

ANİ TİP FREN BLOKLARININ MODELLENMESİ, TESTİ VE ANALİZİ

Eren KAYAOĞLU¹, Adem CANDAS², C. Erdem İMRAK³, Sefa TARGIT⁴

^{1,2,3}İTÜ Makina Fakültesi, ⁴Asray

¹kayaoglu@itu.edu.tr, ²candas@itu.edu.tr, ³imrak@itu.edu.tr, ⁴stargit@asray.com

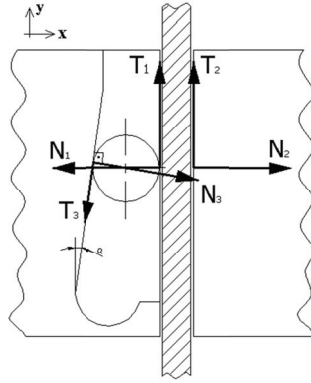
ÖZET

Asansörlerin kullanımı arttıkça güvenlik faktörü daha da ön plana çıkmış ve yeni sistemler geliştirilmiştir. Fren blokları asansörün emniyetini arttıran sistemler olup kabinin belirli hızı geçmesi durumunda kilitleme görevi yaparak kabinin düşmesini engellemektedir. Fren bloklarının çeşitli tipleri olup kullanım alanları değişmektedir. Bu çalışmada fren bloklarının çalışma sistemleri anlatılmış ve ani tip fren bloğu İTÜ laboratuvarlarında test edilmiştir. Bu testte kılavuz raya yerleştirilen gerinim ölçerler sayesinde fren bloğunun kilitletiği anda kılavuz raydaki gerilme değerleri, halat kuvveti, frenleme kuvveti ve frenleme ivmesi gibi değerler ölçülmüş ve yorumlanmıştır. Test 4, 5 ve 6 kişilik asansörler için farklı yükleme durumları için yapılmış olup farklı yükleme durumunun kılavuz ray ve fren bloklarında meydana gelen gerilmelerde nasıl değişime sebep olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmanın devamında Ani tip fren bloğu Solidworks programı ile modellenmiş ve Ansys sonlu eleman analiz programı ile statige indirgenmiş yükler ile testlerdeki her bir durum için analiz edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu çalışma ile ani tip fren bloğunun devreye girdiği andan itibaren kabinin ne gibi yüklere maruz kaldığı ve bu yüklerin diğer asansör elemanları üzerindeki etkilerinin incelenmesi hedeflenmiştir.

1. ANİ ETKİ EDEN FREN BLOKLARI

Her asansör arabası tel halat veya zincir ile tutturulur ve insan taşımada veya iskele ve depo gibi yerlerde ürünlerin nakliyesinde kullanılırlar. Bütün bu arabalar paraşüt tertibatı ile donatılmalıdırlar, eğer kaldırma hattında fren bloğunu yerleştirmek için yeterli boşluk yoksa fren blokları karşı ağırlığa monte edilirler. Fren blokları araba hızının aşağı veya yukarı yönde önceden belirlenmiş bir değere ulaştığı zaman hızdaki artışın neye bağlı olduğuna bakmaksızın kılavuz rayları kavrayarak arabayı durduran mekanik elemanlardır. Fren blokları tercihi olarak araba kafesinin alt elemanlarının altına yerleştirilir ve kılavuz rayların bir çiftine etki eder. Fren bloklarının çalışması her iki kılavuz rayda da eş zamanlı olmalıdır. Arabanın zemini %5'ten daha eğimli olmamalıdır. Karşı ağırlık fren bloğu ya askı halatının kopmasıyla ya da bir emniyet halatı tarafından öngörülen hızın 1 m/s'yi geçmediği zamanlarda harekete geçirilir. Serbest düşme yapan M kütleli bir cisim durdurmak için yerçekimi kuvvetinden daha büyük bir kuvvet ters yönde uygulanmalıdır. Yavaşlatma ivmesinin en düşük 0,2g en yüksek ise 1,0g olmasını tavsiye edilmektedir [1,2]. Bu değer ortalama olarak 0,6g alınmaktadır, böylece yukarı yönde 1,6g kuvvet uygulamamız gerekmektedir [1-3].

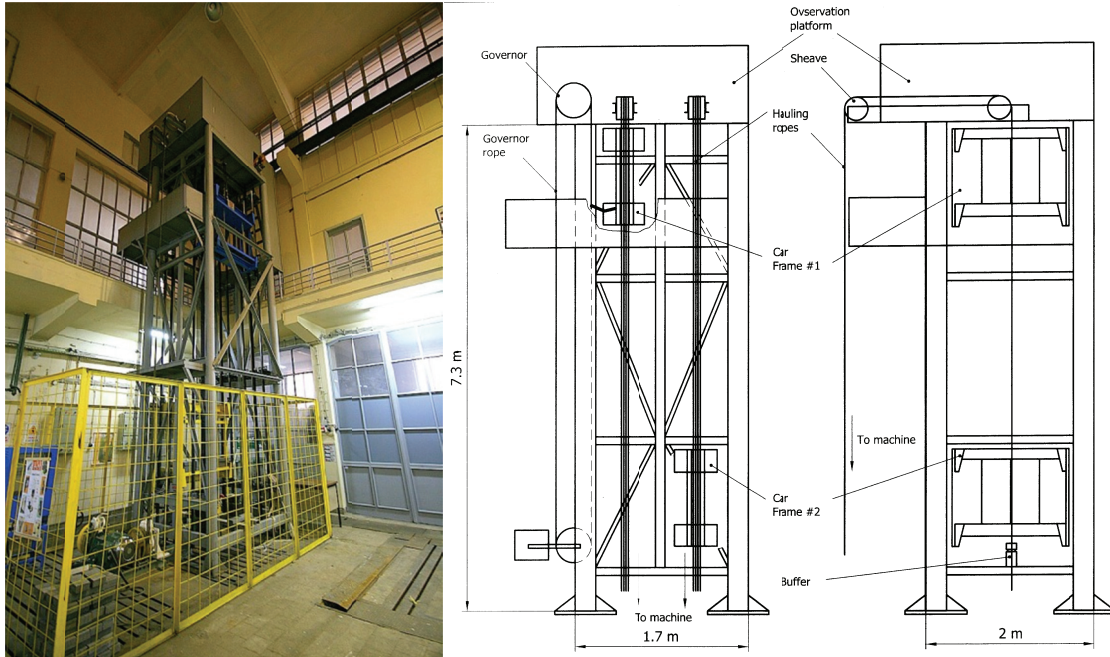
Bu tip paraşüt tertibatında durma periyodu süresince kılavuz raylara hızla artan basınç uygularlar. Durma zamanı ve mesafesi çok kısadır. Bu tip paraşüt tertibatı Avrupa'da 0,63 m/s'yi aşmayan hızlarda kullanılır fakat Amerika'da 0,76 m/s'ye kadar kullanılabilir [2]. Arabanın ve karşı ağırlığın bu tür frenlerin çalışması sırasındaki davranışı önceden tam olarak tahmin edilemez ve hesaplanamaz bu yüzden deneysel olarak incelenmelidir. Silindir tipi ani güvenlik tertibatının başarılı bir frenleme gerçekleştirebilmesi için silindirin kendisini bloğun daralan kesitine sokarak yüksek sürtünme kuvvetlerinin oluşmasına sebep olmalıdır. Bu ise silindir yuvasının doğru bir eğime sahip olması gerektiğini gösterir. Kenetlenmenin, yani silindirin blok ile ray arasında sıkışarak durdurucu kuvvetleri doğurabilmesi için gereken minimum blok silindir yuvası eğim açısı, Şekil 1'deki kuvvet diyagramı vasıtasıyla hesaplanır [4].



Şekil 1. Frenleme esnasında güvenlik tertibatında oluşan kuvvet diyagramı

2. FREN BLOKLARININ TESTLERİ

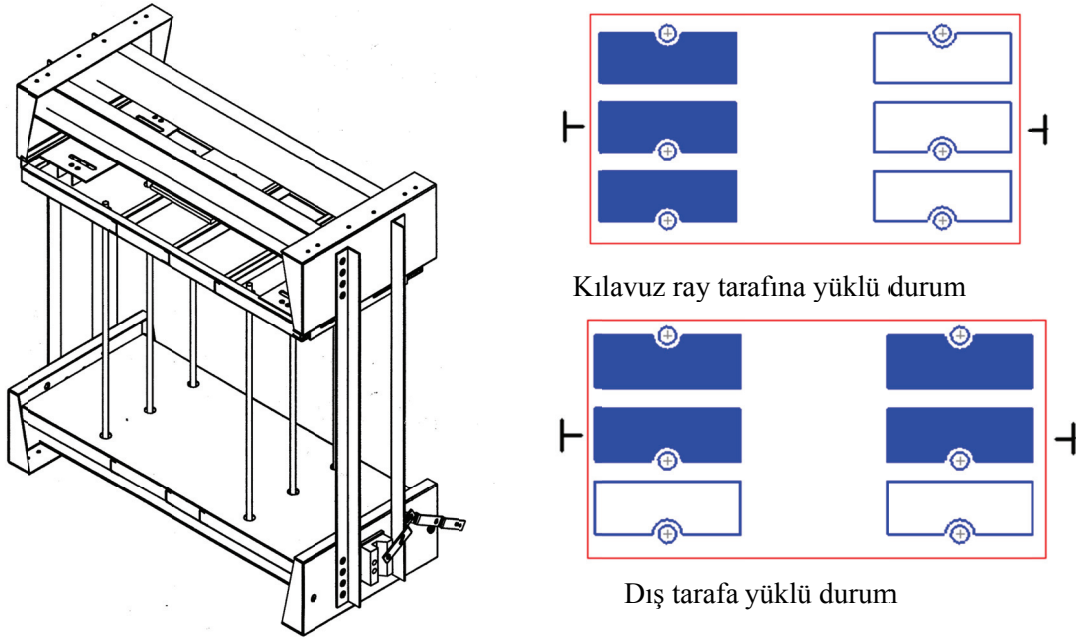
Testler, Şekil 2’de gösterilen İTÜ Asansör Laboratuvarı’nda gerçekleştirilmiş olup testlerde ani tip fren bloğu kullanılmıştır. Testlerde amaç farklı yükler altında serbest düşmeye bırakılan asansörde fren bloğunun çalışmaya başladığı andan itibaren sistemdeki gerilme ve fren bloğu, kılavuz ray gibi asansör elemanlarına gelen kuvvetleri deneysel olarak inceleyip yorumlamaktır.



Şekil 2. İTÜ Makina Fakültesi Asansör Laboratuvarı deney test düzeniği

2.1. Test koşulları

Yapılan testlerde 4, 5 ve 6 kişilik asansörlerin boş ve yüklü durumları dikkate alınmıştır ayrıca yüklü durumları için daha fazla gerilmenin meydana geleceği eksantrik yükleme durumları düşünülmüştür. Eksantrik yüklemede 1. durumda araba kılavuz ray tarafına doğru yüklenmiştir (Şekil 3). 2. durumda ise dış tarafa doğru yüklenmiştir (Şekil 3). Yüklemede her biri 17,3 kg olan ağırlıklar kullanılmıştır. Testlerde sonuçlar raylar üzerine yerleştirilen gerinim ölçerler ile alınmıştır.



Şekil 3. Deney düzeneği yükleme durumları

Bu testte boş kabin ağırlıklarını sağlamak için 4 kişilik asansörün boş kabin ağırlığı olan 550 kg'ı sağlamak için her biri 17,3 kg olan 15 dilim ağırlık, 5 kişilik asansörün boş kabin ağırlığı olan 580 kg'ı sağlamak için 17 dilim ağırlık; 6 kişilik asansörün boş kabin ağırlığı olan 610 kg'ı sağlamak için ise 18 dilim ağırlık kullanılmıştır.

Asansörlerin dolu olması durumunda 4 kişilik asansör için ilave olarak 18 dilim; 5 kişilik asansör için ilave olarak 23 dilim ve 6 kişilik asansör için ilave olarak 28 dilim kullanılmıştır. Yüklemenin kritik olduğu iki eksantrik durum için testler yapılmıştır: 'yüklemenin kılavuz ray tarafına yakın olduğu eksantrik durum' ve 'yüklemenin dış tarafa yakın olduğu eksantrik durum'.

2.2. Test sonuçları

Testlerde her bir durumda araba üç kere serbest düşmeye bırakılmıştır. Arabanın kılavuz rayda bulunan gerinim ölçerlerden belirli yükseklikte kilitlenmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Bu yükseklik her bir denemede not edilmiş ve aşağı yukarı aynı yükseklikte fren bloğunun kilitlediği denemeleri karşılaştırmanın daha doğru olacağı sonucuna varılmıştır. Tablo 1'de fren bloğunu ile gerinim ölçerlerde arasındaki kilitlenme mesafeleri görülmektedir. Fren bloğunun gerinim ölçerlerden olan kilitlenme mesafeleri belirtilmiş ve her bir durumda daha sağlıklı bir karşılaştırma yapabilmek için birbirine yakın çıkan mesafeler koyu olarak belirtilmiş ve değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Fren bloğunun kilitlenme mesafeleri

		4 Kişilik	5 Kişilik	6 Kişilik
Boş durum	1. Test:	+ 6 cm	+ 57 cm	+ 44 cm
	2. Test:	- 19 cm	+ 58 cm	+ 18 cm
	3. Test:	+ 7 cm	+ 30 cm	+ 37 cm
Ray tarafına eksantrik yüklü durum	1. Test:	+ 45 cm	+ 52 cm	+ 33 cm
	2. Test:	+ 43 cm	+ 53 cm	- 15 cm
	3. Test:	+ 41 cm	+ 30 cm	+ 37 cm
Yan panel tarafına eksantrik yüklü durum	1. Test:	+ 38 cm	+ 56 cm	+ 27 cm
	2. Test:	+ 34 cm	+ 33 cm	+ 24 cm
	3. Test:	+ 32 cm	+ 29 cm	+ 21 cm

Testlerde kılavuz raya gelen kuvvetler ve kılavuz raydaki gerilmeler halat kuvveti ve fren bloğunun kilitletiği andaki ivme değerleri bulunmuştur. Her bir durum için yapılan deneyler birer tabloda toplanmıştır. Bu sonuçlar her bir durum için yapılan üç deneme sonuçlarını içermekte olup test sırasında bazı değerler hatalı çıkmış olup bunlar değerlendirmeye alınmamıştır. Gerinim ölçerlerden yaklaşık olarak aynı mesafede fren bloklarının kilitletiği deneme sonuçları gerilme değerleri Tablo 2’de; halat kuvveti, frenleme ivmesi ve frenleme kuvveti Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 2. Kılavuz raydaki gerilme değerleri

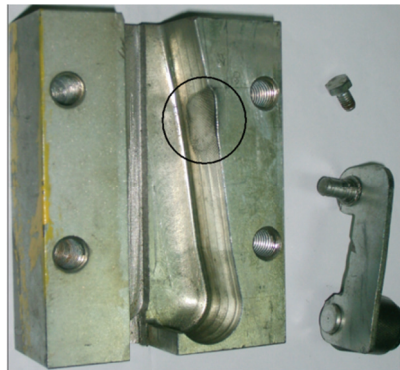
		Kılavuz ray tarafına yüklü	Dış tarafa yüklü	
Gerilme MISES e göre)	(Von	4 kişi	26 MPa	42 MPa
		5 kişi	27 MPa	52 MPa
		6 kişi	32 MPa	59 MPa

Tablo 3. Halat kuvveti, frenleme ivmesi ve frenleme kuvveti değerleri

	4 Kişi	5 Kişi	6 Kişi
1.DURUM: Boş			
Halat Kuvveti (N)	-6318,6	-6340,7	-6340,7
İvme (g-yerçekimi ivmesine göre)	-4,6	-3,6	-4,2
Raya etki eden F_n kuvveti (N)	-10256	-11092	-11000
2.DURUM: Ray tarafına eksantrik yüklü			
Halat Kuvveti (N)	-9230,7	-10611	-11301
İvme (g-yerçekimi ivmesine göre)	-3,6	-4,7	-4,6
Raya etki eden F_n kuvveti (N)	-19795	-25678	-27570
3.DURUM: Yan panel tarafına eksantrik yüklü			
Halat Kuvveti (N)	-9380,8	-10437,3	-11439,9
İvme (g-yerçekimi ivmesine göre)	-4,6	-3,6	-4,2
Raya etki eden F_n kuvveti (N)	-25328	-30021	-31867

2.3. Fren Bloğunda Meydana Gelen Deformasyonlar

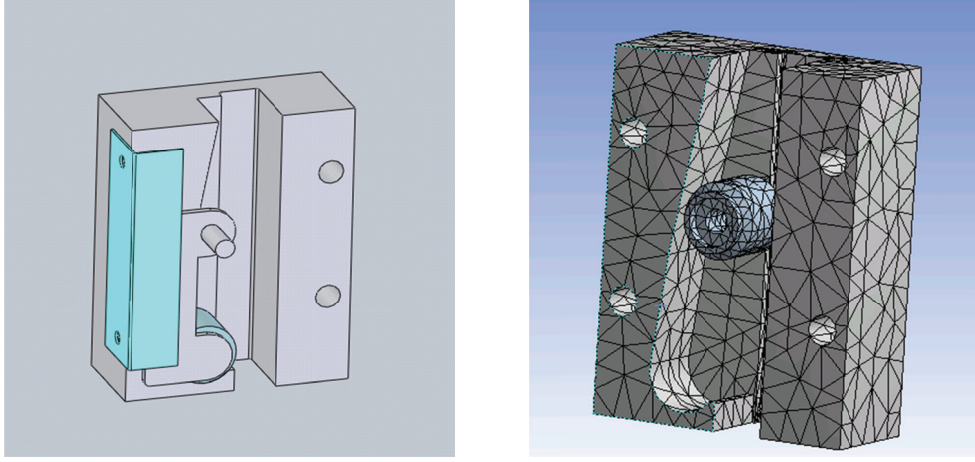
İçinde yüklerle birlikte aşağı bırakılan kabin, güvenlik tertibatı yardımıyla durdurulmuştur. Deney sonucunda güvenlik tertibatı bloğunda en büyük deformasyon silindirin frenleme konumunda bloğa temas ettiği yüzeyde tespit edilmiştir. Deformasyon miktarı yaklaşık olarak 1,6 mm’dir. Şekil 4’te deney sonrası blokta meydana gelen deformasyon görülmektedir.



Şekil 4. Gerçek blokta meydana gelen deformasyonlar

3. FREN BLOKLARININ MODELLENMESİ VE ANALİZİ

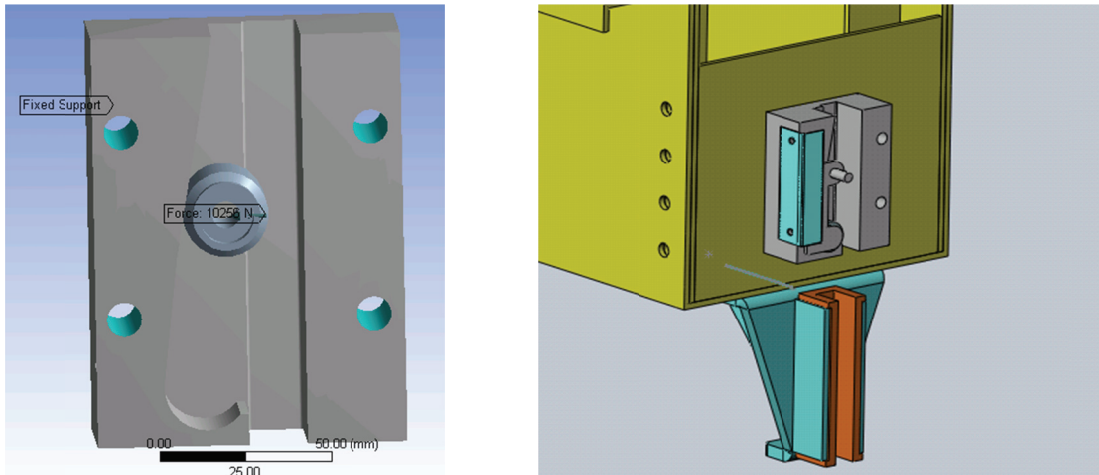
Fren blokları Solidworks programı ile modellenmiş olup, masuralı fren bloğunda, masura ile fren bloğu arasında kayıcı mafsal (slider joint) tanımlanmıştır. Modellemede, bloğun teknik resmindeki boyutlar ve üzerinden alınan ölçüler kullanılmıştır. Şekil 5’te fren bloğunun modellenmiş resmi görülmektedir.



Şekil 5. Ani tip fren bloğu modellemesi ani tip fren bloğu ve mesh yapısı

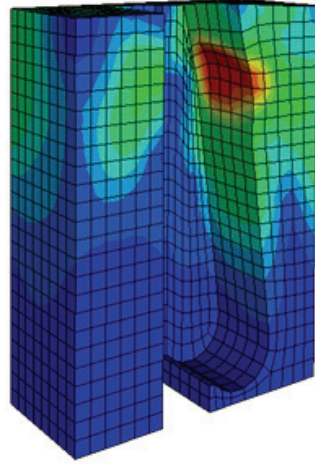
3.1. Fren bloğunun analizi

Mevcut sistemde fren bloğu ve silindir malzemesi olarak St42 çeliği kullanılmaktadır. Blok malzemesinin Elastisite modülü (E) $201 \times 105 \text{ N/mm}^2$; Poisson oranı (ν) 0,3 ve özkütlesi (ρ) 7850 kg/m^3 verilmiştir. Ansys programında bu özellikler malzemeye atanmıştır. Ansys’de ağırlar oluşturularak analiz için elemanlar atanarak Şekil 5’teki gibi analize hazır hale gelmiştir [5,6]. Fren bloğunun analizinde F_n kuvvetleri dikkate alınmıştır. Asansörün boş durumu, ray tarafına eksantrik yüklü olduğu durumu ve yan panel tarafına eksantrik yüklü olduğu durumu için 4, 5 ve 6 kişilik asansörlerde analiz yapılmıştır. Analiz statîğe indirgenerek yapılmış olup fren bloğu ile masuradaki gerilmeler gözlemlenmiştir. Fren bloğu cıvata bağlantı yerlerinden sabitlenmiş ve F_n kuvveti masuraya dik olarak etki edecek şekilde uygulanmış ve her bir durum için gerilme ve deformasyon değerleri hesaplanmıştır. Şekil 6’da fren bloğunun sınır şartları ve montaj durumu görülmektedir [6].



Şekil 6. Sınır şartları ve montajı

Masuranın ray ile temas edeceği mesafe 10 mm olarak belirlenmiş ve masura blok üzerinde 10 mm yukarı kaldırılmış ve bu durum için kuvvet uygulanarak gerilme değerleri bulunmuştur. Fren bloğunun yük altındaki gerilme analizi Şekil 7’de görülmektedir [6].



Şekil 7. Fren bloğu üzerindeki gerilme dağılımı

Her bir durum için yapılan analizlerin sonuçları Tablo 4’te gösterilmiştir. Bu sonuçlardan görülmektedir ki yan panel tarafına eksantrik yüklü durumda, ray tarafına eksantrik yüklü durumdan çok daha fazla gerilme meydana gelmektedir. Hatta bu durumda masurada plastik deformasyon meydana gelebilir. 6 kişilik asansör için gerilme değeri 297 MPa olup bu değer St42’nin akma mukavemeti değeri olan 250 MPa’dan yüksek olduğundan plastik deformasyon meydana gelmiştir.

Tablo 4. Analiz sonuçları

	4 Kişilik	5 Kişilik	6 Kişilik
1.DURUM: Boş			
Gerilme (MPa)	95,6	103,4	102,56
Toplam deformasyon (mm)	0,0119	0,0128	0,0127
2.DURUM: Ray tarafına eksantrik yüklü			
Gerilme (MPa)	184	239	257
Toplam deformasyon (mm)	0,0229	0,0297	0,0319
3.DURUM: Yan panel tarafına eksantrik yüklü			
Gerilme (MPa)	236	279,9	297
Toplam deformasyon (mm)	0,0293	0,0347	0,0368

Bu sonuçlardan yola çıkarak yapılan testlerde fren bloğu tetiklediği anda halat kuvvetleri 4, 5 ve 6 kişilik boş durum için aşağı yukarı aynı geldiği gözlemlenmiştir. Ray tarafına eksantrik yüklü durumda 4, 5 ve 6 kişilik asansörler için boş duruma göre halat kuvvetindeki artış sırası ile %46, %67 ve %78 olmuştur. Yan panel tarafına eksantrik yüklü durumda ise 4, 5 ve 6 kişilik asansörler için yine sırasıyla %48,5, %64,6 ve %80 olmuştur. Burada iki durum için de halatların aşağı yukarı aynı zorlanmaya maruz kaldıkları görülmektedir.

Sisteme ters yönde etki eden frenleme ivmesi değeri genelde ağırlıktan bağımsız olup yaklaşık 4g’dir. Bu değer oldukça yüksek olup fren bloğunda ve raylarda yüksek gerilme değerlerine neden olmaktadır. Kademeli fren bloklarında fren bloğunun çalışmaya başladığı anda belirli bir süre boyunca maksimum 1,6Mg’lik bir kuvvet etki ettiğini düşünürsek 4Mg’lik bir kuvvet kademeli fren bloklarının yaklaşık 2,5 katı gerilmeye sebep olacaktır.

Boş duruma göre raya gelen kuvvetteki artış ise ray tarafına eksantrik yüklü durumda 4, 5 ve 6 kişilik asansörler için sırasıyla %93, %131 ve %150 olmuştur. Yan panel tarafına doğru yüklü olduğu durum için ise %146, %170 ve %189,7 olmuştur. Burada görülmektedir ki asansör yan panel tarafına doğru yüklü olduğu durumda, ray tarafına yüklü olduğu duruma göre, raylara çok daha fazla kuvvet gelmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Raya gelen bu kuvvetlerin fren bloklarına da etki ettiği düşünülürse, fren bloklarının tasarımında eksantrik yüklemenin dikkate alınması gerektiğini görülmektedir. Hesaplanan frenleme kuvvetlerinin Ansys programında modele uygulanmasıyla meydana gelen gerilme değerleri karşılaştırıldığında ise 5 ve 6 kişilik dış tarafa yüklü durumda gerilme değerinin çok yüksek ve St42 çeliğin akma mukavemetinden (250 MPa) yüksek çıktığı görülmüştür. Bu durumda fren bloğunda plastik deformasyon meydana gelmesi muhtemeldir.

KAYNAKLAR

- [1] **Janovsky, L.**, 1999. Elevator Mechanical Design, Elevator World Inc., Third edition, U.S.
- [2] **İmrak, C.E., Gerdemeli, İ.**, 2000, Asansörler ve Yürüyen Merdivenler, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [3] **Tavashoğlu, S.**, 2005, Asansör Uygulamaları, Final Matbaa, İzmir.
- [4] **Drugie, W.**, 1958. Elektryczne Wyciągi Pionowe, Warszawa.
- [5] **Fetvacı, M. C.**, 1999. Sonlu Elemanlar Metodu ile Modellemede Temel Prensipler, *Mühendis ve Makina*, Sayı: 470, Mart 1999.
- [6] **İmrak, C.E., Bedir.S., Targit, S.**, 2008. Investigation of Stressses on Guide Rails and Safety
- [7] Gears, *ELEVCON 2008, 11-13 Haziran 2008, Selanik, Yunanistan, s.169-177.*