

Asansör Kabin Kılavuz Ray Konsol Tasarımlarının Deprem Yüğü Altında Analizi ve Karşılaştırılması

11.03.2021

Abdül Melik Sancak^{1*}, Adem Candaş², C. Erdem İmrak³

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4004-5468), sancak17@itu.edu.tr

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9951-9122), candas@itu.edu.tr

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4428-0158), imrak@itu.edu.tr

- Asansör sistemlerinin aksamaları ani ve aşırı zorlanmalara karşı dayanıklı olmalıdır.
- Sismik yükler asansör elemanlarını beklenmedik şekilde etkileyebilir.
- Kılavuz rayların duvara sabitlenmesini sağlayan konsolların incelenmesi önemlidir.
- Asansöre etki eden sismik yükler hesaplanmış, elde edilen sonuçlar kullanılarak iki farklı konsol tasarımı sonlu elemanlar metodu ile analiz edilmiştir ve karşılaştırılmıştır.

- Deprem sonrasında asansör sistemlerinin faal durumda kalması büyük önem arz etmektedir.
- Bu nedenle, asansör sistemleri de depreme uygun tasarlanmalıdır.
- En kritik olan yapısal elemanlardan biri konsol elemanlarıdır.
- 2011 yılındaki Van Depreminde asansör kılavuz ray konsollarında plastik deformasyon ve hasar meydana gelmiştir (İmrak, 2012)*.

*İmrak, C.E. (2012). A Survey for the Effect of 2011 Van Earthquakes on Elevators. Erişim: https://www.aysad.org.tr/wp-content/uploads/2018/09/Van_Survey_Appendixes.pdf

Tablo 1. Sismik Yüklere Maruz Kalan Asansörlerin Hasarlanan Elemanları (İmrak, 2012)*.

Deprem	Hasar	Hasar Oranı
2011 Van Depremi (Tahrik Kasnaklı Asansör)	Karşı Ağırlık Çerçevesinin Raylardan Çıkması	%52
	Karşı Ağırlık Çerçeve Pabuçlarının Kırılması	%17
	Ray Konsollarının Kırılması – Hasar Görmesi	%14
	Kat Kapıları Sorunları	%13
	Güvenlik Tertibatının Tetikleme Halatı Gevşek Olması	%4
2011 Van Depremi (MRL Asansör)	Karşı Ağırlık Çerçevesinin Raylardan Çıkması	%39
	Halatların Konsollara Dolanması	%16
	Karşı Ağırlık Çerçeve Pabuçlarının Kırılması	%15
	Kat Kapıları Sıkışması ve Sorunları	%15
	Halat Parçalanması veya Kasnaktan Çıkması	%15

*İmrak, C.E. (2012). A Survey for the Effect of 2011 Van Earthquakes on Elevators. Erişim: https://www.aysad.org.tr/wp-content/uploads/2018/09/Van_Survey_Appendixes.pdf



Şekil 1. Konsol eğilmesi, hasara uğraması (İmrak, 2012).*

*İmrak, C.E. (2012). A Survey for the Effect of 2011 Van Earthquakes on Elevators. Erişim: https://www.aysad.org.tr/wp-content/uploads/2018/09/Van_Survey_Appendixes.pdf

- ASME A17.1 (ASME, 2016)* ve TS EN 81-77 (TSE, 2020a)** standartlarına göre deprem yükleri hesapları.
- Sonlu elemanlar yöntemiyle konsol tasarımlarının gerilme ve deformasyon analizi.

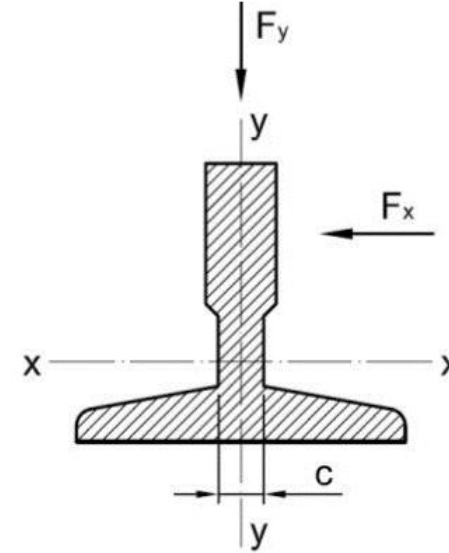
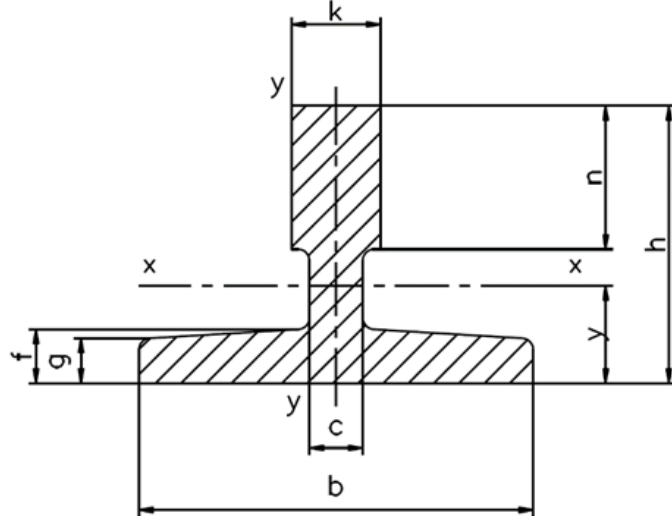
*ASME. (2016). Handbook on Safety Code for Elevators and Escalators (Standard No. A17.1/CSA B44).

**TSE. (2020a). Asansörler - Yapım ve montaj için güvenlik kuralları - Yolcu ve yük asansörleri için özel uygulamalar - Bölüm 77: Sismik durumlara tabi asansörler (Standart No. TS EN 81-77:2020).

- Kılavuz raylar kabinin düşey hareketlerini sınırlandırmak, yatay hareketlerini en aza indirmek ve paraşüt fren tertibatı çalıştığında kabini durdurmak için kullanılan asansör elemanlarıdır (İmrak ve Gerdemeli, 2000)*. Belirli aralıklarla konsollar vasıtasıyla asansör kuyusu duvarına bağlanırlar.
- Konsollar kılavuz rayları asansör kuyusunun duvarına sabitleyerek düzgün bir doğrultuda durmalarını sağlar. En az S235JR (St-37) kalitesinde çelik malzemedен imal edilirler ve çekme dayanımı en az 360 MPa olmalıdır (TSE, 2012)**.

*İmrak, C. E., Gerdemeli, İ. (2000). Asansörler ve Yürüyen Merdivenler, Birsen Yayınevi, İstanbul.

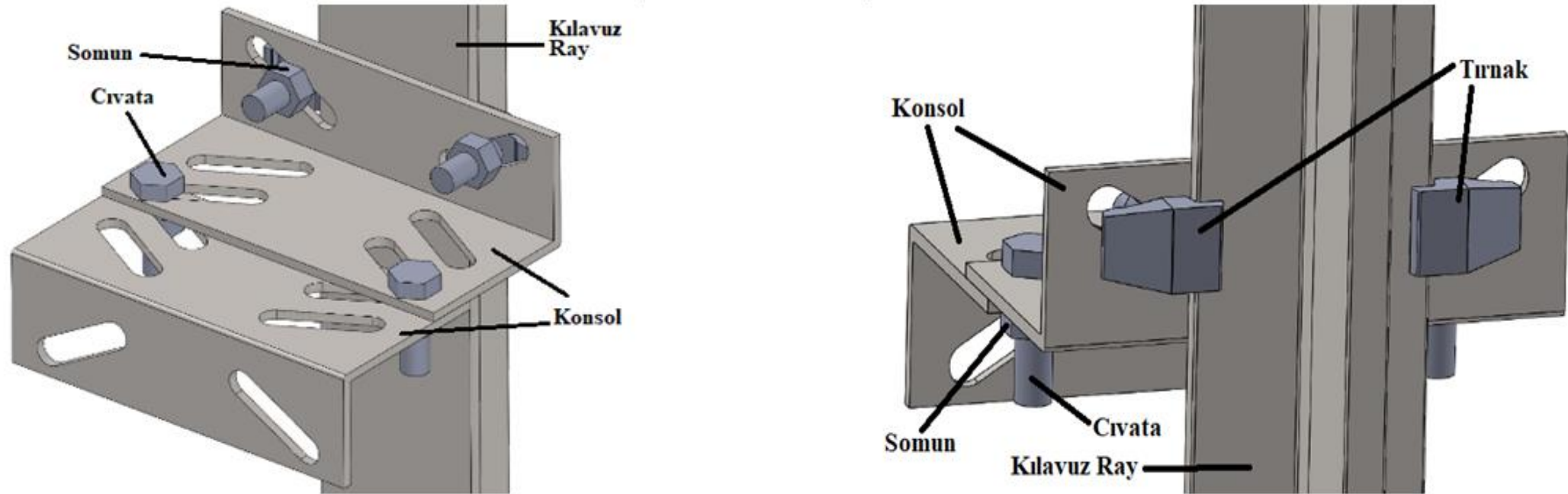
**TSE (2012). Asansör Rayı Bağlama Sistemi (Standart No. TSE K 179).



Şekil 2. (a) Asansör kılavuz ray profili (İmrak ve Gerdemeli, 2000)*, (b) Ray eksenleri ve etkiyen kuvvetler (TSE, 2020b)**.

*İmrak, C. E., Gerdemeli, İ. (2000). Asansörler ve Yürüyen Merdivenler, Birsen Yayınevi, İstanbul.

**TSE. (2020b). Asansörlerin Yapımı ve Kurulumu için Güvenlik Kuralları – İnceleme ve Deneyler – Bölüm 50: Asansör Bileşenlerinin Tasarım Kuralları, Hesaplamaları, İncelemeleri ve Deneyleri (TS EN 81-50: 2020).



Şekil 3. Kılavuz ray/konsol bağlantısı ön ve arka görünüşü.

Şekil 3. Çalışmada kullanılan asansör sistemi tasarım parametreleri (Sancak, 2020)*.

Tanım	Sembol	Değer
Bina Kat Sayısı		8
Asansör Kuyusu Yüksekliği		25 m
Kılavuz Rayların Sayısı	n	Simetrik, 2
Bir Kılavuz Ray Sırasında Bulunan Ray Sayısı		5 ($5 \times 5 \text{ m} = 25 \text{ m}$)
Kabin Kılavuz Patenleri Arası Mesafe	h_p	2200 mm
Asansör Tipi		Yolcu Asansörü
Asansör Yolcu Sayısı		10 Kişi
Asansör Beyan Yüğü	Q	800 kg
Asansör Boş Kabin Ağırlığı	P	1100 kg
	C_w	1350 mm
Asansör Kabin Boyutları	C_d	1400 mm
	C_h	2200 mm
Normal Kullanımda x-ekseninde oluşan kuvvet	F_x	566 N
Normal Kullanımda y-ekseninde oluşan kuvvet	F_y	1119 N
Normal Kullanımda dikey-yönde oluşan kuvvet	F_v	3325 N

*Sancak, Abdül Melik. (2020). Asansörlerde kabin kılavuz ray konsollarının sismik bölgeler için tasarımı, modellenmesi ve analizi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- TS EN 81–77 (TSE, 2020a)* standardına göre ivme ve deprem kuvvetleri,
- Tasarım ivmesi 4'ten büyük hesaplandığı için TS EN 81-77'ye göre Asansör Sismik Kategorisi 3 (Önemli düzeltici eylemler gerekli) olarak tespit edilmiştir.

$$S_a = \alpha \times S \times \left(\frac{3 \times \left(1 + \frac{Z}{h}\right)}{1 + \left(1 - \frac{T_a}{T_1}\right)^2} - 0,5 \right) = 0,772 \times 1,2 \times \left(\frac{3 \times (1 + 1)}{1 + (1 - 0)^2} - 0,5 \right) = 2,316$$

$$F_{SE} = a_d \times (P + 0,4 \times Q) = 17,04 \times (1100 + 0,4 \times 800) = 24200 N$$

$$a_d = S_a \times \left(\frac{\gamma_a}{q_a} \right) \times g_n = 2,316 \times \left(\frac{1,5}{2} \right) \times 9,81 = 17 \frac{m}{s^2} > 4$$

*TSE. (2020a). Asansörler - Yapım ve montaj için güvenlik kuralları - Yolcu ve yük asansörleri için özel uygulamalar - Bölüm 77: Sismik durumlara tabi asansörler (Standart No. TS EN 81-77:2020).

$$X_{SE} = \frac{Z_{SE}}{C_h} = \frac{640}{2200} = 0,291$$

$$F_{SE_x} = \frac{a_x \times (P + 0,4 \times Q) \times (X_{SE} || 1 - X_{SE})}{n} = \frac{F_{SE} \times (1 - X_{SE})}{2} = 8579 \text{ N}$$

$$F_{SE_y} = \frac{a_y \times (P + 0,4 \times Q) \times (X_{SE} || 1 - X_{SE})}{\frac{n}{2}} = \frac{F_{SE} \times (1 - X_{SE})}{\frac{2}{2}} = 17158 \text{ N}$$

- Deprem anında asansöre etki eden kuvvetler ASME A17.1 (ASME, 2016)* standardına göre aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$F_p = \frac{0,4 \times a_p \times S_{DS} \times g_n \times W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} \times \left(1 + 2 \times \left(\frac{z}{h}\right)\right) = \frac{0,4 \times 1 \times 2,4372 \times 9,81 \times 1420}{\left(\frac{2,5}{1,5}\right)} \times (1 + 2 \times (1)) = 24450 \text{ N}$$

$$F_v = \pm 0,2 \times S_{DS} \times W_p \times g = F_v = 0,2 \times 2,4372 \times 1420 \times 9,81 = 6792 \text{ N}$$

$$S_{DS} = F_a \times S_S = S_{DS} = 1,2 \times 2,031 = 2,4372$$

*ASME. (2016). Handbook on Safety Code for Elevators and Escalators (Standard No. A17.1/CSA B44).

$$F_x = F_{y-y} = \left(\frac{F_p}{2}\right) \times \left(1 - \frac{L}{3 \times l}\right) = \left(\frac{24450}{2}\right) \times \left(1 - \frac{2200}{3 \times 2500}\right) = 8640 \text{ N}$$

$$F_y = F_{x-x} = F_p \times \left(1 - \frac{L}{3 \times l}\right) = 24450 \times \left(1 - \frac{2200}{3 \times 2500}\right) = 17279 \text{ N}$$

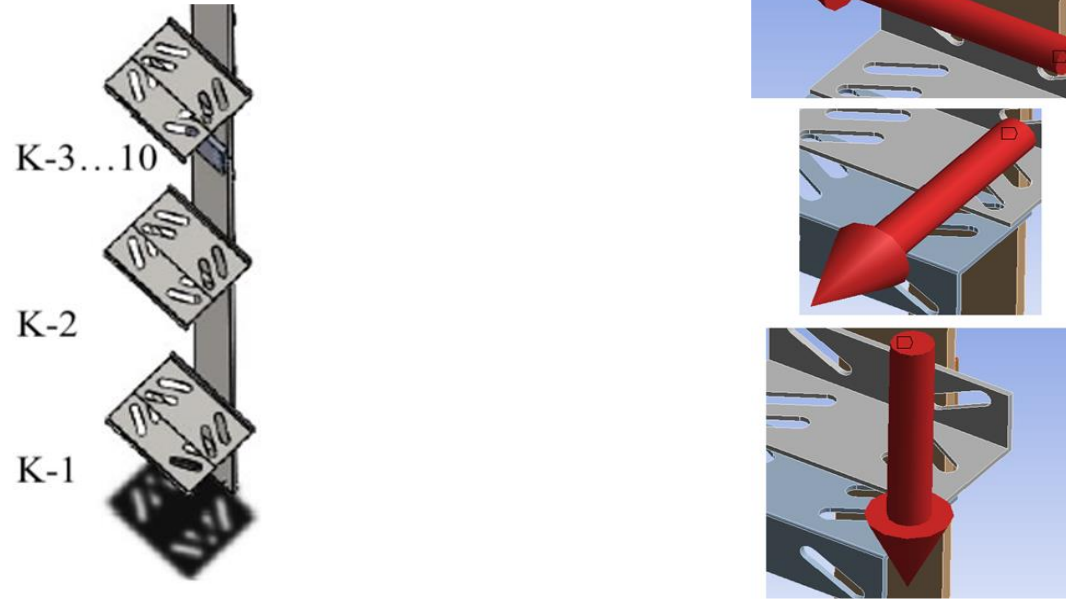
$$F_{v_{konsol}} = F_y \times \mu = 18398 \times 0,16 = 2944 \text{ N}$$

$$F_x = 566 + 8640 = 9206 \text{ N}$$

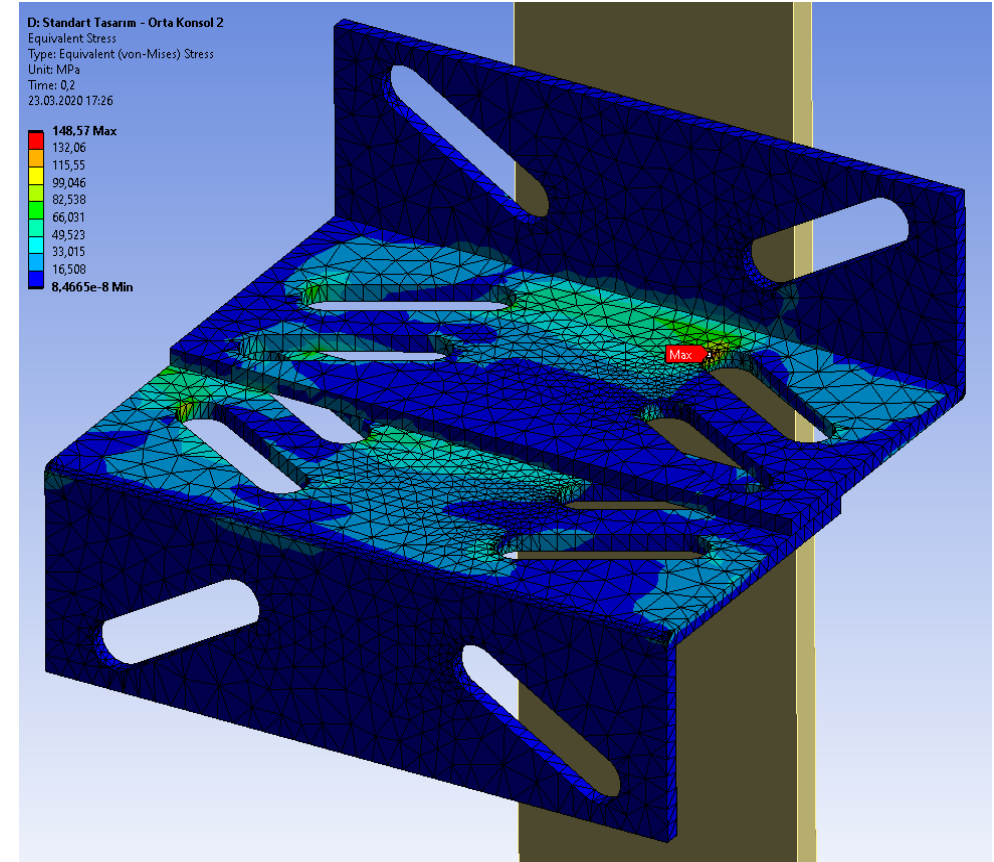
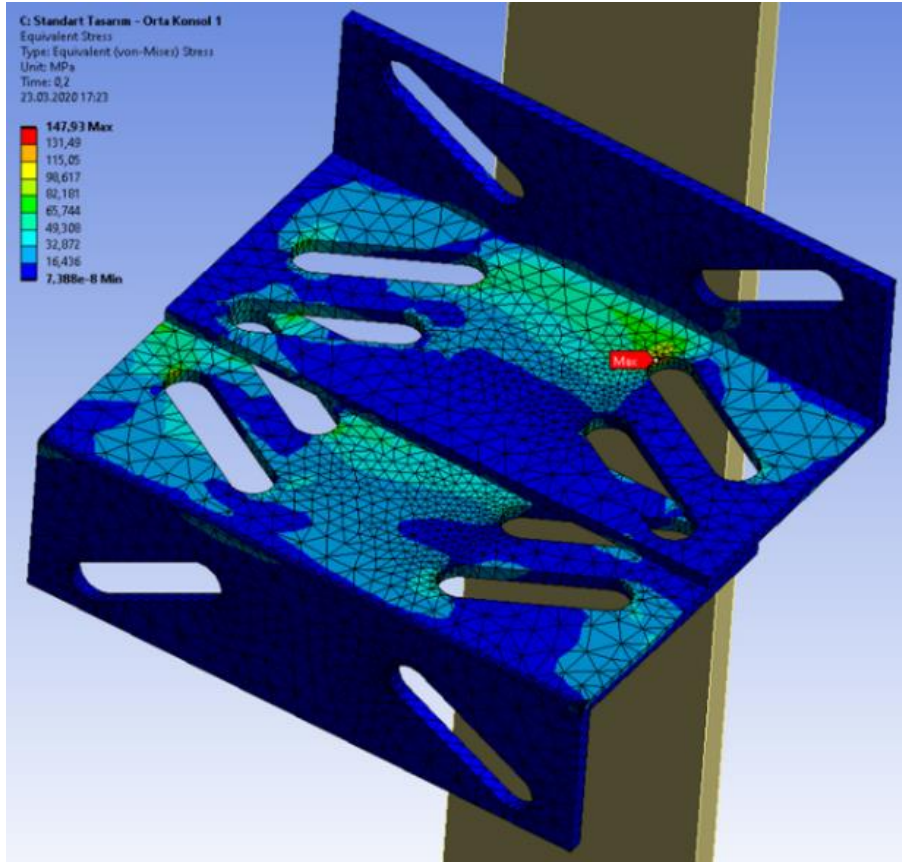
$$F_y = 1119 + 17279 = 18398 \text{ N}$$

$$F_v = 3325 + 6792 = 10117 \text{ N}$$

- Her simülasyonda ortalama 960.000 mesh bulunmaktadır ve eleman sayısı 350.000'dir.

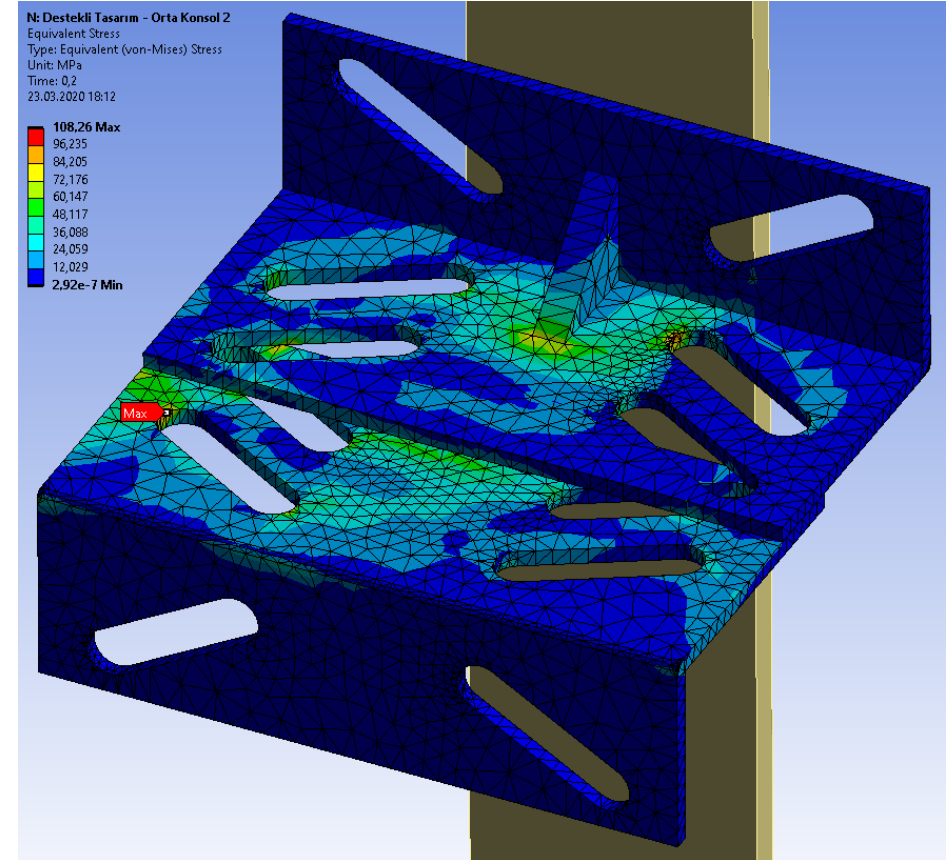
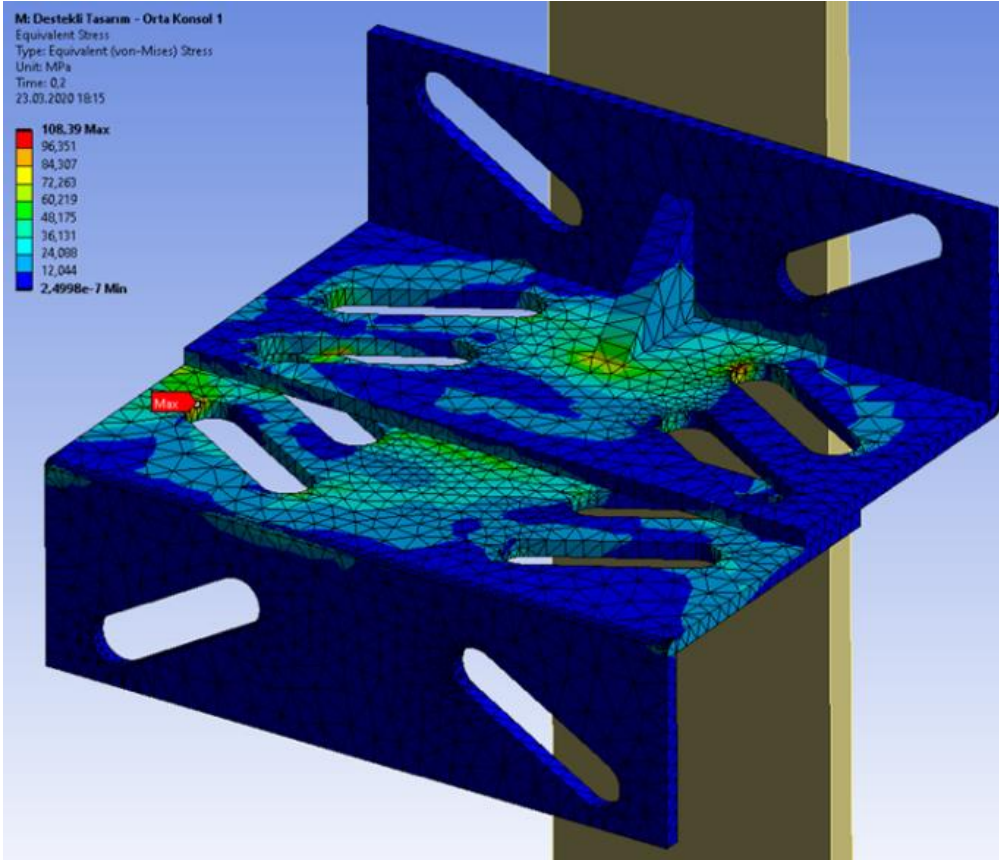


Şekil 4. Kılavuz ray konsol bağlantısı sınır koşulları.



Şekil 4. Standart konsol tasarımlarında meydana gelen gerilmeler: (a) K-5, (b) K-6 konsolu.

Sonuçlar



Şekil 4. Destekli konsol tasarımlarında meydana gelen gerilmeler: (a) K-5, (b) K-6 konsolu.

Tablo 4. Standart ve destekli konsol tasarımları gerilme ve deformasyon sonuçları

Tasarım \ Konsol No	En Büyük Gerilme, (MPa)		En Büyük Deformasyon, (mm)	
	K-5	K-6	K-5	K-6
Standart Konsol Tasarımı	148	149	0,242	0,242
Destekli Konsol Tasarımı	109	109	0,091	0,091

- Deprem kuvvetlerinin anlık değışmeleri nedeniyle daha yüksek gerilmeler oluşabileceğinden ortaya çıkan gerilmelerin akma mukavemetini geçebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.
- Standart konsol tasarımında oluşan gerilmelerin, destekli konsol tasarımına göre daha büyük olduğu görülmüştür. Destek unsurunun konsol üzerine etkiyen kuvvetlerin sebep olduğu gerilmeleri azaltmış ve gerilmelerin tek bir noktaya etki etmesini önlemiştir.

- Çalışma sonucunda konsol tasarımlarının konsol üzerinde meydana gelen gerilmeler üzerinde etkili olduğu görülmüştür.
- Sismik yüklerin etkili olduğu asansör tesislerinde analizler sonucu daha düşük gerilme değerleri elde edilen konsol bağlantı eleman tasarımları değerlendirilmelidir.

KATILIMINIZ İÇİN TEŞEKKÜRLER.

Abdül Melik Sancak¹, Adem Candaş², C. Erdem İmrak³

^{1*} İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4004-5468), sancak17@itu.edu.tr

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9951-9122), candas@itu.edu.tr

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4428-0158), imrak@itu.edu.tr