

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ASANSÖR KILAVUZ RAY KONSOLLARININ
GERİLME ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Serhat KOÇ**

Anabilim Dalı : Makina Mühendisliği

Programı : Konstrüksiyon

HAZİRAN 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ASANSÖR KILAVUZ RAY KONSOLLARININ
GERİLME ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Serhat KOÇ
(503071217)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 01 Haziran 2009

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. C. Erdem İMRAK (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Cüneyt FETVACI (İÜ)
Yrd. Doç. Dr. Cemal BAYKARA (İTÜ)**

HAZİRAN 2009

ÖNSÖZ

Tez konusunun seçiminden tezin teslimine kadar desteğini esirgemeyen tez danışmanım sayın Prof. Dr. C. Erdem İMRAK'a, asansör kılavuz rayları hakkında bana her konuda yardımcı olan Semra CEYHAN ve Sefa TARGIT'a, yüksek lisans eğitimime katkıda bulunan TÜBİTAK'a, ayrıca eğitim öğretim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan arkadaşlarıma, anneme ve babama teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran 2009

Serhat Koç
Makina Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. ASANSÖRLER.....	3
3. ASANSÖR KILAVUZ RAYLARI	7
3.1 Kılavuz Rayların Fiziksel Özellikleri ve Boyutları.....	9
3.1.1 Kılavuz ray uçları	10
3.1.2 Kılavuz ray boyu.....	11
3.1.3 Kılavuz ray yüzey sertlik değerleri.....	12
3.1.4 Kılavuz ray yüzey pürüzlülüğü	12
3.1.5 Kılavuz ray yüzey doğrusallığı	13
3.1.6 Burkulma	14
3.2 Kılavuz Ray İmalatı	15
3.2.1 Soğuk çekme ray imalatı	15
3.2.2 Talaşlı imalat yöntemiyle ray imalatı	16
3.3 Kılavuz Ray Malzemeleri	17
3.4 Kılavuz Ray Seçiminde Önemli Kriterler	18
3.5 Kılavuz Rayların Ömrü.....	18
3.6 Kılavuz Rayların Montajı	19
4. ASANSÖR KILAVUZ RAY KONSOLLARI	23
4.1 Kılavuz Ray Konsollarının Fiziksel Özellikleri ve Boyutları	23
4.2 Kılavuz Ray Konsollarının Montajı	26
4.2.1 Kılavuz ray konsollarının çelik yapılara montajı	27
4.2.2 Kılavuz ray konsollarının beton yapılara montajı	28
4.2.3 Kılavuz ray konsollarının tuğla yapılara montajı	30
5. ASANSÖR KILAVUZ RAYLARINA AİT HESAPLAMALAR	31
5.1 Asansör Kılavuz Raylarına Etkiyen Yük ve Kuvvetler	31
5.2 Asansör Kılavuz Raylarında Eğilme Gerilmesi Hesabı.....	33
5.3 Asansör Kılavuz Raylarında Burkulma Gerilmesi Hesabı	34
5.4 Asansör Kılavuz Raylarında Birleşik Gerilme Hesabı	38
5.5 Asansör Kılavuz Ray Boynundaki Eğilme Gerilmesi Hesabı.....	38
5.6 Asansör Kılavuz Raylarında Oluşan Şehim	39
5.7 Asansör Kılavuz Raylarında İzin Verilen Gerilme ve Eğilme Değerleri	41
6. SONLU ELEMANLAR METODU	43
6.1 Sonlu Elemanlar Metodunun Tarihsel Gelişimi	44
6.2 Sonlu Elemanlar Metodunun Uygulama Alanları	45
6.3 Sonlu Elemanlar Metodunun Avantajları	46
6.4 SEM ile Modelleme ve Çözüm Basamakları	47
6.4.1 Sürekli alanın bölümlenmesi.....	48
6.4.2 Uygun bir interpolasyon fonksiyonunun seçimi	49

6.4.3 Sonlu elemanlar modelinin elde edilebilmesi için elemanların birleştirilmesi.....	50
6.4.4 Bilinen yüklerin uygulanması.....	50
6.4.5 Sınır şartlarının belirlenmesi.....	50
6.4.6 Bilinmeyen düğüm noktası yer değiştirmelerinin bulunması	51
6.4.7 Eleman gerilme ve birim uzamalarının hesaplanması	51
6.5 Abaqus Sonlu Elemanlar Paket Programı	51
7. YAPILAN ÇALIŞMALAR	55
7.1 EN 81-1 Standardına Göre Örnek Asansör Projesinin Kılavuz Ray Gerilme ve Sehım Hesapları	55
7.1.1 Güvenlik tertibatının devreye girmesi durumu.....	58
7.1.1.1 Yük dağılımının önde olması durumu	58
7.1.1.2 Yük dağılımının arkada olması durumu	60
7.1.1.3 Yük dağılımının sağda olması durumu	62
7.1.2 Normal kullanım-hareket durumu	65
7.1.2.1 Yük dağılımının önde olması durumu	65
7.1.2.2 Yük dağılımının arkada olması durumu	66
7.1.2.3 Yük dağılımının sağda olması durumu	67
7.1.3 Normal kullanım-yükleme durumu	68
7.2 Kılavuz Ray ve Kılavuz Ray Konsollarının CAD Modellerinin, Montajlarının ve Sonlu Elemanlar Modelinin Oluşturulması	75
7.2.1 Malzeme ve kesitin tanımlanması	77
7.2.2 Analiz tipinin belirlenmesi.....	77
7.2.3 Temas özelliklerinin belirlenmesi	78
7.2.4 Sınır şartlarının ve yüklerin belirlenmesi.....	78
7.2.5 Modelin çözüm ağının oluşturulması.....	82
7.2.6 Görevin oluşturulması.....	83
7.2.7 Analiz sonuçlarının alınması	83
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR.....	95
EKLER	97

KISALTMALAR

EN	: European Standard
TS	: Türk Standartları
SEM	: Sonlu Elemanlar Metodu

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Kılavuz ray ölçüleri [mm].....	9
Çizelge 3.2 : Kılavuz ray fiziksel özellikleri.....	10
Çizelge 3.3 : Çekme Mukavemeti – Yüzey Sertlik Değerleri.....	12
Çizelge 3.4 : Rayların yüzey pürüzlülük değerleri, R_a	13
Çizelge 3.5 : Doğrusallık oranı B/A.....	14
Çizelge 3.6 : İzin verilen burkulma açısı değerleri.....	14
Çizelge 3.7 : Kılavuz ray malzemeleri.....	17
Çizelge 3.8 : Gerilme hesaplarında kullanılan emniyet hesapları.....	18
Çizelge 3.9 : Bağlantı levhası ölçüleri [mm].....	20
Çizelge 4.1 : Standart kılavuz ray konsolu ölçüleri [mm].....	25
Çizelge 4.2 : Ray sabitleme tırnağı ölçüleri.....	27
Çizelge 5.1 : Asansör kapasitesine göre s değerleri.....	32
Çizelge 5.2 : Asansör kılavuz raylarına etkiyen kuvvetler.....	33
Çizelge 5.3 : k_1 darbe katsayısı değerleri.....	36
Çizelge 5.4 : Narinlik derecesine göre omega değerleri.....	37
Çizelge 5.5 : Emniyet katsayıları.....	41
Çizelge 5.6 : İzin verilen gerilme değerleri.....	41
Çizelge 6.1 : SEM' in uygulandığı alanlar ve örnekleri.....	45
Çizelge 7.1 : Farklı yükleme durumları için gerilme ve sehim değerleri.....	71
Çizelge 7.2 : Güvenlik tertibatının tek raya etki ettiği durum için gerilme ve sehim değerleri.....	72
Çizelge 7.3 : En kötü hal kabulüne göre konsollardaki gerilme ve sehim değerleri..	89
Çizelge 7.4 : Rayın sabitlenmediği durumda konsoldaki gerilme ve sehim değerleri.....	92
Çizelge A.1 : $\sigma = 370 \text{ N/mm}^2$ için λ narinlik derecesine göre ω omega değerleri	98
Çizelge A.2 : $\sigma = 520 \text{ N/mm}^2$ için λ narinlik derecesine göre ω omega değerleri	99

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Asansörlerin kullanım amacına göre sınıflandırılması.....	3
Şekil 2.2 : Asansörlerin konstrüksiyon ve tahrik yöntemine göre sınıflandırılması....	4
Şekil 2.3 : Asansör tesisinin genel bölümleri.....	5
Şekil 3.1 : İki kılavuz rayın montajı.....	11
Şekil 3.2 : Kılavuz ray üzerindeki erkek ve dişi kanallar.....	11
Şekil 3.3 : Ray doğrusalılığı.....	13
Şekil 3.4 : Ray boynundaki burkulma.....	14
Şekil 3.5 : T profilli kılavuz ray kesitleri.....	15
Şekil 3.6 : İki rayın birbirine montajı.....	19
Şekil 3.7 : Bağlantı levhası.....	20
Şekil 3.8 : Kuyu içerisine yerleştirilen kabin ve karşı ağırlık kılavuz rayları.....	21
Şekil 3.9 : Kuyu içerisine yerleştirilen kılavuz ray ve bağlantıları.....	22
Şekil 3.10 : Kılavuz rayların yerleştirilmesi.....	22
Şekil 4.1 : Kılavuz ray - kılavuz ray konsolu - ray sabitleme tırnağı bağlantısı.....	23
Şekil 4.2 : Ray ve standart ray konsolu bağlantısı.....	24
Şekil 4.3 : Farklı tiplerdeki kılavuz ray konsolları.....	24
Şekil 4.4 : Standart kılavuz ray konsolu.....	25
Şekil 4.5 : Beton yapıya monte edilen ray konsolunun genel düzeni.....	26
Şekil 4.6 : Ray sabitleme tırnağı boyutları.....	27
Şekil 4.7 : Çelik ek parça ile güçlendirilmiş konsol bağlantısı.....	28
Şekil 4.8 : Beton yapıya monte edilen ray konsolunun genel düzeni.....	29
Şekil 4.9 : Çelik yükleme ek parçası.....	30
Şekil 5.1 : Paraşüt sisteminin etkisiyle oluşan kuvvetler.....	35
Şekil 5.2 : Kılavuz ray eksenleri ve ray boyun genişliği.....	39
Şekil 5.3 : Kılavuz ray üzerine etki eden çevresel kuvvetler.....	40
Şekil 6.1 : Bir sonlu elemanlar modelindeki elemanlar ve düğüm noktaları.....	43
Şekil 6.2 : Daire çevresinin sonlu elemanlar metodu ile bulunması.....	44
Şekil 6.3 : Dikdörtgensel bir alanın bölümlere ayrılması.....	48
Şekil 6.4 : SEM’de sıklıkla kullanılan bazı eleman tipleri.....	49
Şekil 6.5 : Sonlu elemanların birleştirilmesi.....	50
Şekil 6.6 : Basit bir girişin mesnetlenmesi.....	51
Şekil 7.1 : Kılavuz ray boyutları.....	56
Şekil 7.2 : Merkezden kılavuzlanmış ve asılı kabinin boyutları	57
Şekil 7.3 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı önde iken gerilme değerleri.....	73
Şekil 7.4 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı önde iken δ_x değerleri.....	73
Şekil 7.5 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı arkada iken gerilme değerleri.....	74
Şekil 7.6 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı arkada iken δ_x değerleri.....	74
Şekil 7.7 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı sağda iken gerilme değerleri.....	75
Şekil 7.8 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı sağda iken δ_x değerleri.....	75

Şekil 7.9 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı sağda iken δ_y değerleri.....	76
Şekil 7.10 : Kılavuz ray sisteminin montajı.....	77
Şekil 7.11 : Property modülünün ara yüzü.....	78
Şekil 7.12 : Step modülünün ara yüzü.....	79
Şekil 7.13 : Interaction modülünün ara yüzü.....	80
Şekil 7.14 : Duvar ile konsol arasında tanımlanan sınır koşulu.....	80
Şekil 7.15 : Duvar ile konsol cıvata delikleri arasında tanımlanan sınır koşulu.....	81
Şekil 7.16 : Rayın en altında belirlenen sınır koşulları.....	82
Şekil 7.17 : Kılavuz raya etkiyen kuvvetler.....	82
Şekil 7.18 : Mesh ara yüzü ve kılavuz ray konsolu.....	83
Şekil 7.19 : Kılavuz ray sisteminin çözüm ağı oluşturulmuş hali.....	84
Şekil 7.20 : Üst konsol sisteminde meydana gelen gerilmeler.....	85
Şekil 7.21 : Üst konsol sisteminde meydana gelen sehimler.....	85
Şekil 7.22 : Alt konsol sisteminde meydana gelen gerilmeler.....	86
Şekil 7.23 : Alt konsol sisteminde meydana gelen sehimler.....	86
Şekil 7.24 : Konsollarda oluşan gerilme değerleri.....	87
Şekil 7.25 : Konsollarda oluşan sehim değerleri.....	87
Şekil 7.26 : Farklı kuvvet noktaları için gerilme değerleri.....	88
Şekil 7.27 : Farklı kuvvet noktaları için sehim değerleri.....	89
Şekil 7.28 : Rayın kuyu dibine sabitlenmediği durumda oluşan gerilmeler.....	90
Şekil 7.29 : Rayın kuyu dibine sabitlenmediği durumda oluşan sehimler.....	91
Şekil 7.30 : Rayın kuyu dibine sabitlenmediği durumda oluşan sehimler.....	91
Şekil B.1 : Kılavuz ray konsolu.....	100
Şekil B.2 : Ray sabitleme tırnağı.....	100
Şekil B.3 : Kılavuz ray – konsol montaj detayı.....	101
Şekil B.4 : Kılavuz ray – konsol montaj detayı.....	101

ASANSÖR KILAVUZ RAY KONSOLLARININ GERİLME ANALİZİ

ÖZET

Son yıllardaki şehirleşme ve çok katlı binaların artışı ile asansör sistemlerinin önemi giderek artmaktadır.

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

Soğuk çekme ve işlenmiş olarak ikiye ayrılan kılavuz rayların seçiminde; kabinin düşey hareketi ve paraşüt sisteminin meydana getirdiği eğilme ve burkulma gerilmeleri etkindir.

Güvenli, sarsıntısız ve konforlu bir seyahat sağlamak açısından kılavuz raylar ile birlikte asansör sisteminin en önemli parçaları kılavuz ray konsollarıdır. Kılavuz ray konsolları rayın bina duvarına montajını sağlamakta ve genellikle çelik saclardan bükme yolu ile imal edilmektedirler. Kılavuz raylar ile konsolların bağlantısında çeşitli modellerde ray sabitleme tırnakları kullanılmaktadır.

Bu çalışmada kılavuz rayların farklı kullanım durumları ve farklı yükleme halleri için TS EN 81-1 standartlarına göre sayısal hesapları yapılmıştır. Daha sonra, SolidWorks ile modellenen kılavuz ray sistemindeki ray konsollarının, Abaqus sonlu elemanlar yöntemi ile gerilme ve sehim analizleri yapılmış, sonuçlar yorumlanmıştır.

Literatürde bu konuda, özellikle de kılavuz ray konsolları ile alakalı olarak, yeterli sayıda ve kapsamda çalışma mevcut değildir. Bu çalışmada, daha önce yapılan bazı çalışmalar temel alınarak varolan eksikliğin kapatılması hedeflenmiştir.

ELEVATOR GUIDE RAIL BRACKETS STRESS ANALYSIS

SUMMARY

Nowadays, elevator systems become more important with the increase of the urbanization and the highrise buildings.

Elevator systems consist of too many components and guide rails are the most important ones in terms of elevator safety. Basic duties of guide rails are; to guide the car and counterweight in their vertical travel and to minimize their horizontal movement, to prevent tilting of the car due to eccentric load, to stop and hold the car on the application of the safety gear.

There are two types of guide rails; cold drawn and machined. Vertical movement of the car and safety gear operation creates bending and buckling stresses on the guide rails and the calculation of these stresses are important in selection of guide rails.

For a safe, smooth and comfortable travel, guide rail brackets are the most important components along with guide rails. Guide rail brackets are used for installing the guide rails on the wall and they are usually manufactured by bending sheet metals. While assembling guide rails to rail brackets, different types of clips are used.

In this study, stress and deflection analysis of guide rails have been calculated according to TS EN 81-1 standard for different loading situations. Then guide rail brackets which are selected according to the used guide rails in project, are modelled in SolidWorks and analysed in Abaqus. Results of guide rail calculation and analysed guide rail brackets were commented on.

Studies about this topic, especially about guide rail brackets, are not enough in literature. Therefore this study is a good reference on this subject.

1. GİRİŞ

Son yıllarda şehirleşmede çok katlı binaların artışı ile gündelik hayatın vazgeçilmezi haline gelen asansörler; yük ve insanları, kılavuz raylar arasında hareketli kabin veya platformları ile düşey doğrultuda yapının belli duraklarına taşımaya yarayan elektrikli araçlar olarak tarif edilmektedir.

Asansör sistemleri pek çok elemandan oluşmaktadır ve söz konusu insanların bir yerden bir yere taşınması olduğunda, bu elemanlar için emniyet faktörü çok büyük önem kazanmaktadır. Asansör yapısı ve tarifine giren kılavuz raylar, asansör sisteminin emniyeti açısından en önemli elemanlarıdır. Hakkında standart oluşturulan tek asansör elemanı olan kılavuz raylar 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 kullanılmaktadırlar. Aynı zamanda, paraşüt düzeninin kabini tutmak için kullanacağı elemanlar da kılavuz raylardır.

Rayların doğrusallığını sağlamak, buna bağlı olarak da güvenli, sarsıntısız ve konforlu bir seyahat sağlamak açısından kılavuz raylar ile birlikte asansör sisteminin en önemli parçaları kılavuz ray konsollarıdır. Kılavuz ray konsollarının temel görevi rayların bina betonarmesine bağlantısını sağlamaktır.

Literatürde bu konuda özellikle de kılavuz ray konsolları ile alakalı olarak yeterli sayıda ve kapsamda çalışma mevcut değildir. Bu çalışmayla, daha önce yapılan bazı çalışmalar temel alınarak varolan eksikliğin kapatılması hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde asansörler hakkında kısa ve temel tanımları içeren bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, asansör sisteminin en önemli elemanlarından olan kılavuz raylar incelenmiş ve detaylı bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde, kılavuz raylarla birlikte asansörlerin emniyet sistemini oluşturan ve rayların yapıya bağlantısını sağlayan kılavuz ray konsollarının özellikleri ve montajları ele alınmıştır.

Beşinci bölümde, kılavuz ray gerilme hesapları hakkında bilgiler verilmiştir.

Altıncı bölümde, sonlu elemanlar metodu temel olarak anlatılmış ve Abaqus sonlu elemalar paket programına kısaca değinilmiştir.

Çalışmanın sonunda, örnek bir proje üzerinde kılavuz rayların gerilme ve sehim hesapları TS EN 81-1 standardında belirtilen hesap esaslarına uygun olarak yapılmıştır.

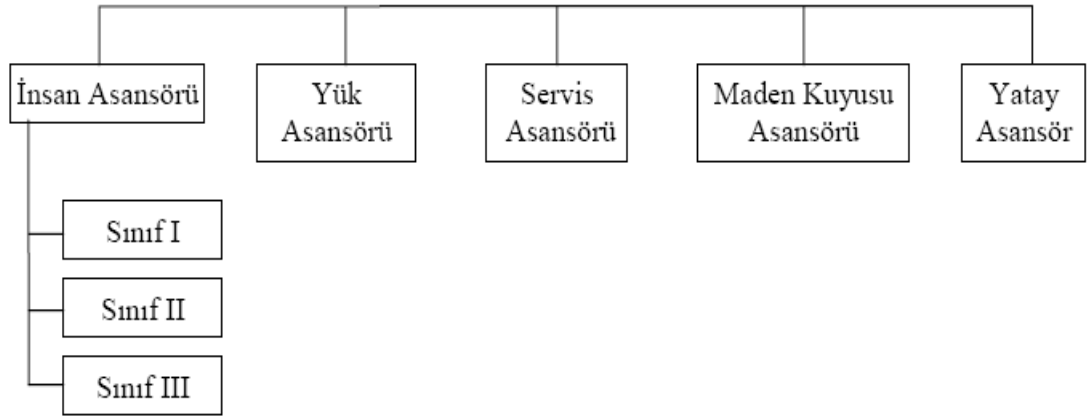
Aynı proje üzerinde, kullanılan kılavuz raylara uygun olarak seçilen kılavuz ray konsolları SolidWORKS ile modellenerek Abaqus ile analizleri yapılmış, gerilme ve sehim değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler ve daha önce yapılan ray hesapları doğrultusunda ortaya çıkan sonuçlar yorumlanmıştır.

2. ASANSÖRLER

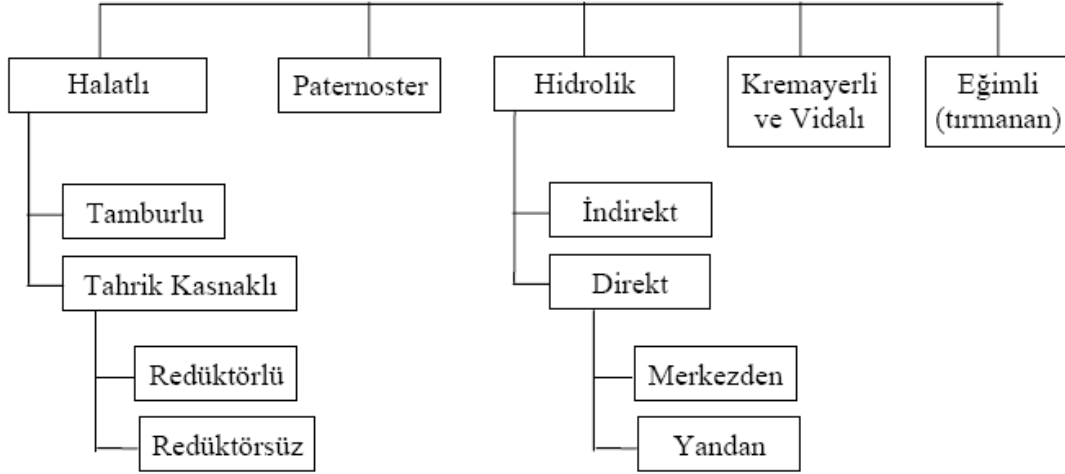
Asansörler; yük ve insanları, kılavuz raylar arasında hareketli kabin veya platformları ile düşey doğrultuda yapının belli duraklarına taşımaya yarayan elektrikli araçlar olarak tarif edilmektedir [1].

Asansör yönetmeliğine göre ise asansör; binalarda ve inşaatlarda, belirli seviyelerde hizmet veren, sabit ve yataya 15° den fazla bir açı oluşturan raylar boyunca hareket eden bir kabine sahip olup; insanların, insanların ve yüklerin, kabine ulaşılabilirliği, yani bir kişi kabine zorlanmadan girebiliyorsa ve kabin içinde bulunan veya kabin içindeki kişinin erişim mesafesinde yer alan kumandalarla teçhiz edilmiş ise, sadece yüklerin taşınmasına yönelik bir tertibat olarak tanımlanmaktadır [2].

Asansörlerin sınıflandırılmasında kullanım amacı, konstrüksiyon ve tahrik yöntemi gibi özellikleri göz önüne alınmaktadır. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’ de bu sınıflandırmalar gösterilmektedir.



Şekil 2.1 : Asansörlerin kullanım amacına göre sınıflandırılması

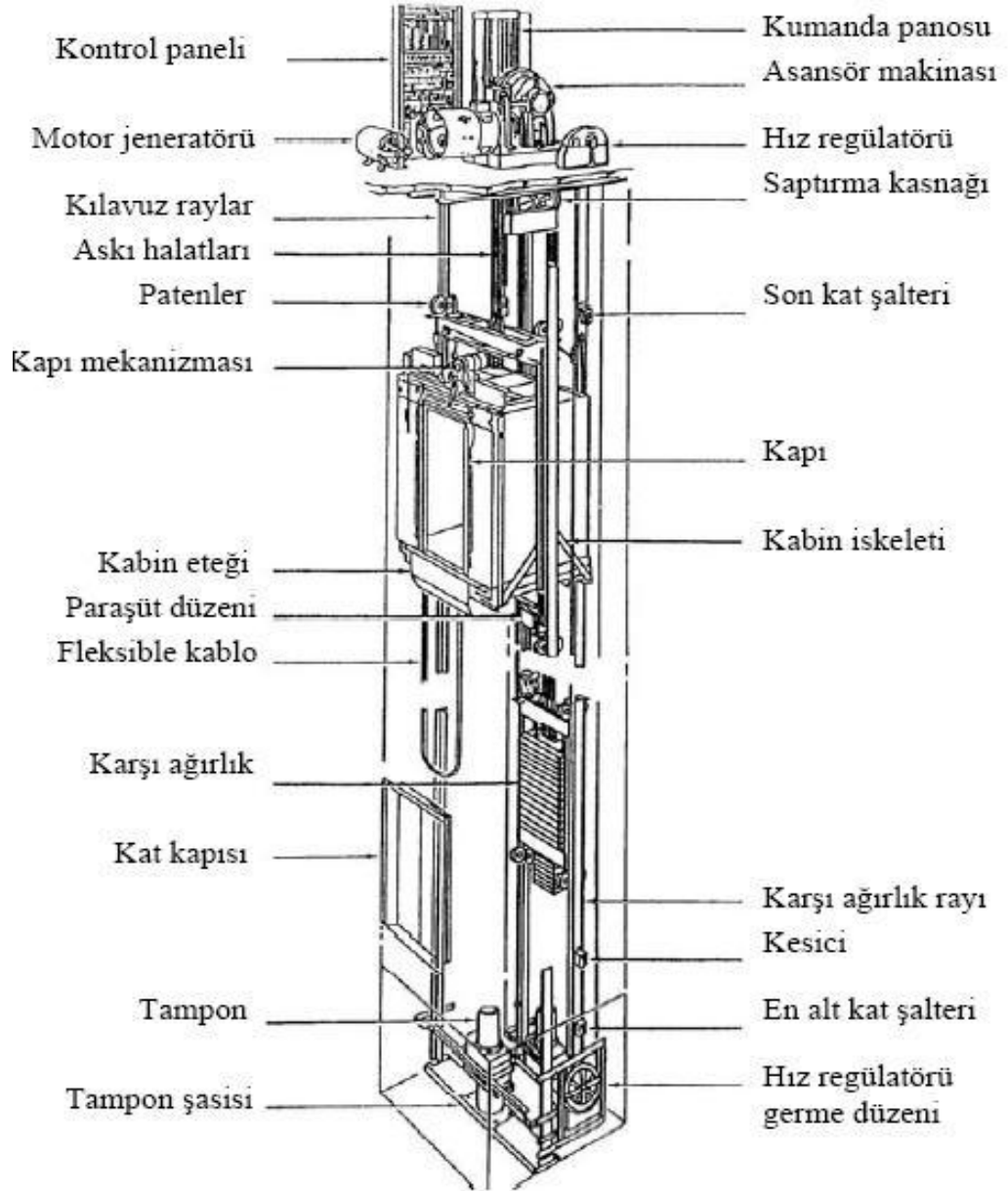


Şekil 2.2 : Asansörlerin konstrüksiyon ve tahrik yöntemine göre sınıflandırılması

Son yıllarda şehirleşmede çok katlı binaların artışı ile gündelik hayatın vazgeçilmezi haline gelen asansörlerin belli başlı bölümleri şunlardır:

- a) Asansör Kuyusu (Boşluğu)
- b) Makina Dairesi
- c) Kabin
- d) Kat Kapıları
- e) Kılavuz Raylar
- f) Karşı Ağırlık
- g) Askı Elemanı (Tel halat)
- h) Hız Regülatörü
- i) Son Kat Şalteri
- j) Paraşüt Düzeni
- k) Asansör Makinası
- l) Tamponlar
- m) Paten
- n) Kumanda Düzeni
- o) Elektrik Donanımı

Yaygın olarak binalarda tesis edilen, halatla tahrik edilen asansörlerin genel bölümleri ile kullanılan makina parçaları Şekil 2.3' de gösterilmektedir [1].



Şekil 2.3 : Asansör tesisinin genel bölümleri

3. ASANSÖR KILAVUZ RAYLARI

Kılavuz raylar, asansör yapısına ve tarifine giren temel elemanlardır. Asansörün güvenli çalışmasını sağlamak için kılavuz raylar, kılavuz ray bağlantıları ve tespit yerleri, bunları etkileyen yüklere ve kuvvetlere yeterince dayanım göstermelidir. Kabin ve karşı ağırlık en azından iki rijit çelik kılavuz ray tarafından kılavuzlanmalıdır.

Kılavuz raylar 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 kullanılmaktadırlar. Aynı zamanda, paraşüt düzeninin kabini tutmak için kullanacağı elemanlar da kılavuz raylardır [1].

Bu tanımlamalara bağlı olarak asansör kılavuz raylarının üç ana görevi aşağıda sıralanmıştır:

- a) Kabini ve karşı ağırlığı düşey hareket boyunca kılavuzlamak ve bu hareket sırasında kabinin yatay hareketlerini önlemek,
- b) Kabin içinde düzensiz yüklemelerden dolayı meydana gelebilecek hareket güçlüklerini ve sarsıntıları önlemek,
- c) Halat kopması ve çeşitli nedenlerle kabin hızının aşağı veya yukarı yönde ani artması durumlarında paraşüt freni ile güvenli duruşu sağlamak [3].

Asansörlerde güvenlik açısından kılavuz rayların bu denli önemli rolleri olmasından ötürü kılavuz raylardaki eğilmeler; durak kapıları kilitlerinin istenmeden açılmayacağı, güvenlik tertibatının çalıştırılmayacağı, hareketli parçaların diğer parçalara çarpmayacağı bir ölçüde sınırlandırılmalıdır.

Kılavuz ray, hakkında standart hazırlanmış tek asansör elemanı olup, özellikleri "ISO 7465 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 numaralı standart

uluslararası standartla uyumlu haldedir. Bu standart hazırlanırken, "ISO 630:1995 yapı çelikleri", "ISO 468 Yüzey Pürüzlülüğü-Parametreler ve Pürüzlülük Tespiti Kuralları", "ISO 1302 Ürünlerin Geometrik Özellikleri" standartlarına atıf yapılmıştır [4].

Asansör imalat ve montaj kuralları EN 81-1 standardında tanımlanmaktadır. Bu standartta, asansör kılavuz raylarıyla ilgili olarak aşağıdaki hususlara yer verilmektedir.

a) Asansör kılavuz rayları, asansörün emniyetli şekilde çalışması için ek yerleri ve bağlantıları üzerine uygulanan yüklere ve kuvvetlere dayanabilecek düzeyde olmalıdır,

b) Asansörün emniyetli şekilde çalışması hususunda kılavuz raylarla ilgili olarak: Kabin, karşı ağırlık veya denge ağırlığı kılavuzlanması sağlanacaktır,

c) T profilli kılavuz raylar için izin verilen maksimum sehimler, emniyet tertibatının çalıştığı kabin, karşı ağırlık veya denge ağırlığı kılavuz rayları için her iki yönde 5 mm ve emniyet tertibatı olmadan karşı ağırlık veya denge ağırlığı kılavuz rayları için her iki yönde 10 mm' dir,

d) Kılavuz rayların konsollara ve binaya tespiti, binanın normal oturmasına veya betonun çekmesine bağlı etkilerin otomatik olarak veya basit ayarla dengelenmesine izin verecektir,

e) Bağlantılarda kılavuz rayların çıkmasına sebep olabilecek dönmeler engellenecektir,

f) Kabin, karşı ağırlık veya denge ağırlığının kılavuzlanması:

- Kabin, karşı ağırlık veya denge ağırlığının her biri en az iki rijit çelik kılavuz rayla kılavuzlanacaktır.

- Aşağıdaki durumlarda kılavuz raylar çekme çelikten yapılacak veya sürtünme yüzeyleri işlenecektir:

Nominal hızın 0,4 m/s'yi aşması,

Hız ne olursa olsun kaymalı emniyet tertibatı kullanılması,

- Emniyet tertibatı olmadan karşı ağırlık veya denge ağırlığı kılavuz rayları kalıpla bükülmüş metal saçtan yapılabilir. Bunlar korozyona karşı korunacaktır [5].

3.1 Kılavuz Rayların Fiziksel Özellikleri ve Boyutları

Kılavuz raylar imal edildikleri yönetime bağlı olarak adlandırılmaktadırlar. Soğuk çekilmiş kılavuz raylar A, işlenmiş kılavuz raylar ise B, BE sembolleri ile tariflenmektedir.

Çizelge 3.1' de ve Çizelge 3.2' de ISO 7465 standardına göre soğuk çekilmiş ve işlenmiş kılavuz ray ölçüleri ile fiziksel özellikleri görülmektedir [3,6].

Çizelge 3.1 : Kılavuz ray ölçüleri [mm]

Ray tipi	b	h	k	n	c	g	F	m ₁	m ₂	t ₁	t ₂	d
T45/A	45	45	5	-	-	*	-	2	1.95	2.5	2	9
T50/A	50	50	5	-	-	*	-	2	1.95	2.5	2	9
T70-2/A	70	70	8	-	-	**	-	3	2.95	3.5	3	13
T70-1/A	70	65	9	34	6	***	-	3	2.95	3.5	3	13
T70-3/B	75	49.2	15.88	25.4	9.5	7.9	9.5	3	2.95	3.5	3	13
T75-3/A	75	62	10	30	8	****	-	3	2.95	3.5	3	13
T75-3/B	75	62	10	30	8	7	9	3	2.95	3.5	3	13
T82/A	82	65.3	9	25.4	7.5	6	8.3	3	2.95	3.5	3	13
T89/A	89	62	15.88	33.4	10	7	11.1	6.4	6.37	7.14	6.35	13
T89/B	89	62	15.88	33.4	9.5	7.9	11.1	6.4	6.37	7.14	6.35	13
T90/A	90	75	16	42	10	8	10	6.4	6.37	7.14	6.35	13
T907B	90	75	16	42	10	8	10 0	6.4	6.37	7.14	6.35	13
T125/B-BE	125	82	16	42	10	9	12.0	6.4	6.37	7.14	6.35	17
T127-1/B-BE	127	88.9	15.88	44.5	9.5	7.9	11.1	6.4	6.37	7.14	6.35	17
T127-2/B-BE	127	88.9	15.88	50.8	9.5	12.7	15.9	6.4	6.37	7.14	6.35	17
T140-1/B-BE	140	108	19	50.8	12.7	12.7	15.9	6.4	6.37	7.14	6.35	21.5
T140-2/B-BE	140	101.6	28.60	50.8	19	14.3	17	6.4	6.37	7.14	6.35	21.5
T140-3/B-BE	140	127	31,70	57.1	25.4	17.5	25.4	6.4	6.37	7.14	6.35	21.5

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

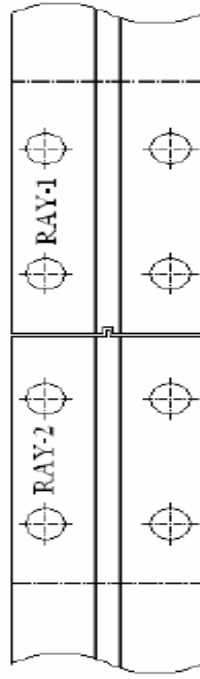
Çizelge 3.2 : Kılavuz ray fiziksel özellikleri

Ray Tipi	S 10^2 mm^2	q kg/mm	I_x 10^4 mm^4	W_x 10^3 mm^3	i_x mm	I_y 10^4 mm^4	W_y 10^3 mm^3	i_y mm	y mm
T45/A	4.25	3.34	8.08	2.53	13.80	3.84	1.71	9.50	13.10
T50/A	4.75	3.73	11.24	3.15	15.40	5.25	2.10	10.50	14.30
T 70-2/A	10.52	8.26	47.43	9.63	21.20	23.13	6.61	14.80	20.20
T 70-1/A	9.51	7.47	41.30	9.24	20.90	18.65	5.35	14.00	20.40
T 70-3/B	11.54	9.30	27.50	8.52	15.20	25.80	7.54	15.00	17.30
T 75-3/A,B	10.99	8.63	40.35	9.29	19.20	26.49	7.06	15.50	18.60
T82/A	10.90	8.55	49.40	10.20	21.30	30.50	7.40	13.20	19.80
T 89/A,B	15.70	12.30	59.52	14.25	19.50	52.40	11.80	18.30	20.20
T89/B	15.70	12.30	59.60	14.50	19.50	52.50	11.80	18.30	20.7
T 90/A,B	17.25	13.55	102	20.87	24.30	52.60	11.80	17.50	21.60
T 125/B-BE	22.83	17.90	151	26.20	25.70	159	25.40	26.40	24.30
T 127-1/B-BE	22.64	17.77	186.20	30.40	28.60	148	23.40	25.60	27.50
T 127-2/B-BE	28.63	22.48	198.40	30.90	26.30	230	36.20	28.30	24.60
T 140-1/B-BE	35.20	27.60	404	53.40	33.90	310	44.30	29.70	32.40
T 140-2/B-BE	43.22	32.70	452	67.50	32.50	365	52.30	29.20	34.80
T 140-3/B-BE	57.35	47.60	946	114	40.60	488	70	29.20	44.20

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

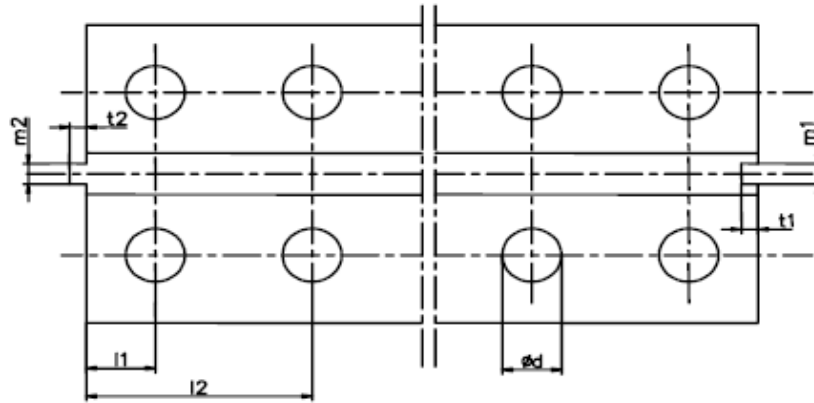
3.1.1 Kılavuz ray uçları

Asansör kuyularının standart kılavuz ray boyundan daha derin olduğu durumlarda, iki veya daha fazla kılavuz rayın birbirine monte edilmesi gerekmektedir. Şekil 3.1’ de iki kılavuz rayın birbirine monte edilmesi durumu görülmektedir.



Şekil 3.1 : İki kılavuz rayın montajı

Kılavuz rayların montajının kolay bir şekilde sağlanabilmesi ve geçişlerde çıkıntı olmaması için rayların uç kısımlarına erkek ve dişi kanallar işlenmektedir. Şekil 3.2’ de kılavuz ray üzerinde işlenmiş olan erkek ve dişi kanallar görülmektedir.



Şekil 3.2 : Kılavuz ray üzerindeki erkek ve dişi kanallar

3.1.2 Kılavuz ray boyu

Kılavuz rayların, TS 4789 ISO 7465 standardına göre tavsiye edilen boy uzunlukları 5 m’ dir. Raylar, imal edilirken gereken boy değerine göre ± 2 mm tolerans ile imal edilmektedirler.

3.1.3 Kılavuz ray yüzey sertlik değerleri

Ray yüzey sertliği, emniyet freni devreye girdiği zaman önem kazanmaktadır. Emniyet freni devreye girdiğinde, ray ile fren pabucu arasında bir temas söz konusu olmakta ve temasta olan taraflardan biri aşınmaya veya çentik etkisine maruz kalmaktadır. Bu durumda rayın değil fren pabucunun aşınması tercih edilmektedir. Asansör parçalarının uyum içinde çalışmalarının sağlanması için fren pabuçlarının raya uygun üretilmesi ve bu şekilde üretilmiş frenlerin seçilmesi gerekmektedir. Çeliklerin mukavemeti ile sertliği arasındaki ilişki Çizelge 3.3 'de gösterilmektedir. Buna göre asansör kılavuz rayları 110 ila 160 HB arasında sertliktedir.

Çizelge 3.3 : Çekme Mukavemeti – Yüzey Sertlik Değerleri

Çekme Mukavemeti [N/mm²]	Yüzey Sertliği [HB]
335	98.8
415	124
575	171

Kılavuz rayların yüzeyleri kabin ve karşı ağırlığı kılavuzlamak için yeterli miktarda yumuşak olmasıyla kılavuzlama elemanları iyi bir şekilde çalışabilir [7].

3.1.4 Kılavuz ray yüzey pürüzlülüğü

Asansör kabininin, rayların üzerinde sessiz çalışması ve patenleri aşındırmasını geciktirmek için yüzeylerin belirli bir pürüzlülük değerinde olması gerekmektedir. Sıcak haddelenmiş profillerle yapılan ek işlemler bu amaca yöneliktir. TS 4789 ISO 7465 standardında atıf yapılan ISO 468 veya TS 971, yüzey pürüzlülüğü özelliğini açıklamaktadır. Rayların yüzey pürüzlülüğü R_a standart ölçüleri Çizelge 3.4 'de verilmiştir. R_a değeri, numune boyunca ölçülen profil sapmalarının mutlak aritmetik ortalaması olarak tanımlanmaktadır [7].

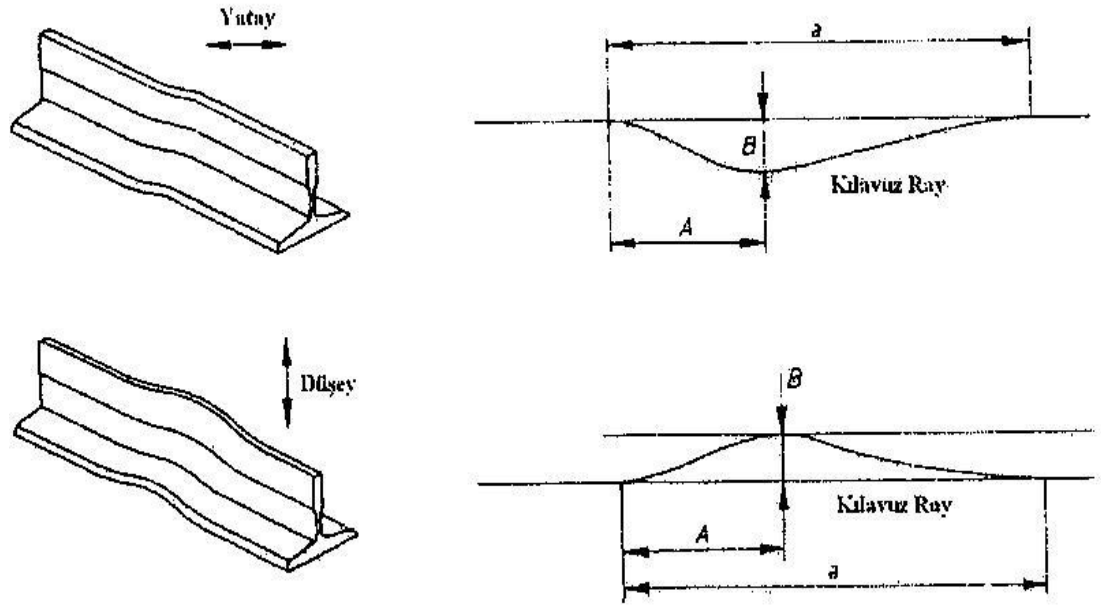
Çizelge 3.4 : Rayların yüzey pürüzlülük değerleri, R_a

Ray Sınıfı	Ray Boyuna[μm]	Ray Enine[μm]
A	$1.6 < R_a < 6.3$	$1.6 < R_a < 6.3$
B	$R_a < 1.6$	$0.8 < R_a < 3.2$
BE	$R_a < 1.6$	$0.8 < R_a < 3.2$

3.1.5 Kılavuz ray yüzey doğrusallığı

Kılavuz raylara ait maksimum ray doğrusallık oranı B/A için boyutlar Şekil 3.3’ de verilmiştir. Çizelge 3.5’ de ise bu orana ait değerler yer almaktadır [8,9].

Kılavuz ray doğrusallığı özellikle asansörün 4 m/s’den büyük hızlarında önem kazanmaktadır.



Şekil 3.3 : Ray doğrusallığı

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

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

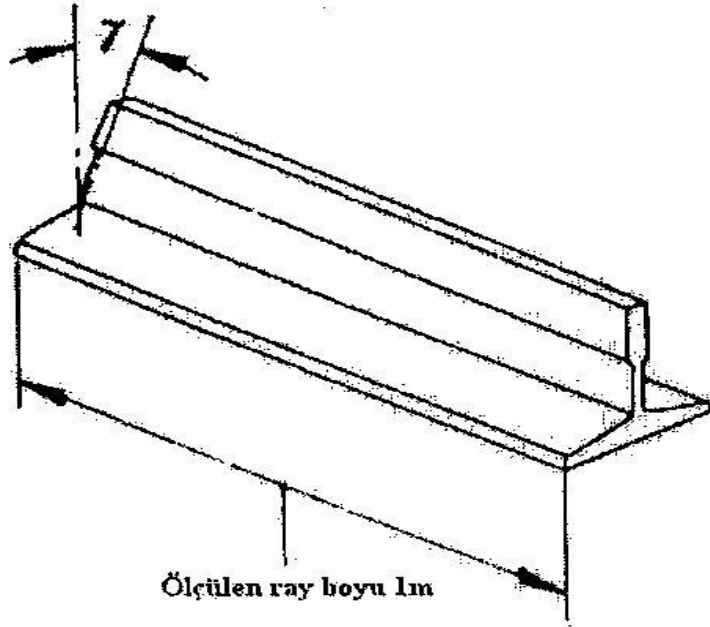
a: A ve B değerlerinin denetlendiği uzunluk ≥ 1 m.

Çizelge 3.5 : Doğrusallık oranı B/A

Doğrusallık Oranı B/A	
Kılavuz Ray Tipi	B/A maksimum değeri
Soğuk Çekilmiş	0.0016
İşlenmiş	0.0010

3.1.6 Burkulma

Ray boynundaki burkulma açısı γ ile ifade edilmektedir. Bu açı Şekil 3.4’ de gösterilmiştir. Burkulma açısına ait ihmal edilebilir değerler Çizelge 3.6’ da verilmektedir [8,9].



Şekil 3.4 : Ray boynundaki burkulma

Çizelge 3.6 : İzin verilen burkulma açısı değerleri

İzin verilen burkulma açısı değerleri	
Kılavuz Ray Tipi	γ_{max}
Soğuk Çekilmiş	50 ‘/m
İşlenmiş	30 ‘/m

mekanik özellik artışı temin edemediğinden, işlenmiş raylar, çekme dayanımı daha yüksek hammadde kullanılarak üretilmektedirler.

Soğuk çekme yöntemiyle kılavuz ray imalatının bazı avantajları şunlardır:

- a) Yeni bir teknolojidir ve malzeme kaybını önler,
- b) Yüksek üretim miktarı imkanını verir,
- c) İmalat yöntemi, aynı zamanda malzemeyi test ettiğinden, malzeme kalitesini garanti altına alır,
- d) Tüm yüzeyler işleme tabi tutulduğundan iç gerilme dağılımına olumsuz etki yapmaz, bu sayede işlem sonrası iç gerilme nedeniyle plastik şekil değişimi meydana gelmez.

Soğuk çekme yöntemiyle kılavuz ray imalatının dezavantajları ise şunlardır:

- a) Geometrik hassasiyeti çok yüksek yarı mamul gerektirir,
- b) Yüksek teknoloji ve özel bilgi ihtiyacı dolayısıyla, yüksek ilk yatırım maliyeti ortaya çıkarır,
- c) Ekonomik üretim için büyük fabrika alanı ve seri üretim ihtiyacı doğurur,

Malzeme hataları üretim esnasında ortaya çıktığından metalürjik özellik toleransı çok dardır [8,10,11].

3.2.2 Talaşlı imalat yöntemiyle ray imalatı

Haddelenmiş ray profillerinin yüzeyinden talaş kaldırılması usulüyle üretilirler. Ray profillerinin paten çalışma yüzeyleri; planyalama, frezeleme veya broşlama usullerinden biri ile talaş kaldırılarak işlenir.

Talaşlı imalat yönteminin bazı önemli avantajları şunlardır:

- a) Büyük kesitli ve ağır rayların üretimine izin verir,
- b) Üretim sırasında metalürjik ve geometrik ölçüler bakımından çok hassas haddelenmiş yarı mamul gerektirmez,
- c) En eski ray imal usulüdür. Teknoloji eski olduğundan iyi bilinir ve yatırım gerektirmez,

Talaşlı imalat yöntemiyle kılavuz ray imal etmenin en önemli dezavantajları şunlardır:

- a) Üretim sonrası kalitenin devamlılığı için metalürjik özellikleri yüksek, yani iç gerilmeleri olmayan yarı mamul gerektirir,
- b) Üretim maliyeti yüksektir ve bundan dolayı da ürünler pahalıdır, talaşlı imalat sırasında zayi olan malzeme maliyeti artırır [8].

3.3 Kılavuz Ray Malzemeleri

Asansörlerde kabin ve karşı ağırlığın kılavuzlanması için kullanılan kılavuz raylar çekme gerilmesi 370 N/mm^2 ile 520 N/mm^2 arasında olan yapı çeliklerinden imal edilir. Kılavuz raylar ISO 7455, DIN 15311 veya TS 4789 standartlarına uygun olarak Çizelge 3.7' de verilen malzemelerden imal edilmektedir.

Çizelge 3.7 : Kılavuz ray malzemeleri

Ray Standardı	Soğuk Çekilmiş	İşlenmiş
ISO 7465	Fe 360 B	Fe 430 B
ISO 630	E235B (Fe360)	E275B (Fe430)
DİN 15311	St 37 -2 K	St 44 - 2K
BS 5655/9	4360 / 40A	4360/ 43A
ANSI A 17 - 1	-	ASFM - A 36
UNI 7465	Fe 360 B	Fe 430 B
AFNOR 82/251	Fe 360 B	Fe 430 B
TS 4789	St 37 -2 K	St 44 -2 K

Günümüzde ABD'de, özellikle kimyasal ve patlama riski taşıyan çalışma alanlarında, çelik kılavuz rayların sebep olabileceği kazaların önüne geçmek amacıyla kılavuz raylarda metal dışı uygun malzemeler kullanılabilmektedir. Bu tip yerlerde ayrıca kabin hızı 0.76 m/s 'yi geçirilmemektedir [3].

3.4 Kılavuz Ray Seçiminde Önemli Kriterler

Asansör kılavuz rayları, TS 4789 ISO 7465 standardında açıkça tarif edilmiş bir üründür. Kılavuz rayda en önemli zorlanma paraşüt freni devreye girdiğinde ortaya çıkar ve bu sırada rayda meydana gelecek bir hasar çok önemli bir momentum değişimine sebebiyet verir. Gerilme hesaplarında kullanılan emniyet katsayıları Çizelge 3.8’ de verilmiştir [12]. Emniyet katsayıları ε % uzama oranına bağlı olarak belirlenmektedir.

Çizelge 3.8 : Gerilme hesaplarında kullanılan emniyet hesapları

Yük Durumları	% Uzama (ε)	Emniyet Katsayısı
Normal Kullanım Yüğü	$\varepsilon \geq \% 20$	2.28
Emniyet Tertibatı İşletimi	$\varepsilon \geq \% 20$	1.8

Uzama oranı %8'in altında olan malzemeler çok gevrek olarak kabul edilir ve kullanılmamaktadır. Standartlarda sünek malzemeler önerilmektedir.

Kılavuz rayların seçiminde temel olarak şu faktörler dikkate alınmaktadır:

- Kabin ağırlığı
- Kabin yükü (taşıyabileceği yük)
- Emniyet freni tipi
- Ray döşeme sistemi ve konsol aralıkları

3.5 Kılavuz Rayların Ömrü

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

Kılavuz rayların değiştirilmesini gerektirecek durumlar şunlardır:

- Emniyet freninin devreye girmesi ile ray üzerinde hasar oluşması hali,
- Binanın deprem, yangın gibi felaketlere maruz kalması,
- Asansörün, kılavuz raylara zarar verecek boyutta bir kaza geçirmesi [7].

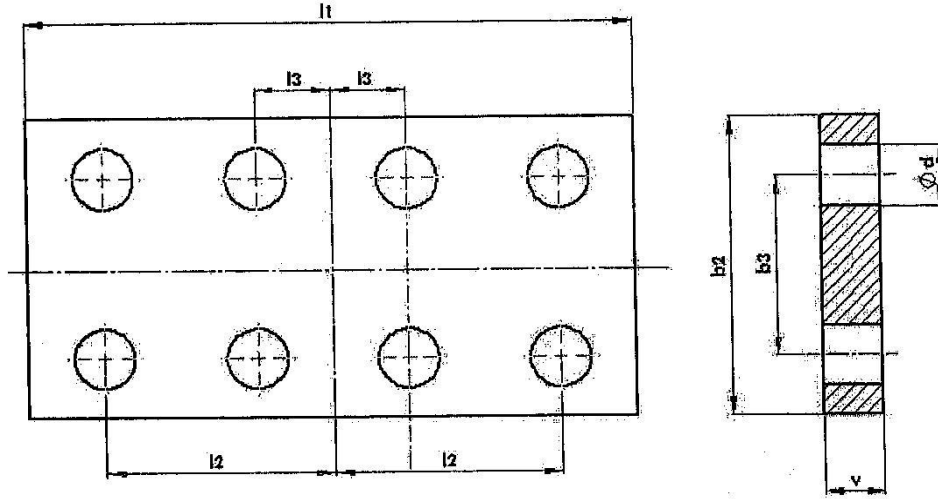
3.6 Kılavuz Rayların Montajı

Kılavuz raylar birbirlerine, bağlantı levhaları ile ve en az 4 cıvata yardımıyla bağlanmaktadır. Levha kalınlığı ile cıvata boyutları, kullanılan rayın boyutlarına bağlı olarak seçilmektedir. Şekil 3.6’ da iki rayın, bağlantı levhası ve civatalar ile birbirlerine bağlanması gösterilmektedir [12].



Şekil 3.6 : İki rayın birbirine montajı

Bağlantı levhaları iki kılavuz rayın birbirine monte edilmesinde kullanılmaktadır. Döşenmiş ray hattı, tek parça kiriş olarak kabul edilmektedir. Dolayısı ile bağlantı noktaları kılavuz ray ile aynı mukavemete sahip olmalıdır. Bunun için özellikle yük asansörlerinde, ataleti standardın önerdiği değerin üzerinde özel elemanlar kullanmak, emniyeti ve konfor düzeyini artıracaktır. Şekil 3.7’ da bağlantı levhasının boyutları, Çizelge 3.9’ da ise bu boyutların standart değerleri verilmiştir.



Şekil 3.7 : Bağlantı levhası

Çizelge 3.9 : Bağlantı levhası ölçüleri [mm]

Ray Tipi	d	b ₂	b ₃	l ₁	l ₂	l ₃	v		
T 45/A	9	50	25	160	65	15	8	M8-25	T1
T 50/A	9	50	30	200	75	25	8	M8-25	T1
T 70-2/A	9	70	42	250	105	25	10	M12-35	T2
T 70-1/A	13	70	42	250	105	25	10	M12-35	T2
T 70-3/B	13	70	42	250	105	25	10	M12-35	T2
T 75-3/A	13	75	43	240	90	30	10	M12-35	T2
T75-3/B	13	75	43	240	90	30	10	M12-35	T2
T 82/A	13	80	50.8	216	81	27	10	M12-35	T2
T 89/A	13	90	57.2	305	114.3	38.1	10/13	M12-35	T3
T 89/B	13	90	57.2	305	114.3	38.1	10/13	M12-35	T3
T 90/A	13	90	57.2	305	114.3	38.1	10/13	M12-35	T3
T 90/B	13	90	57.2	305	114.3	38.1	10/13	M12-35	T3
T 125/B-BE	17	130	79.4	305	114.3	38.1	17	M12-35	T4
T 127-1/B-BE	17	130	79.4	305	114.3	38.1	17	M12-35	T4
T 127-2/B-BE	17	130	79.4	305	114.3	38.1	17	M12-35	T5
T 140-1/B-BE	21.5	140	92.1	380	152.4	31.8	25	M20-65	T5
T 140-2/B-BE	21.5	140	92.1	380	152.4	31.8	25	M20-65	T5
T 140-3/B-BE	21.5	140	92.1	380	152.4	31.8	25	M20-65	T5

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

Kılavuz rayların montajında ray ile ilişkisi çok önemli olan diğer yardımcı elemanlar da rayı binaya bağlayan kılavuz ray konsolları ve bunların bağlantısını sağlayan ray sabitleme tırnağıdır. Ancak bu parçalar hakkında detaylı bilgiler bir sonraki bölümde açıklanacağı için bu bölümde bu parçalar hakkında bilgi verilmeyecektir.

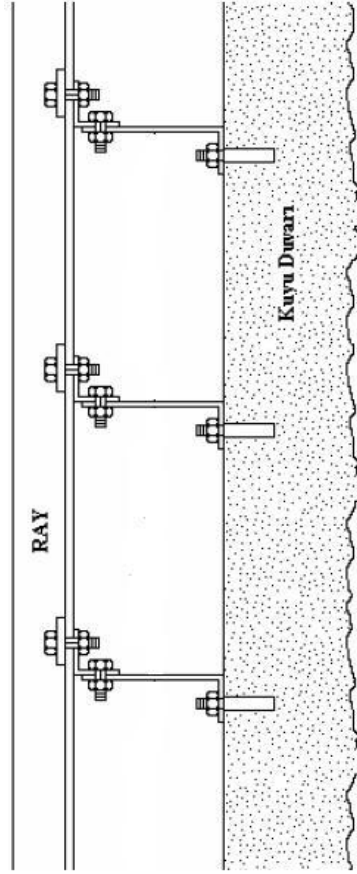
Rayları ve bağlantı elemanlarını uygun şekilde kuyuya taşıdıktan sonra en önemli işlem, rayların doğru konumda yerleştirilip sabitlenmesi işlemleridir. Kılavuz rayların pozisyonu; kabin girişinin pozisyonuna, kabin şekline ve kabinin ağırlık merkezine bağlı olarak belirlenmektedir. Şekil 3.8’ de kuyu içindeki kabin ve karşı ağırlık kılavuz rayları verilmiştir.



Şekil 3.8 : Kuyu içerisine yerleştirilen kabin ve karşı ağırlık kılavuz rayları

Raylar asansör kuyusunda ya zemine oturtulmakta veya kuyu tavanına asılmaktadır. Raylara aynı anda hem asma hem de oturtma sistemi uygulanmamaktır. Rayların asılma ve oturtma şekli binanın statik durumuna ve standartlara göre belirlenmektedir.

Kılavuz rayların dik ve aralarındaki mesafenin bütün uzunlukları boyunca sabit olması önemlidir. Kılavuz ray en alt uçta kuyu içinde desteklenmeli ve bütün bir ray boyunca kılavuz ray konsolları belli aralıklarla yerleştirilmelidir. Destekler bağlantıları ve destek duvarları yatay kuvvetleri dengeleyecek düzeyde olmalıdır. Şekil 3.9’ da kuyu içine yerleştirilmiş ray ve bağlantıları görülmektedir.

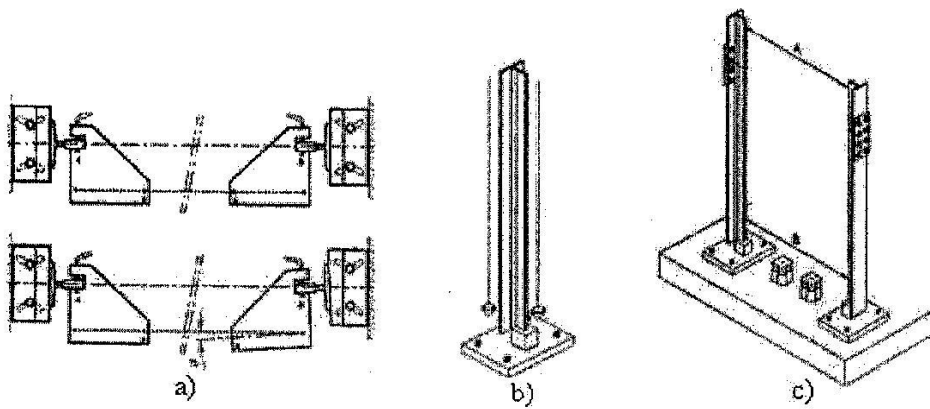


Şekil 3.9 : Kuyu içerisine yerleştirilen kılavuz ray ve bağlantıları

Rayların döşenmesinde şu geometrik özellikler bulunmalıdır [7]:

Kılavuz rayların üzerinde patenlerin çalıştığı yüzeylerin,

- a) Aynı düzlemde olması (Şekil 3.10a)
- b) Düşey doğrultuda olmaları (Şekil 3.10b)
- c) Birbirlerine paralel olmaları (Şekil 3.10c)

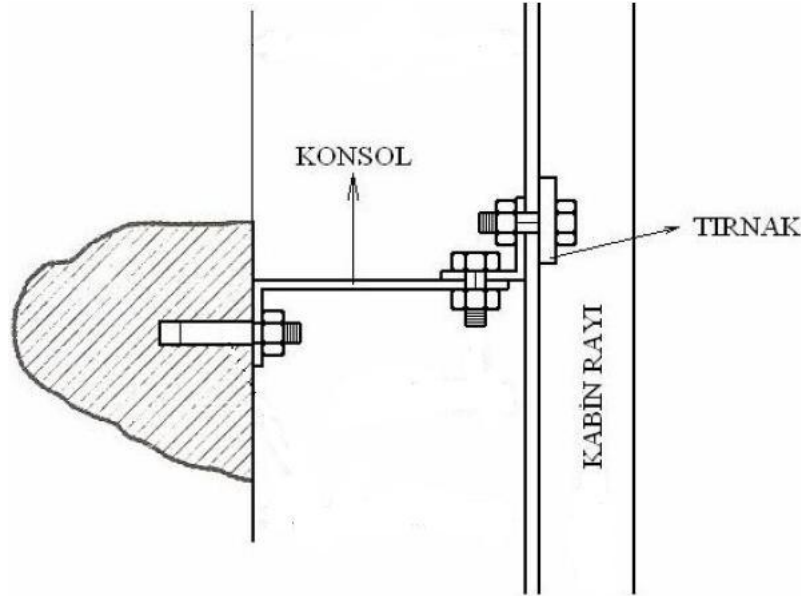


Şekil 3.10 : Kılavuz rayların yerleştirilmesi

4. ASANSÖR KILAVUZ RAY KONSOLLARI

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 tırnağı ile tespit edilmektedirler. Bu konsollar, rayların yatay hareketlerini önleyecek mukavemette ve sabitlemeleri bu kuvvetleri karşılayacak yapıda olmalıdırlar.

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 4.1 ‘de kılavuz ray - kılavuz ray konsolu - ray sabitleme tırnağı bağlantısı verilmiştir.



Şekil 4.1 : Kılavuz ray - kılavuz ray konsolu - ray sabitleme tırnağı bağlantısı

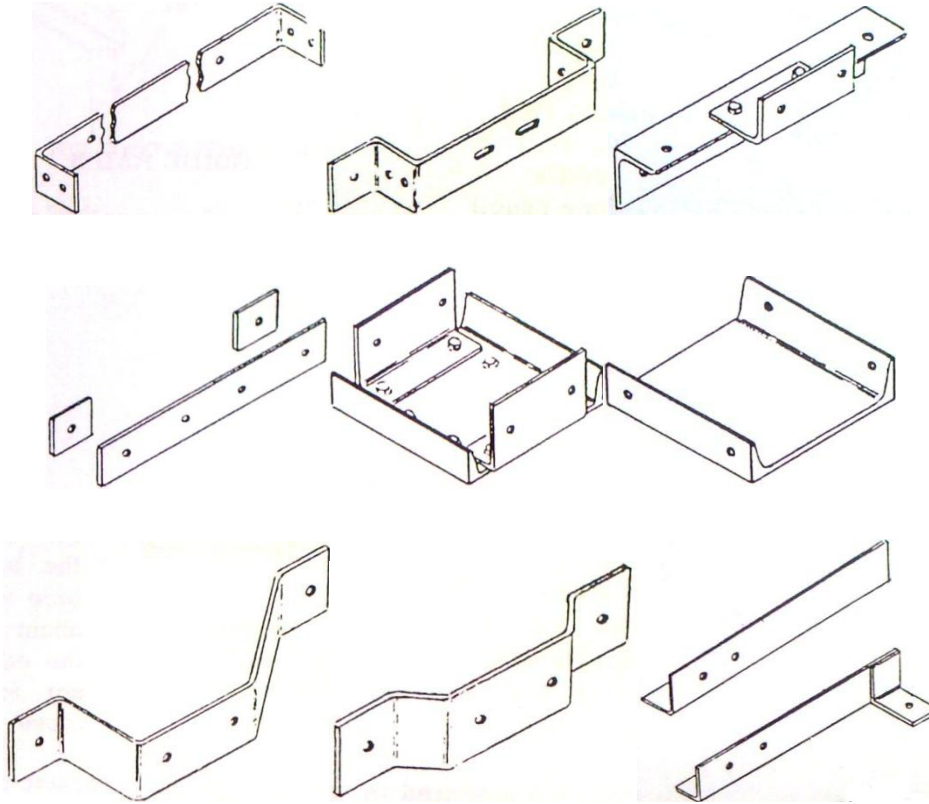
4.1 Kılavuz Ray Konsollarının Fiziksel Özellikleri ve Boyutları

Firmalar genellikle standart tipte ray konsollarını kullanmaktadırlar. Buna rağmen özel durumlarda, ray konsolları tasarlanan asansöre ve binanın yapısına uygun olarak, belirli standartlar dahilinde tasarlanabilmektedir. Şekil 4.2’ de standart bir ray

konsolunun ek bir uzatma plakası ile raya bağlantısı gösterilirken, Şekil 4.3’ de ise farklı tiplerde kılavuz ray konsolları verilmiştir.

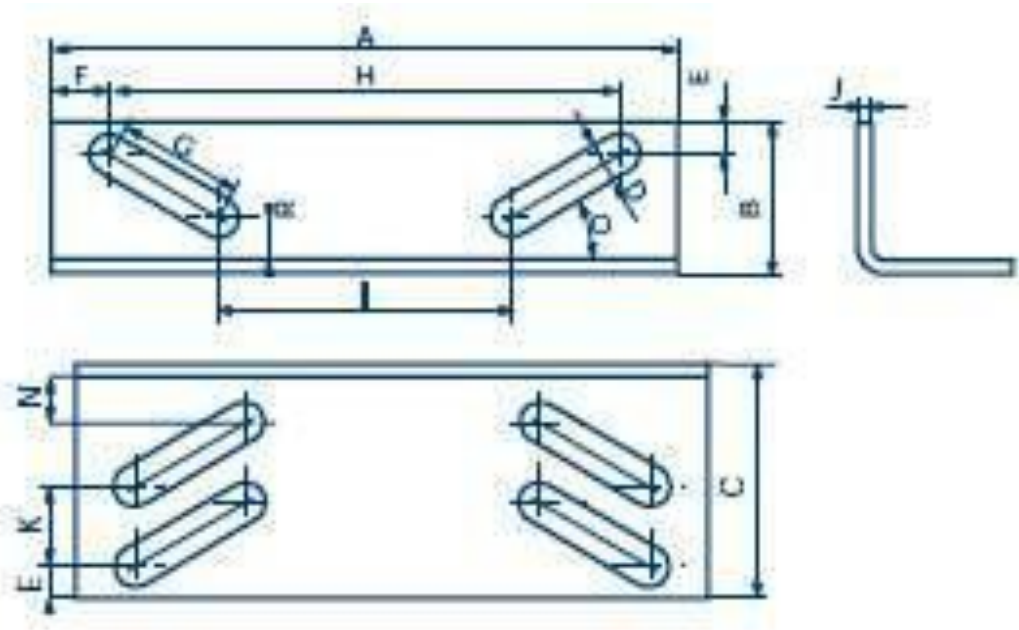


Şekil 4.2 : Ray ve standart ray konsolu bağlantısı



Şekil 4.3 : Farklı tiplerdeki kılavuz ray konsolları

Kılavuz ray konsolları genellikle St-37 çeliklerinden imal edilmektedir. Ray konsolları, hazır çelik saclardan istenen boyutlara göre kesilip, projeye uygun civata deliklerinin açılmasından sonra bükme işlemi ile şekillendirilmektedir. Açılan civata delikleri proje doğrultusunda kanal şeklinde eğimli veya yatay olarak açılmaktadır ancak standart konsollarda bu civata delikleri eğimli şekilde olmaktadır. Civata deliklerinin kanal şeklinde ve eğimli olması rayın konsola ve konsolun duvara tespitinde avantaj sağlamaktadır. Şekil 4.4’ de standart kılavuz ray konsolunun boyutları, Çizelge 4.1’ de bu boyutların kullanılan ray tiplerine bağlı değerleri verilmiştir [13].



Şekil 4.4 : Standart kılavuz ray konsolu

Çizelge 4.1 : Standart kılavuz ray konsolu ölçüleri [mm]

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

4.2 Kılavuz Ray Konsollarının Montajı

Kılavuz ray konsolları ile ray arasında, hareket yeteneğine engel olacak sabit bir bağlantı olmamalıdır. Eğer ray konsollara kaynakla bağlanır veya zamanla oluşacak korozyon ile iki metal birleşir ise, ısı genleşme sonucu büyük gerilmeler oluşur ve ray deforme olur [7].

Ray konsolları arasındaki mesafe asansör mühendisleri tarafından tespit edilmektedir. Konsol aralığının ideal bir ölçüsü literatürde tanımlanmamıştır ancak hesaplar, oturtma veya asma raya göre hangisi seçilmişse TSE normlarına göre yapılmaktadır.

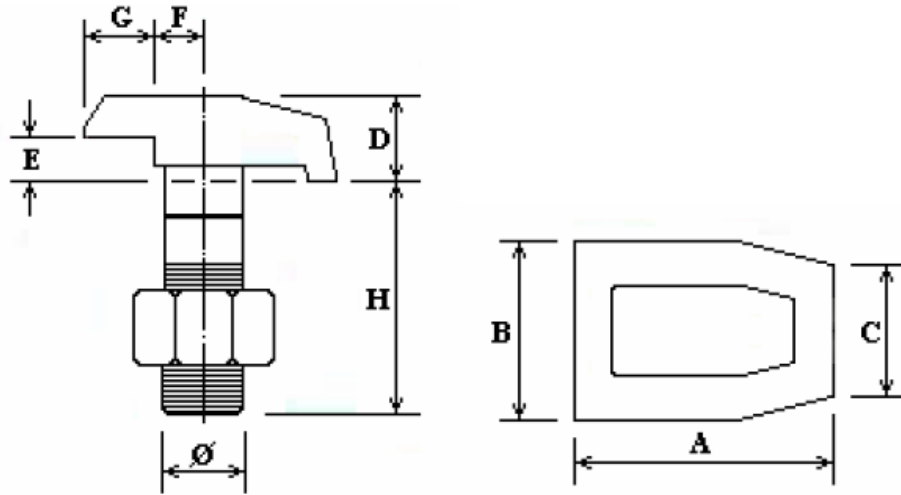
Kılavuz rayları konsollara bağlamak amacı ile ray sabitleme tırnakları kullanılmaktadır. Asansörler binalara genellikle, henüz daha yapı tamamlanmadan kuruldukları için yapının bası kuvveti ray üzerinde basınç oluşturmakta ve rayın yapısını bozabilmektedir. Ray ile ray konsolu bağlantısında civata yerine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

Ray sabitleme tırnakları değişik şekillerde olabilmektedir. Çeşitli tiplerde ray sabitleme tırnakları Şekil 4.5' de gösterilmiştir [13].



Şekil 4.5 : Çeşitli tiplerde ray sabitleme tırnakları

En çok tercih edilen ray sabitleme tırnağı tipinin boyutları Şekil 4.6' da ve temel ölçüleri de Çizelge 4.2' de verilmiştir.



Şekil 4.6 : Ray sabitleme tırnağı boyutları

Çizelge 4.2 : Ray sabitleme tırnağı ölçüleri

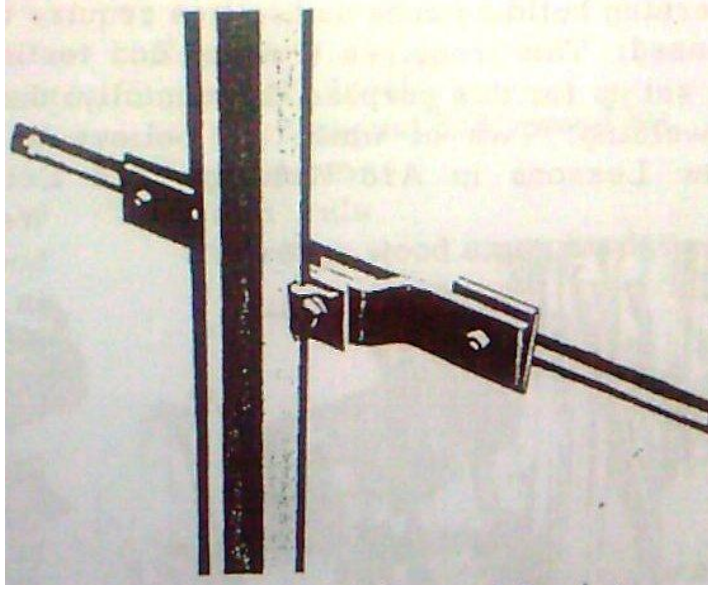
	Ø	A	B	C	D	E	F	G	H
T1	M10	32	23	16	12	5.5	5	11	23
T2	M12	39	27	19	15	7.3	6.5	13	27
T3	M14	45	30	21	18.5	9.5	8	13	34
T4	M16	50	34	22	20.5	10.5	8.5	15	40
T5	M18	55	37	22	23	13	11	17	42

Ray konsolları bina duvarlarına monte edilmektedir. Bu taşıma noktaları, gerek çelik kirişler gerekse taş duvarlar binayı yapan firmalar tarafından binaya yerleştirilmektedir. Çünkü bu noktaların oluşturulması asansör mühendislerinin ve firmalarının sorumluluğunda yer almamaktadır.

4.2.1 Kılavuz ray konsollarının çelik yapılara montajı

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

Çelik yapılara konsolun civatalanacağı delikler pek çok farklı yolla delinebilmektedir. Büyük yüklemelerde, matkaplama en verimli yöntem olarak görülmektedir. Eğer konsol, çelik kirişe ek olarak yerleştirilen bağlantı levhasına monte edilecek ise bu levhada da cıvata delikleri matkapla açılmalı veya kaynak yöntemi ile delinmelidir. Şekil 4.7’ de ek parça kullanılarak güçlendirilmiş bir konsol montajı görülmektedir.



Şekil 4.7 : Çelik ek parça ile güçlendirilmiş konsol bağlantısı

Delikler, doğru ölçülere göre az miktarda daha küçük çapta olacak şekilde delinmektedir. Kaynak ile delinen deliklerde az miktarda da olsa pürüzlü bir yapı oluşmaktadır. Bu sebeple, çelik sıcakken bu yüzeylerin bir zımpara ile şekillendirilmesi gerekmektedir. Buna ek olarak, yüzeydeki çapaklar da temizlenmektedir. Kaynak ile delme yöntemi uygulandığında cıvata başının ve somunun altına pul yerleştirmek gerekmektedir. Tüm bu sebeplerden ve yangın olasılığından ötürü kaynak yöntemi çok fazla kullanılmamaktadır [14].

4.2.2 Kılavuz ray konsollarının beton yapılara montajı

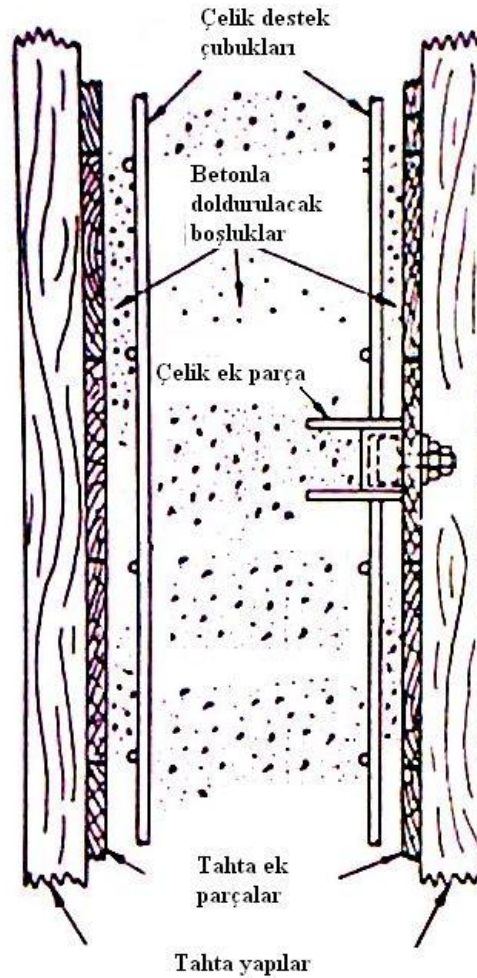
Beton yapılarda konsollar için delik açma sorunu pek çok firma tarafından farklı yöntemlerle çözülmektedir. Bu yöntemlerden en kullanışlı olanı, beton dökülmeden önce tahta bir yapıya çelik yükleme ek parçası gömmektir. Düzgün yüklenmiş, doğru monte edilmiş bir çelik ek parça, konsolu desteklemek açısından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

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

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

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

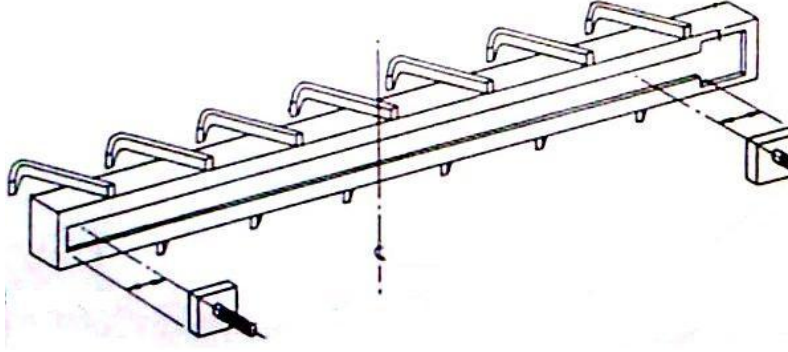
Tahta yapının asansör boşluğuna bakan kısmına çelik ek parça yerleştirebilmek için; tahta yapının dış duvarına, ek bir tahta yerleştirerek boşluk oluşturulması veya çelik ek parçanın çimentonun konsolla aynı seviyeye geldiğinde monte edilmesi gerekmektedir. Ek tahta ile oluşturulan boşluk, çelik yükleme ek parçası yerleştirildikten sonra çimento ile doldurulmaktadır. Çimento kuruduktan sonra ek tahta çıkartılarak çelik yükleme ek parçası kullanılabilir hale getirilmektedir. Şekil 4.8’ de konsolların betona monte edilmesi ile ilgili genel yapı gösterilmektedir [14].



Şekil 4.8 : Beton yapıya monte edilen ray konsolunun genel düzeni

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

sağlamaktadır. Şekil 4.9’ da uzun tek bir parça olarak kullanılan çelik yükleme ek parçası gösterilmektedir.



Şekil 4.9 : Çelik yükleme ek parçası

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

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

4.2.3 Kılavuz ray konsollarının tuğla yapılara montajı

Tuğla yapılarda konsolların montajında da çelik ek parçalar kullanılmaktadır. Bu ek parçalar, asansör boşluğunun yapımı aşamasında örülen tuğlalarla birlikte yapıya yerleştirilmektedir. Çelik ek parçalar tuğla duvar yüzeyinden bir miktar içeriye yerleştirilmektedir [14].

5. ASANSÖR KILAVUZ RAYLARINA 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.

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

- a) Hesaplarda özel bir yük dağılımı yoktur.
- b) Kabin anma yükü kabin tabanına 3/4 eşit olarak dağılmıştır.
- c) Paraşüt sistemi kılavuz raylara aynı anda etkimektedir.
- d) Frenleme kuvveti kılavuz raylara eşit olarak dağılmıştır.

Kabine bağlı bulunan dengeleme elemanları, bükülgen kablo gibi elemanların kütlelerinin kabinin ağırlık merkezinden etkimektedir [1].

5.1 Asansör Kılavuz Raylarına Etkiyen Yük ve Kuvvetler

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

- Asansör kabini ve karşı ağırlık üzerine etkiyen yükler
- Kabin anma yükü
- Kabin ve kabine asılı elemanların toplam kütlesi (piston, dengeleme elemanları, bükülgen kablo gibi)
- Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının kılavuzlanma kuvveti
- Kabinin yüklenmesi veya boşaltılması sırasında etki eden eşik kuvveti (F_s)

- Kılavuz raylara tespit edilmiş yardımcı cihazlardan kaynaklanan kuvvetler (hız regülatörü, şalterler hariç)
- Rüzgar yükleri.

F_s eşik kuvveti, yükleme veya boşaltma sırasında, bir kabin girişinde eşiğin orta noktasında etki etmektedir. Eşik kuvvetinin büyüklüğü değişik amaçlarla kullanılan asansör tiplerine göre değişmektedir. Eşiğe uygulanan kuvvet sadece boş kabin olduğu hal için geçerlidir. Ayrıca birden fazla girişi olan kabinlerde, yalnız en elverişsiz girişte eşiğe kuvvet uygulandığı göz önüne alınmaktadır [15]. Eşik kuvveti denklem (5.1) ile hesaplanmaktadır.

$$F_s = s \times Q \times g_n \text{ [N]} \quad (5.1)$$

Burada;

Q : Beyan yükü (kg);

g_n : Standart yer çekimi ivmesi ($9,81 \text{ m/s}^2$)' dir.

Çizelge 5.1' de asansör kapasitesine göre s değerleri verilmektedir.

Çizelge 5.1 : Asansör kapasitesine göre s değerleri

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

Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının kılavuzlanma kuvvetinin tespitinde aşağıdaki faktörler göz önüne alınmaktadır:

- Kütlenin etki noktası (Kütlenin etki noktasının yatay kesit alanının ağırlık merkezinden kaçıklığı, genişliğin en az % 5' i ve derinliğin % 10' u olarak alınmaktadır.)
- Askı tertibatı ve bağlanma yöntemi
- Gergi tertibatlı veya tertibatsız dengeleme elemanlarından kaynaklanan kuvvetler

Asansör kılavuz raylarına etki edecek yük ve kuvvetler Çizelge 5.2' de toplu halde görülmektedir.

Çizelge 5.2 : Asansör kılavuz raylarına etkiyen kuvvetler

Yükleme durumu	Yük ve kuvvetler	P	Q	G	F _s	F _c	F _k	M	WL
Normal kullanma	Hareket	+	+	+	-	-	-	+	+
	Yükleme ve boşaltma	+	-	-	+	-	-	+	+
Güvenlik tertibatının çalışması	Güvenlik tertibatı veya benzeri	+	+	+	-	+	+	+	-
	Boru kırılma vanası	+	+	-	-	-	-	+	-

5.2 Asansör Kılavuz Raylarında Eğilme Gerilmesi Hesabı

Kılavuz raylara patenler tarafından uygulanan kuvvet (F_b), raylarda eğilme gerilmesi meydana getirmektedir. Patenlerin raylara uyguladığı kuvvet;

- 1) Kabin ve karşı ağırlığın asılma şekline,
- 2) Kabin ve karşı ağırlık raylarının konumuna,
- 3) Kabin içindeki yüke ve bu yükün dağılımına bağlıdır.

Farklı eksenlerdeki eğilme gerilmesi hesaplarında aşağıdaki kabuller yapılmaktadır:

- 1) Kılavuz ray, belirli mesafelerde mafsallanmış bir sürekli kiriştir.
- 2) Eğilme gerilmesine neden olan kuvvetlerin bileşkesi, tespit noktalarının ortasından etkir.
- 3) Eğilme momentleri kılavuz ray profilinin nötr eksenine etki eder.

Kılavuz raylar üzerinde eğilme gerilmesi yaratan moment, denklem (5.2) ile hesaplanır.

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

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

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

Burada;

σ_m : Eğilme gerilmesi (N/mm²);

M_e : Eğilme momenti (Nmm);

W : Mukavemet momenti (mm³);

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

l : Kılavuz ray konsolları arasındaki en uzun mesafe (mm)' dir.

W , profil şekline göre değişen bir değerdir.

İkiden fazla kılavuz ray, kabin veya karşı ağırlığı kılavuzlamak için kullanılmışsa, kılavuz raylarının aynı olması koşuluyla, etkiyen kuvvetler kılavuz raylara eşit miktarda dağıldığı kabul edilir [8].

5.3 Asansör Kılavuz Raylarında 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 denklem (5.4) ile hesaplanmaktadır (Şekil 5.1) [3].

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

Burada;

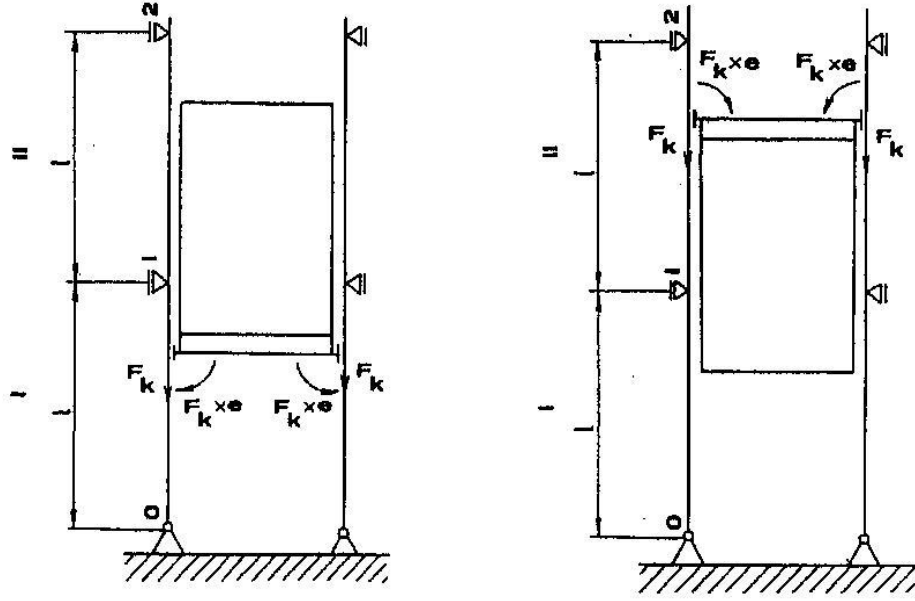
k_1 : Darbe katsayısı;

g_n : Standart yer çekimi ivmesi (9,81 m/s²);

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

Q : Beyan yükü (kg);

n : Kılavuz ray sayısıdır.



Şekil 5.1 : Paraşüt sisteminin etkisiyle oluşan kuvvetler

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

$$F_c = \frac{k_1 \times g_n \times (P + q \times Q)}{n} \text{ [N]} \quad (5.5)$$

Burada;

q : Beyan yükünün karşı ağırlıkla dengelenmesi veya kabin kütlesinin dengeleme ağırlığı ile dengelenmesi oranını gösteren dengeleme katsayısıdır ve 0,5 olarak alınmaktadır.

Denklem (5.4) ve denklem (5.5)' de geçen k_1 darbe katsayısı paraşüt sisteminin çalışması ile ilgili olup, paraşüt sisteminin tipine bağlı olarak değişmektedir. Çizelge 5.3' de k_1 değerleri verilmektedir.

Hareket halinde meydana gelen darbelere karşı k_2 darbe katsayısı kullanılmaktadır ve k_2 katsayısı 2 olarak alınmaktadır. Yardımcı donanımda meydana gelen darbelerde ise k_3 darbe katsayısı kullanılmakta ve değeri asansör tesisinin şartlarına göre imalatçı firma tarafından belirlenmektedir.

Çizelge 5.3 : k_1 darbe katsayısı değerleri

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

Burkulma gerilmesinin hesaplanmasında omega ω - metodu kullanılmaktadır. Bu metoda göre asansör kılavuz raylarına etki eden burkulma gerilmesi, kabin için ve karşı ağırlık için; denklem (5.6a) ve denklem (5.6b) ile hesaplanmaktadır.

$$\sigma_k = \frac{(F_k + k_3 \times M) \times \omega}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (5.6a)$$

veya

$$\sigma_c = \frac{(F_c + k_3 \times M) \times \omega}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (5.6b)$$

Burada;

σ_k : Burkulma gerilmesi (N/mm²);

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

F_c : Bir karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığının kılavuz rayındaki burkulma kuvveti (N);

k_3 : Darbe katsayısı;

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

A : Kılavuz rayın kesit alanı (mm²);

ω : Burkulma katsayısı

Omega ω değerleri Ek A' da verilmiştir.

Omega değerleri, çizelgelerden belirlenebileceği gibi denklem (5.7)' de belirtilen ifadeler ile de hesaplanabilmektedir.

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

Burada;

λ : Narinlik derecesi;

l_k : Burkulma uzunluğu (mm);

i : Jirasyon yarıçapı (mm);

l : Kılavuz ray konsolları arasındaki en büyük uzaklık (mm)' dır.

Narinlik derecesine bağlı olarak omega değerleri izelge 5.4' de görülmektedir.

Çizelge 5.4 : Narinlik derecesine göre omega değerleri

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

$\sigma = 370 \text{ N/mm}^2$ ile $\sigma = 520 \text{ N/mm}^2$ arasındaki dayanımlı çelikler için omega değerleri, denklem (5.8) ile hesaplanır [15].

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

5.4 Asansör Kılavuz Raylarında Birleşik Gerilme Hesabı

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

σ : Birleşik gerilme (N/mm²);

σ_m : Birleşik eğilme gerilmesi (N/mm²);

σ_x : x – eksenindeki eğilme gerilmesi (N/mm²);

σ_y : y – eksenindeki eğilme gerilmesi (N/mm²);

σ_{em} : İzin verilen gerilme (N/mm²) olmak üzere,

1) x – ekseni 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;

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

veya

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

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

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

formülleri ile hesaplanmaktadır.

5.5 Asansör Kılavuz Ray Boynundaki Eğilme Gerilmesi Hesabı

Kılavuz rayların bağlama pabuçlarındaki eğilme gerilmesi hesaba katılmaktadır. T profilli kılavuz raylarda meydana gelen ray boynundaki eğilme gerilmesi denklem (5.12) ile hesaplanmaktadır.

$$\sigma_F = \frac{1,85 \times F_x}{c^2} \leq \sigma_{em} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (5.12)$$

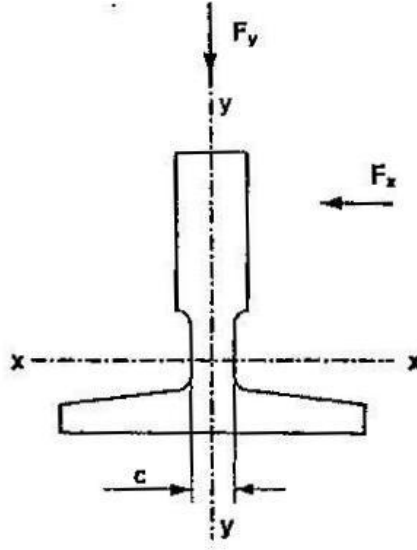
Burada;

σ_F : Ray boynundaki yerel eğilme gerilmesi (N/mm²);

F_x : Kılavuz patenin ray boynundaki kuvveti (N);

c : Kılavuz ray profilinin ayağı ile başı arasındaki boyun genişliği (mm)' dir.

Şekil 5.2' de kılavuz rayın eksenleri ve ray boyun genişliği görülmektedir.



Şekil 5.2 : Kılavuz ray eksenleri ve ray boyun genişliği

5.6 Asansör Kılavuz Raylarında Oluşan Sehim

Kılavuz raylarda meydana gelen sehimler, denklem (5.13a) ve denklem (5.13b) ile hesaplanmaktadır;

$$\delta_x = 0,7 \times \frac{F_x \times l^3}{48 \times E \times I_y} \text{ [mm]} \quad (5.13a)$$

ve

$$\delta_y = 0,7 \times \frac{F_y \times l^3}{48 \times E \times I_x} \text{ [mm]} \quad (5.13b)$$

5.7 Asansör Kılavuz Raylarında İzin Verilen Gerilme ve Eğilme Değerleri

Kılavuz ray hesaplarında kullanılan emniyet gerilmesi; çekme gerilmesi σ_{ϵ} ve emniyet katsayısı v için, denklem (5.15) ile hesaplanmaktadır.

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{\epsilon}}{v} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (5.15)$$

Çizelge 5.7' de, yükleme durumu ve kopma uzamasına bağlı olarak emniyet katsayıları verilmektedir.

Çizelge 5.5 : Emniyet katsayıları

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

TS 4789 ISO 7465 standardına uygun kılavuz raylar için izin verilen gerilme değerleri Çizelge 5.8' de verilmiştir.

Çizelge 5.6 : İzin verilen gerilme değerleri

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

Asansör kılavuz rayları için izin verilen maksimum sehim miktarı, rayların üzerinde güvenlik tertibatının çalışıp, çalışmamasına bağlıdır [15].

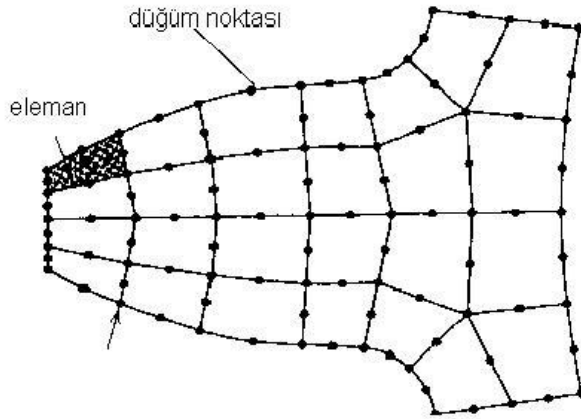
İzin verilem maksimum sehim miktarı; üzerinde güvenlik tertibatı çalışan kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı kılavuz raylarında her iki yönde 5 mm, üzerinde güvenlik tertibatı çalışmayan kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı kılavuz raylarında her iki yönde 10mm' dir.

6. SONLU ELEMANLAR METODU

Matematikçilerden ziyade daha çok mühendisler tarafından geliştirilen sonlu elemanlar metodu, günümüzde karmaşık mühendislik problemlerinin hassas olarak çözülmesinde etkin olarak kullanılan bir sayısal metottur. Karmaşık bir problemin yerine eşdeğer ancak daha basit bir problem konularak çözüme gidilmesi sonlu elemanlar metodunun (SEM) temelindeki fikirdir. Metodun değişik mühendislik alanları için bu kadar popüler olmasının ana nedenlerinden birisi, genel bir bilgisayar programının yalnız giriş verilerini değiştirerek herhangi bir özel problemin çözümü için kullanılabilmesidir.

Sonlu elemanlar metodunda, gerçek problemin yerine başka bir problem yerleştirildiği için alınacak sonuç genellikle tam doğru sonuç değil, yaklaşık bir sonuçtur. Ancak bu sonucun çözüm için daha fazla çaba harcayarak iyileştirilmesi ve kesin sonuca çok yaklaşılması, hatta kesin sonuca ulaşılması mümkün olmaktadır.

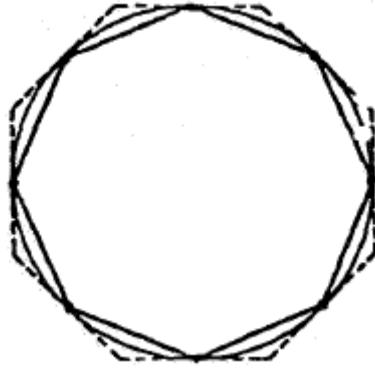
Sonlu elemanlar metodunda yapı; davranışı daha önce belirlenmiş olan, çok sayıda, basit, küçük, birbirine bağlı, sonlu eleman adı verilen alt bölgelere ayrılmaktadır. Çözüm aşamasında ise tüm bu küçük sonlu elemanlar nod (düğüm noktası) adı verilen noktalarda tekrar birleştirilmekte ve yaklaşık sonuçlar bulunmaktadır. Sınır koşulları ve denge denklemleri kullanılarak tüm yapı için sonuca gidilmektedir. Şekil 6.1’ de bir sonlu eleman modelindeki nodlar ve elemanlar gösterilmektedir.



Şekil 6.1 : Bir sonlu elemanlar modelindeki elemanlar ve düğüm noktaları

6.1 Sonlu Elemanlar Metodunun Tarihsel Gelişimi

Metoda sonlu elemanlar isminin verilmesi yeni ise de, sonlu elemanlar düşüncesi gerçekte günümüzden birkaç yüzyıl önce kullanılmıştır. İlk matematikçiler bir dairenin çevresini, Şekil 6.2 'de görüldüğü gibi, daireyi çokgene indirgeyerek hesaplamışlardır. Bu çokgenin her kenarı bir sonlu elemandır [16].



Şekil 6.2 : Daire çevresinin sonlu elemanlar metodu ile bulunması

Sonlu elemanlar metodu ilk olarak yapı analizinde kullanılmaya başlanmıştır. İlk çalışmalar Hrennikoff (1941) ve Mc Henry (1943) tarafından geliştirilen yarı analitik analiz metotlarıdır. Sonlu elemanlar metoduna benzer bir yöntem de Courant tarafından 1943'te ortaya atılmıştır. Bu yöntemde, üçgensel bölgeler üzerinde parçasal sürekli fonksiyonlar tanımlanarak, bir burulma problemi için çözüm üretilmiştir.

Bugün bilinen anlamıyla sonlu elemanlar metodu ise, 1956 yılında Turner, Clough, Martin ve Topp tarafından sunulmuştur. Bu çalışmada, perçin bağlantılı profil ve üçgensel iç gerilmeli tabaka şeklindeki sonlu elemanların rijitlik matrisi oluşturulmuş ve bir uçağın analizinde kullanımı ele alınmıştır [8]. "Sonlu elemanlar" teriminin ilk defa kullanımı ise 1960' da Clough tarafından gerçekleştirilmiştir.

Bilgisayarların gelişmesiyle birlikte sonlu elemanlar metodunun yayılması da büyük bir hız kazanmış ve yapı alanının dışındaki problemlerin çözümünde de sonlu elemanlar metodu kullanılmaya başlanmıştır. İlk olarak Przemieniecki'nin kitabında sonlu elemanlar metodunun gerilme analizi problemlerine uygulanması gösterilmiştir [8]. Zienkiewicz ve Cheung ise bu yöntemin geniş olarak uygulanmasını göstermişler ve 1965' de sonlu elemanlar metodu ile Poisson denklemini çözmüşlerdir. Doctors ise 1970' de metodu potansiyel akışa uygulamıştır [17].

Genel amaçlı sonlu elemanlar paket programları 1970' li yıllardan itibaren ortaya çıkmaya başlamıştır. 1980' li yılların sonlarına doğru ise artık paket programlar mikro bilgisayarlarda kullanılmaya başlanmıştır.

6.2 Sonlu Elemanlar Metodunun Uygulama Alanları

Sonlu elemanlar metodu, yapısal mekanik problemlerinin yanı sıra, ısı iletimi, akışkanlar mekaniği, elektrik ve manyetik alanlar ile ilgili mühendislik problemlerinin çözümü için de başarı ile kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar metodunun genel olarak uygulandığı alanlar ve bu alanlara ait örnekler Çizelge 6.1' de verilmektedir [16].

Çizelge 6.1 : SEM' in uygulandığı alanlar ve örnekleri

Uygulama Alanları	Örnekler
Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği	- Yeraltı sularını taşıyan geçirimli katmanların analizi - Göllerde su dolaşımının analizi ve termal analiz - Haliçlerde, nehirlerde ve denizlerde gel-git sonucu oluşan yayılma ve dağılmanın analizi - Kanallarda akışların analizi
Toprak Mekaniği	- Yamaçlar, kazılar ve setler için gerilme analizi - Temellerin yük taşıma ve oturma analizi
Kaya Mekaniği	- Yamaçlar ve kazılar için gerilme analizi - Tünellerin, madenlerin, kuyuların, oyukların ve sondaj deliklerinin analizi - Eklem, çatlak, kırık, katman gibi jeolojik özelliklerin analizi.
Hidroelastisite	- Sıvıların elastik kaplardaki hareketleri - Baraj gövdesi ile göletin etkileşim analizi
Magnetohidrodinamik	- Kanal ve borularda magnetohidrodinamik akışların analizi
Elektrik ve Manyetik Alanlar	- Elektrik ve manyetik alanların analizi

Çizelge 6.1 : (devam) SEM' in uygulandığı alanlar ve örnekleri

Biyomekanik	- Alyuvarların ve plazmanın kılcal damarlardaki hareketlerinin incelenmesi - Eklemlerde yağlama analizi - Kalbin gerilme analizi - Kemiklerin gerilme analizi - Başın analizi
Temas Problemleri	- Elastik çarpmanın analizi
Nükleer Mühendislik	- Beton reaktör gövdelerinin analizi
Korozyon	- Yerel korozyon hücrelerinin analizi
Kompozit Malzemeler	- Katmanlı ahşap sistemlerin analizi - Sandviç kabukların analizi - İnce tabakalı levhaların analizi
Otomotiv	- Araç gövdelerinin analizi
Mekanizma	- Mekanizmaların deplasman ve gerilme analizi - Dişlilerin gerilme analizi
Kırılma Mekaniği	- Gerilme yoğunluğu faktörlerinin bulunması - Çatlak ilerlemesinin analizi
Aeroelastisite	- Kaldırma özelliğine sahip yüzeylerde yük dağılımı, ayrılma ve kanat hareketlerinin analizi
Türbomakineler	- Akış hesapları - Rotor kanatçıklarında sıcaklık dağılımı
Eşanjör	- Eşanjörlerde sıcaklık dağılımının analizi
Takım Tezgahları	- Torna tezgahı, freze tezgahı, radyal matkap, vb' nin yapısal analizi
Metal Biçimlendirme	- Soğuk ve sıcak haddeleme, ekstürüzyon, derin çekme vb. gibi işlemlerin analizi
Döküm	- Katılaşmanın analizi

6.3 Sonlu Elemanlar Metodunun Avantajları

Sonlu elemanlar metodu bilgisayar çağının bir ürünüdür ve bu nedenle SEM' in diğer sayısal yöntemlere göre yüksek hızlı bilgisayarlara daha uygun gelen özellikleri vardır. Bu özelliklerin başlıcaları aşağıda belirtilmiştir [18]:

- Bu metod ile karmaşık geometriye sahip şekiller kolayca incelenebilmektedir. Kullanılan elemanların boyutları değiştirilerek istenilen hassasiyette çalışmalar yapılabilir.
- SEM, değişik ve karmaşık malzeme özellikleri olan sistemlere kolaylıkla uygulanabilmektedir.
- SEM’ de sürekli, süreksiz veya değişken yükler kolaylıkla ele alınabilmektedir.
- Sistemin temel denklemleri kurulduktan sonra sınır şartları denklemlere kolayca dahil edilebilmektedir. Bu, SEM’ in en önemli özelliklerinden biridir.
- SEM, matematik altyapı bakımından geliştirilebilir ve çok sayıda farklı türde problemin çözümünde küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. Bunun için genel amaçlı ve özel amaçlı bilgisayar programları geliştirilmiştir. Genel amaçlı programlar; eldeki verilerin kolay girilebilmesi, çok sayıdaki farklı problemin çözümünde kullanılabilirliği ve düşük maliyetli olmaları ile kullanıcılara büyük avantajlar sağlamaktadırlar.

Sonlu elemanlar metodunun yukarıda açıklanan avantajlarının yanında bazı sınırları da bulunmaktadır. Bu sınırlardan bazıları; büyük bilgisayar hafızasına ve uzun hesaplama zamanına ihtiyaç duyulması, doğru sonuçların elde edilebilmesi için malzeme parametrelerinin ve katsayılarının son derece doğru tanımlanmış olması gereksinimi olarak gösterilebilmektedir.

6.4 SEM ile Modelleme ve Çözüm Basamakları

Sonlu elemanlar metodu ile modellemede sistemler birbirine bağlanmış, sonlu eleman adı verilen alt bölümler ile tarif edilmektedir. Bu elemanlar birbirlerine düğüm noktası (nod) adı verilen özel noktalarda bağlanmışlardır. Düğüm noktaları genellikle elemanların birbirine bağlandıkları yerler olan eleman sınırlarında bulunmaktadır.

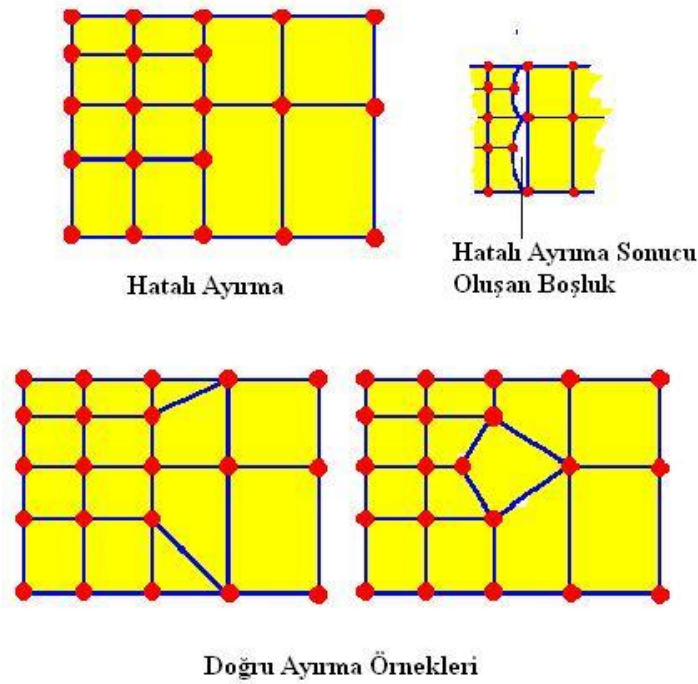
Sistem içindeki değişkenlerin gerçekte nasıl değiştiği bilinemediğinden, bunların basit fonksiyonlar ile yaklaşık olarak ifade edilebildikleri varsayılmaktadır. Bu yaklaşık fonksiyonlar, değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri cinsinden ifade edilmektedir. Sistem için denge denklemleri vs. gibi yeni denklemler yazıldığı zaman, bilinmeyenleri değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri olan ve ortak

özölmeleri gereken yeni denklemler ortaya çıkmaktadır. Bu denklemlerin özölmesi ile de değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri elde edilmektedir. Yaklaşık fonksiyonların, değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri cinsinden ifade edilmiş olmaları nedeni ile de, istenilen sonuçlar elde edilmiş olmaktadır.

Genel bir sistemin sonlu elemanlar metodu ile çözümü daima belirli basamaklardan oluşan bir yöntem ile elde edilmektedir. Sonlu elemanlar metodunun elastik ve sürekli ortamlara uygulanmasında aşağıdaki adımlar uygulanır[8,16,18]:

6.4.1 Sürekli alanın bölümlenmesi

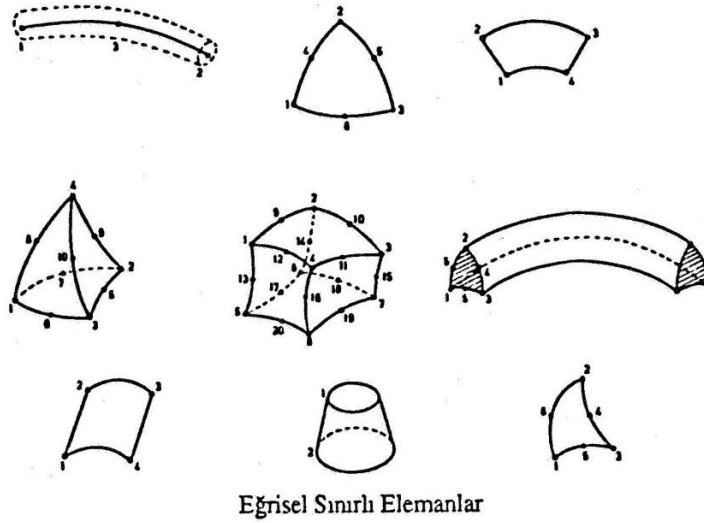
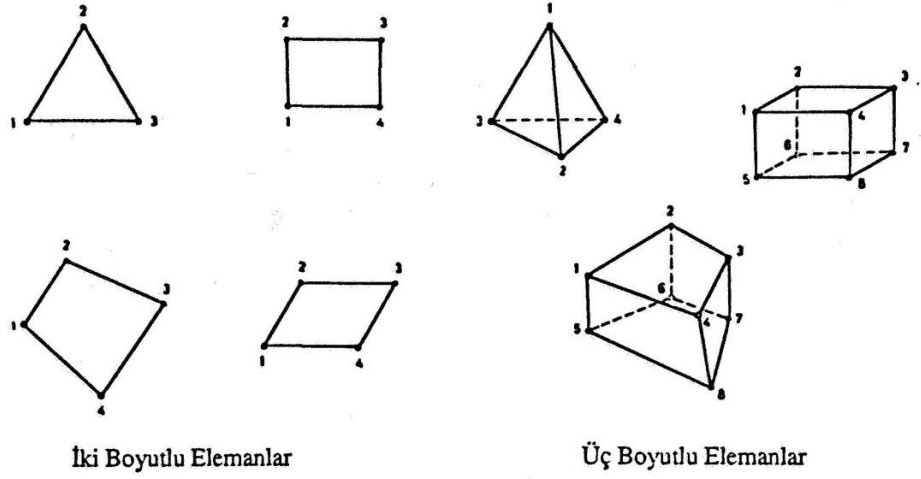
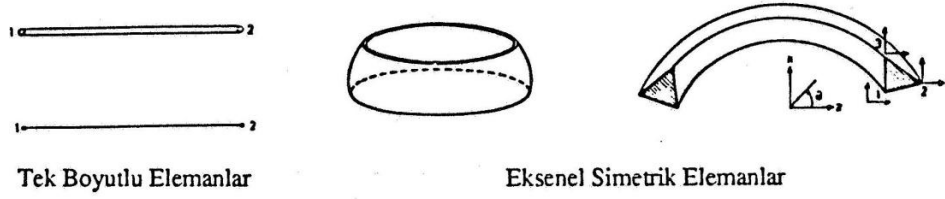
Sonlu elemanlar metodunda ilk basamak, yapının alt bölümlere yani sonlu elemanlara ayrılmasıdır. Yapının kaç adet, hangi türde, hangi şekilde ve boyutlarda elemanlara ayrılacağına karar verilmelidir. Şekil 6.3’ de basit bir dikdörtgensel alanın doğru ve yanlış olarak bölümlere ayrılışı gösterilmektedir.



Şekil 6.3 : Dikdörtgensel bir alanın bölümlere ayrılması

SEM bilgisayarlar ile uygulandığı için veriler bilgisayara girilebilecek formatta olmalıdır. Bu sebeple tüm elemanlar ve düğüm noktaları numaralandırılmaktadır.

SEM’ de çoğunlukla kullanılan bazı sonlu eleman tipleri Şekil 6.4’ de verilmektedir.



Şekil 6.4 : SEM' de sıklıkla kullanılan bazı eleman tipleri

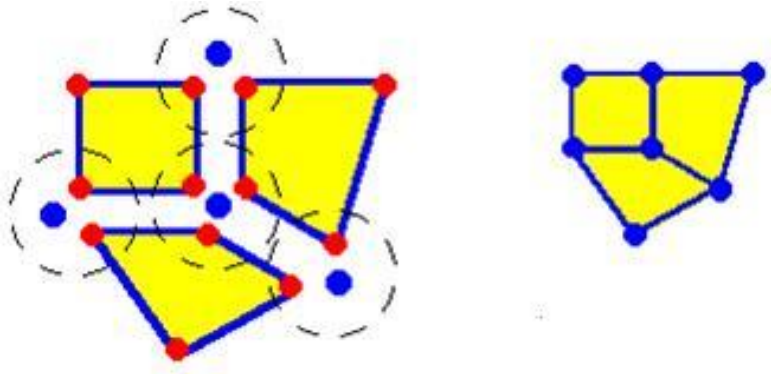
6.4.2 Uygun bir interpolasyon fonksiyonunun seçimi

Karmaşık bir yapının herhangi belirli bir yük altında yer değişimi çözümü tamamen doğru tahmin edilemeyeceğinden ötürü, bir eleman için, bilinmeyen çözümü yaklaşık olarak ifade edilebilecek uygun bir yer değişimi modeli seçilmektedir. Genel olarak, çözüm veya interpolasyon modeli bir polinom olarak alınmaktadır. Denge

denklemleri veya varyasyonel prensipler kullanılarak eleman katılık matrisleri ve yük vektörleri bulunmaktadır [16].

6.4.3 Sonlu elemanlar modelinin elde edilebilmesi için elemanların birleştirilmesi

Yapı çok sayıda elemandan oluşmuş olduğu için, her bir eleman için bulunan katılık matrisleri, yük vektörleri ve denge denklemleri uygun bir şekilde birleştirilmekte ve genel denge denklemleri elde edilmektedir. Şekil 6.5’ de sonlu elemanların birleştirilmesi basit olarak gösterilmektedir.



Şekil 6.5 : Sonlu elemanların birleştirilmesi

6.4.4 Bilinen yüklerin uygulanması

Tekil yükler mutlaka düğüm noktalarına uygulanmalıdır. Bu nedenle ağ yapısı tekil yüklerin düğüm noktalarına uygulanmasını sağlayacak şekilde yapılandırılmaktadır.

Bir tekil moment ise sadece öteleme serbestlik derecesine sahip bir düğüm noktasına uygulanamaz. Bu durumda tekil momentler eşlenik kuvvetler olarak temsil edilmektedirler.

6.4.5 Sınır şartlarının belirlenmesi

Düğüm noktaları için bilinen yer değiştirme değerleri ve sınır koşulları mutlaka belirtilmelidir.

Şekil 6.6’ da basit bir kirişin her iki ucundan da mesnetlenmesi gösterilmektedir.



Şekil 6.6 : Basit bir kirişin mesnetlenmesi

Sonlu elemanlar modelinde aktif olmayan serbestlik dereceleri çözüm işleminden önce sınırlandırılmaktadır. Rijitlik matrisinde tekillikleri önlemek amacıyla düzlem elemanlar için her düğüm noktasındaki üç dönme serbestliği ve eleman düzlemine dik doğrultudaki öteleme serbestliği kısıtlanmaktadır.

Doğru bir modelleme için düzlem elemanların her bir düğüm noktası için üç serbestlik derecesi atanmaktadır. Sınır koşulları için ise yine sınırda yer alan düğüm noktaları için bu serbestlik derecelerinden bazılarının kısıtlanması gerekebilmektedir.

6.4.6 Bilinmeyen düğüm noktası yer değiştirmelerinin bulunması

Genel denge denklemleri problemin sınır şartları uygulanarak düzeltilmekte ve daha sonra düğüm noktalarının yer değişimleri çözülmemektedir.

6.4.7 Eleman gerilme ve birim uzamalarının hesaplanması

Düğüm noktalarının yer değişimleri ile gerekli denklemleri kullanılarak eleman birim uzamaları ve gerilmeleri hesaplanmaktadır.

Yukarıdaki adımlarda ufak değişiklikler görülse de tüm sonlu elemanlar hesapları genel olarak bu sırayı takip etmektedir.

6.5 Abaqus Sonlu Elemanlar Paket Programı

Özel problemlerin çözümü için genel bir programın kullanılabilir olması, sonlu elemanlar metodunun güçlü ve çok amaçlı bir araç olmasına neden olmuş ve çok sayıda genel amaçlı sonlu elemanlar program paketi geliştirilmiştir.

Günümüzde düşük fiyatlı mikrobilgisayarların yaygınlaşması ile de birçok sonlu elemanlar program paketi mikrobilgisayarlar üzerinde çalışabilecek şekilde adapte edilmiş veya geliştirilmiştir. Bunlar arasında Catia, Pro/Engineer, Solidworks, I-DEAS, ANSYS, Abaqus gibi programlar sayılabilmektedir.

Bu tez için en uygun program olarak Abaqus seçilmiştir.

Abaqus, ileri seviye bir sonlu elemanlar yazılımı olup, %100 sonlu elemanlar üzerine odaklanmış olan Simulia tarafından geliştirilmektedir. Simulia şirketi havacılık, savunma, otomotiv, inşaat ve genel imalat endüstrisindeki kritik uygulamalar için ürün geliştiren dünya çapındaki firmaların yazılım sağlayıcısıdır ve Dassault Systems bünyesinde yer almaktadır.

Abaqus kelimesi köken olarak Yunanca'dan; "kum kaplı yüzey" anlamındaki "abax" kelimesinden gelmektedir. Program ilk çıktığında Abaqus büyük harfler ile yazılırken, Simulia'nın paketi satın almasının ardından sadece ilk harf büyük, diğer harfler küçük olarak yazılmaya başlamıştır.

Bir adet grafik arayüzü (ön ve son işlem yazılımı) ve iki farklı çözücüden (Implicit ve Explicit) oluşmakta olan Abaqus'ün 3 ana çekirdek yazılımı bulunmaktadır. Abaqus Standard, Abaqus Explicit, Abaqus CAE.

Abaqus Standard, kapalı (implicit) çözüm yöntemini kullanan genel amaçlı bir sonlu elemanlar yazılımıdır. Doğrusal ve doğrusal olmayan statik, dinamik, ısı transferi, akustik ve bağlaşımlı (çift etkili: ısı-yapı, akustik-yapı gibi) mühendislik problemlerinin hızlı, kararlı ve güvenilir şekilde çözülmesinde kullanılır. Abaqus Standard ile ayrıca plastik enjeksiyon kalıp çözümlemeleri için ilgili yazılımlarla sonuç alışverişi yapılabilir.

Abaqus Explicit, zamana bağlı dinamik veya sanki-statik, yüksek derecede geometrik ve malzeme doğrusalsızlığı içeren problemlerin; doğru, kararlı, güvenilir ve etkin sayısal benzetimleri için geliştirilmiş, açık (explicit) çözüm yöntemini kullanan bir sonlu elemanlar çözücüdür.

Abaqus CAE ile yukarıda bahsedilen Abaqus çözücülerini için tümünden bir kullanıcı arayüzü ortamı sağlamaktadır. Abaqus CAE; çözüm, çözüm yönetimi ve sonuçların değerlendirilmesi süreçlerini tek bir kullanıcı arayüzü altında toplamaktadır.

Abaqus, hem açık hem de kapalı yaklaşımı, aynı kullanıcı arayüzü altında, aynı eleman ve malzeme modelleri ile birlikte kullanabilen kendi alanındaki tek sonlu elemanlar yazılımıdır [19,20].

Pek çok büyük firma mühendislik hizmetlerinde Abaqus 'ten faydalanmaktadır. Bunlara örnek olarak Robert Bosch, BMW, Porsche, AirBus, Boeing, Toyota Motorsport gibi uluslararası büyük firmalar gösterilebilir.

7. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, örnek bir asansör projesi asansör kılavuz rayları ve asansör kılavuz ray konsolları üzerinden incelenmiştir. İlk aşamada, örnek projedeki asansör kılavuz raylarına ait gerilme analizleri ve sehim hesapları EN 81-1 standardına göre yapılmıştır. Daha sonra aynı örnek proje üzerinden elde edilen verilere bağlı olarak asansör kılavuz ray konsollarının, Solidworks ile yapılan modellemelerinin Abaqus sonlu elemanlar paket programı ile analizi yapılmıştır.

7.1 EN 81-1 Standardına Göre Örnek Asansör Projesinin Kılavuz Ray Gerilme ve Sehim Hesapları

EN 81-1 standardına uygun olarak, merkezden kılavuzlanmış ve asılı bir kabinin kılavuz rayı için farklı işletim durumları ve farklı yükleme dağılımları gözönünde bulundurularak hesaplar yapılmıştır. Hesaplarda kullanılacak, verilen veya kabul edilen değerler aşağıda verilmiştir.

- Kabin

Kabin ağırlığı $F_c = 2000 \text{ kg}$

Kabin askı ağırlığı $F_{Fr} = 550 \text{ kg}$

Kabin kapı ağırlığı $F_{D1} = 170 \text{ kg}$

Kabin anma yükü $Q = 2000 \text{ kg}$

Kabin boyutları $D_x = 2420 \text{ mm}$ $D_y = 1600 \text{ mm}$

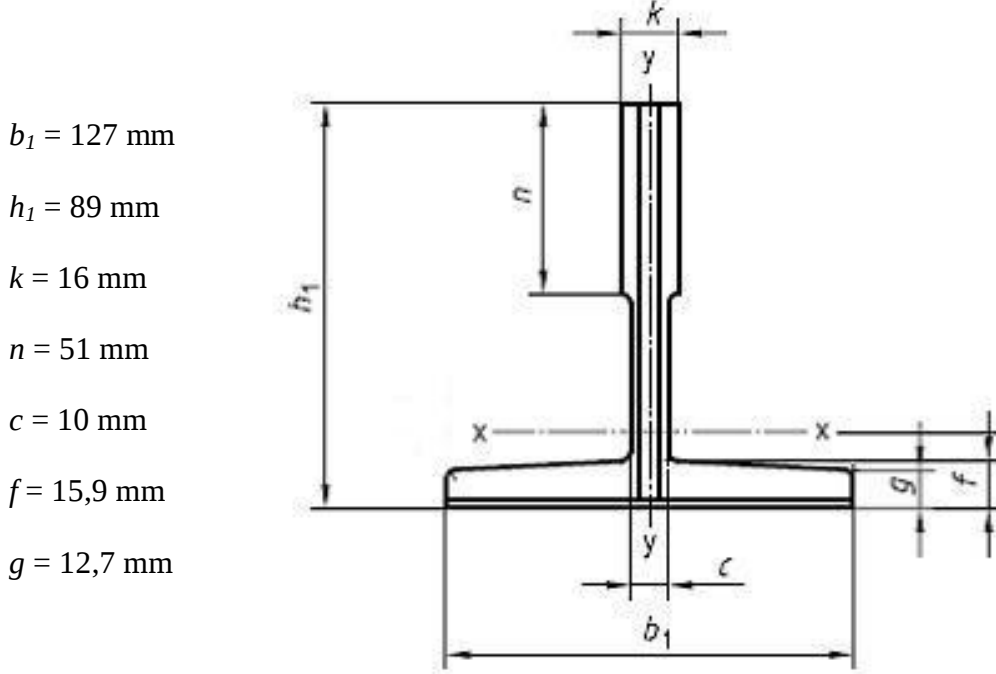
- Kılavuzlama Mesafeleri

Kılavuz ray konsolları arası mesafe $l = 3100 \text{ mm}$

Kılavuz ray patenleri arası düşey mesafe $h = 3055 \text{ mm}$

- Kılavuz Ray

Fe37 (St37) malzemesinden 127x89x16 ebatlarında T127B profilli kılavuz ray kullanılmaktadır. Ray boyutları Şekil 7.1’ de verilmiştir.

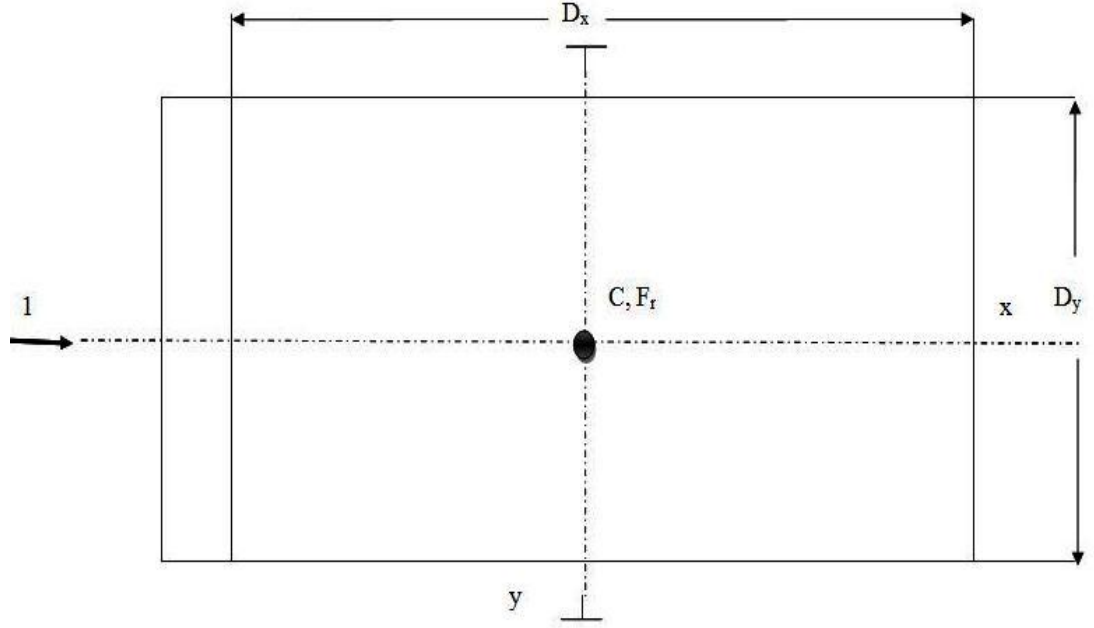


Şekil 7.1 : Kılavuz ray boyutları

Kılavuz raya ait fiziksel özellikler aşağıda verilmiştir.

- Kesit alanı $A = 2864 \text{ mm}^2$
- x – eksenindeki atalet momenti $I_x = 198,4 \times 10^4 \text{ mm}^4$
- y – eksenindeki atalet momenti $I_y = 230 \times 10^4 \text{ mm}^4$
- x – eksenindeki mukavemet momenti $W_x = 30,9 \times 10^3 \text{ mm}^3$
- y – eksenindeki mukavemet momenti $W_y = 36,2 \times 10^3 \text{ mm}^3$
- x – eksenindeki jirasyon yarıçapı $i_x = 26,3 \text{ mm}$
- y – eksenindeki jirasyon yarıçapı $i_y = 28,3 \text{ mm}$
- Çekme dayanımı $\sigma_c = 370 \text{ N/mm}^2$

Kabindeki yük dağılımı ve kabine ait ölçüler aşağıda verilmektedir. Şekil 7.2’de kabin boyutları gösterilmektedir.



Şekil 7.2 : Merkezden kılavuzlanmış ve asılı kabinin boyutları

- $x_c = 0 \text{ mm}$
- $y_c = 0 \text{ mm}$
- $x_{Fr} = 0 \text{ mm}$
- $y_{Fr} = 0 \text{ mm}$
- $x_{D1} = -1265 \text{ mm}$
- $y_{D1} = 0 \text{ mm}$

Yukarıdaki ölçülere göre yük dağılımı aşağıda hesaplanmıştır.

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

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

Aşağıda yük dağılımının farklı durumlarına göre x_Q ve y_Q değerleri tespit edilmiştir.

- Ağırlık dağılımı önde iken;

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

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

- Ağırlık dağılımı arkada iken;

$$x_Q = \frac{D_x}{8} = \frac{2420}{8} = 302,5 \text{ mm}$$

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

- Ağırlık dağılımı sağda iken;

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

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

7.1.1 Güvenlik tertibatının devreye girmesi durumu

7.1.1.1 Yük dağılımının önde olması durumu

Eğilme Gerilmesi Hesabı

Frenleme kuvveti

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

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

Eğilme momenti

$$M_{ex} = \frac{3 \times F_y \times l}{16} = \frac{3 \times 0 \times 3100}{16} = 0 \text{ Nmm}$$

$$M_{ey} = \frac{3 \times F_x \times l}{16} = \frac{3 \times 2633 \times 3100}{16} = 153043,125 \text{ Nmm}$$

Eğilme gerilmesi

$$\sigma_{mx} = \frac{M_{ex}}{W_x} = \frac{0}{30,9 \times 10^3} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{my} = \frac{M_{ey}}{W_y} = \frac{153043,125}{36,2 \times 10^3} = 42,3 \text{ N/mm}^2$$

Burkulma Gerilmesi Hesabı

Burkulma kuvveti

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

Narinlik derecesi

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

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

Çizelge 5.4 yardımıyla $\sigma_{\phi} = 370 \text{ N/mm}^2$ ve $\lambda = 117,9$ için burkulma katsayısı $\omega = 2,35$ olarak bulunur.

Burkulma gerilmesi

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

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

Birleşik Gerilme Hesabı

Birleşik eğilme gerilmesi

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

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

Birleşik zorlanma

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

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

Toplam gerilme

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

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

Ray Boynundaki Eğilme Gerilmesi Hesabı

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

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

Kılavuz Ray Sehim Hesabı

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

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

Güvenlik tertibatının devreye girmesi halinde $\delta_{\max} = 5 \text{ mm}$ alındığından kılavuz ray sehimleri uygundur.

7.1.1.2 Yük dağılımının arkada olması durumu

Eğilme Gerilmesi Hesabı

Frenleme kuvveti

$$F_x = \frac{k_1 \times g_n (Q \times x_Q + P \times x_P)}{n \times h} = \frac{2 \times 9,81 (2000 \times 302,5 + 2720 \times -79)}{2 \times 3055} = 1252,7 \text{ N}$$

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

Eğilme momenti

$$M_{ex} = \frac{3 \times F_y \times l}{16} = \frac{3 \times 0 \times 3100}{16} = 0 \text{ Nmm}$$

$$M_{ey} = \frac{3 \times F_x \times l}{16} = \frac{3 \times 1252,7 \times 3100}{16} = 7281319 \text{ Nmm}$$

Eğilme gerilmesi

$$\sigma_{mx} = \frac{M_{ex}}{W_x} = \frac{0}{30,9 \times 10^3} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{my} = \frac{M_{ey}}{W_y} = \frac{7281319}{36,2 \times 10^3} = 20 \text{ N/mm}^2$$

Burkulma Gerilmesi Hesabı

Burkulma kuvveti

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

Narinlik derecesi

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

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

Çizelge 5.4 yardımıyla $\sigma_{\zeta} = 370 \text{ N/mm}^2$ ve $\lambda = 117,9$ için burkulma katsayısı $\omega = 2,35$ olarak bulunur.

Burkulma gerilmesi

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

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

Birleşik Gerilme Hesabı

Birleşik eğilme gerilmesi

$$\sigma_m = \sigma_{mx} + \sigma_{my} = 0 + 20 = 20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_m = 20 \leq \sigma_{em} = 205 \text{ N/mm}^2$$

Birleşik zorlanma

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_k}{A} = 20 + \frac{46303}{2864} = 36,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 36,2 \leq \sigma_{em} = 205 \text{ N/mm}^2$$

Toplam gerilme

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \times \sigma_m = 38 + 0,9 \times 20 = 56 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = 56 \leq \sigma_{em} = 205 \text{ N/mm}^2$$

Ray Boynundaki Eğilme Gerilmesi Hesabı

$$\sigma_F = \frac{1,85 \times F_x}{c^2} = \frac{1,85 \times 1252,7}{10^2} = 23,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_F = 23,2 \leq \sigma_{em} = 205 \text{ N/mm}^2$$

Kılavuz Ray Sehimi Hesabı

$$\delta_x = 0,7 \times \frac{F_x \times l^3}{48 \times E \times I_y} = 0,7 \times \frac{1252,7 \times 3100^3}{48 \times 210000 \times 230 \times 10^4} = 1,1 \text{ mm}$$

$$\delta_x = 0,7 \times \frac{F_x \times l^3}{48 \times E \times I_y} = 0,7 \times \frac{0 \times 3100^3}{48 \times 210000 \times 198,4 \times 10^4} = 0 \text{ mm}$$

Güvenlik tertibatının devreye girmesi halinde $\delta_{\max} = 5 \text{ mm}$ alındığından kılavuz ray sehimleri uygundur.

7.1.1.3 Yük dağılımının sağda olması durumu

Eğilme Gerilmesi Hesabı

Frenleme kuvveti

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

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

Eğilme momenti

$$M_{ex} = \frac{3 \times F_y \times l}{16} = \frac{3 \times 2569 \times 3100}{16} = 149323,25 \text{ Nmm}$$

$$M_{ey} = \frac{3 \times F_x \times l}{16} = \frac{3 \times 690 \times 3100}{16} = 40106,25 \text{ Nmm}$$

Eğilme gerilmesi

$$\sigma_{mx} = \frac{M_{ex}}{W_x} = \frac{149323,25}{30,9 \times 10^3} = 48,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{my} = \frac{M_{ey}}{W_y} = \frac{40106,25}{36,2 \times 10^3} = 11,1 \text{ N/mm}^2$$

Burkulma Gerilmesi Hesabı

Burkulma kuvveti

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

Narinlik derecesi

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

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

Çizelge 5.4 yardımıyla $\sigma_c = 370 \text{ N/mm}^2$ ve $\lambda = 117,9$ için burkulma katsayısı $\omega = 2,35$ olarak bulunur.

Burkulma gerilmesi

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

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

Birleşik Gerilme Hesabı

Birleşik eğilme gerilmesi

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

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

Birleşik zorlanma

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

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

Toplam gerilme

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

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

Ray Boynundaki Eğilme Gerilmesi Hesabı

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

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

Kılavuz Ray Sehîm Hesabı

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

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

Güvenlik tertibatının devreye girmesi halinde $\delta_{\max} = 5 \text{ mm}$ alındığından kılavuz ray sehîmleri uygundur.

7.1.2 Normal kullanım-hareket durumu

7.1.2.1 Yük dağılımının önde olması durumu

Eğilme Gerilmesi Hesabı

Frenleme kuvveti

$$F_x = \frac{k_2 \times g_n (Q \times x_Q + P \times x_P)}{n \times h} = \frac{1,2 \times 9,81 (2000 \times -302,5 + 2720 \times -79)}{2 \times 3055} = -1316,4 \text{ N}$$

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

Eğilme momenti

$$M_{ex} = \frac{3 \times F_y \times l}{16} = \frac{3 \times 0 \times 3100}{16} = 0 \text{ Nmm}$$

$$M_{ey} = \frac{3 \times F_x \times l}{16} = \frac{3 \times 1316,4 \times 3100}{16} = 765157,5 \text{ Nmm}$$

Eğilme gerilmesi

$$\sigma_{mx} = \frac{M_{ex}}{W_x} = \frac{0}{30,9 \times 10^3} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{my} = \frac{M_{ey}}{W_y} = \frac{765157,5}{36,2 \times 10^3} = 21,1 \text{ N/mm}^2$$

Burkulma Gerilmesi Hesabı

Normal kullanım-hareket durumunda burkulma meydana gelmemektedir.

Birleşik Gerilme Hesabı

$$\sigma_m = \sigma_{mx} + \sigma_{my} = 0 + 21,1 = 21,1 \text{ N/mm}^2$$

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

Ray Boynundaki Eğilme Gerilmesi Hesabı

$$\sigma_F = \frac{1,85 \times F_x}{c^2} = \frac{1,85 \times 1316,4}{10^2} = 24,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_F = 24,4 \leq \sigma_{em} = 165 \text{ N/mm}^2$$

Kılavuz Ray Sehım Hesabı

$$\delta_x = 0,7 \times \frac{F_x \times l^3}{48 \times E \times I_y} = 0,7 \times \frac{1316,4 \times 3100^3}{48 \times 210000 \times 230 \times 10^4} = 1,2 \text{ mm}$$

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

Güvenlik tertibatının devreye girmesi halinde $\delta_{\max} = 5 \text{ mm}$ alındığından kılavuz ray sehimleri uygundur.

7.1.2.2 Yük dağılımın arkada olması durumu

Eğilme Gerilmesi Hesabı

Frenleme kuvveti

$$F_x = \frac{k_2 \times g_n (Q \times x_Q + P \times x_P)}{n \times h} = \frac{1,2 \times 9,81 (2000 \times 302,5 + 2720 \times -79)}{2 \times 3055} = 751,6 \text{ N}$$

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

Eğilme momenti

$$M_{ex} = \frac{3 \times F_y \times l}{16} = \frac{3 \times 0 \times 3100}{16} = 0 \text{ Nmm}$$

$$M_{ey} = \frac{3 \times F_x \times l}{16} = \frac{3 \times 751,6 \times 3100}{16} = 436867,5 \text{ Nmm}$$

Eğilme gerilmesi

$$\sigma_{mx} = \frac{M_{ex}}{W_x} = \frac{0}{30,9 \times 10^3} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{my} = \frac{M_{ey}}{W_y} = \frac{436867,5}{36,2 \times 10^3} = 12,1 \text{ N/mm}^2$$

Burkulma Gerilmesi Hesabı

Normal kullanım-hareket durumunda burkulma meydana gelmemektedir.

Birleşik Gerilme Hesabı

$$\sigma_m = \sigma_{mx} + \sigma_{my} = 0 + 12,1 = 12,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_m = 12,1 \leq \sigma_{em} = 165 \text{ N/mm}^2$$

Ray Boynundaki Eğilme Gerilmesi Hesabı

$$\sigma_F = \frac{1,85 \times F_x}{c^2} = \frac{1,85 \times 751,6}{10^2} = 13,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_F = 13,9 \leq \sigma_{em} = 165 \text{ N/mm}^2$$

Kılavuz Ray Sehîm Hesabı

$$\delta_x = 0,7 \times \frac{F_x \times l^3}{48 \times E \times I_y} = 0,7 \times \frac{751,6 \times 3100^3}{48 \times 210000 \times 230 \times 10^4} = 0,68 \text{ mm}$$

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

Güvenlik tertibatının devreye girmesi halinde $\delta_{\max} = 5 \text{ mm}$ alındığından kılavuz ray sehîmleri uygundur.

7.1.2.3 Yük dağılımının sağda olması durumu

Eğilme Gerilmesi Hesabı

Frenleme kuvveti

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

$$F_x = \frac{2 \times k_2 \times g_n (Q \times x_Q + P \times x_P)}{n \times h} = \frac{2 \times 1,2 \times 9,81 (2000 \times 200 + 2720 \times 0)}{2 \times 3055} = 1541,3 \text{ N}$$

Eğilme momenti

$$M_{ex} = \frac{3 \times F_y \times l}{16} = \frac{3 \times 1541,3 \times 3100}{16} = 895880,6 \text{ Nmm}$$

$$M_{ex} = \frac{3 \times F_y \times l}{16} = \frac{3 \times 414 \times 3100}{16} = 240637,5 \text{ Nmm}$$

Eğilme gerilmesi

$$\sigma_{mx} = \frac{M_{ex}}{W_x} = \frac{895880,6}{30,9 \times 10^3} = 29 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{my} = \frac{M_{ey}}{W_y} = \frac{240637,5}{30,9 \times 10^3} = 6,65 \text{ N/mm}^2$$

Burkulma Gerilmesi Hesabı

Normal kullanım-hareket durumunda burkulma meydana gelmemektedir.

Birleşik Gerilme Hesabı

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

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

Ray Boynundaki Eğilme Gerilmesi Hesabı

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

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

Kılavuz Ray Sehimi Hesabı

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

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

Güvenlik tertibatının devreye girmesi halinde $\delta_{\max} = 5 \text{ mm}$ alındığından kılavuz ray sehimleri uygundur.

7.1.3 Normal kullanım-yüklem durumu

Kabinin tek bir kapısı bulunduğu için hesaplar sadece girişin önde olması durumu için yapılmıştır.

Eğilme Gerilmesi Hesabı

Eşik kuvveti

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

Frenleme kuvveti

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

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

Eğilme momenti

$$M_{ex} = \frac{3 \times F_y \times l}{16} = \frac{3 \times 0 \times 3100}{16} = 0 \text{ Nmm}$$

$$M_{ey} = \frac{3 \times F_x \times l}{16} = \frac{3 \times 1970 \times 3100}{16} = 11450625 \text{ Nmm}$$

Eğilme gerilmesi

$$\sigma_{mx} = \frac{M_{ex}}{W_x} = \frac{0}{30,9 \times 10^3} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{my} = \frac{M_{ey}}{W_y} = \frac{11450625}{36,2 \times 10^3} = 31,6 \text{ N/mm}^2$$

Burkulma Gerilmesi Hesabı

Normal kullanım-hareket durumunda burkulma meydana gelmemektedir.

Birleşik Gerilme Hesabı

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

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

Ray Boynundaki Eğilme Gerilmesi Hesabı

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

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

Kılavuz Ray Sehım Hesabı

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

$$\delta_y = 0,7 \times \frac{F_y \times l^3}{48 \times E \times I_x} = 0,7 \times \frac{0 \times 3100^3}{48 \times 210000 \times 230 \times 10^4} = 0 \text{ mm}$$

Güvenlik tertibatının devreye girmesi halinde $\delta_{\max} = 5 \text{ mm}$ alındığından kılavuz ray sehımleri uygundur.

Çizelge 7.1’ de yapılan hesaplamalarda elde edilen gerilmeler ve sehımler toplu olarak verilmektedir.

Çizelge 7.1 : Farklı yükleme durumları için gerilme ve sehım değerleri

Yükleme Durumu		σ_x N/mm ²	σ_y N/mm ²	σ_k N/mm ²	σ N/mm ²	σ_F N/mm ²	δ_x mm	δ_y mm
Güvenlik tertibatı devrede	Önde	0	42,3	38	76,1	48,7	2,75	0
	Arkada	0	20	38	56	23,2	1,1	0
	Sağda	48,3	11,1	38	91,5	12,8	0,6	2,7
Normal durum Hareket	Önde	0	21,1	—	21,1	24,4	1,2	0
	Arkada	0	12,1	—	12,1	13,9	0,68	0
	Sağda	29	6,65	—	35,65	7,7	0,4	1,61
Normal durum Yükleme	Giriş önde	0	31,6	—	31,6	36,5	1,8	0

Yukarıda yapılan hesaplar ve Çizelge 7.1’ de toplu olarak verilen gerilme ve sehım değerleri, güvenlik tertibatının raylara eşit olarak etki ettiği ve ray sayısının n=2 olarak alındığı bir örnek üzerinden yapılmıştır.

Son zamanlarda Avrupa’da yapılan çalışmalar sonucunda, en elverişsiz haller için yapılan bu kılavuz ray hesaplarının güvenlik tertibatı sadece tek bir raya etki ettiği durumlar için de incelenmekte ve standartların değiştirilmesi tartışılmaktadır.

Bu tezde, yeni yeni tartışılmaya başlanan bu elverişsiz hal için de benzer hesaplar yapılmış olup, bu durumun elde edilen ilk değerlere göre farkları ortaya konulmuştur. Güvenlik tertibatının tek bir raya etki ettiği durumlar için elde edilen gerilme ve sehım değerleri Çizelge 7.2’ de toplu olarak verilmektedir.

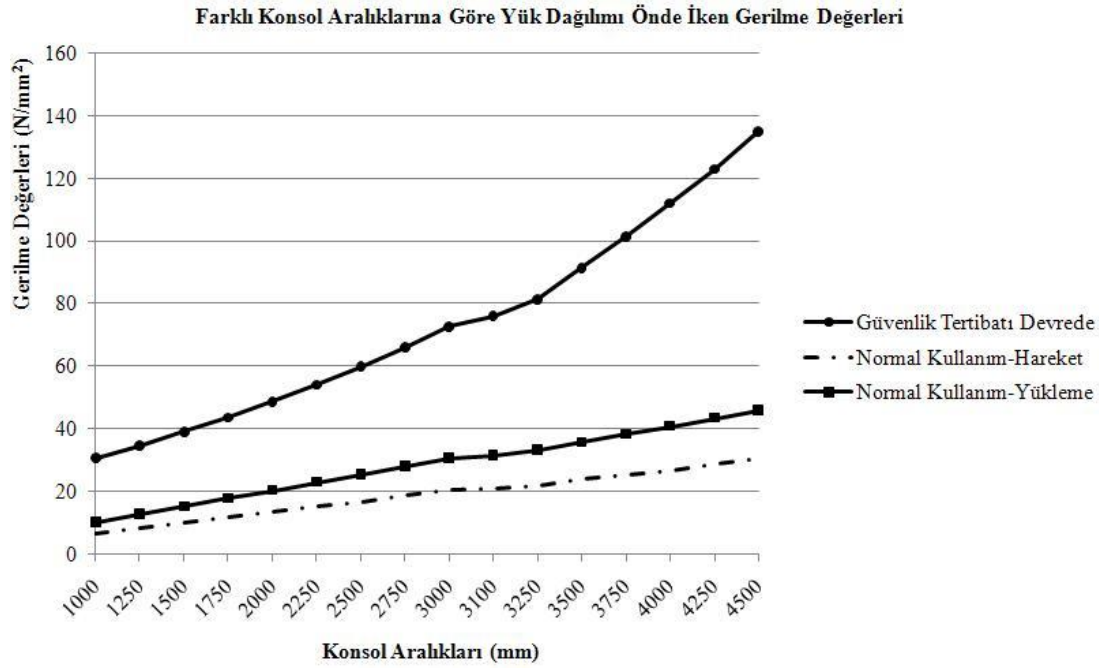
Çizelge 7.2 : Güvenlik tertibatının tek raya etki ettiği durum için gerilme ve sehım değerleri

Yükleme Durumu		σ_x N/mm ²	σ_y N/mm ²	σ_k N/mm ²	σ N/mm ²	σ_F N/mm ²	δ_x mm	δ_y mm
Güvenlik tertibatı devrede	Önde	0	84,6	76	152,2	97,4	5,5	0
	Arkada	0	40	76	112	46,4	2,2	0
	Sağda	96,6	22,2	76	182,9	25,6	1,2	5,4

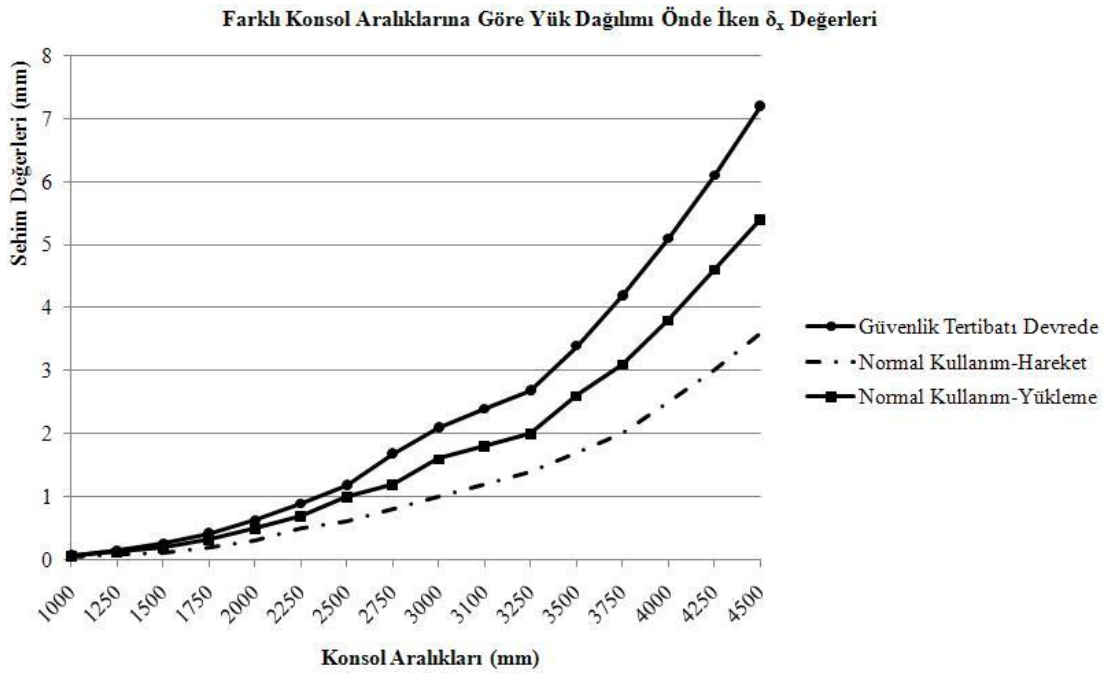
Çizelge 7.2’ de de görüldüğü gibi güvenlik tertibatı tek bir raya etki ettiğinde gerilme ve sehım değerleri ciddi bir şekilde artmaktadır. Buna bağlı olarak yapılan ilk hesaplamalarda müsaade edilen değerlerin altında kalan bazı sehım değerleri bu hesaplar sonucunda müsaade edilen değerlerin üzerine çıkmıştır.

Bu tezde ayrıca kılavuz ray konsolları arasındaki mesafenin farklı değerlerine bağlı olarak gerilme ve sehım değerlerinin değişimi de incelenmiştir. δ_y , güvenlik tertibatının devrede olması ve normal kullanım – hareket durumlarında, sadece yük dağılımının sağda olması durumunda değişmektedir. Bunun sebebi de bu durumlar haricinde $\delta_y = 0$ olmasıdır.

Yük dağılımının önde olduğu durum için farklı konsol aralıklarına bağlı olarak, değişik kullanım durumlarına göre toplam gerilme değişimi Şekil 7.3’ de, x – eksenindeki sehım değerlerinin değişimi Şekil 7.4’ de verilmektedir.

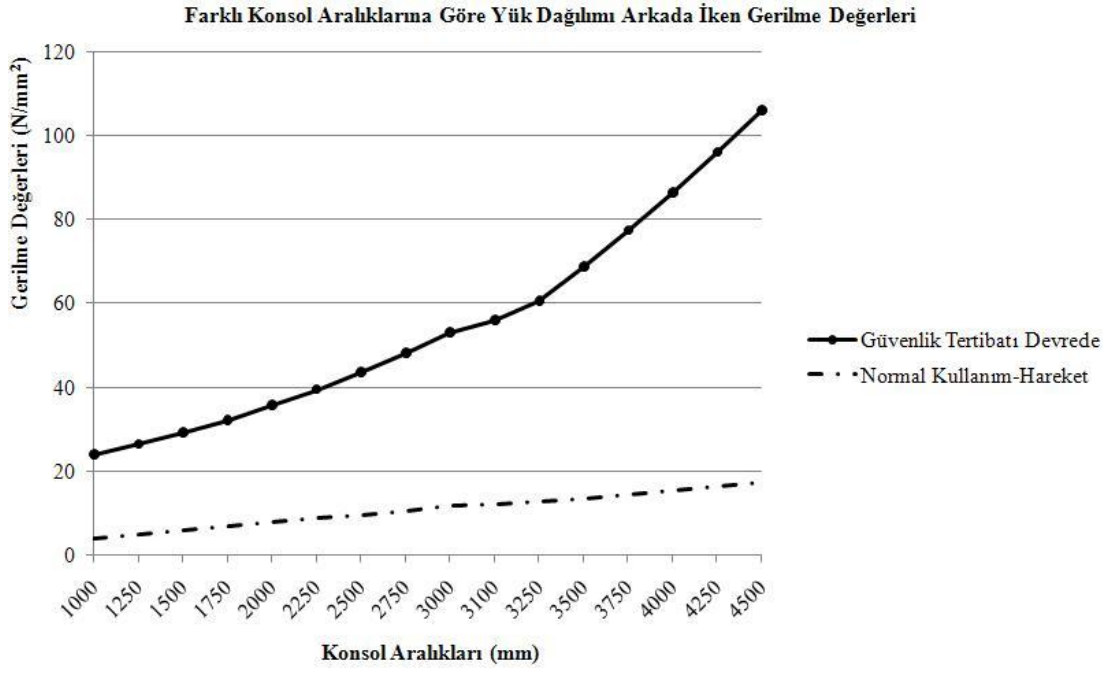


Şekil 7.3 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı önde iken gerilme değerleri

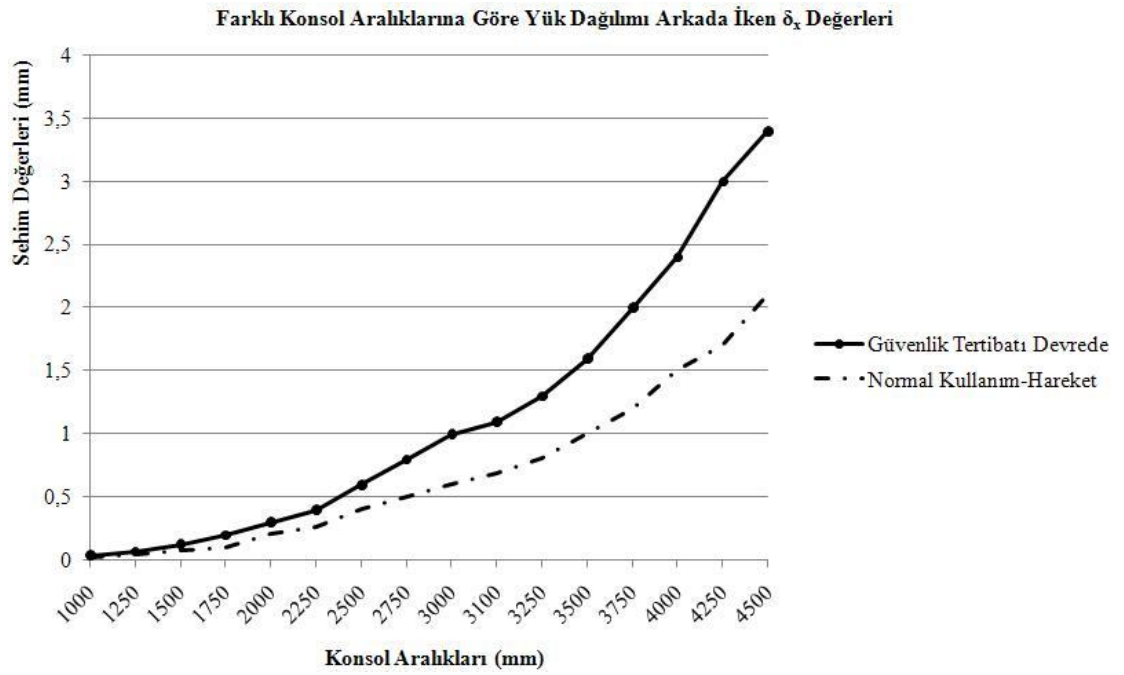


Şekil 7.4 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı önde iken δ_x değerleri

Yük dağılımının arkada olduğu durum için farklı konsol aralıklarına bağlı olarak, değişik kullanım durumlarına göre toplam gerilme değişimi Şekil 7.5’ de, x – eksenindeki sehim değerlerinin değişimi Şekil 7.6’ da verilmektedir.

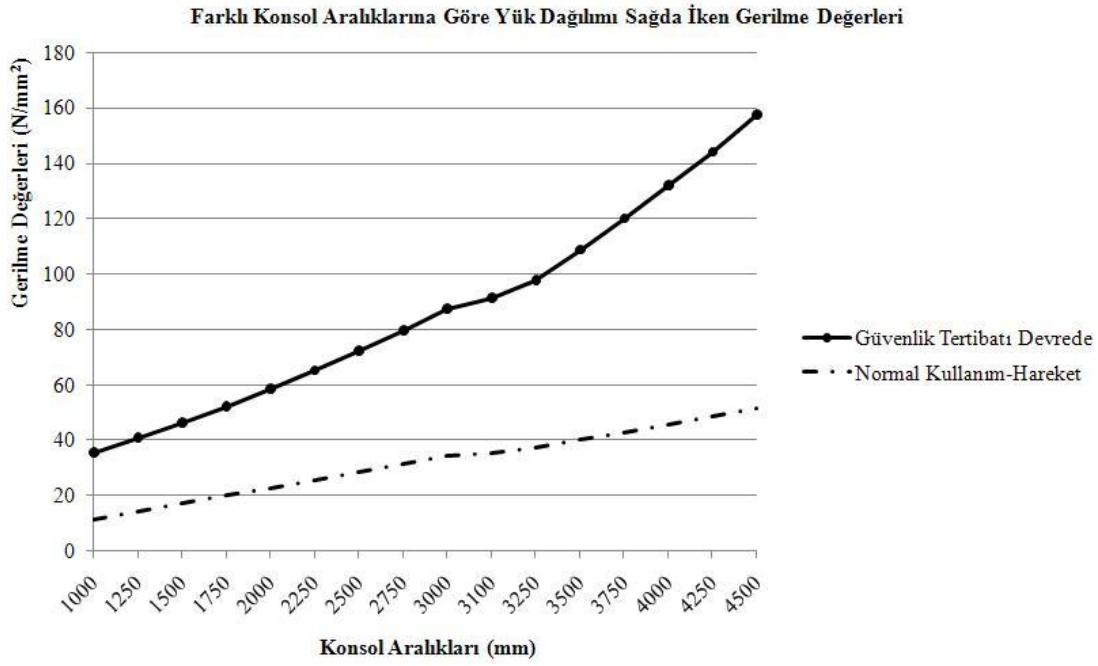


Şekil 7.5 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı arkada iken gerilme değerleri

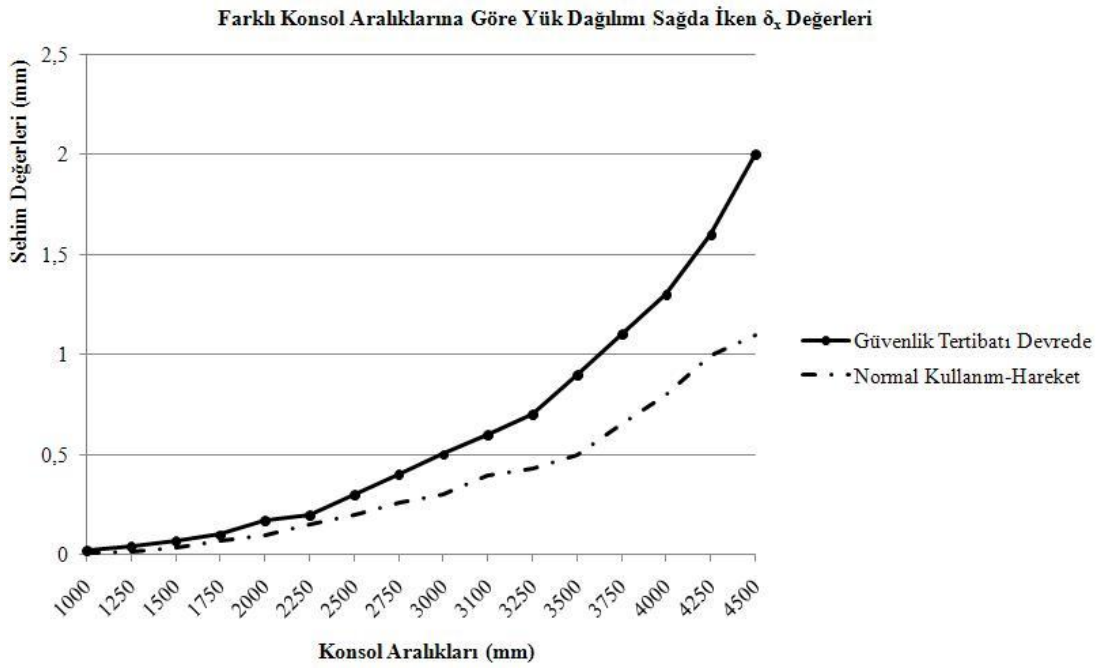


Şekil 7.6 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı arkada iken δ_x değerleri

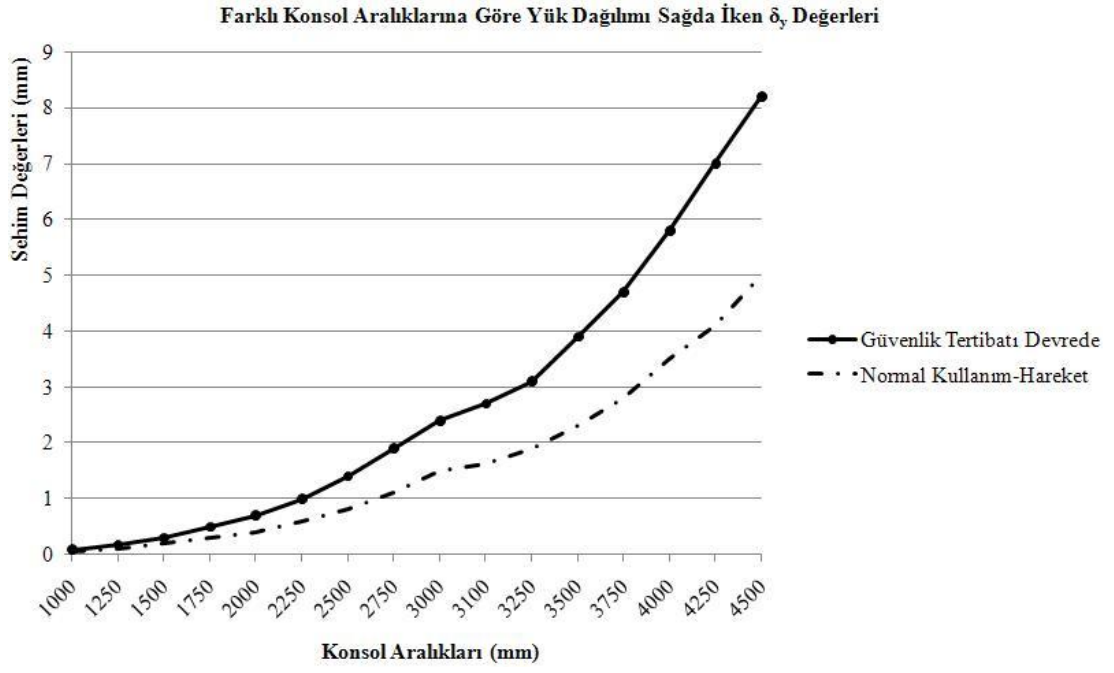
Yük dağılımının sağda olduğu durum için farklı konsol aralıklarına bağlı olarak, değişik kullanım durumlarına göre toplam gerilme değişimi Şekil 7.7' de, x – eksenindeki sehim değerlerinin değişimi Şekil 7.8' de, y – eksenindeki sehim değerlerinin değişimi Şekil 7.9' da verilmektedir.



Şekil 7.7 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı sağda iken gerilme değerleri



Şekil 7.8 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı sağda iken δ_x değerleri



Şekil 7.9 : Farklı konsol aralıklarına göre yük dağılımı sağda iken δ_y değerleri

7.2 Kılavuz Ray ve Kılavuz Ray Konsollarının CAD Modellerinin, Montajlarının ve Sonlu Elemanlar Modelinin Oluşturulması

Örnek projede incelenen kılavuz ray ve bu raya bağlı olarak seçilen kılavuz ray konsolu SolidWorks paket programı kullanılarak modellenmiş ve daha sonra montajları yapılmıştır. Modellenen kılavuz ray ve kılavuz ray konsollarının montajı Şekil 7.10' da gösterilmektedir.

Montajda kullanılan önemli elemanların ve montaj detaylarının şekilleri Ek B' de verilmiştir.



Şekil 7.10 : Kılavuz ray sistemi montajı

SolidWorks ile montajı yapılan sistem, Abaqus'e alınarak sonlu elemanlar metodu ile analiz edilmiştir. Analiz aşağıdaki adımlar izlenerek yapılmıştır.

- Property Modülü: Malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve hacimlere malzeme atanması,
- Step: Analiz tipinin belirlenmesi ve çözüm adımının oluşturulması,
- Interaction: Temas özelliklerinin belirlenmesi,
- Load: Sınır koşullarının belirlenmesi ve yüklerin girilmesi,
- Mesh: Modelin çözüm ağının oluşturulması,
- Job: Görevin oluşturulup, çözümün elde edilmesi.

7.2.1 Malzeme ve kesitin tanımlanması

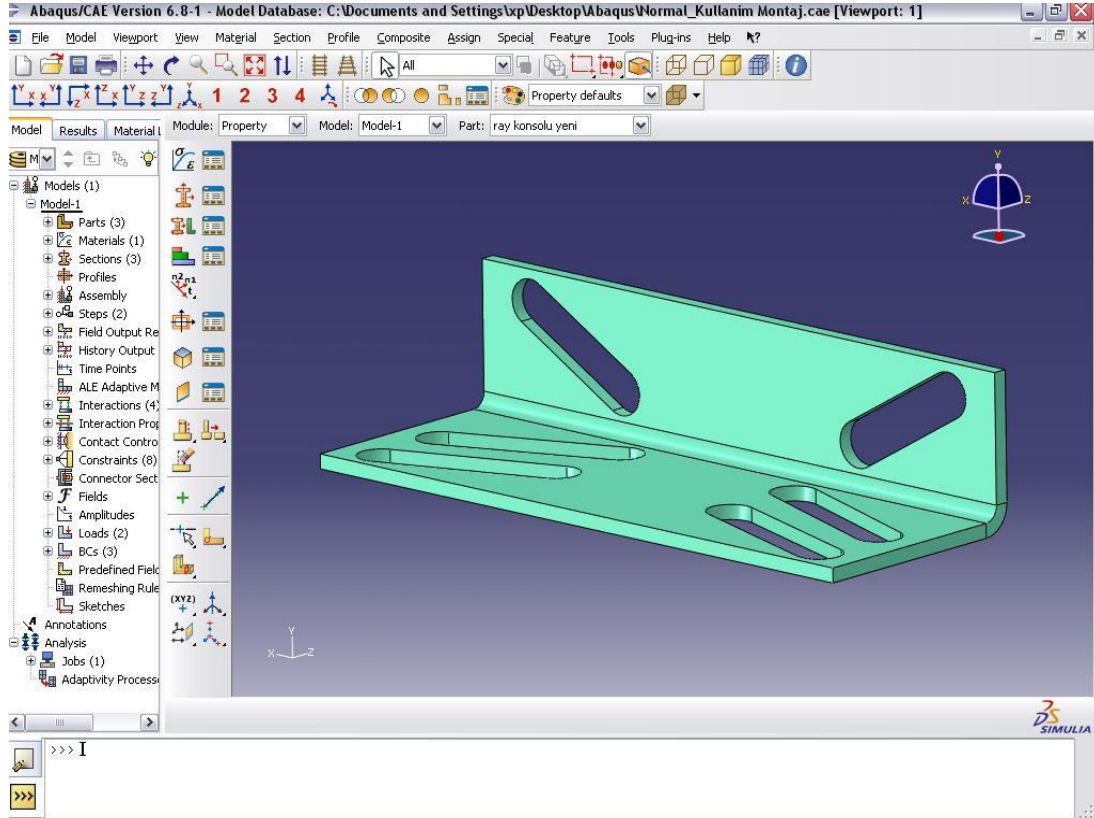
T127B kılavuz ray, kılavuz raya bağlı olarak seçilen kılavuz ray konsolu ve ray sabitleme tırnağının malzemesi St37'dir. Abaqus'de Property > Create Material yolu izlenerek aşağıdaki değerler programa girilmiştir.

- Elastiklik Modülü: $2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$;
- Poisson Oranı: 0.3

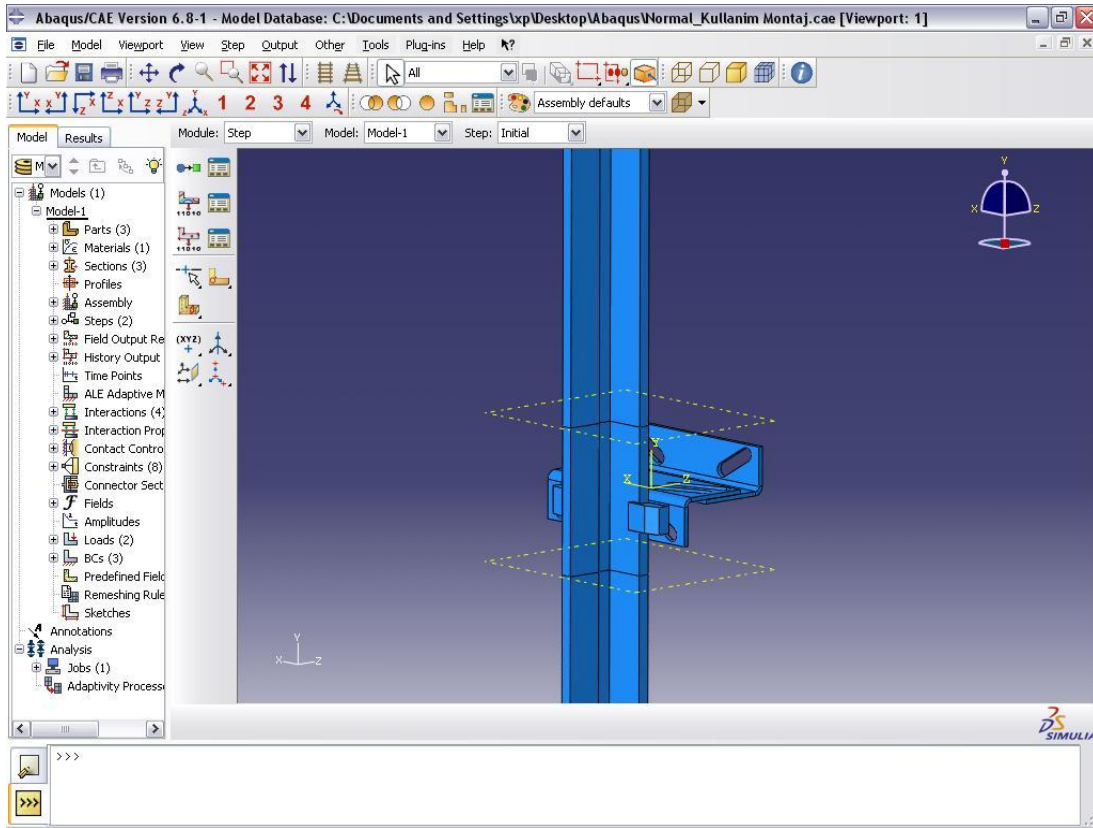
Daha sonra yine property modülü içerisinde, Property > Create Section yolu ile Solid-Homogeneous özelliklerine sahip bir hacim yaratılmış ve Property > Assign Section yolu izlenerek oluşturulan hacime daha önce oluşturulan malzeme atanmıştır. Şekil 7.11' de property modülünün arayüzü ve kılavuz ray konsolu görülmektedir.

7.2.2 Analiz tipinin belirlenmesi

Step modülünde Create Step yolu ile çözüm adımı oluşturulmuştur. Şekil 7.12' de step modülünün ara yüzü görülmektedir.



Şekil 7.11 : Property modülünün ara yüzü



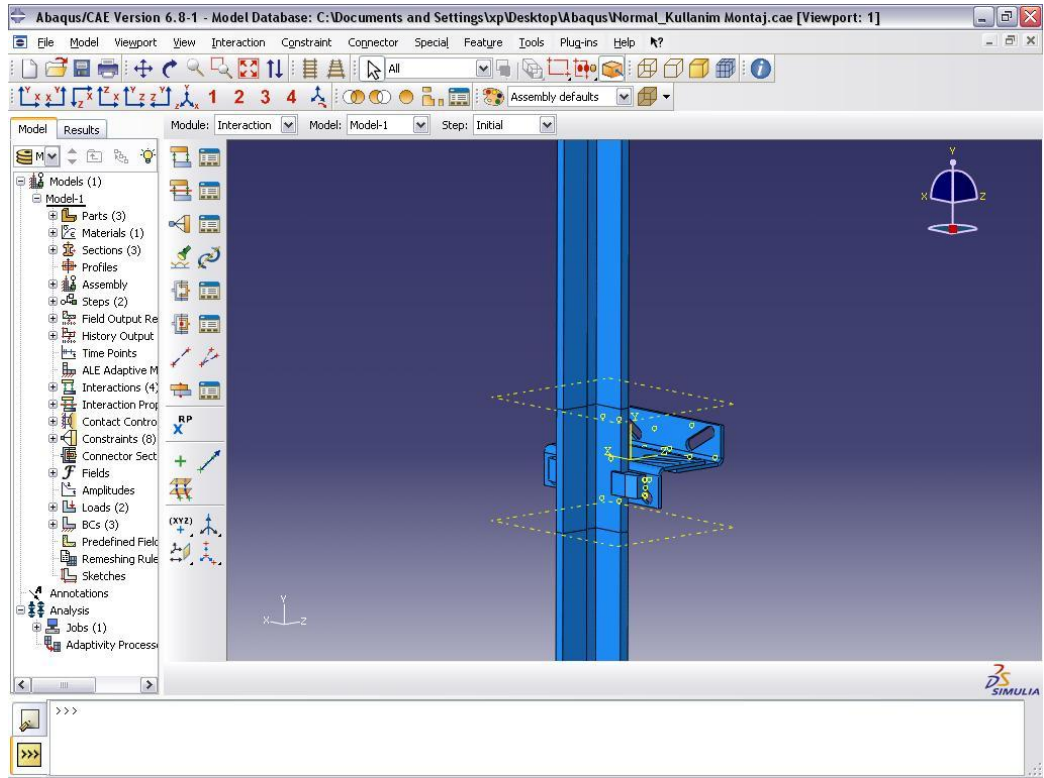
Şekil 7.12 : Step modülünün ara yüzü

7.2.3 Temas özelliklerinin belirlenmesi

Abaqus'te step modülü ile çözüm adımı oluşturulduktan sonra interaction modülü ile temas özellikleri belirlenmiştir. Birbiri ile çalışan yüzeylerde master ve slave yüzeyler programa girilmiştir. Şekil 7.13' de interaction modülünün ara yüzü verilmiştir.

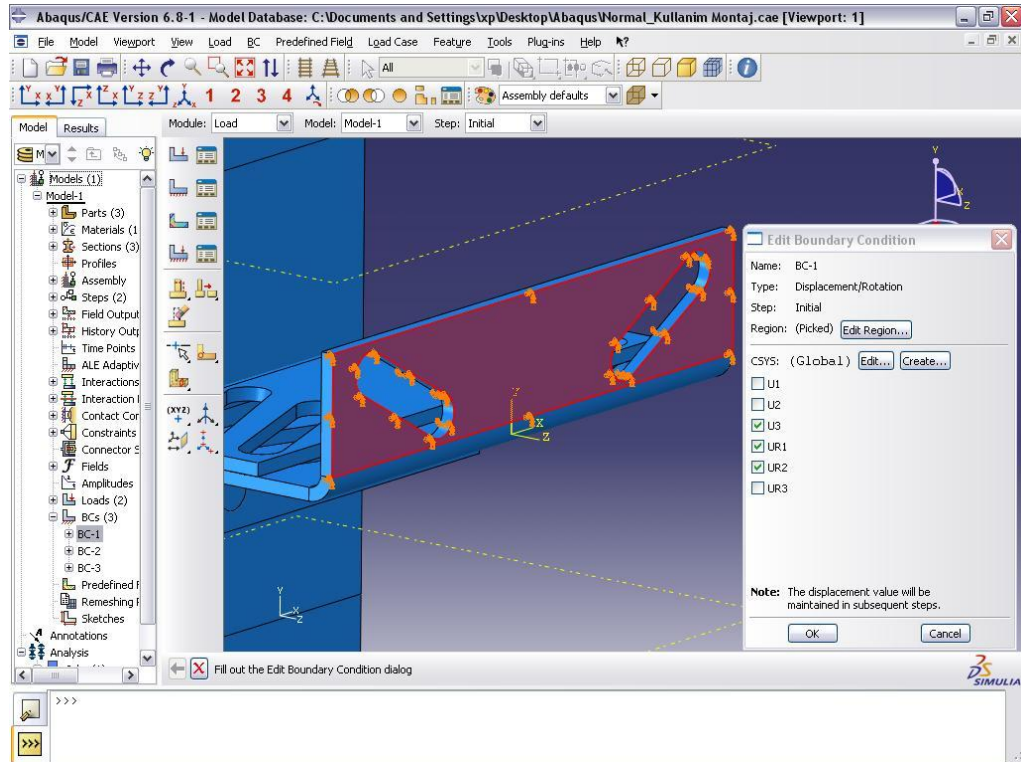
7.2.4 Sınır şartlarının ve yüklerin belirlenmesi

Load modülünde Create Boundary Condition yolu ile sınır koşulları programa girilmiştir. Buna göre toplamda 3 adet sınır koşul belirlenmiş olup, bunlar aşağıda şekilleri ile birlikte gösterilmiştir.



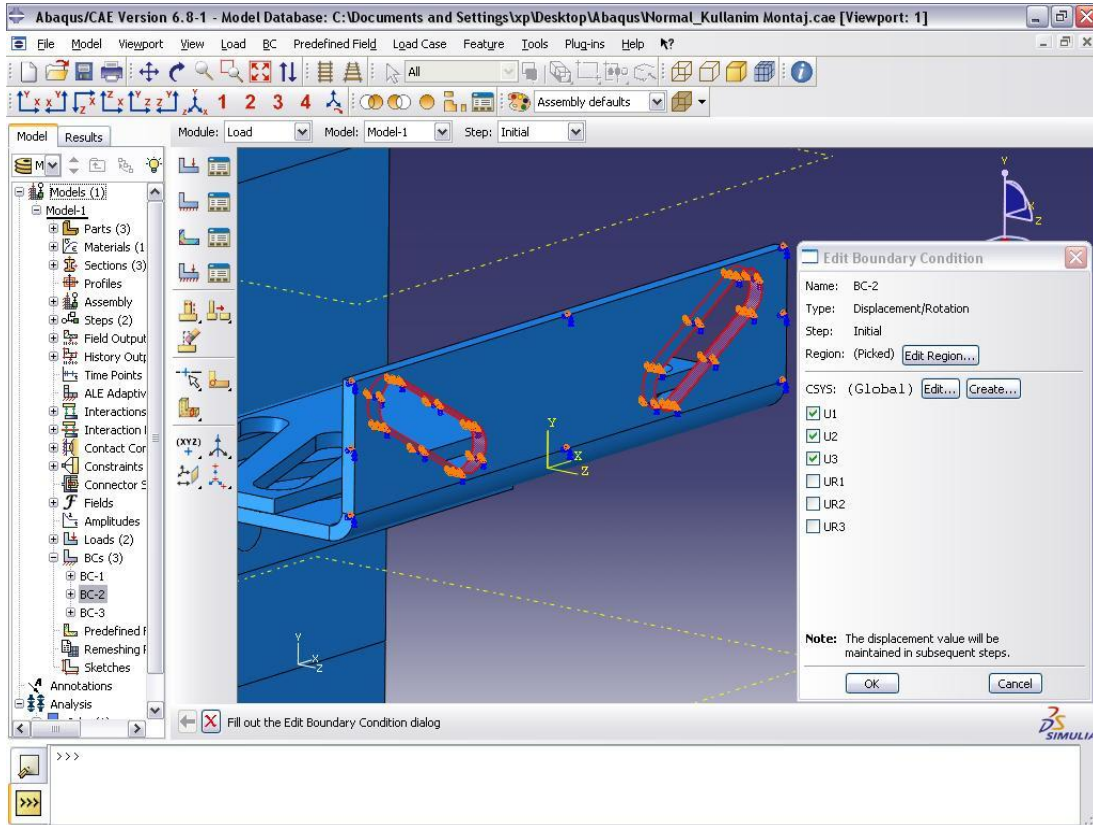
Şekil 7.13 : Interaction modülünün ara yüzü

- Sınır Koşulu 1: Kılavuz ray konsolu ile duvar arasında verilmiştir. Buna göre konsolun duvar ekseninde hareketi kısıtlanmıştır. (Şekil 7.14)



Şekil 7.14 : Duvar ile konsol arasında tanımlanan sınır koşulu

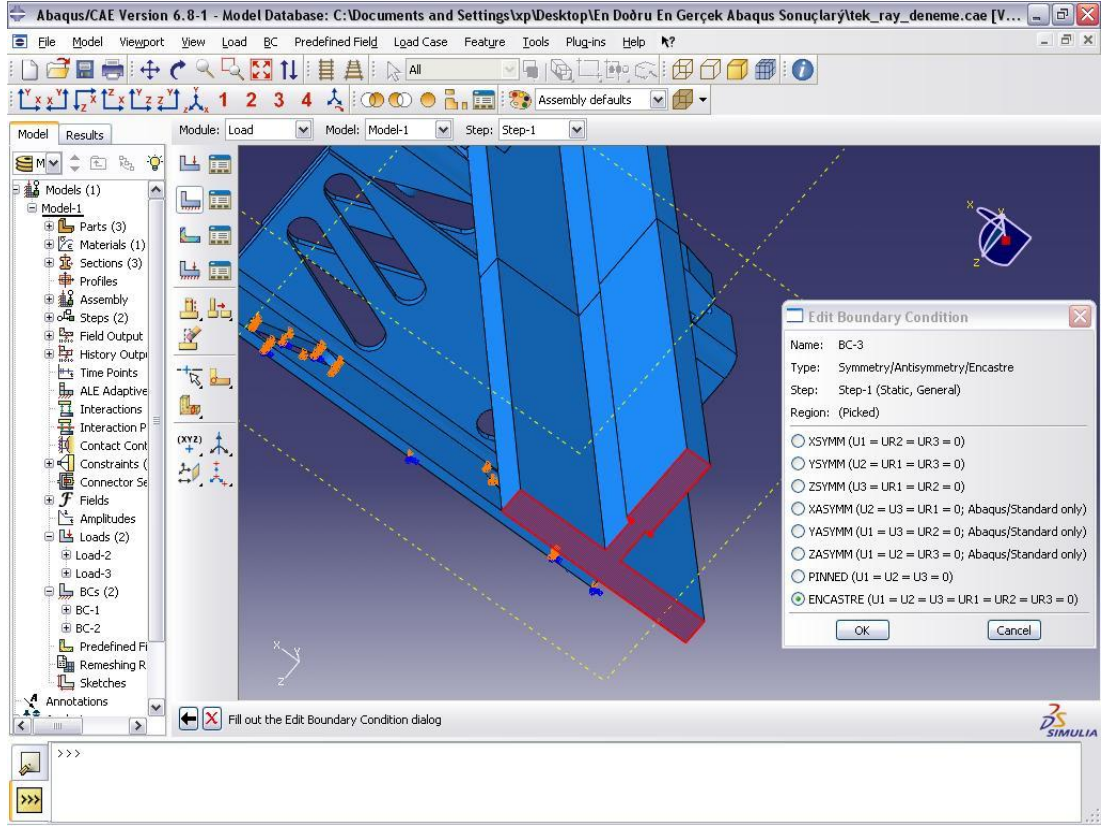
- Sınır Koşulu 2: Duvar ile konsol cıvata delikleri arasında tanımlanmıştır. Deliklerin eksenlerdeki yer değiştirmeleri sınırlandırılmış, dönmelere ise izin verilmiştir. ($U_1=U_2=U_3=0$) (Şekil 7.15)
- Sınır Koşulu 3: Güvenlik tertibatının devrede olduğu durumlar için, raylar asansör kuyusunun dibine oturtulup mesnetlendiği kabulüne göre encastré ($U_1=U_2=U_3=UR_1=UR_2=UR_3=0$) olarak programa girilmiştir. (Şekil 7.16)



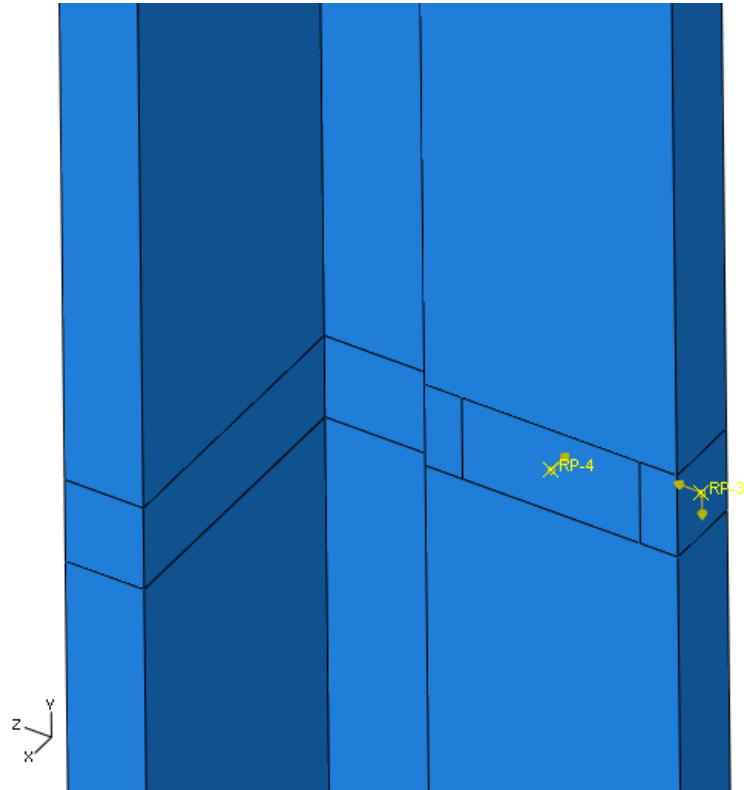
Şekil 7.15 : Duvar ile konsol cıvata delikleri arasında tanımlanan sınır koşulu

Sınır koşullarının belirlenmesinin ardından yine load modülünde, Create Load yolu izlenerek, güvenlik tertibatının kullanım durumuna ve yük dağılımlarına bağlı olarak yükler sisteme uygulanmıştır (Şekil 7.17).

Analizi yapılan modellemede kılavuz ray konsollarının arasındaki mesafe, hesapları yapılan örnek projeye uygun olarak, 3100 mm olarak alınmıştır. Sisteme etki eden kuvvetler kılavuz raya tam orta noktasından uygulanmıştır.



Şekil 7.16 : Rayın en altında belirlenen sınır koşulları

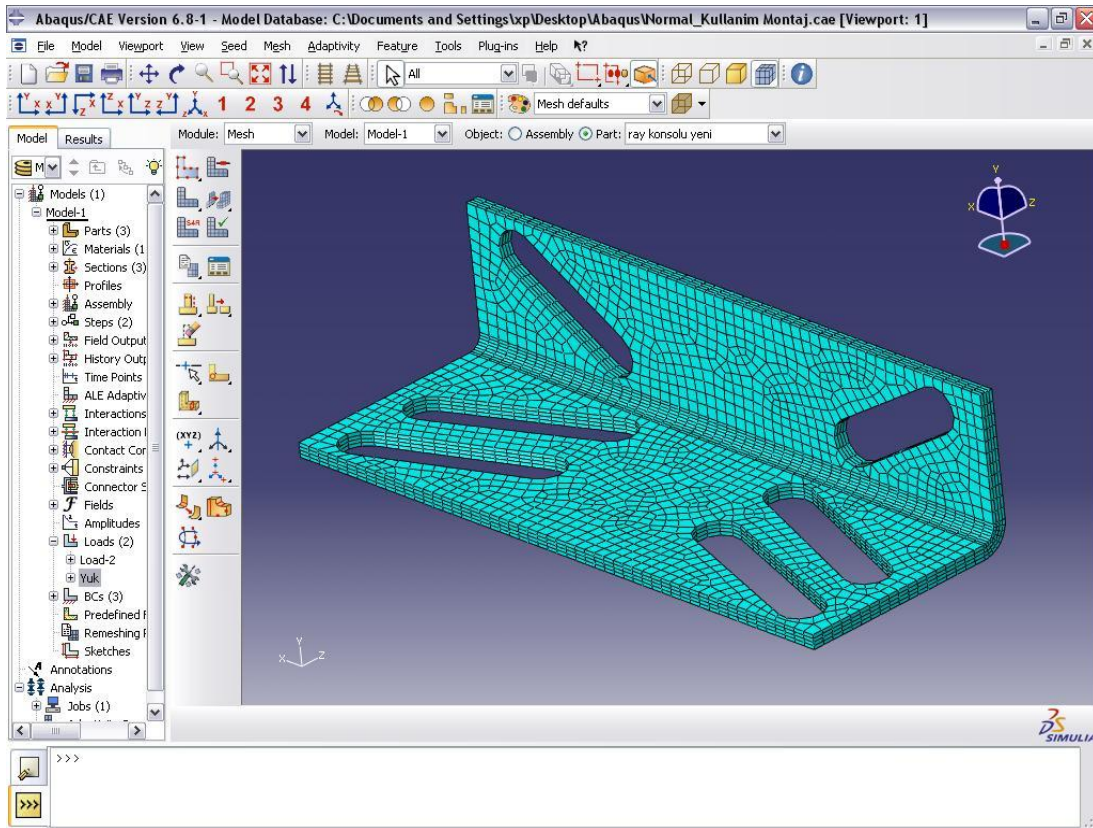


Şekil 7.17 : Kılavuz rayına etkiyen kuvvetler

7.2.5 Modelin çözüm ağının oluşturulması

Modelin çözüm ağının oluşturulması için mesh modülü kullanılmış ve sistemdeki parçalar için tek tek çözüm ağı oluşturulmuştur.

Çözüm ağlarının oluşturulmasında mesh modülünde Seed Part Instance, Assign Mesh Controls, Assign Element Type ve Mesh Part Instance yolları sırasıyla izlenmiştir. Şekil 7.18’ de kılavuz ray konsolunun çözüm ağının oluşturulduğu mesh modülünün ara yüzü gösterilmiştir.

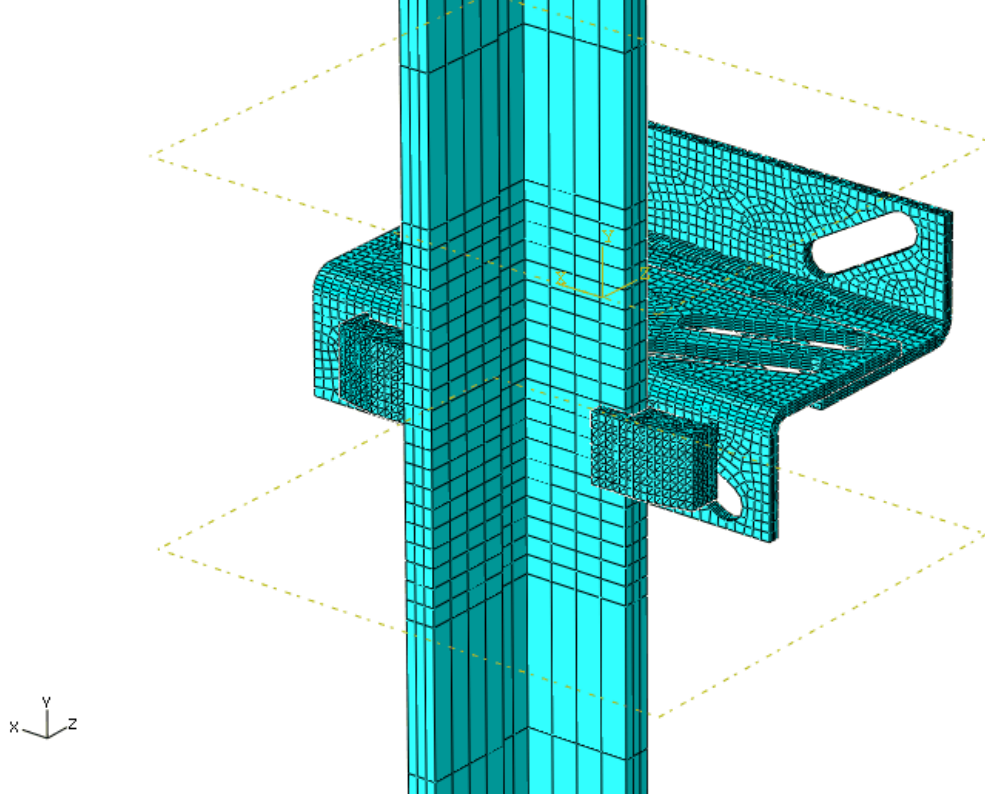


Şekil 7.18 : Mesh ara yüzü ve kılavuz ray konsolu

Kılavuz ray konsolunun çözüm ağında 6680 adet nod ve 4508 adet hexahedral lineer C3D8R tipte eleman kullanılmıştır. Konsolun çözüm ağının düzgün ve güvenilir olabilmesi için konsol 3 parçaya ayrılmış ve çözüm ağı buna göre oluşturulmuştur.

Kılavuz rayın çözüm ağının oluşturulmasında da benzer bir yol izlenmiş ve konsolla bağlantılı olan ray parçası daha yüksek yoğunlukta ağlara bölünmüştür. Kılavuz rayın çözüm ağında 6885 adet nod ve 4704 adet hexahedral lineer C3D8R tipte eleman kullanılmıştır.

Ray sabitleme tırnağının çözüm ağıında ise 1042 adet nod ve 4119 adet tetrahedral lineer C3D4 tipte eleman kullanılmıştır. Şekil 7.19’ da modeli oluşturan parçaların çözüm ağı oluşturulmuş halleri gösterilmektedir.



Şekil 7.19 : Kılavuz ray sisteminin çözüm ağı oluşturulmuş hali

Yukarıdaki verilere bağlı olarak, modellenen sistemde toplam 37773 nod, 16476’sı C3D4 ve 22736’sı da C3D8R tipte olmak üzere 39212 adet eleman kullanılmıştır.

7.2.6 Görevin oluşturulması

Job modülünde Create Job ile bir görev oluşturulmuş ve analiz sonuçlarının elde edilmesi için oluşturulan bu görev çözüme verilmiştir.

7.2.7 Analiz sonuçlarının alınması

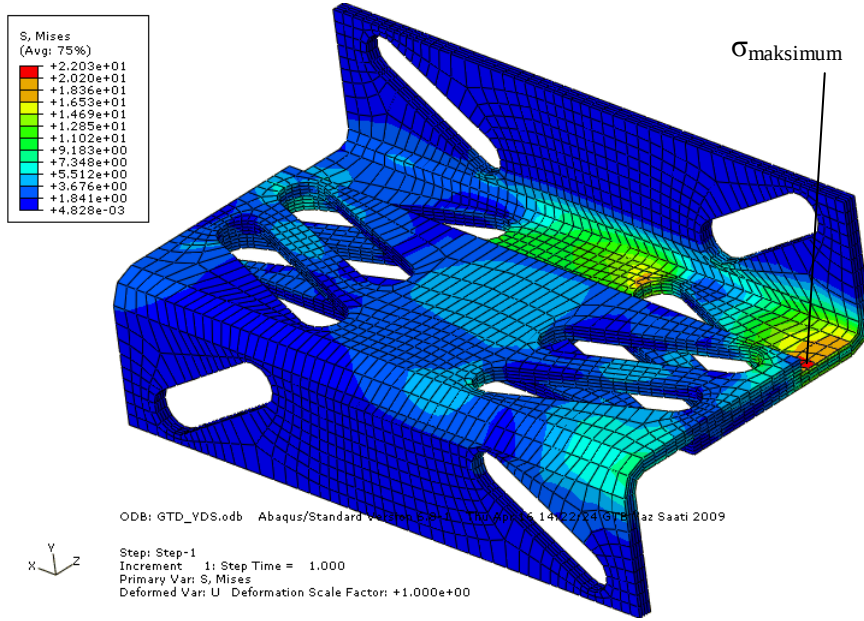
Bu çalışmada, SolidWorks ile modellenen sistemdeki kılavuz ray konsollarının Abaqus programı kullanılarak elde edilen gerilme ve sehim değerleri incelenmektedir.

Çalışmanın ilk bölümünde kılavuz raya etki eden kuvvetlerin çeşitli çalışma durumları ve çeşitli yükleme halleri için sayısal hesaplamaları yapılmış ve tercih

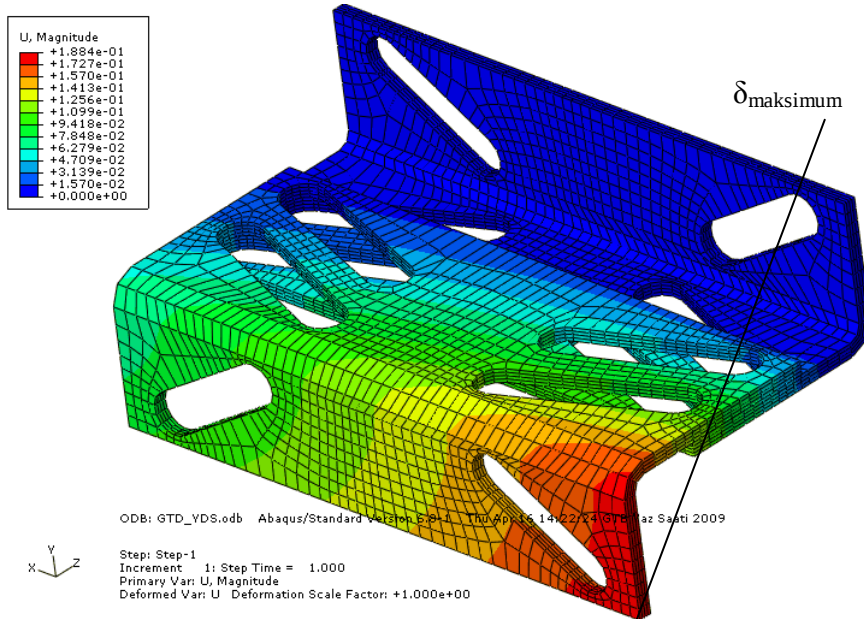
edilen kılavuz rayın sistem içerisinde emniyetli bir şekilde görev yaptığı tespit edilmiştir.

Abaqus ile yapılan çalışmalarda ise kılavuz ray konsollarında sisteme etki eden yükler sonucunda meydana gelen gerilmeler ve sehim değerleri incelenmiştir.

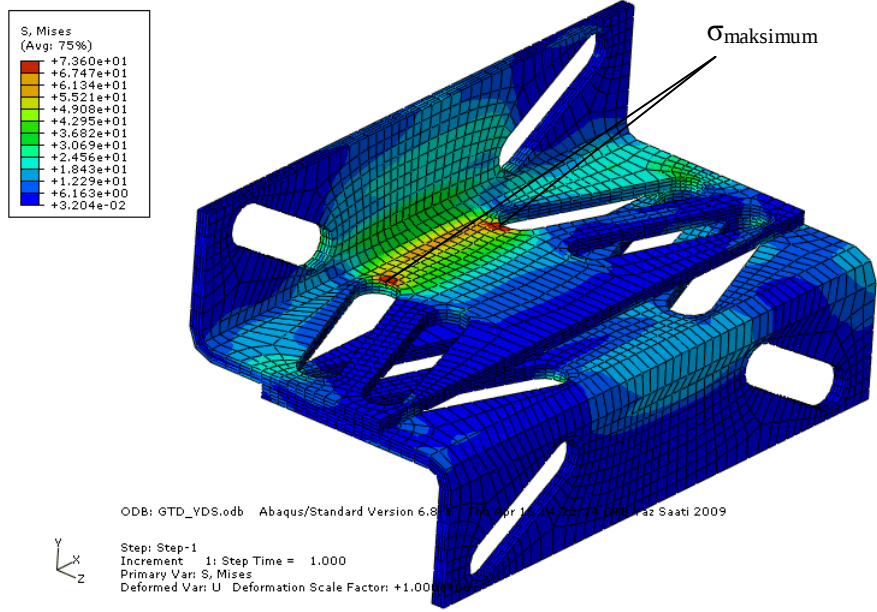
Aşağıda örnek olarak güvenlik tertibatının devrede olduğu durum ve yük dağılımının sağda olması hali için Abaqus’ te elde edilen gerilme ve sehim şekilleri verilmiştir. (Şekil 7.20, Şekil 7.21, Şekil 7.22 ve Şekil 7.23)



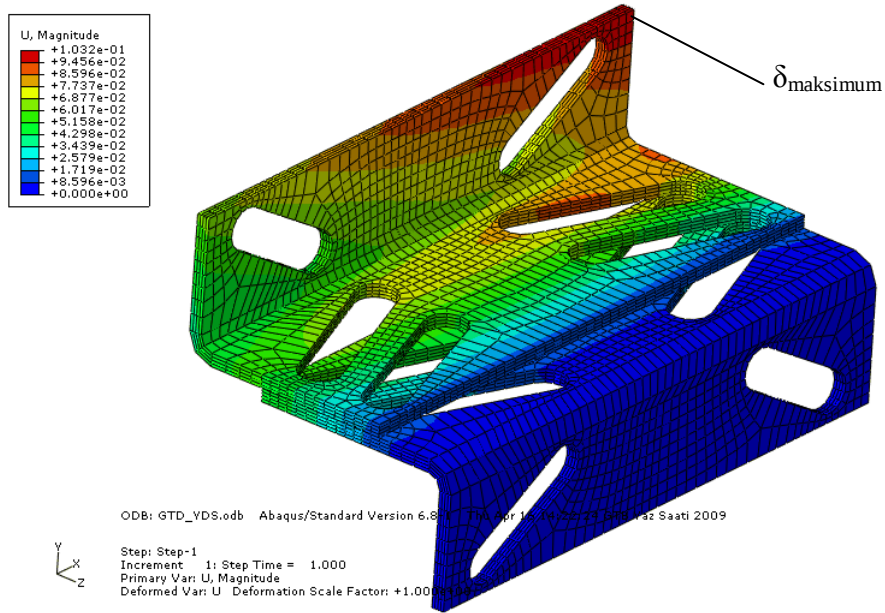
Şekil 7.20 : Üst konsol sisteminde meydana gelen gerilmeler



Şekil 7.21 : Üst konsol sisteminde meydana gelen sehimler

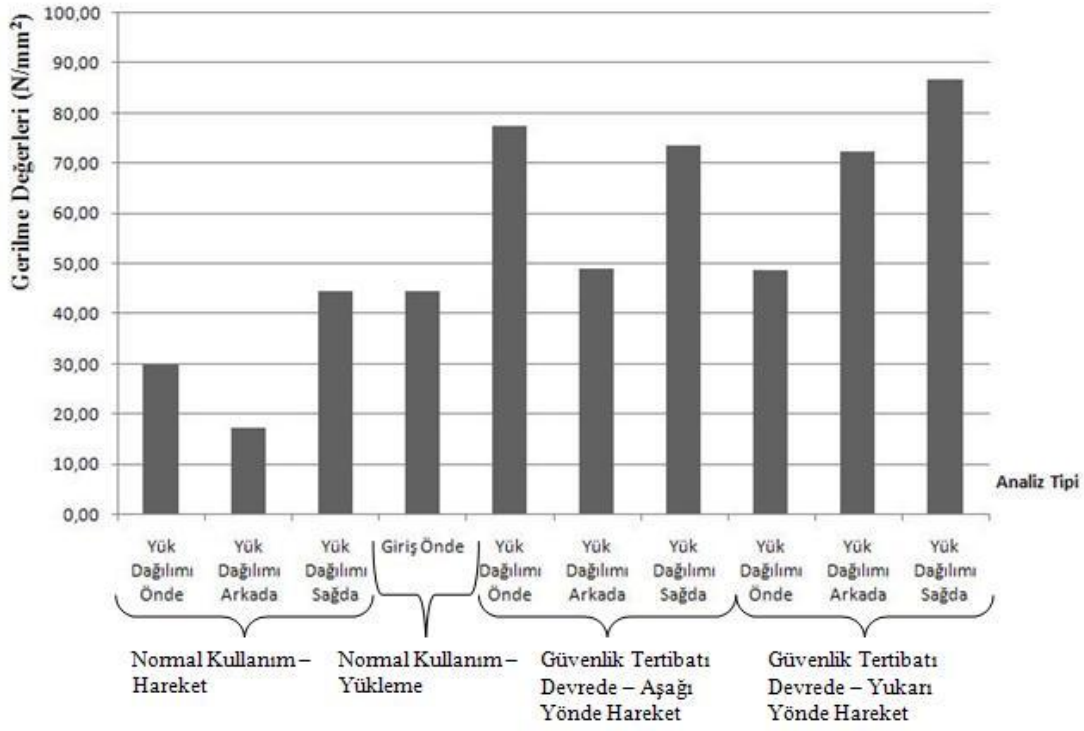


Şekil 7.22 : Alt konsol sisteminde meydana gelen gerilmeler

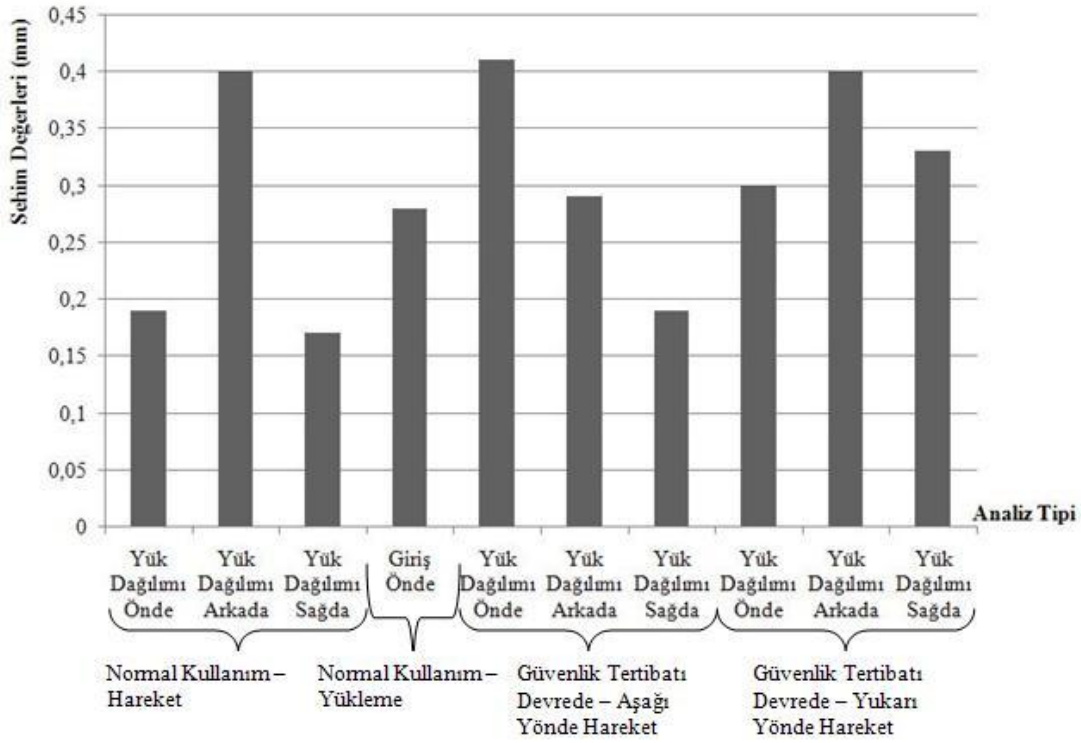


Şekil 7.23 : Alt konsol sisteminde meydana gelen sehimler

Analiz edilen sistemde, farklı kullanım durumları ve yükleme halleri için kılavuz rayı üstten ve alttan binaya bağlayan kılavuz ray konsollarında oluşan en büyük gerilme ve sehim değerlerinin toplu olarak verildiği grafikler Şekil 7.24 ve Şekil 7.25’ de yer almaktadır.



Şekil 7.24 : Konsollarda oluşan gerilme değerleri



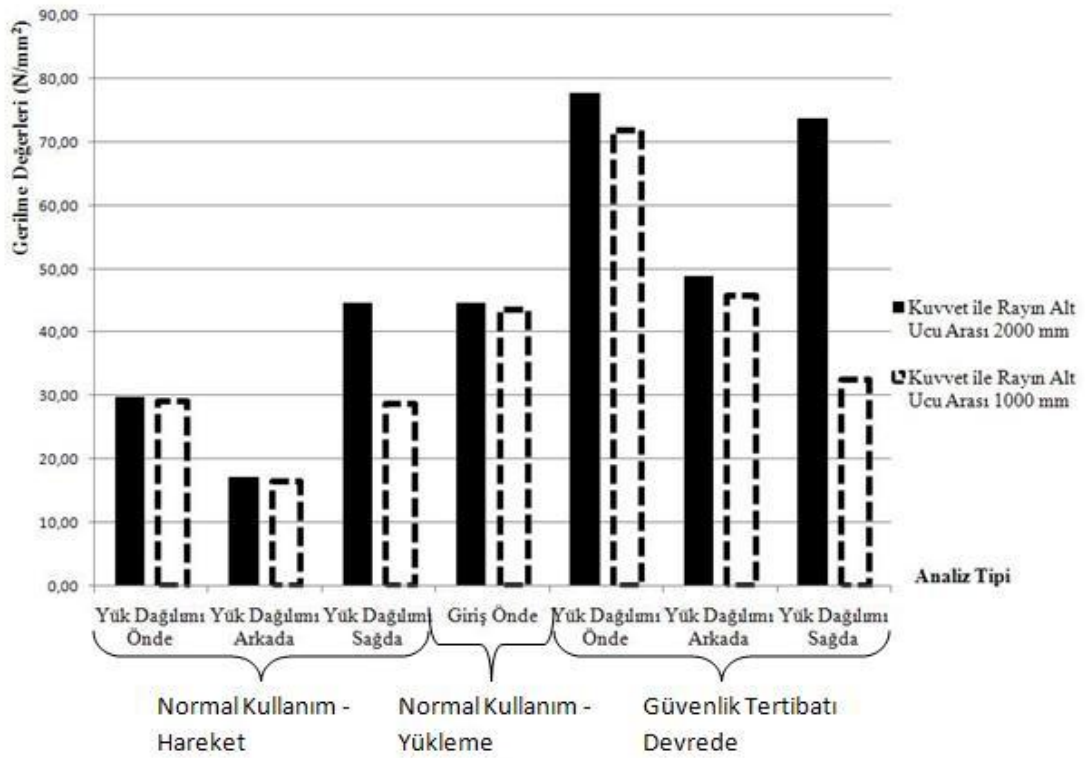
Şekil 7.25 : Konsollarda oluşan sehim değerleri

Şekil 7.24 ve Şekil 7.25’den de anlaşılabileceği gibi asansörün en önemli çalışma durumu güvenlik tertibatının devrede olduğu durumdur. Güvenlik tertibatının

devrede olduğu çalışma durumunda gerilme ve sehim değerlerinin diğer çalışma durumlarının çoğundan daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir.

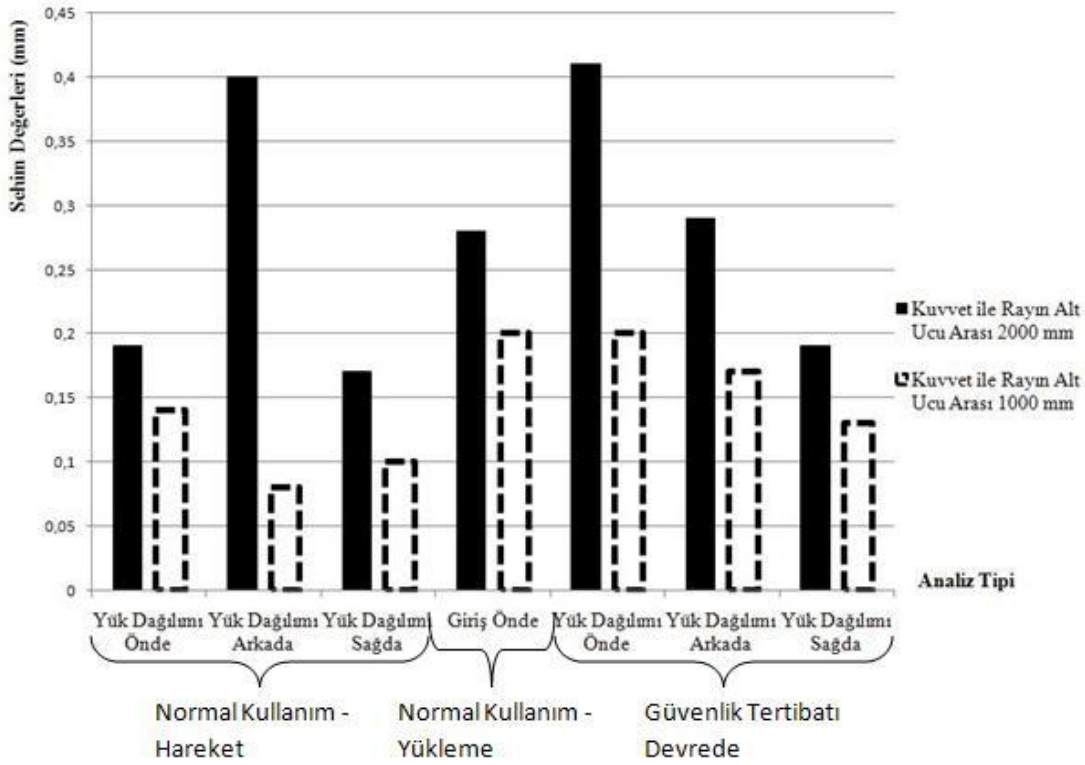
Ancak yine Şekil 7.24 ve Şekil 7.25’de görülebileceği gibi, örnek projede kullanılan asansör kılavuz raylarına uygun olarak seçilen konsollarda sistem içinde güvenli bir şekilde görev yapmaktadırlar.

Şekil 7.26 ve Şekil 7.27’ da raya etki eden kuvvetlerin, rayın farklı bir noktasına etki ettirildiği bir durum için meydana gelen gerilme ve sehim değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 7.26 : Farklı kuvvet noktaları için gerilme değerleri

Tezde güvenlik tertibatının tek raya etki ettiği, en kötü hal kabulüne göre sayısal hesaplar yapılmıştır. Bu en kötü hal kabulüne göre Abaqus’te de analiz çalışması yapılmıştır.



Şekil 7.27 : Farklı kuvvet noktaları için sehim değerleri

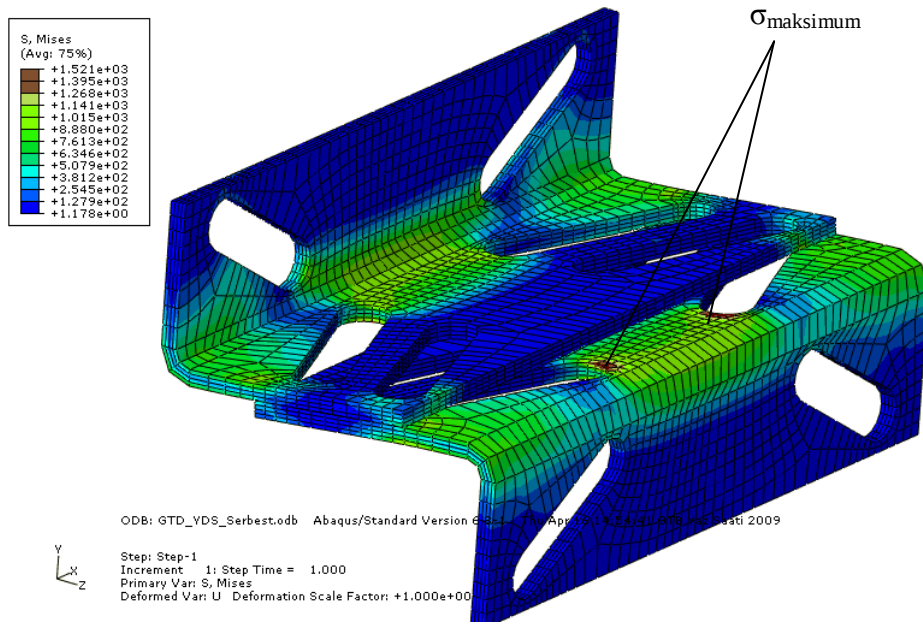
Güvenlik tertibatının tek raya etki ettiği bu en kötü hal için elde edilen sonuçlar Çizelge 7.3' de karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Çizelge 7.3 : En kötü hal kabulüne göre konsollardaki gerilme ve sehim değerleri

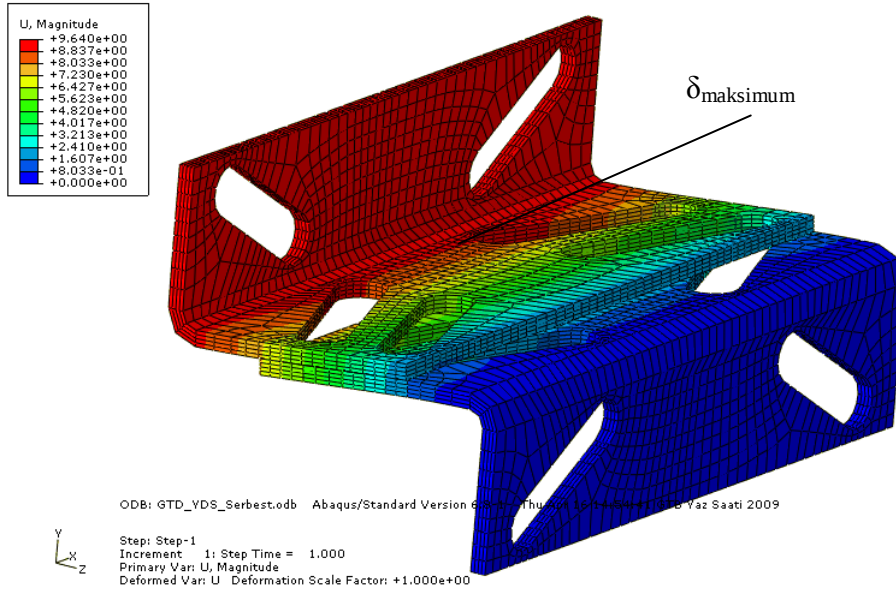
Yükleme Durumu		σ N/mm ²	δ mm
Güvenlik Tertibatı Devrede (Normal)	Yük Önde	77,6	0,41
	Yük Arkada	48,8	0,29
	Yük Sağda	73,6	0,19
En Kötü Hal	Yük Önde	156,8	0,83
	Yük Arkada	98,4	0,58
	Yük Sağda	149,4	0,38

Abaqus ile yapılan analiz çalışmalarında bir de kılavuz rayın kuyu dibinden mesnetlenme durumu incelenmiştir. Güvenlik tertibatının devrede olduğu durumun analizi sırasında kılavuz ray, gerçek sistemin kuyu dibinden sabitlenmesinden yola çıkarak, en alt yüzeyinden sabitlenerek yapılmıştır. Bu sabitlemenin asansör sistemi için olduğu kadar konsol için de öneminin anlaşılabilmesi için ray sabit bırakılarak da analiz yapılmıştır.

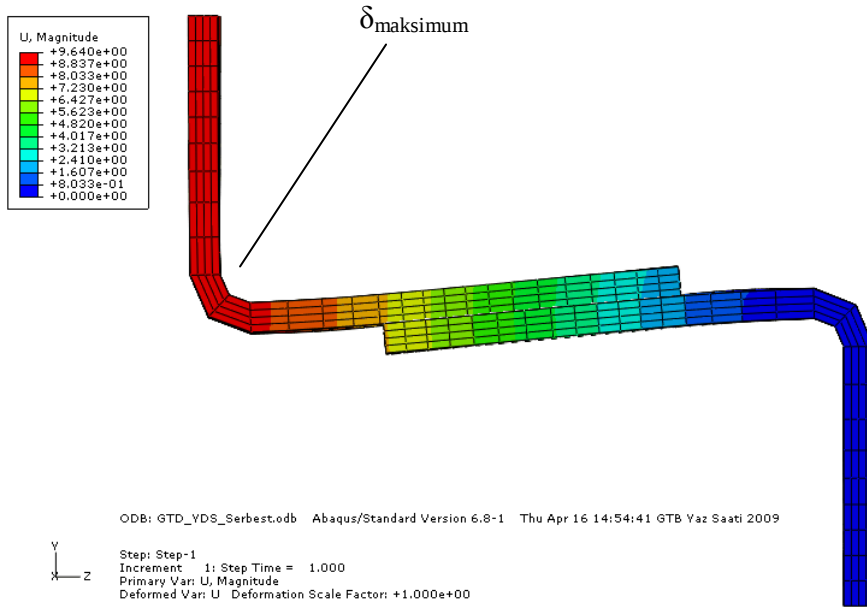
Rayın alttan sabitlenmediği durum için yapılan analizin yük dağılımının sağda olduğu durum için elde edilen gerilme ve sehim şekilleri Şekil 7.28, Şekil 7.29 ve Şekil 7.30’ da verilmektedir.



Şekil 7.28 : Rayın kuyu dibine sabitlenmediği durumda oluşan gerilmeler



Şekil 7.29 : Rayın kuyu dibine sabitlenmediği durumda oluşan sehimler



Şekil 7.30 : Rayın kuyu dibine sabitlenmediği durumda oluşan sehimler

Rayın kuyu dibine sabitlenmediği durum için elde edilen analiz sonuçları Çizelge 7.4' de verilmektedir.

Çizelge 7.4 : Rayın sabitlenmediği durumda konsoldaki gerilme ve sehim değerleri

Yükleme Durumu		σ N/mm²	δ Mm
Güvenlik Tertibatı Devrede (Normal)	Yük Önde	77,6	0,41
	Yük Arkada	48,8	0,29
	Yük Sağda	73,6	0,19
Rayın Kuyu Dibine Sabitlenmediği Durum	Yük Önde	1502	9,7
	Yük Arkada	1501	9,55
	Yük Sağda	1521	9,6

Şekil 7.27, Şekil 7.28, Şekil 7.29 ve Çizelge 7.4'den de görüldüğü gibi ray kuyu dibine sabitlenmediği takdirde konsollarda oluşan gerilme ve sehim değerleri izin verilen sınırın çok üzerinde değerlere ulaşmaktadır.

Bu durum, güvenlik tertibatının raya uyguladığı burkulma kuvvetinin rayın kuyu dibine sabitlenmesi ile karşılandığını açıkça göstermektedir.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, hayata geçirilmiş olan bir asansör sisteminin kılavuz ray ve kılavuz ray konsolları incelenmiştir. Kılavuz rayların gerilme ve sehim hesapları analitik yöntemle yapılırken, kılavuz ray konsollarının gerilme ve sehim analizleri sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

Örnek proje üzerinden incelenen T127B profilli rayın yapılan hesaplar sonucunda sistemdeki görevini, müsaade edilen gerilme ve sehim değerlerinin altında, güvenli bir şekilde yerine getirdiği görülmüştür.

Günümüzde yeni yeni konuşulmaya başlanan en kötü hal tanımlamasına bağlı olarak, güvenlik tertibatının herhangi bir sorun oluşması sonucunda sadece tek bir raya etki etmesi durumu da incelenmiş, kılavuz raylar için hesaplamalar yapılmış ve bazı değerlerin müsaade edilen değerlerin üzerine çıktığı tespit edilmiştir.

Kılavuz raylar arasındaki mesafenin raylar üzerindeki etkisi de incelenmiş olup, meydana gelen gerilme ve sehimleri en aza indirmenin konsollar arasındaki mesafelerin kısaltılması ile elde edilebileceği ortaya konmuştur. Ancak konsollar arasındaki mesafenin belirlenmesinde, inşaat tecrübeleri, binadaki katlar arasındaki mesafe ve ekonomik hesaplar etki etmektedir. Buna bağlı olarak konsollar arasındaki mesafeler belirli bir değerin altında tercih edilmemektedir.

SolidWorks paket programı ile modellenen kılavuz ray – kılavuz ray konsol montajının analizi, Abaqus sonlu elemanlar paket programı ile yapılmıştır. Çalışmanın asıl konusunun kılavuz ray konsolları olması ve literatürde bu konudaki çalışmaların eksik bulunması sebebiyle bu analizde kılavuz ray konsolları üzerinde durulmuştur.

Kılavuz ray konsollarının analizinde, asansör sistemi için büyük bir tehlike yaratan güvenlik tertibatının devrede olması ve merkezden kaçık yükleme halleri gözönünde bulundurulmuştur. Konsolların analizinde bunun dışında pek çok farklı durumda çeşitli açılardan incelenmiştir.

Ray konsollarının analiz sonuçlarına bakıldığında, güvenlik tertibatının devrede olması durumunda gerilme ve sehım değerlerinin diğer çalışma durumlarına göre daha yüksek değerlere ulaştığı tespit edilmiştir. Ancak analiz sonuçlarından konsollarda meydana gelen gerilme ve sehımlerin müsaade edilen değerler altında kaldığı ve güvenli bir şekilde çalıştıkları grlmştir.

Kılavuz ray konsollarının analizinde kuvvetin farklı uygulama noktaları da gözönünde bulundurulmuş, gerilme ve sehım değerlerinde ortaya çıkan farklar ortaya konmuştur.

Kılavuz raylar için yapılan en kötü hal kabul ray konsolları için de yapılmıştır. Konsollarda meydana gelen gerilme ve sehım değerlerinin, raylarda olduğu gibi önemli ölçüde artış gösterdiği grlmştir. Ancak bu değerler raylardakinin aksine müsaade edilen değerlerin altında kalmıştır.

Kılavuz ray konsolları için bu çalışmada yapılan bir başka analizde de rayların kuyu dibinde mesnetlenmesinin önemi incelenmiştir. Özellikle güvenlik tertibatının devrede olduğu çalışma hali için önem arz eden bu durum, kılavuz rayın kuyu dibinde serbest olarak bırakıldığı varsayımı ile analiz edilmiştir. Elde edilen gerilme ve sehım değerleri kabul edilebilir sınırların çok üzerinde çıkmıştır. Analiz sonuçları güvenlik tertibatı devrede olduğunda raya etki eden burkulma kuvvetinin, rayın kuyu dibinde mesnetlenmesi ile karşılandığını net bir şekilde göstermiştir.

Bu çalışmada yer alan kılavuz ray konsollarının daha iyi ve güçlü bir bilgisayarda, daha hassas zm ağı oluşturularak analiz edilmesi; incelenen kılavuz ray konsol profiline, gerçek model ile uygun yükleme koşulları yaratılarak, asansör test kulesinde deneysel gerilme analizlerinin yapılması tavsiye edilmektedir. Ayrıca bu tezde sözü geçen en kötü hal kabul ile ilgili gelişmelerin yakından takip edilmesi ve gelecekte değişme ihtimali olan standartlar hakkında önceden bilgi sahibi olup, yeni projelerin uygulanmasında bu yeniliklere dikkat edilmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] İmrak, C.E., 2008. Düşey Transport Sistemleri Ders Notu, *İTÜ Makina Fakültesi*, İstanbul
- [2] 95/16/AT, 2004. Asansör Yönetmeliği, *TMMOB Makina Mühendisleri Odası*, Ankara.
- [3] Janovsky, L., 1999. *Elevator Mechanical Design*, Elevator World Inc., Third Edition, U.S.
- [4] TS 4789 ISO 7465, 2002. İnsan ve Yük Asansörleri – Kılavuz Raylar, Asansör Kabinleri ve Karşı Ağırlıkları – T Tipi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [5] TS EN 81-1, 2001. Asansörler – Yapım ve Montaj İçin Güvenlik Kuralları – Bölüm 1: Elektrikli Asansörler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [6] Url-1 <http://www.asray.com/Tr/Urunler/>, alındığı tarih 02.02.2009
- [7] Targıt, S., 2003. Asansör Kılavuz Rayları Özellikler ve Uygulamalar, *İletişim Teknolojileri Kongre ve Sergisi*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, İstanbul.
- [8] Demirsöz, R., 2004. Asansör Kılavuz Raylarının Gerilme Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] BS 5655, 1985. Lifts and Service Lifts, Part 9. Specification for Guide Rails, *British Standart*, London.
- [10] ASRAY, 2002. Elevator Guide Rails Installation and Alignment, *Elevator World*.
- [11] CIBSE Guide D., 2000. Lift Components and Installation, *Transportation Systems in Buildings*.
- [12] Url-2 <http://www.megep.edu.gov.tr>, alındığı tarih 23.10.2008
- [13] Url-3 <http://www.saveragroup.com/ingles/home.htm>, alındığı tarih 17.11.2008
- [14] Installation Manuel, 1999. Basic Field Practices for Installation of Elevator and Escalator Equipment, *Elevator World*.
- [15] TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2008. *Asansör Avan ve Uygulama Projeleri Hazırlama Teknik Esasları*, İzmir.
- [16] Arıkan, S., 1991. Sonlu Elemanlar Metodunun Mühendislikte Uygulamaları, ODTÜ.
- [17] Url-4 <http://www.biymed.com/femmuh/analiz/fem/seynedir.htm>, alındığı tarih 10.02.2009
- [18] Kocabaş, H., 2007. Finite Element Method in Mechanical Engineering Ders Notu, *İTÜ Makine Fakültesi*, İstanbul.

- [19] Url-5 <http://www.a-ztech.com.tr/abaqus.html>, alındığı tarih 10.02.2009
- [20] Url-6 http://www.simulia.com/products/abaqus_fea.html, alındığı tarih 10.02.2009

EKLER

EK A : Narinlik derecesine gore omega değerleri

EK B : Modellenen kılavuz ray sisteminin önemli elemanları ve montaj detayları

EK A**Çizelge A.1** : $\sigma = 370 \text{ N/mm}^2$ için λ narinlik derecesine göre ω omega değerleri

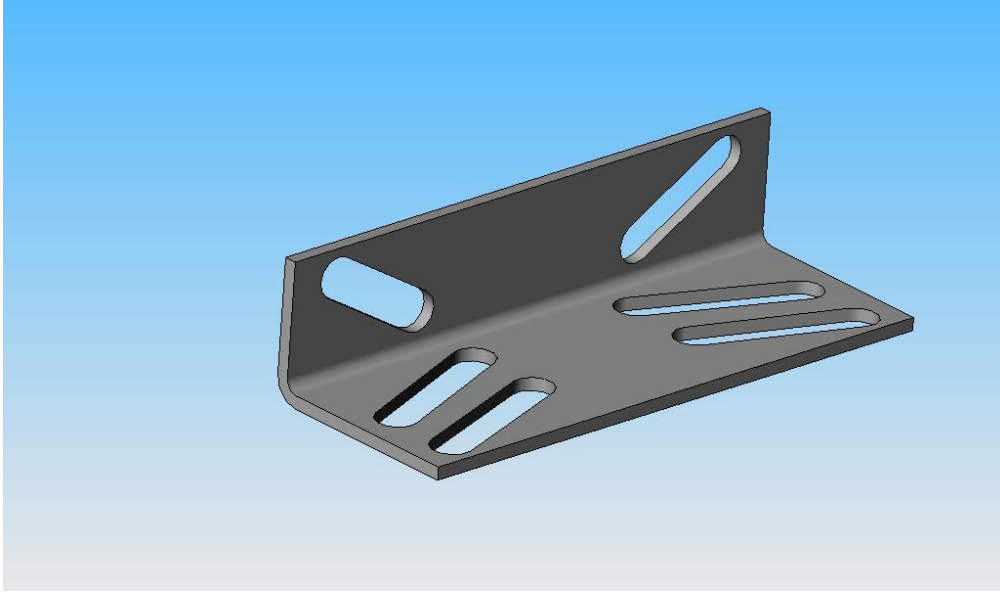
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08
30	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11	1.11	1.12	1.13	1.13
40	1.14	1.14	1.15	1.16	1.16	1.17	1.18	1.19	1.19	1.20
50	1.21	1.22	1.23	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29
60	1.30	1.31	1.32	1.33	1.34	1.35	1.36	1.37	1.39	1.40
70	1.43	1.42	1.44	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 λ narinlik derecesine göre ω omega değerleri

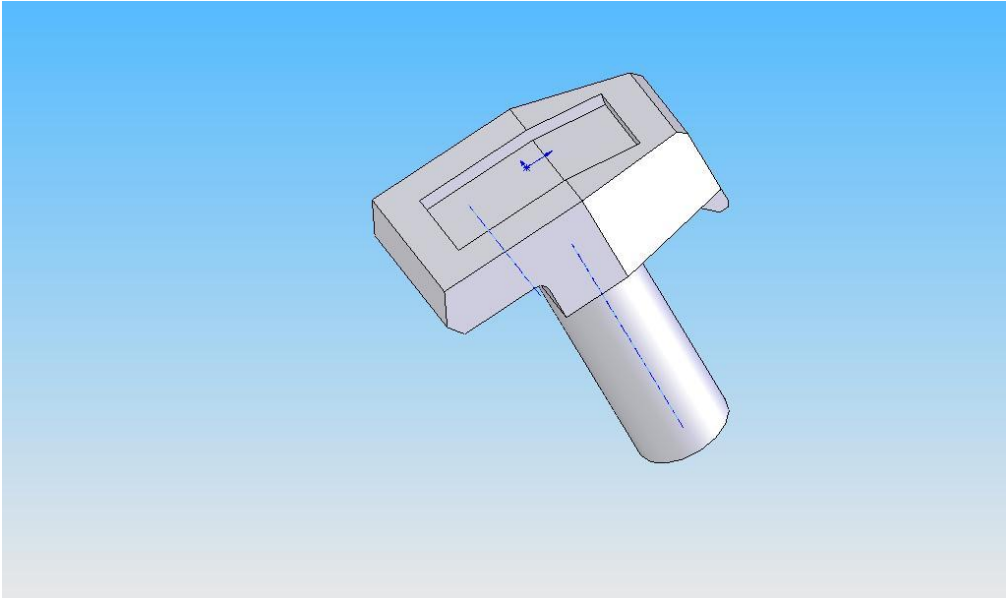
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10	1.11
30	1.11	1.12	1.12	1.13	1.14	1.15	1.15	1.16	1.17	1.18
40	1.19	1.19	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27
50	1.28	1.30	1.31	1.32	1.32	1.35	1.36	1.37	1.39	1.40
60	1.41	1.43	1.44	1.46	1.48	1.49	1.51	1.53	1.54	1.56
70	1.58	1.60	1.62	1.64	1.66	1.68	1.70	1.72	1.74	1.77
80	1.79	1.81	1.83	1.86	1.88	1.91	1.93	1.95	1.98	2.01
90	2.05	2.10	2.14	2.19	2.24	2.29	2.33	2.38	2.43	2.48
100	2.53	2.58	2.64	2.69	2.74	2.79	2.85	2.90	2.95	3.01
110	3.06	3.12	3.18	3.23	3.29	3.35	3.41	3.47	3.53	3.59
120	3.65	3.71	3.77	3.83	3.89	3.96	4.02	4.09	4.15	4.22
130	4.28	4.35	4.41	4.48	4.55	4.62	4.69	4.75	4.82	4.89
140	4.96	5.04	5.11	5.18	5.25	5.33	5.40	5.47	5.55	5.62
150	5.70	5.78	5.85	5.93	6.01	6.09	6.16	6.24	6.32	6.40
160	6.48	6.57	6.65	6.73	6.81	6.90	6.98	7.06	7.15	7.23
170	7.32	7.41	7.49	7.58	7.67	7.76	7.85	7.94	8.03	8.12
180	8.21	8.30	8.39	8.48	8.58	8.67	8.76	8.86	8.95	9.05
190	9.14	9.24	9.34	9.44	9.53	9.63	9.73	9.83	9.93	10.03
200	10.13	10.23	10.34	10.44	10.54	10.65	10.75	10.85	10.96	11.06
210	11.17	11.28	11.38	11.49	11.60	11.71	11.82	11.93	12.04	12.15
220	12.26	12.37	12.48	12.60	12.71	12.82	12.94	13.05	13.17	13.28
230	13.40	13.52	13.63	13.75	13.87	13.99	14.11	14.23	14.35	14.47
240	14.59	14.71	14.83	14.96	15.08	15.20	15.33	15.45	15.58	15.71
250	15.83									

EK B

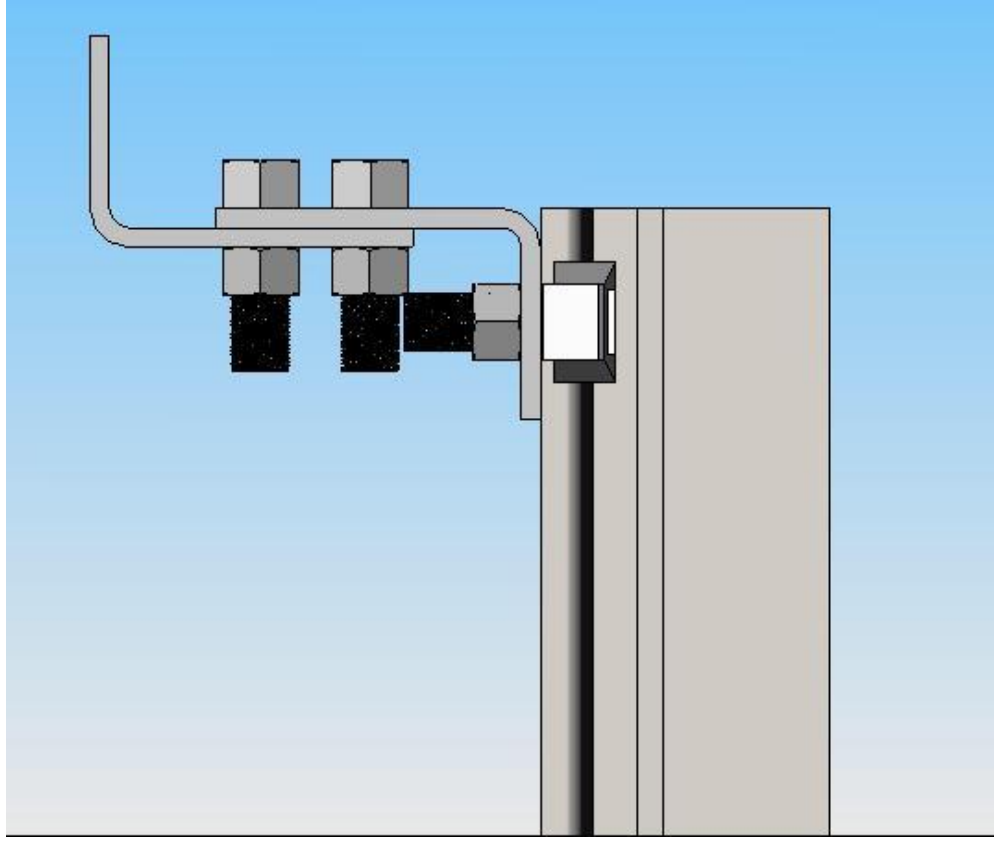
SolidWorks ile modellenen kılavuz ray sisteminin bazı önemli elemanlarının ve sistemin montaj detaylarının resimleri aşağıda verilmektedir.



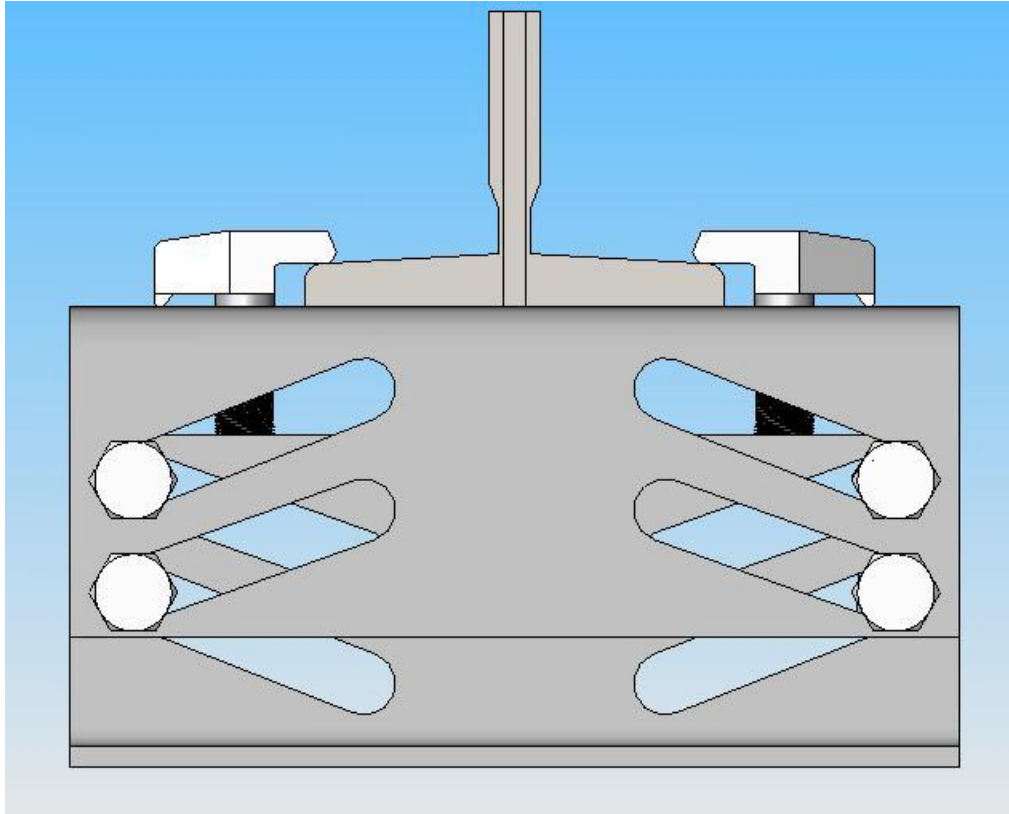
Şekil B.1 : Kılavuz ray konsolu



Şekil B.2 : Ray sabitleme tırnağı



Şekil B.3 : Kılavuz ray – konsol montaj detayı



Şekil B.4 : Kılavuz ray – konsol montaj detayı

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Serhat KOÇ

Doğum Yeri ve Tarihi: Eskişehir / 26.07.1985

Adres: Şişli / İSTANBUL

Lisans Üniversite: Yıldız Teknik Üniversitesi/ Makina Mühendisliği, 2007