

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ASANSÖRLERDE KABİN KILAVUZ RAY KONSOLLARININ
SİSMİK BÖLGELER İÇİN TASARIMI, MODELLENMESİ VE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdül Melik SANCAK

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

AĞUSTOS 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ASANSÖRLERDE KABİN KILAVUZ RAY KONSOLLARININ
SİSMİK BÖLGELER İÇİN TASARIMI, MODELLENMESİ VE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Abdül Melik SANCAK
(503171201)**

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cevat Erdem İMRAK

AĞUSTOS 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503171201 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Abdül Melik SANCAK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ASANSÖRLERDE KABİN KILAVUZ RAY KONSOLLARININ SİSMİK BÖLGELER İÇİN TASARIMI, MODELLENMESİ VE ANALİZİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Cevat Erdem İMRAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Cemal BAYKARA**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Oktay AZELOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **06.08.2020**
Savunma Tarihi : **14.08.2020**





Canım Anneciğime,



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tezimi hazırlama süreçlerim boyunca bana destek olan danışman Hocam sayın Prof. Dr. Cevat Erdem İMRAK'a, başta Öğr. Gör. Adem CANDAS olmak üzere diğer Hocalarıma ve çalışma arkadaşlarıma, tez çalışmamda kullanmış olduğum Türk Standartları'nın sağlanması konusunda İTÜ Rektörlüğü'ne ve İTÜ Kütüphane Birimine, hayatım boyunca beni motive eden ve yanımda olan annem Filiz GER'e,

Saygılarımla teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2020

Abdül Melik SANCAK
Makina Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. GÜNCEL VE GENEL DEPREM BİLGİLERİ	3
2.1 Deprem ve Deprem Dalgaları	3
2.1.1 Cisim dalgaları	5
2.1.2 Yüzey dalgaları	7
2.1.3 Cisim dalgası ve yüzey dalgasının karşılaştırılması	8
2.1.4 Deprem parametreleri	8
2.1.4.1 Odak noktası (hiposantr)	9
2.1.4.2 Dış merkez (episantr)	9
2.1.4.3 Odak derinliği	9
2.1.4.4 Eş şiddet (izoseit) eğrileri	9
2.1.4.5 Şiddet	10
2.1.4.6 Magnitüd	10
2.2 Türkiye'nin Güncel Deprem Tehlike Haritası	10
2.3 Türkiye'nin Deprem Tarihi ve Deprem İstatistikleri	12
3. ASANSÖR ELEMANLARI VE DEPREMİN ASANSÖRLERE ETKİSİ	17
3.1 Mekanik Ekipmanlar	18
3.1.1 Kılavuz Ray	18
3.1.2 Patenler	21
3.1.3 Konsol	21
3.2 Depremde Asansörlerde Oluşan Hasar Çeşitleri ve İstatistikleri	22
3.2.1 Van Depremi	26
3.2.2 17 Ağustos 1999 İzmit – Gölçük Depremi	28
3.2.3 Seattle Depremi	28
3.2.4 Christchurch Depremi	29
3.2.5 Miyagi – Japonya 1978 [22]	29
3.3 Deprem Kuvvetlerinin Asansöre Etkisi Konusunda Kullanılan Kaynaklar	31
3.4 Asansörlerde Depremlere Karşı Alınan Bazı Önlemler ve Tertibatlar	32
3.4.1 ASME A17.1 Standardı	32
3.4.2 TS EN 81-77 Standardı	33
4. ASANSÖR KILAVUZ RAY-KONSOL BAĞLANTISI	37
4.1 Tasarım Verileri ve Kılavuz Ray – Konsol Bağlantısı	37

4.2 Normal Çalışmada Kılavuz Ray Üzerine Gelen Kuvvetler.....	42
4.3 Deprem Etkisiyle Kılavuz Raya Etkiyen Kuvvetler.....	46
4.3.1 ASME A17.1 Standardına Göre Kılavuz Raya Etkiyen Deprem Yüğü....	46
4.3.2 TS EN 81-77 Standardına Göre Kılavuz Raya Etkiyen Deprem Yüğü	49
4.3.3 Normal Çalışma Yüğü ile Deprem Yüğülerinin Bileşke Kuvvetleri	53
4.3.4 ASME A17.1'den Bulunan Deprem Yüğülerinin Patenlere Dağılımı	53
4.4 Kılavuz Ray – Konsol Tasarımına Deprem ve Normal Kullanım Kuvvetlerinin Uygulanması.....	54
5. SİMÜLASYON ÇALIŞMASININ SONUÇLARI VE AÇIKLAMALARI.....	59
5.1 Standart Konsol Tasarımı Simülasyon Sonuçları.....	59
5.2 Destekli Konsol Tasarımı Simülasyon Sonuçları.....	62
5.3 Kanallı Konsol Tasarımı Simülasyon Sonuçları	65
5.4 Farklı Kanal Ölçüleriyle Kanallı Konsol Tasarım Simülasyon Sonuçları	68
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR.....	75
EKLER	77
ÖZGEÇMİŞ.....	121

KISALTMALAR

AFAD : Türkiye Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

ASME : American Society of Mechanical Engineering

IBC : International Building Code

MRL : Machine Roomless

TS : Türk Standardı

TSE : Türk Standartları Enstitüsü



SEMBOLLER

- α : Yer Tasarım ivmesinin yer çekimi ivmesine oranı (a_g/g_n)
- a_d : Tasarım İvmesi
- a_g : Yer tasarım ivmesi
- a_p : Bileşen büyütme faktörü
- AP** : Patenlerin alt bölgede olması durumunda kuvvetlerin uygulandığı bölge
- C_d : Asansör kabin derinliği
- C_h : Asansör kabin yüksekliği
- C_w : Asansör kabin genişliği
- d_3 : Tespit tertibatının derinliği
- F_a : Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı
- F_p : Deprem sebebiyle kılavuz raylar üzerinde oluşan yatay kuvvet
- F_{pb} : Bir kılavuz rayda bulunan tüm konsolların kuvvetiyle itme – bina oturması
- F_{pmin} : Deprem sebebiyle kılavuz raylar üzerindeki kuvvetin minimum değeri
- F_{pmax} : Deprem sebebiyle kılavuz raylar üzerindeki kuvvetin maksimum değeri
- F_v : Düşey yönde kılavuz raya etkiyen kuvvetler
- F_x : Y – Y ekseninde kılavuz raya etkiyen kuvvetler
- F_y : X – X ekseninde kılavuz raya etkiyen kuvvetler
- g_n : Standart serbest düşme ivmesi
- h : Bina yapı yüksekliği
- h_p : Kabin kılavuz patenleri arası mesafe
- I_p : Bileşen önem faktörü
- k_2 : Çalışma şartları için darbe katsayısı
- K-2** : 2.Konsola etkiyen kuvvetlerin uygulandığı bölge
- K-3** : 3.Konsola etkiyen kuvvetlerin uygulandığı bölge
- K-5** : 5.Konsola etkiyen kuvvetlerin uygulandığı bölge
- K-6** : 6.Konsola etkiyen kuvvetlerin uygulandığı bölge
- K-8** : 8.Konsola etkiyen kuvvetlerin uygulandığı bölge
- K-9** : 9.Konsola etkiyen kuvvetlerin uygulandığı bölge

- L** : Kabine bağlanan dikeyde alt ve üst sınırları belli olan sınırlamalar
- l** : İki konsol arasındaki dikey mesafe
- M_g** : Kılavuz rayın metresinin kütlesi
- n** : Kılavuz rayların sıra adedi
- OUP** : Patenlerin orta üst bölgede olması durumunda kuvvetlerin uygulandığı bölge
- OAP** : Patenlerin orta alt bölgede olması durumunda kuvvetlerin uygulandığı bölge
- P** : Boş kabin ağırlığı
- Q** : Beyan yükü
- q_a** : Elemanın davranış faktörü
- R_p** : Bileşen yanıt değişim faktörü
- S** : Toprak faktörü
- S_a** : Yapısal olmayan elemanların sismik katsayısı
- S_{DS}** : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
- S_S** : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
- T_1** : Binanın temel titreşim periyodu
- T_a** : Yapısal olmayan elemanın temel titreşim periyodu
- UP** : Patenlerin üst bölgede olması durumunda kuvvetlerin uygulandığı bölge
- W_p** : Boş kabin kütlesi ile %40 beyan kütesinin toplam değeri
- x_c** : Kılavuz ray koordinat sisteminde kabinin merkez (C) konumu, x koordinatı
- x_p** : Kılavuz ray koordinat sisteminde kabin kütesinin (P) konumu, x koordinatı
- x_q** : Kılavuz ray koordinat sisteminde beyan yükünün (Q) konumu, x koordinatı
- x_s** : Kılavuz ray koordinat sisteminde askının (S) konumu, x koordinatı
- X_{SE}** : Kütle merkezinin kabin zeminine olan uzaklığının kabin yüksekliğine oranı
- y_c** : Kılavuz ray koordinat sisteminde kabinin merkez (C) konumu, y koordinatı
- y_p** : Kılavuz ray koordinat sisteminde kabin kütesinin (P) konumu, y koordinatı
- y_q** : Kılavuz ray koordinat sisteminde beyan yükünün (Q) konumu, y koordinatı
- y_s** : Kılavuz ray koordinat sisteminde askının (S) konumu, y koordinatı
- z** : Yapısal olmayan elemanın binada bulunduğu yükseklik
- z_1** : Tespit tertibatı ve kılavuz raylar arasındaki açıklık
- Z_{SE}** : Kütle merkezinin kabin zeminine olan uzaklığı
- γ_a** : Elemanın önem katsayısı
- σ_y** : Akma mukavemeti
- δ_{perm}** : TS EN 81-77 Standardına göre izin verilen en yüksek deformasyon

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Deprem şiddeti ve magnitüd arasındaki ilişki [1].	10
Çizelge 2.2 : 1900 - 2014 yılları arasında meydana gelen 5.0 ve üzeri büyüklükteki depremlerde ortaya çıkan can kaybı ve bina hasarı sayıları	14
Çizelge 2.3 : 1900 - 2014 Yılları Arasındaki Büyük Deprem ($M \geq 5$) Sayıları	15
Çizelge 2.4 : 1900 - 2014 Yılları Arasındaki Büyük Deprem ($\text{Şiddet} \geq V$) Sayıları.	15
Çizelge 3.1 : Kılavuz Ray ölçüleri [13]	19
Çizelge 3.2 : Kılavuz ray fiziksel değerleri [13].....	19
Çizelge 3.3 : Kılavuz ray kavrama tırnağı [13]	19
Çizelge 3.4 : Bağlantı levhası özellikleri ve elemanları [13].....	20
Çizelge 3.5 : Asansör Sismik Kategorileri [23]	33
Çizelge 4.1 : Tasarlanan çalışma sisteminin verileri	37
Çizelge 5.1 : Standart konsol tasarım simülasyonlarının sonuç değerleri	62
Çizelge 5.2 : Destekli konsol tasarım simülasyonlarının sonuç değerleri	64
Çizelge 5.3 : Kanallı konsol tasarım simülasyonlarının sonuç değerleri.....	68
Çizelge 5.4 : Farklı Kanal Ölçüleriyle Yapılan Simülasyonların Sonuçları.....	69
Çizelge 6.1 : Tasarımların gerilme verileri.....	72
Çizelge 6.2 : Tasarımların deformasyon değerleri ve karşılaştırılması	72



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Dünya Tektonik Haritası - Dünya'daki levhalar ve hareketleri [2].	4
Şekil 2.2 : 1963-1998 yılları arasında meydana gelen depremlerin merkez üsleri [2].	4
Şekil 2.3 : Cisim dalgaları, sırasıyla P ve S dalgaları [6].	6
Şekil 2.4 : Yüzey dalgaları, sırasıyla Love ve Rayleigh dalgaları [6].	8
Şekil 2.5 : Odak noktası, dış merkez ve sismik deprem dalgalarının yayılışı [1].	9
Şekil 2.6 : Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren yeni Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası [7].	11
Şekil 2.7 : 1996 yılında yayınlanan ve yürürlükten kaldırılan Türkiye deprem bölgeleri haritası [8].	12
Şekil 2.8 : Türkiye Deprem Gözlem Ağları Haritası [9].	12
Şekil 2.9 : Türkiye'yi etkileyen ve arasında bulunduğu tektonik levhalar [10].	13
Şekil 3.1 : Asansör tesisine ait bölümler [13].	17
Şekil 3.2 : Asansör kılavuz ray profili [13].	18
Şekil 3.3 : Kılavuz raylar arası bağlantı levhası ve kılavuz ray tırnağı [13].	20
Şekil 3.4 : Kılavuz rayın tırnaklarla konsol elemanına bağlanması [14].	20
Şekil 3.5 : Kılavuz raylar üzerinde kullanılan patenler [13].	21
Şekil 3.6 : Kabin kılavuz ray-konsol-ray kavrama tırnağı bağlantısı [14].	22
Şekil 3.7 : Deprem sonrası yıkılmayan asansör kuyusu [16].	23
Şekil 3.8 : Deprem sonrası yıkılmayan asansör kuyusu [16].	23
Şekil 3.9 : Dallas'ta yıkılan binanın asansör kuyusunun yıkılmaması [17].	24
Şekil 3.10 : Dinamitle patlatılan binanın asansör kuyularının yıkılmaması [18].	25
Şekil 3.11 : Dinamitle patlatılan binanın asansör kuyusunun sonradan tek parça olarak yıkılması [19].	25
Şekil 3.12 : 2011 Van Depremi İncelenen Hasarlı Asansör Tipleri	27
Şekil 3.13 : 2011 Van Depremi Halatlı Tahrik Kasnaklı Asansörlerin Hasar Çeşit Oranları	27
Şekil 3.14 : 2011 Van Depremi MRL Asansör Tipi Hasar Çeşit Oranları	28
Şekil 3.15 : Seattle Depremi Asansörlerdeki Hasar Çeşidi Oranları	29
Şekil 3.16 : Miyagi Depremi Asansörlerdeki Hasar Çeşidi Oranları [22].	30
Şekil 3.17 : Konsol eğilmesi, hasara uğraması [21].	30
Şekil 3.18 : Konsol eğilmesi, hasara uğraması [21].	31
Şekil 4.1 : Kılavuz ray-konsol bağlantısının 5m'lik bir adet örneği.	38
Şekil 4.2 : Kılavuz ray profili ve ray kavrama tırnakları	39
Şekil 4.3 : Kılavuz ray profili ve konsol.	39
Şekil 4.4 : Kılavuz rayın konsola bağlanması	40
Şekil 4.5 : Kılavuz rayın ray kavrama tırnakları ile konsola bağlanması	40
Şekil 4.6 : Standart konsol tasarımı	41
Şekil 4.7 : Destekli konsol tasarımı	41
Şekil 4.8 : Kanallı konsol tasarımı [25].	42
Şekil 4.9 : Kılavuz ray eksenleri ve etkiyen kuvvetler [26].	42
Şekil 4.10 : Asansör kabininde yük dağılımı – Genel durum [26].	44

Şekil 4.11 : Tehlikeli durumlarda kabul edilen yük dağılımı durumu [26]	44
Şekil 4.12 : Boş kabinin kütle merkezi, P	45
Şekil 4.13 : AFAD TDTH [28] raporlama ekranı.....	48
Şekil 4.14 : Beyan yükünün dikeyde kütle merkezi tanımını [23]	51
Şekil 4.15 : Kılavuz ray konsollarının isimlendirmeleri.....	55
Şekil 4.16 : Kılavuz ray uygulama bölgesi isimlendirmeleri.....	56
Şekil 4.17 : Uygulanan Fx kuvveti	57
Şekil 4.18 : Uygulanan Fy kuvveti	58
Şekil 4.19 : Uygulanan Fv kuvveti	58
Şekil 5.1 : Standart tasarım montaj yuvası, dış kenar vb tanımlamaları.....	60
Şekil 5.2 : Destekli tasarım montaj yuvası, dış kenar vb tanımlamaları.....	63
Şekil 5.3 : Kanallı tasarım montaj yuvası, dış kenar vb tanımlamaları	65
Şekil 5.4 : K-3 konsol hizasında etkiyen kuvvetler sonucu gerilmeler	66
Şekil 5.5 : Kanallı Konsol Ölçü Tanımları	68
Şekil A.1 : Standart konsol tasarımının teknik resmi	78
Şekil A.2 : Destekli konsol tasarımının teknik resmi	79
Şekil A.3 : Kanallı konsol tasarımının teknik resmi.....	80
Şekil A.4 : Standart konsol tasarımı K-2 konsol uygulaması gerilme analizi	81
Şekil A.5 : Standart konsol tasarımı K-2 konsol uygulaması deformasyon analizi ..	81
Şekil A.6 : Standart konsol tasarımı K-3 konsol uygulaması gerilme analizi	82
Şekil A.7 : Standart konsol tasarımı K-3 konsol uygulaması deformasyon analizi ..	82
Şekil A.8 : Standart konsol tasarımı K-5 konsol uygulaması gerilme analizi	83
Şekil A.9 : Standart konsol tasarımı K-5 konsol uygulaması deformasyon analizi ..	83
Şekil A.10 : Standart konsol tasarımı K-6 konsol uygulaması gerilme analizi	84
Şekil A.11 : Standart konsol tasarımı K-6 konsol uygulaması deformasyon analizi	84
Şekil A.12 : Standart konsol tasarımı K-9 konsol uygulaması gerilme analizi	85
Şekil A.13 : Standart konsol tasarımı K-9 konsol uygulaması deformasyon analizi	85
Şekil A.14 : Standart konsol tasarımı K-8 konsol uygulaması gerilme analizi	86
Şekil A.15 : Standart konsol tasarımı K-8 konsol uygulaması deformasyon analizi	86
Şekil A.16 : Standart konsol tasarımı AP, K-3 konsol uygulaması gerilme analizi ..	87
Şekil A.17 : Standart konsol tasarımı AP, K-3 konsol uygulaması deformasyon analizi	87
Şekil A.18 : Standart konsol tasarımı OAP, K-5 konsol uygulaması gerilme analizi	88
Şekil A.19 : Standart konsol tasarımı OAP, K-5 konsol uygulaması deformasyon analizi	88
Şekil A.20 : Standart konsol tasarımı OUP, K-6 konsol uygulaması gerilme analizi	89
Şekil A.21 : Standart konsol tasarımı OUP, K-6 konsol uygulaması deformasyon analizi	89
Şekil A.22 : Standart konsol tasarımı UP, K-8 konsol uygulaması gerilme analizi ..	90
Şekil A.23 : Standart konsol tasarımı UP, K-8 konsol uygulaması deformasyon analizi	90
Şekil A.24 : Destekli konsol tasarımı K-2 konsol uygulaması gerilme analizi	91
Şekil A.25 : Destekli konsol tasarımı K-2 konsol uygulaması deformasyon analizi	91
Şekil A.26 : Destekli konsol tasarımı K-3 konsol uygulaması gerilme analizi	92
Şekil A.27 : Destekli konsol tasarımı K-3 konsol uygulaması deformasyon analizi	92
Şekil A.28 : Destekli konsol tasarımı K-5 konsol uygulaması gerilme analizi	93
Şekil A.29 : Destekli konsol tasarımı K-5 konsol uygulaması deformasyon analizi	93
Şekil A.30 : Destekli konsol tasarımı K-6 konsol uygulaması gerilme analizi	94
Şekil A.31 : Destekli konsol tasarımı K-6 konsol uygulaması deformasyon analizi	94
Şekil A.32 : Destekli konsol tasarımı K-9 konsol uygulaması gerilme analizi	95

Şekil A.33 : Destekli konsol tasarımı K-9 konsol uygulaması deformasyon analizi	95
Şekil A.34 : Destekli konsol tasarımı K-8 konsol uygulaması gerilme analizi.....	96
Şekil A.35 : Destekli konsol tasarımı K-8 konsol uygulaması deformasyon analizi	96
Şekil A.36 : Destekli konsol tasarımı AP, K-3 konsol uygulaması gerilme analizi..	97
Şekil A.37 : Destekli konsol tasarımı AP, K-3 konsol uygulaması deformasyon analizi	97
Şekil A.38 : Destekli konsol tasarımı OAP, K-5 konsol uygulaması gerilme analizi	98
Şekil A.39 : Destekli konsol tasarımı OAP, K-5 konsol uygulaması deformasyon analizi.....	98
Şekil A.40 : Destekli konsol tasarımı OUP, K-6 konsol uygulaması gerilme analizi	99
Şekil A.41 : Destekli konsol tasarımı OUP, K-6 konsol uygulaması deformasyon analizi.....	99
Şekil A.42 : Destekli konsol tasarımı UP, K-8 konsol uygulaması gerilme analizi	100
Şekil A.43 : Destekli konsol tasarımı UP, K-8 konsol uygulaması deformasyon analizi	100
Şekil A.44 : Kanallı konsol tasarımı K-2 konsol uygulaması gerilme analizi.....	101
Şekil A.45 : Kanallı konsol tasarımı K-2 konsol uygulaması deformasyon analizi	101
Şekil A.46 : Kanallı konsol tasarımı K-3 konsol uygulaması gerilme analizi.....	102
Şekil A.47 : Kanallı konsol tasarımı K-3 konsol uygulaması deformasyon analizi	102
Şekil A.48 : Kanallı konsol tasarımı K-5 konsol uygulaması gerilme analizi.....	103
Şekil A.49 : Kanallı konsol tasarımı K-5 konsol uygulaması deformasyon analizi	103
Şekil A.50 : Kanallı konsol tasarımı K-6 konsol uygulaması gerilme analizi.....	104
Şekil A.51 : Kanallı konsol tasarımı K-6 konsol uygulaması deformasyon analizi	104
Şekil A.52 : Kanallı konsol tasarımı K-9 konsol uygulaması gerilme analizi.....	105
Şekil A.53 : Kanallı konsol tasarımı K-9 konsol uygulaması deformasyon analizi	105
Şekil A.54 : Kanallı konsol tasarımı K-8 konsol uygulaması gerilme analizi.....	106
Şekil A.55 : Kanallı konsol tasarımı K-8 konsol uygulaması deformasyon analizi	106
Şekil A.56 : Kanallı konsol tasarımı AP, K-3 konsol uygulaması gerilme analizi .	107
Şekil A.57 : Kanallı konsol tasarımı AP, K-3 konsol uygulaması deformasyon analizi.....	107
Şekil A.58 : Kanallı konsol tasarımı OAP, K-5 konsol uygulaması gerilme analizi.....	108
Şekil A.59 : Kanallı konsol tasarımı OAP, K-5 konsol uygulaması deformasyon analizi.....	108
Şekil A.60 : Kanallı konsol tasarımı OUP, K-6 konsol uygulaması gerilme analizi.....	109
Şekil A.61 : Kanallı konsol tasarımı OUP, K-6 konsol uygulaması deformasyon analizi.....	109
Şekil A.62 : Kanallı konsol tasarımı UP, K-8 konsol uygulaması gerilme analizi .	110
Şekil A.63 : Kanallı konsol tasarımı UP, K-8 konsol uygulaması deformasyon analizi.....	110
Şekil A.64 : K-3 kanallı konsolun genişliği 10 mm' ye düşürüldüğünde gerilme ..	111
Şekil A.65 : K-3 kanallı konsolun genişliği 10 mm'ye düşürüldüğünde deformasyon	111
Şekil A.66 : K-6 kanallı konsolun genişliği 10 mm'ye düşürüldüğünde gerilme ...	112
Şekil A.67 : K-6 kanallı konsolun genişliği 10 mm'ye düşürüldüğünde deformasyon.....	112
Şekil A.68 : K-8 kanallı konsolun genişliği 10 mm'ye düşürüldüğünde gerilme ...	113
Şekil A.69 : K-8 kanallı konsolun genişliği 10 mm'ye düşürüldüğünde deformasyon.....	113

Şekil A.70 : K-3 kanallı konsolun kanal yüksekliği 6 mm'ye düşürülüp kanal kalınlığı 10 mm'ye yükseltildiğinde gerilme	114
Şekil A.71 : K-3 kanallı konsolun kanal yüksekliği 6 mm'ye düşürülüp kanal kalınlığı 10 mm'ye yükseltildiğinde deformasyon.....	114
Şekil A.72 : K-6 kanallı konsolun kanal yüksekliği 6 mm'ye düşürülüp kanal kalınlığı 10 mm'ye yükseltildiğinde gerilme	115
Şekil A.73 : K-6 kanallı konsolun kanal yüksekliği 6 mm'ye düşürülüp kanal kalınlığı 10 mm'ye yükseltildiğinde deformasyon.....	115
Şekil A.74 : K-8 kanallı konsolun kanal yüksekliği 6 mm'ye düşürülüp kanal kalınlığı 10 mm'ye yükseltildiğinde gerilme	116
Şekil A.75 : K-8 kanallı konsolun kanal yüksekliği 6 mm'ye düşürülüp kanal kalınlığı 10 mm'ye yükseltildiğinde deformasyon.....	116
Şekil A.76 : K-3 kanallı konsolun kanal kenar kalınlığı 6 mm'ye düşürüldüğünde gerilme	117
Şekil A.77 : K-3 kanallı konsolun kanal kenar kalınlığı 6 mm'ye düşürüldüğünde deformasyon.....	117
Şekil A.78 : K-6 kanallı konsolun kanal kenar kalınlığı 6 mm'ye düşürüldüğünde gerilme	118
Şekil A.79 : K-6 kanallı konsolun kanal kenar kalınlığı 6 mm'ye düşürüldüğünde deformasyon.....	118
Şekil A.80 : K-8 kanallı konsolun kanal kenar kalınlığı 6 mm'ye düşürüldüğünde gerilme	119
Şekil A.81 : K-8 kanallı konsolun kanal kenar kalınlığı 6 mm'ye düşürüldüğünde deformasyon.....	119

ASANSÖRLERDE KABİN KILAVUZ RAY KONSOLLARININ SİSMİK BÖLGELER İÇİN TASARIMI, MODELLENMESİ VE ANALİZİ

ÖZET

Asansörler yapılarda katlar arası insan ve yük taşımaya sağlayarak günlük hayatı kolaylaştıran transport sistemleridir. Özellikle hastane, okul, kamu binaları gibi yapılarda asansörler insanların yer değiştirmesinde oldukça önemlidir. Ancak deprem gibi doğal afet durumlarında asansörlerin çalışma koşulları bozulur ve asansör kullanılamaz duruma gelir.

Deprem anında binanın en sağlam bölümleri asansör kuyuları olmasına rağmen, deprem anında asansörlerin kullanılmamasının nedeni, deprem dalgaları sebebiyle asansörlerin yapısal elemanlarında hasarlar meydana gelmesi ve insanların bu asansörlerde mahsur kalabilmeleridir. Bu yapısal elemanların başında asansör karşı ağırlık raylarını ve kabin raylarını asansör kuyusunun duvarlarına bağlayan ve sabitleyen, rayların dikey doğrultuda bir hat halinde kalmasını sağlayan konsol elemanları gelmektedir. Deprem dalgalarının yükleri sonucunda konsol elemanları hasar görebilmekte ve asansörün karşı ağırlığının ve kabinin raylar üzerinde doğrusal olarak hareket edememesi sonucu asansörler kullanılamamaktadır ve içerisinde insanlar mahsur kalmaktadır.

Binalarda kullanılan yolcu asansörlerinde çoğunlukla TSE K 179 – “*Asansör rayı bağlama sistemi*” standardında da görülen standart konsol tasarımları kullanılmaktadır. Büyük depremler sonrası hasar alan binalar incelendiğinde konsolların, gelen deprem kuvvetlerine dayanamadığı ve hasara uğradığı görülmektedir. Son zamanlarda bu hasarları en aza indirmek için yapılan çalışmalar sonucunda farklı bazı tasarımların ortaya çıkarıldığı görülmektedir. Bunlardan iki tanesi; destekli konsol tasarımı ve kanallı konsol tasarımıdır.

Destekli tasarıma bakıldığında konsolun içe kıvrıldığı bölgeye eklenen, genelde 10 mm kalınlığında olan destek parçası bulunan konsollarda, etkiyen kuvvetler sonucu oluşan gerilmelerin daha az olduğu düşünülmektedir. Bu konsolun standart tasarıma çok benzeyen bir yapısı vardır, tek farkı eklenen destek unsurudur.

Kanallı tasarım incelendiğinde standart tasarıma nazaran farklı bir yapıda olduğu görülmektedir. Konsolun orta bölgesine eklenen kanal tasarımıyla oluşturulan farklı kenarların, konsola etkiyen kuvvetler sonucu oluşan gerilmelerin standart tasarıma göre oldukça fazla azaldığı iddia edilmektedir. Ancak farklı tasarımların üzerinde oluşan gerilmelerin konsolun hangi bölgelerinde yüksek olacağı ve standart tasarıma göre farklılık gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmada, yukarıda belirtilen ve binalarda kullanılan farklı üç konsol tasarım tipinin gerilme ve deformasyon incelemesi yapılmıştır. Bu sebeple; ASME A17.1, TS EN 81-77, TS EN 81-50, TS EN 1998-1 ve IBC 2018 standartları kullanılmıştır. Belirtilen standartlardan; kılavuz ray üzerinde asansörün normal kullanımından kaynaklanan kuvvetler, deprem kuvvetleri, deprem kuvvetlerinin varsayılan yönleri,

toplam kuvvetlerin patenlere dağılımı ve toplam kuvvetlerin neler olduğu elde edilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda kuvvetlerin hesaplanması için bazı tasarım varsayımlarında bulunmuş olup devamında bu verilerle üç farklı konsol tasarımı için modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan modeller ANSYS sonlu elemanlar programında standartlardan elde edilen verilerle çalıştırılmış ve sonuçlar alınmıştır. Toplam mesh sayısı her bir simülasyonda ortalama olarak 960000 mesh olarak tespit edilmiştir.

Sekiz katlı bir binada toplam 10 kullanıcı bir asansör olduğu varsayılmıştır. Binanın toplam boyu 25 m olarak alınmıştır. Kılavuz rayların sabitlenmesi için gerekli konsollar arası mesafe belirlenmiş ve toplam 10 adet konsol çifti kullanılmıştır. Kılavuz raylar, standartlarda belirtildiği üzere birbirlerine bağlantı levhaları aracılığı ile bağlanmıştır. Deprem kuvvetleri için AFAD TDTH web uygulaması üzerinden deprem açısından en tehlikeli olarak renklendirilen Bingöl ili civarında seçim yapılmış ve hesaplama değerleri kullanılmış olup bilimsel veriler incelenmiştir.

Her bir konsol tasarımı için 10 adet simülasyon olmak üzere en az 30 simülasyon yapılmıştır. Tasarımlarda her simülasyon için farklı bölgelere kuvvetler uygulanmış olup en yüksek gerilme değerleri, gerilme değerlerinin nasıl değiştiği ve deformasyon değerleri incelenmiştir.

Sonuç olarak en yüksek gerilme değeri standart tasarımda çıkmış olup dikkat edilmesi gerekenler ve sonuçlar ilerleyen bölümlerde belirtilmiştir.

Literatür çalışmasının çoğunluğu internette bulunan bilgiler incelenerek en doğru bilgiler sunulmaya çalışılmıştır. Bölümlere göre deprem bilgileri, gerekli asansör bilgileri, asansörün temel tasarım bilgileri, simülasyon verileri, sonuçlar ve yorumlar sıralanmıştır.

DESIGN, MODELING AND ANALYSIS OF ELEVATOR CAR GUIDE RAIL BRACKETS FOR SEISMIC REGIONS

SUMMARY

Earthquakes mostly occurs at the boundaries of the tectonic plates which forming the compress and overlap motion on each other. There is a frictional force between the interacting tectonic plates that prevents the movement of the plates, and the plates moves when this frictional force is overcome.

Seismic waves are mostly caused by movements of the Earth's tectonic plates. Seismic waves are divided into two as "Body Waves" and "Surface Waves". Body waves are known as P and S Waves, surface waves are known as Rayleigh and Love Waves. P waves are the first earthquake waves to felt when an earthquake occurs.

Elevators are transport systems that facilitate daily life by providing people and cargo transportation between floors in buildings. Especially in buildings such as hospitals, schools, public buildings, elevators have an important place in people's displacement. However, in natural disasters such as earthquakes, the working conditions of the elevators are disrupted and the elevator becomes unusable.

Although the most robust parts of the building are elevator wells at the time of the earthquake, the reason why elevators are not used during the earthquake is that the structural elements of the elevators are damaged due to earthquake waves and people can be trapped in these elevators. One of the main structural element is bracket elements that connect and fix the elevator counterweight rails and car rails to the walls of the concrete elevator well, ensure that the rails remain in a vertical direction. As a result of the forces caused by earthquake waves, bracket elements can be damaged and elevators cannot be used as a result of the counterweight and the car cannot move linearly on the rails, and people are trapped inside.

During the use of the lift, horizontal and vertical forces act on the guide rails due to the cabin and load weights. During an earthquake, horizontal and vertical earthquake forces occurs in addition to the forces acted on during normal use.

For the passenger elevators used in the buildings, standard bracket designs, which are also seen in TSE K 179 - "Elevator rail fastening system" standard, are used. When the buildings damaged after the big earthquakes are examined, it is seen that the brackets are unable to withstand the incoming earthquake forces and as a result, they are damaged. It is seen that some different designs have been revealed recently as a result of the efforts to minimize these damages. Two of them are; supported bracket design and ducted bracket design.

When looking to the supported bracket design, the support piece, which is added to the area where the console is bent, is generally 10 mm thick, and the result is that stresses caused by the forces acting on the bracket are becomes lesser. This bracket design has a structure very similar to the standard design, the only difference is the added support element.

When the ducted bracket design is examined, it is known that it has a different structure compared to the standard design. It is argued that the different edges formed by the ducted design added to the center of the bracket, the stresses caused by the forces acting on the bracket have decreased considerably compared to the standard bracket design. However, it should be taken into consideration that the stresses occurring on different bracket designs may differ according to the standard design in which areas of the bracket will be high stress and deformation.

In this study, stress and deformation analysis of three different bracket design types mentioned above and used in buildings were performed. Therefore; ASME A17.1, TS EN 81-77, TS EN 81-50, TS EN 1998-1 and IBC 2018 standards will be used. From the specified standards; The forces resulting from the normal use of the elevator on the guide rail, earthquake forces, the assumed directions of the earthquake forces, the distribution of the total forces to the guide shoes and the total forces were obtained.

It is assumed that there is an elevator with a total of 10 users in an eight-storey building. The total length of the building and guide rail total length is taken as 25 m. To fix the guide rails, vertical distance between the brackets was determined as 2500 mm and a total of 10 bracket pairs were used. Guide rails are connected to each other by means of connection plates as specified in the standards. On the colored AFAD (Ministry of Interior – Disaster and Emergency Management Presidency) National Earthquake Map, Bingöl Province is seen as one of the most risky province for earthquake, and scientific data from this maps were used and examined. For the earthquake forces, the AFAD calculation values of Bingöl Province, which is created by using earthquake parameters and new mathematical models, are used.

After selection of coefficients and horizontal acceleration data, equations from standards are calculated. For TS EN 81-77 standard, horizontal seismic forces acting on the guide rails are found as 24200 N and for ASME A17.1, it is found as 24450 N. Due to the higher value of ASME A17.1 horizontal earthquake force, it is used for simulating of the earthquake forces on the system by using ANSYS. But for the distribution of earthquake loads to the guide shoes, TS EN 81-77 equations are used with 24450 N.

Bracket pairs are coded, from bottom to top during the simulations, and the bottom bracket pair is designated as K-1. The forces applied to a single point are from the bracket pair alignments of K-2, K-3, K-5, K-6, K-8 and K-9, while the forces applied as pairs of guide shoes vertically are K-3, K-5, K-6 and K- 8 brackets are in between the guide shoes. The face of brackets where the brackets are attached to the wall are assumed to be fixed supports. With the results, it is examined whether the selected working system can withstand earthquake forces or not.

As a result of the data obtained and selected, some design assumptions were made to calculate the forces, and subsequently, models for three different bracket designs were created with this data. Earthquake forces determined and the situations specified with a program using the Finite Element Method will be applied on the simulation. Created models were run in ANSYS finite element program with the data obtained, then the results were obtained. Total mesh numbers are 960000 meshes and total number of elements are 350000 on average, per simulation. For ANSYS finite element analysis; SOLID186, SOLID187, MASS21, TARGE170, SURF154 and CONTA174 element types are used.

Minimum of thirty simulations, ten simulations were made to each bracket design. In the designs, forces were applied to different regions for each simulation, and when the force was applied to different regions, the highest stress values and how the stress values changed were examined.

Simulation results of forces applied to the standard bracket designs yielded the highest stress value of 168 MPa. The average stress value of the 10 simulations applied was 152.744 MPa. The highest deformation value was found to be 0.2424 mm.

Simulation results of forces applied to the supported bracket designs yielded the highest stress value of 127.38 MPa. The average stress value of the 10 simulations applied was 112.0041 MPa. The highest deformation value was found to be 0.096804 mm.

Simulation results of forces applied to the ducted bracket designs, the highest 67.748 MPa stress value was obtained. The average stress value of the 10 simulations applied was 55.2374 MPa. The highest deformation value was found to be 0.014785 mm.

When the results of the three bracket designs are examined, it is seen that the ducted bracket design has the lowest values for stress and deformation values and the standard bracket design has the highest stress and deformation values. It was found as a result of the simulations that the stress values of the simulations performed with the parameters and forces selected for this study were below the yield strength of 235 MPa. In ASME A17.1, there are allowable stress as shall not exceed 6 mm deformation and not to permanent deformation. For TS EN 81-77, deformation shall not exceed formulation given in standard which is 5 mm for selected designs of this study; these conditions are provided safe for selected parameters and designs for this study because none of the designs are exceed the yield strength of the bracket material.

In conclusion, the deformation values are below the maximum allowable deformation value of 6 mm and 5 mm and stress values are below yield strength of 235 MPa for this thesis study. All results can be found in 5th and 6th part as a figures and tables. These results are only valid for selected parameters as mentioned above. Technical drawings of bracket designs and figures of simulation results can be found in appendix part.

Most of the literature study has been tried to present the most accurate information by examining the information available on the internet and other sources such as books, standarts, articles. According to the sections, earthquake information, necessary elevator information, basic design information of the elevator, simulation data, results and comments are listed.



1. GİRİŞ

Asansörler, yapılarda katlar arası insan ve yük taşımaya sağlayarak günlük hayatı kolaylaştıran transport sistemleridir. Özellikle hastane, okul, kamu binaları gibi binalarda asansörler insanların yer değiştirmesinde oldukça önemlidir. Ancak deprem gibi doğal afet durumlarında asansörlerin çalışma koşulları bozulur ve asansör kullanılamaz duruma gelir, hastanelerde yatan hastaların tahliyesi güçleşir. Büyük depremlerde insanlar asansörlerde hayati tehlike yaşama ihtimaliyle mahsur kalabilmektedirler.

Deprem anında asansörlerin kullanılmamasının nedeni, deprem dalgaları sebebiyle asansörlerin yapısal elemanlarında hasarlar meydana gelmesi ve insanların bu asansörlerde mahsur kalabilmeleridir. Uzun süren mahsur kalma durumları yaşamsal faaliyetleri durduracağından hayati risk taşımaktadır. Belirtilen yapısal elemanların başında asansör karşı ağırlık raylarını ve kabin raylarını asansör kuyusunun duvarlarına bağlayan ve sabitleyen, rayların dikey doğrultuda bir hat halinde kalmasını sağlayan konsol elemanları gelmektedir. Deprem dalgalarının yükleri sonucunda konsol elemanları hasar görebilmekte ve asansörün karşı ağırlığının ve kabinin raylar üzerindeki doğrusal hareketinin bozulması sonucu asansörler kullanılamamaktadır.

Bu sebeplerle bu çalışmada, seçilecek parametreler için asansörün konsol elemanının deprem yükleri altında bu yüklere dayanımlarının incelenmesi, farklı parametreler seçilerek yapılacak çalışmalara bir öncü çalışma olarak fikir vermesi ve yeni konsol tasarım çalışmalarında bazı noktalara dikkat çekilmesi amaçlanmıştır.

Öncelikle literatür araştırması yapılmış olup tezin aşamalarında bilinmesi gereken deprem, asansör vb. bilgiler ikinci ve üçüncü bölümlerde verilmiştir.

Dördüncü bölümde asansörün kılavuz ray ve konsol bağlantısının tasarımı ile ilgili detaylar verilmiş olup hesaplamalarına ilişkin asansör standartlarından bilgiler anlatılmıştır. Seçilen hesaplama parametreleri, deprem kuvvetleri parametreleri, simülasyon parametreleri ve detayları yine bu bölümde açıklanmıştır.

Beşinci bölümde ANSYS sonlu elemanlar yöntemi programının simülasyon sonuçları açıklanmış olup şekil ve çizelgelerle desteklenmiştir. Sonuç bölümünün kalabalıklaşmaması için benzer davranış gösteren gerilme şekilleri ekler kısmında verilmiştir.

Altıncı bölümde ise yapılan çalışmaların sonuçları değerlendirilmiş olup çalışma sonuçlandırılmıştır.



2. GÜNCEL VE GENEL DEPREM BİLGİLERİ

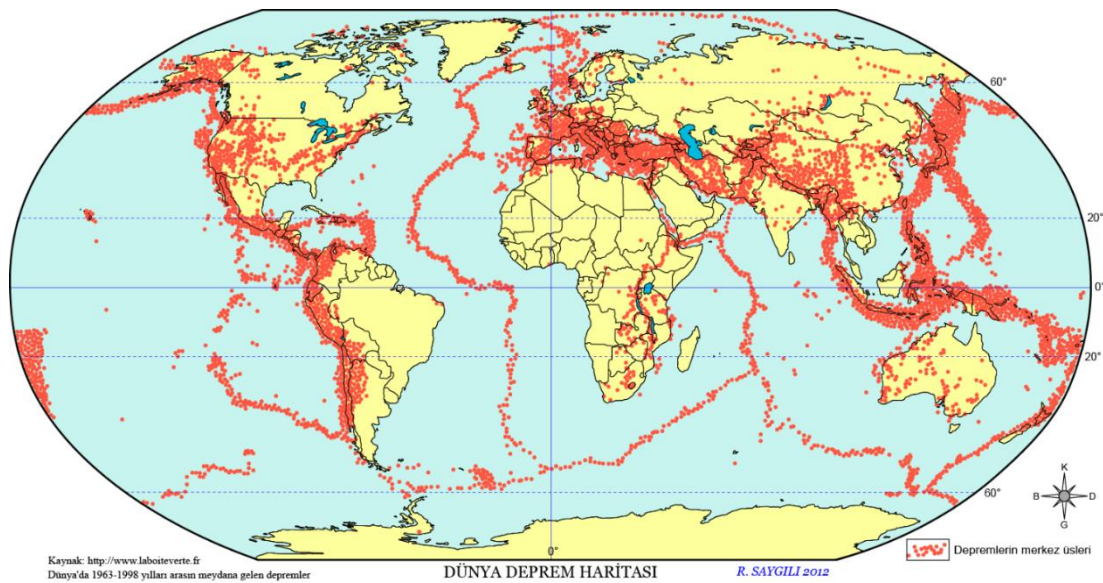
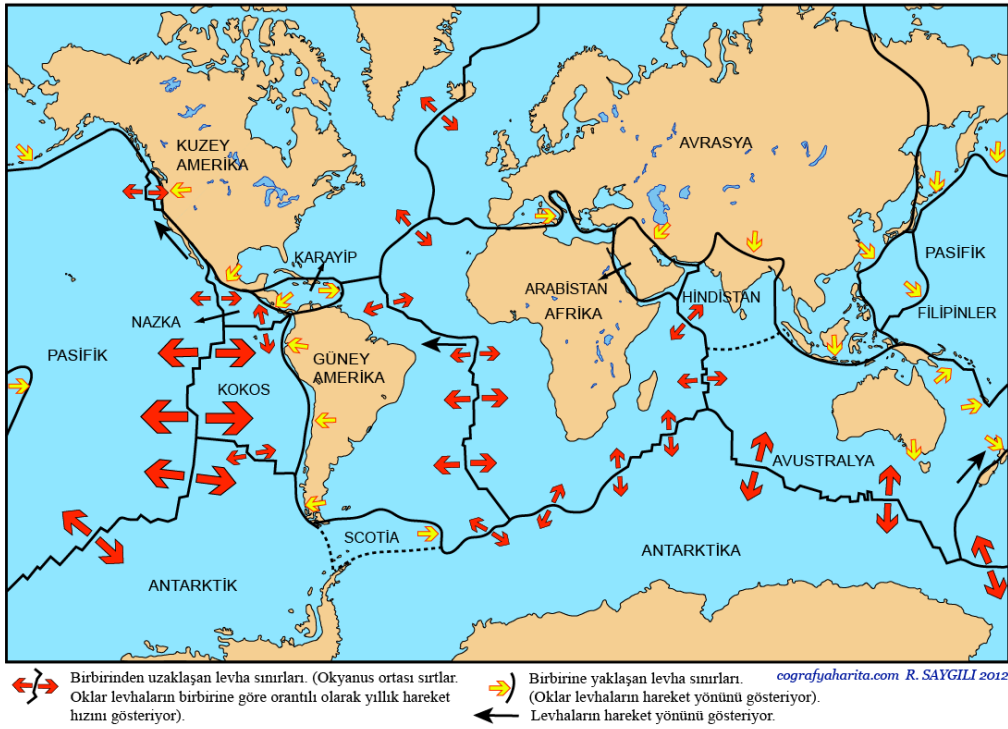
2.1 Deprem ve Deprem Dalgaları

Depremler, yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirleriyle sürtündükleri ve sıkıştıkları, üst üste geldikleri levha sınırlarında gerçekleşmektedir [1]. Şekil 2.1’de bulunan Dünya Tektonik Haritasında [2] bahsedilen levha sınırları ve levhaların hareketleri görülmektedir. Şekil 2.2’de bulunan depremlerin merkez üslerinden de [2] görüleceği üzere dünyada gerçekleşen depremler genellikle levhaların birbirleriyle etkileşim içinde olduğu levha sınırlarında ve yakınlarında oluşmaktadır. Etkileşimde bulunan levhalar arasında, levhaların hareketini engelleyen bir sürtünme kuvveti vardır ve bu sürtünme kuvvetinin yenilmesiyle levhalar hareket edebilmektedir [1]. Literatür araştırması sonucu belirtilen referanslar doğrultusunda depremin gerçekleşme adımlarının aşağıdaki şekilde olduğu görülmektedir [1,3]:

1. Dünya üzerinde bir noktada, zamanla yavaş yavaş oluşan birim deformasyon birikimi sebebiyle elastik olarak depolanan ve kritik bir değere erişen enerji, fay düzlemi boyunca bulunan sürtünme kuvvetini yenerek, fay çizgisinin her iki tarafındaki kayaç bloklarının birbirine bağlı hareketlerinin oluşmasına sebep olmaktadır.
2. Böylece kayaçlarda yer değişimi olur ve bu noktada biriken birim deformasyon enerjisinin açığa çıkmasıyla yani mekanik enerjiye dönüşmesi ile yer katmanlarının kırılma ve yırtılma hareketi gerçekleşir.
3. Bu yırtılma durumu, yırtıktan çıkan, yırtılma hızından daha yüksek hızla yayılan elastik dalgalar oluşturur.
4. Bu dalgalar, deprem gerçekleştiği sırada salınan enerjiyle, Dünya’yı sallayan ve geçici olarak kil gibi yumuşak tortuları, alüvyonları jöleye (sıvılaştırma) dönüştüren, yerin içinden geçebilen şok dalgalarıdır ve sismik dalgalar olarak adlandırılırlar.

5. Sonunda yırtık büyümesinin hızı yavaşlar ve tamamen durur.
6. Böylece kayalarda, eski zamanlardan itibaren biriken gerilmelerin ve enerjinin bir kısmı ya da tamamı atılmış olmaktadır.

Sismik dalgalar, çoğunlukla Dünya'nın tektonik plakalarının hareketlerinden kaynaklandığı gibi, aynı zamanda patlamalardan, volkanlardan ve toprak kaymalarından da oluşabilirler [3].



Sismik dalgaların genel özellikleri şu şekildedir [3-5]:

- Sismik dalgalar, deprem kaynağından her yöne doğru ilerleyebilirler.
- Sismik dalgalar, malzeme taşınması olmaksızın enerjiyi bir yerden başka bir yere taşırlar.
- Sismik dalgalar çeşitlerine göre yerin içinden veya yer yüzeyinden ilerlerler. Bu ilerleme sırasında kendilerine has karakteristik hız ve hareket tarzı gösterirler.
- Dalgaların hızı, ilerledikleri zeminin malzemesinin yoğunluğuna ve elastik özelliklerine bağlı olarak değişir.
- Deprem odağına yakınlığına bağlı olarak sismik dalgalar yüzeyi hareket ettirir.
- Dalgalar farklı yoğunluk ve sertlikler üzerinde ilerledikleri için yansiyabilir veya kırılabilirler.
- Dalgaların birleşimi, yansımaları ve kırılmaları, diğer birçok sismik dalga şeklini üretir.

Sismik dalgalar, “Cisim Dalgaları” ve “Yüzey Dalgaları” olarak ikiye ayrılırlar.

2.1.1 Cisim dalgaları

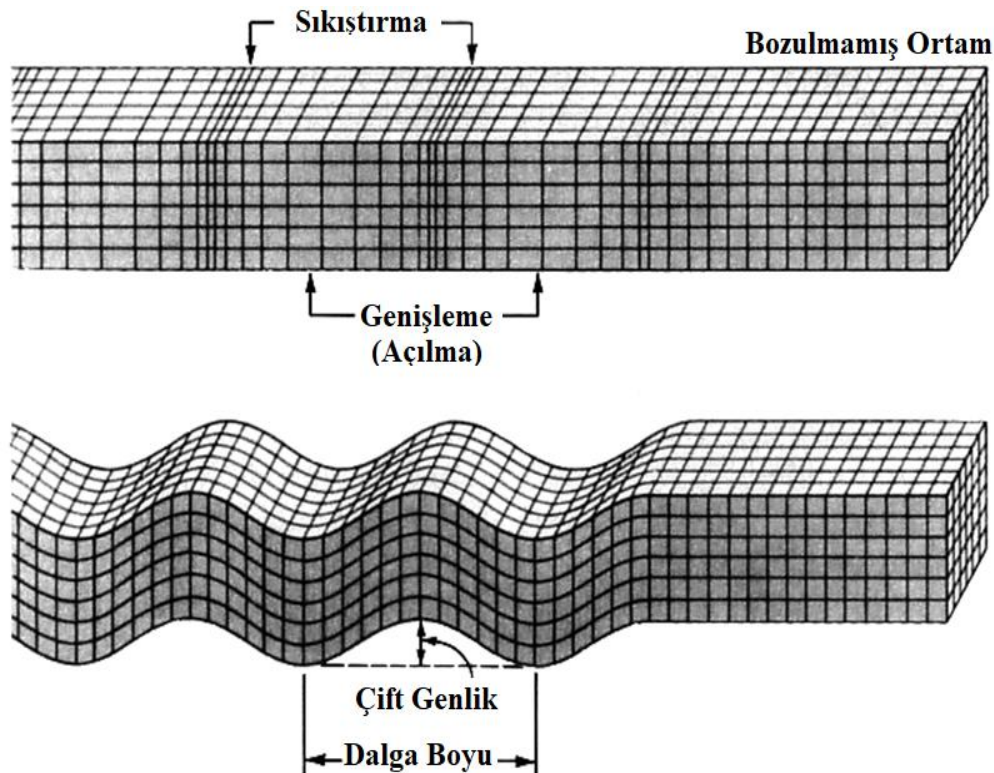
P ve S dalgaları cisim dalgalarıdır ve yerin içinden ilerleyebilmektedirler. P dalgalarının özellikleri aşağıdaki gibidir [3-6]:

- P dalgası (öncül dalga) sismograflar tarafından ilk tespit edilebilen en hızlı sismik dalgadır.
- P dalgaları hem katı olan taş gibi yüzeylerde hem de sıvılarda ilerleyebilirler.
- P dalgası Şekil 2.3’te görüldüğü gibi itme-çekme hareketi yapar ve yeri ileri geri hareket ettirir. Bunlar sıkışma dalgalarıdır ve uzunlamasına (boyuna) dalgalardır.
- P dalgaları genellikle küçük hasarlara sebep olan dalgalardır.
- P dalgaları yerin içinde en hızlıdır.
- Havada ses hızında (330 m/s), granitte 5000 m/s hızında, suda 1450 m/s hızındadır [5].

- Bazı zamanlarda kedi, köpek vb. hayvanlar depremin P dalgalarını duyarlar ve değişik tepkiler verirler [4].

S dalgalarının özellikleri aşağıdaki gibidir [3-6]:

- S dalgaları (ikincil dalga, kesme dalgası), P dalgalarını doğrudan takip eden dalgalardır.
- S dalgaları da P dalgalarıyla aynı doğrultuda hareket ederler, fakat Şekil 2.3'te görüleceği üzere yer yüzeyini sıkışma şeklinde değil, dalga hareketine dik açı doğrultusunda ileri ve geri kesme hareketiyle dikey ve yatay olarak hareketlendirirler.
- P dalgalarına göre 1.7 kat daha yavaştır.
- Sıvılar kesme gerilimlerini sürdürmedikleri için S dalgaları sıvılarda ilerleyemezler (Su, sıvı erimiş taş, yerin çekirdeğindeki sıvı vs.).
- P dalgalarına göre daha tehlikelidirler, bunun sebebi daha yüksek genliğe sahip olmalarıdır.
- S dalgaları, havada ve suda gidememelerine rağmen genlikleri P dalgalarına göre daha büyük olduğu için daha yıkıcıdır.



Şekil 2.3 : Cisim dalgaları, sırasıyla P ve S dalgaları [6].

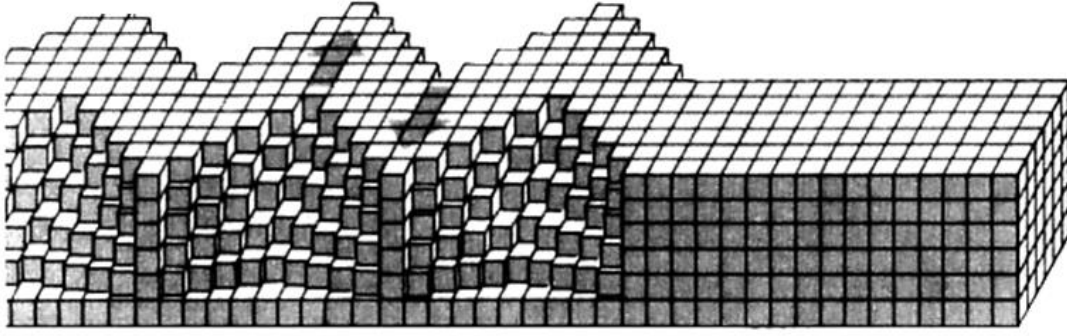
2.1.2 Yüzey dalgaları

Love dalgası ve Rayleigh dalgası olmak üzere iki tip yüzey dalgası vardır. Yüzey dalgalarının hareket özellikleri Şekil 2.4'te görülmektedir. Love dalgalarının özellikleri aşağıdaki gibidir [3-6]:

- Love dalgaları, yatay polarize yüzey dalgalarıdır ve bir deprem sırasında Dünya'nın yatay kaymasına neden olan yüzey sismik dalgalarıdır.
- S dalgaları gibi kesme hareketiyle ilerler fakat ileri-geri hareketini yatay olarak yaparlar.
- Love dalgaları, cisim dalgalarından daha düşük bir hızla, ancak Rayleigh dalgalarından daha yüksek hızla hareket ederler.
- Bir Love dalgasının parçacık hareketi, yayılma yönüne dik bir yatay çizgi oluşturur (enine dalga). Genlik veya maksimum parçacık hareketi, derinlik arttıkça azalır.

Rayleigh dalgalarının özellikleri şu şekildedir [3-6]:

- Rayleigh dalgaları, cisim dalgalarının dünya yüzeyindeki etkileşimi ile üretilir ve cisim dalgalarının ve Love dalgasının hızlarından daha düşük bir hızla hareket ederler.
- Rayleigh dalgaları hem yatay olarak hem de dikey olarak hareket yönünde dikey bir düzlemde hareket ederler.
- Deprem anında hissedilen sarsıntının ana nedeni ve açık havalarda deprem olurken, araç otoparklarında görülen araçların yukarı-aşağı hareketinin sebebi Rayleigh dalgalarıdır.
- Diğer dalgalardan daha büyük bir sarsma gerçekleştirirler.
- Rayleigh dalgalarında, hareket bir okyanus yüzey dalgasına benzer şekilde yuvarlanma niteliğindedir.
- Rayleigh dalgasının yoğunluğu; depremin büyüklüğü, depreme uzaklık, deprem derinliği, yer kabuğunun jeolojik yapısı, depremin odak mekanizması ve depremde kopma yönelimi faktörlerine bağlıdır.



Şekil 2.4 : Yüzeş dalgaları, sırasışla Love ve Rayleigh dalgaları [6].

2.1.3 Cisim dalgası ve yüzeş dalgasının karşılaştırılması

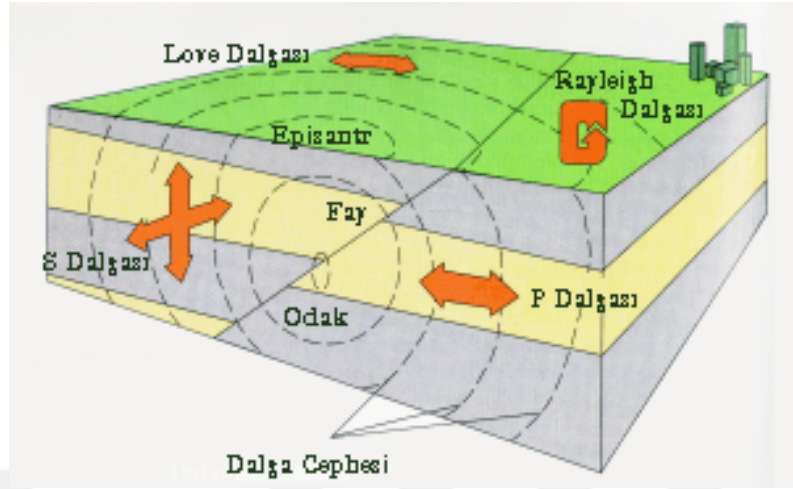
Yukarıda izah edilen cisim dalgaları ve yüzeş dalgalarının arasındaki benzerlikler ve farklılıklar şunlardır:

- Cisim dalgaları yüzeş dalgalarına göre daha hızlıdır.
- Cisim dalgaları yüzeş dalgalarına göre daha yüksek frekanslıdır.
- Yüzeş dalgalarının genliğı S dalgalarından fazladır.
- Yüzeş dalgalarının parçacık hareketi cisim dalgalarınınkinden daha büyük olduğundan yüzeş dalgaları daha fazla hasara neden olma eğilimindedir.
- Yüzeş dalgalarının genliğı, cisim dalgalarının genliğinden mesafe ilerledikçe daha az azaldığı için yüzeş dalgaları çoğı zaman deprem kaynağından uzaklaşan sarsıntının en önemli bileşenidir, bu nedenle genellikle yüzeş dalgaları en yıkıcı dalgadırlar.

2.1.4 Deprem parametreleri

Deprem parametreleri arasında odak noktası, dış merkez, odak derinliğı, eş şiddet eğrileri, şiddet ve magnitüd yer almaktadır. Odak noktası, dış merkez ve sismik

dalgaların yayılış davranışları Şekil 2.5'te verilmiştir. Aşağıda her bir parametre ayrı ayrı ele alınacaktır [1]:



Şekil 2.5 : Odak noktası, dış merkez ve sismik deprem dalgalarının yayılışı [1].

2.1.4.1 Odak noktası (hiposantr)

Yerin içerisinde depremin enerjisinin ortaya çıktığı nokta Odak Noktası olarak adlandırılır. Bazı kaynaklarda iç merkez olarakta geçmektedir.

2.1.4.2 Dış merkez (episantr)

Yeraltındaki odak noktasına yer yüzeyinde en yakın noktaya episantr denir. Deprem anında en çok hasar alan ve depremin en kuvvetli hissedildiği bölgedir.

2.1.4.3 Odak derinliği

Depreme sebep olan enerjinin açığa çıktığı noktanın yeryüzeyine en yakın mesafesi depremin odak derinliğidir. Depremler odak derinliklerine göre sığ, orta ve derin olarak sınıflandırılabilir. Derin depremler az hasar yaparlar ancak daha geniş alanda hissedilirler. Sığ depremlerin yıkıcılığı fazladır ancak daha küçük bir alanda hissedilir. Türkiye’de genellikle sığ depremler olmaktadır.

2.1.4.4 Eş şiddet (izoseit) eğrileri

Aynı şiddetle sarsılan noktaları birbirine bağlayan noktalara denir. Bunun tamamlanmasıyla eş şiddet haritası ortaya çıkar. Genelde kabul edilmiş duruma göre, eğrilerin oluşturduğu yani iki eğri arasında kalan alan, depremlerden etkilenme yönüyle, şiddet bakımından sınırlandırılmış olur.

2.1.4.5 Şiddet

Depremın yeryüzünde hissedildiği bir bölgedeki etkisinin ölçüsüdür. Depremın şiddeti, yapılar, canlılar ve çevreleri üzerindeki etkilerinin bir ölçüsüdür. Şiddetin belirlenmesi, depremin büyüklüğü, odak derinliği, odak uzaklığı, yapıların depreme karşı gösterdiği dayanıklılık gibi etkenlere bağlıdır. Deprem şiddet cetvelleri depremin etkilemiş olduğu her şeyin depreme göstermiş olduğu tepkiyi ortaya koymaktadır. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan şiddet cetvelleri "Mercalli Cetveli (MM)" ve "Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK)" şiddet cetvelleridir.

2.1.4.6 Magnitüd

Deprem olurken açığa çıkan enerjinin ölçüsüdür. Magnitüd, aletsel ve gözlemsel magnitüd değerleri olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

Gözlemlerinin bildirdiği magnitüd, depremin enerjisiyle ilgili açıklayıcı değildir. Çünkü deprem derin veya sığ odaklı olabilmektedir. Magnitüdü aynı olan iki depremden sığ olanı daha çok hasar oluştururken, derin olanı daha az hasar oluşturmaktadır. Bu durumda bile Richter ölçeği (magnitüd) deprem özelliklerini tespit etmekte oldukça önemli bir yer tutmaktadır.

Depremın şiddeti ve magnitüdü arasında bazı eşitlikler mevcuttur. Bu eşitliklerden şiddet ve magnitüd değerleri arasındaki dönüşümler [1] aşağıdaki Çizelge 2.1'deki gibi verilebilir:

Çizelge 2.1 : Deprem şiddeti ve magnitüd arasındaki ilişki [1].

Şiddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Magnitüdü	4	4,5	5,1	5,6	6,2	6,6	7,3	7,8	8,4

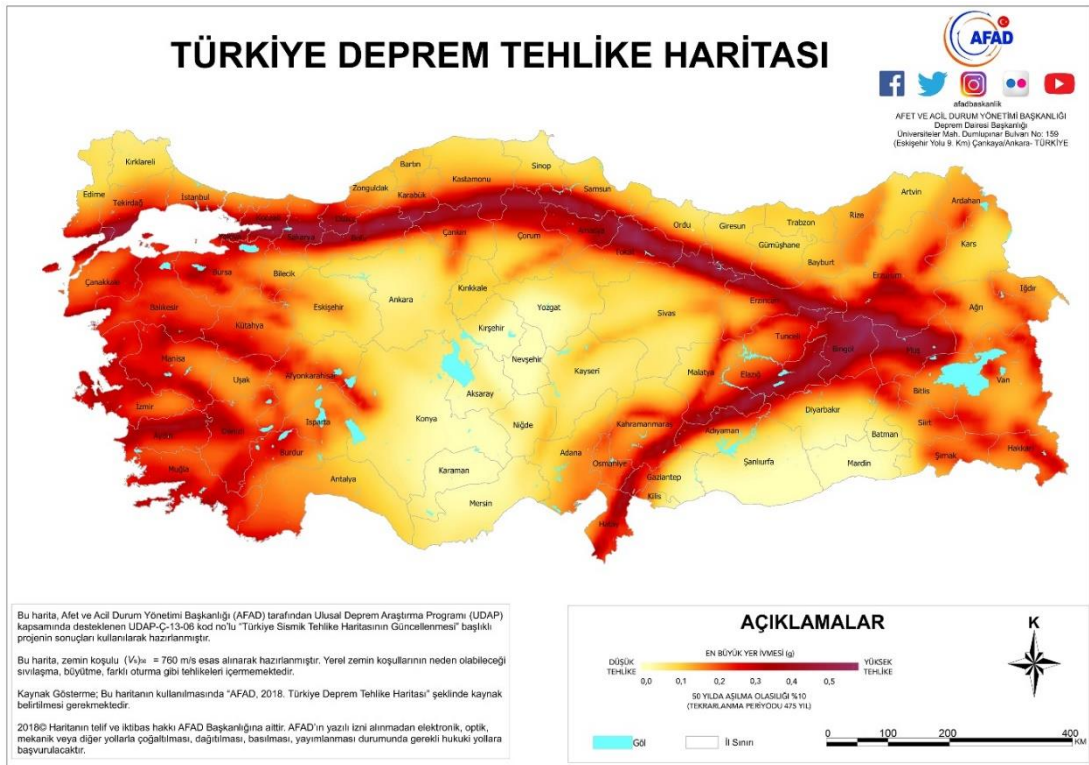
2.2 Türkiye'nin Güncel Deprem Tehlike Haritası

1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren Şekil 2.6'daki Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre, yurdumuzun büyük bir kesiminin deprem afeti açısından tehlike altında olduğu görülmektedir. Son 58 yıl içerisinde depremlerden, 58202 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 122096 kişi yaralanmış ve yaklaşık olarak 411465 yapı yıkılmış veya ağır hasara uğramıştır [1]. İstatistiksel verilerle birlikte, depremlerden her yıl

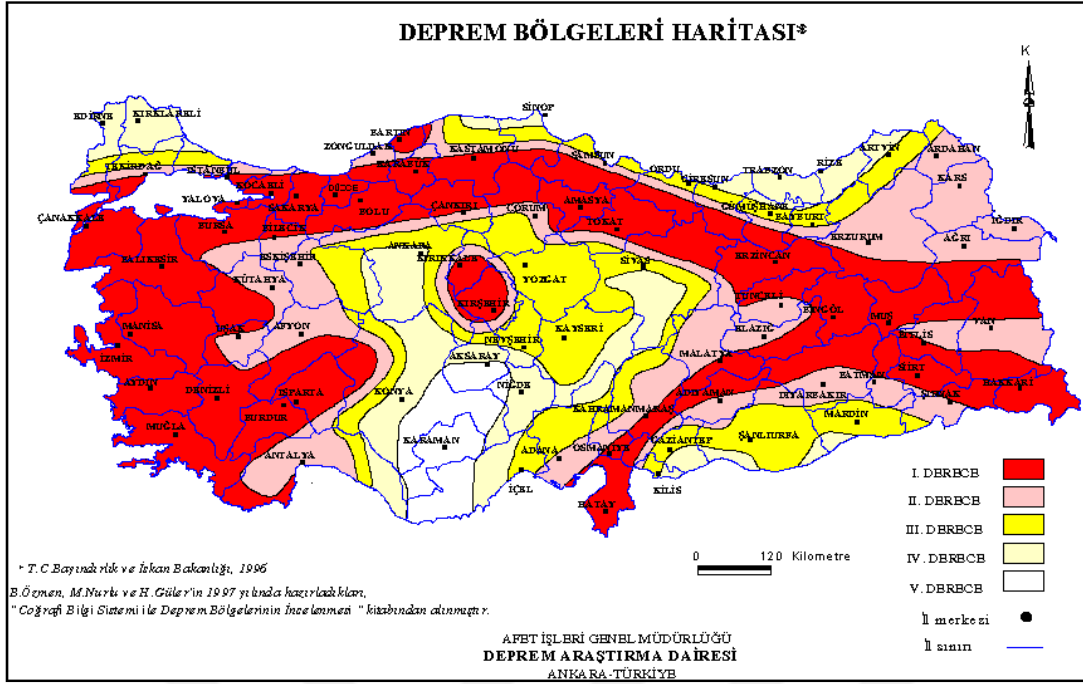
ortalama 3100 vatandaşımız hayati olarak etkilenmekte ve 7094 yapı hasar görmektedir. Gelecekte de olabilecek yıkıcı depremlerde can ve mal kaybına uğranmaması için depreme karşı önlemler alınması gerektiği bir gerçektir.

Şekil 2.6'da görülen Yeni Türkiye Deprem Tehlike Haritası [7], deprem kaynak parametreleri, deprem katalogları ve yeni nesil matematiksel modeller baz alınarak harita olarak en güncel, geniş ve ayrıntılı veri yelpazesiyile AFAD tarafından hazırlanmıştır [7]. Şekil 2.7'de görülen bir önceki Deprem Tehlike Haritasından [8] farklı olarak yeni haritada deprem bölgeleri yerine en büyük yer ivmesi değerleri gösterilmiştir. Türkiye deprem tehlike haritası risk haritası değildir. Çünkü risk haritaları oluşturmak için depremin yapılarla ve nüfusa etki durumunu bilmek, depremin ekonomiye ve çevreye vereceği zararları hesaplamak ve bu zararların ve kayıpların sonuçlarını gösteren bir risk haritası oluşturmak gerekmektedir [7].

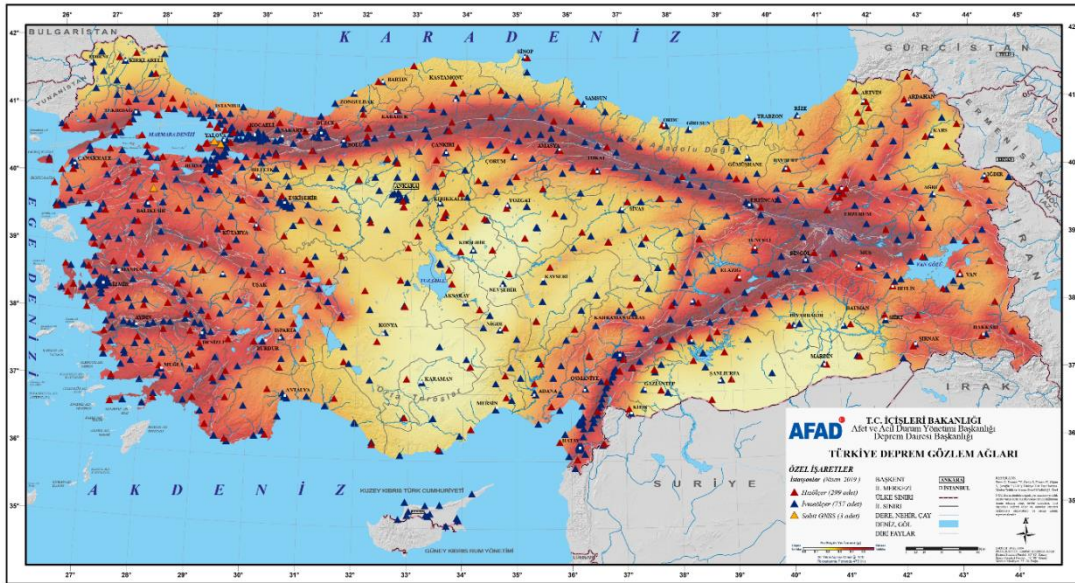
Veri toplama yöntemlerinden biri olan Deprem Gözlem Ağları [9] Şekil 2.8'de görüleceği üzere depremlerin izlenmesi ve kaydedilmesi için gözlem ağları kullanılmış ve bu gözlem ağlarında bulunan, depremsel verileri kaydeden sismograflarda oluşan veriler Şekil 2.6'da görülen Türkiye Deprem Tehlike Haritasının hazırlanmasında kullanılmıştır.



Şekil 2.6 : Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren yeni Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası [7].



Şekil 2.7 : 1996 yılında yayınlanan ve yürürlükten kaldırılan Türkiye deprem bölgeleri haritası [8].



Şekil 2.8 : Türkiye Deprem Gözlem Ağları Haritası [9].

2.3 Türkiye'nin Deprem Tarihi ve Deprem İstatistikleri

Şekil 2.9'da da görüldüğü üzere Avrasya-Arap-Afrika levhası arasında bulunan Türkiye, sismik açıdan oldukça aktif bir ülkedir. Türkiye; Kuzey Anadolu Fay Hattı, Doğu Anadolu Fay Hattı ve Batı Anadolu Fay Hattı deprem kuşağında bulunmaktadır.



Şekil 2.9 : Türkiye'yi etkileyen ve arasında bulunduğu tektonik levhalar [10].

Türkiye'nin bulunduğu coğrafya, 1500'lü yıllardan itibaren farklı zamanlarda 7 ve üstü büyüklüğünde 23 depremle sarsılmıştır [11].

Türkiye'de 1900 yılının öncesi döneme bakıldığında Türkiye'nin coğrafi bölgesinde bilinen en eski 7 ve üstü büyük depremler kronolojik olarak şöyle sıralanabilir [11]:

- 10 Eylül 1509'da 7,2 büyüklüğünde "Büyük İstanbul Depremi",
- 23 Şubat 1653'de 7,5 büyüklüğünde "Doğu İzmir Depremi",
- 17 Ağustos 1668'de 8 büyüklüğünde "Anadolu Depremi",
- 10 Temmuz 1688'de 7 büyüklüğünde "İzmir Depremi".

1900-2014 yılları arasındaki depremler açısından bakıldığında gerçekleşen 7 ve üstü büyük depremler arasında en yıkıcı ve can kaybı en fazla olan şiddetli depremler Anadolu Ajansı [11] verilerine dayandırılarak şöyle sıralanabilir [11]:

- 27 Aralık 1939'daki 7,9 büyüklüğünde Büyük Erzincan Depremi; 33 bin kişi hayatını kaybetti, 100 bin kişi yaralandı ve 116 bin civarında bina yıkıldı,
- 1942'de Tokat Erbaa'da 7 büyüklüğünde meydana gelen depremde 3 bin kişi hayatını kaybetti,
- 26 Kasım 1943'te Samsun'da 7,2 büyüklüğünde Lâdik Depremi sonucunda 4 bin insan yaşamını yitirdi, binlerce kişi yaralandı ve binaların dörtte üçü yıkıldı,
- 19 Ağustos 1966'da Muş'un Varto ilçesinde 6,9 büyüklüğündeki deprem sonucunda 2 bin 394 kişi hayatını kaybetmiş, 1500 kişide yaralanmıştır,

- Muradiye Depremi sonucunda 3 bin 840 kişi hayatını kaybederken, yaklaşık 500 kişi yaralandı ve 10 bin bina hasarlı olarak kayıtlara geçti,
- Kocaeli Gölçük'te 17 Ağustos 1999'da 7,4 şiddetinde meydana gelen depremde 17 bin 118 kişinin öldüğü, 25 bine yakın kişinin de yaralandığı ve bölgedeki birçok binanın hasara uğradığı veya yıkıldığı kayıtlara geçildi,
- Düzce'de 12 Kasım 1999'da 7,2 büyüklüğündeki depremde 894 kişi hayatını kaybetti, 2 bin 679 kişi yaralandı ve toplamda 48 bin 720 binada hasar meydana geldi,
- Van'ın Tabanlı ilçesi merkezli 23 Ekim 2011'de 7,2 büyüklüğündeki deprem 25 saniye sürdü ve 601 kişi öldü,
- Van, 9 Kasım 2011'de büyük bir depremle daha sarsıldı ve 5,6 büyüklüğündeki depremde 25 bina yıkıldı.

Aşağıda verilen Çizelge 2.2-2.4'ler, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi'nin web sayfasında yayınladığı deprem verilerinden oluşturulmuştur [12].

Çizelge 2.2'de Türkiye'de 1900 – 2014 yılları arasını gösteren verilere bakıldığında depremin magnitüdü arttıkça oluşan can kayıpları ve hasarlı bina sayılarının arttığını gösteren bilgiler görülmekte olup magnitüdü 5'in üzerinde olan 120 deprem meydana geldiği Çizelge 2.3'te görülmektedir.

Çizelge 2.2 : 1900 - 2014 yılları arasında meydana gelen 5.0 ve üzeri büyüklükteki depremlerde ortaya çıkan can kaybı ve bina hasarı sayıları

Magnitüd	Can Kaybı	Bina Hasarı
5.0 – 5.4	5	759
5.5 – 5.9	27	533
6.0 – 6.4	38	2566
6.5 – 6.9	465	4397
7.0 – 7.4	1439	12736
7.5 +	13763	58703

Çizelgede görülen veriler ışığında 7 ve üzeri depremlerde can kaybı sayısının çok yüksek olduğu, 5 ve üzerindeki depremlerde ise yapılarda hasarların ortaya çıktığı görülmektedir.

Çizelge 2.3 : 1900 - 2014 Yılları Arasındaki Büyük Deprem ($M \geq 5$) Sayıları

Magnitüd	Deprem Sayısı
5.0 – 5.4	4
5.5 – 5.9	53
6.0 – 6.4	27
6.5 – 6.9	21
7.0 – 7.4	11
7.5 +	4

Çizelge 2.4'te ise Türkiye'de 1900 – 2014 yılları arasında meydana gelen büyük depremlerden şiddeti V ve üzeri depremlerin sayılarının dağılımı görülmektedir. Bu depremlerle ilgili istatistiki verilerden ve çizelgelerden de anlaşılacağı üzere, ülkemizin sürekli büyük bir deprem tehdidi altında olduğu anlaşılmaktadır.

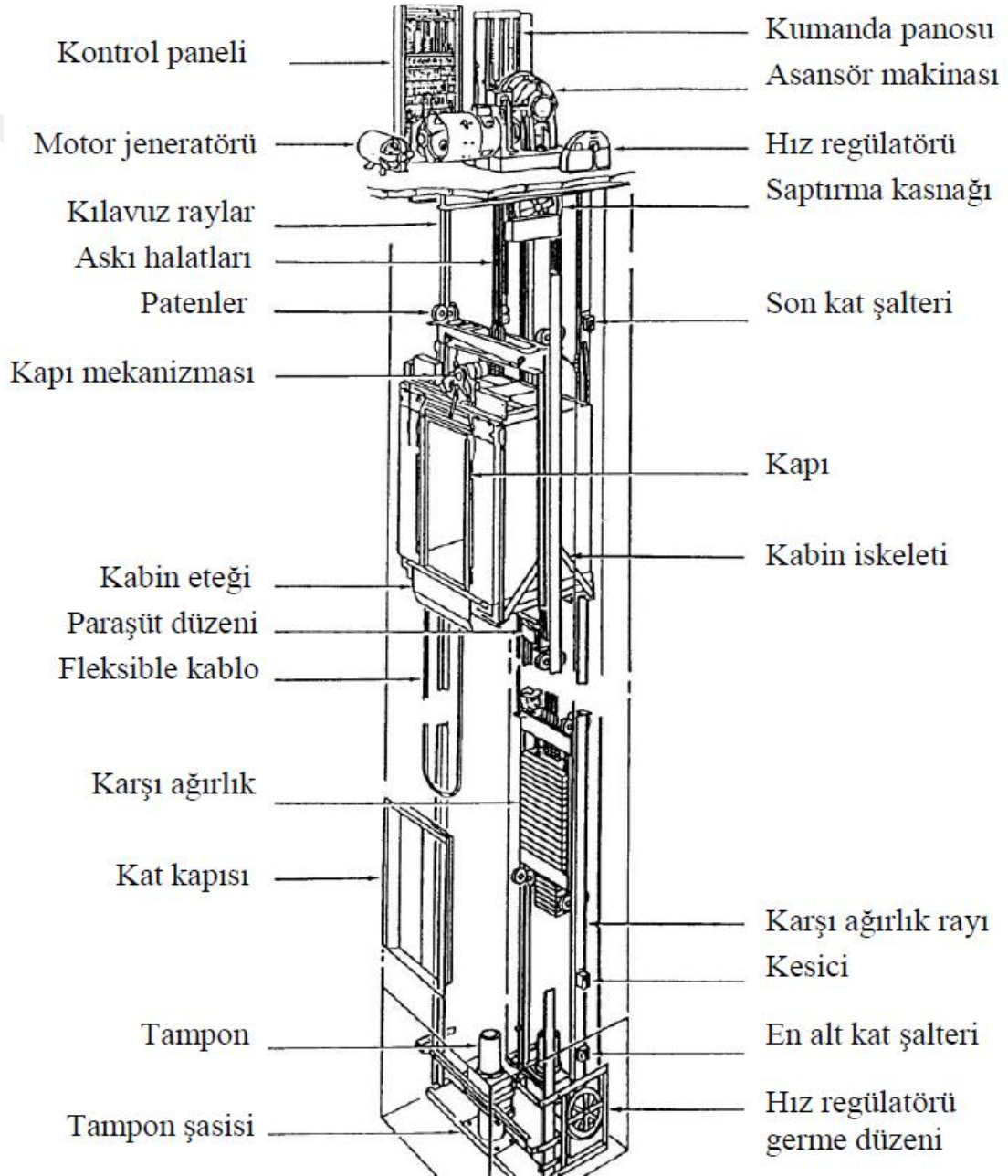
Çizelge 2.4 : 1900 - 2014 Yılları Arasındaki Büyük Deprem (Şiddet \geq V) Sayıları

Şiddet	Deprem Sayısı
V	1
VI	21
VII	22
VIII	47
IX	22
X+	7



3. ASANSÖR ELEMANLARI VE DEPREMİN ASANSÖRLERE ETKİSİ

Asansörün makina, kılavuz ray, kabin, konsol, karşı ağırlık, karşı ağırlık konsolları vb elemanları Şekil 3.1’de görülmektedir. Bu tez kapsamında kullanılacak mekanik ekipmanlar patenler, kılavuz raylar ve konsollardır.



Şekil 3.1 : Asansör tesisine ait bölümler [13]

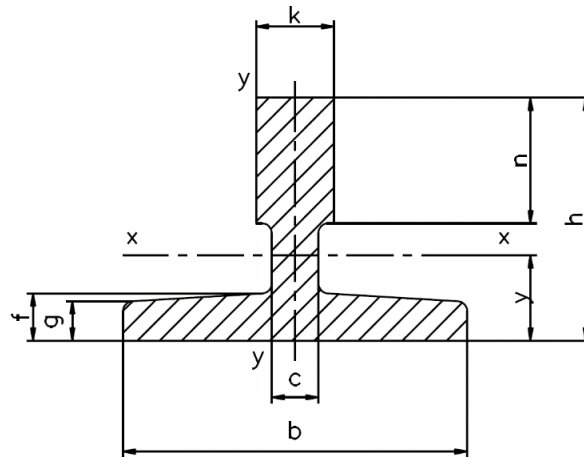
Yapılarda asansörler, asansör kuyusu adı verilen beton ve çelik konstrüksiyondan oluşan dikey olarak uzunlamasına olan bir blok içinde bulunurlar. Asansör ve karşı ağırlığı, kılavuz ray adı verilen elemanlar üzerinde dikey yönlü olarak asansör kuyusu içerisinde hareket ederler. Kılavuz raylar ise konsol adı verilen, kılavuz rayların asansör kuyusunun duvarlarına sabitlenmesi ve birbirleriyle hizalanması için kullanılan elemanlarla duvara sabitlenirler ve hizalanırlar.

3.1 Mekanik Ekipmanlar

Kılavuz ray, paten ve konsol mekanik elemanları aşağıda tanımlanmaktadır:

3.1.1 Kılavuz Ray

Kabinin düşey hareketlerini kılavuzlamak, yatay hareketlerini en aza indirmek ve paraşüt fren tertibatı çalıştığında kabini durdurmak için kılavuz raylar kullanılır [13]. Kılavuz raylar dik ve aralarındaki mesafe bütün ray sırası boyunca sabit olması gerekmektedir [13]. Kılavuz ray profili Şekil 3.2’de görülmektedir ve bu şekli sebebiyle T profil adını almaktadır. Şekil 3.3’te görülen bağlantı levhası kılavuz rayların uç kısmından 4 civata ile diğer kılavuz rayla bağlanmaktadır. Bağlantı levhası kalınlığı kılavuz ray kalınlığı kadar olmaktadır [13]. Kılavuz ray sırasında en alttaki rayın kuyu desteği vardır [13]. Belli aralıklarla kılavuz raylar konsollar ile asansör kuyusu duvarına bağlanmaktadır. Hesaplamalar için kılavuz ray değerleri Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de bulunmaktadır. Çekme dayanımı 370 MPa ile 520 MPa arasında olan çelik malzemeden üretilir [13]. Şekil 3.4’te kılavuz ray, ray kavrama tırnakları ve konsol bağlantısı görülebilir. Ray kavrama tırnaklarının ölçüleri Çizelge 3.3’ten alınır. Bağlantı levhası değerleri Çizelge 3.4 kullanılarak belirlenir.



Şekil 3.2 : Asansör kılavuz ray profili [13]

Çizelge 3.1 : Kılavuz Ray ölçüleri [13]

Ray tipi	b	h	k	n	c	g	f	m ₁	m ₂	t ₁	t ₂	d
T 45/A	45.0	45.0	5.00	-	-	*	-	2	1.95	2.5	2	9
T 50/A	50.0	50.0	5.00	-	-	*	-	2	1.95	2.5	2	9
T 70-2/A	70.0	70.0	8.00	-	-	**	-	3	2.95	3.5	3	13
T 70-1/A	70.0	65.0	9.00	34.0	6.0	***	-	3	2.95	3.5	3	13
T 70-3/B	70.0	49.2	15.88	25.4	9.5	7.9	9.5	3	2.95	3.5	3	13
T 75-3/A	75.0	62.0	10.0	30.0	8.0	****	-	3	2.95	3.5	3	13
T 75-3/B	75.0	62.0	10.00	30.0	8.0	7.0	9.0	3	2.95	3.5	3	13
T 82/A	82.5	65.3	9.00	25.4	7.5	6.0	8.3	3	2.95	3.5	3	13
T 89/A	89.0	62.0	15.88	33.4	10.0	7.9	11.1	6.4	6.37	7.14	6.35	13
T 89/B	89.0	62.0	15.88	33.4	9.5	7.9	11.1	6.4	6.37	7.14	6.35	13
T 90/A	90.0	75.0	16.0	42.0	10.0	8.0	10.0	6.4	6.37	7.14	6.35	13
T 90/B	90.0	75.0	16.0	42.0	10.0	8.0	10.0	6.4	6.37	7.14	6.35	13
T 125/B	125.0	82.0	16.0	42.0	10.0	9.0	12.0	6.4	6.37	7.14	6.35	17
T 127-1/B	127.0	88.9	15.88	44.5	9.5	7.9	11.1	6.4	6.37	7.14	6.35	17
T 127-2/B	127.0	88.9	15.88	50.8	9.5	12.7	15.9	6.4	6.37	7.14	6.35	17
T 140-1/B	140.0	108.0	19.00	50.8	12.7	12.7	15.9	6.4	6.37	7.14	6.35	21.5
T 140-2/B	139.7	101.6	28.60	50.8	19.0	14.3	17.0	6.4	6.37	7.14	6.35	21.5
T 140-3/B	139.7	127.0	31.70	57.1	25.4	17.5	25.4	6.4	6.37	7.14	6.35	21.5

* p = 5 mm ; ** p = 8 mm ; *** p = 7 mm ; **** p = 7,5 mm

A : soğuk çekilmiş kılavuz ray B : işlenmiş kılavuz ray

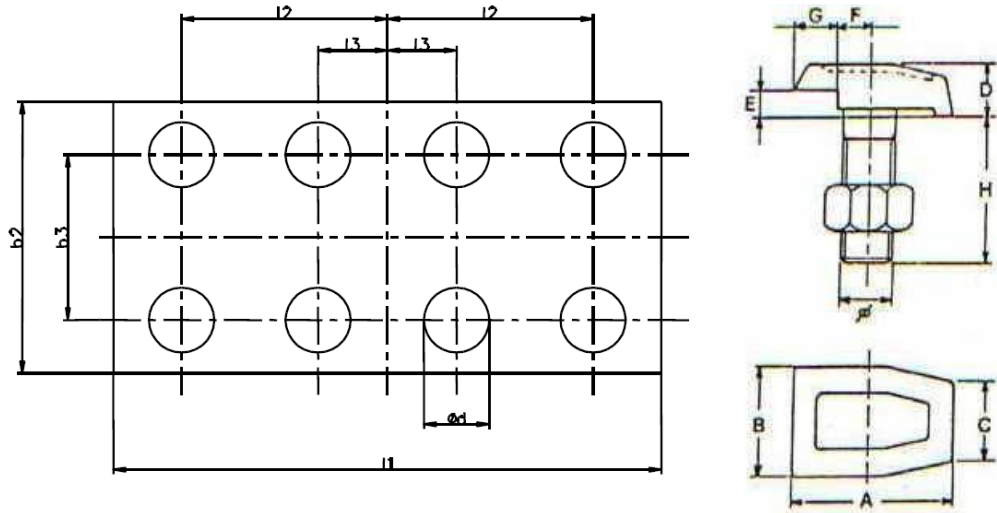
Çizelge 3.2 : Kılavuz ray fiziksel değerleri [13]

Ray tipi	S 10 ² mm ²	q kg/m	J _x 10 ⁴ mm ⁴	W _x 10 ³ mm ³	i _x mm	J _y 10 ⁴ mm ⁴	W _y 10 ³ mm ³	i _y mm	y mm
T 45/A	4.25	3.34	8.08	2.53	13.8	3.84	1.71	9.5	13.1
T 50/A	4.75	3.73	11.24	3.15	15.4	5.25	2.10	10.5	14.3
T 70-2/A	10.52	8.26	47.43	9.63	21.2	23.13	6.61	14.8	20.2
T 70-1/A	9.51	7.47	41.30	9.24	20.9	18.65	5.35	14.0	20.4
T 70-3/B	11.54	9.30	27.50	8.52	15.2	25.80	7.54	15.0	17.3
T 75-3/A	10.99	8.63	40.35	9.29	19.2	26.49	7.06	15.5	18.6
T 75-3/B	10.99	8.63	40.35	9.29	19.2	26.49	7.06	15.5	18.6
T 82/A	10.9	8.55	49.40	10.2	21.3	30.50	7.40	13.2	19.8
T 89/A	15.7	12.3	59.52	14.25	19.5	52.40	11.80	18.3	20.2
T 89/B	15.70	12.30	59.60	14.50	19.5	52.50	11.80	18.3	20.7
T 90/A	17.25	13.55	102.00	20.87	24.3	52.60	11.80	17.5	21.6
T 90/B	17.25	13.55	102.00	20.87	24.3	52.60	11.80	17.5	21.6
T 125/B	22.83	17.90	151.00	26.20	25.7	159.00	25.40	26.4	24.3
T 127-1/B	22.64	17.77	186.20	30.40	28.6	148.00	23.40	25.6	27.5
T 127-2/B	28.63	22.48	198.40	30.90	26.3	230.00	36.20	28.3	24.6
T 140-1/B	35.20	27.60	404.00	53.40	33.9	310.00	44.30	29.7	32.4
T 140-2/B	43.22	32.70	452.00	67.50	32.5	365.00	52.30	29.2	34.8
T 140-3/B	57.35	47.60	946.00	114.00	40.6	488.00	70.00	29.2	44.2

A : soğuk çekilmiş kılavuz ray B : işlenmiş kılavuz ray

Çizelge 3.3 : Kılavuz ray kavrama tırnağı [13]

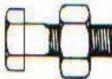


	Ø	A	B	C	D	E	F	G	H
T1	M10	32	23	16	12	5,5	5	11	23
T2	M12	39	27	19	15	7,3	6,5	13	27
T3	M14	45	30	21	18,5	9,5	8	13	34
T4	M16	50	34	22	20,5	10,5	8,5	15	40
T5	M18	55	37	22	23	13	11	17	42



Kalınlık : v

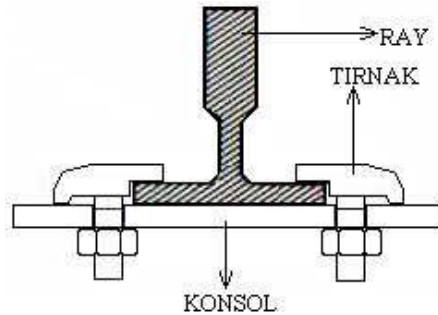
Şekil 3.3 : Kılavuz raylar arası bağlantı levhası ve kılavuz ray tırnağı [13]

Çizelge 3.4 : Bağlantı levhası özellikleri ve elemanları [13]

Ray tipi	d mm	b ₂ mm	b ₃ mm	l ₁ mm	l ₂ mm	l ₃ mm	v mm			
T 45/A	9	50	25	160	65	15	8	M8-25	A8	T1
T 50/A	9	50	30	200	75	25	8	M8-25	A8	T1
T 70-2/A	9	70	42	250	105	25	10	M12-35	A12	T2
T 70-1/A	13	70	42	250	105	25	10	M12-35	A12	T2
T 70-3/B	13	70	42	250	105	25	10	M12-35	A12	T2
T 75-3/A	13	75	43	240	90	30	10	M12-35	A12	T2
T 75-3/B	13	75	43	240	90	30	10	M12-35	A12	T2
T 82/A	13	80	50.8	216	81	27	10	M12-35	A12	T2
T 89/A	13	90	57.2	305	114.3	38.1	10/13	M12-35	A12	T3
T 89/B	13	90	57.2	305	114.3	38.1	10/13	M12-35	A12	T3
T 90/A	13	90	57.2	305	114.3	38.1	10/13	M12-35	A12	T3
T 90/B	13	90	57.2	305	114.3	38.1	10/13	M12-35	A12	T3
T 125/B	17	130	79.4	305	114.3	38.1	17	M12-35	A16	T4
T 127-1/B	17	130	79.4	305	114.3	38.1	17	M12-35	A16	T4
T 127-2/B	17	130	79.4	305	114.3	38.1	17	M12-35	A16	T5
T 140-1/B	21.5	140	92.1	380	152.4	31.8	25	M20-65	A20	T5
T 140-2/B	21.5	140	92.1	380	152.4	31.8	25	M20-65	A20	T5
T 140-3/B	21.5	140	92.1	380	152.4	31.8	25	M20-65	A20	T5

A : soğuk çekilmiş kılavuz ray

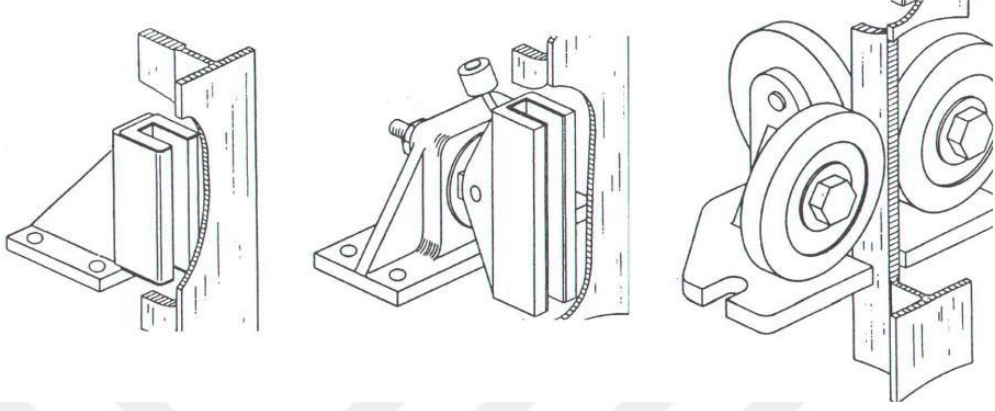
B : işlenmiş kılavuz ray



Şekil 3.4 : Kılavuz rayın tırnaklarla konsol elemanına bağlanması [14]

3.1.2 Patenler

Kabin, patenler ile kılavuz rayına kabinin alt ve üst kısımlarından kılavuzlanmaktadır. Patenler 3 ayrı tiptedir. Bunlar; kayan paten, döner paten, tekerlekli patenler olmak üzere Şekil 3.5'te sırasıyla görülmektedir [13].



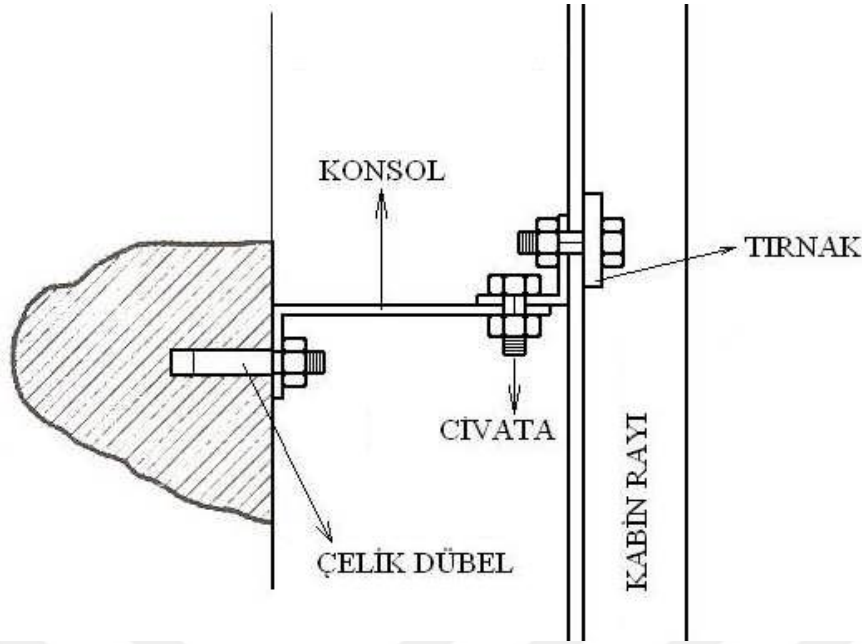
Şekil 3.5 : Kılavuz raylar üzerinde kullanılan patenler [13]

Pabuçlar, gövde kısmı dökme demirden ve tampon kısmı plastik esaslı malzemelerden üretilir [13]. Kılavuz ray ve paten arasındaki sürtünme direncini azaltarak çalışma koşullarını iyileştirmek için kılavuz raylar gresle yağlanmaktadır fakat tekerlekli patenlerde kılavuz raylar yağlanmamış olmalıdır [13].

Tekerlekli patenler, kılavuz raylara üç adet kendi etrafında dönebilen ve rulmanlı yataklı tekerlekler ile sürekli temas ederler ve bu tekerlekler, plastik veya poliüretandan imal edilmiş olup titreşimler oldukça azaltılmıştır [13].

3.1.3 Konsol

Konsol, kılavuz rayları asansör kuyusunun duvarına bağlayarak doğrultusu bozulmayan bir yapıda durmasını sağlar. Konsollar ray bağlama sistemi olarak bilinmektedir. En az S235JR (St-37) kalitesinde çelik malzemeden imal edilir. Kullanılan bu çelik malzemenin çekme dayanımı en az 360 MPa olmalıdır [15]. Konsol ile rayı birbirine bağlayan ray kavrama tırnaklarıdır. Ray kavrama tırnağı, konsol üzerinde olan ve kılavuz raya uyumlu olarak rayı iki taraftan kılavuzlayan çelik bir elemandır. Ray kavrama tırnağının malzemesi en az S355JR (St-52) kalitesinde çelik olmalıdır ve en az 510 MPa çekme dayanımına sahip olmalıdır [15]. Ray kavrama tırnakları cıvata ve somunlar aracılığı ile konsola bağlanır ve tırnak kısmı kılavuz rayı tutar. Konsol ve ray kavrama tırnaklarının üretiminde TSE K 179 belgesi kullanılabilir. Konsolların kılavuz ray ile olan bağlantısı Şekil 3.6'da görülebilir.



Şekil 3.6 : Kabin kılavuz ray-konsol-ray kavrama tırnağı bağlantısı [14]

3.2 Depremde Asansörlerde Oluşan Hasar Çeşitleri ve İstatistikleri

Bir deprem esnasında, asansör hareket halinde iken nelerle karşılaşacağımızı tahmin etmek çok zordur. Etki süresi ve şiddeti, deprem merkez noktasına olan uzaklık, asansörün bulunduğu binanın yaşı ve sağlamlığı, asansörün montaj kalitesi, asansörün tipi (mekanik veya hidrolik) ve sismik asansör ölçümleri gibi faktörler, deprem esnasında asansörlerdeki can kayıplarını ve oluşan zararın ölçüsünü büyük oranda etkileyen en önemli faktörlerdir.

Binalarda asansör kuyuları, tamamen beton ve çelik konstrüksiyondan oluşturulduğundan, binanın deprem sırasında veya sonrasında kuralına uygun yapıldığında en sağlam bölümünün asansör kuyuları olduğu söylenebilir. Deprem anında asansör kuyuları binaların en sağlam yerleriyken deprem sırasında asansör kullanılmaması gerektiğinin söylenmesinin sebebi asansör kuyusundaki asansörün yapısal elemanlarına gelen deprem yükleri sonucunda bu yapısal elemanların deforme olması veya tamamen parçalanmasıdır. Yapı elemanlarının deformasyonu veya parçalanması sonucunda karşı ağırlık ve asansör kılavuz raylarında bozulmalar olmakta ve sonucunda asansörün kullanılmamasına yol açmaktadır. Böylece deprem anında asansörde olan insanların asansörün hasara uğramasıyla burada mahsur kalması durumu ortaya çıkmaktadır.

Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de görüleceği üzere, deprem sonrasında binaların yıkılmasına rağmen asansör kuyuları yıkılmadan kalmışlardır. Bu, gerçek hayatta karşılaşılan durumlarla yukarıda bahsedilen konuya örnek olarak gösterilebilir. Şekil 3.9’da ise yıkılmak istenen binanın asansör kuyusunun bina yıkılmasına rağmen yıkılmadığı görülmektedir.



Şekil 3.7 : Deprem sonrası yıkılmayan asansör kuyusu [16]



Şekil 3.8 : Deprem sonrası yıkılmayan asansör kuyusu [16]



Şekil 3.9 : Dallas'ta yıkılan binanın asansör kuyusunun yıkılmaması [17]

Eski binaların dinamitle patlatılması sonucu yine ortaya asansör kuyularının sağlamlığı çıkmaktadır. Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de görüleceği üzere binanın yıkımı yapılırken patlama sonucunda dış yapı yıkılırken içerideki asansör kuyusu bölümü yıkılmadan sağlam bir şekilde yerinde durmaktadır.



Şekil 3.10 : Dinamitle patlatılan binanın asansör kuyularının yıkılmaması [18]



Şekil 3.11 : Dinamitle patlatılan binanın asansör kuyusunun sonradan tek parça olarak yıkılması [19]

Hastanelerin, okulların ve iş merkezlerinin de dâhil olduğu yapılan araştırmalarda elde edilen verilere göre asansör çeşitlerine göre deprem sonrası asansörlerde ortaya çıkan hasar tipleri sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma, asansörün hangi elemanının hasara uğraması sonucunda kullanılamaz hale geldiğinin belirlenmesi ve hangi elemanların optimize edilmesi veya yeniden tasarlanması gerektiğini ortaya çıkarır. Japonya ve

Amerika’da meydana gelen depremler hakkında yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen istatistiklere göre, asansörlerde istenmeyen sonuçların oluşmasında montajının etkili olduğu anlaşılmıştır. Açıklanan raporlara göre deprem sonrası incelenen asansörlerde, mekanik aksam ve donanımlarda oluşan hasarlar genel çerçevede şöyle sıralanabilir [20]:

- Ray ve duvar konsollarının eğilmesi ve deforme olması
- Karkasın ve karşı ağırlık karkasının raydan çıkması
- Silindir - piston sisteminin hareket yönünün değişmesi
- Hidrolik hortumda hasar oluşması
- Halatların kasnak kanallarından çıkması
- Karkas makaralarının ve patenlerin raydan çıkması ve şekillerinin bozulması
- Rayların asansör kuyusundaki diğer donanımlarla i içe geçmesi ve deforme olması
- Kumanda panosu ve panoya bağlı donanımların yer değiştirmesi

şekil 3.12-3.14’lerin oluşturulmasında Prof. Dr. C. Erdem İMRAK’ın 2012 yılında yapmış olduğu “*A survey for the effect of 2011 Van earthquakes on elevators*” [21] isimli çalışmasından yararlanılmıştır.

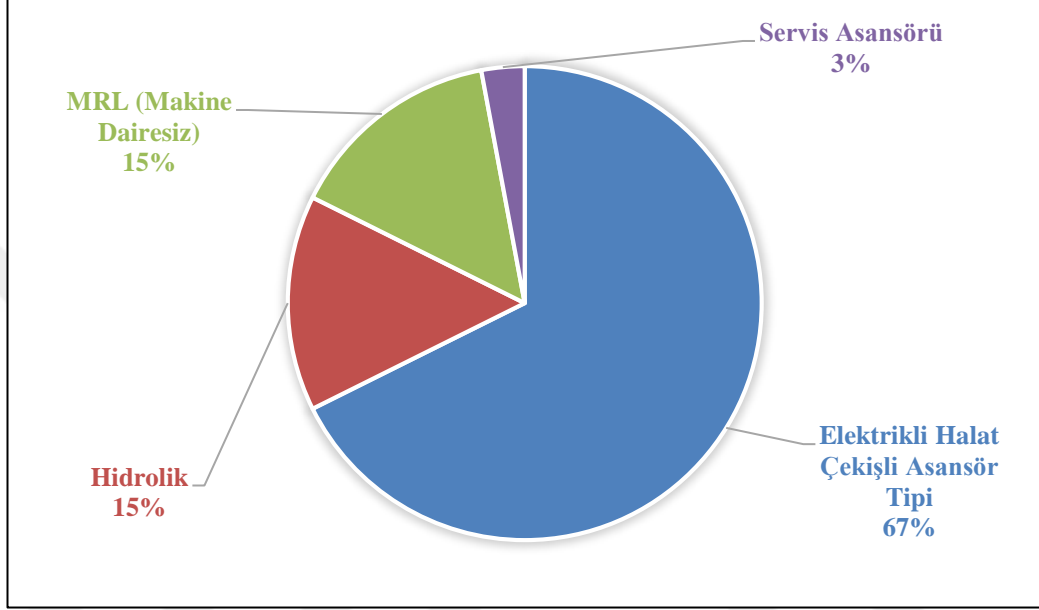
Farklı deprem bölgelerinde şehir odaklı değerlendirme yapılırsa depremden sonra asansörlerde en çok tespit edilen hasarlar devam eden bölümlerde verilmiştir [21].

3.2.1 Van Depremi

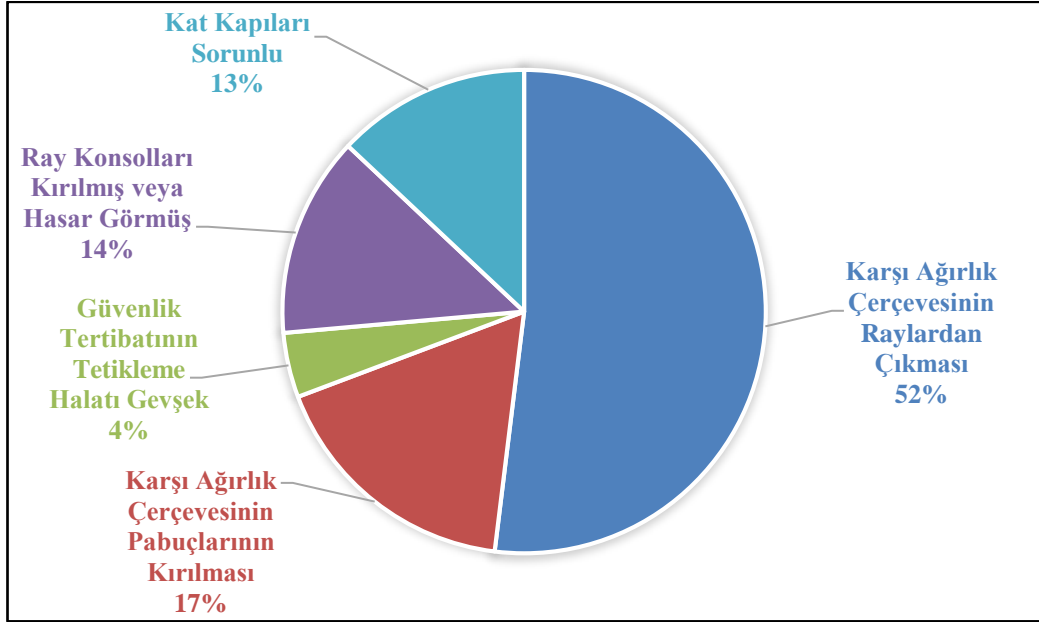
2011 Van depreminde incelenen asansör tipleri şekil 3.12’de görülmektedir. şekil 3.13’te halatlı tahrik kasnaklı asansörlerde, şekil 3.14’te makine dairesi olmayan asansörlerde gerçekleşen hasar çeşitlerinin oranları verilmiştir. Genel olarak tüm asansör tipleri göz önüne alındığında şu hasarlar meydana gelmektedir:

- Karşı ağırlığın raydan çıkması
- Karşı ağırlık çerçevelerinin kılavuz pabuçlarının kırılması
- Karşı ağırlık tarafında kılavuz rayların bükülmesi

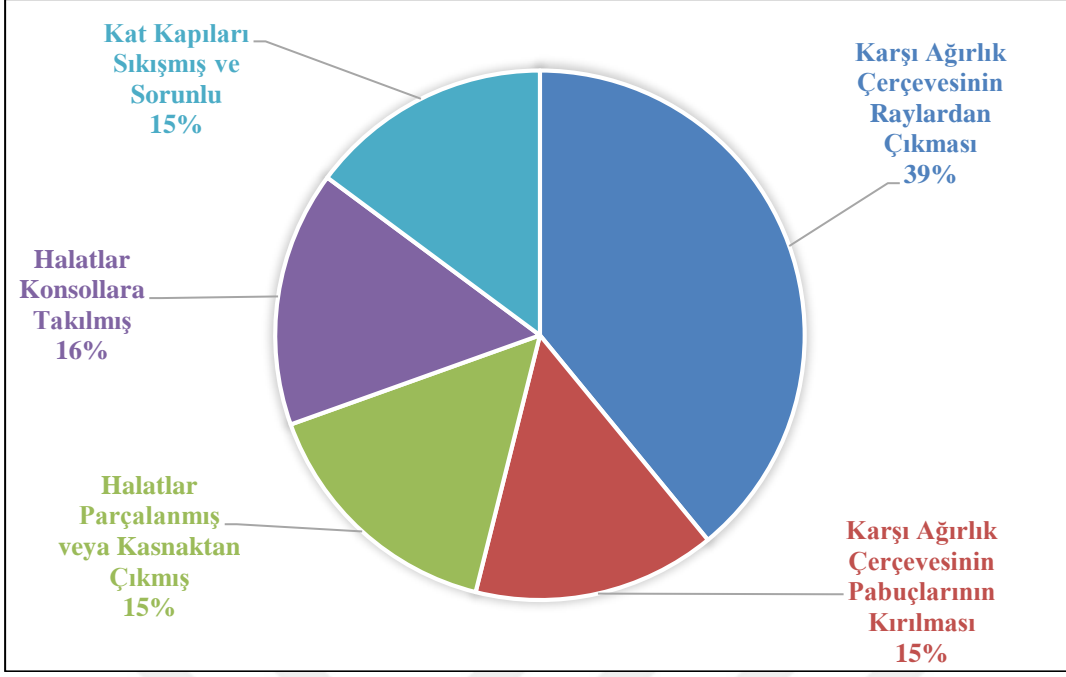
- Konsol elemanı eğilmesi, Şekil 3.17 ve Şekil 3.18’de görülebilir
- Kat kapıları sıkışması ve diğer sorunları
- Halatın kasnaklardan çıkması ve halatın zedelenmesi
- Taşıyıcı halatların konsol elemanlarına takılması
- Karşı ağırlık ağırlıklarının kabin üstüne düşmesi



Şekil 3.12 : 2011 Van Depremi İncelenen Hasarlı Asansör Tipleri



Şekil 3.13 : 2011 Van Depremi Halatlı Tahrik Kasnaklı Asansörlerin Hasar Çeşit Oranları



Şekil 3.14 : 2011 Van Depremi MRL Asansör Tipi Hasar Çeşit Oranları

3.2.2 17 Ağustos 1999 İzmit – Gölçük Depremi

17 Ağustos depreminde asansörlerde meydana gelen hasarlar şunlardır:

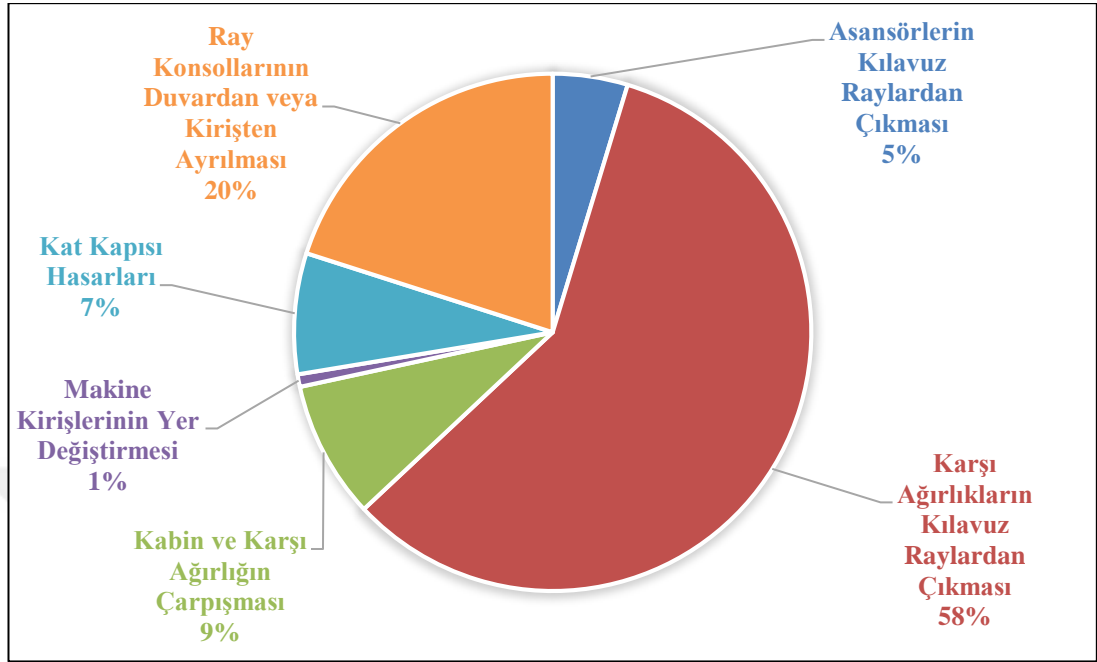
- Karşı ağırlıkların raylardan çıkması ve kabinle çarpışması
- Kaldırma halatlarının hasar görmesi veya kasnaklarından çıkması
- Ray konsollarının hasara uğraması veya kırılması
- Kılavuzların kırık veya gevşek olması
- Kabloların yuvalarından çıkması veya hasara uğraması
- Bazı asansör boşluklarının yıkılması ve kabinlerin en altta kalarak ezilmesi

3.2.3 Seattle Depremi

Şekil 3.15'te Seattle depreminde meydana gelen asansör hasarlarının çeşitlerine göre oranları görülmektedir. Genel olarak maddeler halinde şu şekildedir:

- Kabinlerin kılavuz raylardan çıkması
- Karşı ağırlıkların kılavuz raylardan çıkması
- Kabin ve karşı ağırlığın çarpışması
- Makine kirişlerinin yer değiştirmesi

- Kat kapısı hasarları
- Ray konsollarının duvardan veya kirişten ayrılması



Şekil 3.15 : Seattle Depremi Asansörlerdeki Hasar Çeşidi Oranları

3.2.4 Christchurch Depremi

Christchurch depreminden sonra yapılan araştırmalarda asansörlerde aşağıdaki veriler elde edilmiştir:

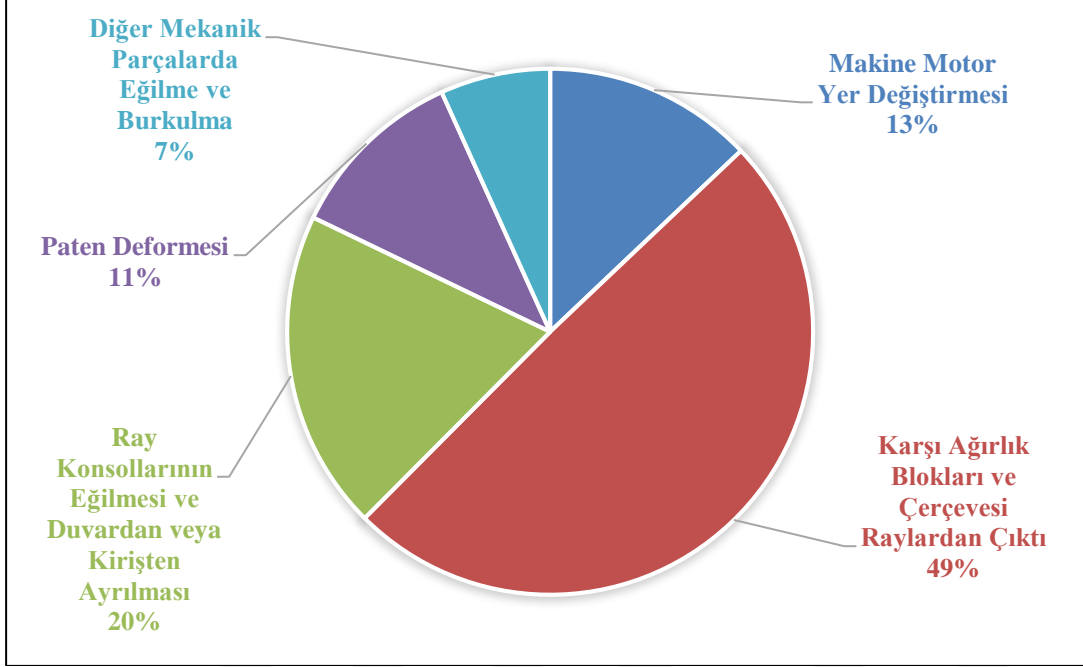
- Asansör Sayısı: 1936
- Takılan yer değiştirme deprem dedektörü sayısı: 540
- Karşı ağırlıkların kılavuz raylardan çıkması: 30
- Asansör şaftının yapısal hasara uğraması: 2
- Yüksek oranda tamire ihtiyaç duyan asansör sayısı: 9
- Tekrar kullanıma alınamayacak asansör sayısı: 50

3.2.5 Miyagi – Japonya 1978 [22]

1978’de Japonya’da meydana gelen depremde asansörlerde oluşan hasar çeşitlerinin oranları Şekil 3.16’da görülebilir. Hasarlar maddeler halinde şu şekildedir:

- Makine ve motorun yer değiştirmesi
- Karşı ağırlık blokları ve çerçevesinin raylardan çıkması

- Kabin rayı ve karşı ağırlık rayı konsollarının eğilmesi sonucu, rayların kuyu içerisindeki düzgünlüğünün bozulması ve kabin raylarının konsollarından ayrılması
- Rayların ve diğer mekanik bağlantı parçalarının eğilmesi ve burkulması



Şekil 3.16 : Miyagi Depremi Asansörlerdeki Hasar Çeşidi Oranları [22]



Şekil 3.17 : Konsol eğilmesi, hasara uğraması [21]



Şekil 3.18 : Konsol eğilmesi, hasara uğraması [21]

3.3 Deprem Kuvvetlerinin Asansöre Etkisi Konusunda Kullanılan Kaynaklar

Deprem olduğunda açığa çıkan enerji dalgalarının iletilerek cisimler üzerinde oluşturduğu deprem kuvvetleri vardır. Bu deprem kuvvetlerinin cisimler üzerinde hangi yönde etki edeceği bilinmemekle beraber depremin ilerleyiş özelliklerine, yeryüzeyinin özelliklerine, binanın malzeme özelliklerine, binanın boyutlarına, gelen deprem dalgasının cinsine, deprem olan merkezin yer yapısına, vb. sebeplere bağlı olarak değişmektedir. Bu sebeple deprem kuvvetlerinin incelenmesinde deprem kuvvetinin etki edebileceği en yüksek tehlikeli durumlar incelenmelidir.

Deprem kuvvetlerinin binalara ve asansörlere etkisi üzerine standartlar mevcuttur. Bu standartlar ASME A17.1 standardında bulunan 8.4 bölümü ve TS EN 81-77 standardıdır. Belirtilen standartlar içerisinde bina standartlarına atıf yapılarak kullanılan değişkenler mevcut olduğundan asansöre deprem yüklerinin uygulanması incelenirken ASME A17.1, TS EN 81-77, IBC 2018, Eurocode 8 (TS EN 1998-1) standartları beraber değerlendirilmelidir. Aynı zamanda bu standartlar yabancı menşeli oldukları için yerli deprem haritalarının kullanımı konusunda AFAD kurumunun harita verilerinden yararlanılmalıdır.

3.4 Asansörlerde Depremlere Karşı Alınan Bazı Önlemler ve Tertibatlar

Deprem anında asansörün depremi algılaması, asansörü kullanmakta olan insanların güvenli bir şekilde tahliyesinin sağlanması ve asansör sistemlerinin hasara uğramasının minimize edilmesi için bazı önlemler ve tertibatlar bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanı deprem sensörü veya sismik şalterdir. Asansör ve aksamalarının tasarım, montaj kaidelerinin yazılı olduğu standartlarda sismik durum, ayrı birer başlıkta incelenmektedir.

3.4.1 ASME A17.1 Standardı

ASME A17.1 standardındaki bilgiler için, KLEEMAN Asansör San.Tic.A.Ş. tarafından hazırlanan ‘Deprem Asansörü’ dokümanından faydalanılmıştır [22].

ASME A17.1 standardına göre asansörlerin depreme dayanıklı olması için belirtilen şartlar [22]:

- Binada bir adet sismik sensör bulunması: P dalgalarını algıladığında sinyalle panoya iletir, kabin hareket halindeyse düşük hıza geçer ve en yakın kata gelip kapılarını açar ve servis dışı durumuna geçer. Katta duruyorsa kapılarını açarak servis dışı durumuna geçer,
- Karşı ağırlık şalteri: Deprem sırasında karşı ağırlığın rayından çıkması durumunda kabin-karşı ağırlık çarpışmasını engellemek için kullanılır,
- Deprem anında halatların kasnaklarından çıkmasının ve halatların kasnak yuvalarından sapmasının engellenmesi,
- Ana donanımların depreme dayanacak malzemedan seçilmesi,
- Konsolların deprem sebebiyle oluşan yatay kuvvetlere mukavemetli olması,
- Deprem sırasında raylar esnediğinde ray kavrama tırnaklarının esneyebilmesinin sağlanması,
- Depremden hasar görmemesi için hidrolik hortumunun korunaklı konumlandırılması,
- Asansörün yapısal elemanlarının tümünün yatay kuvvetlere dayanıklı olması,
- Düşme tehlikesine karşı keskin köşeli tasarımların kullanılmaması,
- Karşı ağırlık sabitleme şalteri kullanılması,
- Depreme özel donanımlı kumanda panosu kullanılması,
- Asansör makinasının hareketini engelleyecek ve yatay kuvvetlere dirençli olacak bir kasa kullanılması.

3.4.2 TS EN 81-77 Standardı

Bu standardın amacı, sismik koşullara tabi asansörlerin kullanımı, bakımı, muayenesi ve acil durum işletimi ile ilgili olarak [23]:

- Can kaybını önlemek ve yaralanma düzeyini azaltmak,
- İnsanların asansörlerde mahsur kalmasını önlemek,
- Yağ sızıntısı ile ilgili çevresel problemleri önlemek,
- Servis dışı kalan asansör sayısını azaltmak ve diğer risklere karşı kişileri ve nesnelere korumak amacıyla yolcu ve eşya asansörleri ile ilgili ek güvenlik kurallarını tanımlamak.

Deprem anında oluşan ve asansörlerin hasara uğramasına sebep olan yatay ivmelenme, “tasarım ivmesi (a_d)” olarak belirtilmiş ve önemli riskler tablosunda bir numaralı sırada gösterilmiştir. Tasarım ivmesinin belirttiği sismik kategoriler Çizelge 3.5’te görülmektedir. Tasarım ivmesi; yer ivmesi, toprak davranışı ve yapısal olmayan elemanların önemi parametrelerinin içinde olduğu bir fonksiyondur [23]. Bu değer, tüm kılavuz ray, konsol, kabin, yük, pabuç, paten vb. hesaplamalara dâhil edilmelidir [23].

Çizelge 3.5 : Asansör Sismik Kategorileri [23]

Tasarım İvmesi (m/s^2)	Asansör Sismik Kategorisi	Yorumlar
$a_d \leq 1$	0	TS EN 81–20 ve TS EN 81–50 şartları yeterlidir
$1 < a_d \leq 2,5$	1	Küçük düzeltici eylemler gerekli
$2,5 < a_d \leq 4$	2	Orta düzeltici eylemler gerekli
$a_d > 4$	3	Önemli düzeltici eylemler gerekli

Tasarım ivmesinin hesaplanmasında, yolcu asansörleri için kabinin kütlesi ve eşit olarak dağıtılmış beyan yükünün% 40’ı, yük asansörleri içinse kabinin kütlesi ve eşit olarak dağıtılan yükün % 80’i ele alınır [23].

Aşağıdaki maddeler TS EN 81-77 standardından [23] alınmıştır. Belirtilen önlemler şu şekildedir [23]:

- Kategori 2 ve 3 için, en azından kabin çerçevesini kılavuz raylarının üzerinde tutabilecek üst ve alt tespit tertibatları kurulmalıdır,

- Tespit tertibatları kılavuz pabuçlarının tespitine yakın bir şekilde ya yerleştirilmeli ya da monte edilmelidir. Kabin kılavuz raylarının arasına yerleştirildiğinde, tespit tertibatları ile kılavuz rayı arasındaki açıklıklar 5 mm'yi geçmemeli ve seçilen ölçüler deprem sırasında emniyet tertibatının yanlışlıkla açılmasına neden olmamalıdır.
- Kabin yapısı ve tespit tertibatları, tasarım ivmesi tarafından oluşturulan kuvvetler dâhil olmak üzere kendilerine yüklenen yüklere ve kuvvetlere kalıcı deformasyon olmadan dayanacak şekilde olmalıdır.
- Bir deprem sırasında, tespit tertibatı ile kılavuz ray bıçağı arasında gereken minimum örtüşme uzunluğu en az 5 mm'dir.
- Kılavuz rayların uzama yüzdesinin %12'den büyük olması durumunda emniyet katsayısı 1,8, %8 ile %12 arasında olması durumunda 3,0 alınmalıdır.
- Halatların, kasnak oluklarından çıkmasını önleyen cihazlar, halatların oluklara yerleştiği ve ayrıldığı noktalardan en fazla 15°'lik bir tespit ve sargı açısının her 90°'sinde en az bir ara tespit içermelidir. Tespitlerin gücü ve rijitliği ve halat çaplarına göre çekme makaralarına ve kasnaklara olan mesafeleri etkili olacak şekilde olacaktır. Zincirlerin zincir dişlilerini terk etmesini önleyen cihazlar zincirlerin zincir dişlilerine giriş-çıkış yaptığı noktalarda bir tespit içermelidir.
- Sismik kategori 3'te karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığına sahip asansörler için sismik algılama sistemi sağlanmalıdır. Sismik algılama sistemi sadece asansöre bilgi göndermek için kullanıldığında, binadaki en düşük asansörün çukuruna yerleştirilebilir. Diğer titreşim kaynaklarıyla beklenmeyen parazit olması durumunda, sismik algılama sisteminin alternatif konumlarına izin verilir. Sismik algılama sistemi aşağıdaki özelliklere uygun olmalıdır:
 - Üç eksenli ivmenin tespiti,
 - Sismik tetik seviyesi $\leq 1,00 \text{ m/s}^2$ vektörler dâhil herhangi bir yönde,
 - 0,5 Hz ila 10 Hz arasındaki frekans tepkisi,
 - Sistem reaksiyon süresi ≤ 3 saniye,
 - Otomatik sistem testi ≤ 24 saat,
 - 24 saat ve üzeri süre boyunca acil durum güç kaynağı yedekleme sistemi,
 - Alarm tetiğinin manuel olarak sıfırlanması.

- Sismik algılama sistemi aktif olduktan sonra, asansör aşağıdaki adımları uygulamalıdır:
 - Tüm kayda alınmış kabin içi ve durak çağrıları iptal edilmeli ve yeni çağrılar reddedilmelidir,
 - Kullanımda olan asansör hızını düşürmeli veya durmalı ardından karşı ağırlıktan uzak olan en yakın durağa 0,3 m/s hızla gitmelidir,
 - Asansör durağa vardığında otomatik kapılar açılmalı ve asansör kapıları açık bir şekilde servis dışı olmalıdır,
 - Çalışması veya kapıları manuel kullanımlı olan asansörler ise durduktan sonra kapıları kilitli olmamalı ve kapıları açık durmalıdır.





4. ASANSÖR KILAVUZ RAY–KONSOL BAĞLANTISI

Asansörün kullanımı sırasında kılavuz raylar üzerine kabin ve yük ağırlıkları sebebiyle yatay ve dikey kuvvetler etki etmektedir. Deprem sırasında ise bu normal kullanım sırasında oluşan kuvvetlere ek olarak yatay ve dikey deprem kuvvetleri meydana gelmektedir. Öncelikle sistemin tasarımı yapılması gerekmektedir. Sonrasında ise bu kuvvetler belirlenerek Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanan bir program ile belirtilen durumlar simülasyon üzerinde uygulanacaktır. Çıkan sonuçlarla seçilen çalışma sisteminin deprem kuvvetlerine dayanıp dayanamayacağı incelenecektir.

4.1 Tasarım Verileri ve Kılavuz Ray – Konsol Bağlantısı

Tasarımda ve hesaplamalarda kullanılacak veriler şu şekildedir:

Çizelge 4.1 : Tasarlanan çalışma sisteminin verileri

Tanım	Sembol	Veri
Bina Kat Sayısı		8
Asansör Kuyusu Yüksekliği		25 m
Kılavuz Rayların Sayısı	n	Simetrik, 2
Bir Kılavuz Ray Sırasında Bulunan Ray Sayısı		5 (5 m x 5 = 25 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
Asansör Kabin Boyutları	C_w	1350 mm
	C_d	1400 mm
	C_h	2200 mm

Asansörün normal kullanımında olduğu kabul edilmiştir. Seçilen veriler, TS EN 81-77 [23] ve ASME A17.1 [24] standartlarının hesaplamalarında kullanılacaktır.

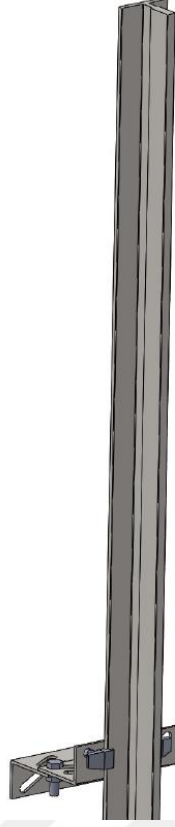
Kabin kılavuz ray konsollarının dayanımı inceleneceğinden motor makina vb seçimi yapılmamıştır.

Şekil 4.1-4.5’lerde Kılavuz ray – konsol bağlantısı için lisanslı SOLIDWORKS uygulaması kullanılarak gerçek durum tasarlanmıştır.

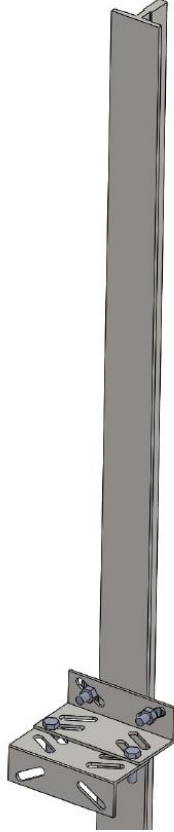


Şekil 4.1 : Kılavuz ray-konsol bağlantısının 5m’lik bir adet örneği

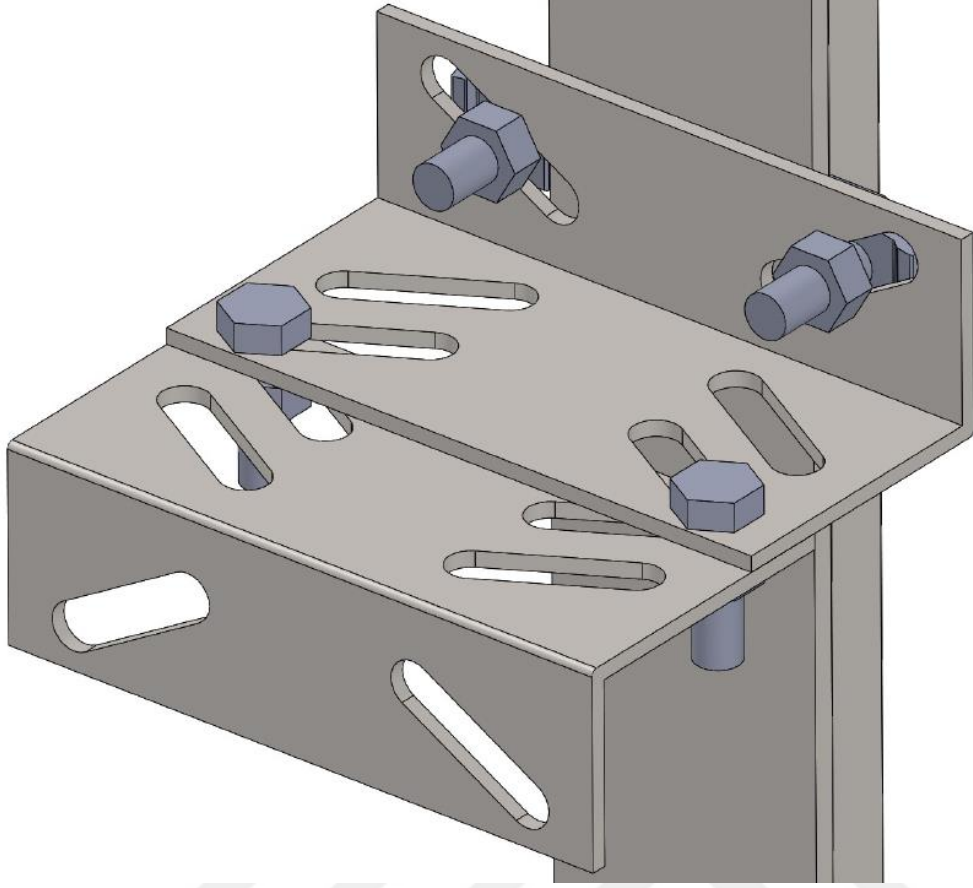
İncelenecek olan konsol tipleri Şekil 4.6-4.8’lerde verilmiştir. Şekil 4.6’da görülen standart konsol tasarımının yanı sıra Şekil 4.7’de destekli konsol tasarımı ve Şekil 4.8’de kanallı konsol tasarımı da [25] kaynağında belirtilen ölçülerden farklı ölçüler seçilerek incelenecektir. Ölçüler ekler kısmında bulunabilir.



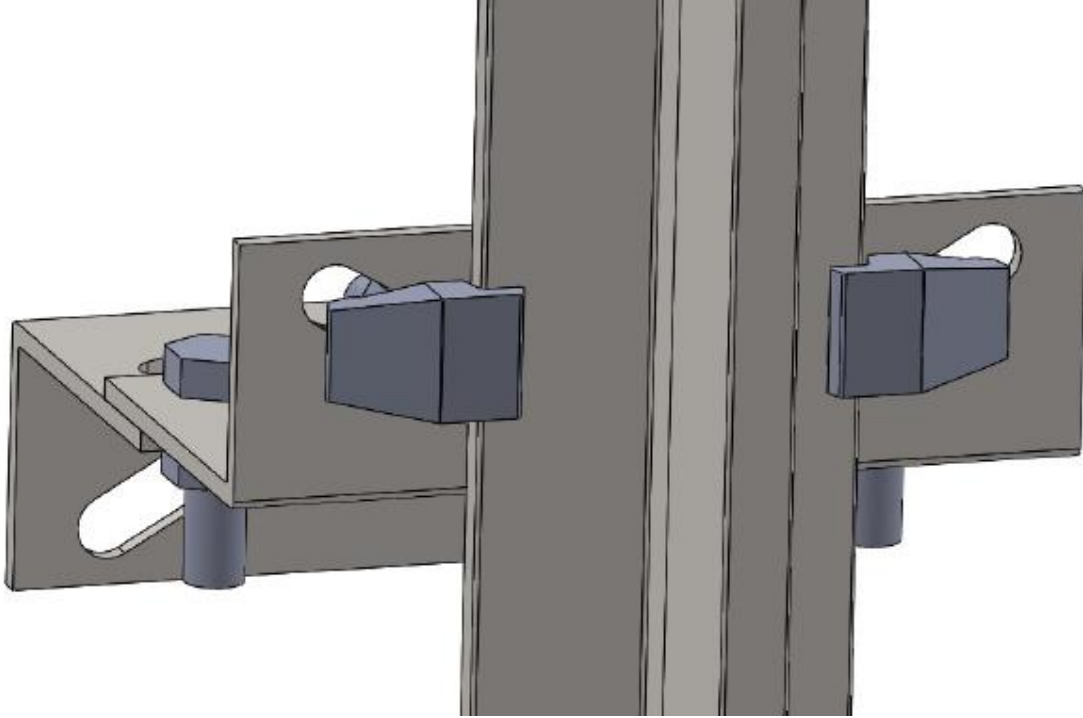
Şekil 4.2 : Kılavuz ray profili ve ray kavrama tırnakları



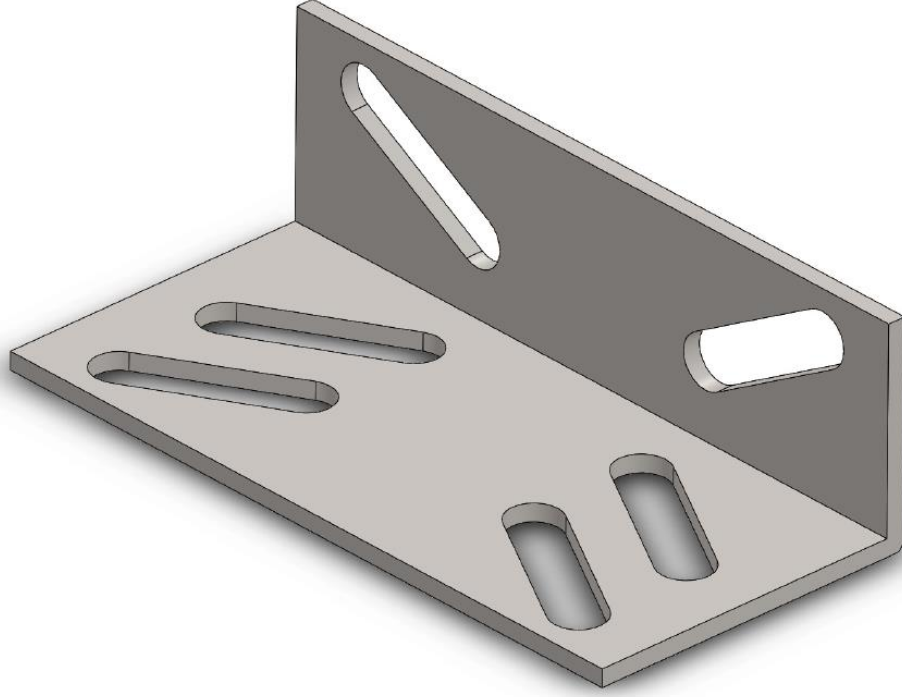
Şekil 4.3 : Kılavuz ray profili ve konsol



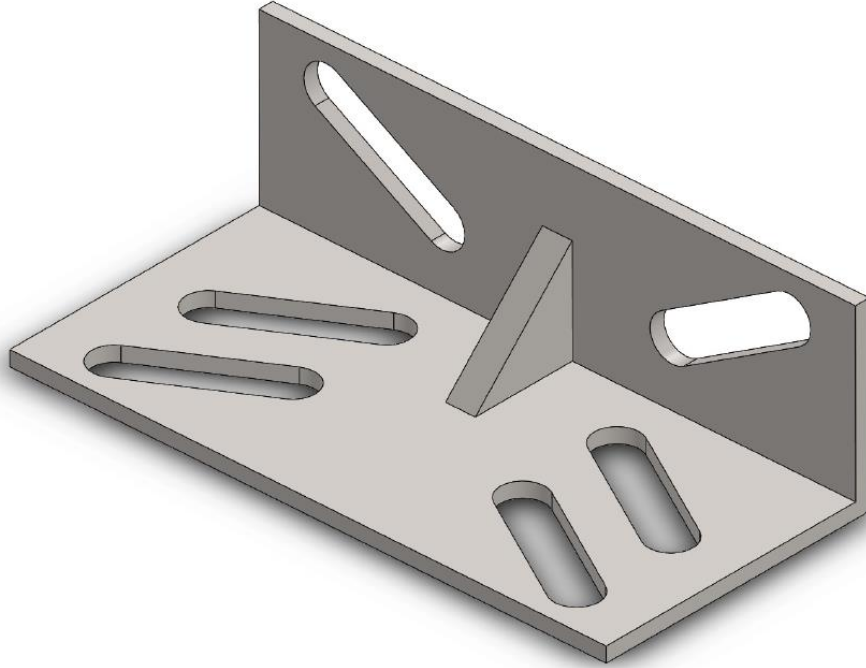
Şekil 4.4 : Kılavuz rayın konsola bağlanması



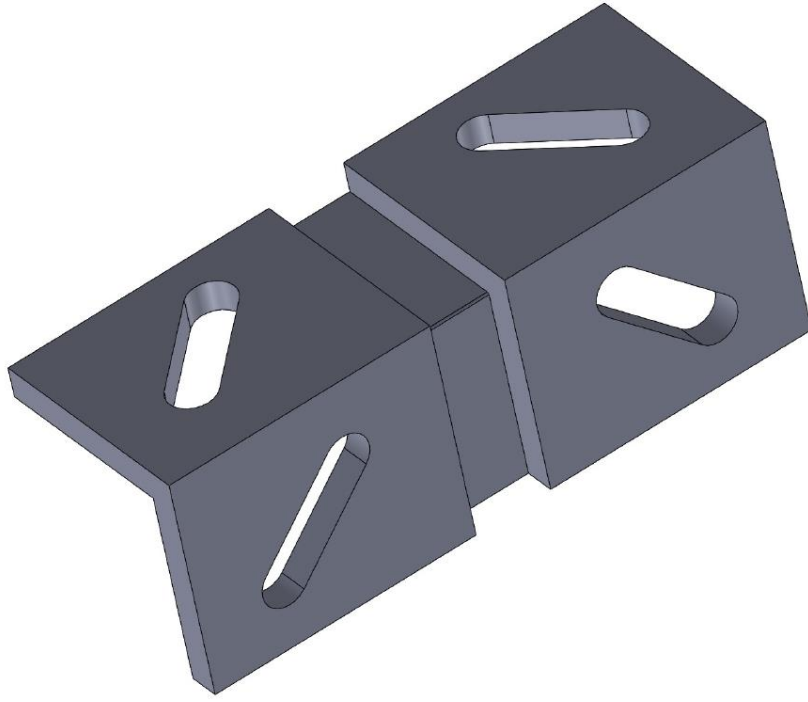
Şekil 4.5 : Kılavuz rayın ray kavrama tırnakları ile konsola bağlanması



Şekil 4.6 : Standart konsol tasarımı



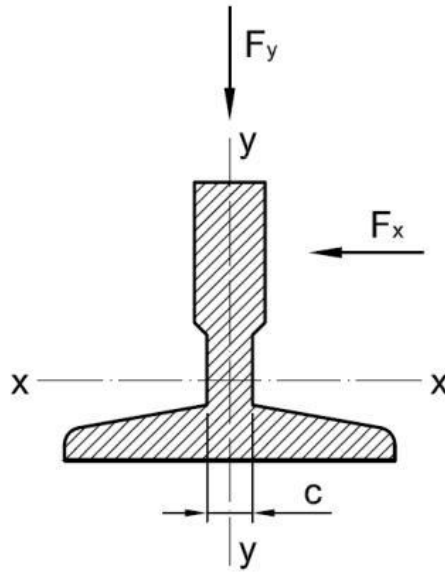
Şekil 4.7 : Destekli konsol tasarımı



Şekil 4.8 : Kanallı konsol tasarımı [25]

4.2 Normal Çalışmada Kılavuz Ray Üzerine Gelen Kuvvetler

TS EN 81-50 standardında [26] belirtilen kılavuz ray hesapları kullanılarak asansörün normal çalışmasından kaynaklanan kılavuz raylar üzerine etkiyen kuvvetler bulunabilir. Kılavuz ray eksenleri ve etkiyen kuvvetler Şekil 4.9'da görülebilir.



Şekil 4.9 : Kılavuz ray eksenleri ve etkiyen kuvvetler [26]

Kılavuz kuvvetlerinden kaynaklanan kılavuz rayın Y – Y eksenine ilişkin etkiyen kuvvet (F_x) [26]:

$$F_x = \frac{k_2 * g_n * [Q * (x_q - x_s) + P * (x_p - x_s)]}{n * h_p}$$

Kılavuz kuvvetlerinden kaynaklanan kılavuz rayın X – X eksenine ilişkin etkiyen kuvvet (F_y) [26]:

$$F_y = \frac{k_2 * g_n * [Q * (y_q - y_s) + P * (y_p - y_s)]}{\frac{n}{2} * h_p}$$

Kılavuz raylar üzerine etkiyen dikey kuvvet (F_v) [26] :

$$F_v = (M_g * g_n) + F_{pb}$$

Denklemlerde kullanılan sembollerin karşılıkları:

F_x : Y – Y ekseninde kılavuz raya etkiyen kuvvetler [N]

F_y : X – X ekseninde kılavuz raya etkiyen kuvvetler [N]

F_v : Dikey yönde kılavuz raya etkiyen kuvvetler [N]

F_{pb} : Bir kılavuz rayda bulunan tüm konsolların kuvvetiyle itme – bina oturması nedeniyle (Seyir yüksekliği 40 m’yi geçmeyen durumlarda ihmal edilebilir)

g_n : Standart serbest düşme ivmesi [m/s^2]

k_2 : Çalışma şartları için darbe katsayısı

n : Kılavuz rayların sıra adedi

h_p : Kabin kılavuz patenleri arası mesafe [mm]

Q : Beyan yükü [kg]

P : Boş kabin ağırlığı [kg]

M_g : Kılavuz rayın metresinin kütlesi [kg/m]

x_p, y_p : Kılavuz ray koordinat sistemine göre kabin kütesinin (P) konumu [mm]

x_s, y_s : Kılavuz ray koordinat sistemine göre askının (S) konumu [mm]

x_q, y_q : Kılavuz ray koordinat sistemine göre beyan yükünün (Q) konumu [mm]

x_c, y_c : Kılavuz ray koordinat sistemine göre kabinin merkez (C) konumu [mm]

Deprem anında kılavuz raylar ve konsolları için tehlikeli olan yük dağılımı Şekil 4.11’de görüldüğü gibi dağıtılmış olacağı varsayılarak bazı ölçüler şöyle olur:

$$x_q = x_c + \frac{Dx}{8}$$

$$y_q = y_c$$

Halatın asansörün tam ortasından askılanmış olduğu varsayılırsa:

$$x_c = x_s$$

$$y_c = y_s$$

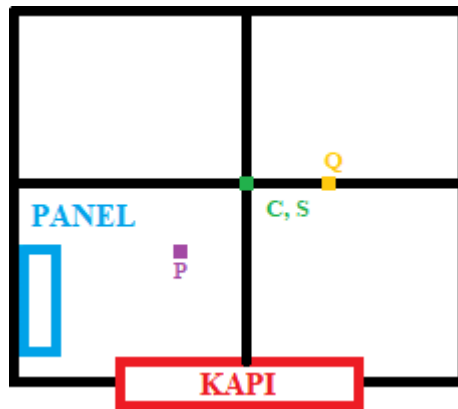
Seçilmiş olan kabin ölçülerini tanımlayarak:

$$D_x = C_d = 1400 \text{ mm}$$

$$D_y = C_w = 1350 \text{ mm}$$

$$D_z = C_h = 2200 \text{ mm}$$

Kabinin kütle merkezinin hesaplanmasında kabin kapısı 200 kg olarak ve tuş paneli 100 kg olarak hesaba katılırsa boş kabin kütle merkezinin (P) merkezi Şekil 4.12’deki gibi olur:



Şekil 4.12 : Boş kabinin kütle merkezi, P

Bu varsayımdan yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler:

$$x_p - x_c = 65 \text{ mm}$$

$$y_p - y_c = 190 \text{ mm}$$

Elde edilen değerlerle birlikte normal kullanım etkisiyle kılavuz raylar üzerinde etkiyen kuvvetler şu şekilde olur:

$$[M_g = 13,54 \frac{kg}{m} , \quad k_2 = 1,2 , \quad g_n = 9,81 \frac{m}{s^2}]$$

$$F_x = \frac{1,2 * 9,81 * [800 * (\frac{1400}{8}) + 1100 * (65)]}{2 * 2200} = 566 N$$

$$F_y = \frac{1,2 * 9,81 * [800 * (0) + 1100 * (190)]}{\frac{2}{2} * 2200} = 1119 N$$

$$F_v = (5 * 13,54 * 9,81) * 5 = 3325 N$$

4.3 Deprem Etkisiyle Kılavuz Raya Etkiyen Kuvvetler

Deprem sebebiyle asansör üzerine hem yatay hem de dikey kuvvet etki eder. Bu kuvvetlerin bulunmasında TS EN 81-77 [23] ve ASME A17.1 [24] standartları kullanılmalıdır. ASME A17.1 standardında kullanılan bazı parametreler IBC 2018 [27] standardından alınmaktadır.

4.3.1 ASME A17.1 Standardına Göre Kılavuz Raya Etkiyen Deprem Yüğü

Deprem anında asansöre etki eden yatay kuvvetler aşağıdaki formülle hesaplanır [24]:

$$F_p = \frac{0,4 * a_p * S_{DS} * g_n * W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} * \left(1 + 2 * \left(\frac{z}{h}\right)\right)$$

Asansöre yatay etkiyen kuvvetin aşağıdaki eşitliğin sonucundan büyük olmasına gerek yoktur [24]:

$$F_{p_{max}} = 1,6 * S_{DS} * I_p * W_p * g_n$$

Asansöre yatay etkiyen kuvvetin aşağıdaki eşitliğin sonucundan küçük olmamasına dikkat edilmelidir [24]:

$$F_{p_{min}} = 0,3 * S_{DS} * I_p * W_p * g_n$$

Deprem sebebiyle asansöre etki eden dikey kuvvet aşağıdaki eşitlikle hesaplanır [24]:

$$F_v = \pm 0,2 * S_{DS} * W_p * g$$

Bu dört bağıntıda kullanılan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı değeri (S_{DS}) aşağıdaki denklemlerle hesaplanır [28]:

$$S_{DS} = F_a * S_S$$

S_{DS} değerinin belirlenmesinde AFAD kurumunun 'tdth.afad.gov.tr' internet sitesinde yer alan hesaplama araçları, haritaları kullanılarak F_a ve S_S değerleri tespit edilir [28].

Yukarıdaki formüllerde kullanılan sembollerin açıklamaları şu şekildedir [24]:

F_p : Deprem sebebiyle kılavuz raylar üzerinde oluşan yatay kuvvet [N]

$F_{p_{min}}$: Deprem sebebiyle kılavuz raylar üzerindeki kuvvetin minimum değeri [N]

$F_{p_{max}}$: Deprem sebebiyle kılavuz raylar üzerindeki kuvvetin maksimum değeri [N]

a_p : Bileşen büyütme faktörü

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı

F_a : Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı

I_p : Bileşen önem faktörü

R_p : Bileşen yanıt değişim faktörü

W_p : Boş kabin ağırlığı ile %40 beyan yükünün toplam değeri

z : İncelenecek bileşenin binada bulunduğu yüksekliği

h : Bina yapı yüksekliği

Belirtilen denklemlerle bulunan yatay deprem kuvvetinin kılavuz rayın X – X eksenine ve Y – Y eksenine hangi oranlarda dağılacığı hakkında yine aynı standartta bilgi bulunmaktadır. Bu hesaplama için iki değer gerekmektedir.

L : Kabine bağlanan dikeyde alt ve üst sınırları belli olan sınırlamalar, kabin yüksekliğinden düşük olamaz (alt ve üst paten arasındaki mesafe alınabilir) [mm]

l : İki konsol arasındaki dikey mesafe [mm]

Bu değerlerle birlikte standartta yer alan hesaplamalar kullanılabilir [24]. Burada IBC standardına [27] atıf yapılan hesaplamalar kullanılacaktır:

Eğer $L \geq l$;

$$F_{x-x} = \frac{2 * F_p}{3}$$

$$F_{y-y} = \frac{F_p}{3}$$

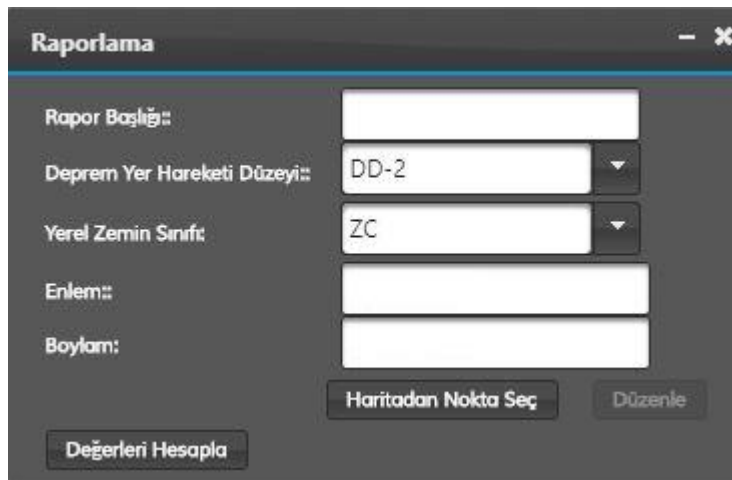
Eğer $L < l$;

$$F_{x-x} = F_p * \left(1 - \frac{L}{3 * l}\right)$$

$$F_{y-y} = \left(\frac{F_p}{2}\right) * \left(1 - \frac{L}{3 * l}\right)$$

Bu eşitliklerde F_{y-y} değeri Y – Y eksenine normal kuvvet olarak geğmekte olup hesaplamalarda F_x değerine eklenmektedir. F_{x-x} değeri X – X eksenine normal kuvvet olarak geğmekte olup hesaplamalarda F_y değerine eklenmektedir.

Şekil 4.13'te AFAD TDTH [28] web sitesinde yer alan raporlama seğeneği seçildikten sonra gelen ekranda istenilen rapor başlığı girilir. Sonrasında deprem yer hareketi dőzeyi seğilir. Ardından yerel zemin sınıfı seğilir ve son olarak haritadan nokta seğ tuşuna basılarak ekrandaki Tőrkiye Haritası üzerinde deprem kuvvetleri hesaplanacak yer haritadan işaretlenir. Bu işlemler tamamlandığında değerleri hesapla tuşuna basılır. Sistem, seçilen parametrelere göre F_a ve S_s değerlerini kullanıcının ekranına yansıtacaktır. İşlemler tamamlandığında standartlardaki hesaplamalara devam edilir.



Şekil 4.13 : AFAD TDTH [28] raporlama ekranı

AFAD'ın Türkiye Deprem Tehlike Haritası web sitesinden [28] haritada en riskli renkte görülen Bingöl yakınlarında haritadan seçilen koordinat, zemin sınıfının ZC (çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar) seçilmesi ve Deprem Yer Hareketi Düzeyinin DD-2 (50 yılda aşılma olasılığı %10 yani tekrarlama periyodu 475 yıl olan deprem yer hareketi düzeyi) seçilmesi sonucunda sistemden alınan veriler şu şekilde olmuştur [28]:

$$F_a = 1,2, \quad S_s = 2,031$$

Bu değerler kullanılarak mevcut tasarım için hesaplanırsa:

$$a_p = 1, \quad R_p = 2,5, \quad I_p = 1,5, \quad \frac{z}{h} = 1, \quad W_p = 1100 + 320 = 1420 \text{ kg}$$

$$S_{DS} = 1,2 * 2,031 = 2,4372$$

$$F_p = \frac{0,4 * 1 * 2,4372 * 9,81 * 1420}{\left(\frac{2,5}{1,5}\right)} * (1 + 2 * (1)) = 24450 \text{ N}$$

$$F_{p_{max}} = 1,6 * 2,4372 * 1,5 * 1420 * 9,81 = 81482 \text{ N}$$

$$F_{p_{min}} = 0,3 * 2,4372 * 1,5 * 1420 * 9,81 = 15279 \text{ N}$$

$$F_v = 0,2 * 2,4372 * 1420 * 9,81 = 6792 \text{ N}$$

Konsollar arası dikey mesafe, $l = 2500 \text{ mm}$ ve patenler arası dikey mesafe, $L = 2200 \text{ mm}$ olduğundan $L < l$ olmaktadır. Deprem kuvvetleri eksenlere göre şu şekilde olur:

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

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

4.3.2 TS EN 81-77 Standardına Göre Kılavuz Raya Etkiyen Deprem Yüğü

Bu standartta ivme ve deprem kuvveti hesabı bulunmaktadır. Ayrıca dikey yönde aynı ray üzerindeki patenlere deprem kuvvetinin dağılımı ile ilgili bilgi vermektedir. Bazı değerler TS EN 1998-1 standardından alınmaktadır [29]. Standartta belirtilen hesaplamalar şu şekildedir [23]:

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

$$a_d = S_a * \left(\frac{\gamma_a}{q_a}\right) * g_n$$

a_d : Tasarım İvmesi

S_a : Yapısal olmayan elemanların sismik katsayısı

γ_a : Elemanın önem katsayısı TS EN 1998-1'den alınır

q_a : Elemanın davranış faktörü TS EN 1998-1'den alınır

α : Yer Tasarım ivmesinin yer çekimi ivmesine oranı $\left(\frac{a_g}{g_n}\right)$

a_g : Yer tasarım ivmesi TS EN 1998-1'den veya AFAD TDTH'tan alınabilir

S : Toprak faktörü TS EN 1998-1'den alınır (B Tipi, AFAD'da C Tipine denktir)

T_a : Yapısal olmayan elemanın temel titreşim periyodu [s]

T_1 : Binanın temel titreşim periyodu [s]

h : Bina boyu

z : Yapısal olmayan elemanın binada bulunduğu yükseklik

Bu değerlerden gerekli olanları TS EN 1998-1'den seçildikten sonra:

$$\gamma_a = 1,5, \quad q_a = 2, \quad \frac{z}{h} = 1, \quad a_g = 0,772g, \quad S = 1,2, \quad T_a = 0, \quad T_1 = 0,2 s$$

$$\alpha = \frac{a_g}{g_n} = \frac{0,772 * (9,81)}{9,81} = 0,772$$

$$S_a = 0,772 * 1,2 * \left(\frac{3 * (1 + 1)}{1 + (1 - 0)^2} - 0,5\right) = 2,316$$

$$a_d = 2,316 * \left(\frac{1,5}{2}\right) * 9,81 = 17,04 \frac{m}{s^2}$$

$$17,04 > 4$$

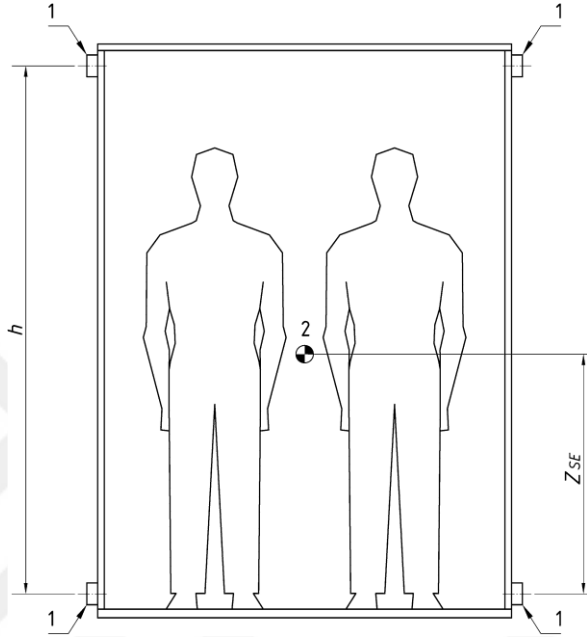
Tasarım ivmesi değeri 4'ten büyük çıktığı için TS EN 81-77'ye göre Çizelge 3.5'ten de görülebileceği üzere Asansör Sismik Kategorisi 3 olarak bulunmuştur.

Elde edilen verilerle deprem kuvveti bulunabilir [23]:

$$F_{SE} = a_d * (P + 0,4 * Q)$$

$$F_{SE} = 17,04 * (1100 + 0,4 * 800) = 24200 N$$

TS EN 81-77 standardında bulunan patenlere gelen yük dağılımını hesaplarken deprem yükünün kütle merkezinden etki ettiği ve asansörde insanların bulunduğu varsayılarak bir kütle merkezi hesaplanır. Bu sebeple kütle merkezinin kabin zeminine olan uzaklığının (Z_{SE}) kabin yüksekliğine (C_h) oranı yük dağılımını verecektir. Şekil 4.14'te görülen taslakta kullanıcıların kütle merkezinin kabin zemininden 640 mm yukarıda olduğu hesaplandı.



Şekil 4.14 : Beyan yükünün dikeyde kütle merkezi tanımı [23]

Eğer belirtilen oranlama yapılırsa:

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

Deprem kuvvetinin eksenlere dağılım hesapları yapılırken X_{SE} veya $1-X_{SE}$ 'den büyük olanı aşağıdaki denklemlerde kullanılır. Buna göre eksenlere göre deprem yükü[23];

X eksenine etkiyen deprem yükü için ($a_x = a_d, a_y = 0$):

$$F_{SE_x} = \frac{a_x * (P + 0,4 * Q) * X_{SE}}{n}$$

$$F_{SE_x} = \frac{F_{SE} * (1 - X_{SE})}{2} = \frac{(24200) * (0,709)}{2} = 8579 \text{ N}$$

Y eksenine etkiyen deprem yükü için ($a_x = 0, a_y = a_d$):

$$F_{SE_y} = \frac{a_y * (P + 0,4 * Q) * X_{SE}}{\frac{n}{2}}$$

$$F_{SE,y} = \frac{F_{SE} * (1 - X_{SE})}{\frac{2}{2}} = \frac{(24200) * (0,709)}{1} = 17158 N$$

olarak hesaplanır. Bulunan kuvvetler, deprem yükü olarak normal kullanımdan oluşan yüklere eklenmektedir. Fakat TS EN 81-77 standardında bulunan deprem kuvvetleri ASME A17.1 standardından bulunan deprem kuvvetlerinden düşük olduğundan simülasyon çalışmalarında ASME A17.1 standardından bulunan deprem kuvvetleri kullanılacaktır (Farklı uygulamalarda tersi durumda olabilmektedir).

Üstteki paten için:

$$F_x = 8579 * 0,291 = 2497 N$$

$$F_y = 17158 * 0,291 = 4993 N$$

Alttaki paten için:

$$F_x = 8579 * (1 - 0,291) = 6083 N$$

$$F_y = 17158 * (1 - 0,291) = 12166 N$$

olarak bulunur. ASME A17.1 standardında asansör konsolları için izin verilen en yüksek gerilme değeri verilmemiş olup, kalıcı deformasyon olmaması şartıyla en fazla 6 mm deformasyona uğrayabileceği belirtilmiştir. TS EN 81-77 standardında da izin verilen en yüksek gerilme değeri verilmemiş olup aşağıdaki eşitlikten elde edilecek deformasyon değerinin geçilmemesi gerektiği belirtilmektedir. Bu eşitlikte hem kılavuz ray hem konsol elemanının toplam deformasyonunun en yüksek izin verilen değeri hesaplanmaktadır ve deprem anında kılavuz ray ile tespit tertibatının çakışan yüzey uzunlukları en az 5 mm olmalıdır:

$$\delta_{perm} = z_1 - 2d_3 - 5$$

z_1 : Tespit tertibatı ve kılavuz raylar arasındaki açıklık

d_3 : Tespit tertibatının derinliği (y eksenindeki uzunluğu)

Seçilen tasarım parametreleri için $z_1=40$ mm, $d_3=10$ mm ise:

$$\delta_{perm} = z_1 - 2d_3 - 5 = 40 - 2 * 10 - 5 = 15 mm$$

Hesaplanan en yüksek izin verilen deformasyon değeri kılavuz ray ve konsolunun toplam izin verilen en yüksek deformasyon değeridir. TS EN 81-77 standardında konsol için en fazla izin verilen deformasyon değeri 5 mm olarak kabul edilecektir.

4.3.3 Normal Çalışma Yükleri ile Deprem Yüklerinin Bileşke Kuvvetleri

Normal çalışma kuvvetleri ile ASME A17.1 denklemleriyle hesaplanan deprem kuvvetlerinin bileşkesi şu şekilde olur:

$$F_x = 566 N + 8640 N = 9206 N$$

$$F_y = 1119 N + 17279 N = 18398 N$$

$$F_v = 3325 N + 6792 N = 10117 N$$

Dikey F_v kuvveti, kılavuz raya hesaplanan değer kadar etki etsede kılavuz ray ile konsollar arasına uygulanan yağ gibi kaygan madde sebebiyle, kılavuz ray ile konsol arasındaki sürtünme katsayısının X-X eksenine dik gelen kuvvetle çarpılması ile elde edilen değer kadar dikey kuvvet konsollara etki eder. Kılavuz ray ile konsol arasındaki sürtünme kuvveti katsayısı 0,16 olur. Böylece konsola etkileyen dikey kuvvet:

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

olarak hesaplanır. ASME A17.1 deprem kuvvetlerinin normal kullanımdan oluşan kuvvetler ile toplanması sonucu etkileyen bileşke kuvvetler bulunmuş olmaktadır.

4.3.4 ASME A17.1'den Bulunan Deprem Yüklerinin Patenlere Dağılımı

ASME A17.1'den bulunan deprem kuvvetlerinin dahil olduğu bileşke kuvvetlerin patenlere dağılım hesapları uygulanacağı zaman 4.3.2'de bulunan katsayılar uygulanır.

Üstteki paten için:

$$F_x = 9206 * 0,291 = 2679 N$$

$$F_y = 18398 * 0,291 = 5354 N$$

$$F_v = 2944 * 0,291 = 857 N$$

Altındaki paten için:

$$F_x = 9206 * (1 - 0,291) = 6527 N$$

$$F_y = 18398 * (1 - 0,291) = 13044 N$$

$$F_v = 2944 * (1 - 0,291) = 2087 N$$

olarak bulunur. Patenlere oranlanan bu kuvvetler tek paten simülasyonundan farklı olarak yapılacak olan çift paten simülasyonlarında kullanılacaktır. Tek patenli varsayımlarda 4.3.3'te bulunan bileşke kuvvetler uygulanacaktır.

4.4 Kılavuz Ray – Konsol Tasarımına Deprem ve Normal Kullanım

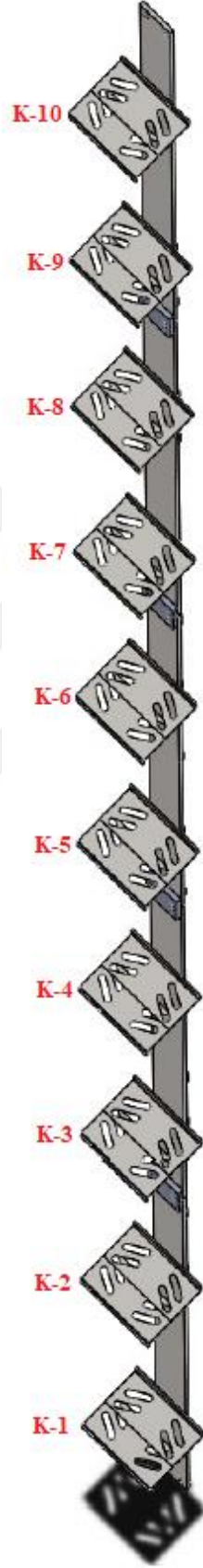
Kuvvetlerinin Uygulanması

Tasarımı yapılan asansör kabin kılavuz ray – konsol bağlantısının üzerine etkiyen deprem kuvveti ile normal kullanım sebebiyle oluşan kuvvetlerin toplamı 4.3.3 bölümünde hesaplanmış olup, bölüm 4.3.4’te paten uygulamaları için hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen bu değerlerle tasarımı yapılan kılavuz ray-konsol elemanlarının tek sıra ve tüm bina boyu olarak tasarımı lisanslı SolidWorks 2017 programında oluşturulmuş olup, farklı uygulama bölgeleri için ANSYS programı kullanılarak gerilme analizi ve deformasyon değerleri incelenmiştir.

Oluşturulan tasarımın uygulama bölgeleri daha rahat bulunabilmesi ve anlaşılabilmesi için Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da görülen harflerle isimlendirilip, anlatımlarda bu isimler verilerek kuvvetlerin hangi bölgeye uygulandığı belirtilmiştir. K-1 ismiyle binanın zeminine en yakın konsol çiftinden başlayarak 25 metrelik bir bina için 2500 mm konsol aralığı ile 10 konsol çifti sırayla isimlendirilmiştir. Aynı zamanda paten uygulamalarında binanın üst kısmında yer alan uygulama alanları için UP-1 ve UP-2 isimleri, orta kısımlarda kalanlar için OP-1, OP-2 ve OP-3 isimleri ve alt kısımda kalan paten uygulama bölgeleri için de AP-1 ve AP-2 isimleri kullanılmıştır.

Simülasyon için kuvvetler F_x , F_y ve F_z şeklinde belirtilmiş olup, hepsi seçilen uygulama bölgesine uygulanmıştır. Kılavuz ray konsollarının asansör kuyusu duvarına montaj edilen yüzeyleri sabitlenmiş destek olarak kabul edilmiştir. Programın sürtünme kuvveti bağlantısı tanımlaması yaparken çözümü sonsuza götürerek çözüm vermemesi sebebiyle raylar rigid kabul edilmiş olup, kılavuz ray deformasyonları incelenmemiştir. Raylara gelen dikey kuvvetler konsollara aktarılırken kılavuz ray – konsol arasındaki sürtünme katsayısı ile yüzeye normal gelen kuvvet çarpılmış olup dikey yönde maksimum etkiyen kuvvet bulunmuştur ve konsol ile rayın temas eden yüzeylerinin ayrılmadığı varsayılarak konsola aktarılması hesaplanan dikey kuvvet kılavuz raya etki ettirilmiştir. Kılavuz ray deformasyonları incelenmediğinden bu hesaplama geçerlidir. Her simülasyonda ortalama 960000 adet mesh bulunmaktadır. Eleman sayısı 350000’dir ve kullanılan eleman tipleri SOLID186, SOLID187, MASS21, TARGE170, SURF154 ve CONTA174’tür. Simülasyonda SOLID186 ikinci dereceden, SOLID187 üçüncü dereceden işlemlerin çözümünde, TARGE170 ve CONTA174 3 boyutlu yüzeylerin hedef olarak temas tanımlanmasında kullanılmıştır.

Uygulama bölgeleri Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da görüldüğü gibi belirlenmiştir.



Şekil 4.15 : Kılavuz ray konsollarının isimlendirmeleri



Şekil 4.16 : Kılavuz ray uygulama bölgesi isimlendirmeleri

K-2 : 2.Konsola etkiyen kuvvetlerin uygulandığı bölge

K-3 : 3.Konsola etkiyen kuvvetlerin uygulandığı bölge

K-5 : 5.Konsola etkiyen kuvvetlerin uygulandığı bölge

K-6 : 6.Konsola etkiyen kuvvetlerin uygulandığı bölge

K-8 : 8.Konsola etkiyen kuvvetlerin uygulandığı bölge

K-9 : 9.Konsola etkiyen kuvvetlerin uygulandığı bölge

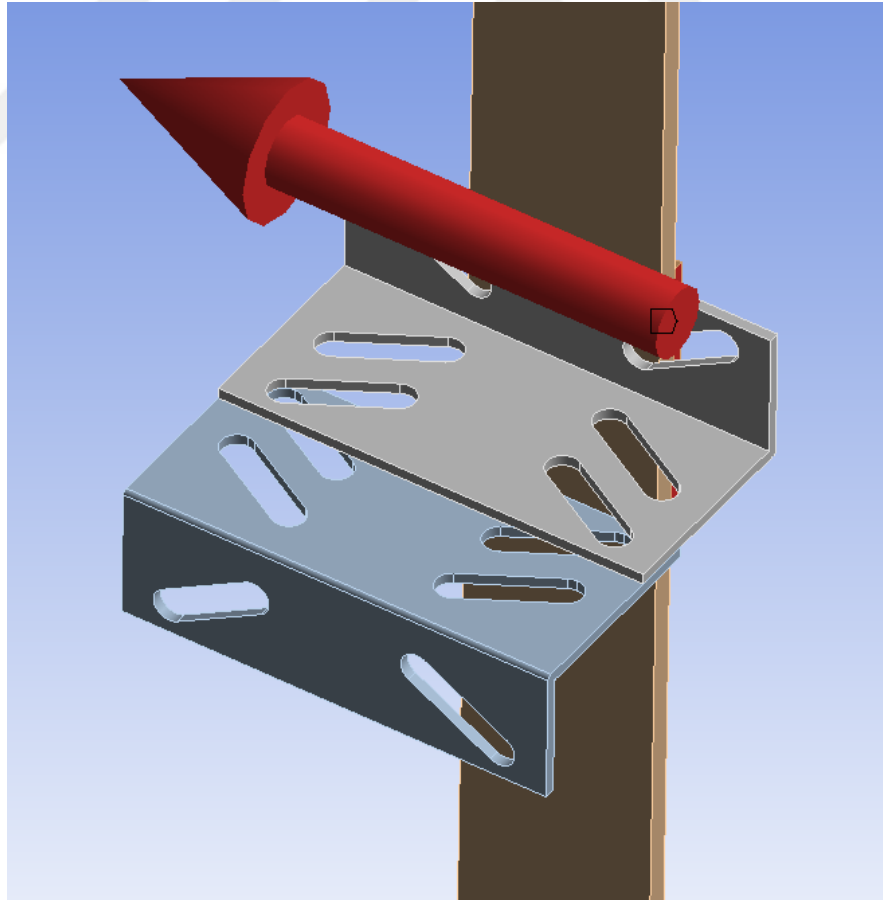
AP : Patenlerin alt bölgede olması durumunda kuvvetlerin uygulandığı bölge

UP : Patenlerin üst bölgede olması durumunda kuvvetlerin uygulandığı bölge

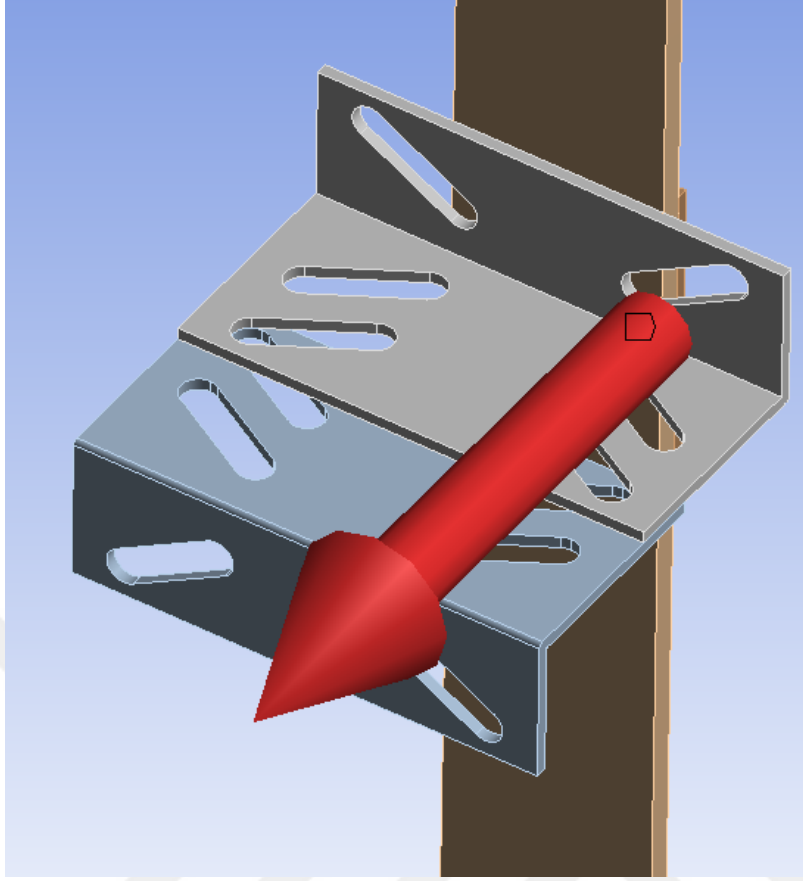
OUP : Patenlerin orta üst bölgede olması durumunda kuvvetlerin uygulandığı bölge

OAP : Patenlerin orta alt bölgede olması durumunda kuvvetlerin uygulandığı bölge

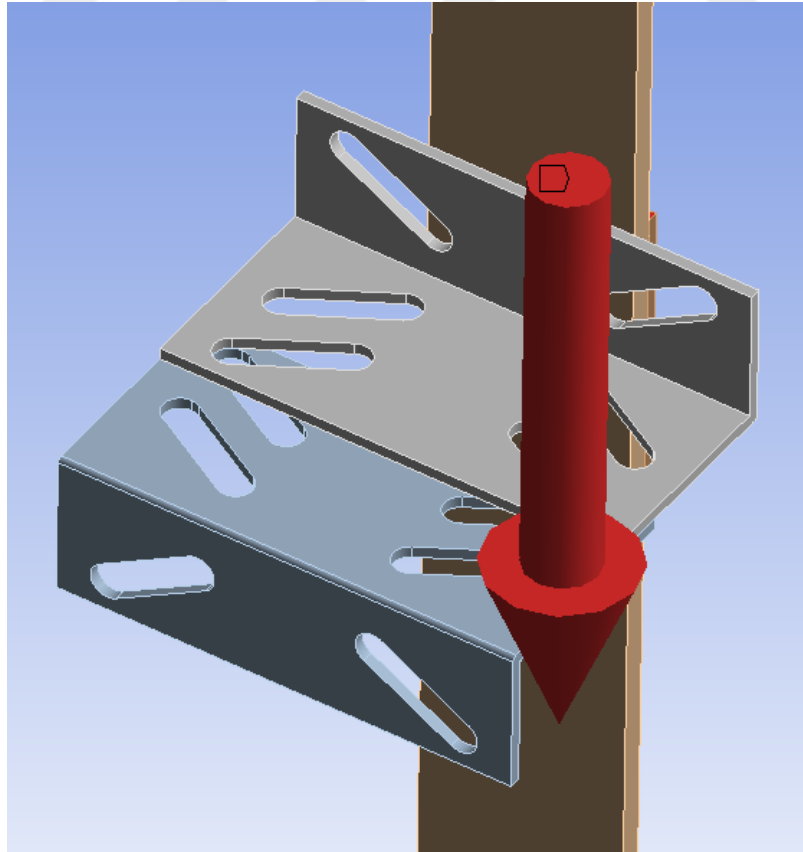
Bölüm 4.1’de bahsedilen üç tasarım için kuvvetler, uygulama bölgelerine Şekil 4.17-4.19’da görüldüğü şekilde uygulanmıştır.



Şekil 4.17 : Uygulanan Fx kuvveti



Şekil 4.18 : Uygulanan F_y kuvveti



Şekil 4.19 : Uygulanan F_v kuvveti

5. SİMÜLASYON ÇALIŞMASININ SONUÇLARI VE AÇIKLAMALARI

Tasarım verileri ve uygulama seçenekleri verilen çalışma için simülasyonlar yapılmıştır. Çizelge 5.1, Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'te elde edilen sonuçlar konsol tasarımına göre verilmiştir. Kılavuz ray konsollarının standart tasarım, destekli tasarım ve kanallı tasarım olmak üzere 3 farklı tasarım tipinin simülasyon sonuçlarında kuvvetin uygulandığı bölgeye en yakın ve maksimum değerlerin olduğu konsolların gerilme (stress) değerlerinin olduğu bölgeler anlatılmıştır.

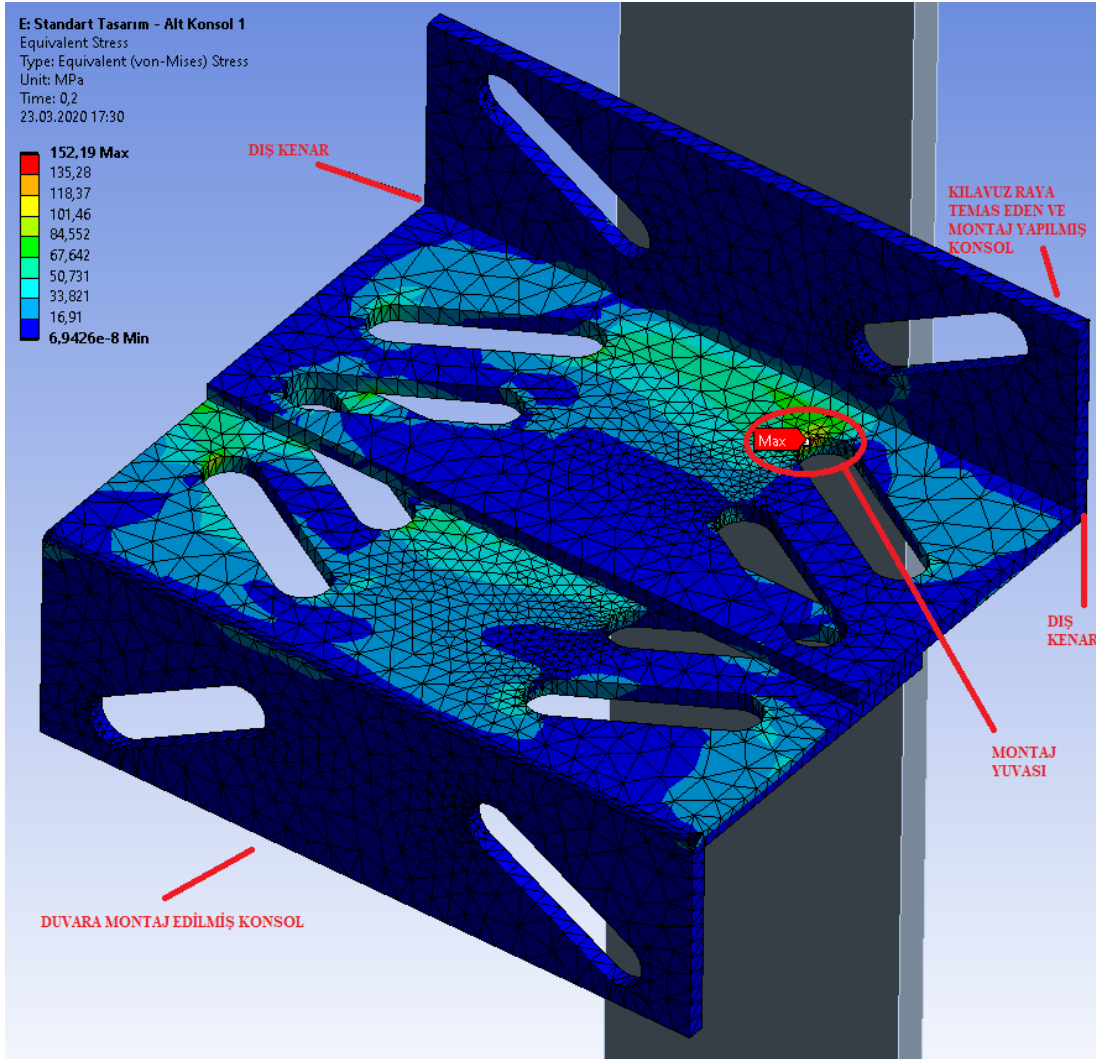
5.1 Standart Konsol Tasarımı Simülasyon Sonuçları

Şekil 5.1'de görülen K-2 konsolunun hizasında kılavuz raya etkiyen kuvvetlerle eşdeğer Von-Mises Gerilme analizi yapıldı. En yüksek gerilme değeri 152,19 MPa olup, kılavuz ray ile duvara bağlı konsol elemanı arasındaki konsolda, konsolun montajı için kullanılan yuva deliğinde oluşmuştur. En yüksek gerilmenin olduğu montaj yuvasından uzaklaştıkça gerilme değeri azalmakta olup, yuva çevresinde yeşil ve turuncu renk görüldüğü üzere 110-140 MPa arasında olmuştur. Fx kuvvetinin uygulandığı yöne doğru konsol bağlantılarının gerilmesinin yükseldiği görülmektedir. Duvara bağlı konsolda oluşan gerilmelerin en yüksek yaklaşık 100 MPa olduğu görülmektedir. Genel gerilme skalası 0-152,19 MPa aralığında değişmektedir. Simülasyonda deformasyon ve elastik gerinme (strain) değerleri de elde edilmiştir. Bu uygulamada deformasyon değeri en yüksek 0,2424 mm olarak meydana gelmiştir. Gerinim değeri ise en yüksek 0,00076102 mm/mm olarak elde edilmiştir.

Diğer standart tasarım konsollar için simülasyonlarda en yüksek gerilme değeri yine aynı noktada olduğundan tüm standart tasarım simülasyonları için Şekil 5.1 incelenebilir veya ekler kısmında tüm simülasyon analizleri görülebilir.

K-3 konsolunun hizasında kılavuz raya etkiyen kuvvetlerle gerilme analizi yapıldı. Çizelge 5.1'de en yüksek gerilme değeri 158,93 MPa olup kılavuz ray ile duvara bağlı konsol elemanı arasındaki konsolda, konsolun montajı için kullanılan yuva deliğinde oluşmuştur. Yuva çevresinde 110-140 MPa arasında gerilme değeri elde edilmiştir. Yine aynı şekilde duvara bağlı konsolda oluşan gerilmeler yaklaşık 100 MPa

civarındadır. Bu analizde en yüksek deformasyon değeri 0,2422 mm olarak bulunmuştur. Gerinim değeri ise en yüksek 0,00079514 mm/mm'dir.



Şekil 5.1 : Standart tasarım montaj yuvası, dış kenar vb tanımlamaları

K-5 konsolunun hizasından etkiyen kuvvetlerin incelemesinde gerilme değerinin yine önceki iki simülasyon sonucunda elde edilen en yüksek değerin okunduğu noktayla aynı noktada Çizelge 5.1'de görüldüğü gibi 147,93 MPa olarak elde edilmiştir. Önceki iki farklı simülasyona benzer gerilme dağılımları görülmüştür. En yüksek deformasyon değeri 0,2420 mm olarak bulunmuştur. Gerinim değeri ise en yüksek 0,0007401 mm/mm olarak elde edilmiştir.

K-6 konsolu hizasında etkiyen kuvvetlerin sonucunda elde edilen gerilme değerleri Çizelge 5.1'de görülmektedir. Bu uygulamada da en yüksek gerilme noktası öncekilerle aynı nokta olup 148,57 MPa gerilme değeri vardır. Deformasyon

incelemesine bakıldığında ise en yüksek 0,24236 mm değerindedir. Gerinim değeri en yüksek 0,00074297 mm/mm'dir.

Sırasıyla K-9 ve K-8 konsolları hizasından kılavuz raya uygulanan kuvvetler sonucunda sırasıyla 149,47 MPa ve 160,57 MPa gerilme değerleri elde edilmiştir. Önceki simülasyon çalışmalarıyla aynı noktada en yüksek gerilme değeri çıkmıştır. En yüksek deformasyon değerleri ise sırasıyla 0,2419 mm ve 0,24296 mm olmuştur. En yüksek gerinim değerleri sırasıyla 0,00074745 mm/mm ve 0,00080286 mm/mm olarak bulunmuştur.

Kılavuz raya etkileyen kuvvetler tek bir patenden değil, bir kılavuz ray sırası üzerinde asansörün üst ve alt kısmında bulunan iki paten vasıtasıyla, 4.3.4 bölümünde belirtilen farklı yönlerdeki kuvvetlerin patenlere belli bir oranda dağılımıyla yapılan simülasyon sonucunda elde edilen gerilim verileri Çizelge 5.1'de görülmektedir.

Asansör patenlerinin kılavuz ray hattının üst kısmında (UP isimli paten bölgeleri) olduğu varsayılarak, patenlere oranlanarak uygulanan kuvvetler sonucu en yüksek gerilme değeri kılavuz ray ile teması olan konsolun montaj yuvasının yuvarlak kenarında 150,12 MPa olarak ölçülmüştür. En yüksek deformasyon 0,24238 mm olarak bulunmuştur. Gerinim değeri en yüksek 0,00075062 mm/mm olmuştur.

Asansör patenlerinin kılavuz ray hattının alt kısmında (AP isimli paten bölgeleri) olduğu varsayılarak, patenlere oranlanarak uygulanan kuvvetler sonucunda en yüksek gerilme değeri kılavuz rayla teması olan konsolun montaj yuvasının yuvarlak kenarında 168 MPa olarak ölçülmüştür. En yüksek deformasyon 0,24349 mm değeridir. Gerinim değeri ise en yüksek 0,00084051 mm/mm olarak bulunmuştur.

Kılavuz rayların orta-alt bölgesi için yapılan simülasyon çalışmasında en yüksek gerilme değeri 158,29 MPa olarak bulunmuş olup, K-5 konsollarının kılavuz raya temas eden konsolun montaj yuvasında meydana gelmiştir. Deformasyon en yüksek 0,24273 mm olmuştur. Gerinim değeri en yüksek 0,00079197 mm/mm olarak bulunmuştur.

Kılavuz rayların orta-üst bölgesi için yapılan simülasyon çalışmasında en yüksek gerilme değeri 133,37 MPa olarak bulunmuş olup, K-6 konsollarının kılavuz raya temas eden konsolun montaj yuvasında meydana gelmiştir. Deformasyon değeri olarak 0,2415 mm en yüksek deformasyon olmuştur. Gerinim değeri en yüksek 0,00066695 mm/mm olarak bulunmuştur.

Tüm simülasyonların gerilme ve deformasyon analizlerinin şekilleri ekler kısmında bulunmaktadır.

Çizelge 5.1 : Standart konsol tasarım simülasyonlarının sonuç değerleri

Etki Bölgesi	En Yüksek Gerilme (Stress), [MPa]	En Yüksek Deformasyon, [mm]	En Yüksek Gerinim (Strain), [mm/mm]
K-2	152,19	0,2424	0,00076102
K-3	158,93	0,24224	0,00079514
K-5	147,93	0,24204	0,0007401
K-6	148,57	0,24236	0,00074297
K-8	160,57	0,24296	0,00080286
K-9	149,47	0,2419	0,00074745
UP, K-8	150,12	0,24238	0,00075062
AP, K-3	168	0,24349	0,00084051
OAP, K-5	158,29	0,24273	0,00079197
OUP, K-6	133,37	0,2415	0,00066695

5.2 Destekli Konsol Tasarımı Simülasyon Sonuçları

Destekli tasarım için Şekil 5.2’de görülen K-2 konsolunun hizasında kılavuz raya etkileyen kuvvetlerle gerilme analizi yapıldı. En yüksek gerilme değeri 110,85 MPa olup duvara bağlı konsolda, konsolun montajı için kullanılan yuva deliğinde oluşmuştur. En yüksek gerilmenin olduğu montaj yuvasının çevresinden uzaklaştıkça gerilme değeri azalmaktadır. Bu uygulamada deformasyon değeri en yüksek 0,090902 mm olmuştur. Gerinim değeri en yüksek 0,00055429 mm/mm olarak bulunmuştur.

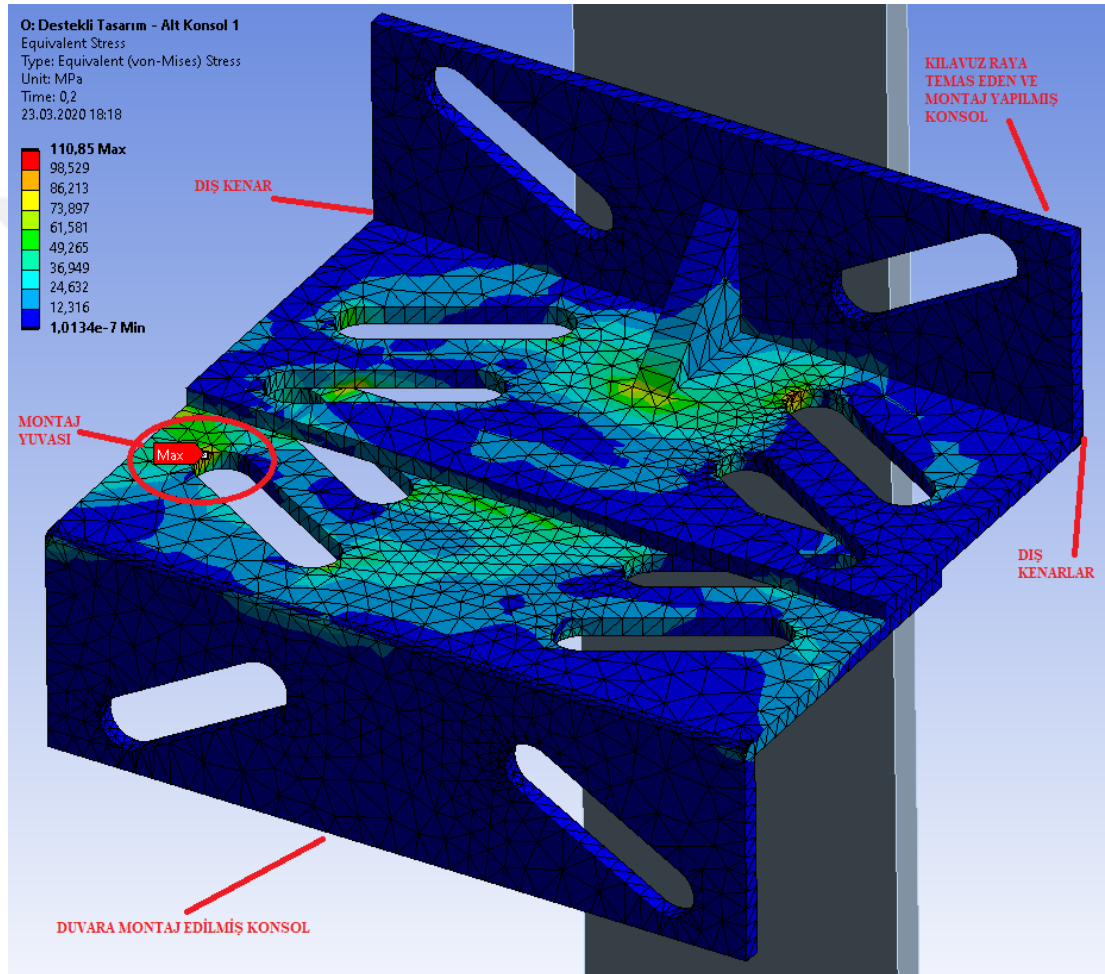
Devam eden destekli tasarım için simülasyonlarda en yüksek gerilme değeri yine aynı noktada olduğundan tüm destekli tasarım simülasyonları için Şekil 5.2 incelenebilir veya ekler kısmında tüm simülasyon analizleri görülebilir.

K-3 konsolunun hizasında kılavuz raya etkileyen kuvvetlerle gerilme analizi yapılmıştır. Çizelge 5.2’de görüleceği üzere en yüksek gerilme değeri 119,37 MPa olup duvara bağlı konsolda, konsolun montajı için kullanılan yuva deliğinde oluşmuştur. Yine aynı şekilde duvara bağlı konsolda oluşan gerilmeler en fazla yaklaşık 100 MPa civarındadır. Bu bölgede en yüksek deformasyon 0,093525 mm olmuştur. Gerinim değeri en yüksek 0,00059692 mm/mm’dir.

K-5 konsolunun hizasından etkileyen kuvvetlerin incelemesinde gerilme değerinin yine önceki iki farklı simülasyon sonucunda elde edilen en yüksek değer okunduğu noktayla aynı noktada en yüksek değeri 108,39 MPa olarak elde edilmiştir. En yüksek

deformasyon değeri 0,091144 mm olarak bulunmuştur. Gerinim değeri en yüksek 0,00054203 mm/mm olarak elde edilmiştir.

K-6 konsolu hizasında etkiyen kuvvetlerin sonucunda elde edilen gerilme değerleri Çizelge 5.2’de görülmektedir. Bu uygulamada da en yüksek gerilme değeri noktası önceki destekli tasarımlarla aynı nokta olup, 108,26 MPa gerilme değeri bulunmuştur. Deformasyon incelemesine bakıldığında ise en yüksek 0,090939 mm değerinde olmuştur. Gerinim değeri en yüksek 0,00054138 mm/mm’dir.



Şekil 5.2 : Destekli tasarım montaj yuvası, dış kenar vb tanımlamaları

Sırasıyla K-9 ve K-8 konsolları hizasından kılavuz raya uygulanan kuvvetler sonucunda 108,52 MPa ve 116,77 MPa gerilme değerleri elde edilmiştir. Önceki destekli tasarım simülasyon çalışmalarıyla aynı noktada en yüksek gerilme değeri çıkmıştır. En yüksek deformasyon değerleri ise sırasıyla 0,090783 mm ve 0,093125 mm olmuştur. En yüksek gerinim değerleri sırasıyla 0,00054264 mm/mm ve 0,00058391 mm/mm değerleridir.

Asansör patenlerinin kılavuz ray hattının üst kısmında (UP isimli paten bölgeleri, K-8 konsolu arada kalacak şekilde) olduğu varsayılarak, patenlere oranlanarak uygulanan kuvvetler sonucu en yüksek gerilme değeri duvara bağlı konsolun montaj yuvasının yuvarlak kenarında 107,51 MPa olarak ölçülmüştür. Bakıldığında yine önceki simülasyonlarda olduğu noktalarda en yüksek olmuştur. En yüksek deformasyon 0,090847 mm olarak bulunmuştur. Gerinim değeri en yüksek 0,00053761 mm/mm olmuştur.

Asansör patenlerinin kılavuz ray hattının alt kısmında (AP isimli paten bölgeleri, K-3 konsolu arada kalacak şekilde) olduğu varsayılarak, patenlere oranlanarak uygulanan kuvvetler sonucunda en yüksek gerilme değeri duvara bağlı konsolun montaj yuvasının yuvarlak kenarında 127,38 MPa olarak ölçülmüştür. En yüksek deformasyon 0,096804 mm olmuştur. Gerinim değeri en yüksek 0,00063698 mm/mm bulunmuştur.

Kılavuz rayların orta-alt bölgesi için yapılan simülasyon çalışmasında en yüksek gerilme değeri 117,75 MPa olarak bulunmuş olup K-5 konsollarının duvara bağlı konsol kısmının montaj yuvasında meydana gelmiştir. Deformasyon değeri olarak 0,093863 mm elde edilmiştir. Gerinme değeri en yüksek 0,00058883 mm/mm olarak bulunmuştur.

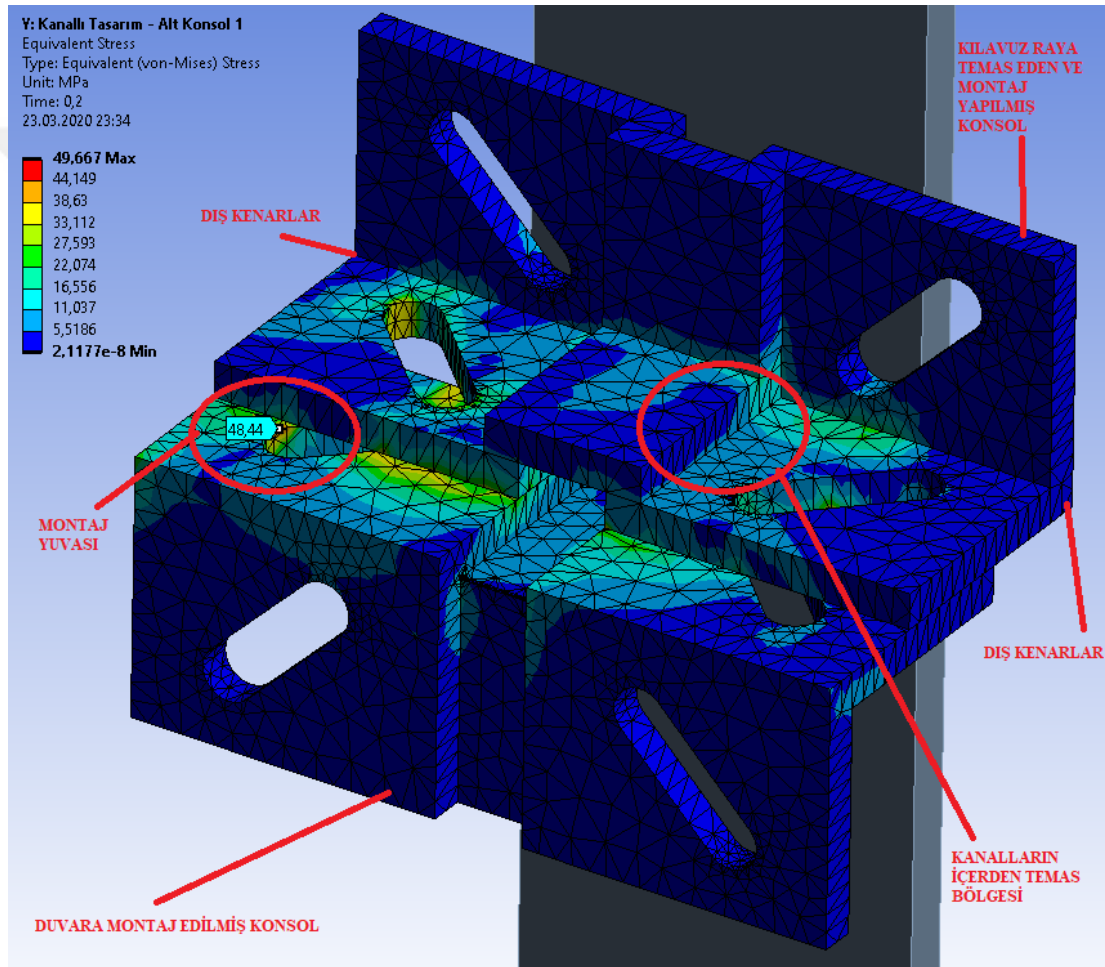
Kılavuz rayların orta-üst bölgesi için yapılan simülasyon çalışmasında en yüksek gerilme değeri 95,241 MPa olarak bulunmuş olup K-6 konsollarının duvara bağlı konsol kısmının montaj yuvasında meydana gelmiştir. Deformasyon değeri olarak 0,087479 mm görülmüştür. Gerinme değeri en yüksek 0,0004825 mm/mm olarak bulunmuştur. Bulunan tüm değerler Çizelge 5.2’de görülmektedir.

Çizelge 5.2 : Destekli konsol tasarım simülasyonlarının sonuç değerleri

Etki Bölgesi	En Yüksek Gerilme (Stress), [MPa]	En Yüksek Deformasyon, [mm]	En Yüksek Gerinim (Strain), [mm/mm]
K-2	110,85	0,090902	0,00055429
K-3	119,37	0,093525	0,00059692
K-5	108,39	0,091144	0,00054203
K-6	108,26	0,090939	0,00054138
K-8	116,77	0,093125	0,00058391
K-9	108,52	0,090783	0,00054264
UP, K-8	107,51	0,090847	0,00053761
AP, K-3	127,38	0,096804	0,00063698
OAP, K-5	117,75	0,093863	0,00058883
OUP, K-6	95,241	0,087479	0,0004825

5.3 Kanallı Konsol Tasarımı Simülasyon Sonuçları

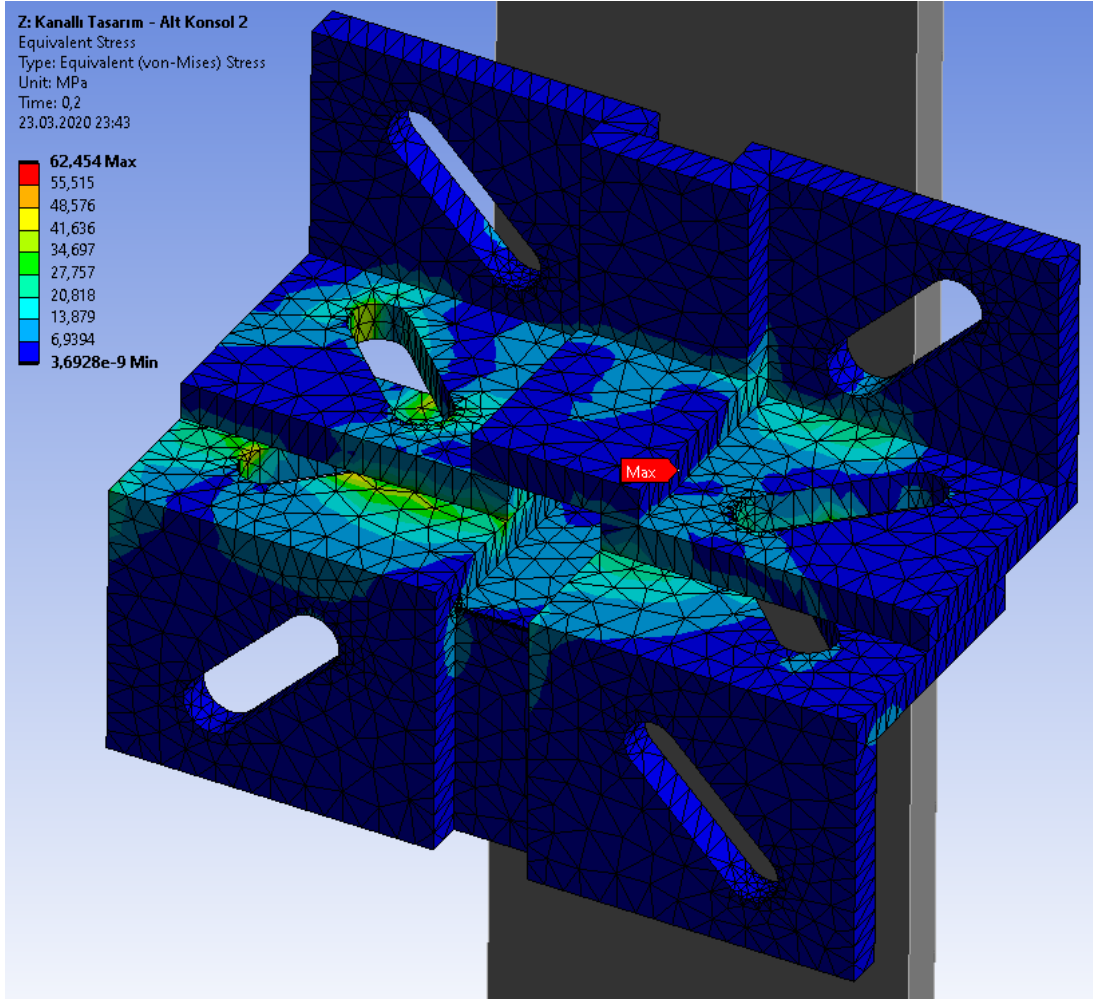
Şekil 5.3’de görülen kanallı tasarım için K-2 konsolunun hizasında kılavuz raya etkiyen kuvvetlerle gerilme analizi yapıldı. En yüksek gerilme değeri 49,667 MPa olup duvara bağlı konsolda, konsolun montajı için kullanılan yuva deliğinde ve K-3 konsollarında iki konsolun kanallarından temas ettikleri bölgede oluşmuştur. Deformasyon değeri en yüksek 0,011845 mm olarak meydana gelmiştir. Kılavuz raya temas eden konsolun sol üst dış köşesi 0,010529 mm deformasyona uğramaktadır. Gerinim değeri en yüksek 0,00026521 mm/mm olmuştur.



Şekil 5.3 : Kanallı tasarım montaj yuvası, dış kenar vb tanımlamaları

K-3 konsolunun hizasında kılavuz raya etkiyen kuvvetlerle gerilme analizi yapıldı. Şekil 5.4’te görüleceği üzere en yüksek gerilme değeri 62,454 MPa olup iki konsolun sağ kanal kenarlarının temas noktasında meydana gelmiştir. Yine aynı şekilde duvara bağlı konsolda oluşan gerilmeler en fazla yaklaşık 45-50 MPa civarındadır. Bu analizde en yüksek deformasyon 0,01305 mm bulunmuştur. Gerinim değeri ise en yüksek 0,00031227 mm/mm’dir.

Devam eden kanallı tasarım için simülasyonlarda en yüksek gerilme değeri yine aynı noktada olduğundan tüm kanallı tasarım simülasyonları için Şekil 5.3 ve Şekil 5.4 incelenebilir veya ekler kısmında tüm simülasyon analizleri görülebilir.



Şekil 5.4 : K-3 konsol hizasında etkiyen kuvvetler sonucu gerilmeler

K-5 konsolunun hizasından etkiyen kuvvetlerin incelemesinde gerilme değerinin yine önceki K-2 konsolu hizasının simülasyon sonucunda elde edilen en yüksek değer okunduğu noktayla aynı noktada K-4 konsolu üzerinde en yüksek değeri Çizelge 5.3'te görüldüğü gibi 47,889 MPa olarak elde edilmiştir. K-5 konsolunda da en yüksek değere yakın olarak 47,636 MPa görülmektedir. En yüksek deformasyon değeri 0,011886 mm olarak bulunmuştur. Gerinim değeri en yüksek 0,00025363 mm/mm olarak elde edilmiştir.

K-6 konsolu hizasında etkiyen kuvvetlerin sonucunda elde edilen gerilme değerleri Çizelge 5.3'te görülmektedir. Bu uygulamada da en yüksek gerilme noktası K-3 konsolundaki uygulamada bulunan en yüksek noktayla aynı noktada K-6 konsolu

üzerinde olup, 55,82 MPa gerilme değeri vardır. Deformasyon incelemesine bakıldığında ise en yüksek 0,011867 mm değerinde olmuştur. En yüksek gerinim değeri 0,00029188 mm/mm'dir.

K-9 hizasından uygulanan kuvvetler sonucunda en yüksek gerilme değeri K-8 konsolu üzerinde 49,029 MPa olmuş olup, K-9 konsolunun duvara bağlanan kısmında ise bu değere yakın olarak 48,697 MPa olmuştur. En yüksek deformasyon 0,011865 mm olarak bulunmuştur. Gerinim değeri en yüksek 0,0002617 mm/mm olmuştur.

K-8 konsolu hizasında kılavuz raya etkiyen kuvvetler sonucunda K-8 konsollarının kanal bölgelerinin birbiriyle temas ettiği yerde en yüksek gerilme değeri olmuştur ve 61,316 MPa çıkmıştır. En yüksek deformasyon 0,012998 mm olmuştur. En yüksek gerinim değeri ise 0,00031665 mm/mm olmuştur.

Asansör patenlerinin kılavuz ray hattının üst kısmında (UP kodlu paten bölgeleri, K-8 konsolu arada kalacak şekilde) olduğu varsayılarak, patenlere oranlanarak uygulanan kuvvetler sonucu en yüksek gerilme konsol kanallarının birbirine temas ettiği yüzeyde 55,667 MPa olarak ölçülmüştür. En yüksek deformasyon 0,011729 mm olarak bulunmuştur. Gerinme değeri en yüksek 0,00029173 mm/mm olmuştur.

Asansör patenlerinin kılavuz ray hattının alt kısmında (AP kodlu paten bölgeleri, K-3 konsolu arada kalacak şekilde) olduğu varsayılarak, patenlere oranlanarak uygulanan kuvvetler sonucunda en yüksek gerilme değeri konsol kanallarının birbirine temas ettiği yüzeyde 67,748 MPa olarak ölçülmüştür. En yüksek deformasyon 0,014785 mm değeridir. Gerinim değeri en yüksek 0,00033874 mm/mm bulunmuştur.

Kılavuz rayların orta-alt kısmı için yapılan simülasyon çalışmasında en yüksek gerilme değeri 55,285 MPa olarak bulunmuş olup K-4 konsol kanallarının temas noktasında meydana gelmiştir. Deformasyon değeri olarak 0,013398 mm görülmüştür. Gerinim değeri en yüksek 0,00027884 mm/mm bulunmuştur.

Kılavuz rayların ortasının üst kısma yakın bölgesi için yapılan simülasyon çalışmasında en yüksek gerilme değeri 47,499 MPa olarak bulunmuş olup, K-6 konsol kanallarının temas noktasında meydana gelmiştir. Deformasyon 0,009673 mm görülmüştür. Gerinim değeri en yüksek 0,00025527 mm/mm bulunmuştur.

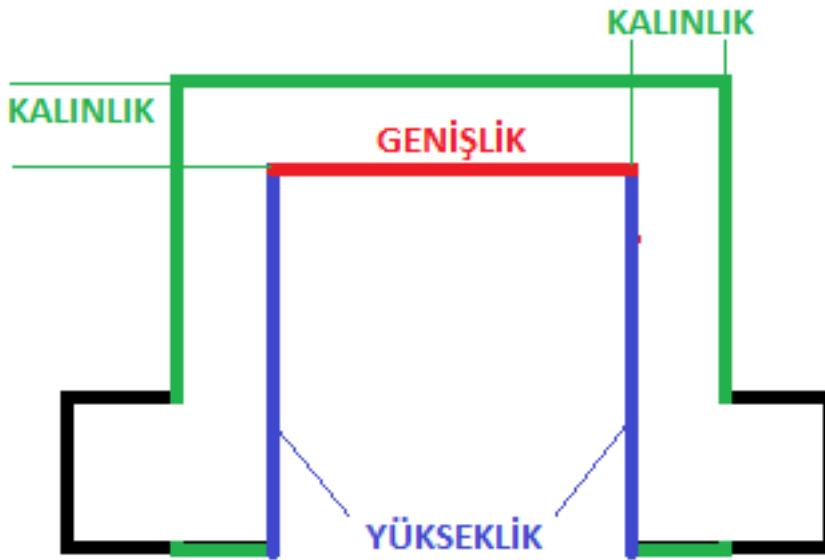
Açıklanan en yüksek gerilme, deformasyon ve gerinim değerleri Çizelge 5.3'te görülebilir. Diğer tüm simülasyonların gerilme ve deformasyon analizlerinin şekilleri ekler kısmında bulunmaktadır.

Çizelge 5.3 : Kanallı konsol tasarım simülasyonlarının sonuç değerleri

Etki Bölgesi	En Yüksek Gerilme (Stress), [MPa]	En Yüksek Deformasyon, [mm]	En Yüksek Gerinim (Strain), [mm/mm]
K-2	49,667	0,011845	0,00026521
K-3	62,454	0,01305	0,00031227
K-5	47,889	0,011886	0,00025363
K-6	55,82	0,011867	0,00029188
K-8	61,316	0,012998	0,00031665
K-9	49,029	0,011865	0,0002617
UP, K-8	55,667	0,011729	0,00029173
AP, K-3	67,748	0,014785	0,00033874
OAP, K-5	55,285	0,013398	0,00027884
OUP, K-6	47,499	0,009673	0,00025527

5.4 Farklı Kanal Ölçüleriyle Kanallı Konsol Tasarım Simülasyon Sonuçları

Kanallı konsol tasarımında kanalın genişlik, kalınlık ve yükseklik ölçüleri Şekil 5.5'te görüldüğü tanımlarla değiştirilerek farklı simülasyonlar yapılmıştır. Sonuçlar, Çizelge 5.4'te görüldüğü gibi üçüncü, altıncı ve sekizinci konsollara belirtilen kuvvetlerin uygulanmasıyla elde edilmiştir. Çizelge 5.4'te farklı konsol bölgeleri için sırasıyla; kanal ölçüleri değişmeden bulunan sonuçlar, kanal genişliği 10 mm'ye düşürüldüğünde, kanal yüksekliği 6 mm'ye düşürülüp kanal kalınlığı 10 mm'ye yükseltildiğinde son olarak kanal kenar kalınlıklarının 6 mm'ye düşürüldüğünde ortaya çıkan sonuçlar verilmiştir. Simülasyon sonuçlarının şekilleri ekler kısmında bulunmaktadır.



Şekil 5.5 : Kanallı Konsol Ölçü Tanımları

Çizelge 5.4 : Farklı Kanal Ölçüleriyle Yapılan Simülasyonların Sonuçları

Etki Bölgesi	Yapılan Değişim	En Yüksek Gerilme [MPa]	En Yüksek Deformasyon [mm]	En Yüksek Gerinim [mm/mm]
K-3	Yok	62,454	0,01305	0,00031227
	Kanal Gen. 10 mm	50,508	0,01164	0,00026263
	Kanal Yük. 6 mm, Kanal Kal. 10 mm	69,001	0,01251	0,00034501
	Kanal Kenar Kal. 6 mm	62,525	0,01402	0,00032263
K-6	Yok	55,82	0,011867	0,00029188
	Kanal Gen. 10 mm	47,345	0,010604	0,00024266
	Kanal Yük. 6 mm, Kanal Kal. 10 mm	49,623	0,011353	0,00026430
	Kanal Kenar Kal. 6 mm	59,513	0,012736	0,00030337
K-8	Yok	61,316	0,012998	0,00031665
	Kanal Gen. 10 mm	67,603	0,011596	0,00033801
	Kanal Yük. 6 mm, Kanal Kal. 10 mm	56,494	0,012432	0,00028247
	Kanal Kenar Kal. 6 mm	66,891	0,013937	0,00034120



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Simülasyonda asansör kılavuz rayları için kullanılan konsollarda standart tasarım, destekli tasarım ve kanallı tasarım olarak 3 farklı konsol tasarımı için farklı senaryolar değerlendirilmiş ve birçok sonuç elde edilmiştir. Bu farklı senaryolar sonucu tespit edilen ilk sonuç, her tasarımın kendi içinde tutarlı sonuçlar vermesidir. Çizelge 6.1’de görülen gerilme analiz sonuçlarının ortalama verileri incelendiğinde kuvvetlerin farklı konsol bölgelerine ve farklı paten konumlarına göre uygulanmasına rağmen bu durumun gerçekleştiği görülmektedir.

Konsolun malzemesi olarak St-37 malzemesinin çekme mukavemeti 360 MPa ve akma mukavemetinin, konsol kalınlığı 16 mm altında olduğu için 235 MPa olduğu, asansör mekanik parçasında izin verilen en yüksek deformasyon değerinin TS EN 81-77 standardına göre 5 mm ve ASME A17.1 için en yüksek 6 mm ve kalıcı deformasyon olmaması gerektiği bilinmektedir. Bu sebeple elde edilen değerlerin bu sınır değerler içinde olup olmadığı incelenmiştir. Bilindiği üzere akma mukavemeti aşıldığında elastik deformasyon bölgesinden plastik deformasyon bölgesine geçilmekte olup, bu sınırdan sonra oluşacak deformasyonlar kalıcı deformasyon olduğundan gerilme değerlerinin elastik deformasyon sınırını geçmemesi incelenmiştir. En yüksek gerilme değerleri de bulunmuştur.

Beşinci bölümde bulunan çizelgelerden ve Çizelge 6.1’den kolayca görüleceği üzere standart konsol tasarımı için yapılan 10 farklı uygulamada diğer tasarımlara göre her zaman daha yüksek gerilme değerleri bulunmuştur. Günümüzde birçok asansör kuyusunda bu standart konsol tasarımı kullanılmaktadır. Deprem sonrası incelenen asansör kuyularında kullanılan konsol tipleri çoğunlukla bu tasarım ve bu tasarımın türevleridir.

Simülasyon sonuçlarında ortaya çıkan gerilme değerlerinin akma mukavemeti 235 MPa altında olduğu ve kalıcı deformasyona sebep olmadığı Çizelge 6.1’de görülmüştür. Bu sebeple seçimi yapılan parametreler için incelenen tasarımlar, hem ASME A17.1 için kalıcı deformasyon olmadan 6 mm’yi geçmemesi şartını hem de TS

EN 81-77 için deformasyonun 5 mm'yi geçmemesi koşullarını sağlamaktadır ve bu durum Çizelge 6.2'de görülmektedir. Bu açıdan bu çalışma için seçilen tasarım parametrelerinde akma mukavemeti geçilmediğinden bir kalıcı deformasyon beklenmemektedir. Fakat gerçekte deprem sebebiyle oluşan kuvvetlerin yönünün ve büyüklüğünün bilinmemesi ve bu kuvvetlerin anlık olarak değişmesi sebebiyle simülasyon değerlerinden daha yüksek gerilmeler çıkabilmekte ve akma mukavemetini geçebilmektedir. Bu sebeple benzer çalışmalarda simülasyonlar dikkatli yapılmalıdır.

Çizelge 6.1 : Tasarımların gerilme verileri

Tasarım Tipi	En Yüksek [MPa]	En Düşük [MPa]	Ortalama [MPa]
Standart Tasarım	168	133,37	152,744
Destekli Tasarım	127,38	95,241	112,0041
Kanallı Tasarım	67,748	47,499	55,2374

Çizelge 6.2 : Tasarımların deformasyon değerleri ve karşılaştırılması

Tasarım Tipi	En Yüksek [mm]	ASME A17.1 < 6 mm	TS EN 81-77 < 5 mm
Standart Tasarım	0,24349	✓	✓
Destekli Tasarım	0,096804	✓	✓
Kanallı Tasarım	0,014785	✓	✓

Simülasyon sonuçları incelendiğinde en yüksek gerilme değerinin patenlere bölünmüş kuvvet uygulamasında alt patenlerde yani alttan 3.konsol üzerinde meydana geldiği görülmektedir. Tek başına alttan üçüncü konsola uygulandığında ise yine diğer konsol uygulamalarına nispeten daha yüksek gerilme değeri olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak daha önceki bölümlerde verilen tam tasarım şekillerinde alttan ve üstten 3.konsolların bulunduğu kılavuz rayların bir ucu kılavuz ray bağlama levhası ile diğer kılavuz raya bağlanmış olup, bağlanan kılavuz ray hattın son kılavuz rayı olduğundan rayların bu kısımlarında bulunan destek (konsol) sayısının orta kısımlara göre az olması olarak söylenebilir. Çünkü kılavuz ray hattının tam ortasındaki kılavuz raya (3.kılavuz raya) bağlı konsollara uygulanan kuvvetler sonucunda konsollardaki gerilmeler belirtilen konsollara göre daha düşük ve neredeyse birbiriyle aynı olmuştur. Kuvvetlerin patenlere dağıtılması durumlarında ise kılavuz rayın üst kısımlarındaki konsollarda gerilme değerlerinin, alt kısımlarındaki konsolların gerilme değerlerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak ise yukarıdaki konsollara

etkiyen mekanik parçaların ağırlığının, aşağıdaki konsollara etkiyen mekanik parça ağırlığından daha az olması olabilir.

Üst ve alttan 2.konsollarda, 3.konsollara göre daha düşük gerilme değeri görülmesinin sebebi kılavuz rayların iki ucunun az da olsa yüksek kuvvetlerde hareket etmeye müsaade edilmiş olmasından olabileceği düşünülmektedir. Çünkü bir ucu serbest olan kılavuz raya bağlı 2.konsolların uygulanan kuvvet sonucunda kılavuz rayın hareket etmesiyle üzerindeki gerilme azalırken 3.konsollarda bir ucu bağlantı levhasıyla az sayıda konsol içeren kısma bağlı kılavuz ray hareket edemez durumdadır. Bu sebeple 3.konsol aslında bir sıkışmaya maruz kalmaktadır ve bu durum gerilme değerinde artışa sebep olmaktadır.

Deformasyon değerleri incelendiğinde yine standart tasarımda elde edilen verilerin diğer tasarımlara göre daha yüksek deformasyon verilerine ulaştığı görülmektedir ancak yine de 5 mm altındadır. Uygulanan kuvvetler sonucu akma mukavemetini geçmediği görülmesine rağmen standart konsol tasarımı, incelenen konsol tasarımları arasında deprem kuvvetleri etkisi bakımından en yüksek gerilme değeri olan tasarımdır.

Destekli konsol tasarımında, standart tasarıma göre daha düşük gerilme değerleri olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, standart konsol tasarımına eklenen destek unsurunun, konsol üzerine etkiyen kuvvetlerin sebep olduğu gerilmeleri yapısı sebebiyle azaltmış olmasıdır. Destek unsurları konsola gelen kuvvetlerin tek bir temas yüzeyine değil tüm parçaya dağılarak en yüksek gerilme değerinin azalmasına sebep olmuştur.

Kanallı konsol tasarım simülasyonları incelendiğinde gerilme değerlerinin önceki iki tasarıma göre oldukça azaldığı görülmektedir. Tasarıma kanal şekli verilerek gerilme dağılımları daha genişletilmiş olup, etkiyen kuvvetlerin etkisi azalmış olmaktadır. Bu tasarımda gerilmenin en yüksek değerinin bazı simülasyonlarda bir alt konsolda olduğu görülmüştür ve bu şekilde kılavuz rayın ek yerlerine yakın olan uygulamalarda bir sonraki konsola tesir olmuştur. Kanallı tasarımda dikkat edilmesi gereken nokta, konsolların kanallarının birbirine temas ettiği yüzeyler olduğu görülmüştür. Deformasyon incelemesinde de en düşük deformasyon değerleri bu tasarımda bulunmuştur.

Kanallı konsol tasarımının kanal ölçülerinin değiştirilmesi durumunda standart kanallı konsol tasarımından farklı gerilme ve deformasyon değerleri bulunmuştur. Bu değerlerin, değişen kanal ölçüleri sebebiyle olağan olduğu düşünülmektedir.

Sonuçlarda en güvenli görünen kanallı konsol tasarımında ise kanalların birbirlerine temas ettikleri bölgelere dikkat edilmelidir. Destekli konsol tasarımı sonuçları diğer iki tasarımın arasında değerler vermiştir.

Çalışma sonucu elde edilen verilerden görüleceği üzere kanallı konsol tasarımı gibi farklı tasarımların yapılması kullanılan konsolların daha dayanıklı tasarımlarının ortaya çıkmasını sağlayacağından farklı tasarımların geliştirilmesi ve mümkün olduğunda geliştirilen tasarımların laboratuvar ortamında yapılacak deneylerle desteklenerek kullanım alanlarının çoğaltılması tavsiye edilmektedir. Çünkü simülasyonu yapılan çalışmaların hayata geçirilmesi için laboratuvar ortamında deneylerinin yapılması, yaygın kullanımında oluşabilecek sorunların tespit edilmesi ve önüne geçilmesi için etkili bir yoldur.

KAYNAKLAR

- [1] **Url-1** Deprem Nedir. Erişim: 1 Ekim 2019, <http://koeri.boun.edu.tr/sismo/Personel/comoglu/depremnedir/index.htm>
- [2] **Url-2** Dünya Jeoloji Haritaları. (2012). Erişim: 1 Ekim 2019, http://cografyaharita.com/dunya_jeoloji_haritalari.html
- [3] **Url-3** Seismic waves. (2007). Erişim: 25 Eylül 2019, <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/340-seismic-waves>
- [4] **Url-4** Endsley, K. (2006). What Is Seismology and What Are Seismic Waves?. Erişim: 25 Eylül 2019, <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/waves.html>
- [5] **Url-5** Seismic Wave. (t.y.). Erişim: 25 Eylül 2019, https://en.wikipedia.org/wiki/Seismic_wave
- [6] **Url-6** Types of Earthquake Waves. (t.y.) Erişim: 25 Eylül 2019, <http://allshookup.org/quakes/wavetype.htm>
- [7] **Url-7** Türkiye Deprem Tehlike Haritası. (2019). Erişim: 03 Ekim 2019, <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>
- [8] **Darılmaz, K.** (2008). Deprem Hesabı. İTÜ İnşaat Fakóltesi, İSTANBUL.
- [9] **Url-8** Türkiye Deprem Gözlem Sistemleri Çalışma Grubu. (2019). Erişim: 3 Ekim 2019, <https://deprem.afad.gov.tr/icerik?id=4&menuId=91>
- [10] **Url-9** Dünya Jeoloji Haritaları. (2012). Erişim: 1 Ekim 2019, http://cografyaharita.com/dunya_jeoloji_haritalari.html
- [11] **Url-10** Türkiye'nin 510 yıllık deprem tarihi. (2019). Erişim: 03 Ekim 2019, <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/turkiyenin-510-yillik-deprem-tarihi/1407096>
- [12] **Url-11** Büyük Depremler. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi. (2017). Erişim: 13 Ekim 2019, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>
- [13] **İmrak, C. E., Gerdemeli, İ.** (2000). *Asansörler ve Yürüyen Merdivenler*, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [14] **MEGEP** (2011). Asansör Kuyu Donanımları, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- [15] **TSE** (2012). Asansör Rayı Bağlama Sistemi (TSE K 179). Erişim: <https://www.kutuphane.itu.edu.tr/>
- [16] **Çelik, K.F.** (t.y.). Depreme Dayanımlı Asansörler ve Manuel Kabin-İçi Kurtarma Sistemi. Erişim: 30 Ocak 2020, http://www.emo.org.tr/ekler/599dc0d41a8cda9_ek.pdf

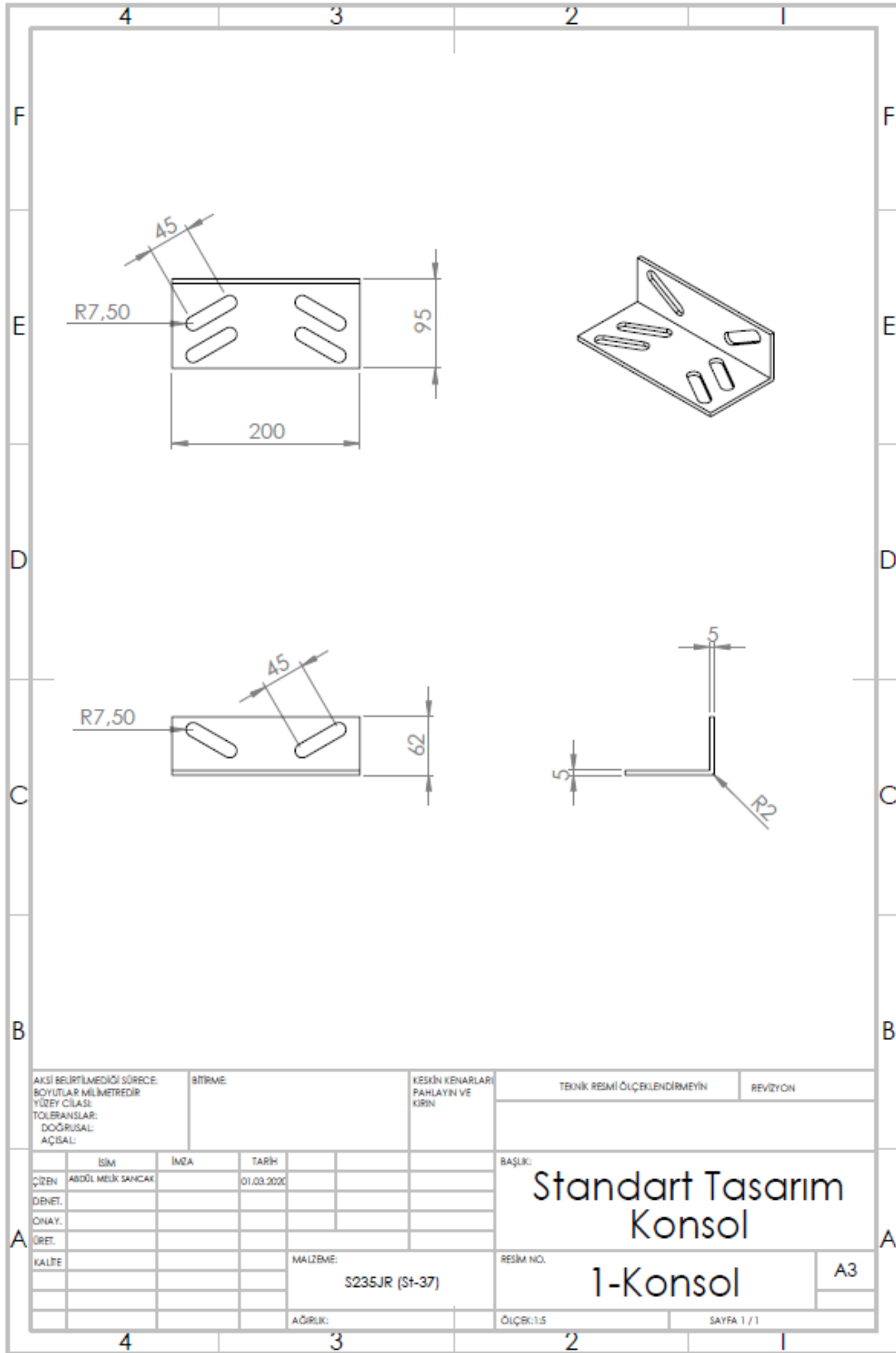
- [17] **Url-12** Wrecking ball VERY slowly chips away at Leaning Tower of Dallas. (2020). Erişim: 10 Mart 2020, <https://www.youtube.com/watch?v=Em5TSb5gMC0>
- [18] **Url-13** İLK DEFA İZLİYECEĞİNİZ HATALI BİNA YIKIMLARI. (2019). Erişim: 10 Ekim 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=fkPmp6gljEk&feature=youtu.be>
- [19] **Url-14** Bina Yıkımı - Kontrollü Patlama Anları 2018. (2019). Erişim: 10 Ekim 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=pm9kD8pUBoM>
- [20] **İmrak, C.E.** (2012). The effect of the Van earthquakes on lifts, *Elevatori* 2012 November/December, s.44-65.
- [21] **İmrak, C.E.** (2012). A Survey for the Effect of 2011 Van Earthquakes on Elevators. Erişim: 10 Ekim 2019, https://www.aysad.org.tr/wp-content/uploads/2018/09/Van_Survey_Appendixes.pdf
- [22] **KLEEMAN Lifts** (2006). Earthquake Resistant Lift. *ELEVCON 2006 - The 16th Int Congress on Vertical Transportation Technologies* 20-22 Haziran 2006, Helsinki, Finlandiya.
- [23] **TSE** (2020). Asansörler – Yapım ve Montaj için Güvenlik Kuralları – Yolcu ve Yük Asansörleri için Özel Uygulamalar – Bölüm 77: Sismik Durumlara Tabi Asansörler (TS EN 81-77:2020-02). Erişim: <https://www.kutuphane.itu.edu.tr/>
- [24] **ASME** (2016). Safety Code for Elevators and Escalators (ASME A17.1-2016).
- [25] **Url-15** Eren Makina Kaburgalı Konsol EMA K-18. Erişim: 20 Mart 2020, <https://www.erenmakina.com.tr/urun/k-18/>
- [26] **TSE** (2020). 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). Erişim: <https://www.kutuphane.itu.edu.tr/>
- [27] **IBC** (2017). International Building Code 2018
- [28] **Url-16** AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması, AFAD. Erişim: 30 Şubat 2020, <http://tdth.afad.gov.tr/>
- [29] **TSE** (2005). Eurocode 8: Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı – Bölüm 1: Genel Kurallar, Sismik Etkiler ve Binalar için Kurallar (TS EN 1998-1: 2005) (Eurocode 8). Erişim: <https://www.kutuphane.itu.edu.tr/>

EKLER

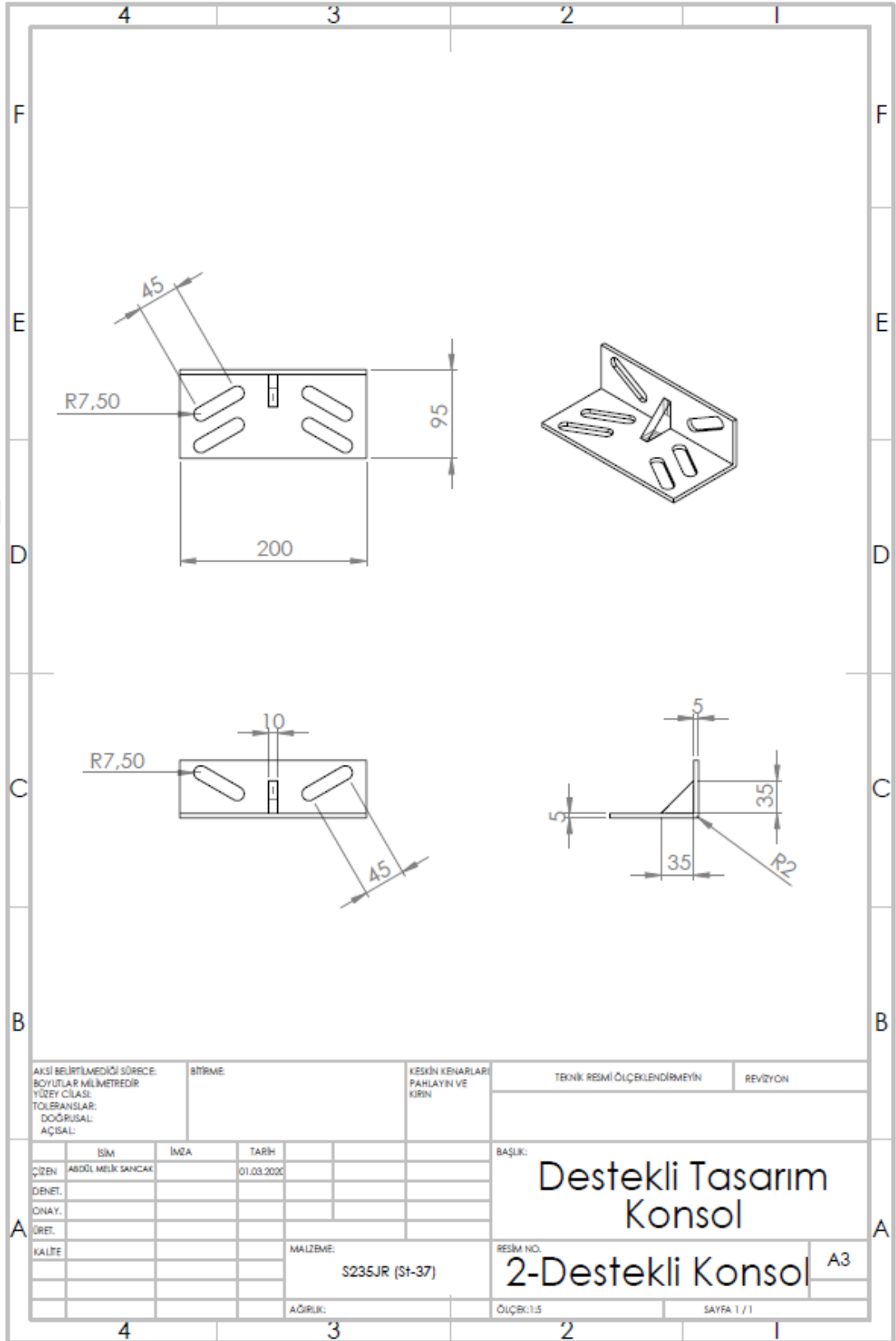
EK A: Konsol Tasarımlarının Teknik Resimleri ve Simülasyon Sonuçları



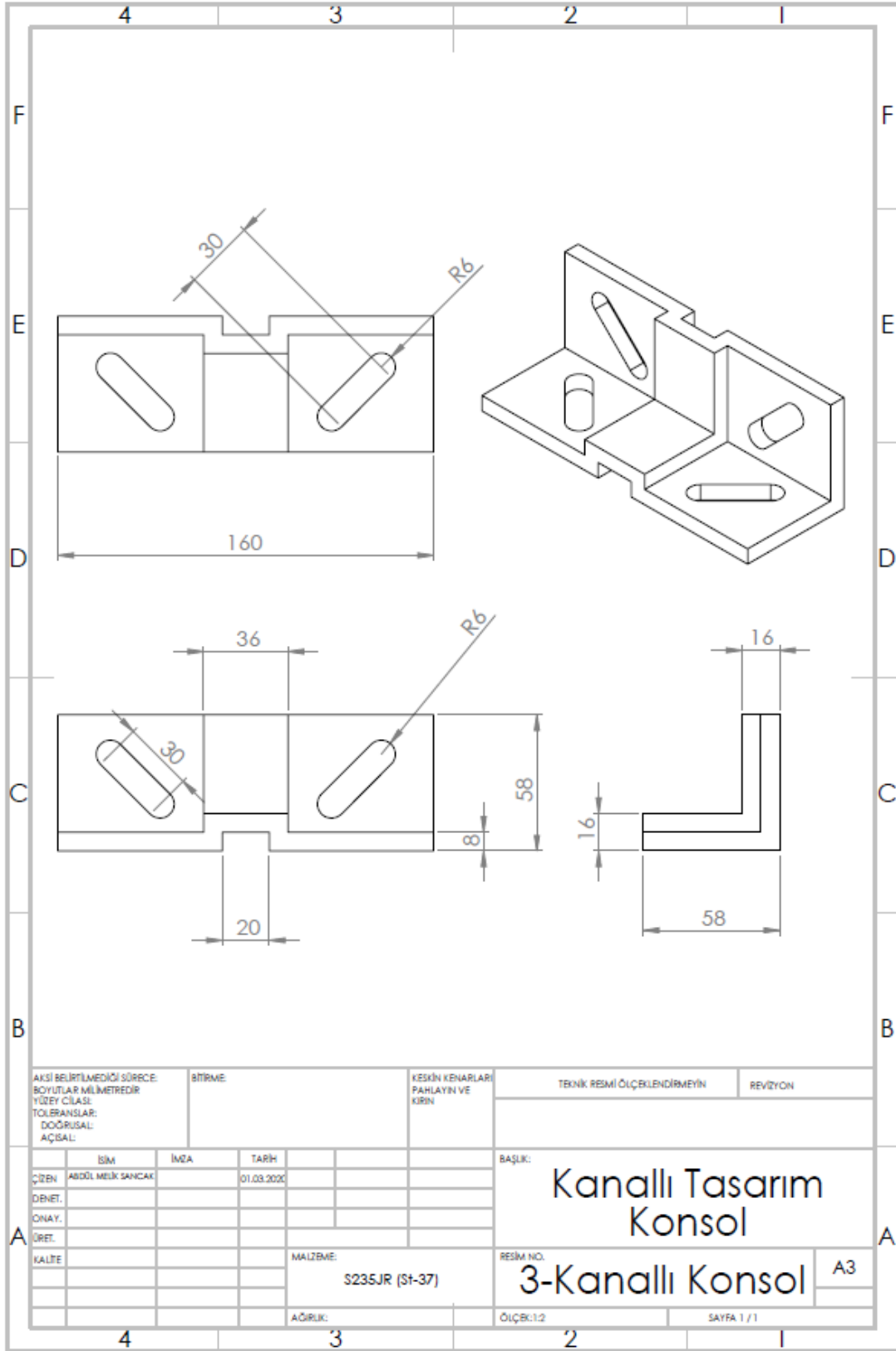
EK A : Konsol Tasarımlarının Teknik Resimleri ve Simülasyon Sonuçları



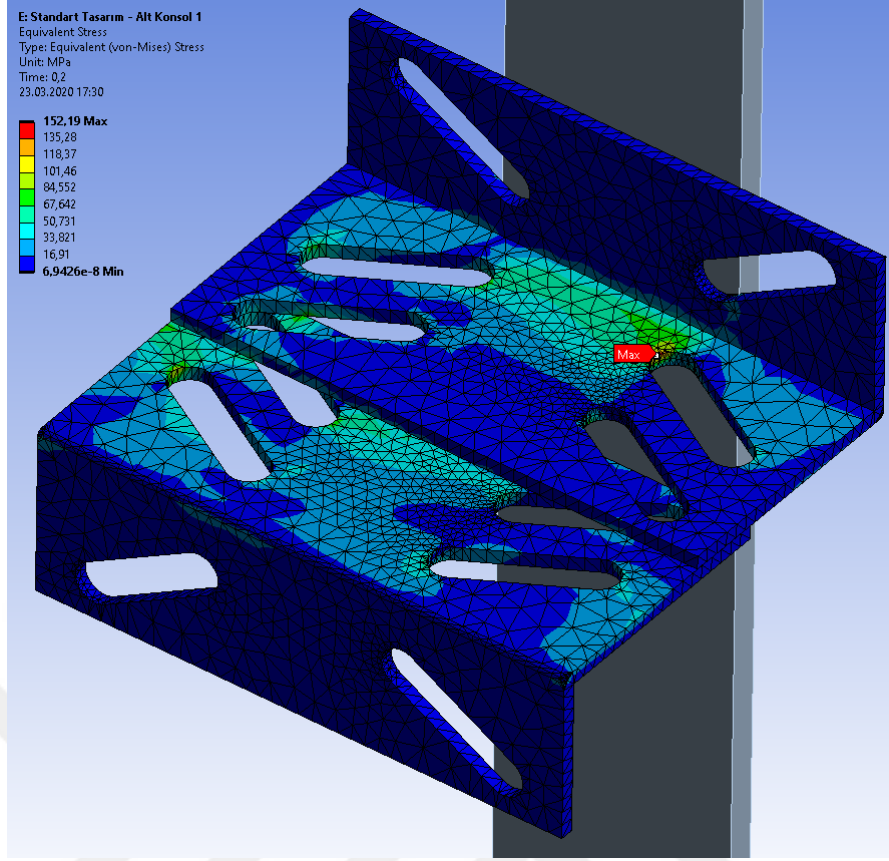
Şekil A.1 : Standart konsol tasarımının teknik resmi



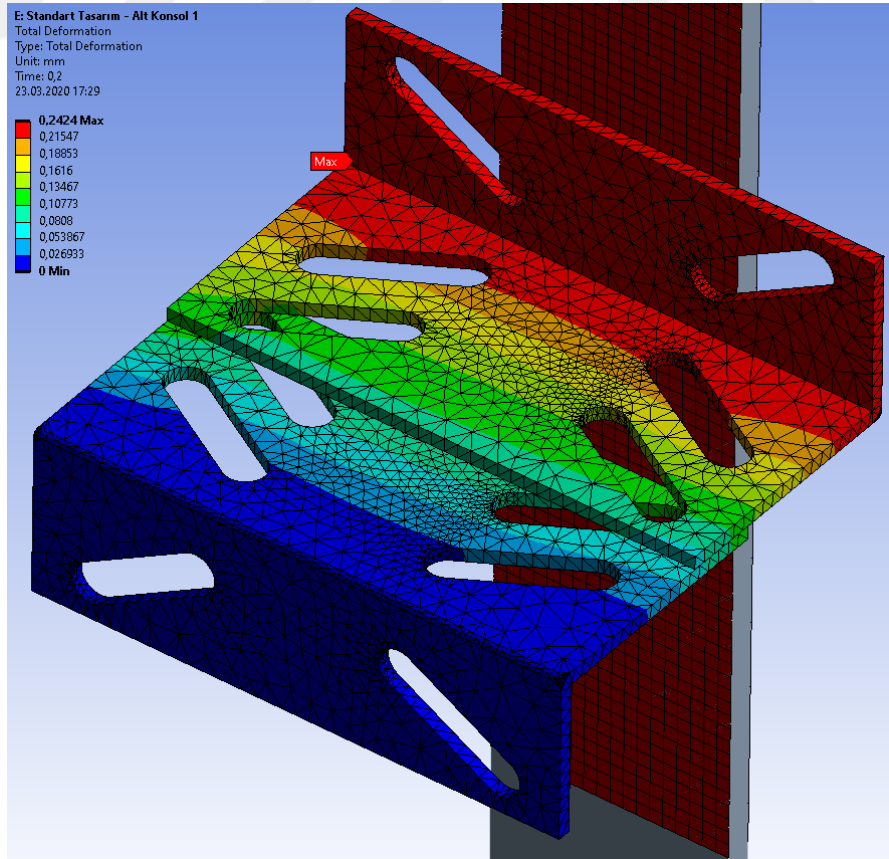
Şekil A.2 : Destekli konsol tasarımının teknik resmi



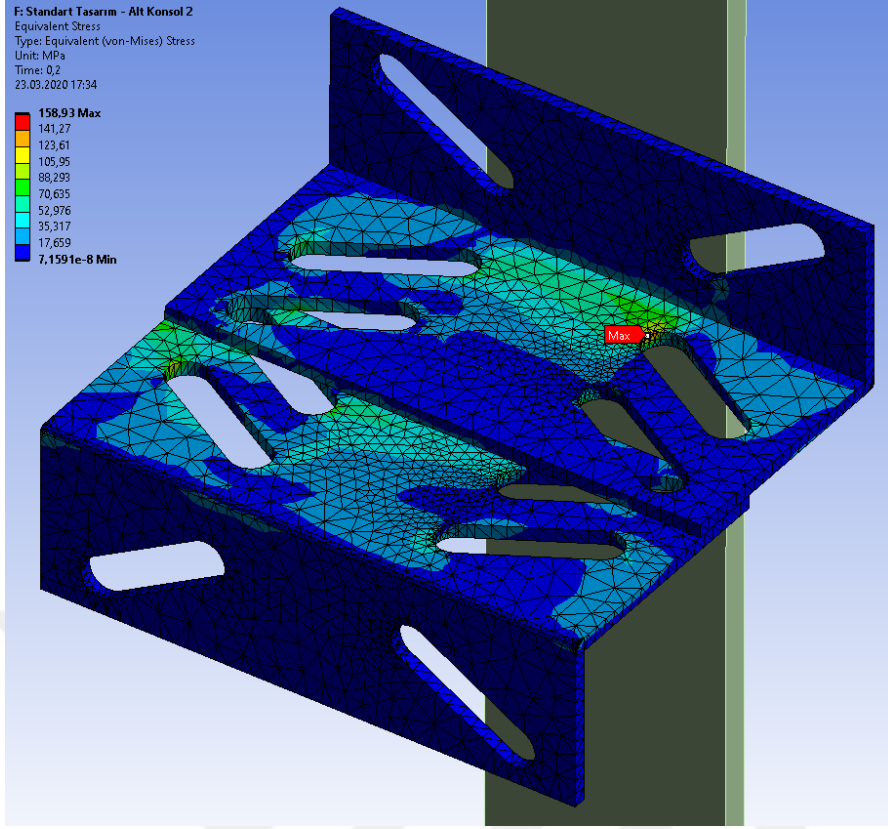
Şekil A.3 : Kanallı konsol tasarımının teknik resmi



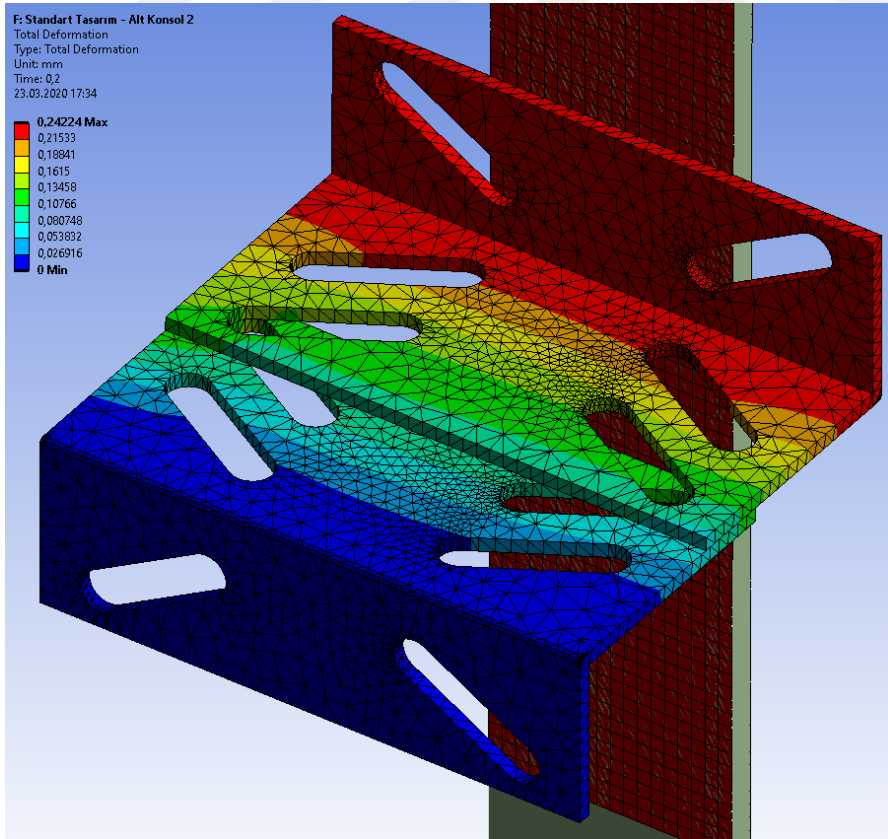
Şekil A.4 : Standart konsol tasarımı K-2 konsol uygulaması gerilme analizi



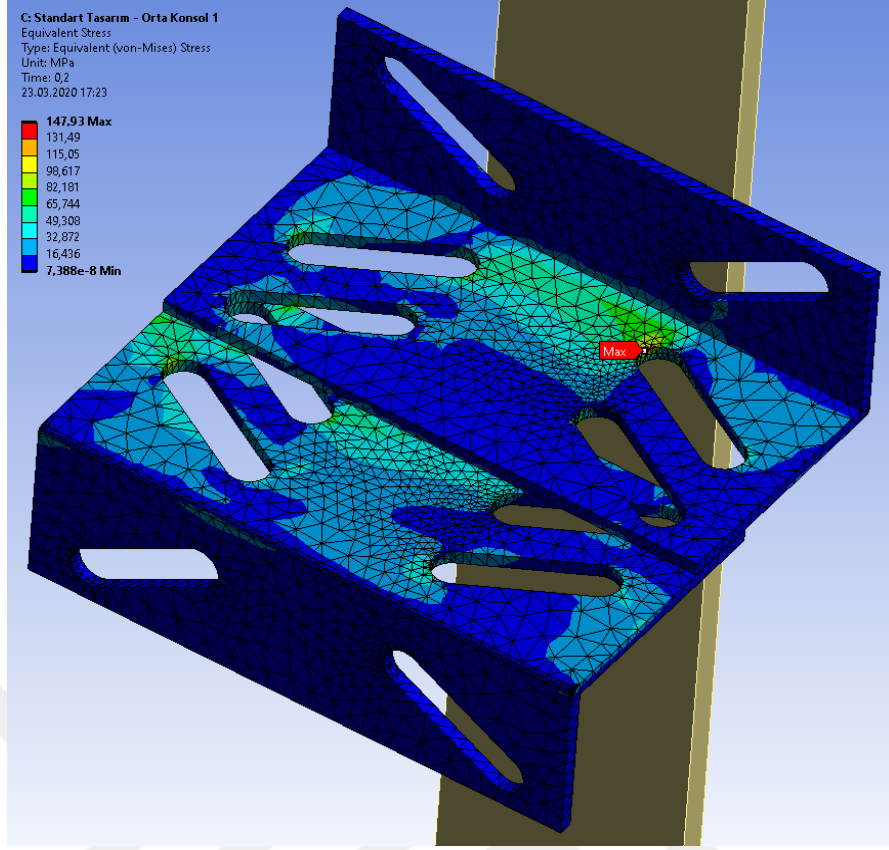
Şekil A.5 : Standart konsol tasarımı K-2 konsol uygulaması deformasyon analizi



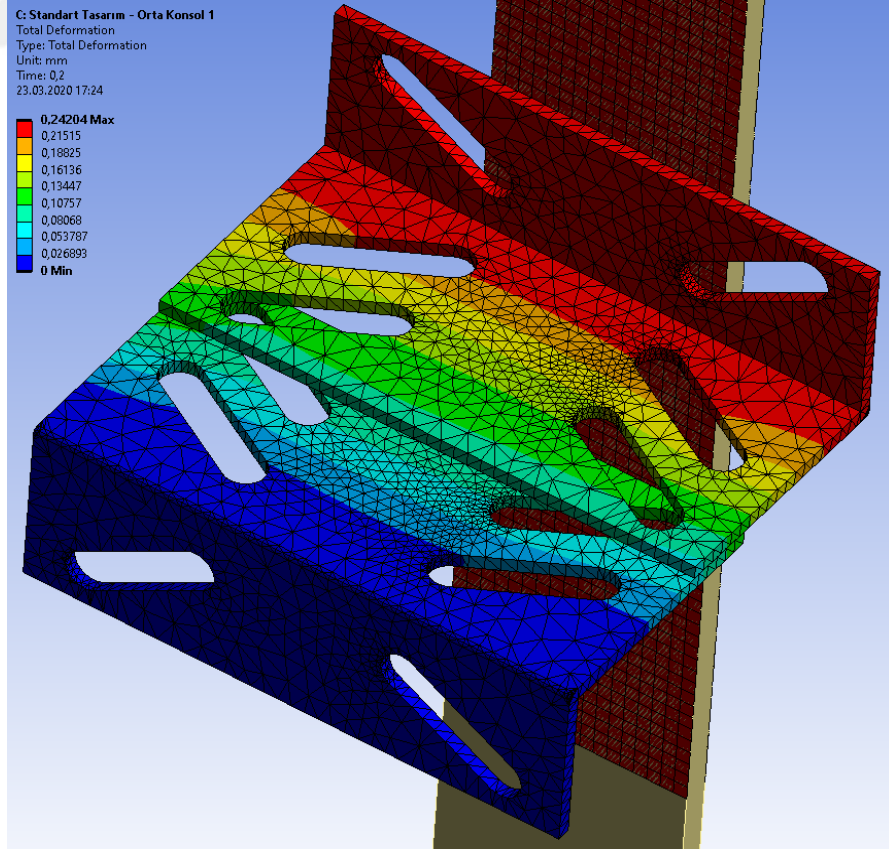
Şekil A.6 : Standart konsol tasarımı K-3 konsol uygulaması gerilme analizi



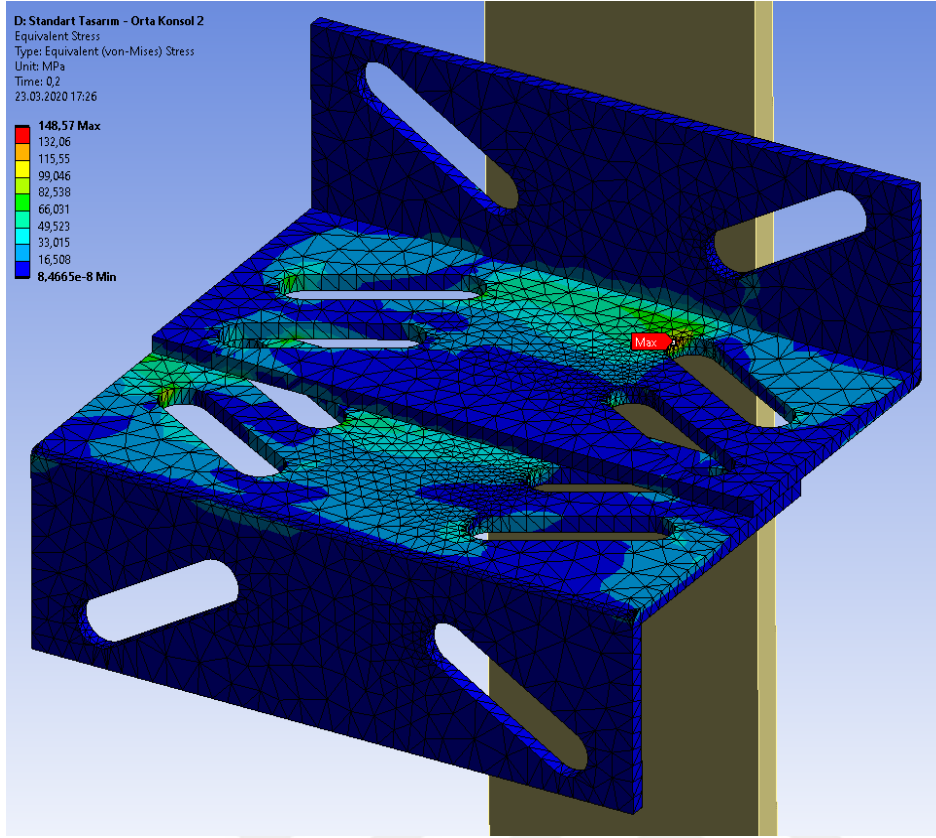
Şekil A.7 : Standart konsol tasarımı K-3 konsol uygulaması deformasyon analizi



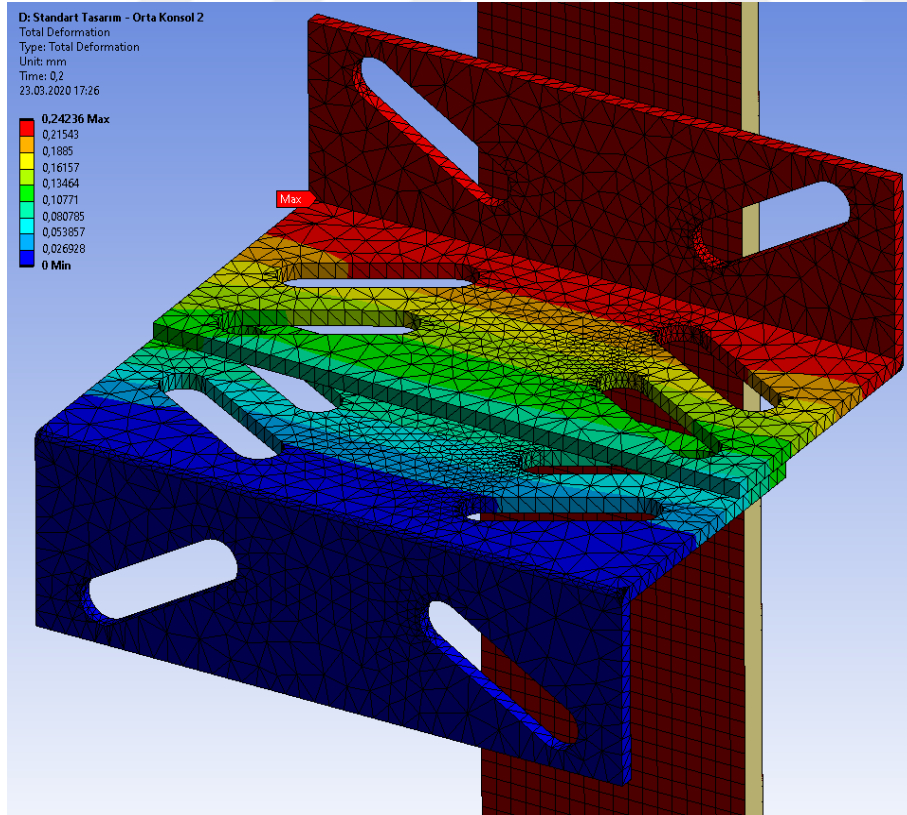
Şekil A.8 : Standart konsol tasarımı K-5 konsol uygulaması gerilme analizi



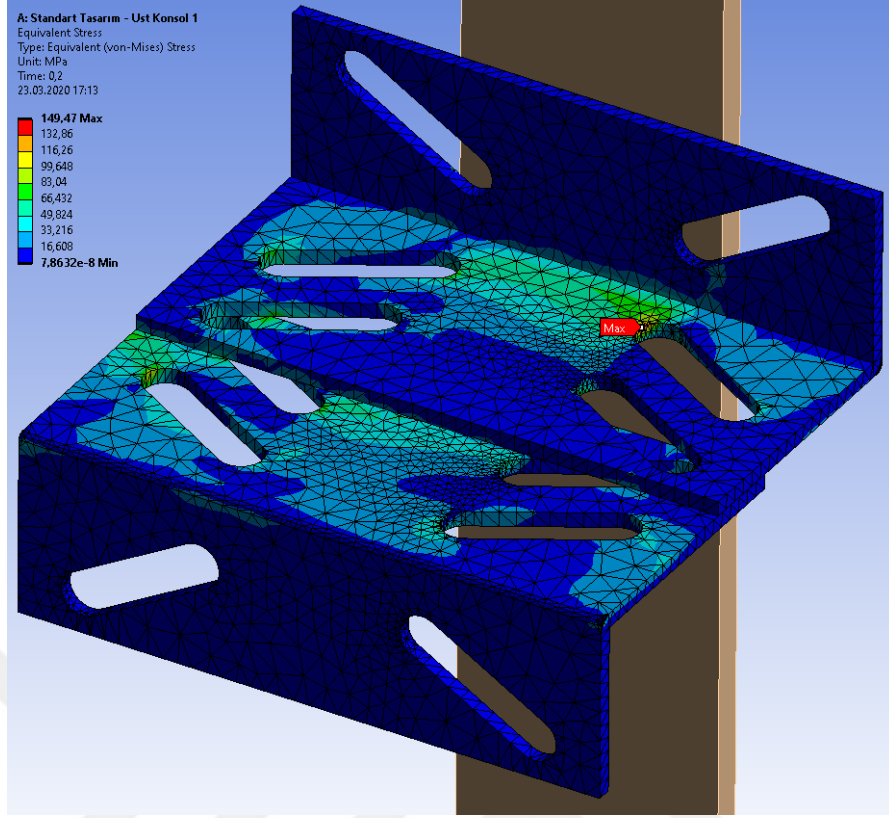
Şekil A.9 : Standart konsol tasarımı K-5 konsol uygulaması deformasyon analizi



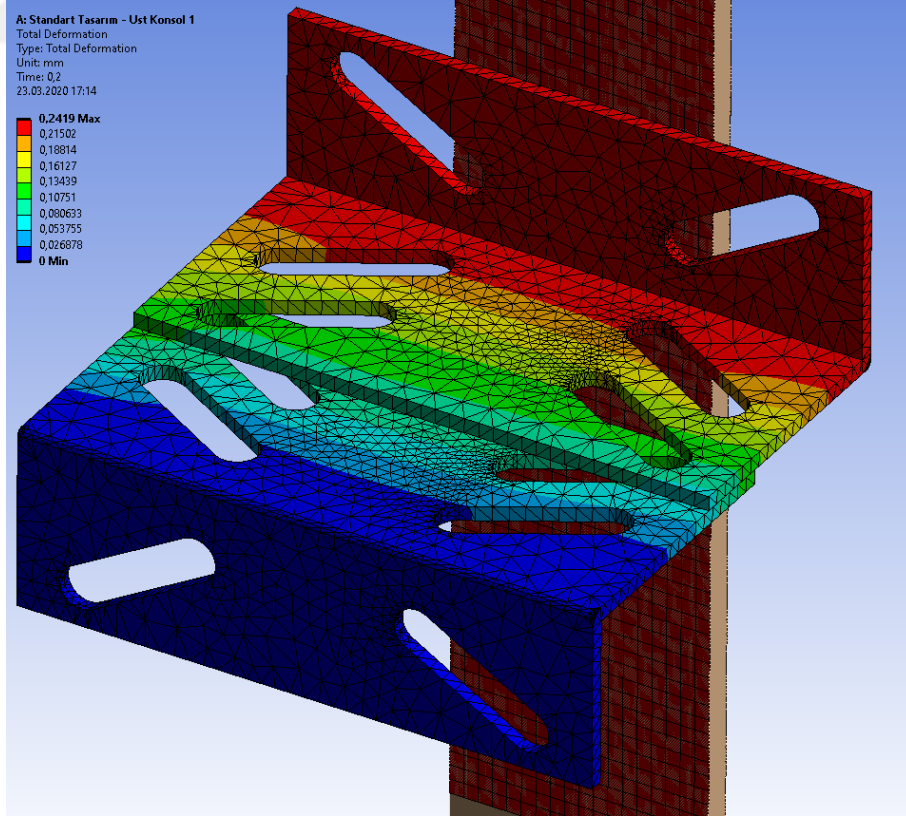
Şekil A.10 : Standart konsol tasarımı K-6 konsol uygulaması gerilme analizi



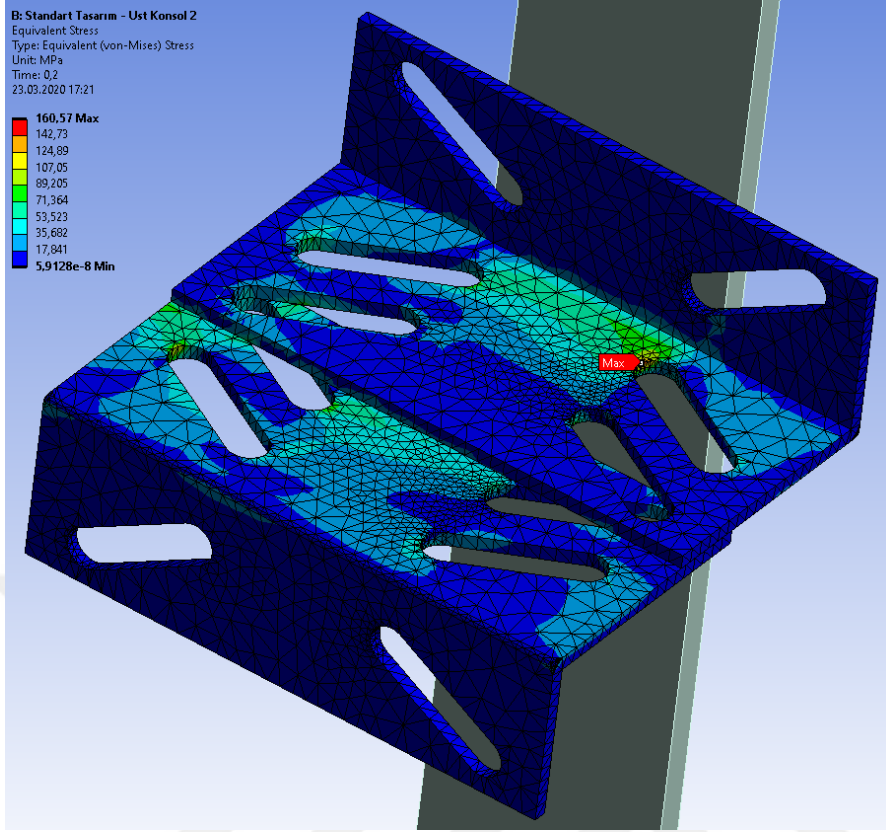
Şekil A.11 : Standart konsol tasarımı K-6 konsol uygulaması deformasyon analizi



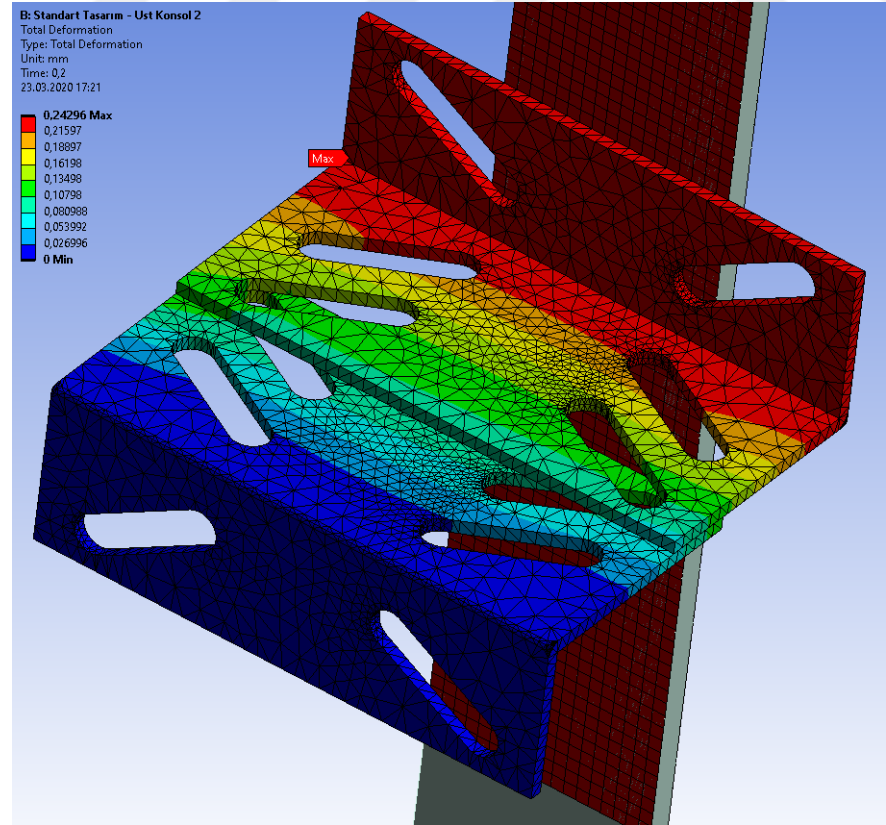
Şekil A.12 : Standart konsol tasarımı K-9 konsol uygulaması gerilme analizi



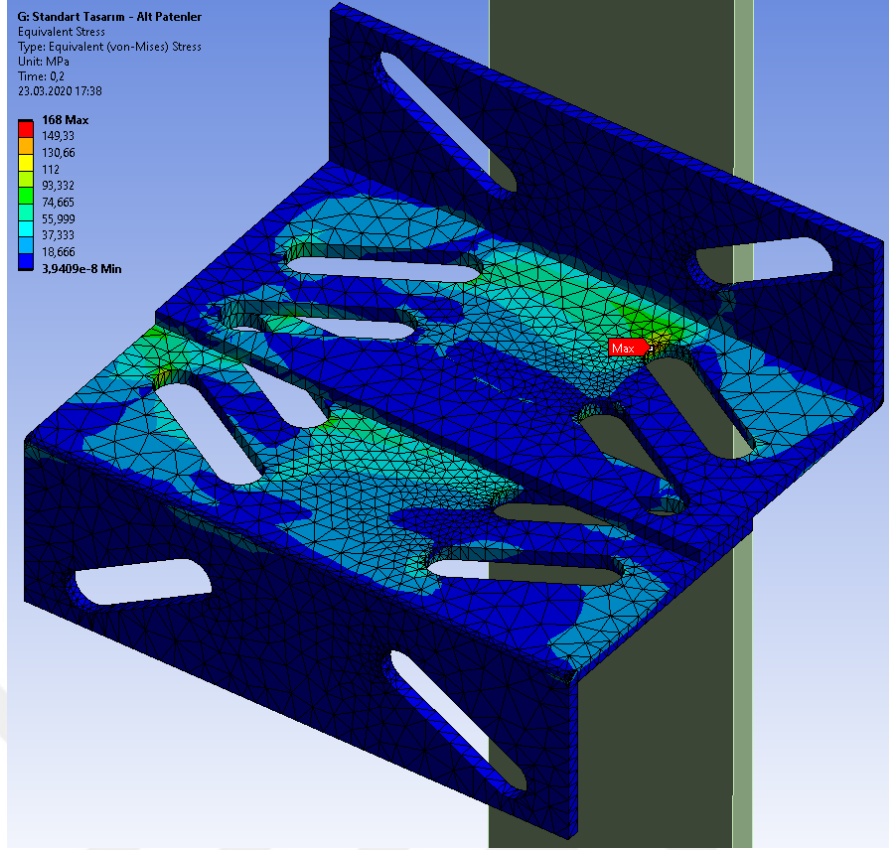
Şekil A.13 : Standart konsol tasarımı K-9 konsol uygulaması deformasyon analizi



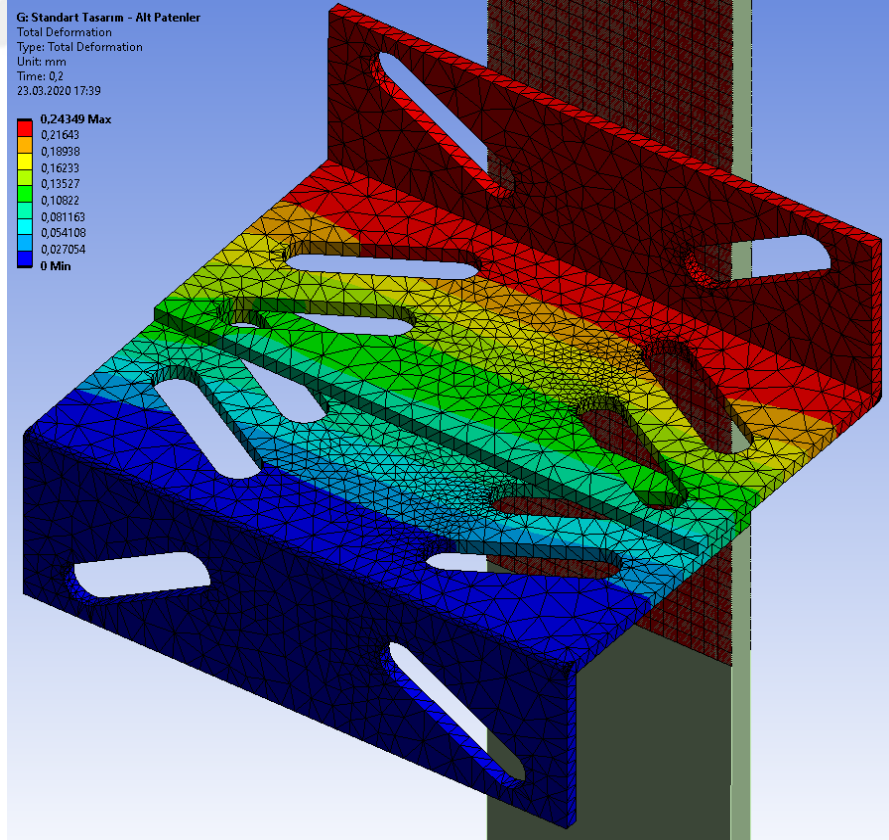
Şekil A.14 : Standart konsol tasarımı K-8 konsol uygulaması gerilme analizi



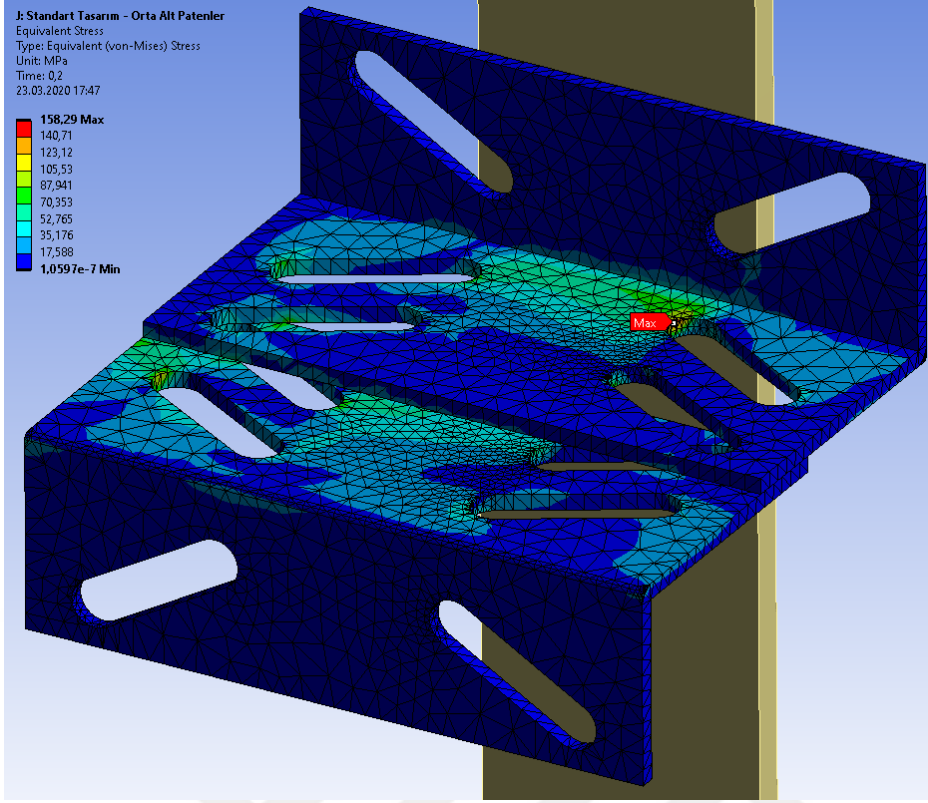
Şekil A.15 : Standart konsol tasarımı K-8 konsol uygulaması deformasyon analizi



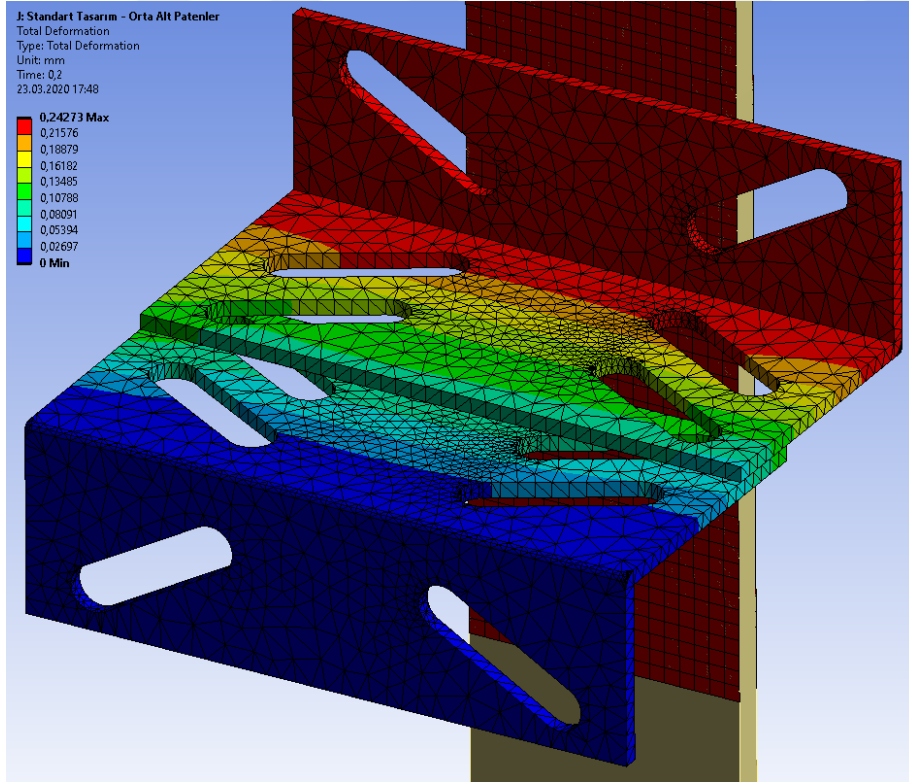
Şekil A.16 : Standart konsol tasarımı AP, K-3 konsol uygulaması gerilme analizi



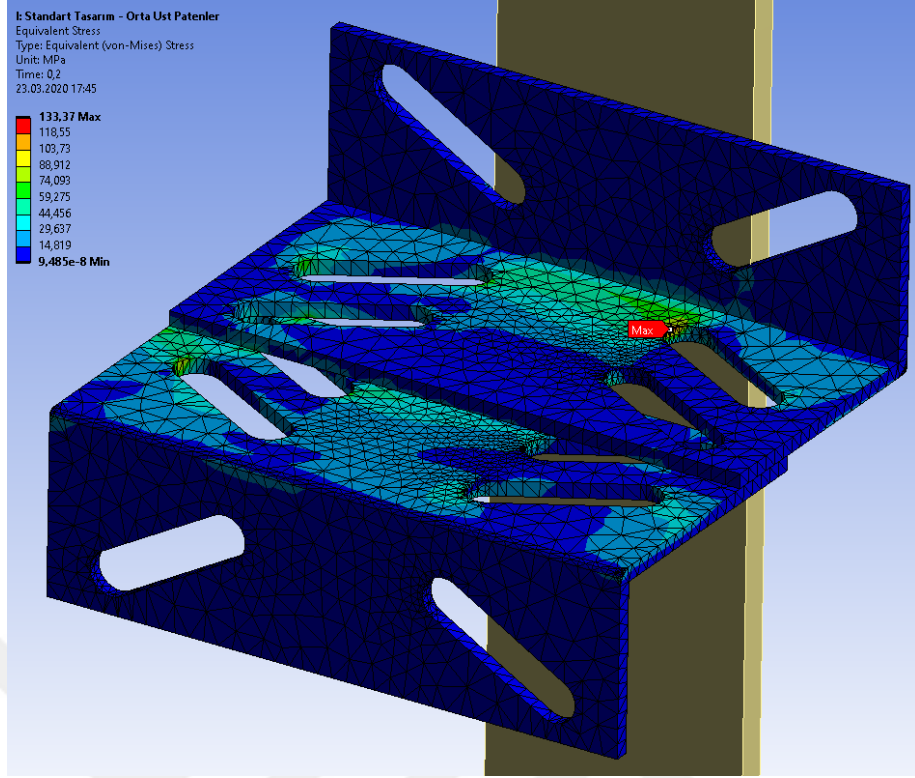
Şekil A.17 : Standart konsol tasarımı AP, K-3 konsol uygulaması deformasyon analizi



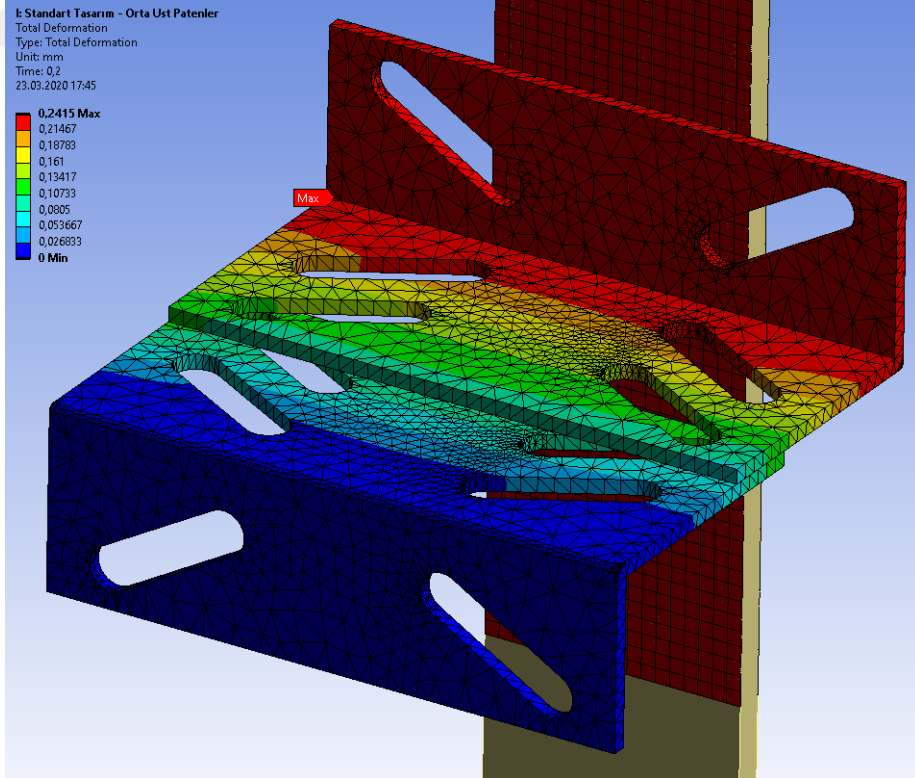
Şekil A.18 : Standart konsol tasarımı OAP, K-5 konsol uygulaması gerilme analizi



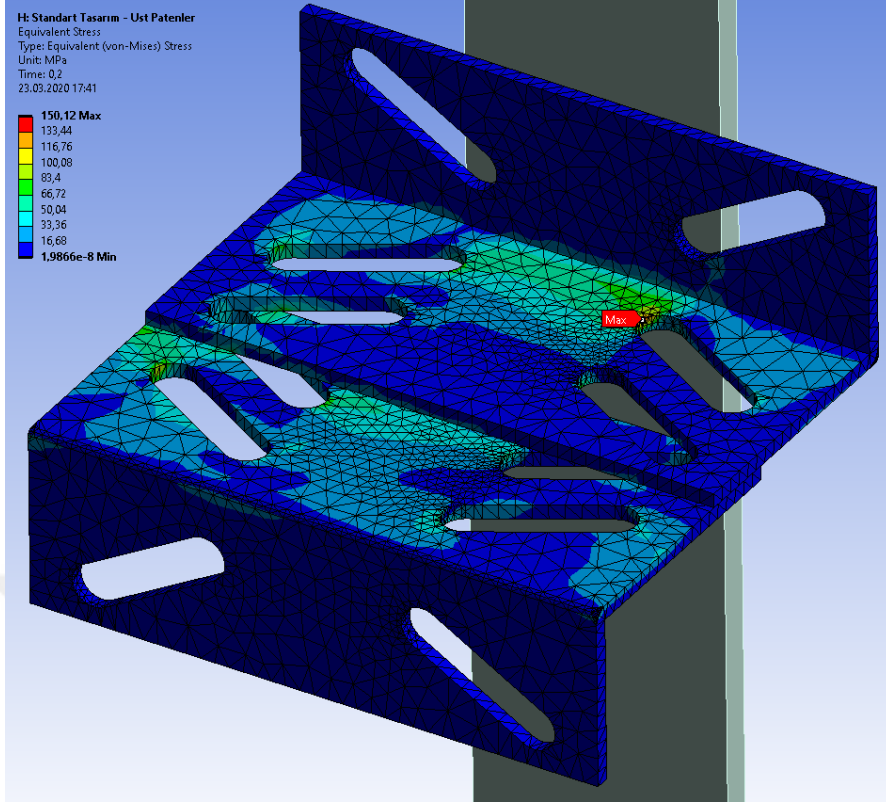
Şekil A.19 : Standart konsol tasarımı OAP, K-5 konsol uygulaması deformasyon analizi



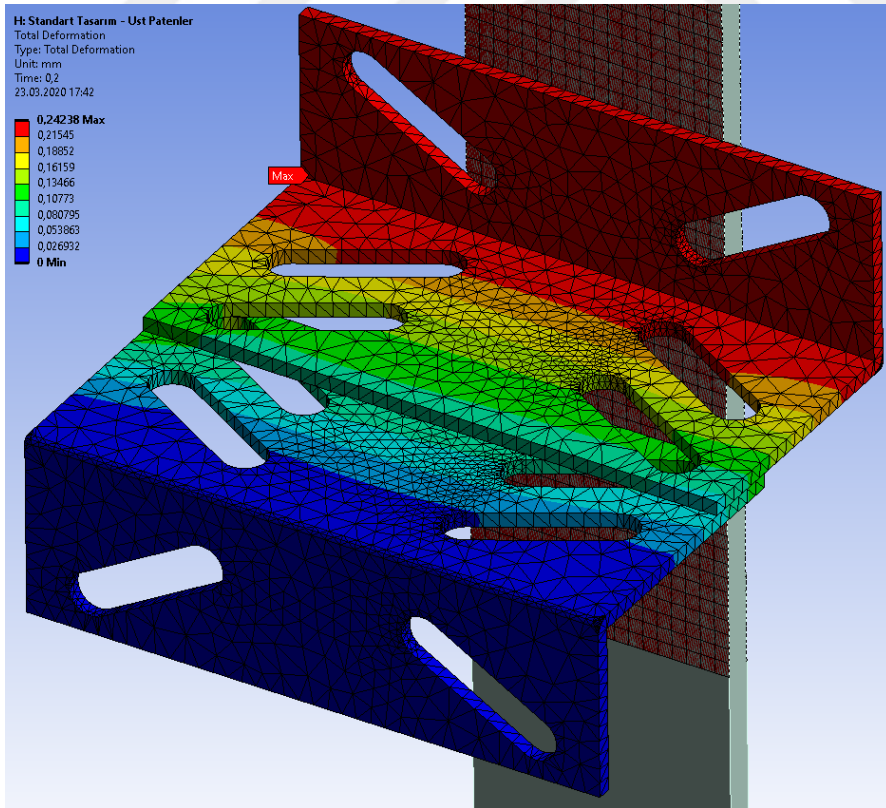
Şekil A.20 : Standart konsol tasarımı OUP, K-6 konsol uygulaması gerilme analizi



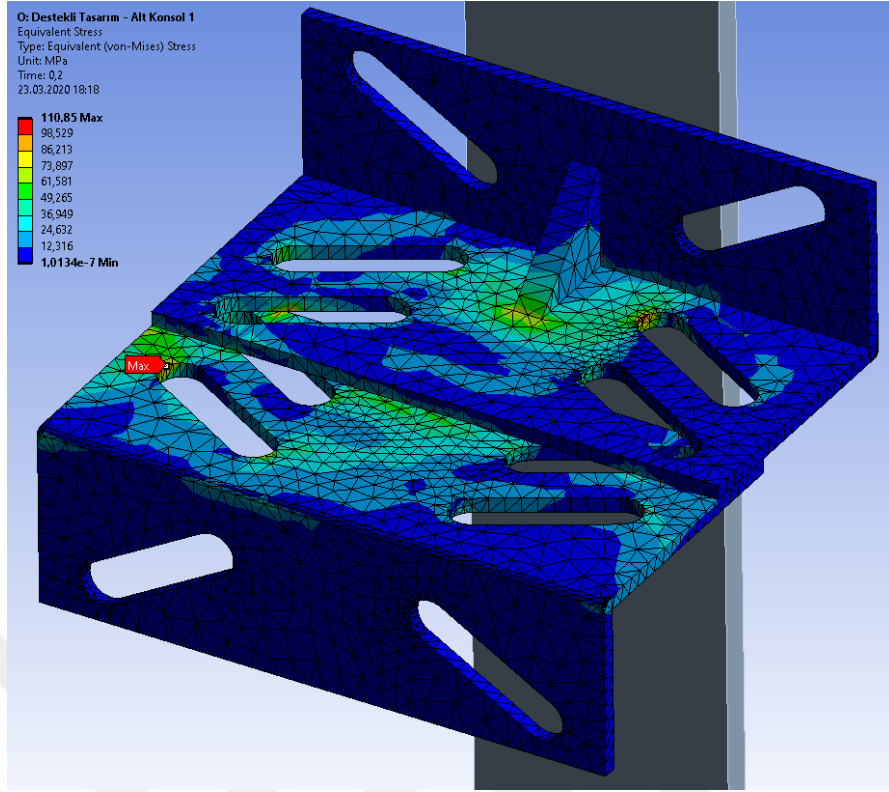
Şekil A.21 : Standart konsol tasarımı OUP, K-6 konsol uygulaması deformasyon analizi



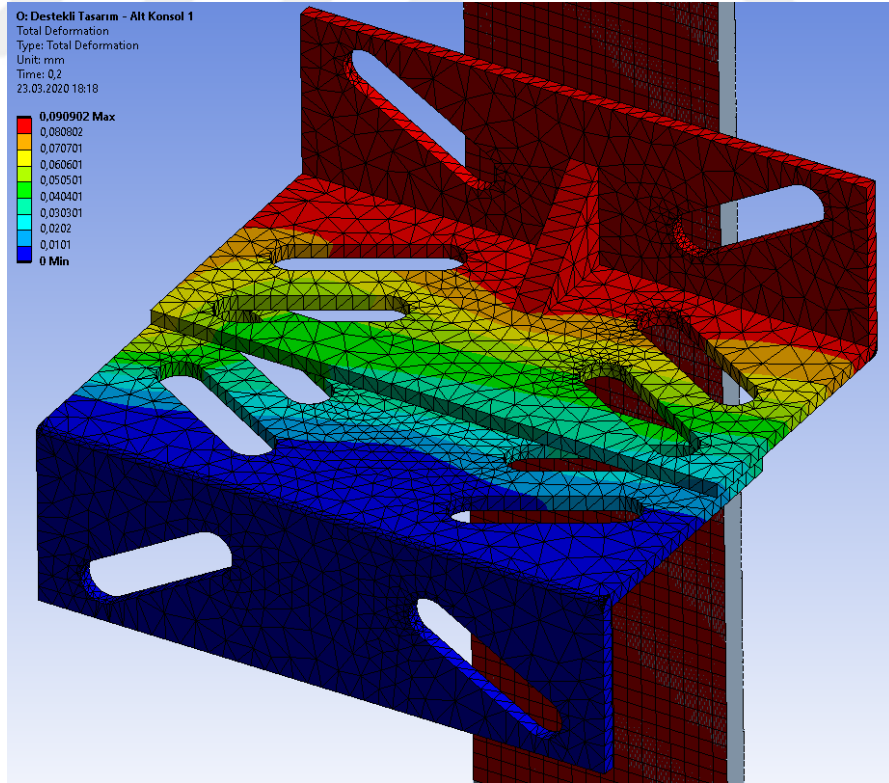
Şekil A.22 : Standart konsol tasarımı UP, K-8 konsol uygulaması gerilme analizi



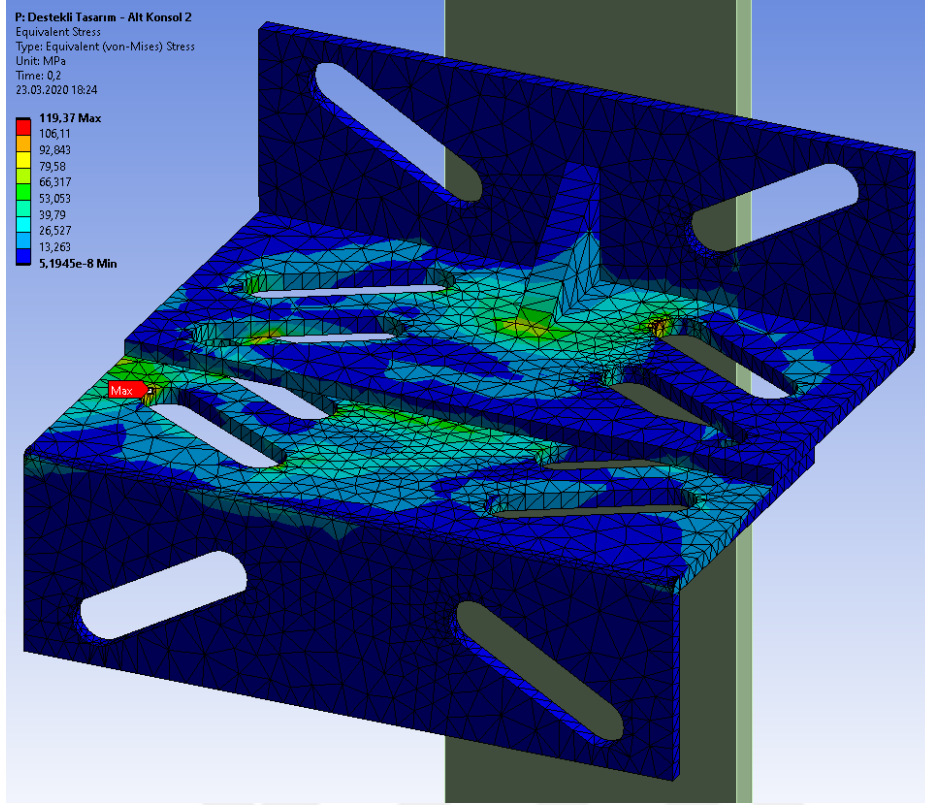
Şekil A.23 : Standart konsol tasarımı UP, K-8 konsol uygulaması deformasyon analizi



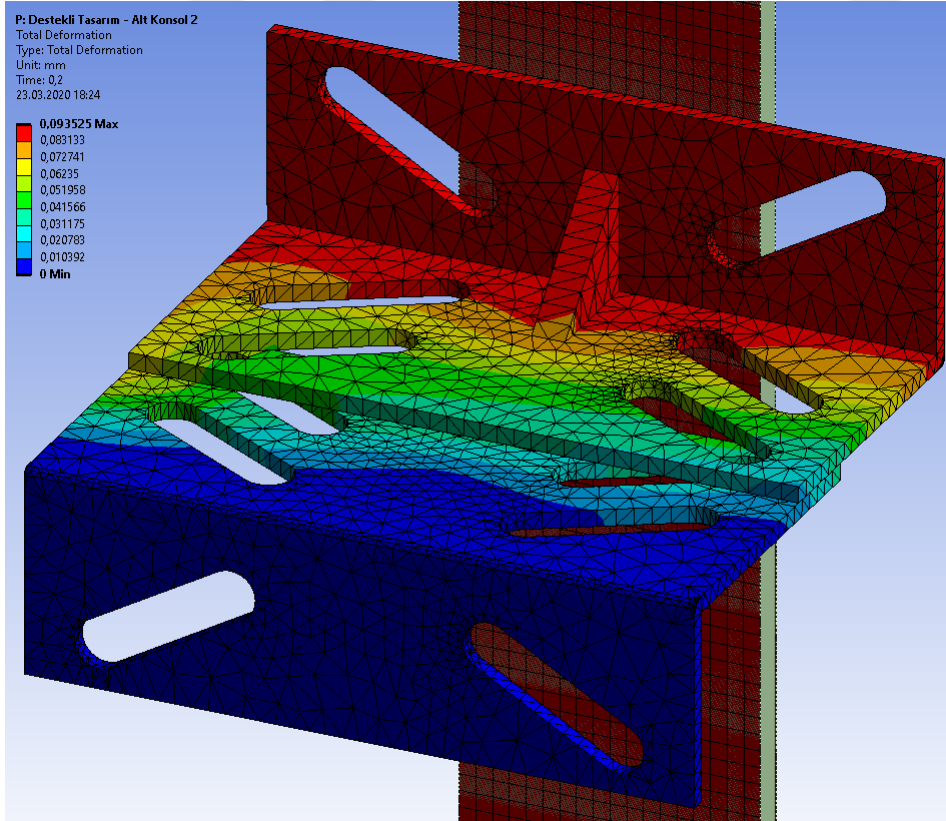
Şekil A.24 : Destekli konsol tasarımı K-2 konsol uygulaması gerilme analizi



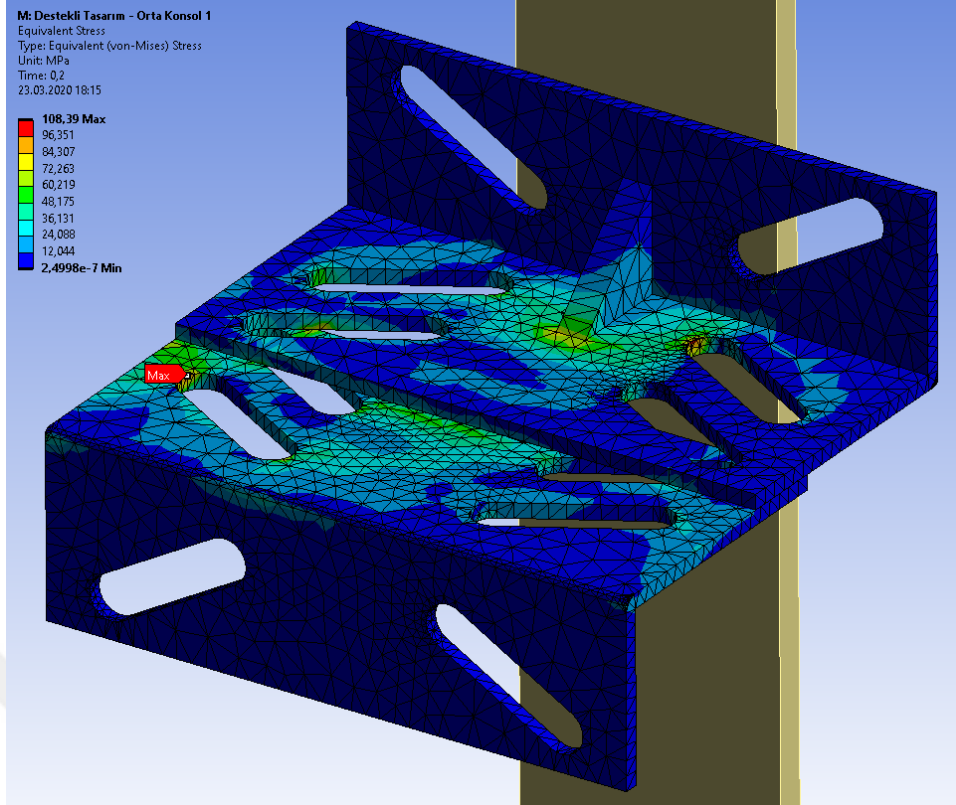
Şekil A.25 : Destekli konsol tasarımı K-2 konsol uygulaması deformasyon analizi



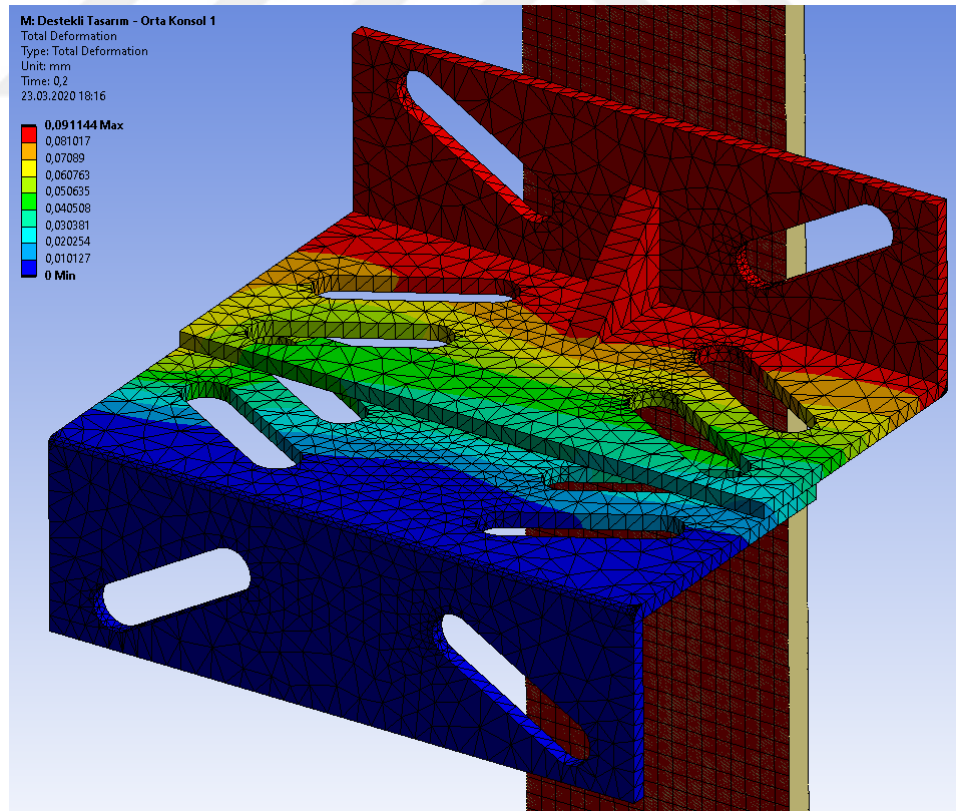
Şekil A.26 : Destekli konsol tasarımı K-3 konsol uygulaması gerilme analizi



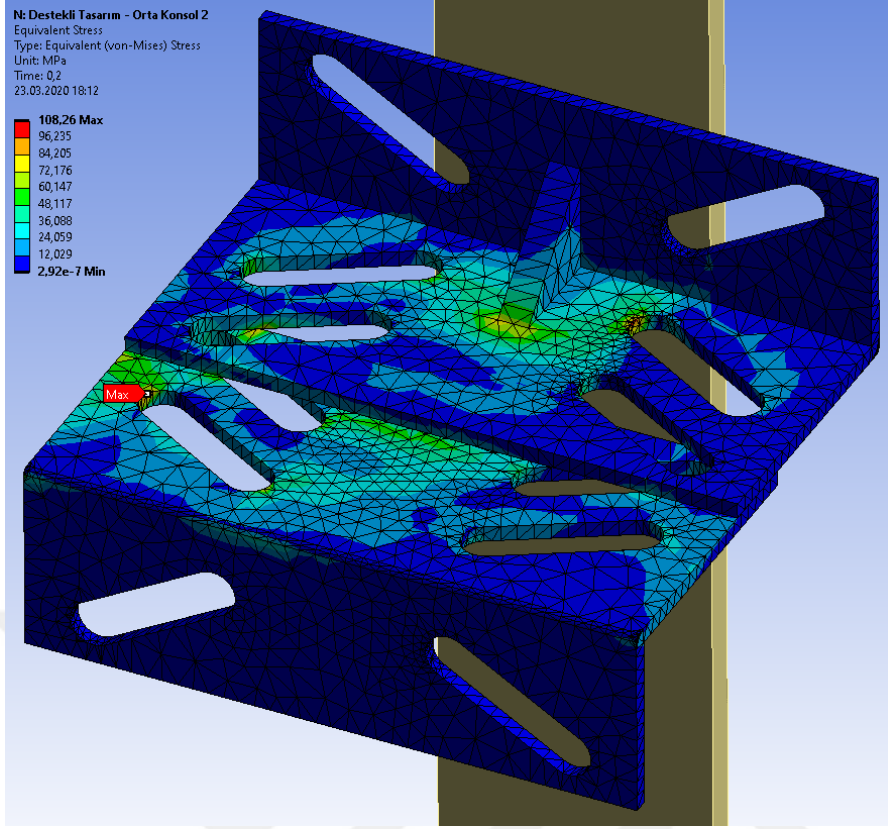
Şekil A.27 : Destekli konsol tasarımı K-3 konsol uygulaması deformasyon analizi



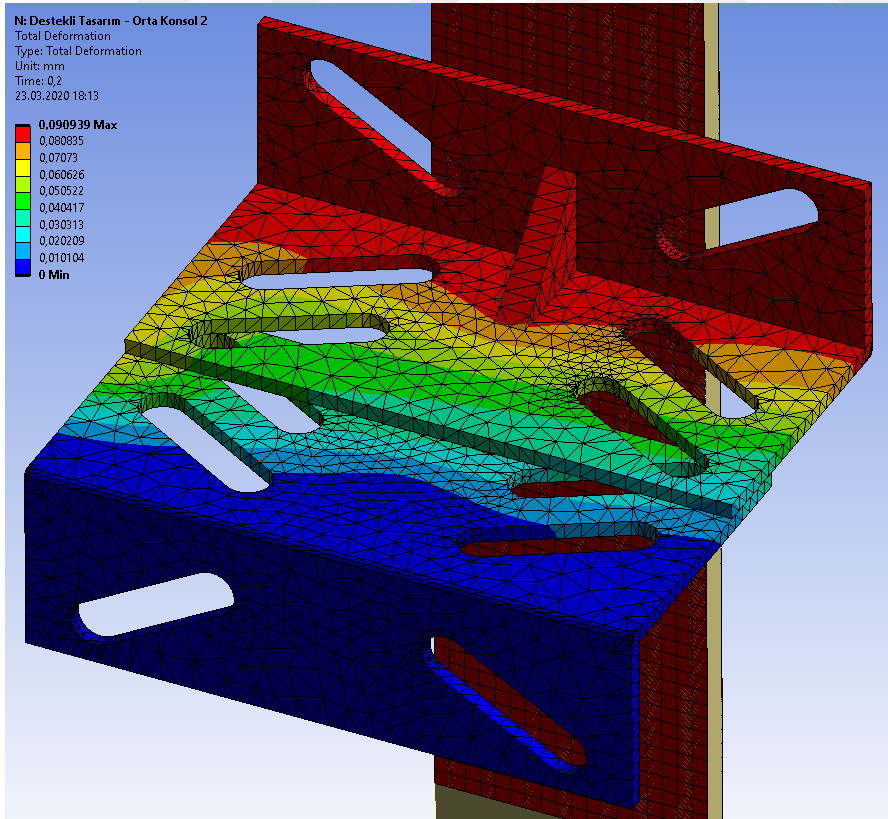
Şekil A.28 : Destekli konsol tasarımı K-5 konsol uygulaması gerilme analizi



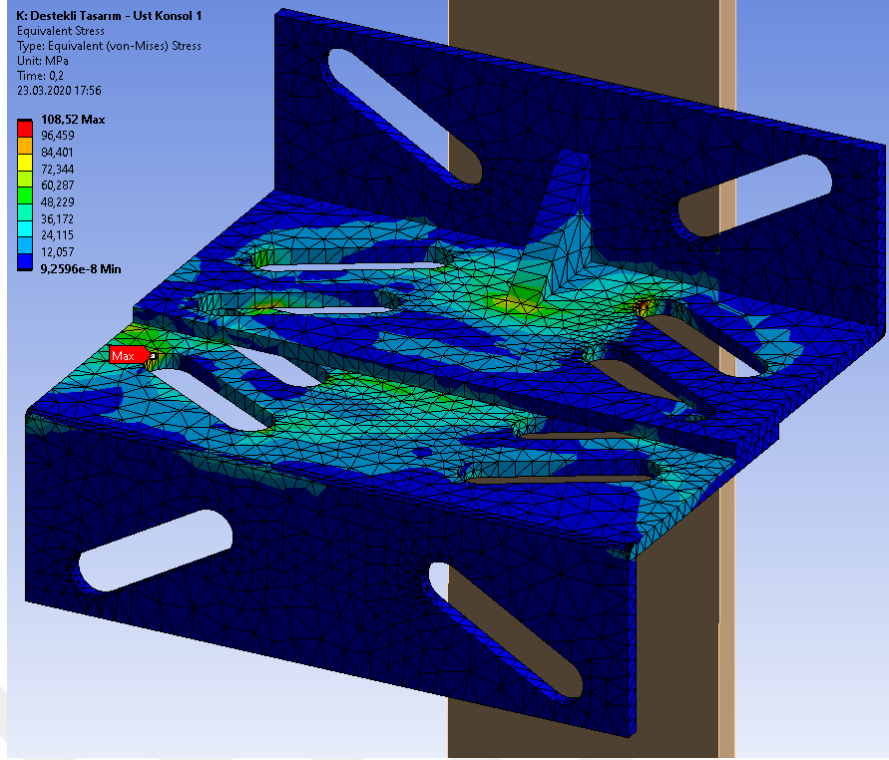
Şekil A.29 : Destekli konsol tasarımı K-5 konsol uygulaması deformasyon analizi



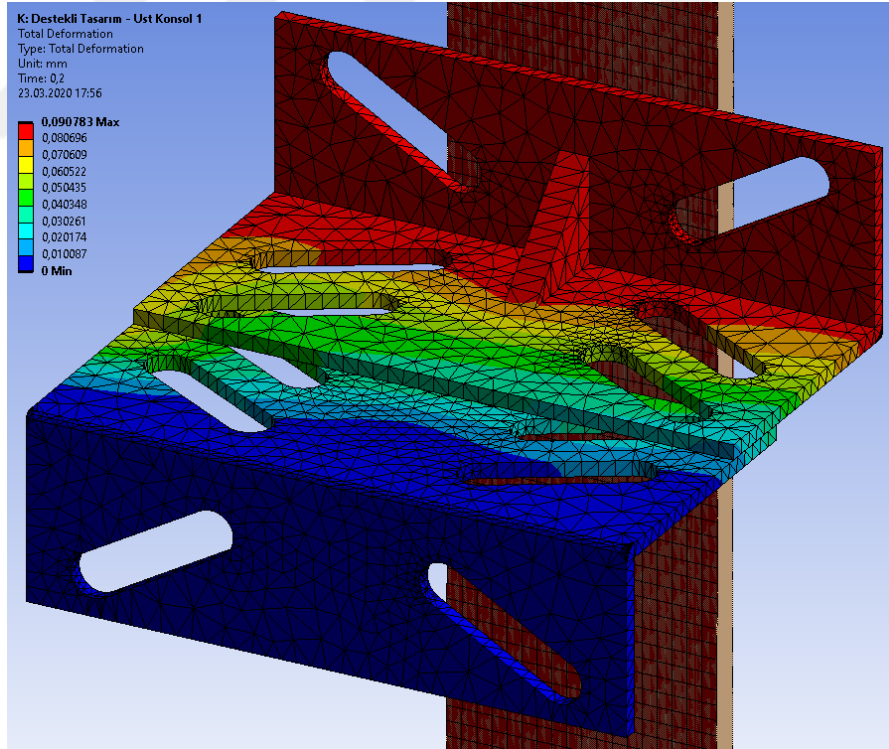
Şekil A.30 : Destekli konsol tasarımı K-6 konsol uygulaması gerilme analizi



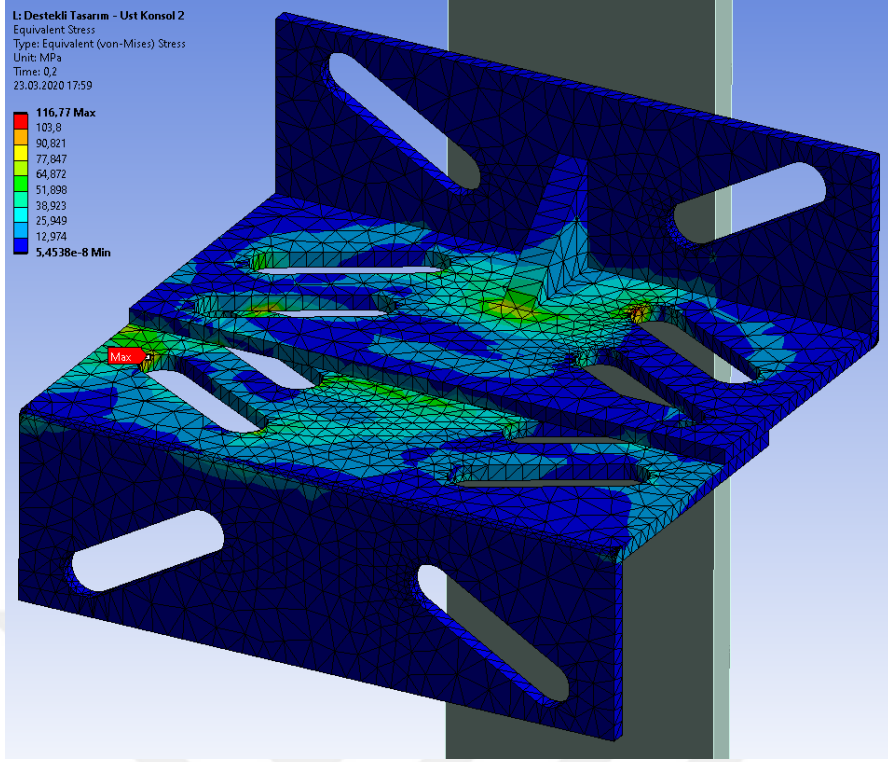
Şekil A.31 : Destekli konsol tasarımı K-6 konsol uygulaması deformasyon analizi



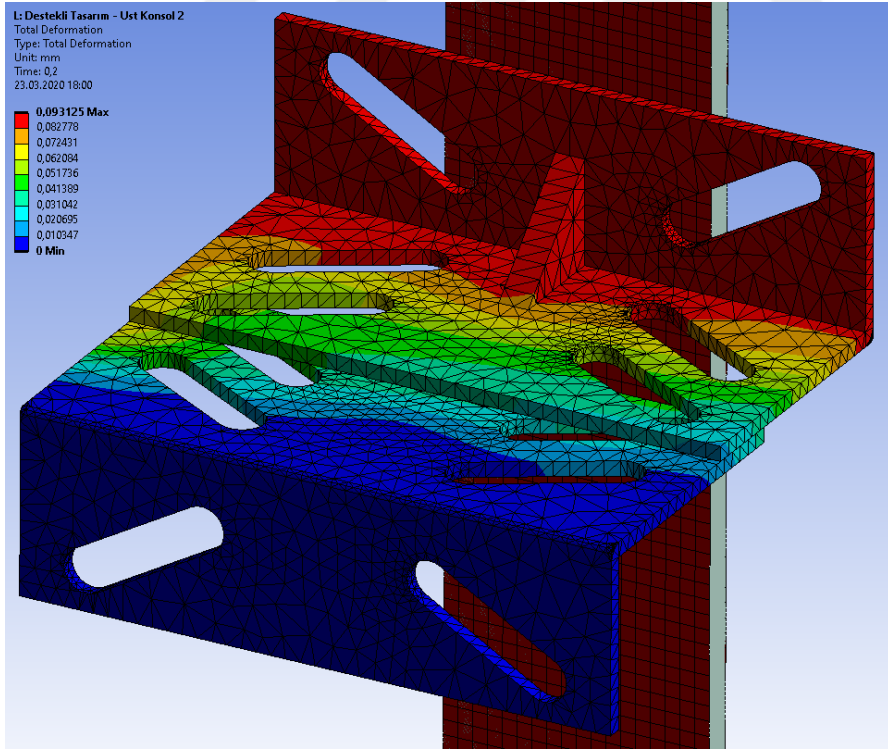
Şekil A.32 : Destekli konsol tasarımı K-9 konsol uygulaması gerilme analizi



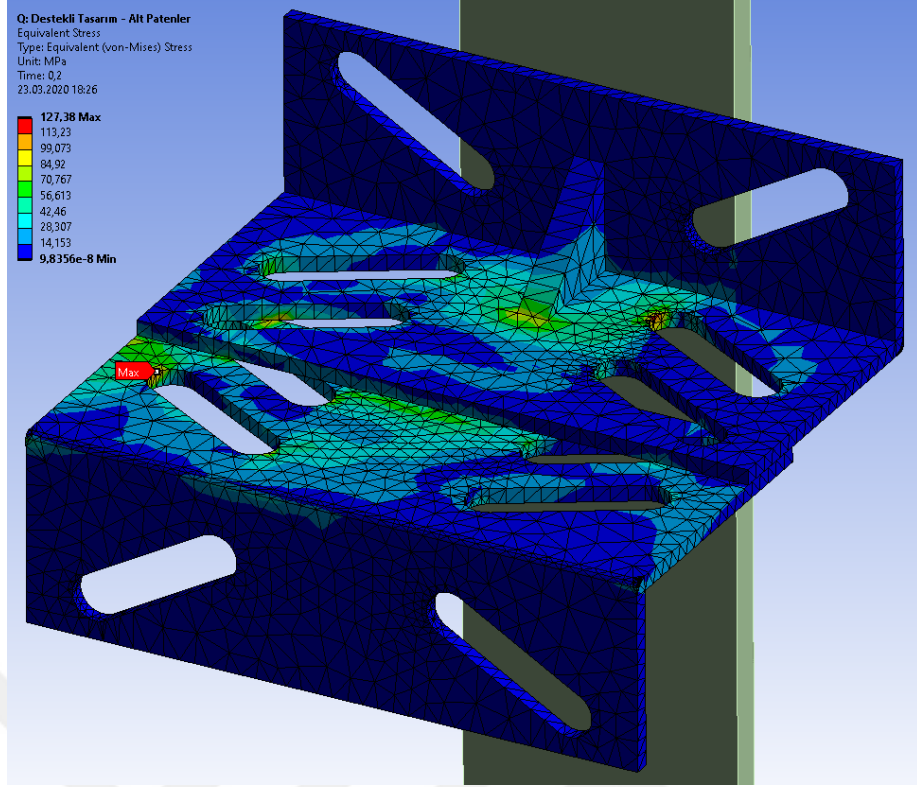
Şekil A.33 : Destekli konsol tasarımı K-9 konsol uygulaması deformasyon analizi



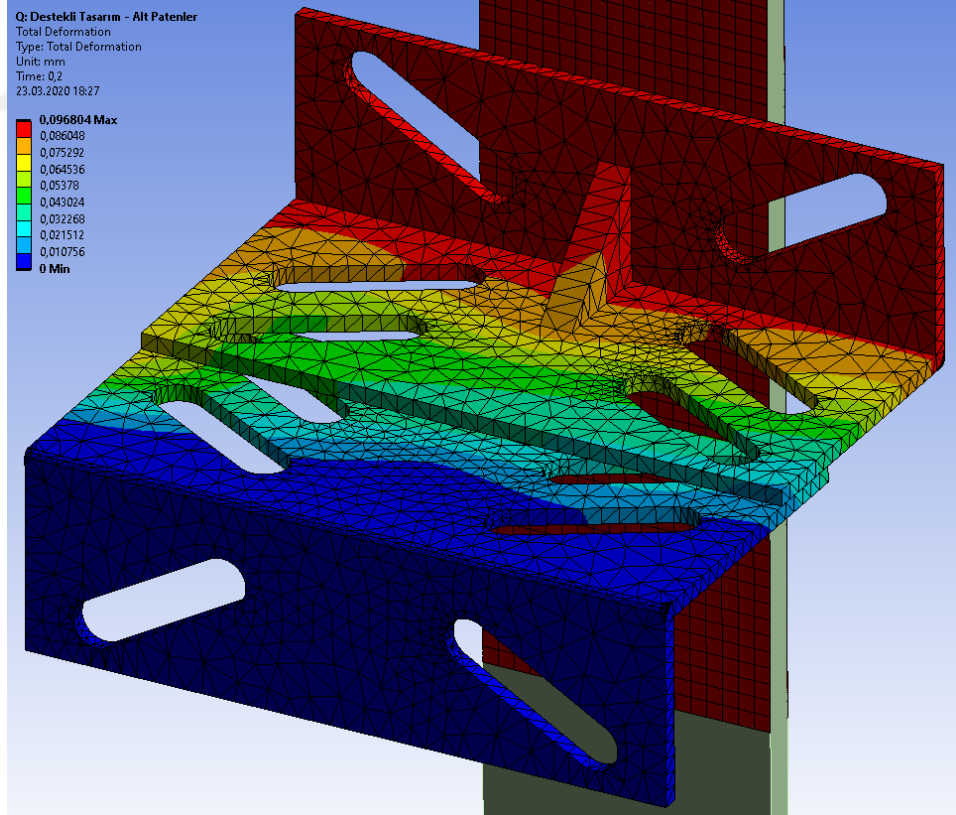
Şekil A.34 : Destekli konsol tasarımı K-8 konsol uygulaması gerilme analizi



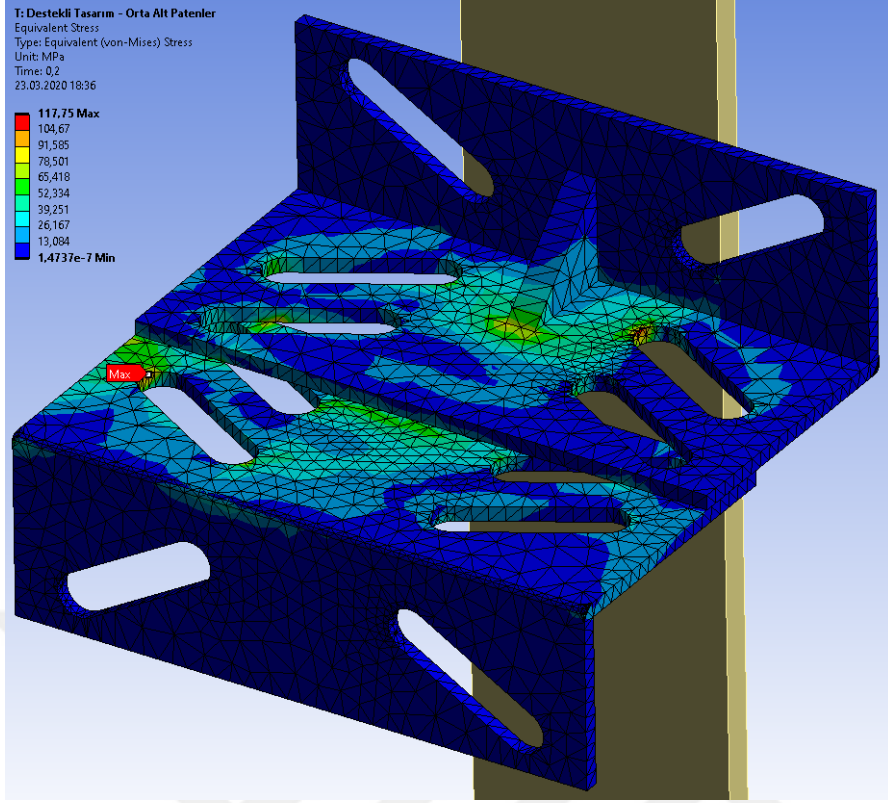
Şekil A.35 : Destekli konsol tasarımı K-8 konsol uygulaması deformasyon analizi



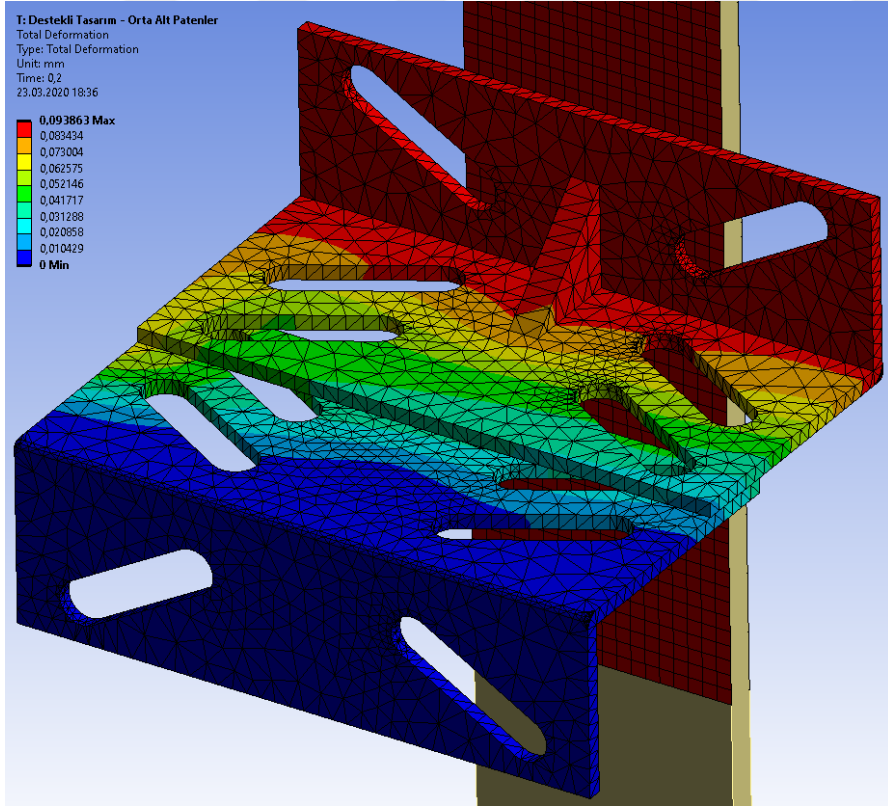
Şekil A.36 : Destekli konsol tasarımı AP, K-3 konsol uygulaması gerilme analizi



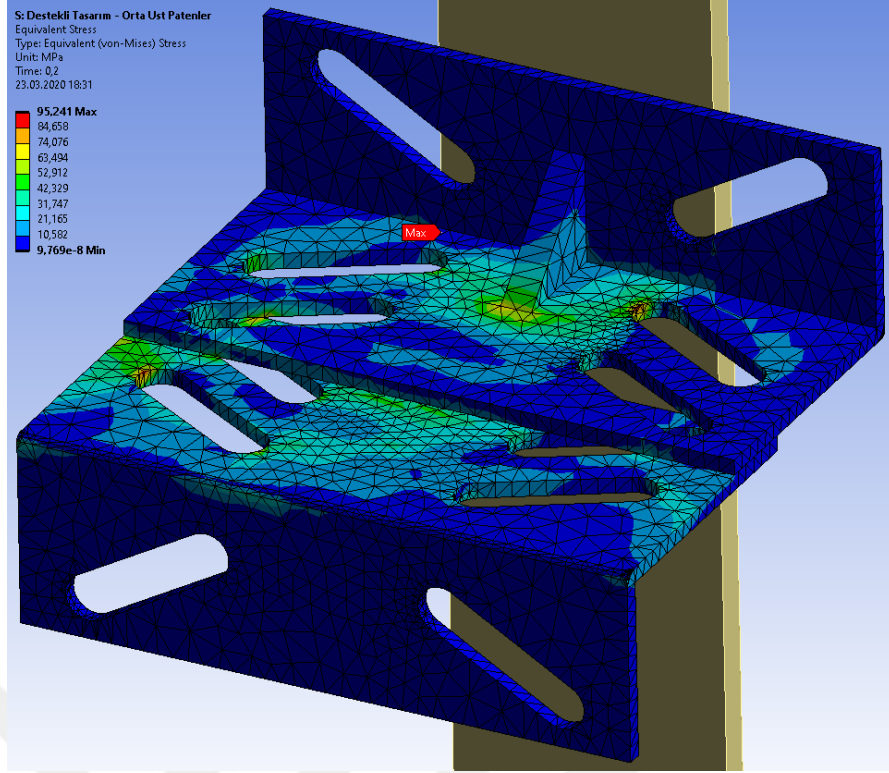
Şekil A.37 : Destekli konsol tasarımı AP, K-3 konsol uygulaması deformasyon analizi



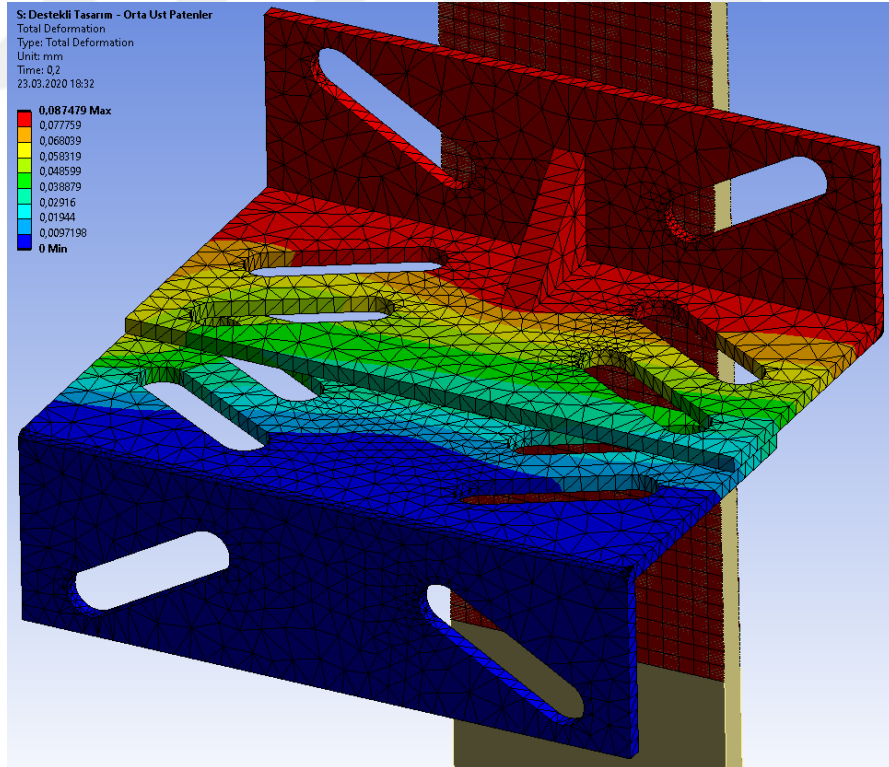
Şekil A.38 : Destekli konsol tasarımı OAP, K-5 konsol uygulaması gerilme analizi



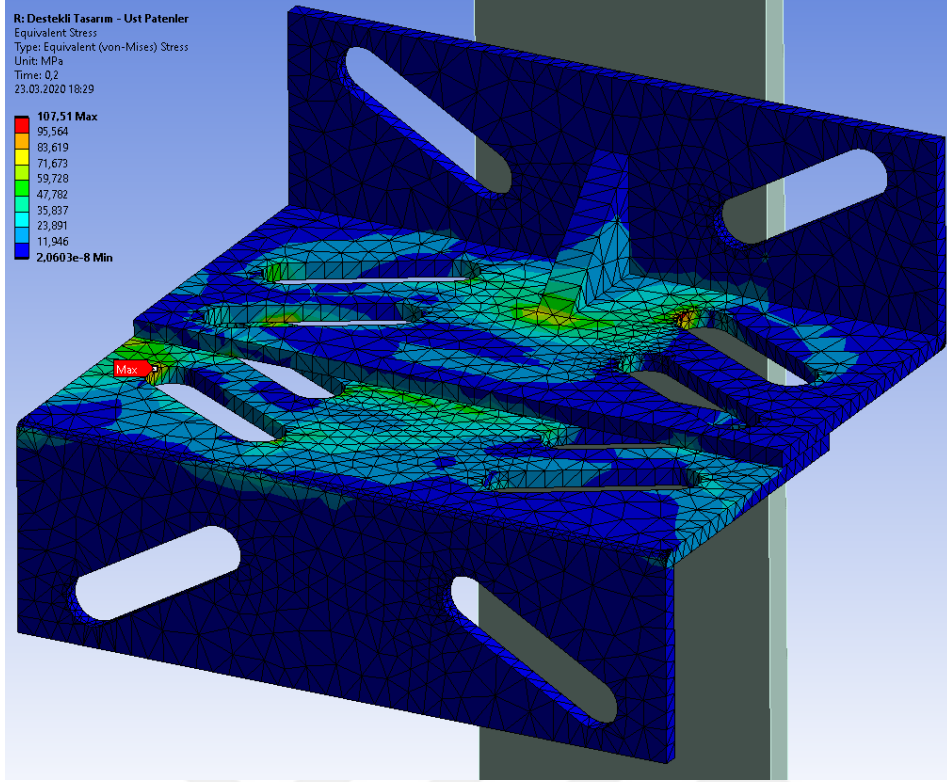
Şekil A.39 : Destekli konsol tasarımı OAP, K-5 konsol uygulaması deformasyon analizi



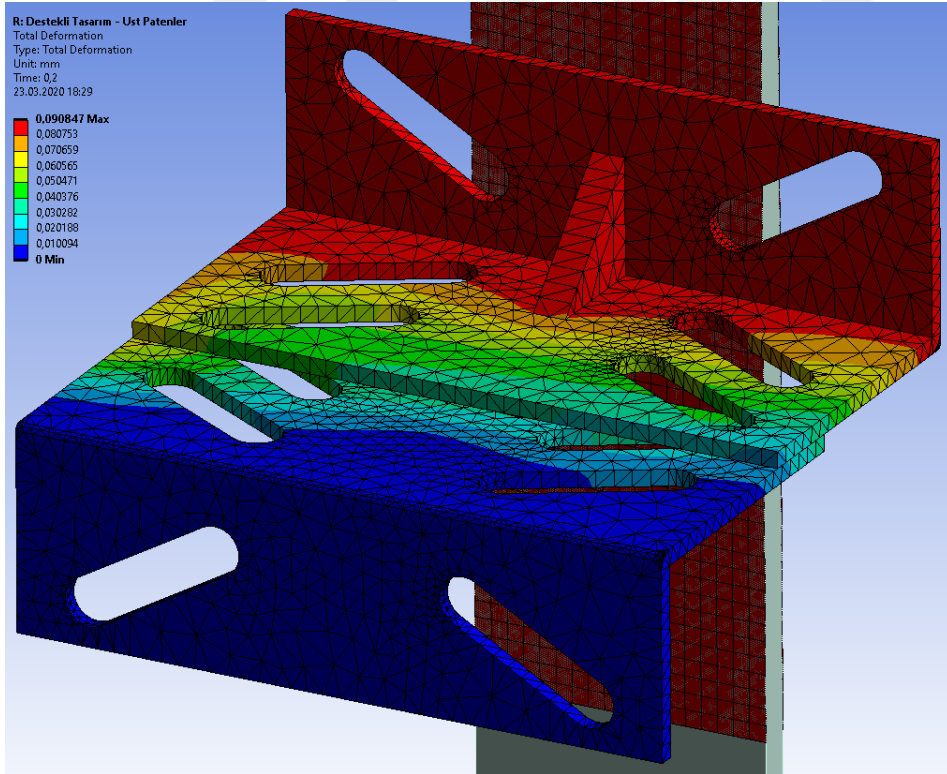
Şekil A.40 : Destekli konsol tasarımı OUP, K-6 konsol uygulaması gerilme analizi



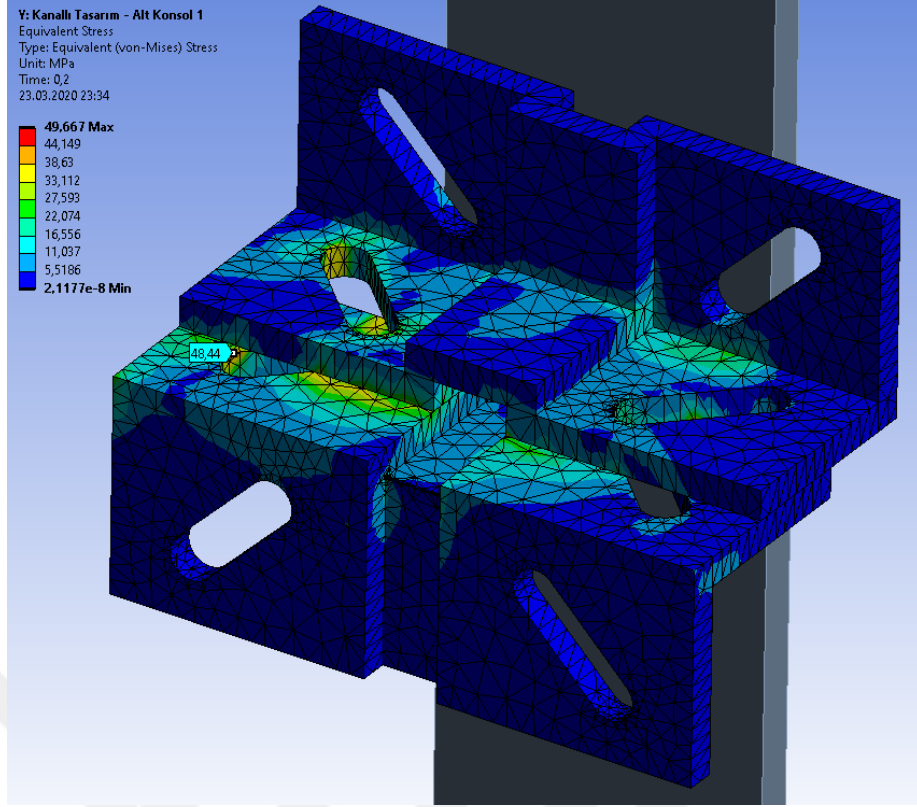
Şekil A.41 : Destekli konsol tasarımı OUP, K-6 konsol uygulaması deformasyon analizi



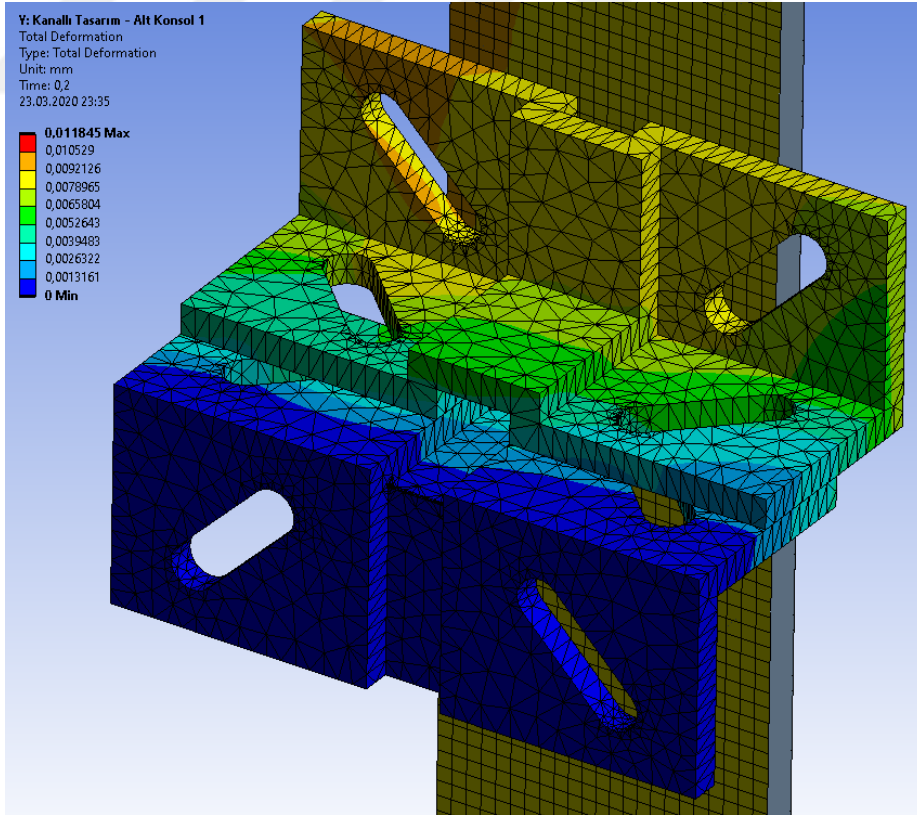
Şekil A.42 : Destekli konsol tasarımı UP, K-8 konsol uygulaması gerilme analizi



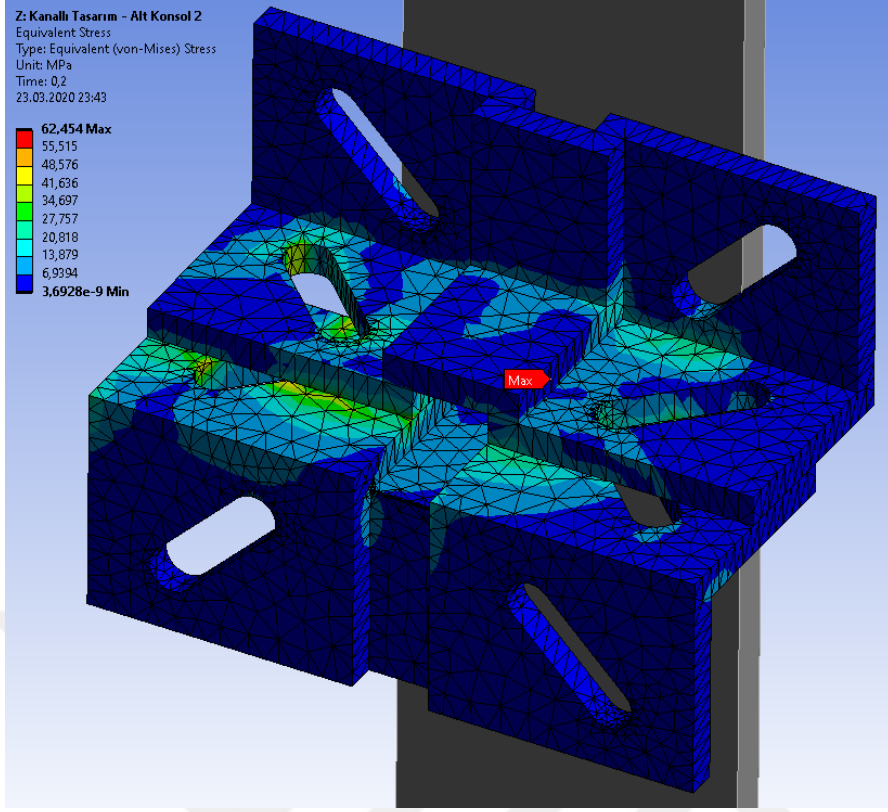
Şekil A.43 : Destekli konsol tasarımı UP, K-8 konsol uygulaması deformasyon analizi



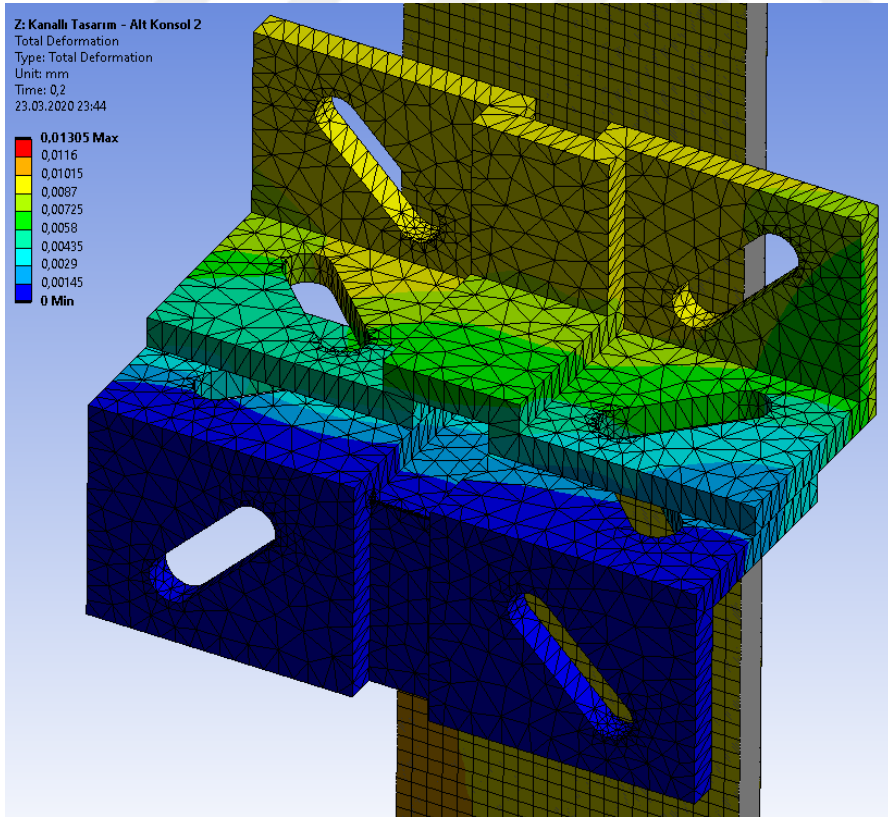
Şekil A.44 : Kanallı konsol tasarımı K-2 konsol uygulaması gerilme analizi



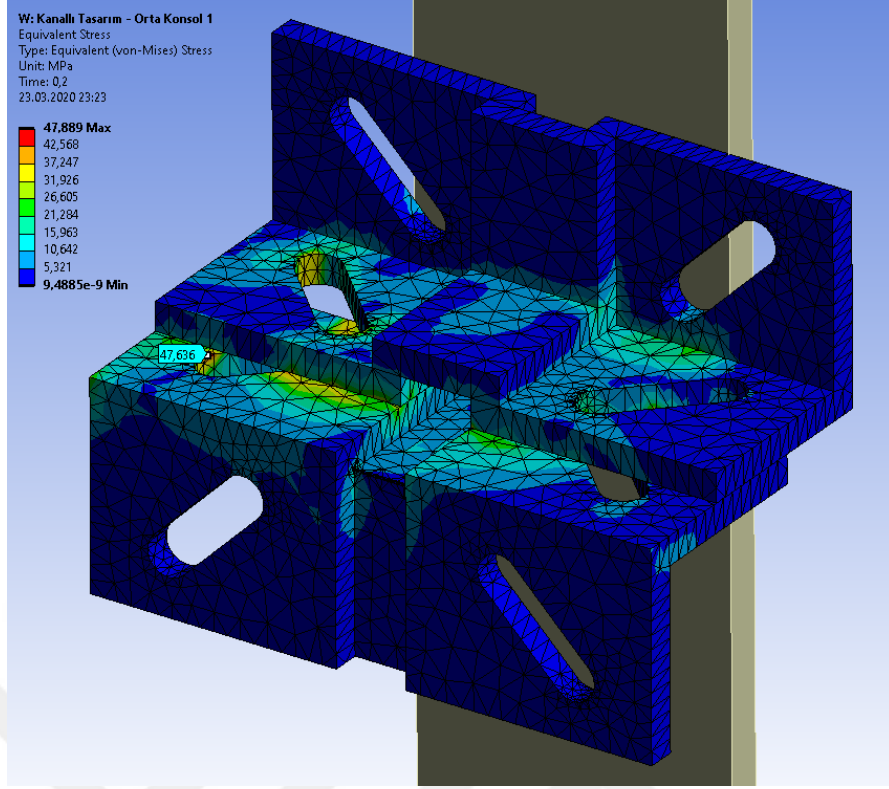
Şekil A.45 : Kanallı konsol tasarımı K-2 konsol uygulaması deformasyon analizi



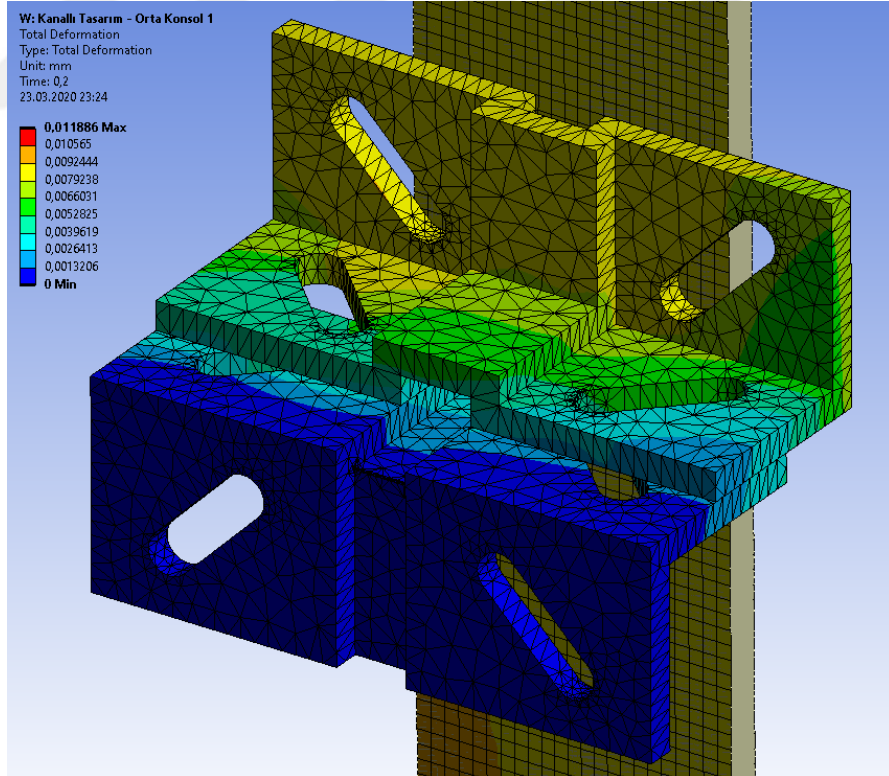
Şekil A.46 : Kanallı konsol tasarımı K-3 konsol uygulaması gerilme analizi



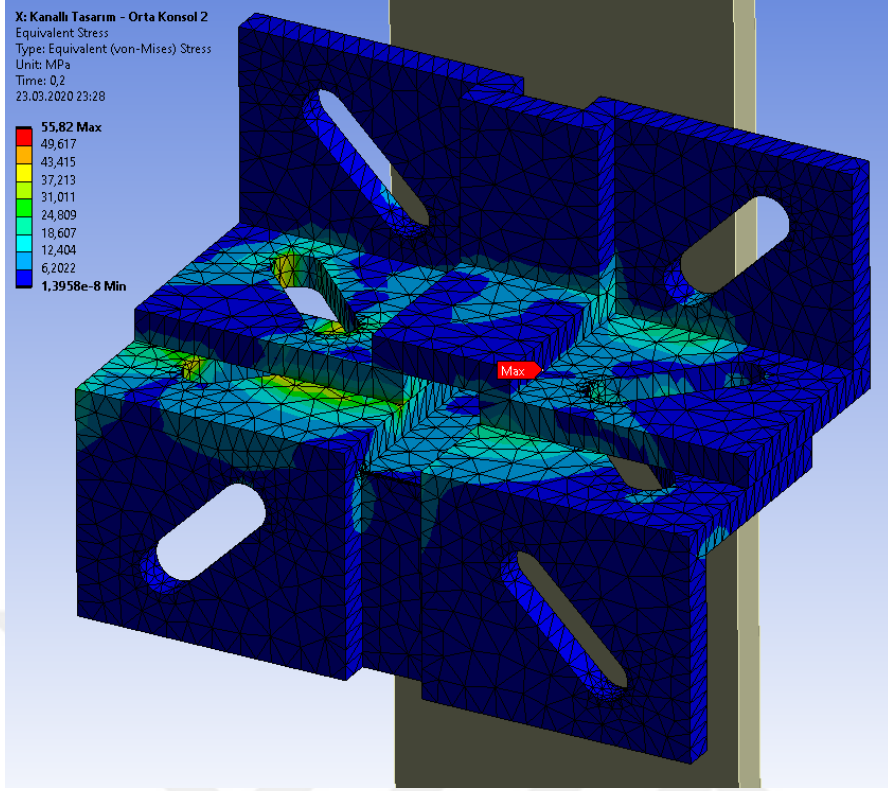
Şekil A.47 : Kanallı konsol tasarımı K-3 konsol uygulaması deformasyon analizi



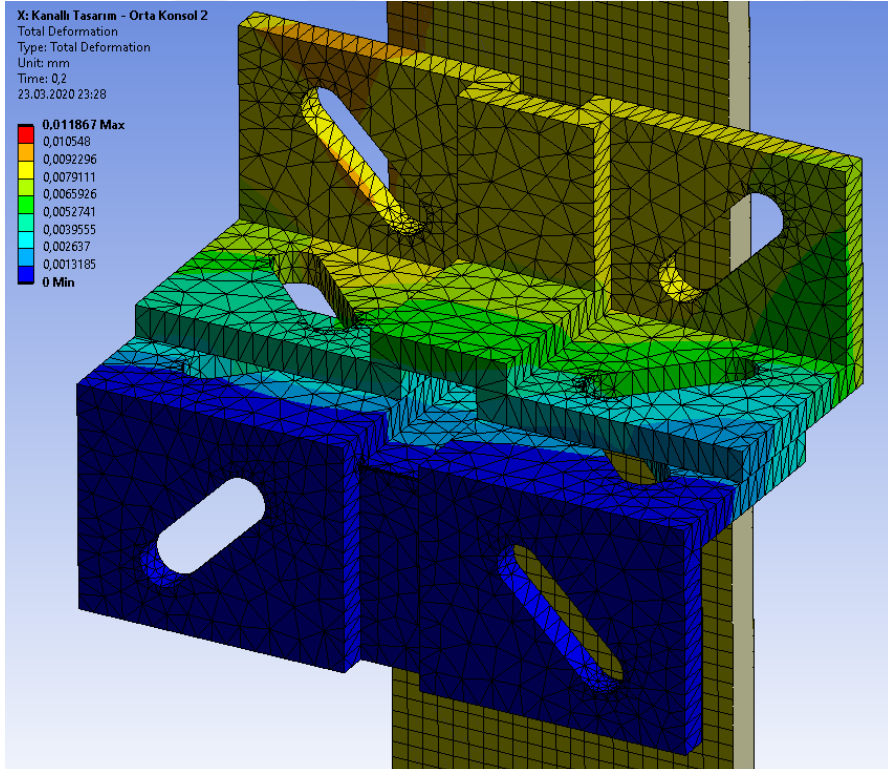
Şekil A.48 : Kanallı konsol tasarımı K-5 konsol uygulaması gerilme analizi



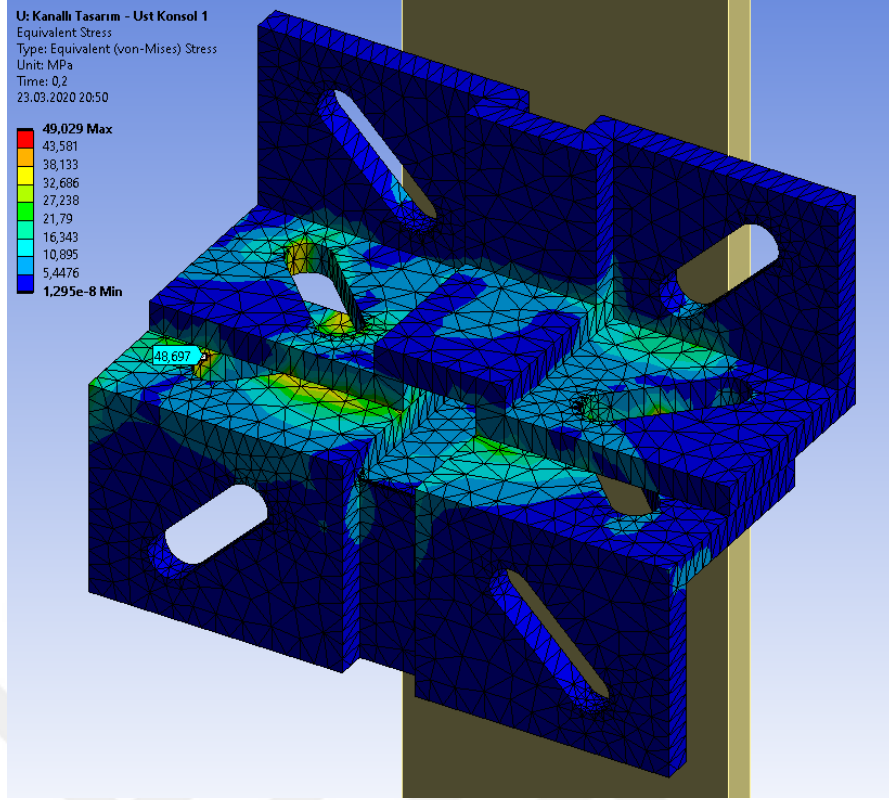
Şekil A.49 : Kanallı konsol tasarımı K-5 konsol uygulaması deformasyon analizi



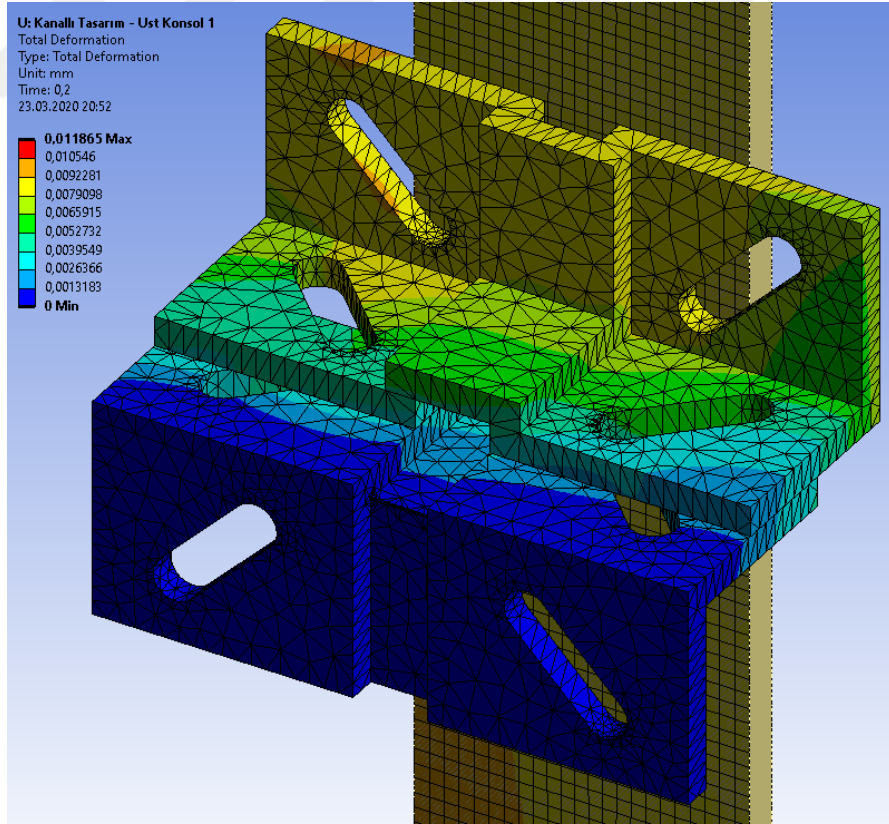
Şekil A.50 : Kanallı konsol tasarımı K-6 konsol uygulaması gerilme analizi



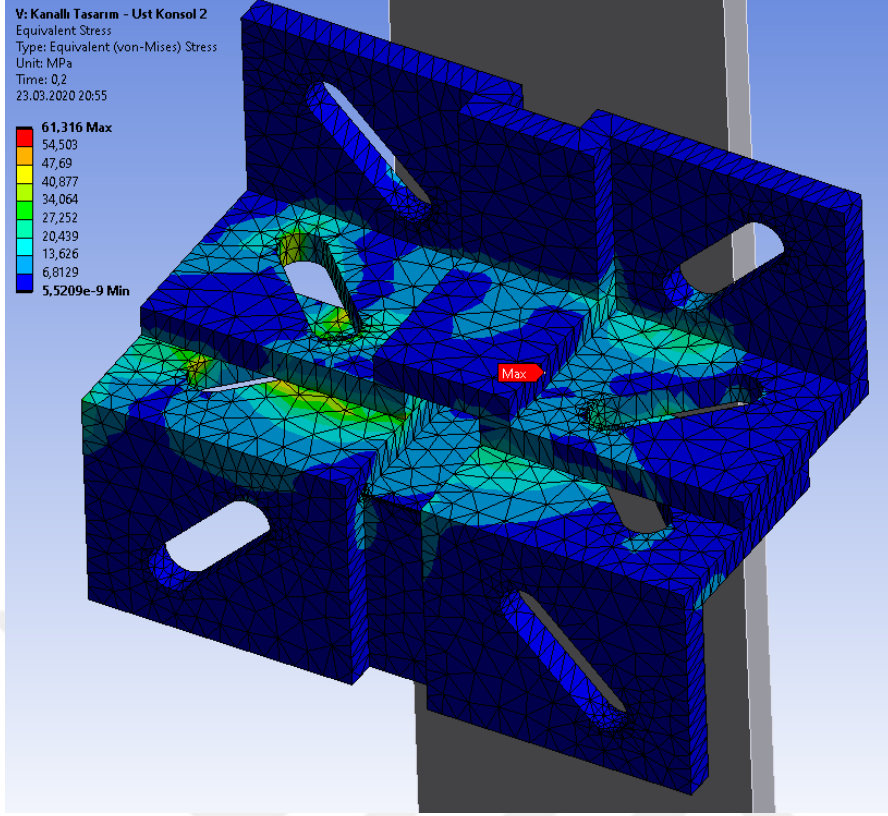
Şekil A.51 : Kanallı konsol tasarımı K-6 konsol uygulaması deformasyon analizi



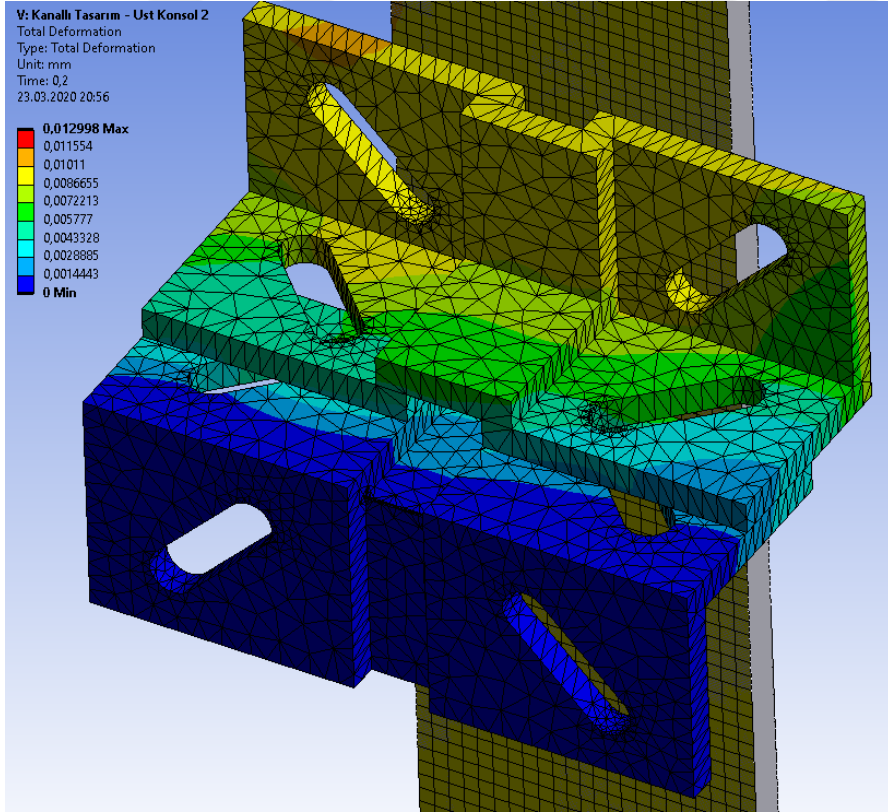
Şekil A.52 : Kanallı konsol tasarımı K-9 konsol uygulaması gerilme analizi



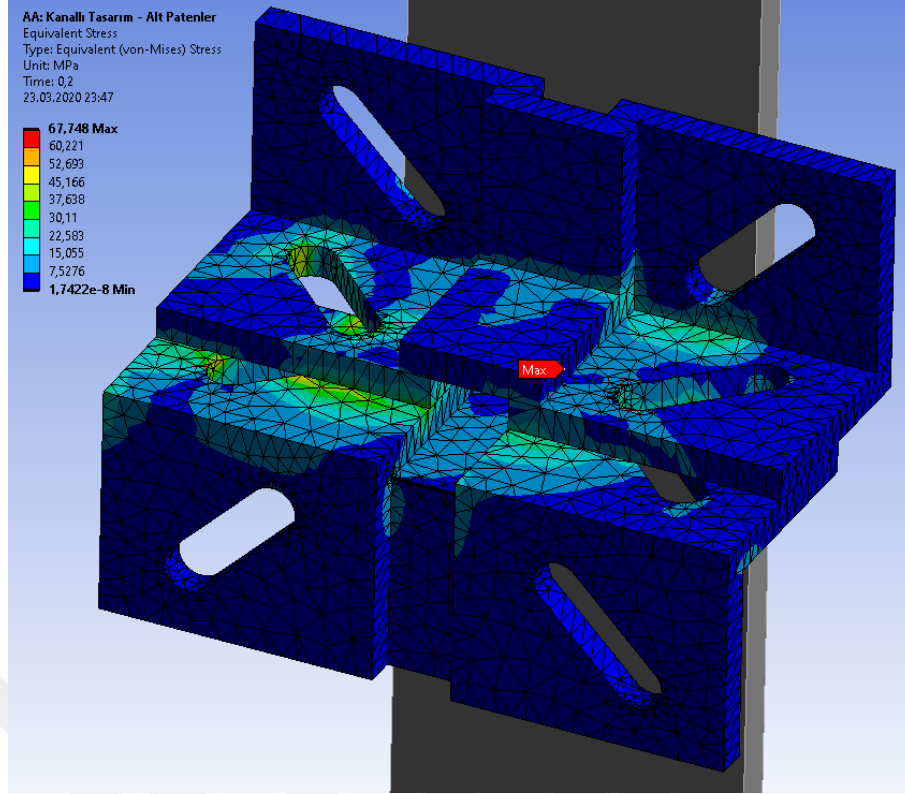
Şekil A.53 : Kanallı konsol tasarımı K-9 konsol uygulaması deformasyon analizi



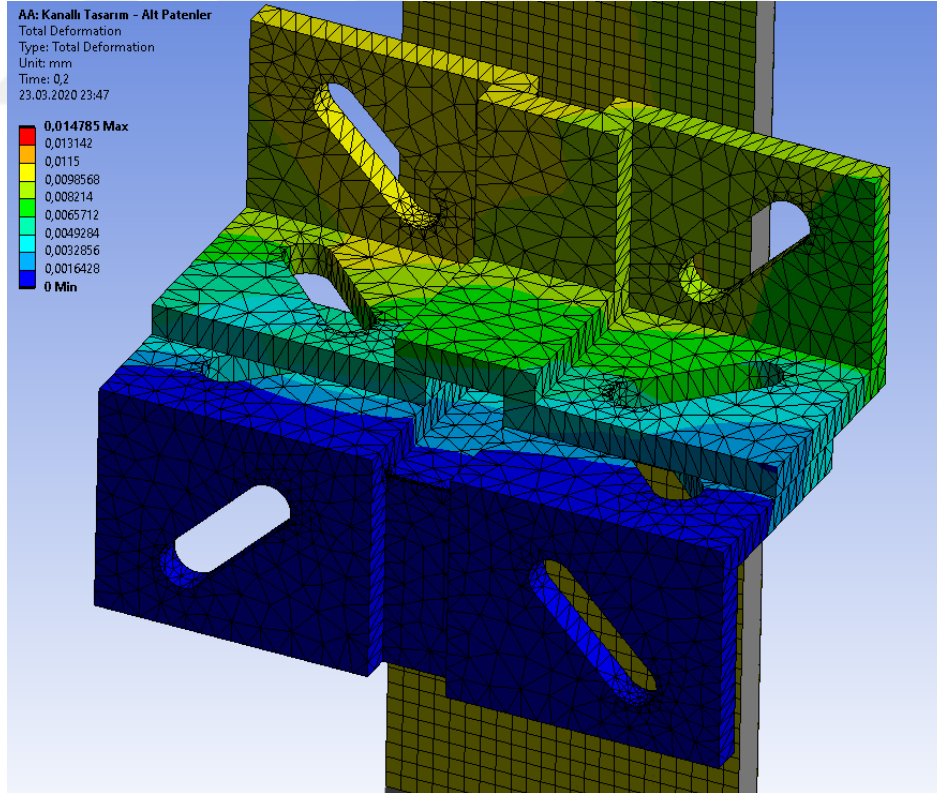
Şekil A.54 : Kanallı konsol tasarımı K-8 konsol uygulaması gerilme analizi



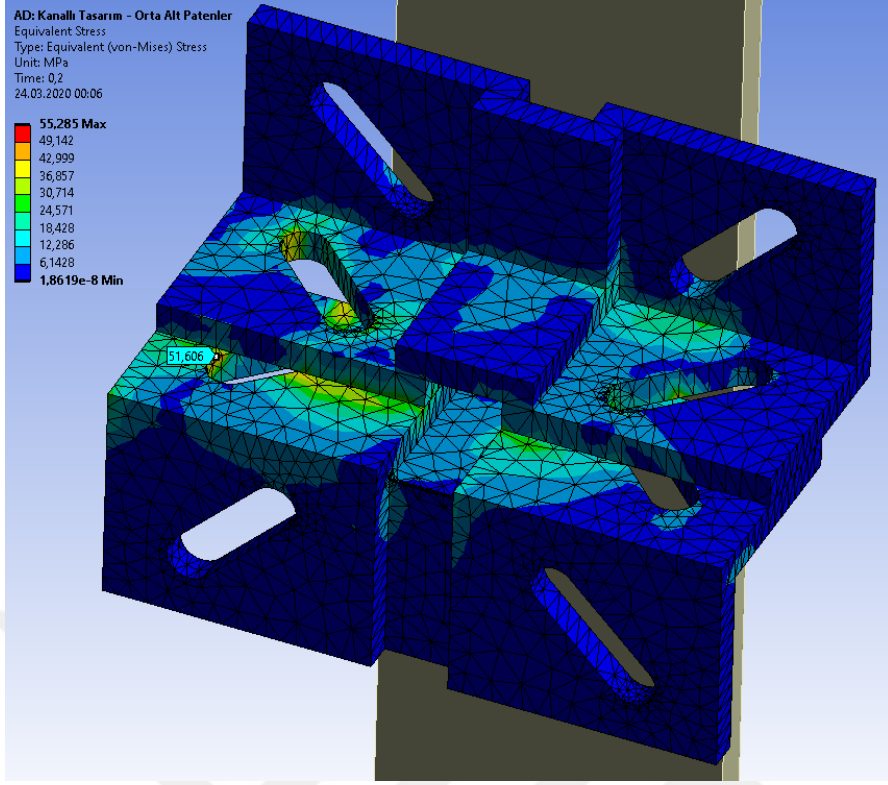
Şekil A.55 : Kanallı konsol tasarımı K-8 konsol uygulaması deformasyon analizi



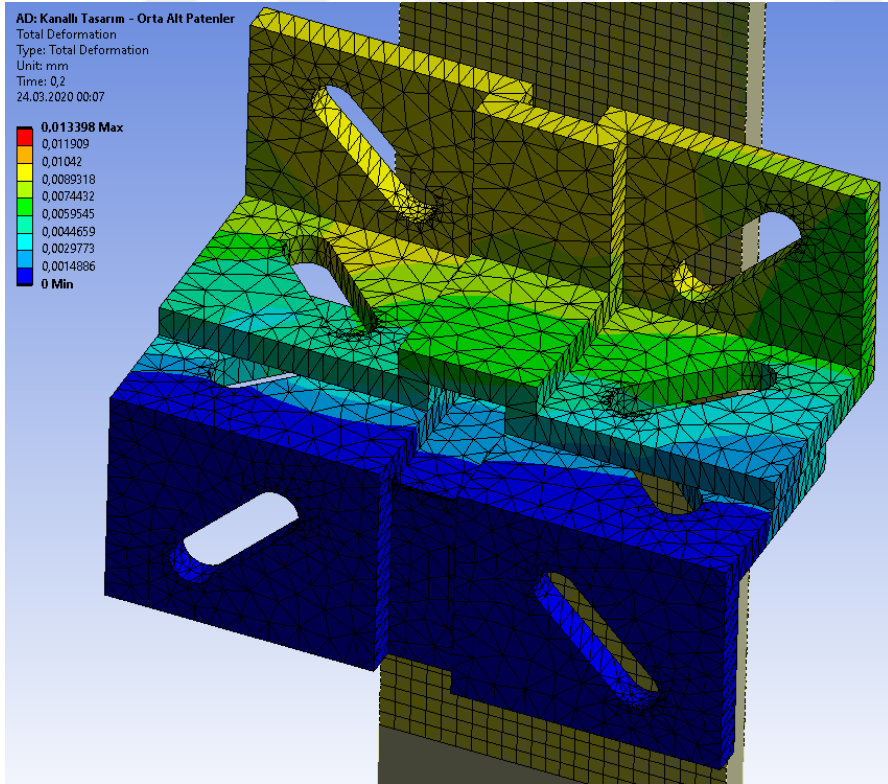
Şekil A.56 : Kanallı konsol tasarımı AP, K-3 konsol uygulaması gerilme analizi



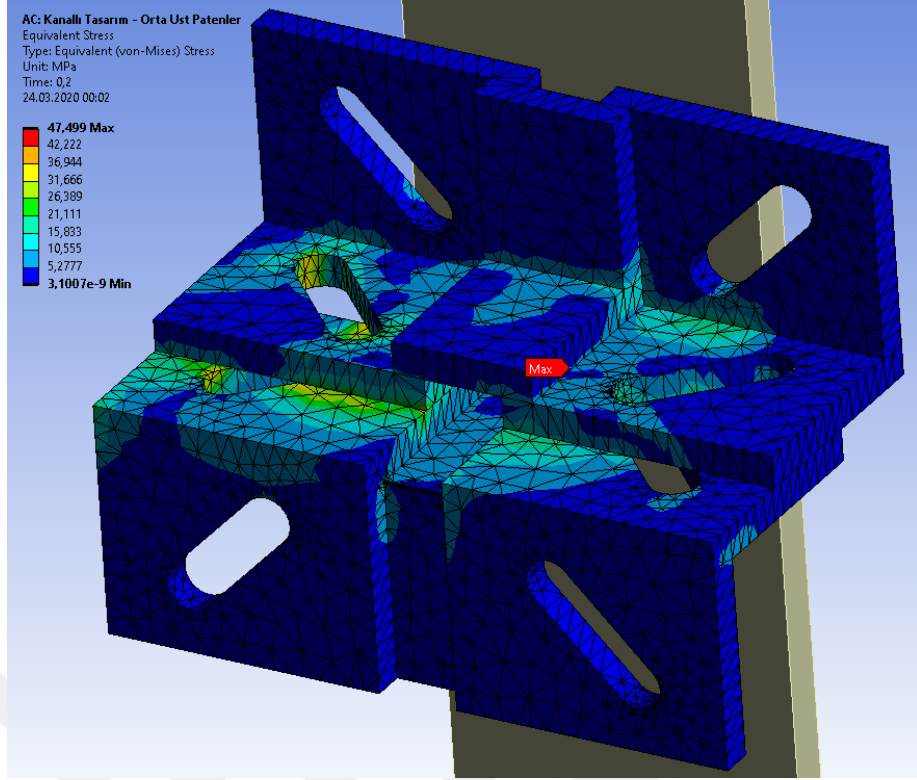
Şekil A.57 : Kanallı konsol tasarımı AP, K-3 konsol uygulaması deformasyon analizi



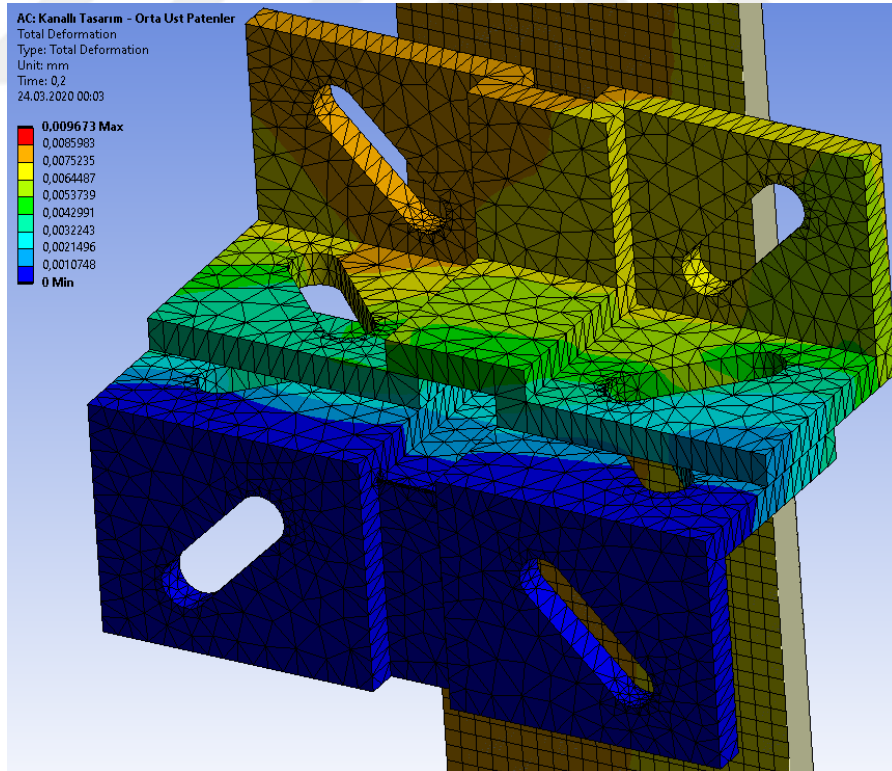
Şekil A.58 : Kanallı konsol tasarımı OAP, K-5 konsol uygulaması gerilme analizi



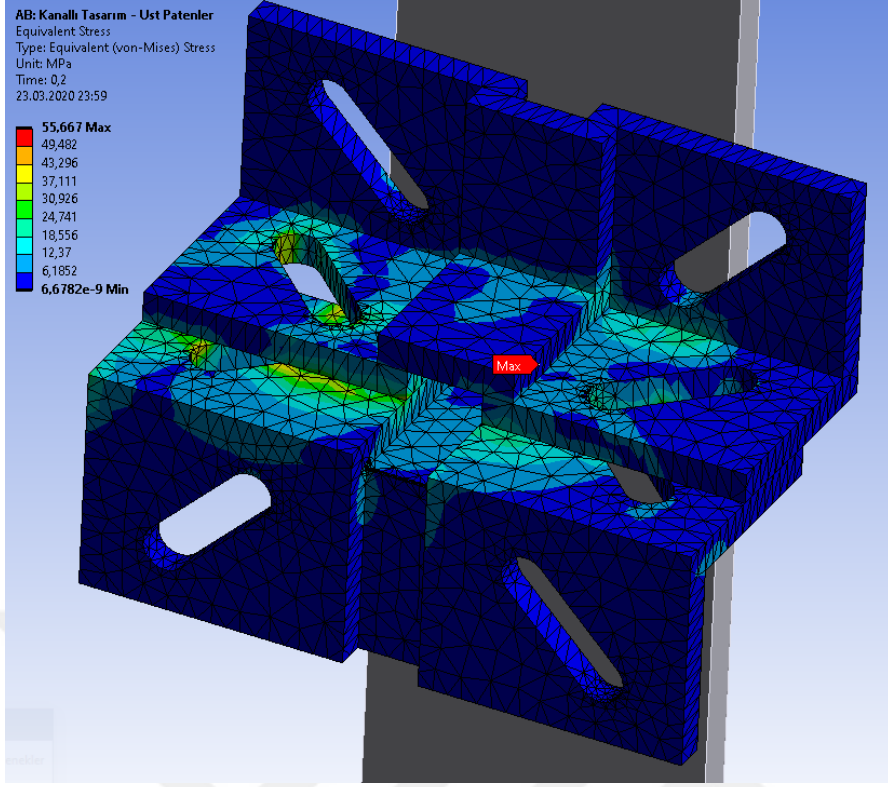
Şekil A.59 : Kanallı konsol tasarımı OAP, K-5 konsol uygulaması deformasyon analizi



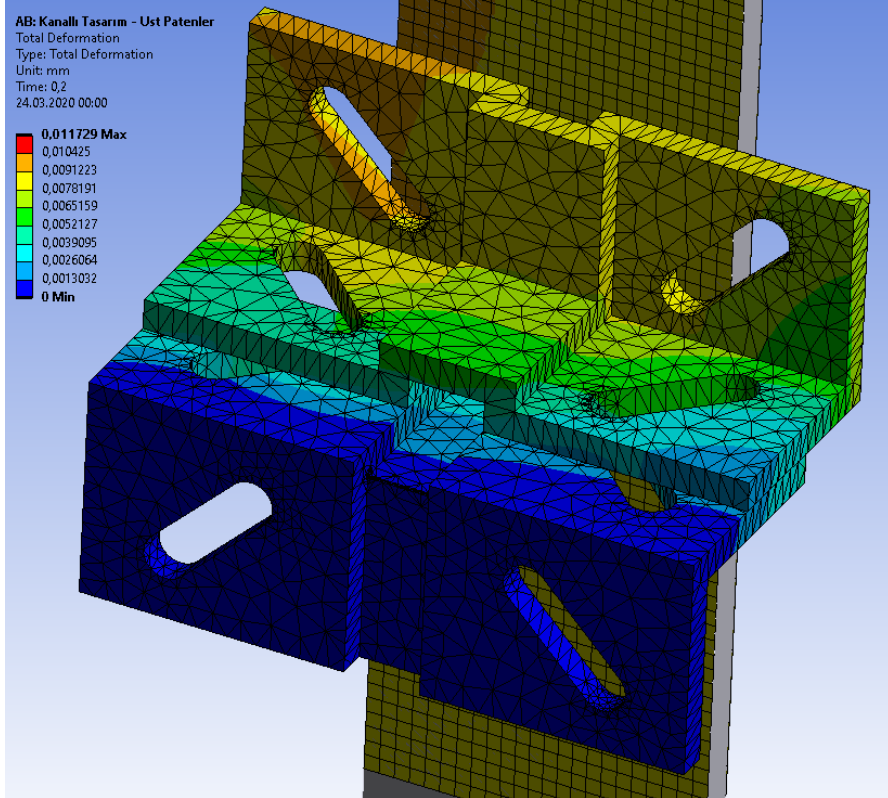
Şekil A.60 : Kanallı konsol tasarımı OUP, K-6 konsol uygulaması gerilme analizi



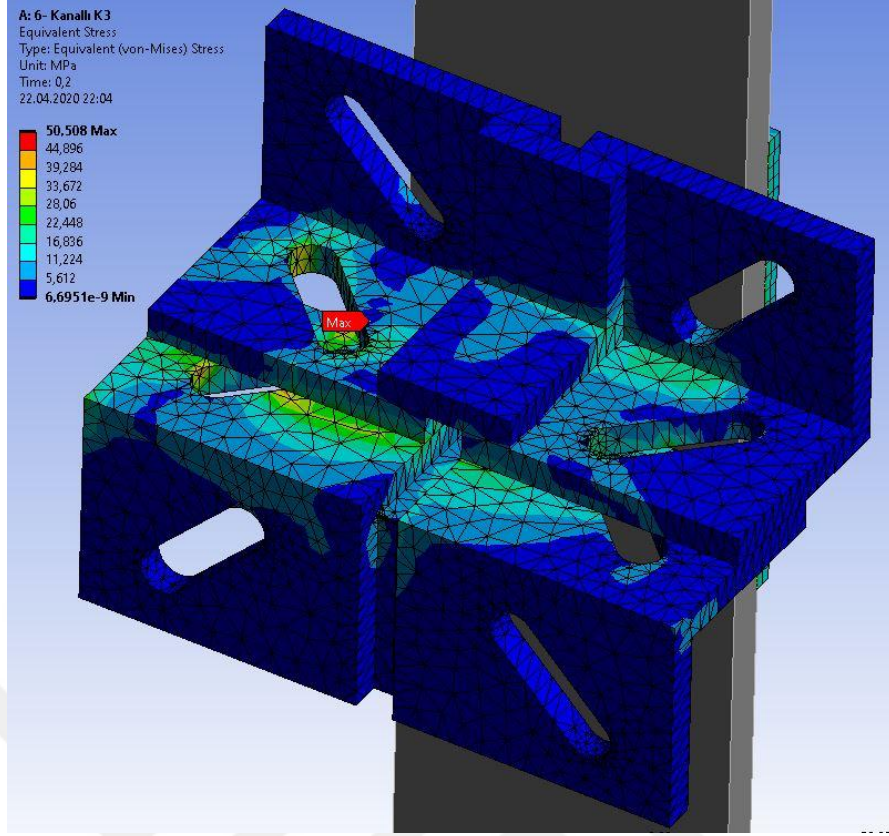
Şekil A.61 : Kanallı konsol tasarımı OUP, K-6 konsol uygulaması deformasyon analizi



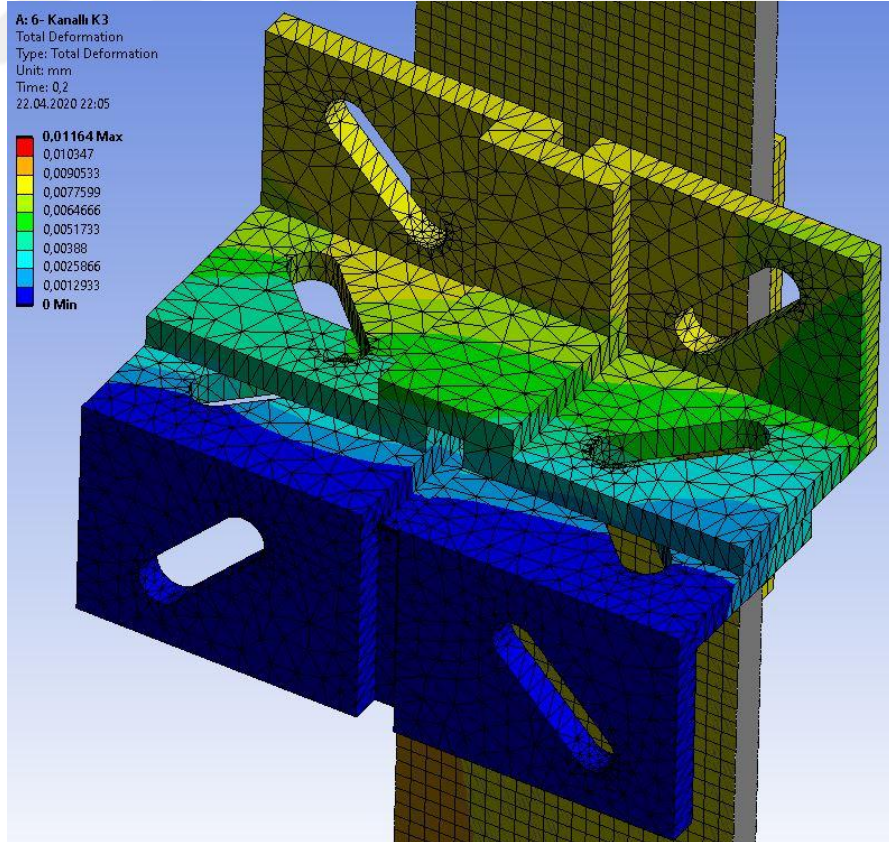
Şekil A.62 : Kanallı konsol tasarımı UP, K-8 konsol uygulaması gerilme analizi



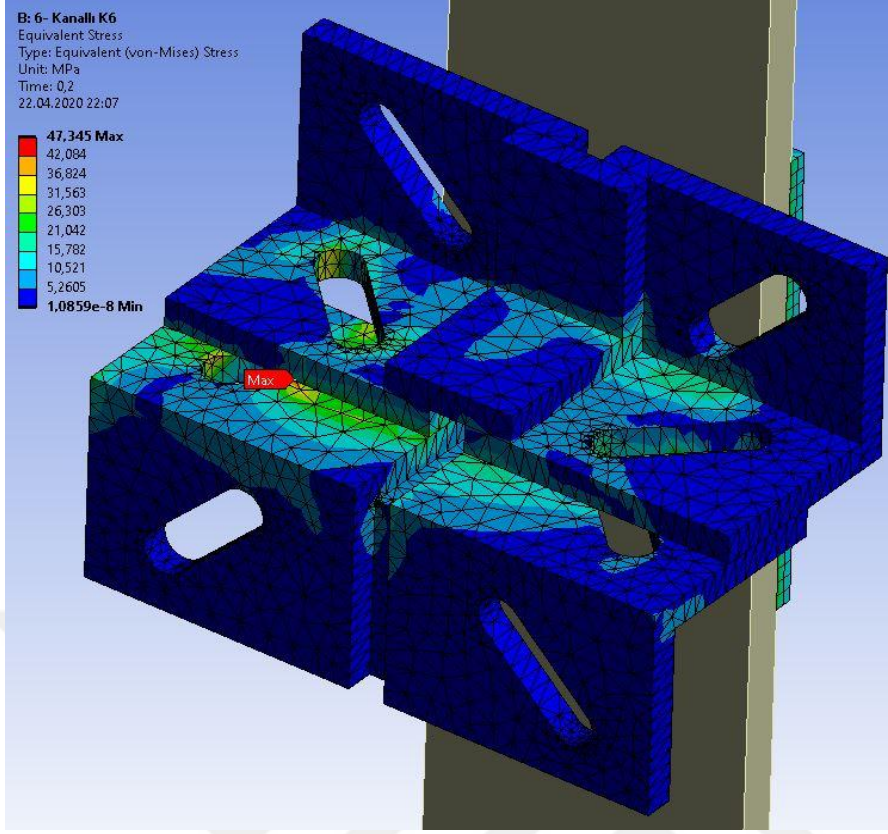
Şekil A.63 : Kanallı konsol tasarımı UP, K-8 konsol uygulaması deformasyon analizi



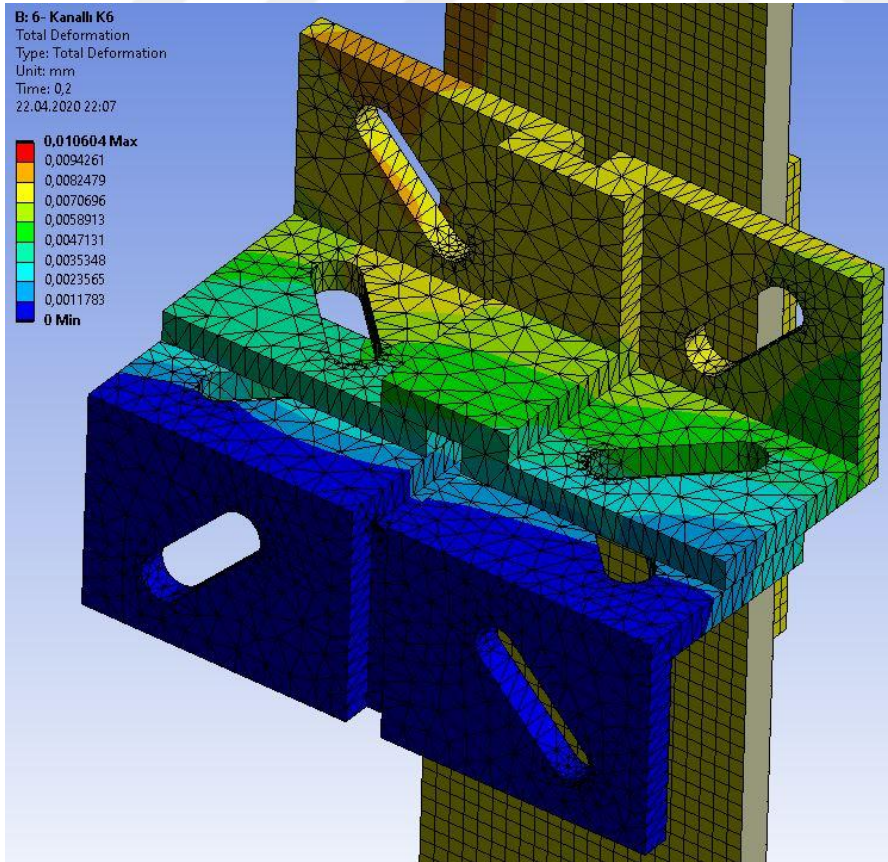
Şekil A.64 : K-3 kanallı konsolun genişliği 10 mm' ye düşürüldüğünde gerilme



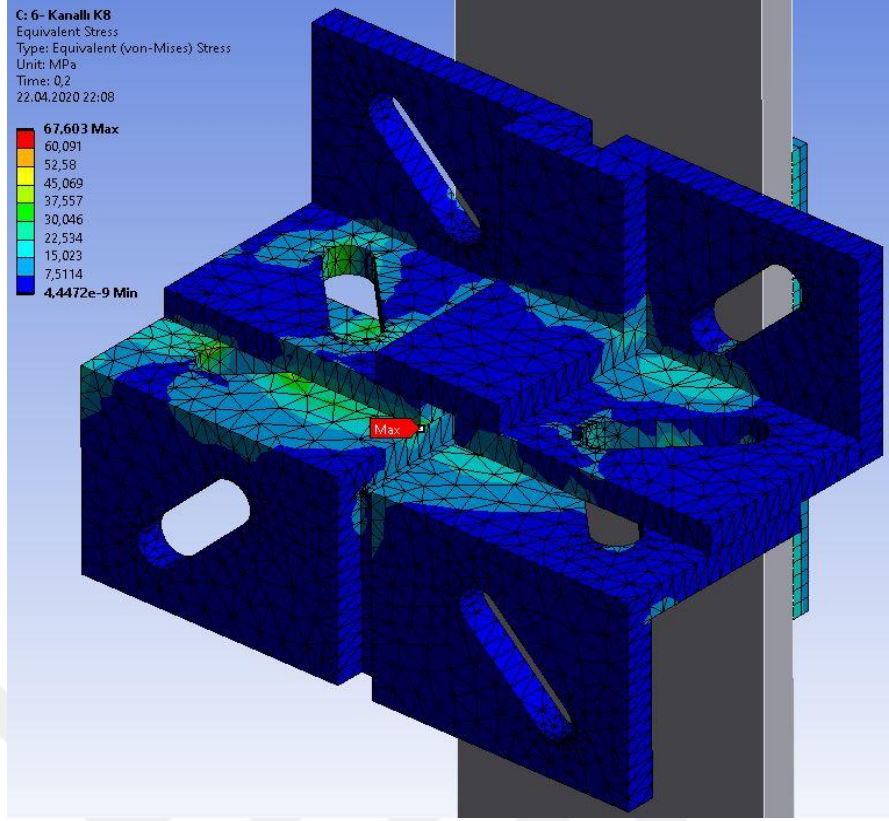
Şekil A.65 : K-3 kanallı konsolun genişliği 10 mm'ye düşürüldüğünde deformasyon



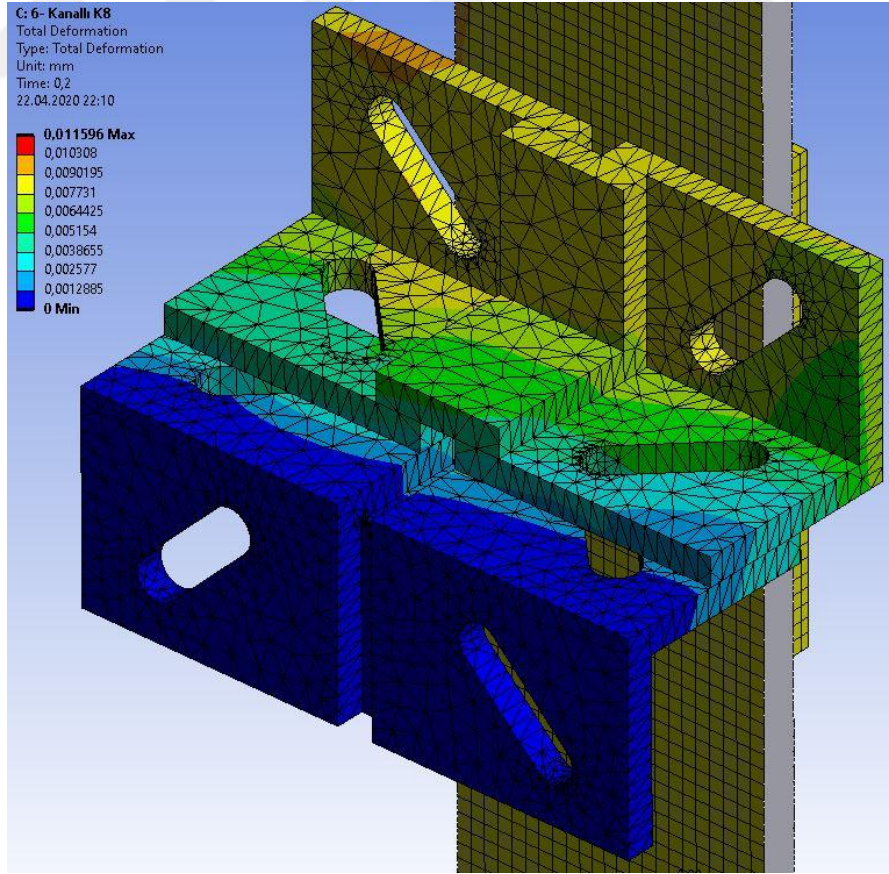
Şekil A.66 : K-6 kanallı konsolun genişliği 10 mm'ye düşürüldüğünde gerilme



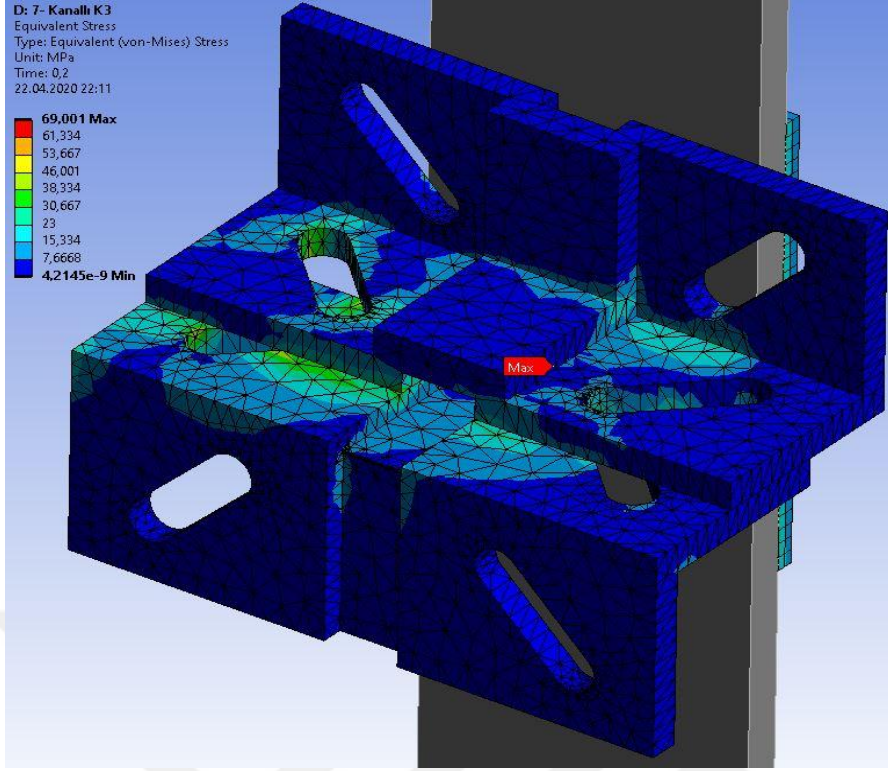
Şekil A.67 : K-6 kanallı konsolun genişliği 10 mm'ye düşürüldüğünde deformasyon



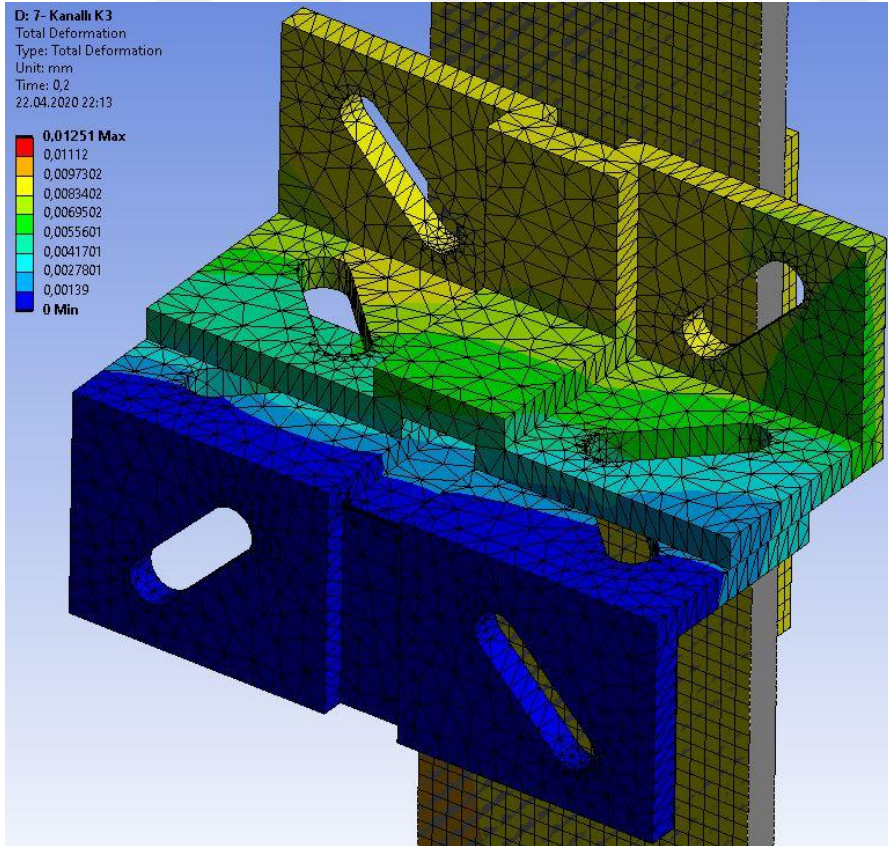
Şekil A.68 : K-8 kanallı konsolun genişliği 10 mm'ye düşürüldüğünde gerilme



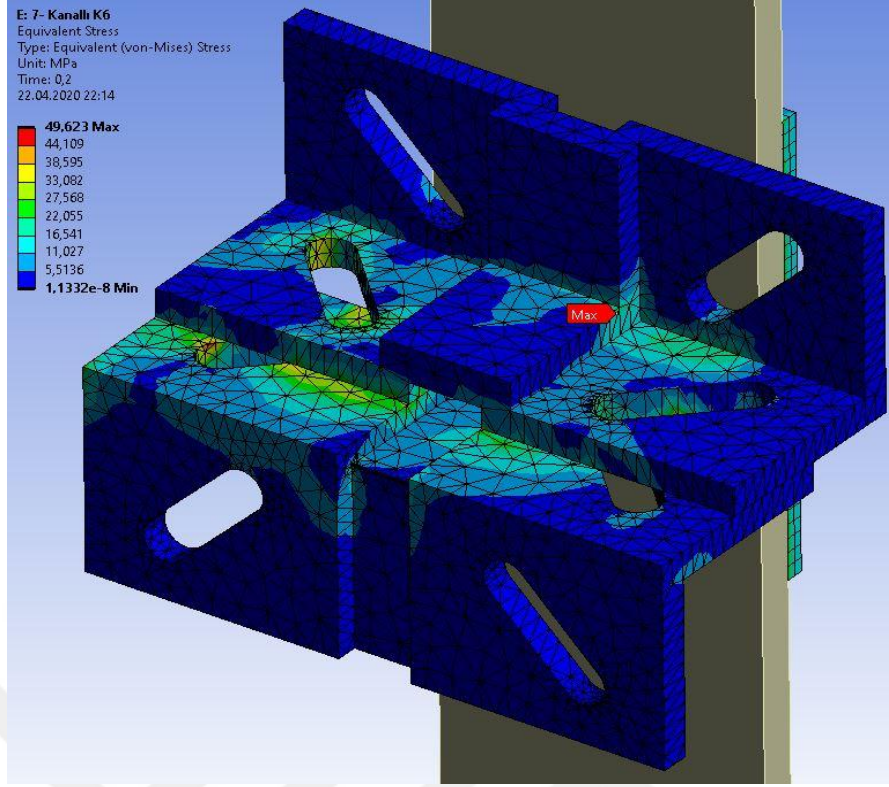
Şekil A.69 : K-8 kanallı konsolun genişliği 10 mm'ye düşürüldüğünde deformasyon



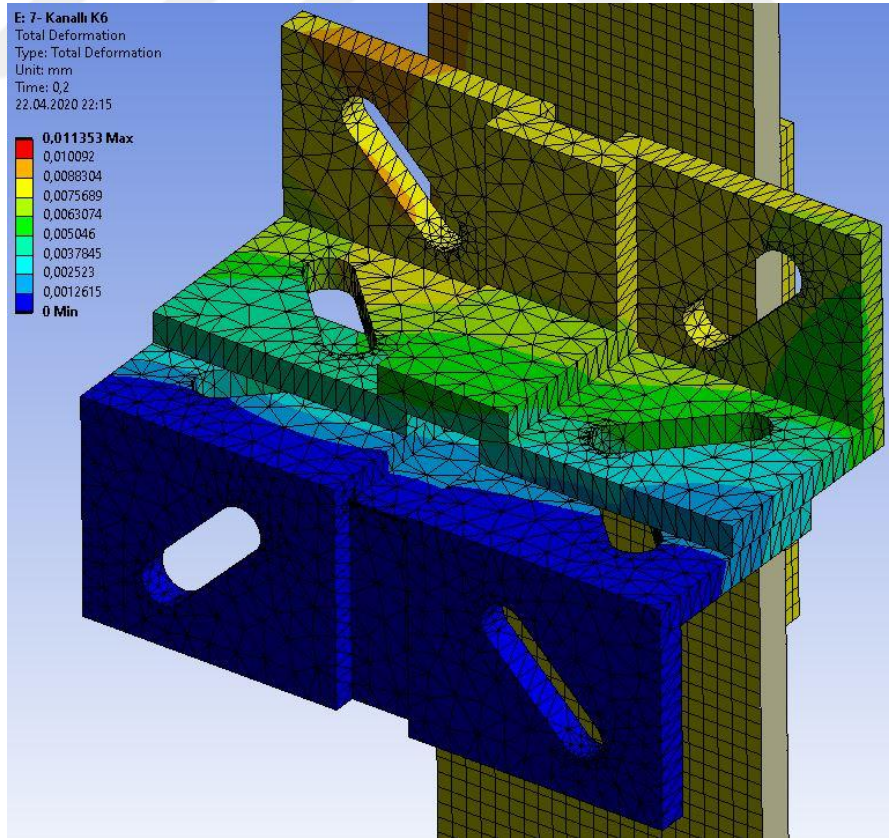
Şekil A.70 : K-3 kanallı konsolun kanal yüksekliği 6 mm'ye düşürülüp kanal kalınlığı 10 mm'ye yükseltildiğinde gerilme



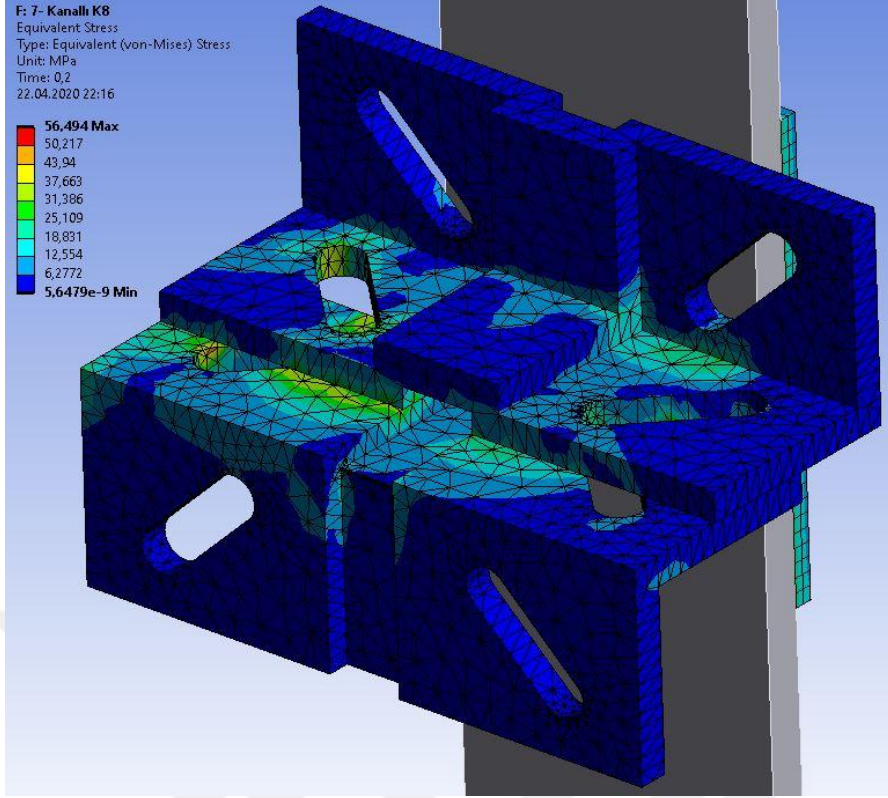
Şekil A.71 : K-3 kanallı konsolun kanal yüksekliği 6 mm'ye düşürülüp kanal kalınlığı 10 mm'ye yükseltildiğinde deformasyon



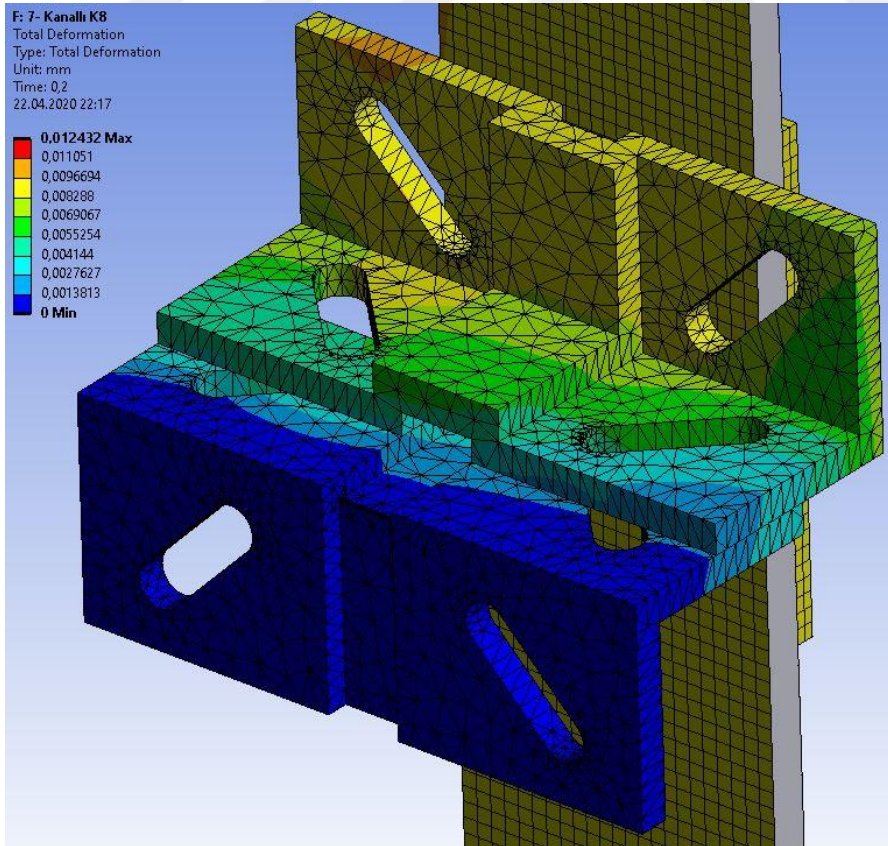
Şekil A.72 : K-6 kanallı konsolun kanal yüksekliği 6 mm'ye düşürülüp kanal kalınlığı 10 mm'ye yükseltildiğinde gerilme



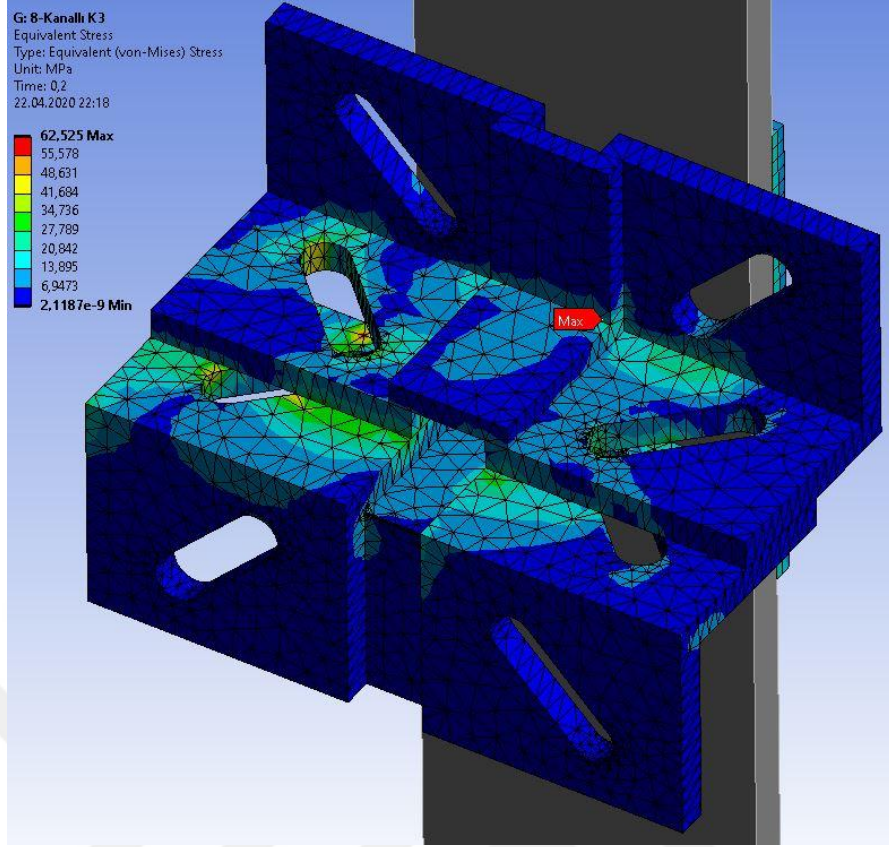
Şekil A.73 : K-6 kanallı konsolun kanal yüksekliği 6 mm'ye düşürülüp kanal kalınlığı 10 mm'ye yükseltildiğinde deformasyon



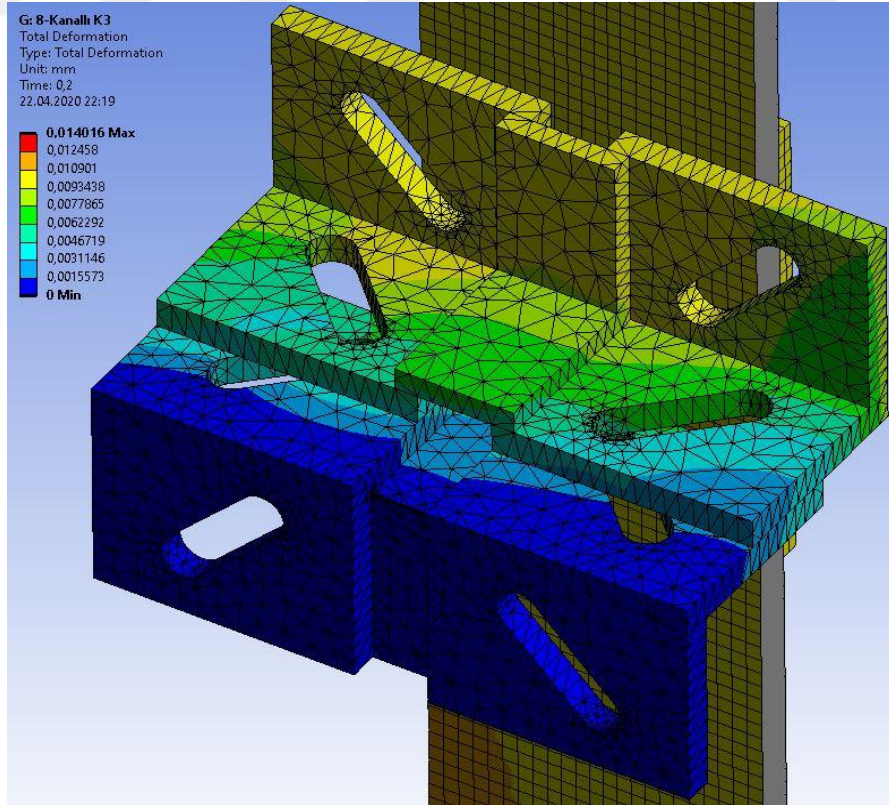
Şekil A.74 : K-8 kanallı konsolun kanal yüksekliği 6 mm'ye düşürülüp kanal kalınlığı 10 mm'ye yükseltildiğinde gerilme



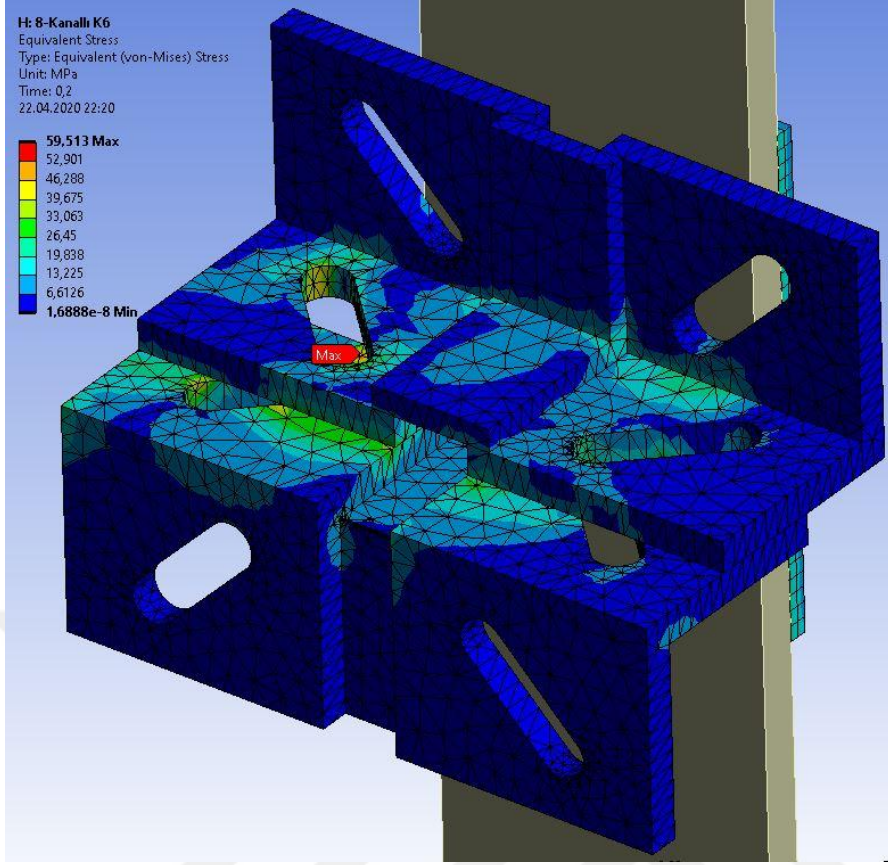
Şekil A.75 : K-8 kanallı konsolun kanal yüksekliği 6 mm'ye düşürülüp kanal kalınlığı 10 mm'ye yükseltildiğinde deformasyon



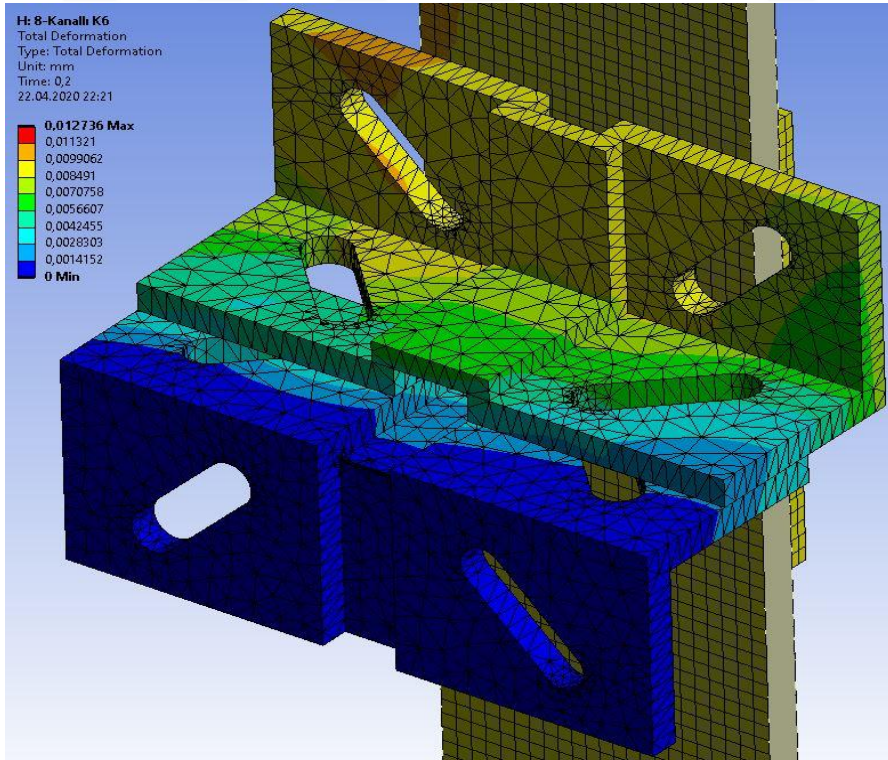
Şekil A.76 : K-3 kanallı konsolun kanal kenar kalınlığı 6 mm'ye düşürüldüğünde gerilme



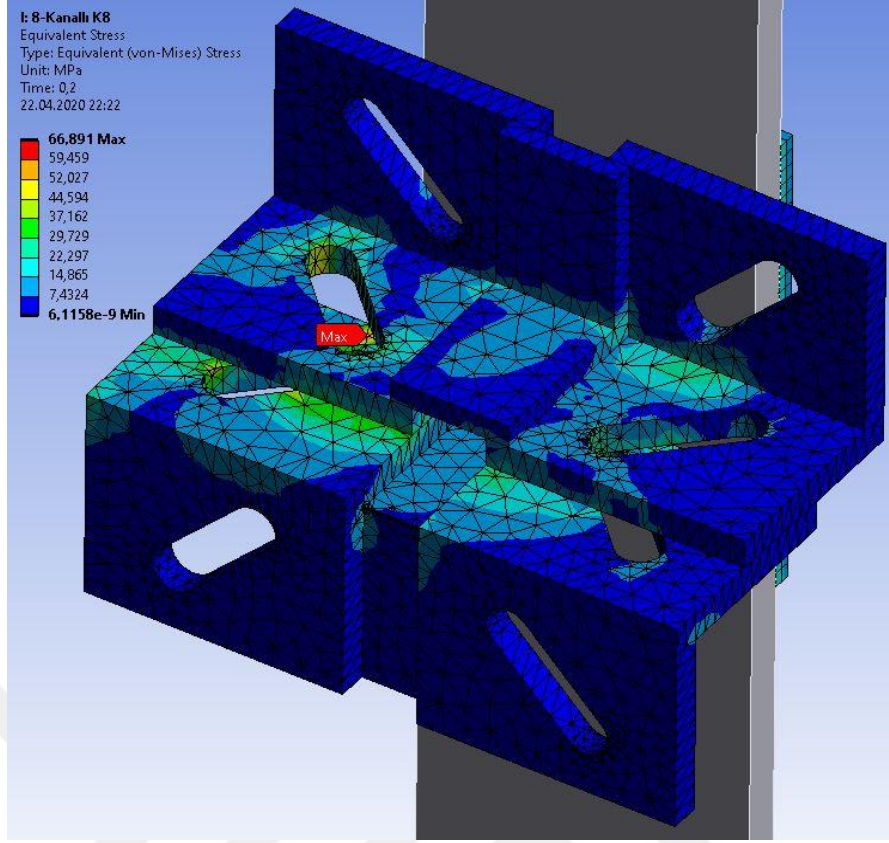
Şekil A.77 : K-3 kanallı konsolun kanal kenar kalınlığı 6 mm'ye düşürüldüğünde deformasyon



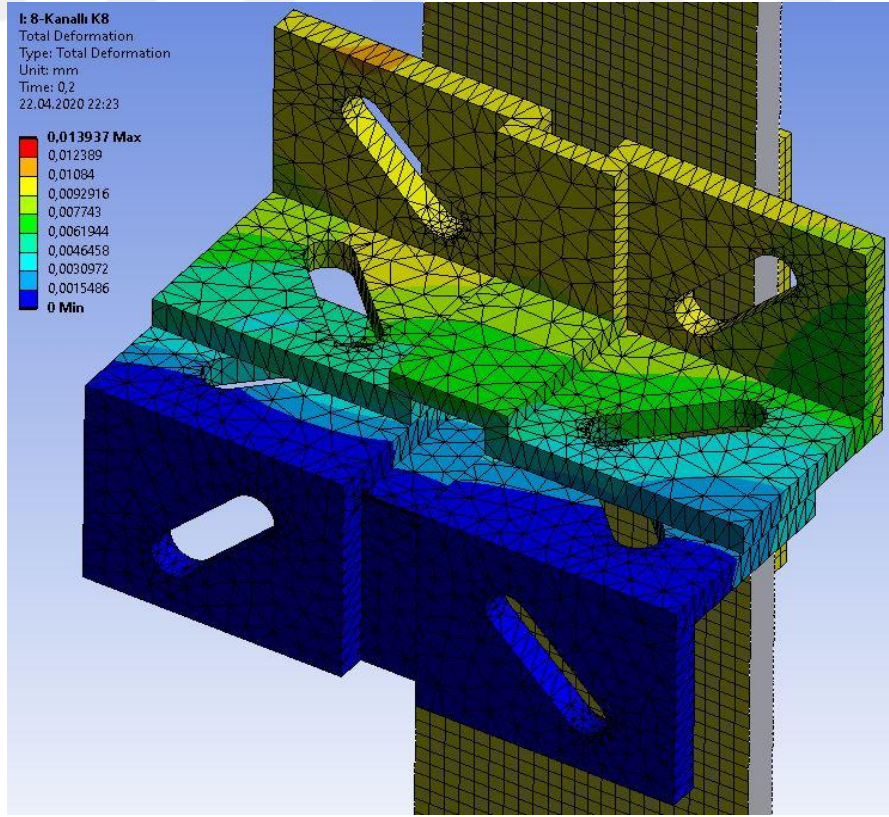
Şekil A.78 : K-6 kanallı konsolun kanal kenar kalınlığı 6 mm'ye düşürüldüğünde gerilme



Şekil A.79 : K-6 kanallı konsolun kanal kenar kalınlığı 6 mm'ye düşürüldüğünde deformasyon



Şekil A.80 : K-8 kanallı konsolun kanal kenar kalınlığı 6 mm'ye düşürüldüğünde gerilme



Şekil A.81 : K-8 kanallı konsolun kanal kenar kalınlığı 6 mm'ye düşürüldüğünde deformasyon



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Abdül Melik SANCAK

Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul – 1995

E-posta : sancak17@itu.edu.tr

abdulelulik.itu@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** :
2017 – Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
(İngilizce) – Bölüm İkincilik Derecesi
- **Yükseklisans** :
2020 – İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina
Mühendisliği, Konstrüksiyon

MESLEKİ DENEYİM:

- **Araştırma Görevlisi** – İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, Makina
Mühendisliği – 01.2020 - Devam Ediyor
- **Araştırma Görevlisi** – Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine
Mühendisliği – 04.2019 - 01.2020
- **Araştırma Görevlisi** – İstanbul Gedik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Mekatronik Mühendisliği – 08.2018 - 10.2018