

ASANSÖR KABİNİ VE KARŞI AĞIRLIĞIN, GÜVENLİK TERTİBATI ÇALIŞMASI VE SİSMİK HAREKET DURUMUNDA KARKAS YAPISI İÇİN BİR HESAPLAMA ÖNERİSİ

Serdar Tavaslıoğlu
www.serdartavaslioglu.com

ÖZET

Kabin ve karşı ağırlık karkas hesabı ve tasarımı asansör güvenliğinde çok önemli bir yer tutmaktadır. Ancak karkas dikey ve yatay kirişleri birçok üretici firmada bir alışkanlık olarak hep aynı kalınlık ve ebatlardaki malzemeler ile yapılmaktadır. Asansör ölçüleri ve beyan yükü değişse bile, karkas ölçülerinde ve profil kalınlıklarında bir değişiklik olmamaktadır. Bunun sonucunda bir frenleme veya sismik hareketlilik durumunda karkaslarda büyük tahribatlar oluşabilmektedir. Geçmişte yaşanan depremlerde bu tür olaylar sıkça yaşanmıştır. Bu konuda bir hesap yöntemi üzerinde çalışmanın önemi açıktır. Bu çalışma asansör karkaslarının güvenlik tertibatı çalışması ve sismik hareketlilik esnasında standartça verilen kuvvetleri dikkate alarak bir hesaplama yöntemi oluşturma konusunda bir öneri sunmaktadır.

KABİN MUKAVEMET HESAPLARI

Asansör tasarımının ana parçalarından birisi de içinde kişi taşıyan kabin ve bunu dengeleyen karşı ağırlık tasarımıdır. Asansörde tasarım ile projelendirmeyi karıştırmamak gerekir. Birincisi yapılacak imalatın bütünüyle hesaplarının yapılarak, Asansör ve ilgili diğer Direktif şartlarının karşılanıp güvenliğinin sağlanmasını sağlar. Projelendirme ise bu imalatın binaya yerleşimini, ölçeklendirilmesi ve ilgili diğer imalatlar ile bağlantılarının belirtilmesini gösterir. Birisi hesap ve güvenlik, diğer ise ölçü ve yerleşim demektir. Yapılacak bir kabin imalatının da imalatçı tarafından Temel Güvenlik Kurallarına göre bir uygunluk denetiminden geçmiş olması gerekir. Bu beyan Self Deklerasyona dayanabilir. Asansör firması teslim aldığı her kabin için, imalatçıdan bir Uygunluk Beyanı istemelidir. Teknik dosyasındaki Tip'e uygun imal edilmiş bir kabin ve imalatçısından alınmış bir uygunluk beyanı, asansör firmasını ayrıca hesap yapma zorunluluğundan kurtarır. Bu durumda bütün sorumluluk kabin imalatçısına aittir. Aksi durumda sorumluluk asansörün bütününe ait Uygunluk Beyanını veren Asansör Firmasına ait olacaktır. İmalatçı, kabinde kullandığı güvenlik tertibatı için muhakkak Asansör Direktifi konusunda yetkili bir Onaylanmış Kurulştan verilmiş Tip sertifikası olan bir güvenlik tertibatını kullanmalı ve kabinle beraber verilmesi halinde Uygunluk Beyanında bunu belirtmelidir. Kabini ve karşı ağırlığı kendisi imal eden asansör firmaları içinde aynı durum söz konusudur. Dosyasında kabin ve karşı ağırlık uygunluk beyanı bulunan bir asansör imalatında kabin hesapları, kullanılan güvenlik tertibatı, beyan yükü ve hızına uygun olarak yapıldığı kabul edilir. Sorumluluk kabin imalatçısına ait olmak üzere, asansör firmasından ayrıca hesap istenmez. Bu beyanın bulunmaması halinde herhangi bir kaza durumunda sorumluluk doğrudan asansörün güvenli olduğuna dair Uygunluk Beyanı veren asansör firmasına ait olur. Firmalarımızın bu konuda hassasiyet göstermesini tavsiye ederim.

Aşağıda TS 1812 Aralık 1988 standardı temel alınarak yapılmış ve günümüz hesap yöntemine göre yeniden uyarlanmış öneri bir kabin ve karşı ağırlık karkas hesabı yapılmıştır. Bir hesap yaparken otorite tarafından yapılmış ve doğrulanmış bir hesabı temel almak ve buna göre düzenlemek genelde doğru bir yöntemdir. Bu standart halen geçerli bir standarttır, ancak hesap yöntemi günümüz yaklaşımına çok uygun değildir. Genel olarak doğru bir yaklaşımı olmasına rağmen kuvvetlerin X ve Y yönünde incelemesini içermez. Önerilen hesap yöntemi TS 1812

Standardının yaklaşımı temel alınarak, X ve Y yönünde kuvvetlere göre düzenlenmesini içerir. Ancak bir Tip Uygunluk Dosyası hazırlamak için daha ayrıntılı ve geniş imalat tiplerini içeren hesaplar gerekir. İmalatçı firmalar olası çeşitlendirmeleri de içine alan ayrıntılı hesapları yapmak zorundadır. Bu dosya ayrıca montaj talimatlarını, parça listesini, kullanma ve montaj kılavuzunu içermek zorundadır. Böyle ayrıntılı bir dosyanın hazırlanması, Asansör ve ayrıca Makine Yönetmeliğine uygun hale getirilmesi, asansör imalatının tasarımında ana ürünlerden birisi olan kabinler ve karşı ağırlıklar için önem arz eder.

1. KABİN İSKELETİ VE DÖŞEMESİNDEKİ GERİLMELER

TS 1812 Standardı hesaplarda kabul edilmesi gereken en yüksek gerilme değerlerini vermiştir. Bu değerler Jager Yaklaşımına göre güvenlik sınırının belirlenmesi esasına dayandırılmıştır. Bu değerler halen makina şaselerinde kiriş ve kolon hesaplamalarında, cıvata bağlantılarında, kuyu içi bölme profillerde kullanılan geçerli gerilme değerlerdir. TS 1812 standardı değerleri kgf olarak vermiştir. Günümüzde hesaplarda daha çok Newton kullanıldığı için tabloya ayrıca bir N/mm² sütunu eklenmiştir. $g = 9,81 \text{ m/sn}^2$, $N \simeq 0,1 \text{ kgf}$ olarak kabul edilmiştir. Hesaplarda kolaylık olması için $g=9,81 \text{ m/s}^2$ sabiti $g=10 \text{ m/s}^2$ olarak alınmıştır. Bu durumda

$$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kp} = 10 \text{ N} = 1 \text{ daN}$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ bar} = 1 \text{ kp/cm}^2 = 1 \text{ at} = 10 \text{ N/cm}^2 = 0,1 \text{ N/mm}^2 = 100 \text{ kPa} \quad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2 = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2 \quad \text{olarak kabul edilmiştir.}$$

TS 1812 ÇİZELGE 3 - Kabin İskeleti ve Döşemelerindeki En Büyük Gerilmeler

GERİLME YERİ	GERİLME TİPİ	GERİLME (EN ÇOK)		HESAP ALANI
		kgf/cm ²	N/mm ²	
Üst kirişler	Eğilme	900	90	Brüt kesit
Tampon çarpma kirişi	Eğilme	1800	180	Brüt kesit
Dikey kirişler	Eğilme + çekme	1300	130	Net kesit
Kiriş bağlantıları	Eğilme	1000	100	Brüt kesit
	Çekme	1250	125	Net kesit
Askı elemanları bağ elemanları	Eğilme + çekme	600	60	Net kesit
Alt kirişler	Eğilme	900	90	Brüt kesit
	Çekme	500	50	Net kesit
	Makaslama	500	50	Net kesit
Cıvatalar (1)	Taşıyıcı	1150	115	Net kesit
	Eğilme	1300	130	Brüt kesit
	Makaslama	700	70	Net kesit
Perçinler	Taşıyıcı	1300	130	
	Eğilme	1300	130	Brüt kesit
	Makaslama	700	70	Net kesit
Normal yüklemdeki kirişler	Basınç (2)	1000-(4,2.L ² /R)	100-(4,2.L ² /R)	Brüt kesit

1) cıvataların hem basınca, hem de çekmeye çalışması halinde gerekli emniyet kontrolü yapılmalıdır.

2) L = kirişin serbest uzunluğu (kgf da cm, N de mm)
R = kesitin en az eylemsizlik yarıçapı (kgf da cm, N de mm)

TS 1812 Madde 2.6.6.3 Kabin iskeleti dikine kirişlerinin hesabı maddesinde “Kabin iskeletinde bulunan her bir dikey kirişin çekme ve eğilmeden gelen toplam gerilmesi, narinlik oranı ve eylemsizlik momenti aşağıdaki formüllerle hesap edilir.” denmektedir ve ilgili formül ve kullanılan birimler aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$\text{Toplam gerilme } \sigma_{\text{Top}} = 0,009807 \left(\frac{ML}{4HW_0} + \frac{G}{2A} \right)$$

Burada;

σ_{Top} = Toplam gerilme (kPa)

$M.L/4.H.W_0$ = Platforma yüklenen kabin anma yükü G_y dolayısıyla her bir dikey kirişin eğilme gerilmesi

M = Döndürme momenti (N.m)

L = Kirişin civata bağlantıları arasında kalan serbest uzunluğu (m)

H = Alt ve üst kılavuz pabuçlar arasındaki uzaklık (m)

W_0 = Dikey kirişin dayanım momenti (m^3)

G = Kabin en üst katta kabin anma yükü kütesinden dolayı dikey kirişin taşıyacağı yük (kg)

A = Kesit alanı (m^2)

$G/2A$ =Platforma yüklenen kabin anma yükü (G_y) dolayısıyla her bir dikey kirişin çekme gerilmesi kgf/m^2 olarak alınmıştır.

Standartça verilen formülün üzerinden gidip, bu formülü günümüz yaklaşımına çevirirsek bir temel oluşturmuş oluruz. Formülü çekme ve eğilme gerilmesi olarak iki aşamada inceleyebiliriz. Formülün birinci kısmı olan $g_n.(M.L/(4.H.W_0))$, Platforma yüklenen kabin anma yükü G_y dolayısıyla her bir dikey kirişin eğilme gerilmesi olarak verilmiştir.

Eğilme gerilmesi

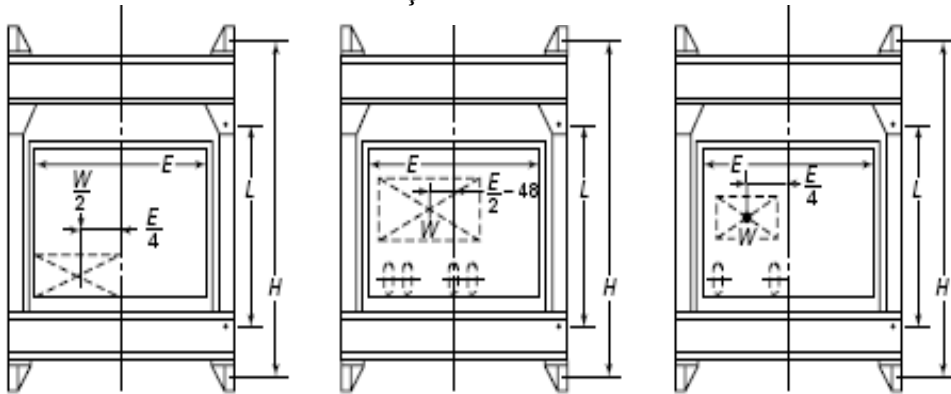
$$\sigma_e = g_n. (M.L)/(4.H.W_0)$$

$$M = \frac{G_y b}{8} \cdot 9,807$$

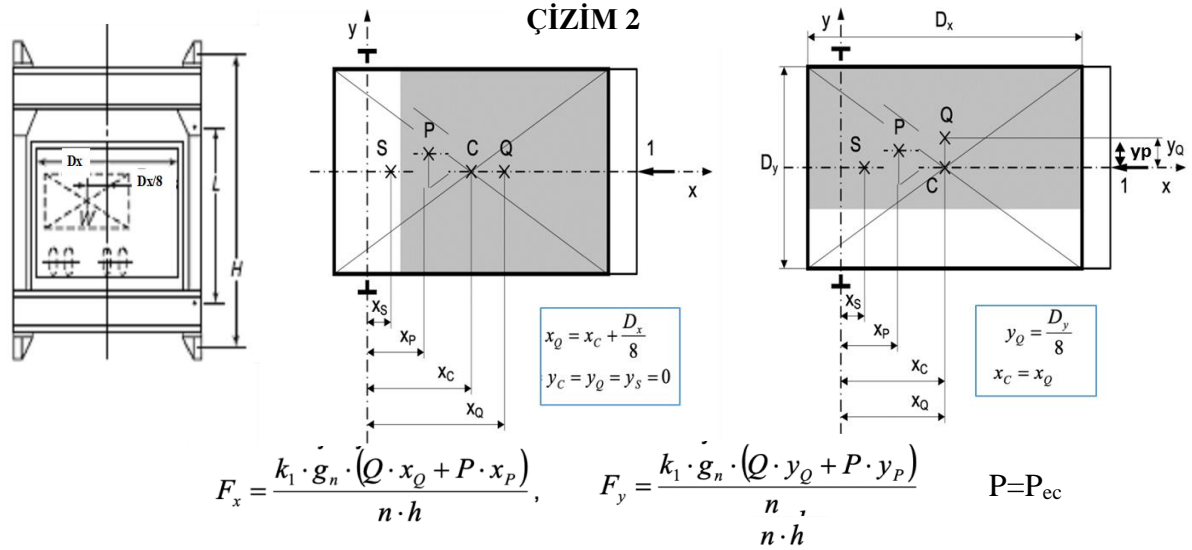
$$M = 9,807 \frac{G_y b}{4}$$

İnsan asansörlerinde $b/8$ ve yayılı yük taşıyan yük asansörlerinde $b/4$ moment kolu alınmış, eğmeye çalışan kuvvet olarak da $G_y = \text{Beyan yükü}$ kabul edilmiştir. Kabin ağırlığının simetrik olduğu ve moment koluna etki etmeyeceği düşünülmüştür. Benzer hesap yöntemi ASME de aynı alınmış ve hesap yöntemi grafiği aşağıdaki Çizim 1 de gösterilmiştir.

ÇİZİM 1



Ancak daha sonraki standartlar yeni bir yaklaşım getirmiş ve kabin ağırlığının da burada etkili olduğu ve kabin ağırlık merkezinin kaçık olması durumunda eğilme momentini etkileyeceği kabul edilmiştir. O zaman etki eden yük olarak G_y yerine, yolcu için Q , kabin içinde de P_{ec} değerlerini alır, $b=D_y$ dersek bu formülü günümüzde kullandığımız formülasyon şekline dönüştürmek mümkün olur. Ancak burada dikkat edilmesi gereken P değerinde karkas hariç kabin ağırlığının alınması gerektiğidir. Buna P_{ec} diyebiliriz. Sismik hesaplarda da kullanılan “Empty Car” anlamındaki işaret daha uygun olacaktır. O zaman formül bizim bildiğimiz hali ile F_x ve F_y olarak yazılabilir.



Çizim 2 de dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ray hesaplarında F_y hesabı yaparken bir raya etki eden alt veya üst patenin tek taraflı basması karşısındaki diğer tarafın boşta kalmasından dolayı $n/2$ çarpanındaki $1/2$ nin formülde kullanılmadığıdır. Çünkü F_y kuvvetinde F_x gibi kabin kirişlerinde her iki tarafta da etki etmektedir. Ray hesaplarında F_x iki patenle etki ederken F_y kuvveti sadece bir patenle rayda etkili olmakta diğer paten boşta basmaktadır. Gene formülde geçen P değeri P_{ec} (Karkas hariç kabin ağırlığı) olarak alınmalıdır. Bu durumda formülasyon olarak alışık olduğumuz grafiği kullanmak daha anlaşılır olur.

Eğmeye çalışan bu kuvvetlere göre momenti hesaplırsak, L kirişinin her iki ucundan sabitlendiği dikkate alınarak, L boyu civata bağlantıların sonlandığı noktalardan alınmalı ve her iki tarafı sabitlenmiş kiriş olduğu için $L_0 = L/2$ olarak formüle edilmelidir.

$$M_x = F_x \cdot L_0 = F_x \cdot L/2$$

$$\sigma_x = M_x / W_x =$$

$$M_y = F_y \cdot L_0 = F_y \cdot L/2$$

$$\sigma_y = M_y / W_y$$

$$\sigma_e = \sigma_x + \sigma_y \text{ olacaktır.}$$

TS 1812 Standardının F_y yönünde ve tek taraflı eşit olmayan yük dağılımı için yaptığı formülü biz iki taraflı ve her iki yönde eşit olmayan yük dağılımı için incelemiş oluruz. Standardın verdiği eğilme gerilmesi formülü

$$\sigma_e = g_n \cdot (M \cdot L) / (4 \cdot H \cdot W_0) \text{ idi.}$$

Bizim yazdığımız ve $n=2$ ray için formülü buna göre düzenlersek, formülde L ve H mt olduğu için onları mm, W değerini ise mm^3 olarak alırsak sonuç N/mm^2 olarak çıkacaktır.

$$\sigma_e = M_x / W_x = F_x \cdot L / (2 \cdot W_x) = g_n \cdot (k_1 \cdot (Q \cdot x_Q + P_{ec} \cdot x_P)) \cdot L / (2 \cdot 2 \cdot h \cdot W_x)$$

$$= g_n \cdot (k_1 \cdot (Q \cdot x_Q + P_{ec} \cdot x_P)) \cdot L / (4 \cdot H \cdot W_x)$$

Arada sadece frenleme katsayısı k_1 ve eğmeye çalışan kuvvet hesabında P_{ec} boş kabin ağırlığının ilave edilmesinin olduğu görülecektir. TS 1812 standardı da madde 2.6.6.6 da hesaplamalarda “Frenleme anındaki en büyük kuvvet de hesaplamada dikkate alınmalıdır” demektedir. Yeni standart kabulümüzde frenlemenin etkisini k_1 çarpanı ile hesapladığımız için standardın yaklaşımına uygunluk göstermektedir. Böylece standardın kabul ettiği tek yöndeki ana formül günümüz anlayışına göre her iki yönde ve her iki yük durumu için eğme gerilmesinde düzenlenmiş olur. Böylece F_x ve F_y kuvvetleri her iki durum için incelenebilir ve $\sigma_e = \sigma_x + \sigma_y$ nin büyük olduğu şart alınırsa dikey kirişteki eğilme gerilmesi hesaplanmış olur.

Hesap yöntemi oluşturulurken temel alınan TS 1812 standardının ilgili maddeleri incelenip tek yönde verilen hesaplar her iki yön ve ray hesaplarından alıştığımız F_x ve F_y şekline dönüştürülerek günümüz anlayışına uygun hale getirilmiştir. Bu sayede F_x ve F_y değerleri sismik zone için hesaplanıp yerine konursa TS EN 81-77 standardı içinde imalatların hesaplarının yapılması sağlanabilir. Böylece aynı hesap yöntemi, önce kabindeki kuvvetler standart asansör güvenlik tertibatı çalışması hali için hesaplanıp kontroller yapılır, sonrada sismik hareket esnasındaki kuvvetler hesaplanarak sismik durum normal çalışma için kontroller yapılabilir. Sismik zon kuvvet hesapları için 2020 İzmir Asansör Sempozyumunda sunduğum “TS EN 81-77 Asansörler - Yapım Ve Montaj İçin Güvenlik Kuralları - Yolcu ve Yük Asansörleri İçin Özel Uygulamalar – Bölüm 77: Sismik Durumlara Tabi Asansörler” Standard Özeti Ve Deprem Kuvvetlerine Göre İlave Ray Hesapları-Serdar Tavaslıoğlu” makalesi incelenebilir.

TS 1812 Standardında çekme gerilmesi formülün ikinci kısmında aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$\sigma_{\zeta} = g_n \frac{G}{2A}$$

G yerine $Q+P_{ec}$ değerlerini alarak ve frenleme etkisi k_1 katsayısını ilave ederek

$$\sigma_{\zeta} = g_n \cdot k_1 \cdot (Q+P_{ec}) / 2A \text{ yazabiliriz.}$$

Burada da fark olarak gene frenleme katsayısının ve P_{ec} nin ilave edildiği görülecektir. Alan A mm^2 olarak alınmalıdır. Toplam gerilme eğme ve çekme gerilmelerinin toplamı olacaktır.

$$\sigma_T = \sigma_e + \sigma_{\zeta} < \sigma_{EM} = 130 \text{ N/mm}^2 \text{ (Çizelge 3 den dikey giriş emniyetli gerilme değeri)}$$

Standart ayrıca malzemenin narinlik ve eylemsizlik momentinin de kontrol edilmesini istemektedir. Bunlarla ilgili olarak aşağıdaki maddelerde ilgili formül ve şartları istemiştir.

2.6.6.3.2 - Narinlik

$$L/i_{min} < 120 \text{ olmalıdır}$$

$$\lambda_{he} \leq \lambda_o = 120 \text{ olmalıdır}$$

$$\lambda_{he} = L_{bk} / i_{min}$$

$$i_{min} = (I/A)^{1/2} \text{ formülleri kullanılır.}$$

λ_{he} =Narinlik derecesi

I = Eylemsizlik momenti mm^4

i_{min} = Eylemsizlik en küçük yarıçapı mm

L_{bk} = Konsollar arası uzunluk mm

A = Kesit mm^2

2.6.6.3.3 - Dikey kirişlerin eylemsizlik momenti

$$I=(M.L^3) / (457,2.E.H) < I_0 \text{ olmalıdır}$$

I = Eylemsizlik momenti (m⁴)

E = Malzemenin esneklik modülü (kPa)

M = Moment (N.m)

L = Kirişin serbest uzunluğu (m)

H = Alt ve üst klavuz papuçları arasındaki uzaklık (m).

Bu formülü ve birimlerini kullanmak yerine, çelik malzemelerdeki sehim miktarı kontrolü yapılmasının daha doğru olacağını düşünüyorum. Çelik malzemelerde sehim 1/500 ila 1/1000 arasında olmalıdır. Yatay kirişlerde emniyetli sehim 1/1000 olarak kabul edilir. Dikey kirişlerde ise 1/750 değeri genel kabul görmüş bir orandır. Bu yaklaşımla dikey kirişlerde sehim miktarı 1/750 yi geçmemelidir. Yeni standartlarda verilen ray için sehim formülü kullanılarak sehim hesaplanırsa;

$$\delta_x = (0,7 \cdot F_x \cdot L^3) / (48 \cdot E \cdot I_x) \quad x-x \text{ düzleminde}$$

$$\delta_y = (0,7 \cdot F_y \cdot L^3) / (48 \cdot E \cdot I_y) \quad y-y \text{ düzleminde}$$

$$\delta_x/L \text{ ile } \delta_y/L \leq 1/750 \leq \delta_{em} \text{ olmalıdır.}$$

I = Eylemsizlik momenti (mm⁴)

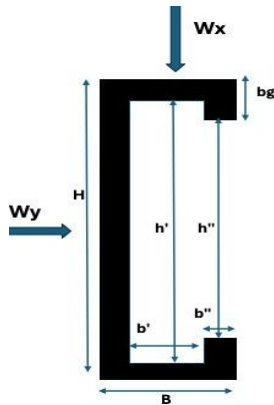
L= kirişlerin bağlantı arasında kalan serbest uzunluğu (mm)

i_{min} = kiriş veya kiriş gurubunun en küçük eylemsizlik yarıçapı (mm)

$$E = 2.1.10^5 \text{ N/mm}^2$$

Ray hesapları bir tarafı sabit mütemadi kiriş için yapılmış hesaplardır, kabinde ise ankastre kirişler kullanılması söz konusudur. Bu yüzden 0,7 çarpanı 0,5 olarak kullanılabilir ama kabin yatay ve dikey kirişlerinin çok da ankastre olduğu iddia edilemez. Bu yüzden 0,7 çarpanının aynen kullanılmasının uygun ve daha güvenli olacağı düşünülmüştür. Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta, ray hesaplarında X yönündeki F_x kuvveti ray aks gösterilişinde Y yönünde kaldığı için rayın I_y yönündeki eylemsizlik momentini etkilediğidir ancak bu hesaplamada bizler kuvvet ve eylemsizlik yönünü aynı aldığımız için aynı işaretli kuvvet ve eylemsizlik momentlerini kullanmamız gerekir.

Bu durumda sadece kullanılan dikey kirişin W ve I değerlerinin hesaplanması kalır. Bu hesaplamada yapılırsa malzemenin mukavemet kontrolü yapılabilir. Dikine kiriş olarak saç plaka kullanılması durumunda W ve I değerleri Çizim 3 deki formüllerden kolayca hesaplanabilir.



ÇİZİM 3

$$W_x=(BH^3-b'h'^3-b''h''^3)/(6H)$$

$$W_y=(HB^3-h'b'^3-h''b''^3)/(6B)$$

$$I_x=(BH^3-b'h'^3-b''h''^3)/(12)$$

$$I_y=(HB^3-h'b'^3-h''b''^3)/(12)$$

Dikine profilde bg bükümü olmaması durumunda b'' ve h'' değerleri olmadan hesap yapılmalıdır.

Askı kirişi ile yatay kiriş arası bağlantı cıvataları hesabı yapılmalıdır. Bu hesapta frenleme katsayısı kullanılmalıdır.

Köşebent ve kiriş arası bağlantı cıvataları kesme gerilmesi hesabı

$$\tau_K = g_n \cdot k_1 \cdot (P+Q) / (n \cdot A) < 50 \text{ N/mm}^2 \text{ TS 1812 çizelge 3}$$

τ_K = Kesme gerilmesi (N/mm²)

n = Kullanılan cıvata adedi

A = Cıvata kesit alanı (mm²)

2.6.6.3.4- Kabin iskeletinin eğilmesi (Üst yatay askı kirişi)

Kabin en üst durakta iken en büyük statik yük altında, kabin iskeleti üst ve alt kirişlerin eğilmesi, destekler arası açıklığın 1/1000 inden büyük olmamalıdır. Varsa denge zinciri veya halat kütlesi de hesaba katılmalıdır. Üst askı kirişlerde karkas ağırlığı da etkili olduğu için bu hesaplamada P_{ec} yerine doğrudan P kullanılmalıdır.

$$F = g_n \cdot k_1 \cdot (P+Q) / 2 \cdot n$$

$$\sigma_E = F \cdot (L/2) / W_x$$

$$\sigma_E < \sigma_{EM} = 90 \text{ N/mm}^2 \text{ TS 1812 çizelge 3 olmalıdır.}$$

Kabin iskeletinde üst askı kirişinde sehim

$$\delta_x = 0,7 \cdot (F \cdot L^3) / (48 \cdot E \cdot I_x)$$

$$\delta_x / L < 1/1000 \text{ olmalıdır}$$

W_x = Kirişin mukavemet momenti (mm³)

δ = Kabin iskeletindeki eğilme miktarı (mm)

F = Toplam yükün kiriş adedine bağlı olarak uyguladığı kuvvet (N)

L = Kiriş serbest boyu (mm)

E = Elastiklik modülü (N/mm²)

I_x = Kirişin eylemsizlik momenti

n = Kiriş adedi

2.6.6.5 - Kabin alt kirişinin çarpmadan doğan gerilmesi

Kabin altında tek tampon kullanıldığında, kabinin tampona çarptığı zaman kabin çarpma kirişinde meydana gelecek gerilmeler, tamponun kiriş ortasına çarptığı ve kirişin her iki ucuna gelecek yük, kabin yükü ile kabin ve halat kütleleri toplamının yarısı kabul edilerek :

$$\sigma_E = g_n \cdot k_1 \cdot L \cdot (P+Q) / (2 \cdot n \cdot W_x) < \sigma_{EM} = 90 \text{ N/mm}^2 \text{ olmalıdır}$$

σ_E = Kabin alt kirişinin çarpmadan doğan gerilmesi (N/mm²)

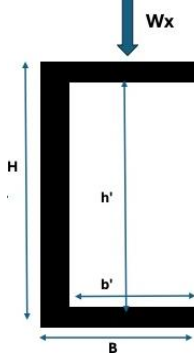
g_n = Standart yerçekimi ivmesi (9,81 m/s²)

L = Kiriş serbest boyu (mm)

P+Q = Kabin ve beyan yükü toplamı (kg)

n = Kiriş adedi

W = kabin alt kirişinin mukavemet momenti (mm³)



ÇİZİM 4

$$W_x = (BH^3 - b'h'^3) / (6H)$$

$$I_x = (BH^3 - b'h'^3) / (12)$$

Yatay profilde bg bükümü olması durumunda b'' ve h'' değerleri dikkate alınarak dikey kirişteki gibi hesap yapılmalıdır.

2.6.6.7 - Kabin döşemesinin gerilme hesapları:

Kabinin yüklenmesi veya boşaltılması sırasında, bir kabinin girişinde, yükün kapı ve kabin eşiğinden geçişinde, eşiğin orta noktasında etki eden bir eşik kuvveti F_s göz önüne alınmalıdır. Yükleme esnasında asansör hareket etmediği için herhangi bir hareket çarpanı kullanılmaz. Farklı kapıları olan asansör kabinlerinde her iki kapı içinde yükleme anında oluşan kuvvetler hesaplanmalı ve en kötü şarttakiler alınmalıdır. Eşik kuvvetinin büyüklüğü aşağıda belirtildiği gibi alınmalıdır.

$F_s = 0,4 \cdot g_n \cdot Q$ Konut, büro, otel, hastane gibi binalardaki, beyan yükü 2500 kg dan küçük asansörler için;

$F_s = 0,6 \cdot g_n \cdot Q$ Beyan yükü 2500 kg veya daha büyük olan asansörler için;

$F_s = 0,8 \cdot g_n \cdot Q$ Forklift ile yükleme durumunda beyan yükü 2500 kg veya daha büyük olan asansörler için; (TS EN 81-1)

Kabin döşemesinin eğilmesinde yüklerin kabin girişine paralel ilk kirişe uygulandığı varsayılır.

$$F = F_s / 2$$

Eğilme gerilmesi

$$\sigma_E = F \cdot (L/2) / W_x$$

$$\sigma_E < \sigma_{EM} = 90 \text{ N/mm}^2 \text{ olmalıdır. (TS 1812 çizelge 3)}$$

2.2.9. Narinlik

$L/i_{\min} < 120$ olmalıdır ankastre edilmiş krişlerde burkulma mesafesi $L = L_0/2$

$$\lambda_{he} = L_{bk} / i_{\min}$$

$$i_{\min} = (I/A)^{1/2}$$

Askı bağlantı parçası kesme hesabı

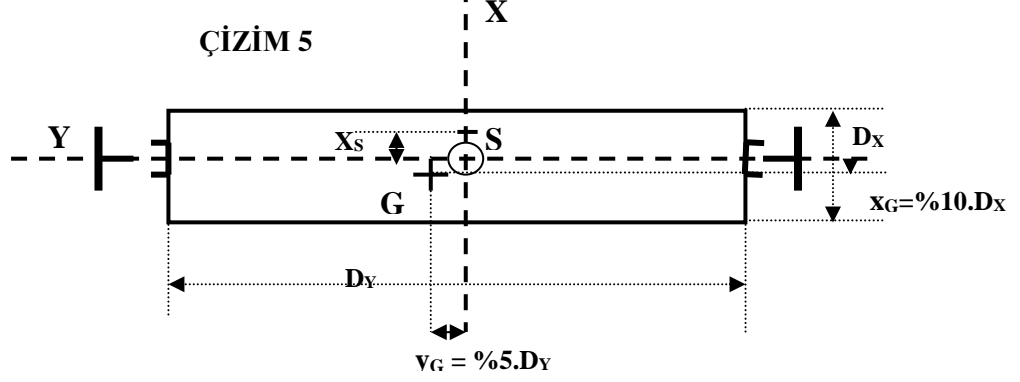
Kullanılan malzemeye göre halat bağlantı parçası kesme veya yırtılma hesapları yapılmalıdır.

3. KARŞI AĞIRLIK KARKASI TASARIMI

Karşı ağırlık askı noktasında oluşan kuvvet

$$F = g_n \cdot k_1 \cdot (G + K)$$

Askı noktasının ortalandığı ve karşı ağırlık kütesinin Çizim 5 de gösterildiği gibi dağıldığı kabul edilmiştir. Bu yüzden karşı ağırlık karkas hesaplarında tek yük durumu vardır. Karşı ağırlık ray hesaplarında karşı ağırlıkta güvenlik tertibatı olmaması durumunda dinamik faktör olarak k_2 kullanılır, çünkü kabin frenlemesinin raylar üzerinde bir etkisi yoktur. Ancak karkas hesabı yaparken kabindeki frenleme halatlar vasıtasıyla aynı şekilde karşı ağırlığa iletileceği için karşı ağırlık karkas hesaplarında da dinamik katsayı olarak k_1 kullanılması daha doğru olacaktır.



Karşı ağırlık üst askı kirişi gerilmesi

$$M = (1/2) \cdot L_1 \cdot F / (2 \cdot n_1)$$

$$\sigma_E = M / W$$

$$\sigma_E < \sigma_{em} = 130 \text{ N/mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Karşı ağırlık üst askı kirişi sehimi

$$\delta = 0,7 \cdot F \cdot L_1^3 / (48 \cdot E \cdot I)$$

$$\%L_1 = \delta / L_1 \quad \%L_1 < 0,001 \text{ Olmalıdır.}$$

Karşı ağırlık dikine (yan askı) kirişleri gerilmesi

Eğilme gerilmesi

Karşı ağırlık kütlelerinin X ekseninde 0.10 , Y ekseninde 0.05 kaçık olduğu kabul edilmiştir.

$$\sigma_x = (M_x / W_x) \quad M_x = g_n \cdot k_1 \cdot G \cdot (0,10 \cdot D_x) \cdot L_2 / n_2 \cdot H$$

$$\sigma_y = (M_y / W_y) \quad M_y = g_n \cdot k_1 \cdot G \cdot (0,05 \cdot D_y) \cdot L_2 / n_2 \cdot H$$

$$\sigma_e = \sigma_x + \sigma_y$$

Çekme gerilmesi

$$\sigma_\zeta = g_n \cdot G / n \cdot A$$

Toplam gerilme

$$\sigma_T = \sigma_\zeta + \sigma_e \quad \sigma_T < \sigma_{em} = 130 \text{ N/mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Narinlik derecesi

$$L / i_{\min} < 120$$

n₁ : Üst askı kirişi sayısı

n₂ : Yan askı köşebenti sayısı

M : Etki eden moment

W : Mukavemet momenti

δ : Oluşan sehim

I : Atalet momenti

G : Karşı ağırlık kütlesi

K : Karşı ağırlık karkası ağırlığı

L₁ : Üst askı kirişi boyu

L₂ : Yan askı köşebenti boyu

k₁ : Kullanılan güvenlik tertibatı cinsine bağlı dinamik etki faktörü

k₂ : 1,2 Ani elektromekanik frenleme etkisiyle oluşan dinamik darbe katsayısı

d : Karşı ağırlık derinliği

b : Karşı ağırlık genişliği

H : Karşı ağırlık patenleri arası mesafe

E : Elastikiyet modülü

(Birimler mm, kg, N ve N/mm² olarak kullanılmıştır)

4. SİSMİK DURUM HALİNDE RAYLARA ETKİ EDEN KUVVETLER

Sismik durum halinde TS EN 81/77 standardı raylara etki eden kuvvetleri tanımlamıştır. Bu koşul incelenirken frenleme olmadığı için dinamik faktör olarak normal kullanım çarpanı k_2 kullanılmalıdır. Standardın ilk versiyonunda P_{EC} ibaresi kullanılırken daha sonraki versiyonda bu değer P olarak alınmıştır, ancak biz karkasa etki eden kuvveti hesaplamak istediğimiz için formülde gene P_{ec} değerini kullanacağız. Deprem anında kabinde etki eden beyan yükü olarak Q_{SE} değeri kullanılmıştır. Ayrıca bu değer etkisi içinde X_{SE} değeri tanımlanmıştır. Bu değerler ve a_d değerinin hesaplanması için 2020 İzmir Asansör Sempozyumunda sunulan “TS EN 81-77 Asansörler - Yapım Ve Montaj İçin Güvenlik Kuralları - Yolcu ve Yük Asansörleri İçin Özel Uygulamalar – Bölüm 77: Sismik Durumlara Tabi Asansörler” Standard Özeti Ve Deprem Kuvvetlerine Göre İlave Ray Hesapları-Serdar Tavaslıoğlu” makalesi incelenebilir. TS EN 81/77 standardının verdiği ray hesabı için formüller aşağıda belirtilmiştir.

a) Kılavuz kuvvetlerinden kaynaklanan kılavuz rayın Y eksenine ilişkin eğilme gerilmesi:

$$F_X = k_2 * g_n * [Q_{SE} * (x_Q - x_S) + P_{EC} * (x_P - x_S)] / n * h + (a_x * (P_{EC} + Q_{SE}) * X_{SE}) / n$$

$$M_Y = (3 * F_X * L_K) / 16, \quad \sigma_Y = M_Y / W_Y$$

b) Kılavuz kuvvetlerinden kaynaklanan kılavuz rayın X eksenine ilişkin eğilme gerilmesi:

$$F_Y = k_2 * g_n * [Q_{SE} * (y_Q - y_S) + P_{EC} * (y_P - y_S)] / (h * n / 2) + (a_y * (P_{EC} + Q_{SE}) * X_{SE}) / (n / 2)$$

$$M_X = (3 * F_Y * L_K) / 16, \quad \sigma_X = M_X / W_X$$

Toplam Eğilme gerilmesi

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

$$Q_{SE} = k_{SE} * Q$$

Deprem tasarım ivmesi ile oluşacak deprem kuvveti ise standartça aşağıdaki gibi verilmiştir

$$F_{SE} = a_d * (P_{EC} + k_{SE} * Q) \quad \text{Kabin için,}$$

$$F_{SE} = a_d * (P_{EC} + q * Q) \quad \text{Karşı ağırlık ve dengeleme ağırlığı için,}$$

Q_{SE} Deprem şartlarında alınacak beyan yükü kütlesi kg

k_{se} Deprem yük faktörü (yolcu asansörleri için 0,4, yük asansörleri için 0,8 alınmalıdır)

Q Beyan yükü kg

F_{SE} Deprem tasarım ivmesinden oluşan ek kuvvet N

a_d Deprem tasarım ivmesi m/s^2

P_{EC} Kontrol kablosu ve denge zincirlerini hesaba katmadan boş kabin kütlesi kg

q Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı balans oranı değeri

Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı hesapları

Eğilme gerilmesi

Ağırlık merkezi kaçıklığı olumsuz durum şartı için her zaman ters tarafta düşünülmelidir.

Karkas hesabı yaptığımız için kabin ve karşı ağırlık karkaslarını birbirine yakın kabul edebiliriz.

O zaman aynı şekilde P değeri yerine P_{EC} değerini kullanmak daha doğru olabilir.

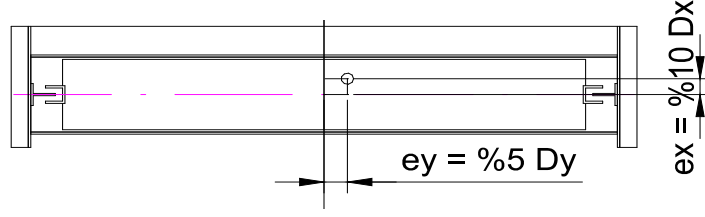
$$F_X = [k_2 * g_n * (P_{EC} + q * Q) * e_x * D_x] / n * h + (a_x * (P_{EC} + q * Q) * X_{SE}) / n$$

$$M_Y = 3 * F_X * L / 16, \quad \sigma_Y = M_Y / W_Y$$

$$F_Y = (k_2 * g_n * (P_{EC} + q * Q) * e_y * D_y) / 2 / n * h + (a_y * (P_{EC} + q * Q) * X_{SE}) / (n / 2)$$

$$M_X = 3 * F_Y * L / 16, \quad \sigma_X = M_X / W_X$$

ÇİZİM 6



5. RAYA ETKİ EDEN KUVVETLERİN KABİN KARKASI İÇİN DÜZENLENMESİ

Ray için yapılmış bu formülasyon daha önce güvenlik tertibatı çalışması için yapıldığı gibi karkas hesapları için düzenlenirse aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$F_x = k_2 \cdot g_n \cdot [Q_{SE} \cdot (x_Q - x_S) + P_{ec} \cdot (x_P - x_S)] / n \cdot h + (a_x \cdot (P_{ec} + Q_{SE}) \cdot X_{SE}) / n$$
$$M_x = F_x \cdot L_0 = F_x \cdot L / 2$$
$$\sigma_x = M_x / W_x$$

$$F_y = k_2 \cdot g_n \cdot [Q_{SE} \cdot (y_Q - y_S) + P_{ec} \cdot (y_P - y_S)] / (h \cdot n) + (a_y \cdot (P_{ec} + Q_{SE}) \cdot X_{SE}) / (n)$$
$$M_y = F_y \cdot L_0 = F_y \cdot L / 2$$
$$\sigma_y = M_y / W_y$$
$$\sigma_e = \sigma_x + \sigma_y \text{ olacaktır.}$$

P_{ec} değeri kabin kiriş hesaplarında kontrol kablosu ve denge zincirlerini hesaba katmadan karkas hariç boş kabin ağırlığı olarak alınmalıdır. Kabin kirişleri için çekme gerilmesi hesabı da yapılmalıdır. Karkas ağırlığı da bu hesapta etkili olacağı için P değeri kullanılmalıdır.

$$\sigma_\zeta = g_n \cdot k_2 \cdot (Q + P) / A$$

Burada da fark olarak gene frenleme katsayısının ve P nin ilave edildiği görülecektir. Alan A mm^2 kirişlerin alanı olarak alınmalıdır. Toplam gerilme;

$$\sigma_T = \sigma_e + \sigma_\zeta < 130 \text{ N/mm}^2 \text{ olmalıdır}$$

Aynı düzenleme karşı ağırlık karkas hesapları içinde yapılırsa;

$$F_x = (k_2 \cdot g_n \cdot (P_{EC} + q \cdot Q) \cdot e_x \cdot D_x) / n \cdot h + (a_x \cdot (P_{EC} + q \cdot Q) \cdot X_{SE}) / n$$
$$M_x = F_x \cdot L_0 = F_x \cdot L / 2$$
$$\sigma_x = M_x / W_x$$

$$F_y = (k_2 \cdot g_n \cdot (P_{EC} + q \cdot Q) \cdot e_y \cdot D_y) / (n \cdot h) + (a_y \cdot (P_{EC} + q \cdot Q) \cdot X_{SE}) / (n)$$
$$M_y = F_y \cdot L_0 = F_y \cdot L / 2$$
$$\sigma_y = M_y / W_y$$

$$\sigma_e = \sigma_x + \sigma_y \text{ olacaktır.}$$

Çekme gerilmesi de hesaplanmalıdır.

$$\sigma_\zeta = g_n \cdot k_2 \cdot (q \cdot Q + P) / A$$

Toplam gerilme

$$\sigma_T = \sigma_e + \sigma_\zeta < 130 \text{ N/mm}^2 \text{ olmalıdır (Çizelge 3 den dikey kiriş emniyetli gerilme değeri)}$$

Bu yeni kuvvetlere göre kabin ve karşı ağırlıkta sismik durum için narinlik ve dikey kiriş sehimleri hesaplanmalıdır.

Narinlik

$L/i_{\min} < 120$ olmalıdır

$\lambda_{he} \leq \lambda_o = 120$ olmalıdır

$\lambda_{he} = L_{bk} / i_{\min}$

$i_{\min} = (I/A)^{1/2}$ formülleri kullanılır.

λ_{he} =Narinlik derecesi

I = Eylemsizlik momenti mm^4

i_{\min} = Eylemsizlik en küçük yarıçapı mm

L_{bk} = Konsollar arası uzunluk mm

A = Kesit mm^2

Sehim

$\delta_x = (0,7 \cdot F_x \cdot L^3) / (48 \cdot E \cdot I_x)$ x-x düzleminde

$\delta_y = (0,7 \cdot F_y \cdot L^3) / (48 \cdot E \cdot I_y)$ y-y düzleminde

δ_x/L ile $\delta_y/L \leq 1/750 \leq \delta_{em}$ olmalıdır.

I = Eylemsizlik momenti (mm^4)

L = kirişlerin bağlantı arasında kalan serbest uzunluğu (mm)

i_{\min} = kiriş veya kiriş gurubunun en küçük eylemsizlik yarıçapı (mm)

$E = 2.1 \cdot 10^5$ N/ mm^2

6. SİSMİK DURUMDA KONSOL HESAPLARI DEĞERLENDİRMESİ

İzmir asansör Sempozyumunda sunulan “Asansörde Konsol Ve Bağlantı Parçalarında Oluşan Gerilmeler Özgür Mert, İlhan Yeter, Serdar Tavaslıoğlu” bildirisinde konsolların ve ara bölmelerin hesaplarına değinilmişti. Kritik olan durum güvenlik tertibatının tek taraflı tutması halinde F_y kuvvetinin konsolda tahribat yaratabileceği durumdu. F_x kuvveti ise büyük bir kuvvet oluşturmuyor idi. Bununla ilgili formülasyon Çizim 7 deki gibi verilmişti.

$$\sigma_{top} = \tau_{bükme} + \sigma_{eğme}$$

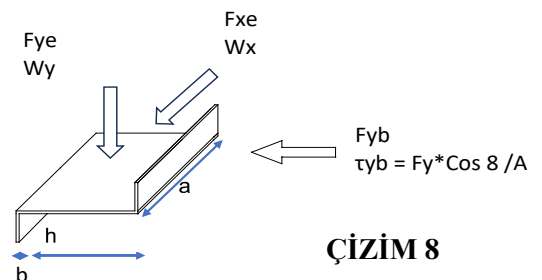
$$\tau_{bükme} = F_y \cdot \cos 8 / A$$

$$\sigma_{eğme} = M/W = (3 \cdot F_y \cdot \sin(8) \cdot L) / (16 \cdot W)$$



ÇİZİM 7

Ancak sismik durumda hem F_x hem de F_y kuvvetleri oldukça büyük çıkmaktadır. Sismik zone için konsol hesapları tekrar gözden geçirilmelidir. Kabin için düzenleme yapmadan önceki raylar için kullanılan F_x ve F_y kuvvet formülleri kullanılmalıdır. Eğme hesabına F_x de dahil edilmelidir. Çizim 8 de $\sigma_{eğme} = \sigma_x + \sigma_y$ olarak değerlendirilmelidir



ÇİZİM 8

Bu durum incelenirken oldukça büyük çıkan F_x kuvveti konsol dübelleri için incelenmeli ve bu kuvvete karşı dübellerin yeterli çekme kuvvetine sahip olup olmadıkları incelenmelidir. F_x kuvveti Çizim 9 da gösterildiği gibi K noktasına göre dübelleri sökmeye çalışacaktır.

$$F_{c2}/F_{c1} = ((a-d)/2) / ((d+(a-d)/2)) = f$$

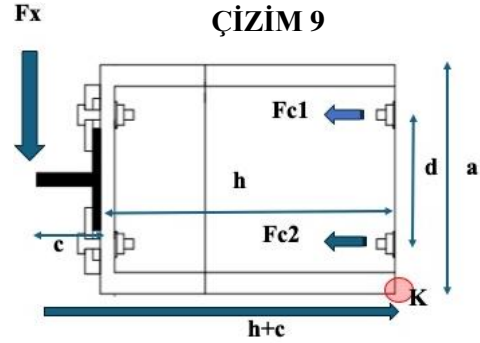
$$f = ((a-d)/2) / ((d+(a-d)/2)) =$$

A ve d değerlerine göre bir f değeri bulunabilir: bu durumda eşitlik daha kolay çözülebilir.

$$F_{c2} = F_{c1} * f$$

$$F_x * (h+c) = F_{c1} * (d + (a-d)/2) + F_{c2} * (a-d)/2.$$

$$F_{c1} = (F_x * (h+c)) / ((d + ((a-d)/2) * (1+f))$$



Sismik durumda duvarlardan kurtulan dübel ve konsollar büyük tehlike yaratmaktadır. Bu yüzden çekme değerleri belli olan belgeli dübellerin kullanılması önem taşımaktadır. Sismik durumlarda sismik dübellerin kullanılması tavsiye edilir.

6. SONUÇ

Asansör tasarımının önemli kısımlarından birisi olan kabin ve karşı ağırlık karkas hesapları asansör güvenliğinin önemli bir parçasıdır. Gelişen teknik yapı ile çok daha hassas hesapların bilgisayar yardımı ile yapılabilmesi mümkündür. Muhakkak ki saçın işlenmesi bir ustalık işidir ama öncesinde hesaplarının yapılması ve malzemelerin yeterli güvenliği sağlayacak şekilde belirlenmesi gerekir. Bu çalışma dikkate alınması gereken kuvvetler konusunda yardımcı olmak için öneri bir çalışmadır. Bu imalatları yapan her birim daha hassas ve güvenilir bilgisayar programları ile çalışmalı, imalatların güvenliğinden emin olmalıdır. Bu imalatlar basit birer saç kıvrırma kesme işlemi olarak görülmemelidir. Kabinlerin iç tasarımına gösterilen özenin daha fazlası kabinin dış tasarımına gösterilmesi gerekir. Bu yazıyı doğrudan esas alarak herhangi bir çalışmanın yapılması doğru olmaz ve yazar bu konuda sorumluluk almayacağını baştan beyan eder. Öneri hesaplamasının faydalı olmasını, imalatların kesit ve kalınlıklarının hesaplanmasında sizlere yardımcı olmasını dilerim.

Serdar Tavaslıoğlu
Elk. Müh.

KAYNAKLAR

1. TS EN 81-20 Asansörler - Yapım Ve Montaj İçin Güvenlik Kuralları - İnsan Ve Yük Taşıma Amaçlı Asansörler - Bölüm 20: İnsan Ve Yük Asansörleri, Ekim 2014
2. TS EN 81-50 Asansörlerin yapımı ve kurulumu için güvenlik kuralları - İnceleme Ve Deneyler - Bölüm 50: Asansör Bileşenlerinin Tasarım Kuralları, Hesaplamaları, İncelemeleri Ve Deneyleri, Ekim 2014
3. "TS EN 81-77 Asansörler - Yapım Ve Montaj İçin Güvenlik Kuralları - Yolcu ve Yük Asansörleri İçin Özel Uygulamalar - Bölüm 77: Sismik Durumlara Tabi Asansörler"
4. TS 1812 Asansörlerin Hesap, Tasarım Ve Yapım Kuralları Aralık 1988
5. Mukavemet Değerleri, Kasım 2009 M. GÜVEN KUTAY
6. Asansör Uygulamaları, Kasım 2005 SERDAR TAVASLIOĞLU
7. İzmir Asansör Sempozyumu "TS EN 81-77- Bölüm 77: Sismik Durumlara Tabi Asansörler" Standart Özeti Ve Deprem Kuvvetlerine Göre İlave Ray Hesapları-Serdar Tavaslıoğlu"
8. İzmir Asansör Sempozyumu "Asansörde Konsol Ve Bağlantı Parçalarında Oluşan Gerilmeler - Özgür Mert, İlhan Yeter, Serdar Tavaslıoğlu"