

GÜVENLİK TERTİBATLARINDA GENEL KUVVET HESAPLARI (BAŞLANGIÇ)

Asansör esas olarak Makine Emniyeti Yönetmeliğine tabi bir üründür. Üretim şartları olarak Makine Emniyeti Yönetmeliği Ek 1 deki güvenlik gereklerine bağlıdır. Kendine özel olan güvenlik şartları ayrıca Asansör Yönetmeliği Ek 1 de ve ilgili standartlarda tanımlanır. İnsan taşıyan cihazlar için güvenlik katsayısı Makine Emniyeti Yönetmeliği (MEY) Ek 1 de iki madde de tanımlanmıştır. MEY Ek 1 "4.1.2.5 Kaldırma aksesuarları ve bunların aksamaları" maddesinde (d) fıkrasında "Bir sapanı oluşturan ve sapanla birlikte kullanılan bütün metalik aksamlar yeterli bir güvenlik düzeyi sağlayacak şekilde seçilmiş bir çalışma katsayısına sahip olmalıdır; genel bir kural olarak bu katsayı 4'e eşittir," denmektedir. Ayrıca Ek 1 madde 6 "Kişilerin kaldırılması nedeniyle belli tehlikeler oluşturan makinalarla ilgili ilave temel sağlık ve güvenlik kuralları" bölümünde, bu güvenlik katsayısı için eklemeye yapar ve 6.1.1 Mekanik dayanım bölümünde "4.1.2.4 numaralı paragrafta ve 4.1.2.5 numaralı paragrafta belirtilen çalışma katsayıları kişileri kaldırmaya yönelik makinalar için yeterli değildir ve genel bir kural olarak, bu değerlerin **iki katı** alınmalıdır." der. Böylece asansör güvenlik aksamalarında, asansör standartlarında belirtilmiş özel hesaplama değerleri dışında genel güvenlik katsayısı 8 olarak belirlenmiştir.

Bu güvenlik katsayısı Ray hesaplarında Jager (Omega) yöntemi kullanılarak, halat ve tahrik hesaplarında özel güvenlik katsayıları alınarak yerine getirilir. Hesap yöntemi belirtilmemiş veya standarttan ayrıca yapılacak özel hesaplarda 8 güvenlik katsayısının sağlanması gerekir. Asansör güvenlik tertibatlarının kabine bağlantı parçaları da bu şarta tabidirler. Bağlantının sağlandığı civata ve diğer parçalarında mukavemet değerleri bu güvenliği sağlayacak şekilde seçilmelidirler. Civatalı bağlantılarda civata kalınlıklarının gereğinden ince seçilmesi risk yaratacaktır. Her bir fren ana taşıyıcı bloğu ayrıca statik kuvvet olarak test edilmelidir. Bu test standartta belirtildiği üzere fren bloğunun müsaade edilebilecek maksimum kuvvet değerini bulmak için yapılır. Bu test TS EN 81-50 de Ani etkili fren testinde belirtilen yöntem kullanılarak yapılabilir. Standartta bu yöntem 5.3.2 maddelerinde verilmiştir. Detaylar standardın kendisinden incelenmelidir.

5.3.2.2.1 Deney yöntemi

Deney, ani hız değişikliği yapmadan hareket eden bir pres veya benzer bir aygıt kullanılarak yapılmalıdır.

5.3.2.2.2 Deney işlemi

Kılavuz ray güvenlik tertibatı boyunca hareket ettirilmelidir. Şekil bozulmalarını ölçebilmek için blokların üzerine referans işaretleri koyulmalıdır. Kat edilen mesafe kuvvetin bir fonksiyonu olarak kaydedilmelidir."

5.3.2.2.3.2 Güvenlik tertibatının kapasitesi, yol-kuvvet grafiğinin alanının integralinin alınmasıyla bulunmalıdır. Dikkate alınacak olan grafiğin alanı aşağıdaki gibi olmalıdır:

a) eğer kalıcı bir şekil bozulması yoksa toplam alan;

b) eğer kalıcı şekil bozulması veya kopma meydana gelmişse, aşağıdaki iki maddeden biri geçerlidir:

1) elastik sınıra erişilen değere kadar olan alan; ya da

2) azami kuvvete karşılık gelen değere kadar olan alan.

5.3.2.3.2 İzin verilen kütle, Kilogram cinsinden izin verilen kütle aşağıdaki gibi olacaktır:

a) Eğer elastik limit aşılmamışsa:

$$(P + Q)_1 = \frac{2 \cdot K}{2 \cdot g_n \cdot h}$$

b) Eğer elastik limit aşılmışsa, iki hesaplama yapılmalıdır ve daha yüksek olan izin verilen kütle seçilebilir:"

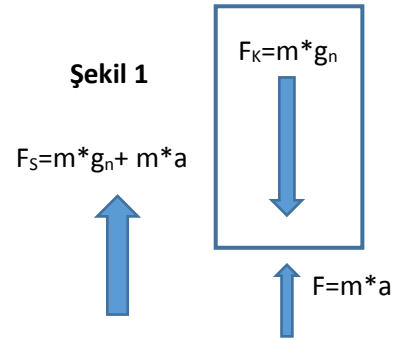
$$1) (P + Q)_1 = \frac{2 \cdot K_1}{2 \cdot g_n \cdot h}$$

$$2) (P + Q)_1 = \frac{2 \cdot K_2}{3,5 \cdot g_n \cdot h}$$

Bu test frenin müsaade edilebilir maksimum yüklerini bulmak için yapılmaktadır, kademeli frenlerde, frenin kullanılacak maksimum yükleri için yapılan testle karıştırılmamalıdır. Frenin müsaade edilebilir maksimum yükü tasarımın mekanik yapısına, frenin belirtilen beyan yükü ise frenin durdurma kuvvetine bağlıdır. Birisi malzemenin akma değerini, diğeri ise frenin istenen ivmeye bağlı olarak çalışma aralığını tanımlar. Önce güvenlik sağlanmalı sonra çalışma aralığı belirlenmelidir.

Frenlerin çalışma aralığını belirlemek için Fiziğin en bilinen birkaç formülünden yararlanılmaktadır. Bu formülleri yazarsak;

Kinetik Enerji; $J = (m \cdot v^2)/2$, Potansiyel enerji; $K = m \cdot g_n \cdot h$,
Frenleme esnasında enerji eşitliği $(m \cdot v^2)/2 = m \cdot g_n \cdot h$,
İvmelenen yükün kuvveti; $F = m \cdot a$,
Bu sırada yapılan iş $J = F \cdot s$ (son kinetik enerji 0 ise),
Sürtünen yüzeyde kuvvet eşitliği $F_s = F_T \cdot \mu_0$,
Yavaşlama için gerekli kuvvet $F = F_s - m \cdot g_n = m \cdot a$,
 $a = v^2/(2 \cdot s)$
Kuvvet hesabı $F_s - m \cdot g_n = (m \cdot v^2)/(2 \cdot s)$
Fren izi $s = (m \cdot v^2)/(2 \cdot (F_s - m \cdot g_n))$



J = Enerji Joule,
m =(P+Q) frenleme yükü kg,
v = frenleme hızı m/s,
g = yerçekimi ivmesi 9,81 m/s²
h = düşme yüksekliği mt,
a = yavaşlama ivmesi m/s²
s = yavaşlama esnasında frenin kat ettiği yol (Fren izi) mt,
F = Frenleme anında yavaşlamayı oluşturan kuvvet N,
F_s= sıkıştırma paletinde oluşan sürtünme kuvveti N,
F_T = Yayların oluşturduğu toplam baskı kuvveti N,
 μ_0 = ray ve palet arasındaki sürtünme katsayısı.

Bu ana formüller kullanılarak bir frenin kuvvet hesapları yapılabilir. Bu konuda daha geniş bilgi için "Asansörlerde Kayar Frenler Ve Tasarım Problemleri Fatih C. Babalık, Kadir Çavdar" İzmir Asansör Sempozyumu bildirisine ve "Understanding The Natural Behaviour Of Elevator Safety Gears And Their Triggering, Johannes De Jong, Kone" makalesine bakılabilir. Konu ve formüller makalelerde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Yüksekte duran bir cismin yerçekiminden dolayı bir potansiyel enerjisi vardır. Bu enerji cismin yüksekliğine ve ağırlığına bağlıdır. Cisim dururken kinetik enerjisi sıfırdır. Eğer cisim serbest düşmeye başlarsa bir kinetik enerjiye sahip olur. Enerjinin korunumu yasasına göre düşerken bulunduğu andaki oluşan kinetik enerjisi düşmeye başladığından itibaren eksilttiği potansiyel enerjiye eşittir. Yani ne kadar yüksekten düşerse, ulaşacağı hız da ona bağlı olarak değişir. Standart TS EN 81-50 "5.3.2.3.1 Güvenlik tertibatı tarafından absorbe edilen enerji" maddesinde frenin absorbe edeceği enerjiyi formüle etmiştir. 2K iki fren için kullanılmıştır. Bu $(K=m \cdot g \cdot h)$ potansiyel enerji formülünün uyarlamasıdır.

Güvenlik tertibatının absorbe edebileceği toplam enerji: $2 \cdot K = (P + Q)_1 \cdot g_n \cdot h$

Bu anda oluşan kinetik enerjiyi cismin o andaki statik enerjisine eşitlesek;

$(m \cdot v^2)/2 = m \cdot g_n \cdot h$,
 $v^2/2 = g_n \cdot h$,
 $h = v^2/(2 \cdot g_n)$ veya $v^2 = 2 \cdot g_n \cdot h$ olur.

h serbest düşme yüksekliğidir. Burada serbest düşme olduğu için ivme olarak g_n değeri alınır. Bu formülde cismin kütesinden bağımsız olarak hızını bilirsek düştüğü yüksekliği veya tersine olarak da düştüğü yüksekliği bilirsek ulaşacağı hızını hesaplayabiliriz. TS EN 81-50 Standardı 5.3.2.3.1 maddesinde fren testi için düşme yüksekliğini vermiştir ancak kullanılan test sisteminde paten cinsi, sürtünme değerleri dikkate alınarak bazı ayarlamalar yapılması gerekir.

“5.3.2.3.1 Güvenlik tertibatı tarafından absorbe edilen enerji

Bu standardın kullanımını gerektiren standartlarda belirtilmiş olan gerekliliklerde (ör. EN 81-20:2020, 5.6.2.2.1.2) sabitlenmiş olan aşırı hız regülatörünün azami kilitleme hızı referans alınarak hesaplanan bir serbest düşme mesafesi benimsenmelidir.

$$h = \frac{v_1^2}{2 \cdot g_n} + 0,1 + 0,03$$

Serbest düşme mesafesi metre cinsinden aşağıdaki gibi alınmalıdır:

Bu eşitlikte:

g_n saniyenin karesi başına metre cinsinden (m/s²) standart serbest düşme hızlanmasdır;

v_1 aşırı hız regülatörünün saniye başına metre cinsinden (m/s) kilitleme hızı;

0,10 m tepki süresi esnasında kat edilen mesafeye karşılık gelir;

0,03 m kavrama elemanları ile kılavuz raylar arasındaki boşluğun kapanması esnasında alınan mesafeye karşılık gelir.”

Böylece kilitleme hızına ulaşmak için yüke ne kadar bir yükseklik uygulanması gerektiğini basitçe hesaplanabilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta frenlemenin gerçekleştiği hızın, regülatörün kilitleme hızından daha yüksek olduğudur. Ek olarak alınan yükseklikler regülatör kilitleme hızının üstünde bir hıza ulaşılmasına sebep olur. Bundan sonra yapılması gereken hesaplama sistemin oluşturduğu enerjidir. Oluşan frenleme kuvveti kütle oluşturduğu kinetik $m \cdot g_n$ kuvvetini yenmeli (Çünkü kütle duruş esnasında hala aşağı yönde $m \cdot g_n$ kuvvetine sahiptir) ve $m \cdot 0,6g_n$ lik ek bir kuvvet oluşturarak duruşu sağlamalıdır.

$$F - m \cdot g_n = m \cdot a$$

$$F = (a + g_n) \cdot m \text{ olur.}$$

Bu kuvvet $m \cdot g_n$ kuvvetini sürtünme kuvveti ile yenip, s fren izi kadar sürükleyerek kuvveti eksi yönde uygulayıp kabini durduracaktır. Burada gerekli ek kuvvet için $a = 0,6 \cdot g_n$ lik bir ivme yaratması istenmektedir. Standart kademeli güvenlik tertibatlarında $0,6 g_n$ yavaşlamanın sağlanması için bir yaklaşımda bulunmuştur.

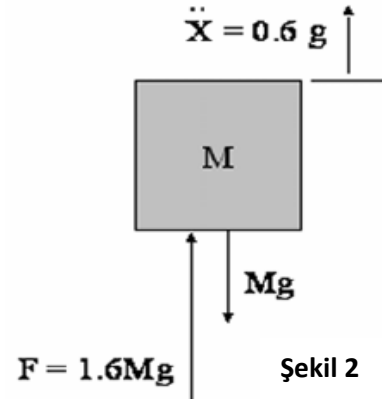
$1 g_n$ ile düşen bir kütleyi ek olarak $0,6 g_n$ ile durdurmak için $1,6 g_n$ lik bir kuvvet gerektiği belirtilmiştir. Buna göre;

$F = 1,6 \cdot g_n \cdot m$ olarak hesaplanmıştır. (P+Q) değerini m olarak, g_n değerini yaklaşık 10 olarak alınırsa;

$F = 16 \cdot (P+Q)$ değerini bulunur. Gerçek değer $F = 15,7 \cdot (P+Q)$ dur.

Buradan da TS EN 81-50 standardında madde 5.3.3.3.1 de belirtilen hesap yöntemi elde edilir.

$$(P+Q)_I = \frac{F_B}{16}$$



Standardın yaptığı yaklaşık hesap ile genelde testlerde yavaşlama ivmesi değeri olarak $0,6 g_n$ değerinin üzerine çıkılabilmektedir. Bu yüzden standart aynı madde de hesabın altına bir açıklama koymuştur.

“Eğer hesaplanan izin verilen kütle deneye tabi tutulan kütleden daha büyükse, her deneyin ortalama yavaşlama ivmesinin $1 g_n$ 'yi aşmaması kaydıyla, deneye tabi tutulan kütle izin verilen kütle olarak alınabilir” denmektedir. Düşme kuvvetinin karşılığı olan sürtünme kuvvetinin bu şekilde gösterilmesi çok doğru bir yöntem olmayabilir. Bu konuda “Understanding The Natural Behaviour Of Elevator Safety Gears And Their Triggering, Johannes De Jong, Kone” makalesi incelenebilir. Bu makale hesaplama yaklaşımı konusunda sakıncaları tanımlayıp ayrıca katsayı içinde önerilerde de bulunmaktadır. Bu yazıda konu pratik hesap yerine uygulanacak frenin özelliklerine göre imalat hesabı üzerinden incelenecektir.

Enerji skaler bir büyüklüktür. Yani enerjinin yönü, bileşeni ve uygulama noktası gibi vektörel özellikleri yoktur. Bir sisteme uygulanan kuvvet iş yapıyorsa yapılan iş enerjideki değişime eşittir. Bu durumda eşitlenecek olan enerji frenlemenin başladığı andaki kinetik enerji olarak alınabilir. s fren izi mesafesi doğrudan ölçülebilir bir mesafe olduğu ve v frenleme hızı bilindiği için ortalama (a_{ort}) yavaşlama ivmesi veya s fren durma yolu kolayca hesaplanabilir.

$$J=(m*v^2)/2= m*a*s \text{ Joule, } v/2=a*s$$

$$a_{ort}= v^2/(2*s) \text{ m/s}^2 \text{ veya } s= v^2/(2*a) \text{ mt}$$

Serbest düşme testinde ölçülen s fren izi ile asansör tescil kontrollerinde yapılan yük testinde ölçülen fren izleri birbirini tutmaz. Arada hız ve yük farkları olduğu için yük testi frenlemede ölçülen izler çok daha küçük olacaktır. Serbest düşme testinde (P+Q) yükü regülatör tetikleme hızının üstünde frenlerken, fren yük testinde karşı ağırlık etkisinden dolayı azalmış (P+Q) yükünün asansör beyan hızında frenlediği dikkate alınmalıdır. Tam yüklü testlerde frenleme esnasında karşı ağırlığın sıçrama zamanı frenleme zamanından daha kısa olduğu için tahrik kabiliyeti karşı ağırlığın etkisini tam olarak kaldırıp sistemdeki denge etkisini sıfırlamaz. Bu çok kısa bir an için geçerli olup hemen sonrasında yüklü testlerde karşı ağırlık etkisi oluşur. Bu yüzden tam bir (P+Q) yük etkisi veya $Q/2$ yarım yük etkisi tespiti doğru olmayacaktır. Bu değerler asansörün tahrik kabiliyetine, kasnak yiv durumuna ve hızına bağlı olarak değerlendirilmelidir. 1 m/s hız için yapılmış bir fren 1,5 m/s tetikleme hızında 0,6 g_n ivmede yaklaşık 0,18-0,22 mt kayarken, yük testinde 1 m/s hızda 0,05-0,07 mt kaymaktadır. (P+Q) yükü tam olsaydı, karşı ağırlık etkisi olmasaydı 0,08-0,10 mt kayması gerekirdi. Bu fark testin karşı ağırlık ve hız etkisiyle farklı değerler verdiğinin göstergesidir.

Yüksüz yapılan ve bilgisayar ölçümüne dayanan fren testlerinde karşı ağırlık etkisi frenlemenin çok kısa sürmesi ve elde edilen ivme değerinin 1 g_n den büyük olması dolayısıyla göz ardı edilebilir. Bu testlerde frenleme zamanında genellikle halatın gevşediği gözlemlenmiştir, buna göre formülasyon oluşturulabilir. Ancak tam yük testinde frenlemenin daha uzun sürmesi ve ivme değerinin 1 g_n den daha düşük olması yüzünden karşı ağırlık etkisi tam olarak göz ardı edilmemelidir. Yüklü testlerde ilk an dışında halat gerginliği devam etmektedir. Bu yüzden fren izleri çok farklı olacaktır. Periyodik kontrolde yapılan yüksüz fren testi için değer ölçülmesi konusunda farklı yöntemler vardır. Bunun için "*Risk Potential of Safety Gears – Inspections with Test Weights Show a Lack of Clearance! Tim Ebeling*" veya "*Lift Safety Gear Testing Without Weights: A Critique And Overview, Dr. Lutfi Al-Sharif*" makaleleri incelenebilir.

Yukarı yöndeki güvenlik tertibatı çalışmasında ise kuvvet yönleri ve değerleri tamamen değişecektir. Yukarı yönde hızlanan sistem kendi ataletini korumak ister. Karşı ağırlık, halatlar, kabin ve makina aksamaları hızlarına ve hareket yönlerine devam etmek isteyecektir. Frenlemenin oluşması anında regülatör ve fren kontaklarının besleme devresini kesmesi ile tahrik gurubu enerjisi kesilecek ve aynı anda elektromekanik frende devreye girerek sistemin ataletini yenmeye çalışacaktır. Bu andan itibaren karşı ağırlık ve halatların ataletini yenmek makine ve kasnak gurubuna kalır. Eğer yukarı yönde hızlanma kasnak-mil bağlantısının ayrılması veya frenin açık kalması sonucu oluştu ise yukarı yönde güvenlik tertibatının sistemin ataletini yenebilecek bir kuvveti oluşturması gerekir. Eski makinalarda çok görülen bu durum, senkron makinalarda da duruşlarda besleme uçlarının kısa devre edilmemesi sonucu oluşabilir. En kötü şart olan boş kabinin yukarı yöndeki hızlanmasında ($Q/2$) kadar statik bir kütle ve sistemin ataleti sonucu kasnakta oluşan dinamik ve statik momentlerin hesaplanmasını gerektirir. Sistemin atalet momentlerinin hesabı için "*Dişlisiz Makinalarda Kullanılan Disk Frenlerin Kapasitesini Belirlemek İçin Bir Hesap Yöntemi, Serdar Tavaslıoğlu*" makalesi incelenebilir. Yukarı yönde frenin çalışmasında en büyük gerilmeler bağlantı noktalarında, karşı ağırlık ve kabinin farklı taraflarda durmasından ve zıt yönlü kuvvetler oluşmasından dolayı da tahrik kasnağı ve tahrik makinası kaidesinde oluşur. Gereğinden fazla sürtünme kuvveti oluşturan frenlerde ani etkili fren davranışı ortaya çıkar. Bu durumda oluşan ani darbe etkisi ve büyük gerilme makine kasnağı ve kaide üzerinde etkili olacaktır. Hesabı dikkatli yapılmamış frenlerde makine kaidelerinin yukarı yön fren testlerinde hasar gördükleri bilinen bir durumdur. Her durumda aşağı yönde frenlemede oluşan kuvvetler ile yukarı yönde oluşan kuvvetler farklıdır. Güvenlik tertibatlarının her iki yönde de aynı yay gurubu veya esnek parçaları kullanması çok doğru bir yaklaşım olmaz. Yanlış kullanılan malzemelerin bedeli ağır olmaktadır.

Kademeli güvenlik tertibatlarında standardın istediği 0,6 g_n ortalama yavaşlama ivmesinin elde edilmesi için yay kuvvetlerinin hesaplanması gerekir. Bu işlem fren tasarımı esnasında yapılmış olmalıdır. Aşağıda çeşitli fren duruş mesafeleri için kilitleme hızları ve bu hızlar için ivme değerlerine göre bir tablo yapılmıştır. Regülatörlerin güvenlik açısından kilitleme hızlarından biraz daha önceki bir hızda kilitleyeceği varsayılarak frenin devreye girme hızı regülatör kilitleme son hızı alınmıştır. Bu tabloda 0,6 g_n ivmesi hedef değer olarak kabul edilmiştir.

($s=v^2/(2*a)$) formülünden kilitleme hızına karşılık frenin kat edeceği yol bulunmuştur)

Hız m/sn	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,5
Frenleme Hızı m/s	1,00	1,50	1,71	1,93	2,16	2,39	2,63	3,23
1,0 g Durma mes. Mt	0,05	0,11	0,15	0,19	0,24	0,29	0,35	0,53
0,6 g Durma mes. Mt	0,08	0,19	0,25	0,32	0,39	0,48	0,59	0,88
0,2 g Durma mes. Mt	0,25	0,57	0,74	0,95	1,18	1,45	1,76	2,65

Tablo 1

“TS EN 81*50 madde 5.3.3.2.3.1 Tek bir kütle için belgelenmiş güvenlik tertibatı” maddesinde belirtildiği gibi deneyde belirlenen ortalama fren kuvveti değerlerinin standartça hesabı istenen değer +/- %25 aralığı içinde olması uygun olarak kabul edilmelidir. “TS EN 81*50 Madde 5.3.3.4 Ayarlarda olası değişiklik” maddesinde ise farklı kütleler için ayarlanabilen frenlerde yapılan testte kuvvetlerde %20 den fazla fark olması durumunda yeni ayarlamaya izin verilir denmektedir. Yapılan serbest düşme testlerinde frenin 0,2 -1 g_n değerlerini sağlayan duruş mesafeleri içinde kalması yeterlidir. Buda a_{ort} ivme değeri 1,962 m/s² ile 9,81 m/s² arasında olması demektir. Ancak kademeli güvenlik tertibatı tasarımında ortalama 0,6 g_n değerini sağlamak için yay hesapları yapılmalıdır. Sürtünme kuvveti olarak aldığımız F_s kuvvetinin bulunması için formülleri değerlendirmek gerekir.

SÜRTÜNME KUVVETİ F_s

(P+Q) yükü ile yüklü kabin g_n ivmesiyle serbest düşerken F_k kuvvetini oluşturur. Bu anda frenin silindiri veya sıkıştırma kaması yuvasında yukarı çıkarak rayı sıkıştırma plakası ile kendisi arasında sıkıştırır. Sıkıştırma plakası arkasında bulunan yaylar bir kuvvet uygulayarak plakanın geri gelmesine engel olmaya çalışırlar. Kullanılan yayların bir tanesinin kuvvetine F_y dersek, n kadar paralel konmuş yay toplam yay kuvveti F_T yi oluştururlar. (Yapılan hesapta her iki frenin oluşturduğu toplam kuvvet hesaplanmaktadır. Fren başına yarısı alınmalıdır)

$$F_T = n * F_y$$

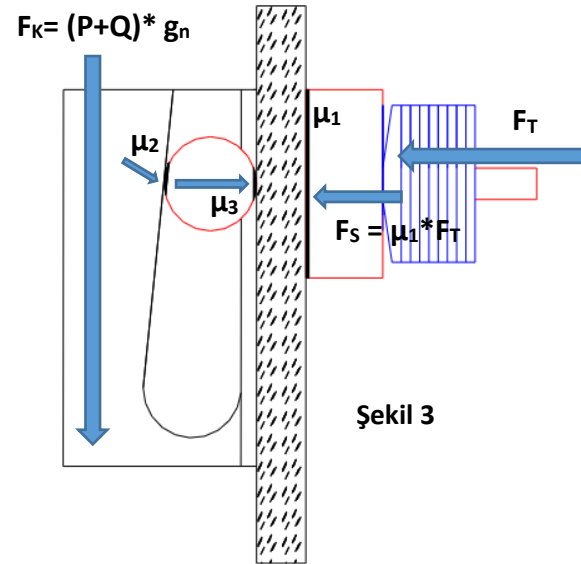
Bu kuvvet sıkıştırma plakasını öne iter ancak ray ile sıkıştırma plakası arasında oluşan sürtünme değeri esas etkili olan sürtünme kuvvetini oluşturur. F_k kuvvetinin oluşturduğu enerjiyi yenecek olan sürtünme enerjisi F_s kuvveti tarafından oluşturulacaktır.

$$F_s = \mu_0 * F_T$$

$$F_s - F_k = F_s - m * g_n = m * a$$

$$F_T = (1+a) * g_n * m / \mu_0$$

formülünde, m=(P+Q) ve a=0,6g_n ye bağlı olarak μ_0 değerleri bilindiğine göre oluşturulması gereken F_T değeri bulunabilir. Burada üzerinde durulması gereken yay kuvvetleri ve sürtünme değerlerinin belirlenmesidir.



Şekil 3

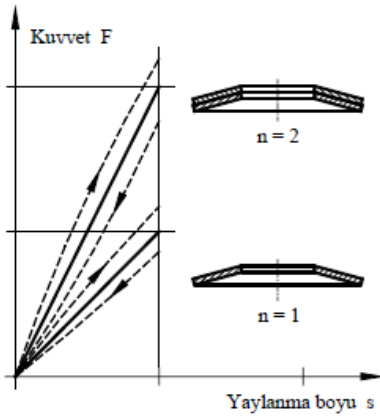
YAY KUVVETİ F_Y ve F_T

Bir yayın kuvvetini F_Y olarak tanımlamıştık. Kademeli güvenlik tertibatlarında çok değişik yay grupları veya esnek malzemeler kullanılabilir. Önemli olan kullanılan malzemenin esneme sürekliliğinin sağlanması ve esneme boyunda oluşturacağı kuvvetin doğru olarak tespit edilmesidir. Bu tür frenlerde kullanılan genel disk yayların hesabı kullanılan yayın kuvvet tablosundan alınmalıdır. Bu tablolarda yayın sıkıştırma oranına göre vereceği kuvvetler tanımlanır. Aşağıda bir firmaya ait disk yayların tablosundan çeşitli sıkıştırma oranlarına göre değişen kuvvetlerine örnek verilmiştir.

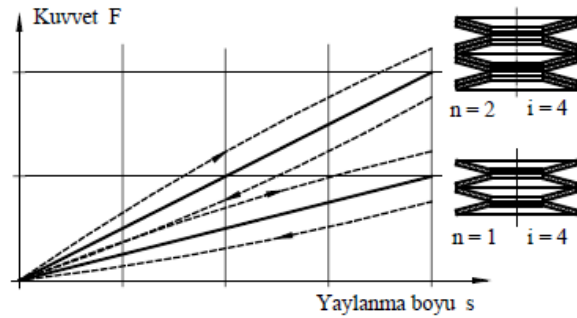
DIN Series	not stocked	Dimensions in mm						Spring force F in N										Stress σ in N/mm ²					
		D ₀	D ₁	t	r	l ₀	h ₀	h ₀ /l	s = 0,50 h ₀					s = 0,75 h ₀					s _c *				
									s	F	σ_1	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_1	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_1	σ_{II}	σ_{III}
		8,00	3,20	0,30		0,55	0,25	0,833	0,125	79,1	1669	511	750	0,187	104,3	2359	912	1046	0,250	125,5	2952	1409	1290
		8,00	3,20	0,40		0,60	0,20	0,500	0,100	130,1	1533	792	666	0,150	185,5	2207	1281	949	0,200	238,0	2820	1832	1198
		8,00	3,20	0,50		0,70	0,20	0,400	0,100	246,4	1824	1083	782	0,150	357,4	2643	1717	1123	0,200	464,9	3401	2433	1430
C		8,00	4,20	0,20		0,45	0,25	1,250	0,125	33,3	1294	114	753	0,187	39,2	1794	319	1034	0,250	42,0	2195	622	1251
B		8,00	4,20	0,30		0,55	0,25	0,833	0,125	89,3	1646	467	938	0,187	112,9	2322	847	1312	0,250	141,8	2900	1326	1620
A		8,00	4,20	0,40		0,60	0,20	0,500	0,100	147,0	1504	749	837	0,150	209,5	2162	1218	1194	0,200	268,9	2757	1750	1511
		10,00	3,20	0,30		0,65	0,35	1,166	0,175	81,6	1831	308	697	0,262	98,3	2556	652	957	0,350	108,0	3154	1123	1158
		10,00	3,20	0,40		0,70	0,30	0,750	0,150	132,9	1782	663	652	0,225	179,1	2533	1134	913	0,300	219,6	3191	1698	1130
		10,00	3,20	0,50		0,85	0,35	0,700	0,175	296,1	2544	1021	925	0,262	404,0	3626	1721	1299	0,350	500,4	4580	2549	1614
		10,00	4,20	0,40		0,70	0,30	0,750	0,150	140,3	1632	570	760	0,225	189,1	2316	988	1066	0,300	231,8	2911	1495	1322
		10,00	4,20	0,50		0,75	0,25	0,500	0,125	206,3	1576	778	688	0,187	294,0	2182	1260	981	0,250	373,3	2786	1803	1239
		10,00	4,20	0,60		0,84	0,24	0,416	0,125	347,2	1246	1018	816	0,187	402,2	2626	1604	1126	0,250	622,0	2246	2362	1422

Her firmadaki yay kuvvetleri kullanılan malzeme ve ölçülere göre değişiklik gösterebilir. Yay kuvvetlerinin hesabında dikkat edilmesi gereken yayların paralel ve seri bağlanmaları durumunda kuvvet hesaplarının doğru yapılmasıdır. Her yay arka arkaya konduğunda yayların kuvveti sayıya bağlı olarak artmaz. Yayların kuvveti ile yaylanma boylarının artması yayların dizilim şekline bağlıdır. Güven Kutay Hocamızın mukavemet kitabının 2010 Nisanda yayınlanmış 10. bölümü olan Elastik yayların disk yaylar bölümünde konu ile ilgili geniş açıklama yapılmıştır. Aşağıda aynı kitaptan alınmış yay grafikleri verilmiştir.

4.4 Disk yayların tertiplenmesi



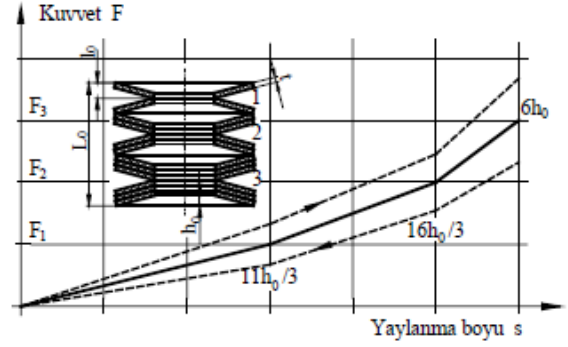
Şekil 27, Yay karakteristiği, tek ve iki



Şekil 26, Kuvvet ve yaylanma boyu
Seri tertiplemede tek yay ve iki yay paketli

Şekil 27 de tek yay kuvveti 1 n iken iki yay üst üste konduğunda (paralel bağlama) kuvvet 2 n olmaktadır. Her iki durumda da yaylanma boyu eşit olup 1 s dir. Grafiklerde Y doğrultusu birim kuvveti, X doğrultusu birim yaylanma boyunu göstermektedir. Şekil 26 da hem paralel hem seri bağlama söz konusudur. Yayların kuvvetini paralel bağlanan yaylar belirlemekte, seri bağlama ise yaylanma boyunu belirlemektedir. Üstteki bağlamada kuvvet ikişer adet paralel bağlamadan dolayı 2 n olup yaylanma boyu 4 s dir. 4 adet ikişerli bağlama olmasına rağmen seri bağlantı olduğu için kuvvet artmaz, paralel bağlanan en çok yay sayısı iki olduğu için kuvvet 2 n dir. Şekil 26 Altındaki yay gurubunda 4 seri bağlamadan dolayı yaylanma 4 s olmasına rağmen kuvvet 1 n dir. Kesik çizgiler sürtünmeli durumlarda yayların kuvvet değişimlerini göstermektedir. Simetrik bağlanmadan dolayı yaylanma boyu kuvvete göre doğrusal değişir. Konuyla ilgili olarak bir grafik daha vermek gerekirse;

Şekil 28 de paralel ve seri asimetrik bağlanmış yay gurupları beraber kullanılmaktadır. Bu bağlamda eğer 1 n kuvvet uygularsanız ilk iki yaydan 2 s kadar, diğer yaylardan da çok az bir yaylanma ile 1 s kadar yaklaşık 3 s yaylanma olur. Eğer 2 n kuvvet uygularsanız ilk yaylarla beraber ikinci gurupta kapanacağı için yaklaşık 5 s bir yaylanma boyu elde edersiniz. 3 n kuvvet uygulanmasında ise bütün yaylar kapanır, daha önceki kapanmalarla beraber 6 s yaylanma boyu elde edersiniz. Ama bu yay gurubunun karşılayabileceği maksimum kuvvet 3 n dir. En alttaki 6 yay gurubundan dolayı kuvvet 6 n olmaz. Kuvvet çizelgesi dikkatlice incelenmelidir.



Şekil 28, Kuvvet ve yaylanma boyu
Seri tertiplemede tek, iki ve üç yay paketli

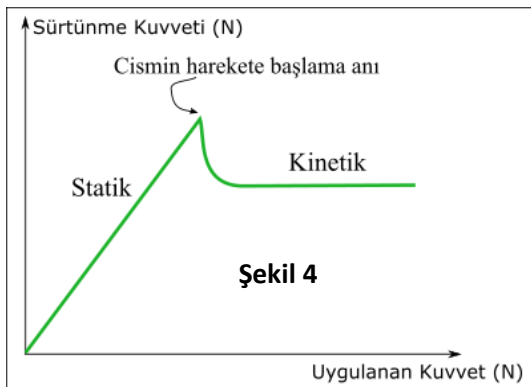
Yay dizilişlerindeki paralel ve seri bağlantı şekillerine dikkat etmek gerekir. Yaylar konusunda dikkat edilmesi gereken bir diğer konu yayların kuvvetlerinin sıkışma oranlarına göre değişmeleridir. Yaylanma boyu dikkatli hesaplanmaz ise sıkışma oranı değişeceği için yapılan hesaplar tutmaz. Seri ve paralel bağlanmalar dikkate alınmalı, gerçek değerlere göre yay ve toplam yay kuvveti hesaplanmalıdır. En çok arka arkaya (paralel) yapılmış yay paketi en büyük toplam kuvveti, diğerleri yaylanma boyunu verirler. Sıraya koyduğunuz bütün yaylar kuvvette etkili olmayabilir. Aşağı ve yukarı yönde frenlemede farklı kuvvetlerin gerekeceği dikkate alınarak esnek malzeme seçimi ve yerleşimi yapılmalıdır. Etkili olan yay kuvvetini hesapladıktan sonra sürtünme değerini hesaplamaya geçebiliriz.

$$F_T = n * F_Y$$

SÜRTÜNME KATSAYISI DEĞERİ μ_0

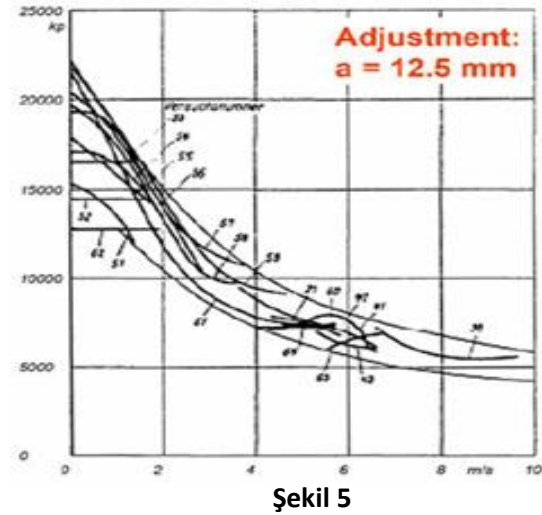
Sürtünme katsayısı boyutsuz ve skaler bir değerdir. İki cisim arasındaki sürtünme katsayısı, iki cismi birbirine bastıran kuvvetlerin oranı olarak da belirtilebilir. Sürtünme katsayısı kullanılan materyale göre değişir. Genellikle, kinetik sürtünme kuvvetinin büyüklüğü, statik sürtünme kuvvetine göre daha küçüktür. Bu yüzden çoğu zaman bir şeyi harekete geçirmek, harekete devam ettirmekten daha zor olur. Harekete geçirebilmek için statik sürtünme kuvvetinin aşılması gerekir. Hareketi devam ettirebilmek içinse kinetik sürtünme kuvvetinin yenilmesi gerekir.

- Statik sürtünme katsayısı μ_s , kinetik sürtünme katsayısı μ_k ile gösterilir. Her zaman $\mu_s > \mu_k$ dir.
- Statik sürtünme kuvveti $F_{st} = \mu_s N$ formülüyle,
- Kinetik sürtünme kuvveti $F_{kn} = \mu_k N$ formülüyle hesaplanır.
N yüzeye uygulanan normal kuvvetidir.



Şekil 4 uygulanan kuvvete göre statik ve kinetik sürtünme kuvvetinin nasıl değiştiğini göstermektedir. Statik sürtünme kuvveti geçildiğinde, sürtünme katsayısına bağlı olarak kinetik sürtünme kuvveti ile cisim hareket ettirilebilir. Genel olarak statik değer kinetik değer in özel durumlar haricinde %120 si olarak kabul edilebilir. Aynı kuvvet için kinetik sürtünme kuvveti sabit kalır. Ama hız ve kuvvet değiştiğinde sürtünme katsayısı değişir.

Bu konuda “Johannes de Jong” ilgili makalesinde Dr. Ing. Klaus Feyrer’in sürtünme katsayısı ile ilgili çalışmalarını vermiştir. Şekil 5 te hız değişimi ve yük değişimine göre sürtünme katsayısının değişimleri görülmektedir. Aynı kuvvette hız değiştikçe sürtünme katsayısı değiştiği gibi, kuvvet değişince de katsayı değeri değişmektedir. Ani etkili frenlerde doğrudan bir sıkışma oluşur ama kademeli güvenlik tertibatlarında sürtünme kuvveti frenin temel çalışma şeklidir. Bu yüzden μ sürtünme katsayısının üzerinde özellikle durmak gerekir. Kademeli güvenlik tertibatında Şekil 3 de gösterildiği gibi μ_1 , μ_2 , μ_3 olmak üzere 3 adet sürtünme katsayısı incelenmelidir. Önce μ_1 incelenecektir.



Şekil 5

μ_1 katsayısı baskı plakası ile ray arasında oluşan sürtünme değeridir. Yukarıda da bahsedildiği gibi hıza göre bu değer değişir. TS EN 81-50 Standardı tahrik hesaplarında μ_1 değerinin hıza göre değişimi için değerlendirme yapmıştır. TS EN 81-50 madde 5.11.2.3.2 sürtünme katsayısının değerlendirilmesi maddesinde asansörün hareket halindeki durumlarda katsayı için hıza göre bir formül vermiştir. Standardın verdiği formülde kaskat halat sürtünme katsayısı $\mu = 0,1$ alındığı için formül buna göre düzenlenmiştir. Formülde kullanılan v ölçümün yapıldığı hızı belirtir. μ_0 değeri her fren tasarımı için ağırlıksız olarak ve çok düşük hızlarda ölçülmelidir. Daha sonra bu değer hızlara göre revize edilmeleri gerekir.

Standartta verilen formül
$$\mu = \frac{0,1}{1 + \frac{v}{10}};$$

Fren uygulaması için revize edilmiş formül

$$\mu_1 = \frac{\mu_0}{1 + \frac{v}{10}};$$

Ancak sürtünme katsayısındaki hıza göre değişim, yük değişimi olduğundaki katsayı değişimini tam olarak karşılamaz. Ray cinsine ve baskı plakasının özelliklerine göre daha farklı davranışlar görülecektir. Baskı plakasında yapılan sertleştirme, yüzey şekillendirmesi, sıkıştırma kaması veya silindirdeki yapılanma genel bir formülasyona gitmeyi zorlaştırmaktadır. Düz sıkıştırma kamalarında yük arttığında sürtünme katsayısı artmakta, ancak dişli yüzeylerde veya üzerine tırtıl açılan silindirlerde yük arttıkça katsayı azalabilmektedir. Baskı plakası yüzey şekillendirmesi ve sertleştirme değerleri de sürtünme katsayısını doğrudan etkilemektedir. Mak. Müh. Said Bedir'in “Çift Yönlü Asansör Fren Bloklarının Modellenmesi ve Sonlu Elemanların Analizi” isimli İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezinde bu konuyu incelemiştir.

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

Tablo 3.1: Düz çeneler için sürtünme katsayısı

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

Tablo 3.2: Dişli çeneler için sürtünme katsayısı

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

Çeşitli yük uygulamalarında sürtünme katsayısının sadece hıza göre düzenlenmesi yeterli olmaz. Yüke göre de bir k yüzey form katsayısının hesaplara eklenmesi gerekir. k yüzey form katsayısı frenlerde kullanılan malzemelere ve sertleştirme değerlerine bağlı olup kullanılan sıkıştırma malzemesi cinsine ve uygulanan yüke göre artabilir veya azalabilir. Yüksüz ve çok düşük hızda yapılan ilk sürtünme değeri ölçümlerinde statik ve kinetik katsayı oranına bağlı olarak bu değer $k=1,2$ alınabilir. Bu katsayı yapılan testlerde saha ölçümlerine bağlı olarak hesaplanmalı ve formüllere çarpan olarak eklenmelidir. Bu düzeltme yapılmadığı durumlarda kayma mesafelerini doğru olarak tespit edebilmek mümkün olmayacaktır. Bu durumda sürtünme kuvvetini düzenlemek gerekir.

$$\mu_0 = \mu_1 * k$$

$$F_s = \mu_1 * k * F_T$$

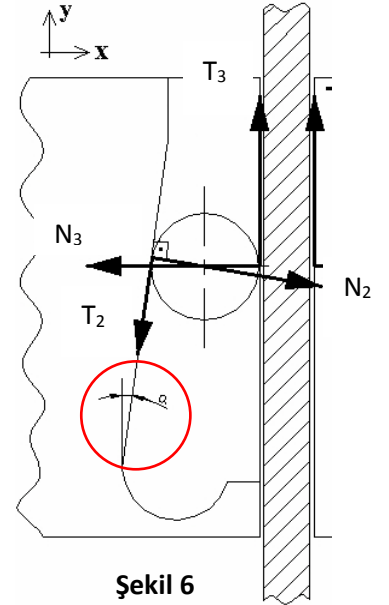
Pratikte yapılan testlerde $0,6 g_n$ yavaşlama ivmesine göre ayarlanmış ve $0,19$ cm kayma mesafesi beklenen bir frenin standardın belirttiği toleranslar dışında kalan raylardan pala genişliği $15,8$ mm gelenlerde yayların sıkışması daha az olduğu için ortalama kayma mesafeleri $0,25-0,30$ metrelere çıktığı, pala genişliği $16,2$ mm olanlarda ise daha fazla yay sıkışmasından dolayı mesafelerin ortalama $0,13-0,16$ metrelere düştüğü görülmüştür. Standardın istediği sonuçlara ulaşabilmek için standart ölçüleri içinde kalan rayların kullanılması gerektiği unutulmamalıdır.

Şekil 6 da gösterilen N_2 ve N_3 kuvvetlerini oluşturan sürtünme kuvvetleri Şekil 3 de gösterilen μ_2 ve μ_3 sürtünme katsayılarına karşılık gelmektedir. Bu sürtünme katsayısı değerleri frenin çalışabilmesi için önem taşır. Frenleme anında kama veya silindirin yuvadaki sürtünme kuvvetlerini yenip sıkıştırma işlemini yapabilmesi gerekir. Aksi durumda sıkıştırma oluşmaz dolayısıyla frenleme gerçekleşmez. Bunun için uygun bir yuva açısı olmalıdır. Gene yukarıda bahsettiğim yüksek lisans tezinde bu konu incelenmiş ve bir hesaplama yapılmıştır. (Alıntıda bazı dil hataları ve Şekil 3'e uygunluk için kuvvet işaretleri değiştirilmiştir)

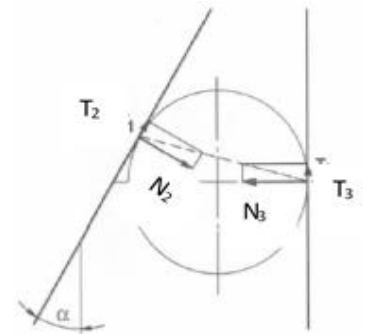
“Silindirin frenleme esnasında rayın üzerinde sürüklenerek daralan araya girmesi ve sürekli olarak sıkıştırması, silindir yuvası eğiminin ray ile silindir arasındaki sürtünme katsayısından daha küçük olmasıyla gerçekleşir. Silindir üzerinde iki farklı yönde sürtünme vardır, bu yüzden silindir ile ray arasındaki sürtünmenin silindir ile yuvası arasındaki sürtünmeden büyük olması gerekir. Yani kilitlemenin gerçekleşebilmesi için $\mu_3 > \mu_2$ olmalıdır. Bakiye kalan sürtünme α açısından büyük olmalıdır.”

Aynı konu . “Investigation Of Stresses On Guider Rails And Safety Gears, C.E.Imrak, S. Bedir, S.Targıt Elevcon 2008” makalesinde de incelenmiştir. Hesaplama yöntemi belirtilmiş ve α açısı için aşağıdaki eşitlik verilmiştir.

$$\tan \alpha < (\mu_3 - \mu_2) / (1 + \mu_3 * \mu_2)$$



Şekil 6



Şekil 7

Mak. Müh. Said Bedir kendi makalesinde bu hesaplama için bir de örnek vermiştir. (Şekil 7)

*“Örneğin, bir asansör tesisinde kılavuz ray-silindir çiftinin oluşturduğu yüzey sürtünme katsayısı $\mu_3 = 0,25$, silindir-blok çiftinin oluşturduğu yüzey sürtünme katsayısı ise $\mu_2 = 0,1$ olsun. Gereken silindir yuvası eğim açısı; $\tan \alpha < (0,25-0,1)/(1+0,25*0,1)=0,1463$ $\alpha < 8^\circ 18'$ olmalıdır.”*

Bu açı farklı sürtünme değerleri için farklılık gösterir. Fatih C. BABALIK, Kadir ÇAVDAR makalelerinde bu açığı 6-7 derece olarak önermektedir. Fren boyunu küçültmek için yapılan açının büyütülmesi ve sıkıştırma boyunun küçültülmesi son derece riskli çalışmalardır, frenin çalışmamasına sebep olabilir. Genelde bu açı yukarıda hesaplanandan daha küçük olarak uygulanmalıdır. Açının küçülmesi frenin daha rahat devreye girmesi için bir güvence ve konforlu çalışma için bir kolaylıktır.

FREN TIPLERİNE GÖRE KAPASİTE BELİRLENMESİ

TS EN 81-50 standardı çeşitli fren tipleri için sınıflama yapmış ve test yöntemlerini belirlemiştir. Madde 5.3 de bu ayrımlar yapılmış ve özellikleri belirlenmiştir. Bunları ani etkili ve kademeli güvenlik tertibatları olarak iki ana grupta incelemek mümkündür. Kademeli güvenlik tertibatları da çalışma şekillerine göre içlerinde bölümlere ayrılırlar.

Ani etkili güvenlik tertibatlarının kullanılabilmesi için asansör beyan hızı 0,63 m/s maksimum hız ile sınırlandırılmıştır. Bu yüzden yavaşlama ivme değerleri öncelik taşımaz çünkü o hızlarda yapılacak bir frenlemede tetikleme hızı 1 m/sn olarak alınsa bile 1 g_n yavaşlama ivmesi için 0,05 m bir frenleme mesafesi yeterli olmaktadır. Bu yüzden bu frenlerde önemli olan izin verilebilir maksimum kütlenin tespit edilmesidir. TS EN 81-50 Standardı bu frenler için yapılacak test yöntemini M. 5.3.2.2 de, izin verilecek kütlenin belirlenmesini ise M. 5.3.2.3 de belirtmiştir. Fren bloğunun yapılan testte elastik deformasyon sınırı içinde kalması veya sınırı aşması durumunda hesap yöntemlerini belirlemiştir. Burada değeri belirleyen frenin mekanik yapısının mukavemet değeridir. Bu değer izin verilen maksimum kütlenin kendisi olarak alınabilir.

Kademeli güvenlik tertibatlarında izin verilen kütle frenin mekanik yapısına bağlı olarak seçilmez. Frenin mekanik mukavemet değerinin altında kalmak şartı ile kullanılan yayların oluşturduğu sürtünme kuvvetine göre belirlenir. Sürtünme kuvveti hesaplanması bölümünde anlatıldığı gibi 0,6 g_n bir yavaşlama ivmesi için izin verilen kütle olarak sürtünme kuvvetinin 16 da biri alınır. Bu değer frenin izin verilen maksimum kütlesinin altında bir değer olmak durumundadır. Bu kural 0,6 g_n elde etmek için tek bir kütleyle göre ayarlanmış güvenlik tertibatlarında geçerli bir kuraldır.

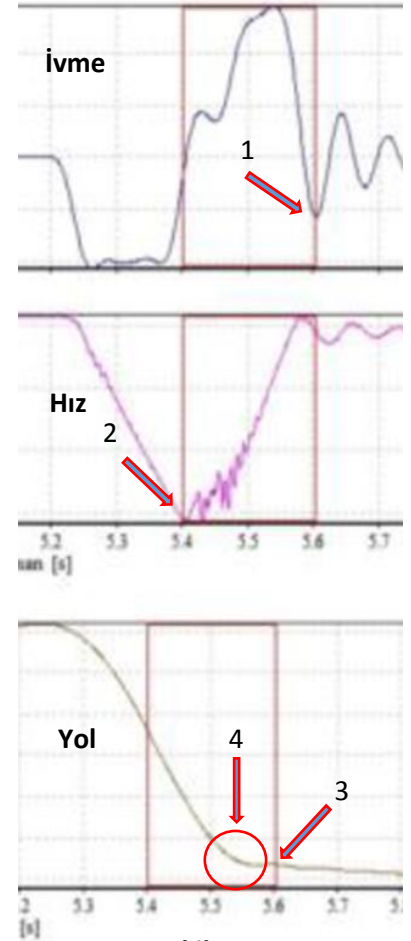
Tek kütleli frenler üreticide doğrudan istenen ağırlık tipine göre özel üretilebileceği gibi, çok kullanılan belirli ağırlık gurupları için yayları baştan ayarlanmış ve mühürlenmiş, aynı frenin çeşitli modelleri veya tipleri olarak ta üretilebilirler. Böylece farklı yay gurupları kullanılarak çeşitli ağırlık guruplarına ve hızlara hitap eden, hedef olarak 0,6 g_n yavaşlama ivmesini alan frenler üretilebilir. Ancak bu gurup veya tiplerden herhangi birisi tek başlarına alındığında “Tek bir kütle için ayarlanmış güvenlik tertibatı” olarak ele alınırlar. Aynı fren bloğunun farklı yay gurupları ile farklı yük ve hızlarda kullanılıyor olması onları tek kütle için yapılmış fren olmaktan çıkarmaz. Çünkü bu tip frenlerin 0,6 g_n için izin verilen kütleleri ve hızları üzerlerinde belirtilir. Bu frenlerin test yöntemi 5.3.3.2.2.1 de belirtilmiştir.

Aynı blok ve yay gurubunda fren bloğu üzerinde sahada yapılabilecek mekanik kademe ayarlamaları ile veya kesintisiz ayar veya ayar yapmadan geniş bant aralığında kullanılacak frenler 5.3.3.3.2 maddesinde “Farklı kütleler için belgelenmiş güvenlik tertibatı” olarak tanımlanmışlardır. Kademeli veya kademeli olarak ayarlanabilen frenlerde kullanılacak kütleyle göre değişik ayar kademeleri kullanılır ve güvenlik tertibatı 0,6 g_n yavaşlama ivmesini yakalayacak şekilde farklı kütle veya hızlar için ayarlanırlar. Bu frenlerin belgelendirme testleri 5.3.3.2.3.2 maddesinde tanımlanır. Ayarın yapılabildiği maksimum ve minimum değerlerdeki beyan kütleleri için testler yapılmalıdır. Ayarın yapılabildiği minimum kütle ayarı, frenin kullanılabilmesini belirttiği en alt kademe beyan kütle ayarıdır. Çoğunlukla frenlerde uyarı açısından standart şartları dışına çıkılabilecek minimum değerler belirtilir. Bu değerler ile en alt kademe beyan yük değeri karıştırılmamalıdır.

Bu karışıklık bize özgü bir fren tipi üretiminden kaynaklanmaktadır. Kademeli veya kesintisiz olarak herhangi bir ayar mekanizması olmamasına karşın 500-3500 kg beyan yükleri arasında ve 2,5 m/sn hızlara kadar her şart altında kullanılabilir süper frenlerin üretiliyor olması ve yavaşlama ivmesi olarak gene herhangi bir ayarlama yapılmadan 0,2-1 g_n değerlerin arasında kalındığının söylenmesi, testlerde ayrıca gene bize özgü bir minimum beyan yükü testinin yapılmasını gündeme getirmektedir. Kademeli bir fren olduğu için 0,63 m/sn hız üzerinde 500 kg ve 2,5 m/s hızda 3500 kg kapasite sınırları içinde kullanılabilir anlamına gelmektedir ki bildiğimiz teknik ve hesaplarla bunu sağlamak için ayrı bir inovasyon gerektirir. Bu yaklaşım yazının içinde belirtilen bütün mekanik hesap, malzeme kullanımı ve yaklaşımları alt üst etmektedir.

Yapılacak ortalama ivme ölçümlerinde frenlemenin başladığı an ile kabinin durduğu an arasında ölçümler yapılmalıdır. Yanda buna göre sınırları belirlenmiş bir grafik verilmiştir.(Şekil 8) Frenlemenin başladığı an hız grafiğinden sürekli düşüşün başladığı an olarak belirlenmelidir. Arada silindirin takılması sonucu anlık değişimler olabilir ancak sürekli hız düşümünün başladığı an kabul edilmelidir (2 nolu ok). Çünkü hızlanma ilk sıkışma anında kilitleme hızının üstünde devam edebilmektedir. Frenlemenin bittiği an ise kabinin durduğu an olarak kabul edilmelidir. Duruş anı yol veya seyahat eğrisinden alınmalıdır (3 nolu ok). Frenlemenin en son anlarında kabinde bir silkelenebilir olur. Silkelenenin devam ettiği zaman dilimi durma periyoduna dahil edilmelidir (4 nolu ok). Silkeleme esnasında kabin takozlarındaki esnemenin dolaylı olarak ters yönde hızlanma gibi görülen hareket aslında kabinin durduğunu göstermez. Duruş noktası ivme grafiğinin yön değiştirdiği yer olarak alınabilir (1 nolu ok), ancak duruş anı hassas olarak tespit edilmelidir. Ortalama yavaşlama ivmesi de bu aralıkta ölçülmelidir. Sınırların doğru belirlenmesi için çok düşük frekans filtrelemesi yapılabilir. Yanlış sınır belirlenmesi ortalama yavaşlama ivmesi değerlerini çok değiştirebilir. Bunu sağlamanın en güzel yolu, testte ölçülen fren izi ile grafikte verilen fren izi yolunun birbirini karşılamasıdır. Doğru olan test değeridir ve grafik değerlerinin bunu sağlamış olması gerekir. Sağlamıyorsa ölçüm sınırları tekrar gözden geçirilmelidir.

Ölçümün doğruluğu ancak pratikte ölçülen değerlerin doğrulanması ile yapılabilir. Grafikte verilen a_{ort} değeri, ölçülen $a_{ort} = v^2/(2*s)$ hesaplaması ile uyumlu olmalıdır. Gerçek değerlere uymayan grafik değerleri doğru olarak kabul edilmemelidir. Birçok ülkede a_{ort} değeri doğrudan s mesafesi ölçülerek bulunmaktadır.



Şekil 8

SONUÇ

1. Güvenlik tertibatı üretimlerinde hesaplara sadık kalınmalı ve üretilen fren özelinde kullanılan malzemelere ve baskı plakalarına ve sıkıştırma aparatlarına verilen şekillere bağlı olarak μ_0 sürtünme katsayıları dikkatlice ölçülmelidir. Yük ve hız durumlarına göre k yüzey form katsayıları da testlerde ölçülmeli ve hesaplara dahil edilmelidir. Bunlar değişik beyan yükü ve hızlarda fren kapasitesini doğrudan etkileyen katsayılardır.
2. Kullanılan yaylar ve diziliş durumlarına göre dikkatlice sıkıştırma mesafeleri hesaplanmalı ve bu mesafelerin devamlılığı sağlanmalıdır. Yaylarda seri ve paralel bağlantılar dikkate alınarak hesaplar yapılmalıdır. Düşük sayılı paketlerin sadece yaylanma boyuna etkili olacakları unutulmamalıdır. Yay kuvvetini en fazla sayıda oluşturulmuş paralel paket belirler. Bu yay gurubunun istenen kuvveti verebilmesi içinde sıkıştırma boyunun hassas şekilde hesaplanması ve aynı boyda kalmasının sağlanması gerekmektedir.

3. Yukarıda da belirtildiği gibi frenleme kuvveti birçok faktöre bağlı olup kullanılan malzeme ve şekillendirmelere göre belirlenmelidir. Kademeli güvenlik tertibatlarında çalışma şekli sürtünme üzerine kurulmuştur. Sürtünme değerleri hıza ve yüke bağlı olarak değişir. Yüzey şekillendirmelerinde yapılacak en ufak bir değişiklik büyük farklara yol açar. Yay kuvvetleri aynı üretici firmanın farklı paketlerinde bile değişebilir. Firmaların dışarıya verdiği şekillendirme ve sertleştirme işlemleri, dışarıdan satın aldığı yay ve diğer malzemeler sürekli kontrol altında tutulmalı, değişikliklere izin verilmemelidir. En ufak farklılık fren değerlerinde büyük sapmalara sebep olabilir.
4. Ülkemizde özel yapılmış çok geniş aralıklara hitap eden frenler yapılmaktadır. Bu tür ürünlerde maksimum hız ve beyan kütlesi ile minimum hız ve minimum kütle arasında $0,2-1 g_n$ yavaşlama ivmesi şartlarının sağlandığının yeniden gözden geçirilmesi gerekir. Bu şart hem üreticiler hem de kullanıcılar açısından dikkatlice değerlendirilmelidir. Herkesin ticaretine ve rekabetine saygı duyulmalıdır ama bu özgürlük insanların sağlık ve güvenliğini tehdit etmemelidir. Bu durumda standart ve güvenlik şartlarına dikkat eden diğer üreticilere karşı haksız bir rekabet oluşmaktadır. Güvenlik şartlarının sağlanması durumunda ise kimsenin söyleyecek bir şeyi olmaz.
5. Güvenlik tertibatı üretimi bilerek ve hesaplayarak yapılması gereken bir üretimdir. Yukarıda anlatılan hesaplamalar kesinlikle uygulanması gereken kurallardır ama frenin çalışmasının devamlılığını ancak iyi bir metal bilgisi sağlayabilir. Malzemelerin belirli yük, darbe, ısı ve sürtünme şartlarında aynı davranış özelliğini göstermesi ve bunun devamlılığının sağlanması, işin esas kısmıdır. Metalürji bilgisi olmadan malzemelerin yan yana getirilmesi, toleransların belirlenmeden imalat yapılması ancak benzer bir taklit yapılmasını sağlar fakat işlev açısından aslı ile aynı performansı göstermez. Yataklama elemanlarının bile yanlış malzemeden seçimi fren davranışlarında beklenmeyen sapmalara sebep olabilir. Metal bilgisi olmadan yapılan frenler ancak tek seferlik çalışabilecek frenlerdir. İkinci seferde ne olacağı bilinmez. Malzemelerden bir tanesinde frenleme esnasında darbe veya ısı yüzünden oluşacak bir deformasyon, yapılan bütün hesapları bozar, beklenmedik davranışların ortaya çıkmasına sebep olur. Sürtünme katsayılarındaki değişimleri engellemek ve davranış sürekliliğini sağlamak için kullanılan metaller ve metal davranışları muhakkak dikkate alınmalıdır.

Asansörde güvenlik tertibatı ve regülatörler en önemli aksamlardır. Asansörü vinçten ayıran en önemli özellik olan bu aksamlar için daha dikkatli olunması gerekir. Freni güvenli olmayan bir asansörde ancak eşya taşınabilir. Tasarruf bu aksamlardan başlamamalıdır. Fren kapasitesinin belirlenen değerlerde standartta istenen sınır yavaşlama ivmelerini oluşturduğunu ve davranış devamlılığı gösterdiğinden emin olmak gerekir. Bu makale konu ile ilgili olarak başlangıç seviyesi sayılmalıdır, kalite ince detaylarda saklıdır. Metal konusunda ne kadar dikkatli olunursa o kadar başarı elde edilir. Herkese kolaylıklar diliyorum.

Serdar Tavaslıoğlu
Elk. Müh.