

# ASANSÖRLERDE KAYAR FRENLER VE TASARIM PROBLEMLERİ

Fatih C. BABALIK

Uludağ Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Bursa  
babalik@uludag.edu.tr

Kadir ÇAVDAR

Uludağ Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Bursa  
cavdar@uludag.edu.tr

## ÖZET

Kayar frenler özellikle yüksek hızlı asansörler için önemli güvenlik elemanlarından. Ülkemizde inşa edilen asansörlerin çalışma hızları yükseldikçe güvenlik elemanı olarak kayar fren kullanımı da önem kazanmaya başlamıştır.

Bu bildiriye, kayar frenler kısaca tanıtıldıktan sonra örnek bir tasarım çalışması anlatılacaktır. Tasarım çalışması esnasında yapılan hesaplamalar ve örnek analiz sonuçları sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: asansör, güvenlik elemanı, kayar fren, tasarım

## 1. GİRİŞ: ASANSÖRLERDE GÜVENLİK ELEMANLARI

Asansörler ister yük, ister insan taşısınlar, çalışma güvenliği açısından özellikle dikkat gösterilmesi gereken teknik sistemlerdir. Dünyada nüfusun çoğalması, şehirleşme oranının yükselmesi, çok katlı yapıların da artmasına neden olmuştur. Çok katlı konutlar veya iş merkezlerinde asansörün kullanılmadığı bir yaşam düşünülemez. Yakın zamana kadar ülkemizde hızı 0,63 m/s olan asansörler kullanılırken, artık beş - altı katlı konutlarda bile 1 m/s'nin ötesinde hıza sahip asansörler kullanılmaya başlanmıştır. Kat sayıları üç rakamlı sayılarla ifade edilen gökdelenlerde ise hızı 12 m/s'yi bulan asansörler tasarlanıp, kullanılmaya başlanmıştır.

“Asansör güvenliği” asansörün tasarlandığı nominal yüke eşdeğer sayıda insanı veya yükü herhangi bir kattan bir diğerine, belirlenen hızla, emniyetle taşıması demektir. Kaza raporları ve istatistikleri incelendiğinde asansör güvenliğini zedeleyici haller olarak şu durumlar sayılabilir:

- Asansörün çalışmaması
- Asansörün iki istasyon arasında kalması
- Asansörün öngörülen değerlerden daha büyük değerlerle ivmelenmesi veya frenlenmesi
- Asansör kabininin en alt istasyonda duramayıp, asansör kuyusu tabanına kadar inmesi
- Asansör seyir hızının nominal hızın çok üstüne çıkması
- Taşıyıcı halatların kopması, kabinin serbest düşüşe geçmesi

Bu hallerden ilk ikisi, asansörün çalışmaması veya çalışırken iki istasyon arasında kalması tahrik gurubunun ya da kumanda gurubunun bir arızası sonucudur. Can veya mal güvenliğini doğrudan etkilemez. Diğer dört arıza hali ise taşınan can veya malın doğrudan zarar görmesine sebep olur.

Asansörün standartlarda ön görülen ivmelerden daha büyük değerlerle hızlanması veya yavaşlaması sistemde kullanılan tampon ve frenlerin tasarım hatalarından veya zaman içerisinde oluşan aşınma, deformasyon gibi nedenlerden doğan sapmalardan kaynaklanır.

Taşıyıcı halatın kopması ise en az görülen ama en tehlikeli haldir ki, bu asansörün düzenli bakım ve kontrolü ile engellenir, engellenemediği hallerde de fren sistemi ile kabinin serbest düşmesi durdurulur.

Yukarıda adı geçen ve kazaların olumsuz sonuçlarını önlemek için kullanılan tampon, hız regülatörü ve frenler ulusal ve uluslar arası standartlara ve diğer yasal kurallara uyularak tasarlanmak ve imal edilmek zorundadırlar.

## 2. FRENLER

Ülkemizde “Makine Emniyeti Yönetmeliği” adı altında uyumlaştırılarak 24776 sayı ve 5 Haziran 2002 tarihli Resmi Gazetede yayımlanmış olan ve Avrupa Birliği tarafından yayınlanmış Makine Direktifleri (Machinery-Directive (98/37/EC) Safety of Machinery in Europe) 5 Kasım 2003’ten beri yürürlüktedir. Ayrıca Nisan 2001’de yayınlanan ve Avrupa Standardı EN81 ile uyumlu olan standart TS 10922 de bu asansör güvenlik elemanları ile ilgili tasarım, imalat, montaj, deneme ve belgelendirme, kullanım ve bakım ile ilgili çok sayıda kuralı belirlemiştir.

TS 10922 “Bu standart, sadece Asansör Direktifinin temel güvenlik kurallarını göz önüne almaz, bunlara ek olarak bina ve inşaatlarda asansör yapımı ile ilgili asgarî kuralları da belirtir.” diyerek bu kuralların asgari kurallar olduğunu, uyulmasının zorunlu olduğunu belirtmiştir.

EN 81 / TS 10922 kısaca fren dediğimiz güvenlik tertibatını:

“Güvenlik tertibatı (safety gear – parachute - Fangvorrichtung): Aşağı doğru aşırı hız kazanma veya askı tertibatının kopması halinde devreye girerek kabin, karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığını frenleyerek sabit tutan, mekanik bir tertibat” olarak tanımlamaktadır.

Frenleme şekli yönünden güvenlik tertibatları tarihi gelişim sırasına göre:

- a) ani frenlemeli
- b) ani frenlemeli, tampon etkili,
- c) kaymalı

güvenlik tertibatı olarak üç kısımda incelenebilir.

Asansör beyan hızının 0,63 m/s'yi aşmadığı hallerde ani frenlemeli güvenlik tertibatı; 1 m/s'yi aşmayan beyan hızlarında ani frenlemeli, tampon etkili güvenlik tertibatı ve

nihayet beyan hızının 1 m/s'yi aşması durumunda, kaymalı güvenlik tertibatı kullanılmalıdır.

Genel kural olarak, hareketli bir cisim, kinetik enerjisini sönümleyerek, belirli bir zaman dilimi içinde durdurmanın en basit yolu sürtünme yoluyla kinetik enerjinin ısıya çevrilmesi ve bu arada bir miktar da elastik- plastik deformasyonla mümkün olur.

Yüksek hızlı asansörlerde kaymalı fren kullanılması asansörü kullanan kişilerin güvenliği ve konfor arzusundan kaynaklanır. Ani frenleme, çok yüksek frenleme ivmesi oluşturur ki yüksek negatif ivme başta çocuklar, yaşlılar, hastalar ve hamile kadınlar için büyük bir risktir. Bu nedenle standartlar frenleme ivmesinin yer çekimi ivmesinin 0,2 ile 1 katı arasında olmasını şart koşturmuştur.

### 3. FREN HESABI VE TASARIMINDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR

Fren tasarımında konstrüktörü bağlayan iki olmazsa olmaz koşul vardır. Bunlar:

a) Frenleme kuvvetinin  $F_{Fr}=(P+Q) \cdot 16$  olması (EN 81-1 Madde F 3.3.3.1 ) ve

b) Frenleme ivmesinin sınır değerleri 0,2.g ve 1 g'den hareketle ortalama frenleme ivmesinin  $g_0 = 0,6.g$  olmasıdır.

Frenleme kuvvetinin tespiti:

- v hızıyla düşmekte olan kabinin kinetik enerjisi:  $E_K = m \frac{v^2}{2}$

- Fren kuvveti:  $F_{Fr} = F_N \cdot \mu$

- Fren kuvvetinin etkisinde L mesafesi kadar kayarak duran kabinde fren kuvvetinin yaptığı iş:  $E_{Fr} = F_N \cdot \mu \cdot L$

Burada;  $F_N$  : Fren elemanları arasındaki normal kuvvet,

$\mu$  : Elemanlar arası sürtünme katsayısı ve

L: Frenleme başladıktan durmaya kadar olan kabinin kayma mesafesidir.

Sürtünme katsayısı  $\mu$  tasarımda kullanılacak sistem için deneylerle tespit edilir. Bu değer genelde 0,2 civarındadır. Elbette rayın yağlı veya kuru olması bu değeri değiştirmektedir.

Asansör seyir hızı v m/s ise, frenlemeyi gerektirecek başlangıç hızı:

$$v_0 = 1,15 \cdot v \text{ m/s}$$

olur. Kinetik enerji frenleme işi tarafından absorbe edileceğinden:

$$E_K = E_{Fr}$$

yani

$$\frac{m \cdot v_0^2}{2} = F_N \cdot \mu \cdot L$$

dir. Bu ifadelerden fren elemanını raya bastırması gereken normal kuvvet:

$$F_N = (P+Q) \cdot v^2 / 2 \cdot \mu \cdot L$$

olarak elde edilecektir. Frenleme esnasında kabinin kayma mesafesi L ise

$$L = \frac{v_0^2}{2 \cdot a}$$

ifadesinde frenleme ivmesi  $a = 0,6g$  alınarak bulunur.

Burada konstrüktörün görevi bu işlevi gerçekleştirecek normal kuvveti ( $F_N$ ) hangi mekanizmayla oluşturacağı ve bu oldukça büyük kuvveti iletim elemanları hasar görmeden raya ulaştırıp ulaştıramayacağıdır.

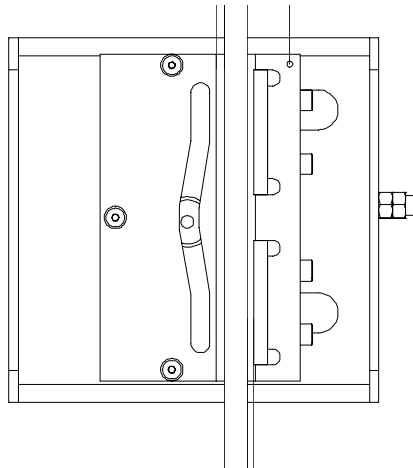
Genelde fren mekanizması devreye sokulduğunda kabine bağlı olan frenin bir yarısı yaylarla raya temas ettirilir, diğer yarısı ise kumanda mekanizmasındaki yuvanın geometrisine uygun biçimde raya bastırılır. Ray bu iki parça arasına sıkıştırılır. Oluşan normal kuvvet, sürtünme kuvvetine dönüşür ve kabinin kinetik enerjisini harcamaya başlar. Bu sürtünme kabin duruncaya kadar devam eder.

Kumanda yuvası ve yuvada hareket edebilen ve fren pabucuna bağlı pim yerine , kam mekanizmasına benzer, dönen eksantirik sistemler de pabucu raya bastırmak için kullanılabilir.

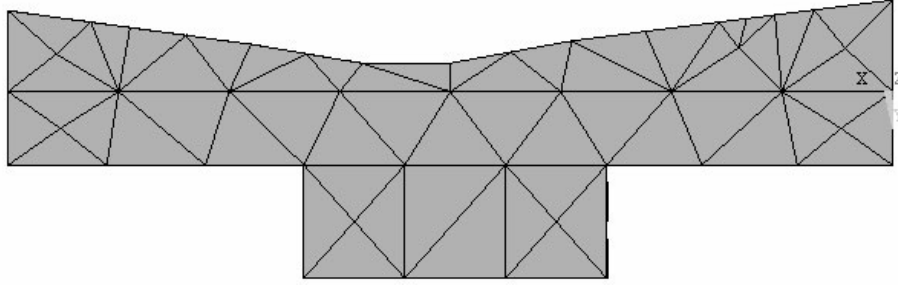
Çok kolay gibi görünen hesaplardan sonra önemli olan bu kuvvetlerin fren pabucu raya bastırılırken, normal kuvvetin pabuç görevini yapan ortadan mesnetli kirişin (kamanın) sehim miktarı ve burada oluşan eğilme gerilmelerinin malzemenin eğilme emniyet sınırlarını aşıp aşmayacağıdır.

Konstrüksiyona ilişkin diğer sorunlar ise aynı tasarımın farklı ağırlıktaki asansörlerde kullanılması durumunda frenlemeyi sağlayan parçanın boyutlarının hangi matematik ifadeye göre değiştirileceğini ifade etmek ve frenlemenin gereğinde yukarıya hareket halinde de gerçekleşme zorunluluğunda fren elemanının asimetriklik oranını belirlemektir.

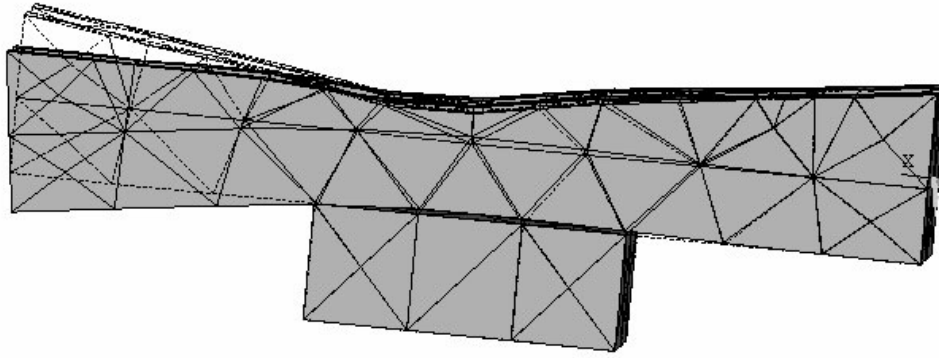
2000 kg toplam yük ve 1,6 m/s beyan hızı için tasarlanan ve modeli Şekil 1’de verilen kayar fren için elde ettiğimiz bazı sonuçlar Şekil 2-5 ve Tablo 1’de verilmiştir.



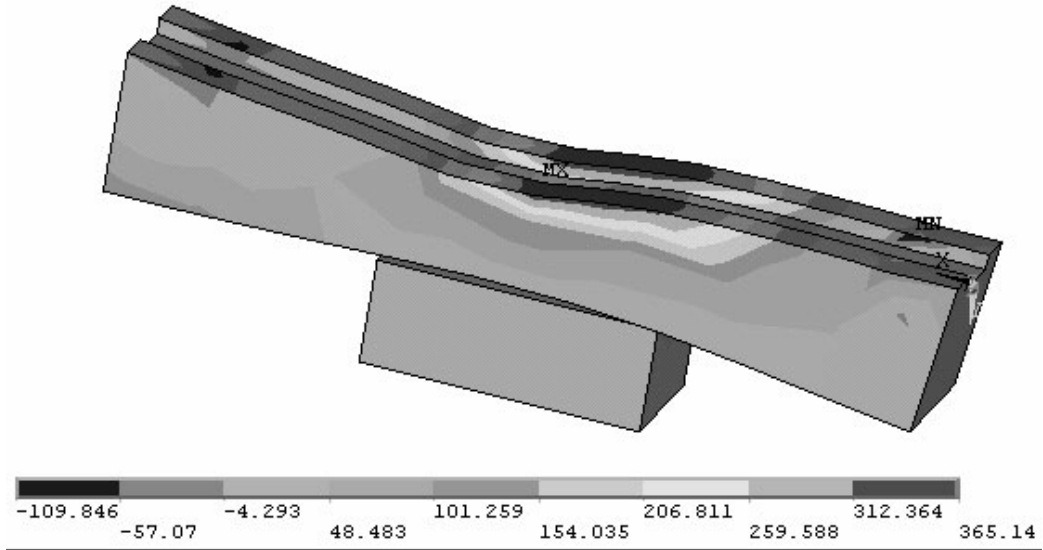
Şekil 1. Fren Modeli



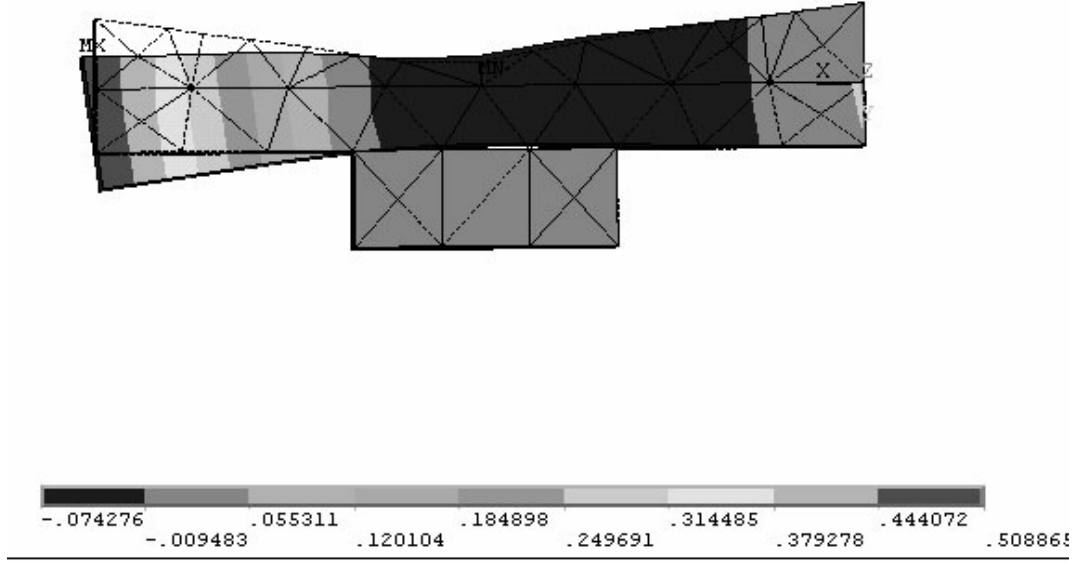
Şekil 2. Fren pabucu görevini üstlenen ortadan yataklanmış, iki parçalı kiriş



Şekil 3. Kuvvetin tesiri altında fren kamasının deforme olmuş görünüşü



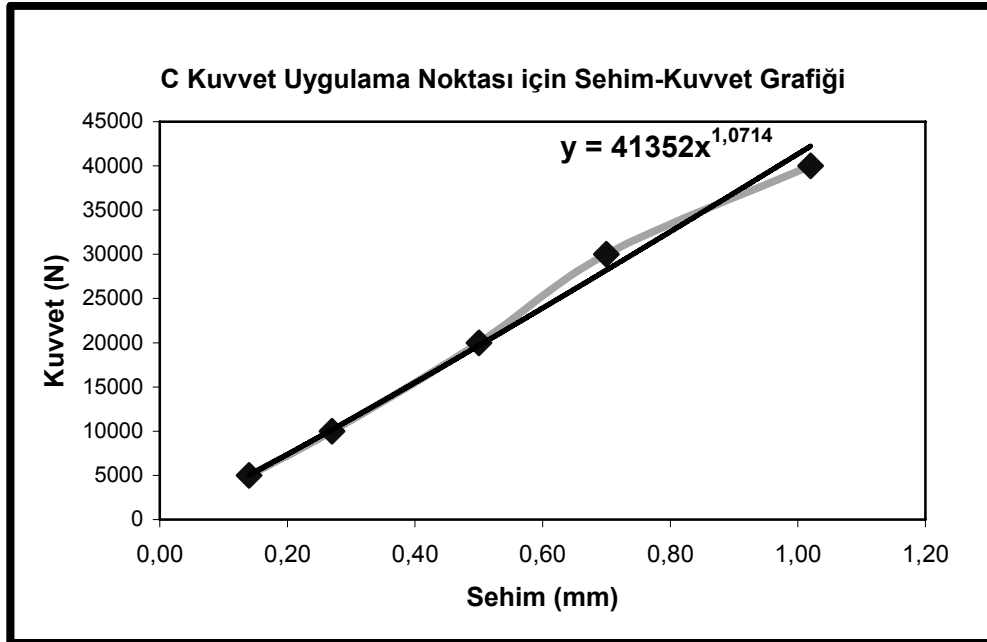
Şekil 4 Fren kaması ve altlığındaki gerilme dağılımı (Kuvvet = 20000N)



Şekil 5. Fren kaması ve altlığındaki yer değiştirme dağılımı

Tablo 1. Fren kamasında oluşan sol uca 12 mm mesafede elde edilen gerilmeler

Normal Kuvvet	5000 N	10000 N	20000 N	30000 N
Maksimum Gerilme	151 MPa	290 MPa	570 MPa	855 MPa
Maksimum Sehım	0,14 mm	0,27mm	0,50 mm	0,76 mm



Şekil 6. Kuvvete bağlı olarak kamada sehım miktarı

#### 4. SONUÇ

Resimler ve tablo incelendiğinde frenin ana fonksiyon elemanı kamanın ne kadar büyük bir zorlanma ile karşı karşıya olduğu görülmektedir. Sol uca 12 mm mesafedeki C noktasında oluşan gerilme 30000 N normal kuvvet için 855 MPa gibi ancak çok özel çeliklerin dayanabileceği ekstrem değerlere çıkmaktadır. Kama boyutlarında yapılan geometrik optimizasyon çalışmalarıyla normal kuvvet 22000N düzeyine indirilebilmiş, gerilme de 700 MPa ı aşmayacak değerlerde tutulabilmiştir. Böylece eğilme emniyeti açısından daha güvenli bir değer elde edilebilmiştir.

#### KAYNAKLAR

- 1) Unstetigförderer 1 ; Prof. Dr.sc.techn. G Pajer u.a. VEB Verlag Technik Berlin 1989
- (1) Der Aufzugsbau, C.F.Franzen Friedr.Vieweg, Braunschweig, 1972
- 2) Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri Fatih C. Babalık, Nobel Yayınları, 2006.
- 3) TS 10922 EN 81- 1 (Nisan 2001).