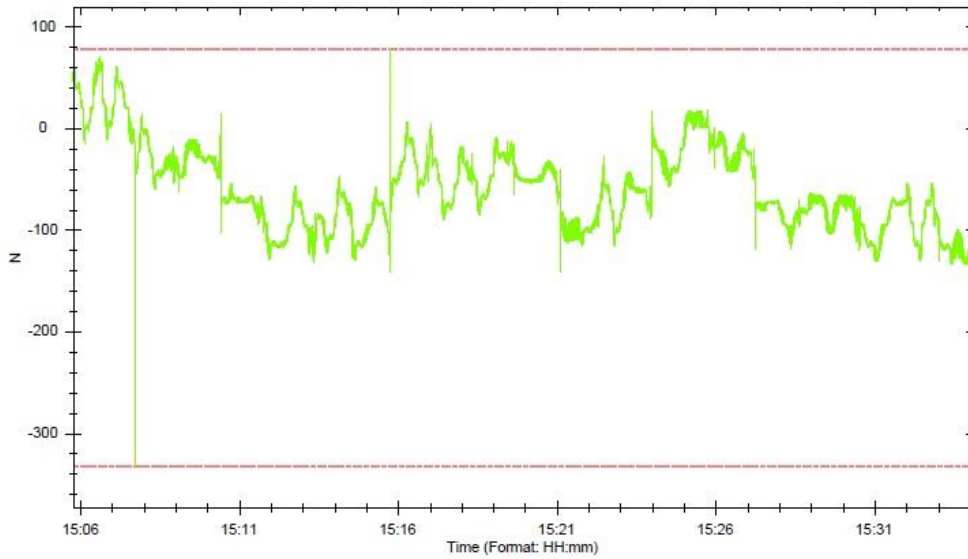
Devices SN: 10001856  
MIN value: -229,2 N  
MAX value: +72,2 N  
Peak-to-peak value: +301,4 N  
Number of measurements: 16997



© 2013 ITÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - Istanbul

**Şekil H. 19** : Dolu kabin durumu, test 1, 2000 N, C2 sensör okuması.

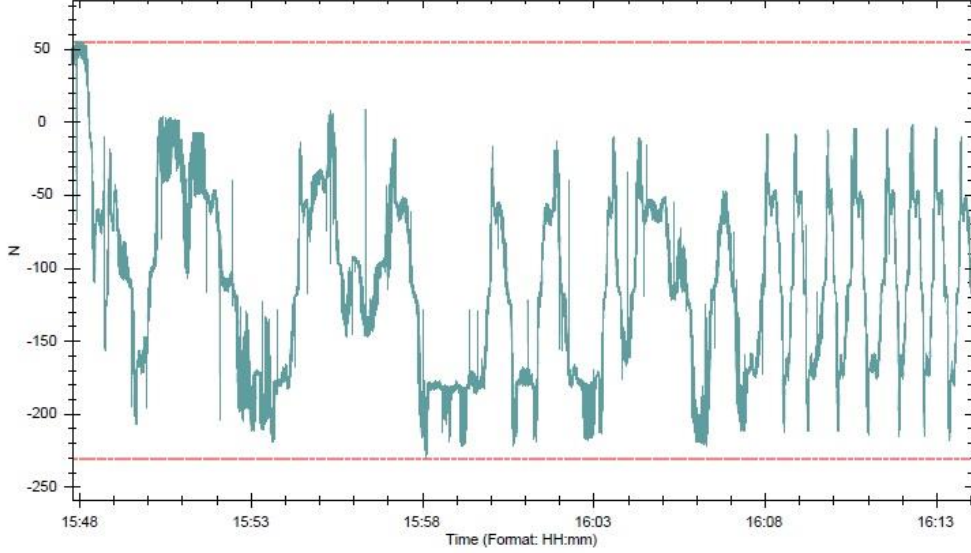
Devices SN: 10001857  
MIN value: -332,08 N  
MAX value: +78,66 N  
Peak-to-peak value: +410,74 N  
Number of measurements: 16996



© 2013 ITÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - Istanbul

**Şekil H. 20** : Dolu kabin durumu, test 1, 2000 N, C1 sensör okuması.

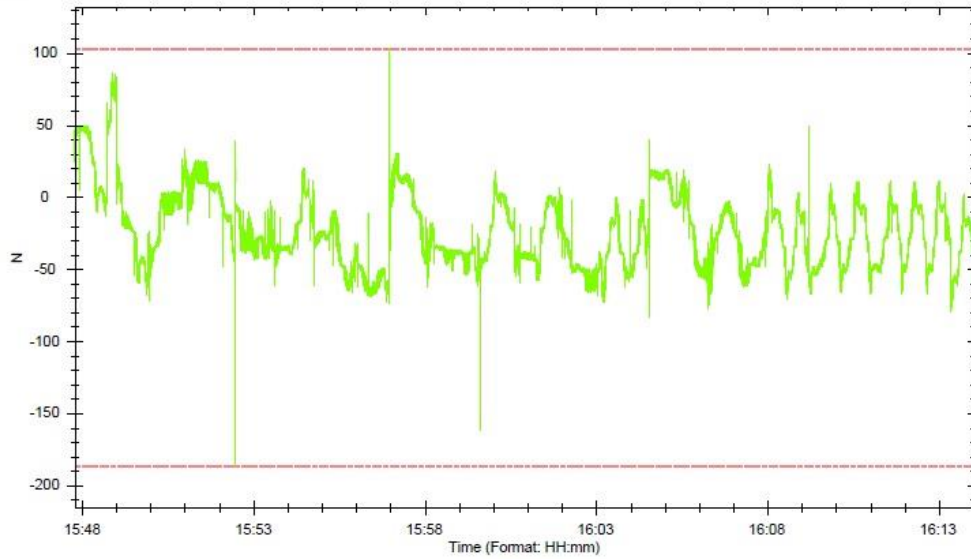
Devices SN: 10001856  
MIN value: -230,5 N  
MAX value: +55,3 N  
Peak-to-peak value: +285,8 N  
Number of measurements: 15758



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 21** : Dolu kabin durumu, test 1, 2500 N, C2 sensör okuması.

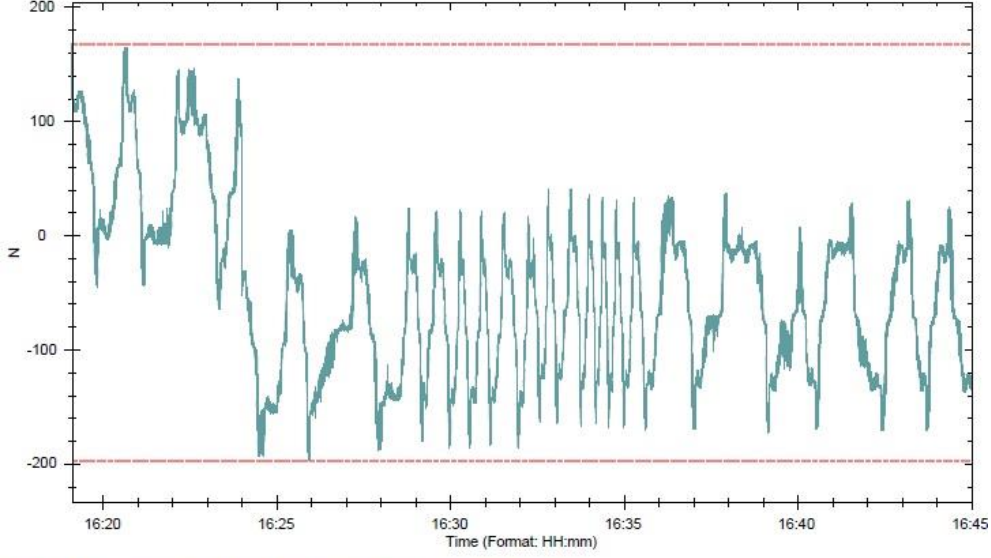
Devices SN: 10001857  
MIN value: -186,38 N  
MAX value: +103,24 N  
Peak-to-peak value: +289,62 N  
Number of measurements: 15758



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 22** : Dolu kabin durumu, test 1, 2500 N, C1 sensör okuması.

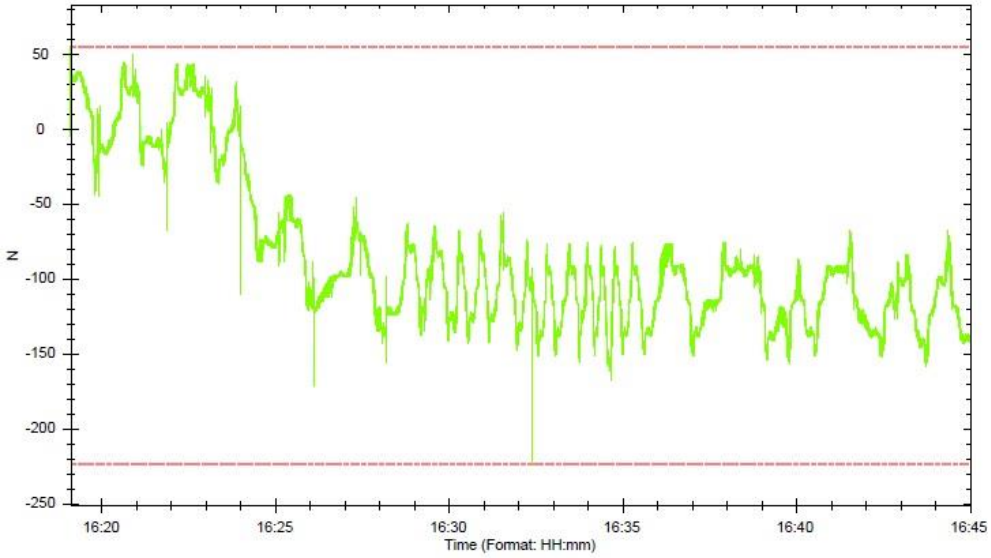
Devices SN: 10001856  
MIN value: -197,1 N  
MAX value: +168,1 N  
Peak-to-peak value: +365,2 N  
Number of measurements: 15547



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 23 :** Dolu kabin durumu, test 1, 3000 N, C2 sensör okuması.

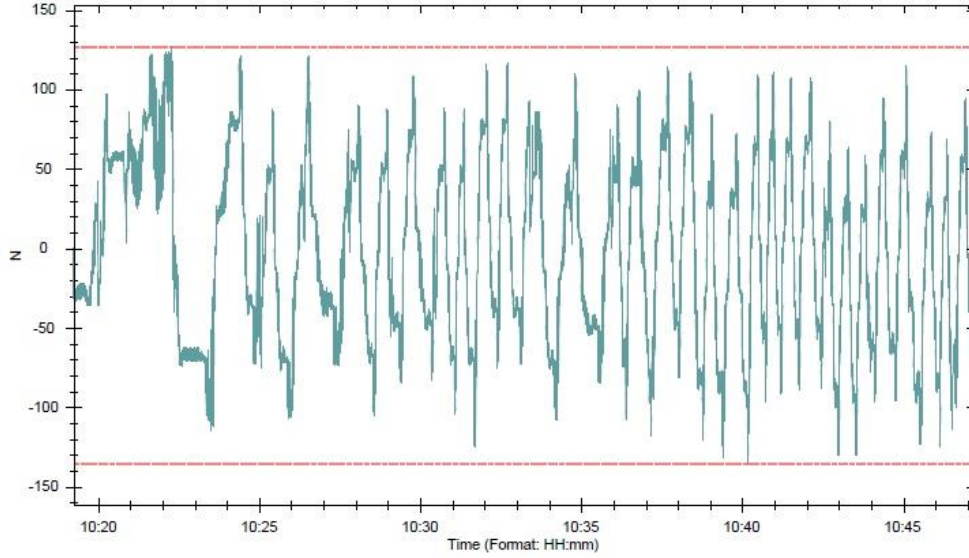
Devices SN: 10001857  
MIN value: -223,47 N  
MAX value: +55,42 N  
Peak-to-peak value: +278,89 N  
Number of measurements: 15547



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 24 :** Dolu kabin durumu, test 1, 3000 N, C1 sensör okuması.

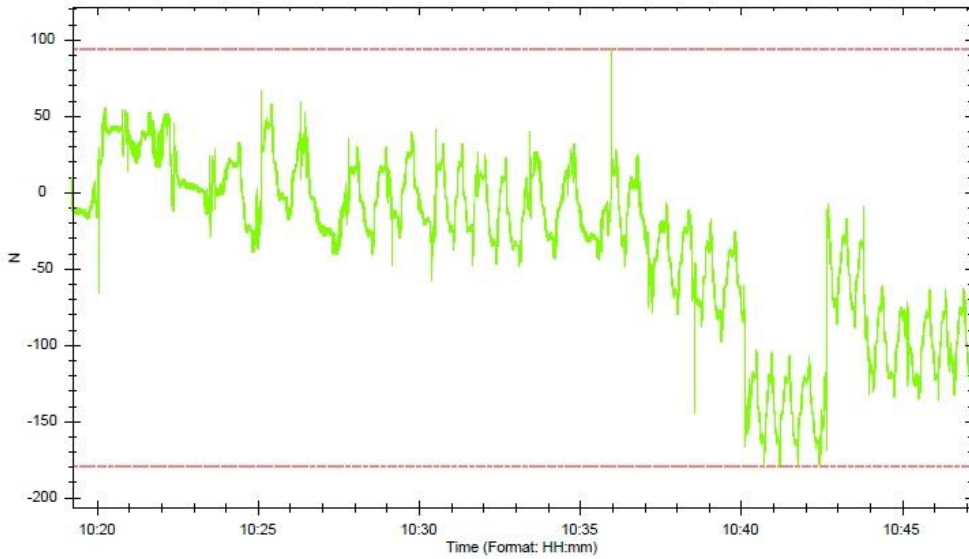
Devices SN: 10001856  
MIN value: -135,1 N  
MAX value: +127,1 N  
Peak-to-peak value: +262,2 N  
Number of measurements: 16767



© 2013 ITÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - Istanbul

**Şekil H. 25 :** Dolu kabin durumu, test 2, 2000 N, C2 sensör okuması.

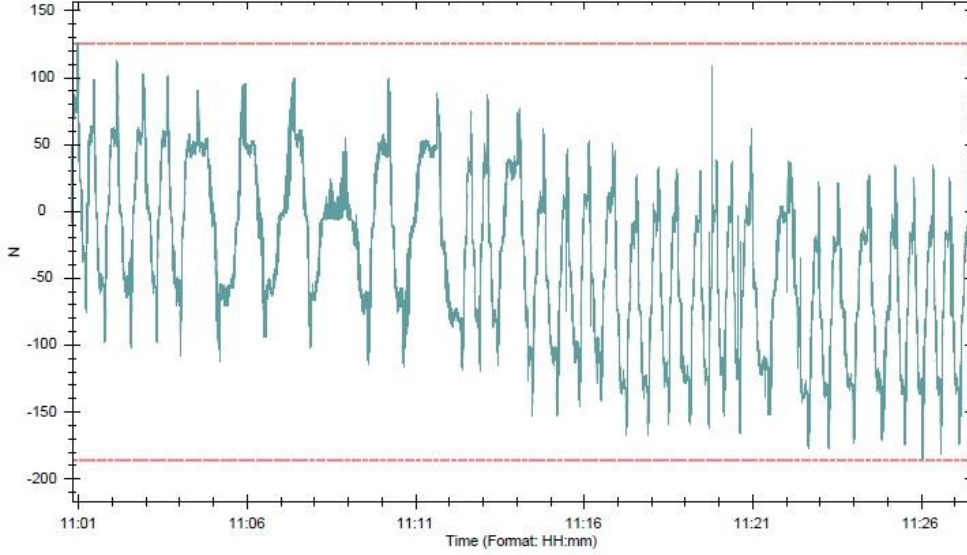
Devices SN: 10001857  
MIN value: -179,22 N  
MAX value: +94,31 N  
Peak-to-peak value: +273,53 N  
Number of measurements: 16767



© 2013 ITÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - Istanbul

**Şekil H. 26 :** Dolu kabin durumu, test 2, 2000 N, C1 sensör okuması.

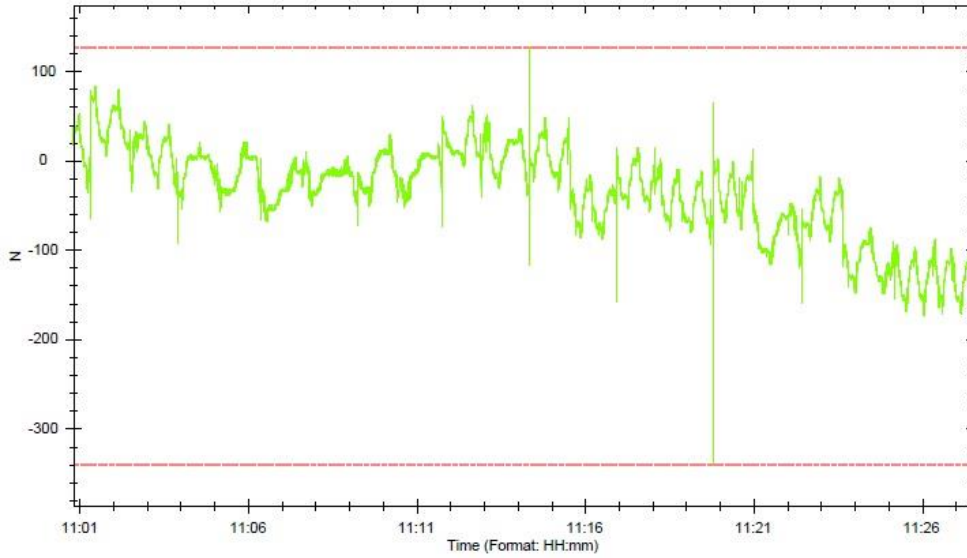
Devices SN: 10001856  
MIN value: -186,0 N  
MAX value: +125,8 N  
Peak-to-peak value: +311,8 N  
Number of measurements: 16021



© 2013 ITÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - Istanbul

**Şekil H. 27** : Dolu kabin durumu, test 2, 2500 N, C2 sensör okuması.

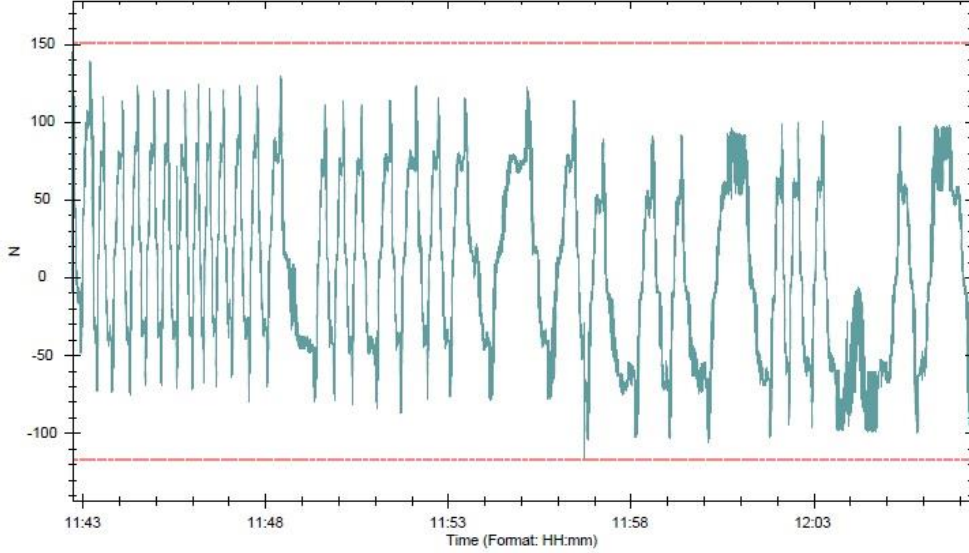
Devices SN: 10001857  
MIN value: -339,68 N  
MAX value: +127,38 N  
Peak-to-peak value: +467,06 N  
Number of measurements: 16021



© 2013 ITÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - Istanbul

**Şekil H. 28** : Dolu kabin durumu, test 2, 2500 N, C1 sensör okuması.

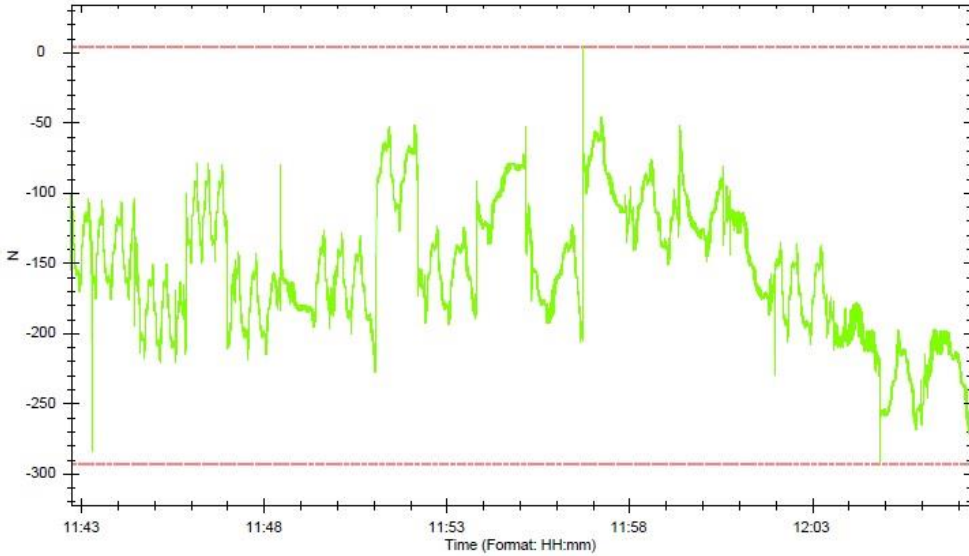
Devices SN: 10001856  
MIN value: -116,8 N  
MAX value: +151,2 N  
Peak-to-peak value: +268,0 N  
Number of measurements: 14781



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 29 :** Dolu kabin durumu, test 2, 3000 N, C2 sensör okuması.

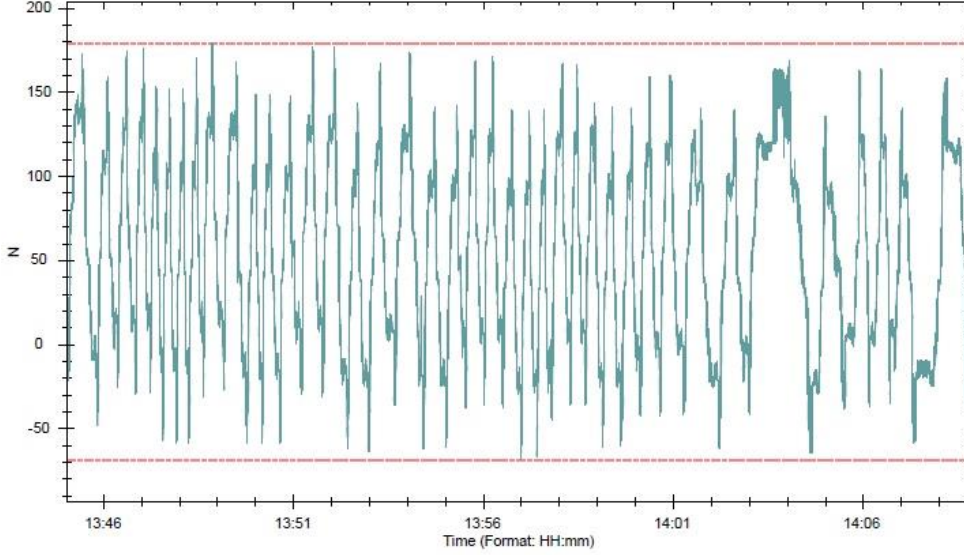
Devices SN: 10001857  
MIN value: -292,75 N  
MAX value: +4,47 N  
Peak-to-peak value: +297,22 N  
Number of measurements: 14781



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

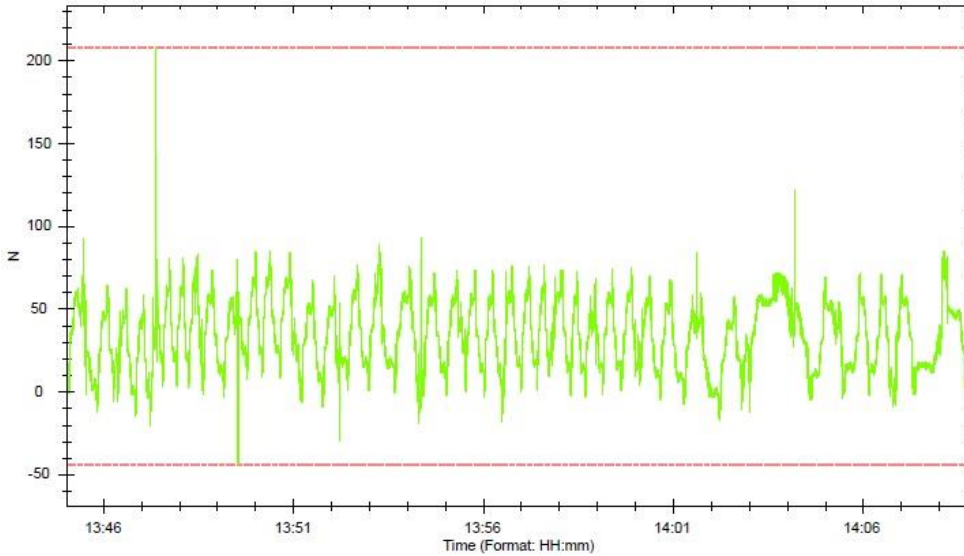
**Şekil H. 30 :** Dolu kabin durumu, test 2, 3000 N, C1 sensör okuması.

Devices SN: 10001856  
MIN value: -68,7 N  
MAX value: +179,3 N  
Peak-to-peak value: +248,0 N  
Number of measurements: 14299



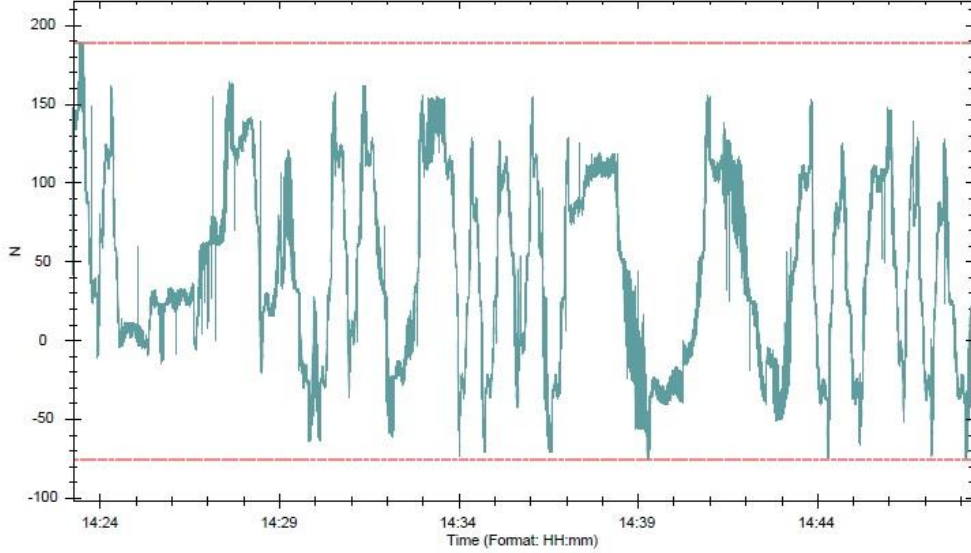
**Şekil H. 31** : Dolu kabin durumu, test 3, 2000 N, C2 sensör okuması.

Devices SN: 10001857  
MIN value: -43,80 N  
MAX value: +208,28 N  
Peak-to-peak value: +252,08 N  
Number of measurements: 14299



**Şekil H. 32** : Dolu kabin durumu, test 3, 2000 N, C1 sensör okuması.

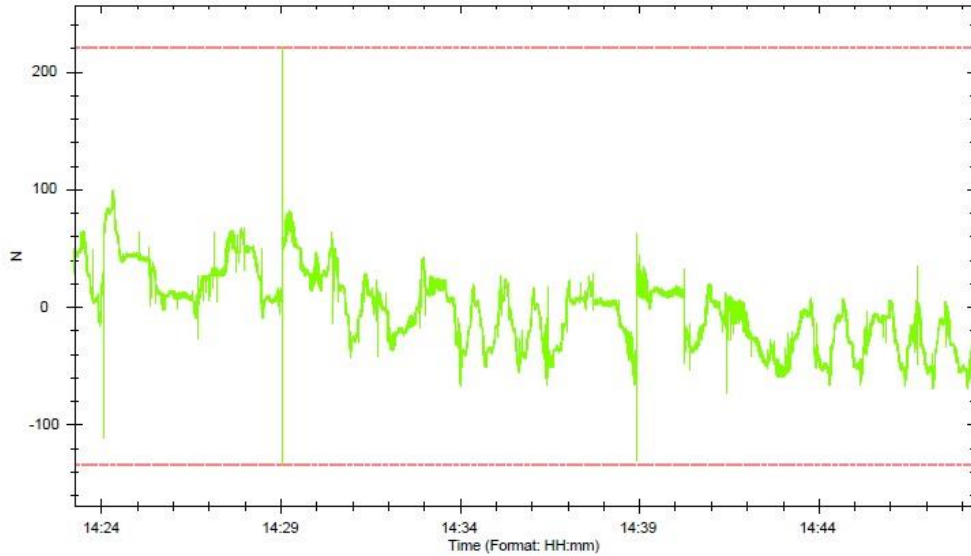
Devices SN: 10001856  
MIN value: -75,4 N  
MAX value: +189,1 N  
Peak-to-peak value: +264,5 N  
Number of measurements: 15059



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 33 :** Dolu kabin durumu, test 3, 2500 N, C2 sensör okuması.

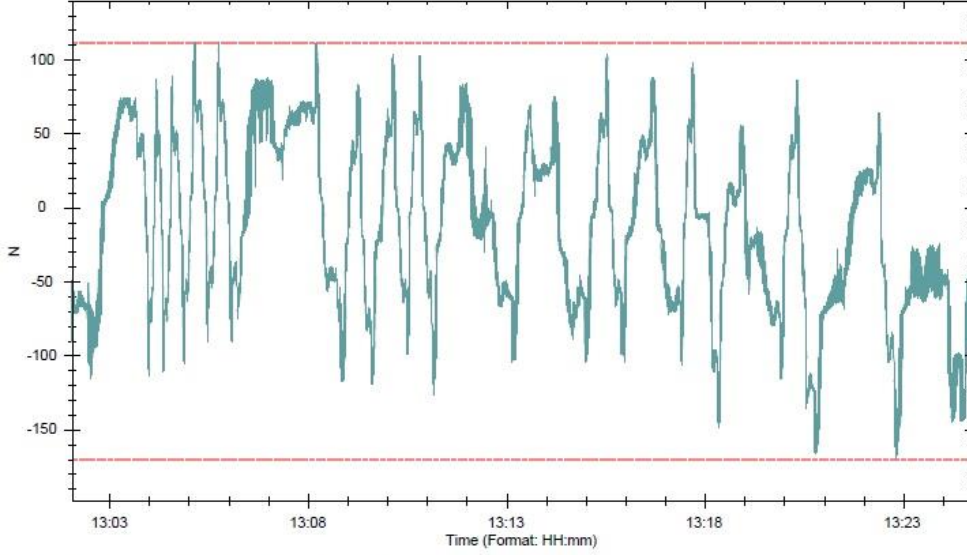
Devices SN: 10001857  
MIN value: -133,64 N  
MAX value: +221,24 N  
Peak-to-peak value: +354,88 N  
Number of measurements: 15059



© 2013 İTÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - İstanbul

**Şekil H. 34 :** Dolu kabin durumu, test 3, 2500 N, C1 sensör okuması.

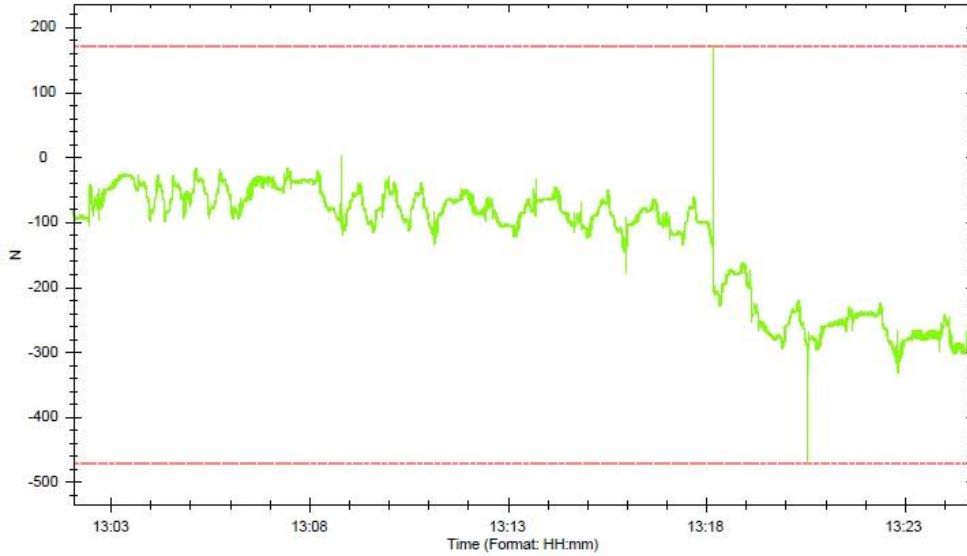
Devices SN: 10001856  
MIN value: -169,9 N  
MAX value: +111,9 N  
Peak-to-peak value: +281,8 N  
Number of measurements: 13609



© 2013 ITÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - Istanbul

**Şekil H. 35** : Dolu kabin durumu, test 3, 3000 N, C2 sensör okuması.

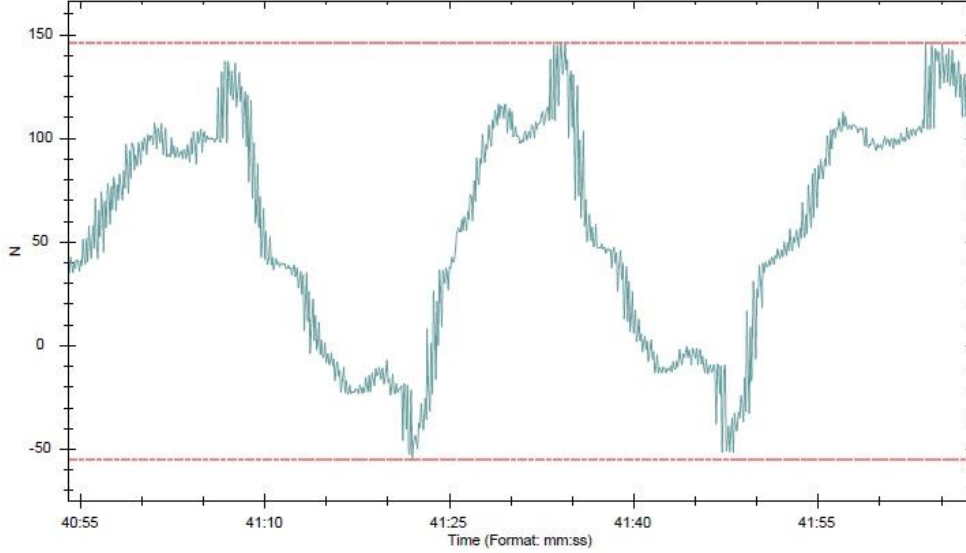
Devices SN: 10001857  
MIN value: -470,63 N  
MAX value: +172,07 N  
Peak-to-peak value: +642,70 N  
Number of measurements: 13609



© 2013 ITÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - Istanbul

**Şekil H. 36** : Dolu kabin durumu, test 3, 3000 N, C1 sensör okuması.

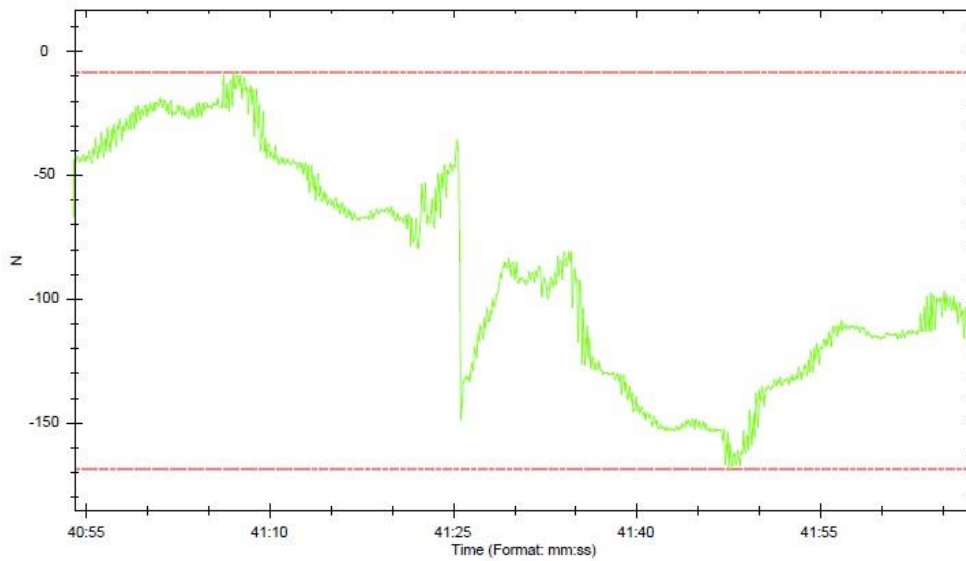
Devices SN: 10001856  
MIN value: -54,9 N  
MAX value: +146,3 N  
Peak-to-peak value: +201,2 N  
Number of measurements: 738



© 2013 ITÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - Istanbul

**Şekil H. 37** : Dolu kabin yukarı çıkış, test 2, 3000 N, C2 sensör okuması.

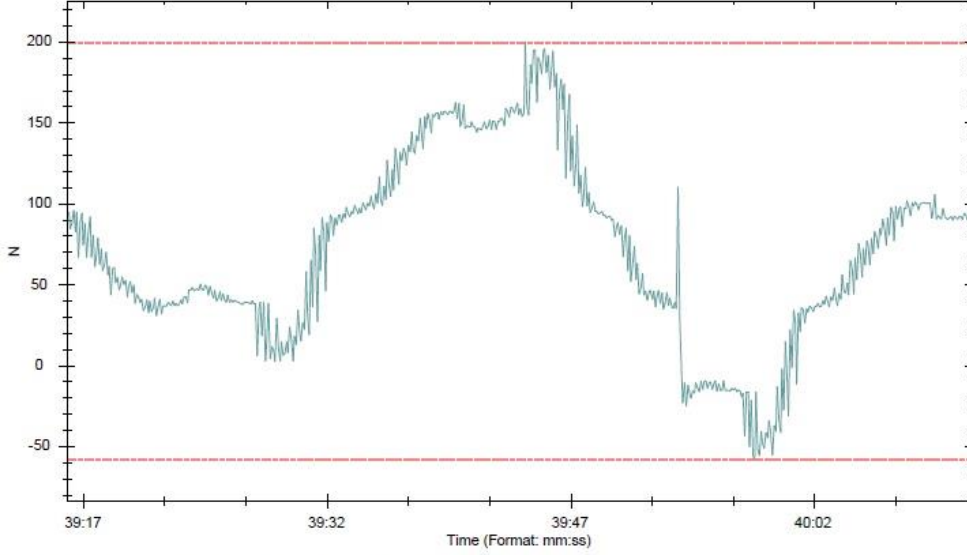
Devices SN: 10001857  
MIN value: -168,50 N  
MAX value: -8,49 N  
Peak-to-peak value: +160,01 N  
Number of measurements: 738



© 2013 ITÜ Asansör Teknolojileri Laboratuari - Gümüssuyu - Taksim - Istanbul

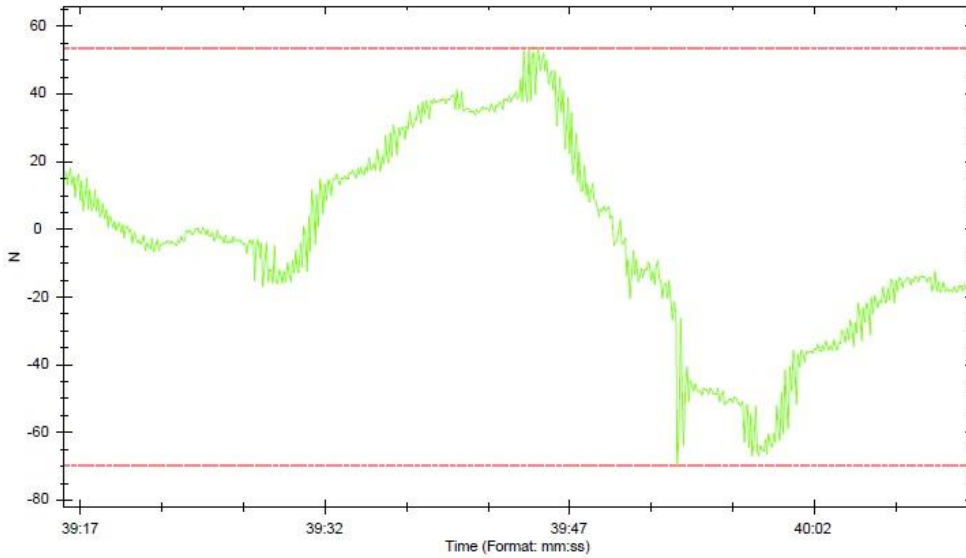
**Şekil H. 38** : Dolu kabin yukarı çıkış, test 2, 3000 N, C1 sensör okuması.

Devices SN: 10001856  
MIN value: -58,0 N  
MAX value: +199,8 N  
Peak-to-peak value: +257,8 N  
Number of measurements: 559



**Şekil H. 39** : Dolu kabin aşağı iniş, test 2, 3000 N, C2 sensör okuması.

Devices SN: 10001857  
MIN value: -69,72 N  
MAX value: +53,63 N  
Peak-to-peak value: +123,35 N  
Number of measurements: 559



**Şekil H. 40** : Dolu kabin aşağı iniş, test 2, 3000 N, C1 sensör okuması.

## ÖZGEÇMİŞ



**Ad Soyad:** Sühan ATAY

**Doğum Yeri ve Tarihi:** SİNOP / 1972

**Adres:** Bahçelievler / İstanbul

**E-Posta:** suhanatay@hotmail.com

**Lisans:** İTÜ Makina Mühendisliği Bölümü

### Eğitim:

- 1986 – 1988 Alibeyköy Endüstri Meslek Lisesi, Tesviye Bölümü  
1988 – 1989 İnönü Endüstri Meslek Lisesi, Tesviye Bölümü  
1991 – 1992 Trakya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü  
1992 – 1995 İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü  
1995 – 2001 İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Makine Mühendisliği Bölümü, Konstrüksiyon Programı  
İ.T.Ü Dil ve İnk.Tarihi Bölümü-İngilizce Hazırlık (1995 – 1996)  
Konstrüksiyon Programı, Yüksek Lisans Dersleri (1996 – 2001)  
2005 – 2009 Anadolu Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü

### İş Tecrübeleri:

- 1997 – 1999 Karel Elektronik, Üretim Planlama Mühendisi  
1999 – 2003 Gama Reklam, Proje Mühendisi, Tasarımcı Konstrüktör Mühendis  
2004 – 2009 Kalitegaz, Proje ve İmalat Mühendisi, Konstrüktör Mühendis  
2011 – 2012 Best Arges Lazer, Proje Mühendisi, Konstrüktör Mühendis