

Soru : Neden ray tırnaklarının sürtünme hesabı yapılması gerekiyor. (Guide rail clips)

Asansörde rayların davranışları önemli bir yer tutar. Rayların düzgün durması ve yeterli mukavemete sahip olması asansörün güvenli çalışması için birinci kuraldır. Eğer ray, kabin ve karşı ağırlığa düzgün şekilde kılavuzluk yapamazsa veya bir frenleme anında yeterli mukavemeti gösteremezse asansörde felaketler yaşanabilir. Bu yüzden rayların birbirlerine ve kuyuya bağlantıları özel önem taşır. Rayların kuyuya bağlantılarını 2018 İzmir Asansör Sempozyumu “**Konsol ve Bölmelerdeki Gerilmeler**” bildirisinden incelenebilir.

Burada sorunun kaynaklarından bir tanesi, iki farklı davranan malzemenin birbirine bağlanmış olmasıdır. Ray metal bir malzemedir, sıcaklıktan etkilenecek uzar veya kısalır. Bağlantının yapıldığı betonda hareket eder, zaman içinde çeker ve ölçü değiştirebilir. Ancak bu birbirine bağlanan iki malzemenin hareket yönleri ve davranış zamanları farklı olmaktadır. Betonun hareketini kontrol etmek mümkün değildir, ama rayların davranışları kontrol edilebilir ve hesapları yapılabilir.

Raylardan istediğimiz ilk şart kabin ve karşı ağırlığı belirlenen yerde ve doğrultuda tutmalarıdır. Bu yüzden raylar kuyu duvarlarına yanal hareket etmeyecek şekilde bağlanmalıdırlar. İkincisi ise bu bağlantının rayın uzama ve kısalmasına müsaade etmesidir. Üçüncüsü ray üzerine etki eden kuvvetlere karşı yeterli mukavemete sahip olması ve bu kuvvetler karşısında bükülme yaşamamasıdır. Bu yüzden raylar konsollara tırnaklar vasıtasıyla bağlanırlar, doğrudan bağlantı yapılmaz. Tırnakların rayların yanal hareketini önlediği, düşey harekete ise müsaade ettiği kabul edilir (EN 81-20; 5.7.1.4). Bu durumda bir frenleme anında rayların hareket etmemesi ve rijit durmaları için de raylar bir taraftan (alttan veya üstten) sabitlenirler. (EN 81-20; 5.7.2.2 Note 2) Bu uygulama belirli seyir yüksekliği olan asansörlerde gayet iyi bir çözüm olarak kullanılmaktadır.

Asansörlerin seyir mesafeleri çok artınca bu uygulamada sorunlar ortaya çıkmıştır. Tırnaklar rayların sadece yanal hareketlerini önlemektedir ama çok fazla sayıda tırnak rayı sıkınca, ray bu baskıyı yenip düşey yönde hareket edememektedir. Bu hem rayın ısı karşısındaki hareketini önlemekte hem de betonun çekmesi veya kuyunun oturması sonucu oluşan kuyu boyu değişikliğinde rayın duruma uyum sağlamasını önlemektedir. Bu durumda ya ray, tırnakların sürtünme kuvvetini yenecek ve bozulmadan yeni duruma uyum sağlayabilecek mukavemette olup durumunu koruyacak yada bu kuvveti yenemeyerek bükülecektir.

Çok fazla sayıda konsol ve tırnak kullanılan asansörlerde tırnakların oluşturacağı sürtünme kuvvetleri sorun oluşturur. Bunun için yüksek katlı binalarda sürtünme kuvveti az olan tırnaklar kullanılmaya başlanmış, böylece ray kesitlerinin artması önlenmeye çalışılmıştır. Bu konuda daha fazla bilgi için 2020 İzmir Asansör Sempozyumunda “**Asansör Klavuz Raylarının, Taşıyıcı Halatlarının EN 81-20/50 (2014)’e Uygun Hesabında Bazı Yöntem ve Yaklaşımlar**” Latif Dalli, Mehmet Yücelay, Gürkan Öztürk / Gravit Makine” tarafından sunulan bildiri incelenebilir.

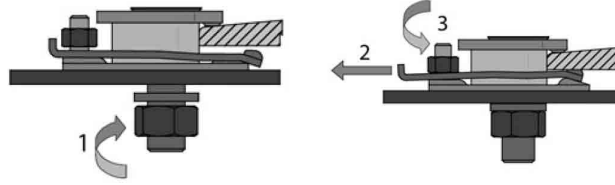
Bildirinin 4. Bölümünde birçok durum dikkate alınarak inceleme ve hesaplama yapılmıştır. Tırnakların sürtünme kuvvetleri ve civata sıkma değerleri üreticiler tarafından verilmesi gereken değerlerdir. Aynı bildiride bazı tırnak sürtünme değerleri de verilmiştir. Kabaca döküm tırnakların sürtünme kuvvetlerinin çelik tırnaklara göre çok daha fazla olduğunu söyleyebiliriz. Aşağıda gene aynı bildiriden alınmış bazı tırnak sürtünme değerleri görülmektedir. Döküm tırnak ile çelik tırnak arasında büyük fark olduğu görülecektir. Döküm tırnaklar bu yüzden tutucu tırnak olarak kabul edilirler. (Her firma monte ettiği tırnakların gerçek F_r değerini kullanmalıdır.)

Tipo de guía Type of guide		T45/A	T50/A	T55/A	T70/A	T70-70-9/A	T75/A-B	T78/B	T80-80-9/A	T82/A-B	T89/A-B	T90/A-B	T125-L1/A	T114/B	T125/B	T127-1/B	T127-2/B	T140-1/B	T140-2/B	
Para fijar guías For fixing guide rails	F.Rozamiento / brida (kgf) Friction force / clip (kgf)	Max.	170	170	170	260	350	280	350	260	400	400	350	500	500	500	500	700	700	700
Para fijar componentes For fixing components	F.Rozamiento / brida (kgf) Friction force / clip (kgf)	Min.	120	120	120	180	250	180	250	180	300	300	250	320	320	320	500	500	500	500
F.Rozamiento / brida Friction force / clip	Min.	30	30	30	71	84	84	71	89	71	89	89	84	89	89	90	90	90	90	90
Fr (kgf)	Max.	38	38	38	89	105	105	89	87	89	87	87	105	87	87	87	121	121	121	121



Table : Guide rail clips friction values

Yüksek binalarda konsol ve tırnak uygulamaları gittikçe daha fazla önem taşımaktadır. Bu konuda birçok çalışma yapılmıştır, yapılmaktadır. Farklı çalışma şekilleri olan tırnaklar uygulanmaya başlamıştır. Aşağıdaki resimde iki ayarı olan bir tırnak görülmektedir. Önce rayın yanal hareketini önleyecek ana civata sıkılmakta, sonra düşey harekette çok fazla sürtünme yaratmayacak yayı sıkı yardımcı civata sıkılmaktadır.



Standardın da söylediği gibi 40 mt seyir mesafesinden büyük seyir mesafeli asansörlerde tırnak sürtünme değeri dikkate alınmalıdır (EN 81-20; 5.7.2.3.5 Note). EN 81-20 standardında ilgili hesap özet olarak aşağıda verilmiştir.

“TS EN 81-20 Madde 5.7.2.3.5 Baskı veya germe kuvveti sonucu olarak kabinin, karşı ağırlığın veya dengeleme ağırlığının dikey kuvveti F_v , aşağıdaki formül kullanılarak uygun bir şekilde hesaplanmalıdır (değerlendirilmelidir).

Kabin için

$$F_v = [k_1 \cdot g_n \cdot (P+Q) / n] + (M_g \cdot g_n) + F_p$$

Dengeleme veya karşı ağırlıklar için

$$F_v = [k_1 \cdot g_n \cdot M_{cwt} / n] + (M_g \cdot g_n) + F_p$$

Alttan veya üstten sabitlenmiş raylarda

$$F_p = n_b \cdot F_r$$

Herhangi bir yerden sabitlenmemiş raylarda

$$F_p = n_b \cdot F_r / 3$$

Burkulma gerilmesi

$$\sigma_k = [(F_v + k_3 \cdot M_{yardımcı}) \cdot \varpi] / A''$$

Burada;

F_p Bir kılavuz rayda bulunan tüm konsolların kuvvetiyle itme (betonun çekilmesinin veya binanın normal oturması nedeniyle), (N),

F_r Konsol başına tüm klipslerin kuvvetiyle itme (N),

g_n Sandard serbest düşme ivmesi (9,81 m/s²),

k_1 Dinamik darbe faktörü (kılavuz rayı üzerinde güvenlik tertibatı etkisizse $k_1 = 0$),

M_g Kılavuz raylarının bir hattının kütlesi, kilogram (kg),

n Kılavuz rayların sayısı,

n_b Bir kılavuz ray için konsolların sayısı,

Bir örnek yapmak gerekirse, bir konsolda iki tırnak olduğunu varsayalım. T90 B bir rayda bir konsolda döküm tırnak kullanılması durumunda $F_r = 2 \cdot 400 \cdot 9,81 = 7848 \text{ N}$, çelik tırnak kullanılması durumunda $F_r = 2 \cdot 87 \cdot 9,81 = 1706,94 \text{ N}$ olacaktır. (Değerler tablodan alınmıştır) Bir rayda kullanılan konsol sayısı n ile çarpılırsa F_p değeri bulunur. Burada binanın oturmasından dolayı oluşan basınç söz konusu olduğu için bir taraf raydaki bütün konsollar dikkate alınmalıdır. $Z=70$ metre ray olan bir asansörde konsol mesafesi $L_k=2$ mt ise $n_b=(Z/L_k)+1=36$ olacaktır.

Oluşan σ_k burkulma gerilmesinin, müsaade edilebilir gerilme değerinden (σ_{perm}) küçük olabilmesi için F_v değerinin düşük olması gerekir, aksi durumda ray kesiti A nın büyütülmesi gerekecektir. F_v değerinin küçük olabilmesi içinde diğer değerlerin yanında F_p değerinin küçük olması ve $(M_g \cdot g_n)$ ray ağırlığının az olması gerekir. Bir konsolda iki tırnak olduğunu düşünürsek çelik ve döküm tırnak arasında her konsolda yukarıdaki tabloda da görüleceği gibi büyük farklar çıkmaktadır. Yüksek katlı binalarda çok konsol olduğu durumlarda F_p sürtünme değeri çok yüksek çıkar, $[k_1 \cdot g_n \cdot (P+Q) / n]$ frenleme kuvvetinin oldukça üstünde değerler verir. Bu şartın oluşması durumunda serbest döşenmiş (freely hanging) ray kullanarak yukarıdaki formülde verildiği gibi F_p sürtünme kuvvetinin $1/3$ ü alınmaya çalışılır. Aksi durumda çok yüksek ray kesitleri kullanmak gerekir.

Özellikle sismik bölgede ray hesaplarına sismik etkiden dolayı ek kuvvetlerinde oluşmasıyla yüksek katlı binalarda tırnak seçimi büyük önem taşır. Buna dikkat edilmez ise iki üst ölçü rayın kullanılması ile ancak hesaplarda emniyetli gerilme değerlerinin yakalanması mümkün olur.

F_p değerinin $1/3$ alınabilmesi ve rayların beton hareketinden etkilenmemeleri için her iki tarafın boş bırakıldığı ve rayların alt tarafına ayar mekanizmalarının bulunduğu uygulamalar yaygınlaşmıştır. Bükülme kuvveti TS EN 81-50 standardında aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

C.2.1.2 Burkulma

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (P+Q)}{n} + M_g \cdot g_n + F_p, \quad \sigma_k = \frac{(F_v + k_3 \cdot M_{aux}) \cdot \omega}{A}$$

Ancak bu asansörlerde yapılacak hesaplarda

1. Tırnakların sürtünme kuvvetinin, kabinin frenlemesinde ve rayların ağırlığından oluşan kuvvetten fazla olduğu, rayların bu yüzden frenleme esnasında sürüklenmeyecekleri,

$$\frac{k_1 \cdot g_n \cdot (P+Q)}{n} + M_g \cdot g_n < F_p,$$

2. Frenleme esnasında oluşan toplam momentin ray mukavemet momentince karşılandığı ve ray bükülmesinin oluşmayacağı özellikle kontrol edilmiş olmalıdır.

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \quad \sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$$

C.2.1.3 Birleşik gerilme

Eğilme gerilmeleri

$$\sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm}$$

Eğilme ve basma/çekme gerilmeleri

$$\sigma = \sigma_m + (F_v + k_3 \cdot M_{yardımcı}) / A \leq \sigma_{perm}$$

Eğilme ve burkulma gerilmeleri

$$\sigma = \sigma_k + 0,9 \sigma_m \leq \sigma_{perm}$$

Aksi durumda rayların her iki tarafı da boşta olduğu için asansörde frenleme esnasında raylarda sürüklenme meydana gelir, raylara bağlı şalterler, bayraklar, varsa kuyu okuma sistemleri, kat ayarları, regülatör gergi tertibatı pozisyon değiştirir veya hasar görür. Bu durumun sonucunda standarttan sapma oluşur, asansör güvenliğini tehlikeye sokar. Aşağıdaki resimde katlarda çelik tırnak kullanan, en altta ise ray altına ayar vidası ve tutucu döküm tırnak kullanılmış, rayları serbest döşenmiş bir asansör görülmektedir.



Asansör tasarımlarında özellikle 40 mt seyir mesafesinden yüksek seyir yapan asansörlerde tırnak seçimi, ray yerleşimi ve ek kuvvetler dikkate alınarak hesaplama yapılmasına dikkat edilmelidir. Deprem bölgesi asansörlerinde hala deprem kuvveti hesaplarının yapılmadan ray hesaplarının yapılıyor olması, bunca yaşanan sıkıntıya rağmen sismik dayanıklılığı olmayan asansörlerin onaylanıyor olması kabul edilemez. Daha nasıl büyük bir deprem olmalı ki, bu hesapları zorunlu kılalım.

Bile bile gelen kazaya göz yaşı dökmek çok akıllıca olmaz. Böyle giderse yeni ağıtlara hazırlıklı olmak gerekir.

Soru: Standartta bir raydaki konsollar derken neden tüm hattaki konsollar dikkate alınıyor?

n asansördeki **ray hattı** (rail line) sayısını belirtir. n_b de bu **ray hattındaki toplam konsol sayısını** belirtir. F_p de bu ray hattındaki tüm konsollardan dolayı oluşan **toplam sürtünme kuvvetini** verir. Bu konu karıştırılan bir konu olduğu için CEN-TC10-WG1_N2091_EN81-20_INTER 011 sorulan bir soruya cevap yazısında nasıl anlaşılması gerektiğini belirtmiştir. Aşağıda bu yazının ilgili kısmının İngilizce ve Almanca olan bölümleri verilmiştir. Yazı CEN sayfasından indirilebilir.

Where

- F_p is the push through forces of all brackets at one guide rail **line** (due to normal settling of the building shrinkage of concrete) in newtons;
- F_r is the push through force of all clips per bracket in newtons;
- g_n is the standard acceleration of free fall (9,81 m/s²);
- k_1 is the impact factor according to Table 14 ($k_1 = 0$ in the case of no safety device acting on guide rail);
- M_g is the mass of one line of guide rails in kilograms;
- N** is the number of guide rail **lines**;
- n_b is the number of brackets for a guide rail **line**;
- P are the masses of the empty car and components supported by the car, i.e. part of the travelling cab compensating ropes/chains (if any), etc. in kilograms;
- Q is the rated load in kilograms.

Dabei ist

- F_p die Durchdrückkraft aus allen Schienenbügel an einem Führungsschienen**strang** (als Folge der üblichen Setzung des Gebäudes oder Schwinden des Betons) in N;
- F_r die Durchdrückkraft aller Klemmen je Schienenbügel in N;
- g_n die Normalfallbeschleunigung (9,81 m/s²);
- k_1 der Stoßfaktor nach Tabelle 14 ($k_1 = 0$ für den Fall, dass keine Sicherheitseinrichtung an der Führungsschiene angreift);
- M_g die Masse eines Schienenstrangs in kg;
- n die Anzahl der Führungsschienen**stränge**;
- n_b die Anzahl der Bügel je Führungsschiene;
- P die Masse des leeren Fahrkorbs und der an ihm hängenden Einrichtungen, z. B. Teil des Hängekabels, gegebenenfalls Ausgleichsseile/ -ketten usw. in kg;
- Q die Nennlast in kg.

Açıkça görüldüğü üzere **ray hattının** dikkate alınması gerektiği, tek bir rayı almanın doğru olmayacağı kırmızıyla yazılarak belirtilmeye çalışılmıştır. Kuvvet binanın oturmasından kaynaklandığı için binaya bağlı olan bütün konsollar raya etki edecektir. Yapılacak hesapta bir taraftaki rayın hesabı yapıldığı için tek taraftaki raydaki bütün konsolları dikkate almak gerekir. Bu yüzden n_b hesabı yapılırken ilk bölümde de söylendiği gibi $Z =$ kuyu boyu m , $L_k =$ Konsol arası mesafe m ise $n_b = (Z/L_k) + 1$ ile basitçe konsol sayısı hesaplanabilir. Uygulama projelerinde konsol sayısı ve F_r gerçek değerleri kullanılarak hesap yapılmalıdır. Asansör tasarımı ön hesaplarda (teklif için yapılan ön hesaplarda) F_r için birinci soruda tabloda verilen değerler ve n_b içinde yukarıda verilen formül yaklaşık bir hesap için yardımcı olacaktır. Ancak gerçek uygulamada özellikle yüksek seyir mesafeli ve dolayısıyla yüksek hızlı asansörlerde gerçek değerler ile hesap yapılmazsa ray eğilmesinden dolayı büyük riskler oluşur. Aralıkların mm ile ölçüldüğü bir montajda yüksek hızlı asansörlerde raylardaki cm lik bir eğilme felaket olabilir. Kullanılan tırnağın F_r değeri beyan edilmelidir. Bu konu asansör tasarımında özellikle dikkate alınmalıdır. Bu hesapları yapmadan asansör yapmak büyük hata olur.

Kolaylıklar diliyorum.

Serdar Tavaslıoğlu