

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**2x250 PORTAL KREN KONSTRÜKSİYONUN
MODELLENMESİ VE SONLU ELEMANLAR
YÖNTEMİYLE ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. H. Kemal SÜRMEN**

Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : KONSTRÜKSİYON

ARALIK 2008

**2x250 PORTAL KREN KONSTRÜKSİYONUN
MODELLENMESİ VE SONLU ELEMANLAR
YÖNTEMİYLE ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. H.Kemal SÜRMEN
(503051218)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Kasım 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Aralık 2008**

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. İsmail GERDEMELİ (İ.T.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Cevat Erdem İMRAK (İ.T.Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Cüneyt FETVACI (İ.Ü.)**

ARALIK 2008

ÖNSÖZ

Bu çalışmada 2x250 portal kren sistemi, bilgisayar ortamında modellenmiş ve üzerinde çeşitli sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir. Bu sayede deformasyon, gerilme analizi sonuçları elde edilmiş ve bunlara ilaveten modal analiz ve davranış spektrum analizleri gerçekleştirilmiştir.

Güvenilirlik, dayanıklılık, ağırlık, hacim gereksinimi, malzeme ve zaman kullanımı dikkate alındığında sonlu elemanlar analizi, çalışmada bahsedilen 2x250 ton kaldırma kapasiteli, yaklaşık 100m ray açıklığı ve 57m kaldırma yüksekliğine sahip portal krenin konstrüksiyonunun oluşturulmasında büyük kolaylık ve avantajlar sağlamıştır.

Bu çalışma boyunca desteğini esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr. İsmail GERDEMELİ'ye , yardımlarından dolayı Prof. Dr. Cevat Erdem İMRAK'a ve tüm Pak ARGE çalışanlarına teşekkür ederim.

2003 yılında genç yaşında vefat eden ağabeyim Orm. End. Mühendisi Tuna SÜRMEN'i saygı ile anıyor ve bu çalışmamı ona armağan ediyorum.

Eylül 2008

Hasan Kemal SÜRMEN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KREN ÇEŞİTLERİ	2
2.1. Gezer Köprülü Krenler	2
2.2. Konsol (Duvar) Krenleri	3
2.3. Döner Krenler	3
2.4. Kule Krenleri	4
2.5. Tırmanan Krenler	4
2.6. Araç Krenleri	5
2.7. Yüzer Krenler	6
2.8. Portal Krenler	6
3. PORTAL KREN ELEMANLARI VE İMALAT ADIMLARI	8
3.1. Projelendirme	8
3.2. Çelik Konstrüksiyon ve Portal Kren Elemanları	8
3.2.1. Boji kirişleri	9
3.2.2. Küçük denge kirişleri	9
3.2.3. Büyük denge kirişleri	9
3.2.4. Rijit bacak gergi kirişi	10
3.2.5. Rijit bacak	10
3.2.6. Mafsal bacak gergi kirişi	10
3.2.7. Mafsal bacak	11
3.2.8. Ana kiriş	11
3.2.9. Ana kiriş konsol konstrüksiyonu	12
3.3. Mekanik Aksam	12
3.3.1. Kren yürütme tekerlekleri	12
3.3.2. Kren yürütme redüktör, motor ve frenleri	12

3.3.3. Kaldırma vinçleri	12
3.3.4. Arabalar	13
3.3.5. Kanca traversi	14
3.3.6. Araba yürütme vinçleri	14
3.3.7. Yardımcı kaldırma vinçleri	15
3.4. Elektrik Besleme ve Kumanda	15
3.4.1. Kablo sarma tamburu	15
3.4.2. Trafo köşkü	15
3.4.3. Elektrik kumanda panoları	16
3.4.4. Emniyet sistemleri	16
3.5. Operatör Kabini	16
3.6. Asansör	16
3.7. Kalite Kontroller	17
3.8. Projelerin ve İmalatların Klas Kuruluşlarınca Onayı	17
3.9. Montaj	17
3.9.1. Çelik konstrüksiyon montajı	18
3.9.2. Mekanik aksam montajı	18
3.9.3. Elektrik aksam montajı	18
3.10. Test İşlemi	18
4. PORTAL KRENLERLE İLGİLİ LİTERATÜR ÇALIŞMASI	20
5. 2x250 TON PORTAL KREN TEKNİK ÖZELLİKLERİ	23
5.1. FEM'e Göre Gruplandırma	24
5.1.1. Taşıyıcı konstrüksiyon	24
5.1.2. Tahrik sistemleri	24
6. SONLU ELEMANLAR METODU	25
6.1. Giriş	25
6.1.1. Sonlu elemanlar metodunun tarihsel gelişimi	26
6.2. Sonlu Elemanlarla Modelleme	27
6.2.1. Genel olarak modelleme	27
6.2.2. Eleman seçimi	31
6.2.2.1. 3d kiriş elemanı	31
6.2.2.2. Sabit gerilmeli üçgen eleman	31
6.2.2.3. Lineer gerilmeli üçgen eleman	32
6.2.2.4. Çifte lineer dörtgen eleman	33
6.2.2.5. Kabuk elemanlar	34

6.2.3. Yükler	35
6.2.4. Sınır koşulları	36
6.3. Sonlu Eleman Program Kullanıcısının Sorumlulukları	37
7. KRENİN GENEL OLARAK SONLU ELEMANLAR ANALİZİ	38
7.1. Giriş	38
7.1.1. Sonlu elemanlar analizinde kullanılan Iusas programı	38
7.2. Krenin  Boyutlu ereve Modeli	38
7.3. Üç Boyutlu ereve Elemanı	39
7.4. Dörtgen Kabuk Elemanı (QSI4)	41
7.5. Kren Elemanlarının Malzeme zellikleri	43
7.6. Standartlar ve Tanımlamalar	43
7.7. Analizle İlgili Genel Kabuller	44
7.8. Kren Sisteminin zellikleri	44
8. KRENİN GEOMETRİK KARAKTERİSTİKLERİ	45
8.1. Ana Kriş	45
8.2. Rijit Bacak Sütun Parçası	47
8.3. Rijit Bacağın Eğik Elemanları	51
8.4. Rijit Bacak Uç Taşıyıcısı	54
8.5. Mafsal Bacak	55
9. KREN SİSTEMİNİN SONLU ELEMANLAR MODELİ	57
9.1. Modelin Genel Görünüşleri	57
9.2. Mesnet ve Sınır şartları	59
10. KREN SİSTEMİNE UYGULANAN YÜKLER	60
10.1. l Ağırlık	60
10.1.1. Krenin kendi ağırlığı	60
10.1.2. Arabanın kendi ağırlığı	61
10.1.3. Kancanın kendi ağırlığı	61
10.2. Arabanın alışma Yükü	62
10.3. Tamburun alışma Yükü	62
10.4. Dinamik Yükler	63
10.5. Yuvarlanma Hareketinden Dolayı Oluşan Enine Reaksiyonlar	63
10.6. Rüzgar Yükü	64
10.7. Temel Yük Durumu Tabloları	65
10.8. Yük Kombinasyonları	67

11. DEFORMASYON SONUÇLARI	69
11.1. Temel Yük Durumları İçin Deformasyon Sonuçları	69
11.2. Deformasyon Sonuçlarının Kontur Görünümleri	69
12. GERİLME ANALİZİ SONUÇLARI	70
12.1. Maksimum ve Minimum Gerilme Değerleri	71
13. MODAL ANALİZ	72
14. DAVRANIŞ SPEKTRUM ANALİZİ	73
14.1. Deprem Yer Hareketi	73
14.2. Yapısal Deformasyon	78
14.3. Kontur Görüntüleri	79
14.4. Deprem Yükleri İçin Maksimum ve Minimum Gerilme Değerleri	79
15. SONUÇLAR	80
KAYNAKLAR	82
EKLER	83
ÖZGEÇMİŞ	151

KISALTMALAR

ABS	: American Bureau of Shipping
BV	: Brueau Veritas
CAD	: Computer Aided Design
FEM	: Federation Europeenne De La Manutention
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
LGU	: Lineer Gerilmeli Üçgen Eleman
LUSAS	: London University Stress Analysis System
SEM	: Sonlu Elemanlar Metodu
SGU	: Sabit Gerilmeli Üçgen Eleman
TI	: Technical Instruction

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 5.1	Teknik özellikler 23
Tablo 5.2	Taşıyıcı konstrüksiyona göre sınıflandırma 24
Tablo 5.3	Tahrik sistemine göre sınıflandırma 24
Tablo 7.1	Elemana yerel koordinat sisteminde uygulanan lokal kuvvetler.... 39
Tablo 7.2	Kiriş eleman işaret dağılımı..... 40
Tablo 7.3	Kabuk elemanlar için işaret dağılımı..... 41
Tablo 7.4	Elastik malzeme özellikleri 43
Tablo 7.5	Mukavemet özellikleri 43
Tablo 7.6	Krenin genel özellikleri 44
Tablo 8.1	Ana giriş 1 profili putrelinin fiziksel özellikleri 46
Tablo 8.2	Rijit bacak sütun kısmının fiziksel özellikleri..... 48
Tablo 8.3	Rijit bacak eğimli kısım üst kesitinin fiziksel özellikleri..... 51
Tablo 8.4	Rijit bacak eğimli kısım alt kesitinin fiziksel özellikleri..... 52
Tablo 8.5	Rijit bacak uç taşıyıcısı fiziksel özellikleri..... 54
Tablo 10.1	Analizde kullanılan temel yük durumları..... 66
Tablo 10.2	Yük kombinasyonları ve ilgili yük faktörleri..... 68
Tablo 13.1	Modal frekans ve periyot değerleri 72
Tablo 13.2	Modların global eksenlerdeki kütle katılım faktörleri..... 72
Tablo 14.1	Analizde kullanılan spektrum değerleri 75
Tablo 14.2	Analizde kullanılan giriş değerleri 75
Tablo 14.3	Etkin yer ivmesi katsayısı 76
Tablo 14.4	Spektrum karakteristik periyotları 76
Tablo G.1	Ana giriş için maksimum ve minimum gerilme değerleri..... 124
Tablo G.2	Rijit bacak kolon yapısı maksimum ve minimum gerilme değerleri..... 129
Tablo G.3	Rijit bacak pantolon kısmı maksimum ve minimum gerilme değerleri..... 134
Tablo G.4	Rijit ve mafsal bacak gergi girişleri için maksimum ve minimum gerilme değerleri..... 139
Tablo G.5	Mafsal bacak için maksimum ve minimum gerilme değerleri..... 144
Tablo H.1	Deprem yükleri için maksimum ve minimum gerilme değerleri... 149

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Gezer Köprülü Kren.....	2
Şekil 2.2 : Konsol Kren.....	3
Şekil 2.3 : Jib Kren.....	4
Şekil 2.4 : Tırmanan Kule Kreni.....	5
Şekil 2.5 : Araç Krenleri.....	5
Şekil 2.6 : Yüzer Kren.....	6
Şekil 2.7 : Tam ve Yarı Portal Kren.....	7
Şekil 2.8 : Konsollu Portal Krenler.....	7
Şekil 3.1 : 2x250 Portal Kren Modeli.....	8
Şekil 3.2 : İki Adet Küçük Denge Kirişinin Boji Montajı Hali.....	9
Şekil 3.3 : Büyük Denge Kirişi.....	9
Şekil 3.4 : Rijit Bacak.....	10
Şekil 3.5 : Mafsal Bacak.....	11
Şekil 3.6 : Kutu Kesitli Ve Kafes Konstrüksiyonlu Ana Kiriş.....	11
Şekil 3.7 : Kaldırma Vinçleri.....	13
Şekil 3.8 : Araba Halat Donanımı Makaraları.....	13
Şekil 3.9 : Kanca Bloğu ve Kanca.....	14
Şekil 3.10 : Araba Yürütme Vinçleri.....	14
Şekil 3.11 : Yardımcı Kaldırma Vinçleri.....	15
Şekil 3.12 : Kablo Sarma Tamburu ve Trafo.....	15
Şekil 3.13 : Operatör Kabini.....	16
Şekil 3.14 : Ana Kiriş Montajı.....	17
Şekil 3.15 : Portal Krenin Bacaklar Arasında % 140 Yükle Dinamik Testi.....	19
Şekil 3.16 : Portal Krenin Konsol Ucunda % 140 Yükle Dinamik Testi.....	19
Şekil 6.1 : Bir Sonlu Eleman Modelinde Nodlar Ve Elemanlar.....	26
Şekil 6.2 : Eleman Geometrisinde Müsaade Edilebilir Deformasyonlar.....	28
Şekil 6.3 : Bir Silindirik Yüzey Etrafındaki Tipik Eleman Dağılımı.....	29
Şekil 6.4 : Bir Delikli Geometride Delik Etrafındaki Tipik Eleman Dağılımı.....	29
Şekil 6.5 : Sonlu Eleman Analiz Prosedürü.....	30
Şekil 6.6 : Sabit Gerilmeli Üçgen Eleman.....	32
Şekil 6.7 : Dört Nodlu Çifte Lineer Dörtgen Eleman.....	33
Şekil 6.8 : Dört Nodlu Ve Dört Kenarlı Elastik Eleman.....	35
Şekil 6.9 : İki Ucu Basit Mesnetli Kiriş.....	36
Şekil 7.1 : Altı Serbestlik Dereceli 3 Boyutlu Çerçeve Eleman.....	40
Şekil 7.2 : Kabuk Elemanlar İçin Kullanılan Yerel Koordinat Sistemi.....	42
Şekil 8.1 : Ana Kiriş Kesiti.....	45
Şekil 8.2 : Bir No'lu Yapı.....	46
Şekil 8.3 : İki No'lu Yapı.....	47
Şekil 8.4 : Rijit Bacak Sütununun Kesiti.....	47
Şekil 8.5 : Bir No'lu Yapı.....	48
Şekil 8.6 : İki No'lu Yapı.....	49
Şekil 8.7 : Bir No'lu Yapı Sağlamlaştırıcı Kesit-A.....	49

Şekil 8.8	: Bir No'lu Yapı Sağlamlaştırıcı Kesit-B.....	49
Şekil 8.9	: İki No'lu Yapı Sağlamlaştırıcı Kesit.....	50
Şekil 8.10	: Rijit Bacak Sütun Yapısı Kesiti.....	50
Şekil 8.11	: Üst Kesit.....	51
Şekil 8.12	: Alt Kesit.....	52
Şekil 8.13	: İskelet Örneği.....	53
Şekil 8.14	: Sağlamlaştırıcı Kesit.....	53
Şekil 8.15	: Kiriş Kesiti.....	54
Şekil 8.16	: Mafsal Bacak, Kesit-1.....	55
Şekil 8.17	: Mafsal Bacak, Kesit-2.....	55
Şekil 8.18	: Mafsal Bacak İskelet Kesiti.....	56
Şekil 9.1	: Krenin Genel Ağ Yapısı.....	57
Şekil 9.2	: Krenin Genel Ağ Yapısı Yandan Görünüm.....	58
Şekil 9.3	: Krenin Genel Ağ Yapısı Önden Görünüm.....	58
Şekil 9.4	: Krenin Genel Ağ Yapısı Üstten Görünüm.....	58
Şekil 9.5	: Krenin Mesnetleri İle beraber Genel Görünümü.....	59
Şekil 9.6	: Krenin Rijit Bacağının Yakından Görünümü.....	59
Şekil 10.1	: Krenin Kendi Ağırlığı.....	60
Şekil 10.2	: Arabanın Kendi Ağırlığı.....	61
Şekil 10.3	: Tamburun Çalışma Yüğü.....	62
Şekil 10.4	: Dinamik Yükler.....	63
Şekil 10.5	: Yuvarlanma Hareketinden Dolayı Oluşan Enine Reaksiyonlar.....	64
Şekil 10.6	: X Ekseninde Oluşan Rüzgar Yüğü.....	65
Şekil 10.7	: Y Ekseninde Oluşan Rüzgar Yüğü.....	65
Şekil 14.1	: Bu Proje İçin Dikkate Alınan Elastik Spektral Eğri.....	77
Şekil 14.2	: Bu Proje İçin Dikkate Alınan Elastik Olmayan Spektral Eğri.....	77
Şekil 14.3	: X- Eksenindeki Spektral Yer Değiştirme.....	78
Şekil 14.4	: Y- Eksenindeki Spektral Yer Değiştirme.....	78
Şekil A.1	: Modelin İzometrik Görünümü.....	83
Şekil A.2	: Modelin Üsten Görünümü	83
Şekil A.3	: Modelin Mafsal Bacak Tarafından Görünümü.....	84
Şekil A.4	: Modelin Önden Görünümü.....	84
Şekil A.5	: Mafsal Bacak ve Ana Kriş Bağlantı Parçası İzometrik Görünümü.....	85
Şekil A.6	: Rijit Bacak ve Ana Kriş Bağlantı Parçası İzometrik Görünümü.....	85
Şekil A.7	: Mafsal Bacak Destek Kirişinin İzometrik ve Önden Görünümleri.....	86
Şekil A.8	: Ana Kriş ve Mafsal Bacak Destek Levhasının Önden görünümü.....	86
Şekil A.9	: Mafsal Konstrüksiyonunun İzometrik Görünümleri.....	86
Şekil A.10	: Mafsal Konstrüksiyonunun Üstten Görünümü.....	87
Şekil A.11	: Mafsal Konstrüksiyonunun Kesit Görünüşü.....	87
Şekil A.12	: Gergi Kirişinin İzometrik Görünümü.....	88
Şekil A.13	: Gergi Kirişi ve Büyük Denge Kirişinin İzometrik Görünümü.....	88
Şekil A.14	: Gergi Kirişi , Büyük ve Küçük Denge Kirişlerinin İzometrik Görünümü.....	89
Şekil A.15	: Gergi Kirişi, Büyük , Küçük Denge Kirişlerinin ve Bojilerin İzometrik Görünümü.....	89
Şekil A.16	: Küçük Denge Kirişi ve Bojilerin İzometrik Görünümü.....	89
Şekil B.1	: Krenin Kendi Ağırlığından Dolayı Oluşan Deformasyon.....	90
Şekil B.2	: 2.Pozisyonda Arabanın Çalışma Yüğünden Dolayı Oluşan Deformasyon.....	90

Şekil B.3	: Krenin Kendi Ağırlığından Oluşan Y- Eksenindeki Deformasyon.....	91
Şekil B.4	: 2. Pozisyonda Arabanın X- Eksenindeki Yatay Yüklenmesinden Dolayı Oluşan Deformasyon.....	91
Şekil B.5	: 2. Pozisyonda Arabanın Y- Eksenindeki Yatay Yüklenmesinden Dolayı Oluşan Deformasyon.....	92
Şekil B.6	: X –Ekseninde Rüzgar Yükünden Dolayı Oluşan Deformasyon.....	92
Şekil B.7	: Y- Ekseninde Rüzgar Yükünden Dolayı Oluşan Deformasyon.....	92
Şekil B.8	: Tambur Yükünden Dolayı Oluşan Deformasyon.....	93
Şekil B.9	: Yuvarlanma Etkisinden Dolayı Oluşan Deformasyon.....	93
Şekil C.1	: Krenin Kendi Ölü Ağırlığından Dolayı Oluşan Deformasyon.....	94
Şekil C.2	: Arabanın Krenin Orta Kısımında (2.Pozisyonda) Çalışma Yükünden Dolayı Oluşan Deformasyon (Ölü Ağırlık Hariç).....	94
Şekil C.3	: Krenin Kendi Ağırlığı Ve Arabanın 2. Pozisyondaki Çalışma Yükünün Toplamından Dolayı Oluşan Deformasyon.....	95
Şekil C.4	: Ölü Yükler, Arabanın Çalışma Yükü, Yatay Etki, Tambur Yükü ve X Eksenindeki Rüzgar Yükünden Dolayı Oluşan X- Eksenindeki Deformasyon.....	95
Şekil C.5	: Ölü Yükler, Arabanın Çalışma Yükü, Yatay Etki, Tambur Yükü ve Y Eksenindeki Rüzgar Yükünden Dolayı Oluşan X- Eksenindeki Deformasyon.....	96
Şekil C.6	: Ölü Yükler, Arabanın Çalışma Yükü, Yatay Etki, Tambur Yükü ve X Eksenindeki Rüzgar Yükünden Dolayı Oluşan Y- Eksenindeki Deformasyon.....	96
Şekil C.7	: Ölü Yükler, Arabanın Çalışma Yükü, Yatay Etki, Tambur Yükü ve Y Eksenindeki Rüzgar Yükünden Dolayı Oluşan Y- Eksenindeki Deformasyon.....	97
Şekil D.1	: Ana Kiriş Parçası.....	98
Şekil D.2	: Ana Kiriş Gerilme Değerleri.....	98
Şekil D.3	: Küçük Denge Kirişi Parçası.....	99
Şekil D.4	: Küçük Denge Kirişi Gerilme Değerleri.....	99
Şekil D.5	: Büyük Denge Kirişi Parçası.....	100
Şekil D.6	: Büyük Denge Kirişi Gerilme Değerleri.....	100
Şekil D.7	: Rijit Bacak Kolonu Parçası.....	101
Şekil D.8	: Rijit Bacak Kolonu Gerilme Değerleri.....	101
Şekil D.9	: Rijit Bacak Alt Montaj Kutusu.....	102
Şekil D.10	: Rijit Bacak Alt Montaj Kutusu Gerilme Değerleri.....	102
Şekil D.11	: Rijit Bacak Eğik Parçaları (Pantolon).....	103
Şekil D.12	: Rijit Bacak Eğik Parçaları (Pantolon) Gerilme Değerleri.....	103
Şekil D.13	: Gergi Kirişi Parçası.....	104
Şekil D.14	: Gergi Kirişi Gerilme Değerleri.....	104
Şekil D.15	: Mafsal Bacak Parçası.....	105
Şekil D.16	: Mafsal Bacak Gerilme Değerleri.....	105
Şekil D.17	: Boji Kirişi Parçası.....	106
Şekil D.18	: Boji Kirişi Gerilme Değerleri.....	106
Şekil D.19	: Rijit Bacak Üst Montaj Kutusu Parçası.....	107
Şekil D.20	: Rijit Bacak Üst Montaj Kutusu Gerilme Değerleri.....	107
Şekil D.21	: Mafsal Bacak Üst Montaj Parçası.....	108
Şekil D.22	: Mafsal Bacak Üst Montaj Parçası Gerilme Değerleri.....	108
Şekil D.23	: Mafsal Bacak Destek Kirişi Parçası.....	109
Şekil D.24	: Mafsal Bacak Destek Kirişi Gerilme Değerleri.....	109

Şekil E.1	: Mod 1.....	110
Şekil E.2	: Mod 2.....	110
Şekil E.3	: Mod 3.....	111
Şekil E.4	: Mod 4.....	111
Şekil E.5	: Mod 5.....	112
Şekil E.6	: Mod 6.....	112
Şekil E.7	: Mod 7.....	113
Şekil E.8	: Mod 8.....	113
Şekil E.9	: Mod 9.....	114
Şekil E.10	: Mod 10.....	114
Şekil E.11	: Mod 11.....	115
Şekil E.12	: Mod 12.....	115
Şekil E.13	: Mod 13.....	116
Şekil E.14	: Mod 14.....	116
Şekil E.15	: Mod 15.....	117
Şekil E.16	: Mod 16.....	117
Şekil E.17	: Mod 17.....	118
Şekil E.18	: Mod 18.....	118
Şekil F.1	: Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Ana Kiriş Gerilme Değerleri.....	119
Şekil F.2	: Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Küçük Denge Kirişi Gerilme Değerleri Mafsallı Bacak Üst Montaj Parçası.....	119
Şekil F.3	: Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Büyük Denge Kirişi Gerilme Değerleri.....	120
Şekil F.4	: Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Rijit Bacak Kolon Parçası Gerilme Değerleri Boş Kiriş Parçası.....	120
Şekil F.5	: Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Rijit Bacak Alt Montaj Kutusu Gerilme Değerleri.....	121
Şekil F.6	: Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Rijit Bacak Eğik Kısım (Pantolon) Gerilme Değerleri.....	121
Şekil F.7	: Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Rijit Bacak Gergi Kirişi Gerilme Değerleri	122
Şekil F.8	: Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Mafsallı Bacak Gerilme Değerleri.....	122
Şekil F.9	: Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Boş Gerilme Değerleri Rijit Bacak Üst Montaj Kutusu Gerilme Değerleri.....	123
Şekil F.10	: Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Rijit Bacak Üst Montaj Kutusu Gerilme Değerleri Mafsallı Bacak Üst Montaj Parçası.....	123

SEMBOL LİSTESİ

E	: Elastisite modülü
G	: Kayma modülü
J	: Burulma sabiti
S	: Uygulanan yükler tarafından oluşturulan kuvvet
M	: Uygulanan yüklerin meydana getirdiği moment
r	: İşletme şartları faktörü
k	: Homojenlik faktörü
S_n	: İzin verilen kuvvet
M_n	: İzin verilen moment
σ_n	: İzin verilen mukavemet
r₁	: Kren emniyet faktörü
r₂	: Hasar lokalizasyon faktörü
r₃	: Konstrüksiyon hata faktörü
[K]	: Rijitlik matrisi
[U]	: Yer değiştirme vektörü
[D]	: Büyüklük alanının nodlardaki bilinmeyen değerini temsil eden vektör
[R]	: Bilinen yük vektörü
q	: Rüzgarın esas hızı
u	: Rüzgar hızı
c	: Aerodinamik katsayı
A	: Yürütülen yükün ya da kren parçasının rüzgara maruz kalan alanı
k_{dw}	: Rüzgarın esas hızının dinamik etkilere olan tepkisine izin vermek için oluşturulmuş katsayı
v	: Poisson Oranı
σ	: Elastik Limit
σ_x, σ_y	: Nominal gerilme bileşenleri
ρ	: Öz Ağırlık
U	: x yönünde öteleme
V	: y yönünde öteleme
W	: z yönünde öteleme
θ_x	: x yönünde dönme
θ_y	: y yönünde dönme
θ_z	: z yönünde dönme
F_x	: Eksenel Kuvvet
F_y	: y yönündeki kesme kuvveti
F_z	: z yönündeki kesme kuvveti
M_x	: Burulma
M_y	: xy düzlemindeki moment
M_z	: yz düzlemindeki moment
A_x	: Lokal olarak kesit alanı
A_y, A_z	: Kesme alanı

I_{yy}, I_{zz}	: Atalet momentleri
J_r	: Burulma momenti
R	: Küçültme faktörü
M_w	: Deprem anlık büyüklük ölçeği
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
I	: Bina önem katsayısı
Z	: Zemin tipi
g	: Yerçekimi ivmesi
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı

2x250 PORTAL KREN KONSTRÜKSİYONUNUN MODELLENMESİ VE SONLU ELEMANLAR METODUYLA ANALİZİ

ÖZET

Portal krenler limanlarda, depolarda ve tersanelerde geniş çapta kullanım alanına sahiptirler. Özellikle gemi inşaat sektöründeki ilerlemelere paralel olarak gelişen tersanelerde daha hızlı ve daha büyük boyutlu imalatı gerektiren durumlarda yüksek yük kaldırma kapasiteli ve seri hareket kabiliyetine sahip portal krenler büyük önem kazanmıştır.

Portal krenin zati ağırlığından gelen yükler, her çalışma devrinde oluşan hızlanma ve yavaşlama sonucunda hareketten doğan işletme yükleri ve aynı zamanda portal krenlerin genellikle açık havada çalıştıkları göz önüne alındığında çevresel koşullardan dolayı oluşan yükler portal krenin parçalarında gerilmelere neden olur.

Bu çalışmada portal kreni oluşturan çelik konstrüksiyonlar ve bunlara etkiyen yükler incelenmiş olup, parçaların emniyetli bir şekilde dizayn edilmesi ve konstrüksiyonun oluşturulması amaçlanmıştır. Portal krenin modellenmesi bilgisayar destekli tasarım programlarıyla yapılmıştır ve analizler için sonlu elemanlar metodu prensibiyle çalışan analiz programları kullanılmıştır. Daha doğru sonuçlar elde edebilmek için kren konstrüksiyonu kabuk ve kiriş elemanların kombinasyonu kullanılarak modellenmiştir. Bu model statik, dinamik ve doğal frekans analizleri için kullanılmıştır.

Mühendislik problemlerinin çözümünde sayısal metodlar son yıllarda sıklıkla uygulanmaktadır. En çok bilinen ve kullanılan yöntem sonlu elemanlar metodudur. Sonlu elemanlar metodu, son yirmi yılda bilgisayar destekli tasarımın vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Çok sayıda tekrar gerektiren hesaplarda bu metodun sağladığı faydalar tartışılmazdır. Sonlu elemanlar metodu, mukavemet analizlerini hızlı, güvenilir ve tahribatsız olarak gerçekleştirmeye olanak sağlar. Bu analizler, mukavemet açısından kritik görülen yerlerin düzeltilmesinde ve aynı zamanda aşırı güvenilir görülen yerlerde sadeleştirmeler yapmamıza imkan vererek hem daha ucuz hem de daha hafif bir imalatla optimum tasarımı elde etmemizi sağlarlar. Bu çalışmada sonlu elemanlar metodunun portal kren tasarımında ve optimizasyonunda klasik hesap yöntemlerine göre avantajları ve sunduğu olanaklar incelenmiştir.

MODELLING OF 2X250 GANTRY CRANE CONSTRUCTION AND ANALYSIS WITH FINITE ELEMENT METHOD

SUMMARY

Gantry cranes are widely used at harbour, warehouses and docks. Along with the advances in the shipbuilding industry, the need for fast and high volume production brings extra importance for higher capacity cranes.

The loads which come from the self weight of the crane, loads which resulted from working cycle and speed differences and also loads from environmental conditions considering the gantry cranes operate in open air, put stress on the components.

We have concentrated on steel construction of the crane and the loads on it targeting safe design of the components and the execution of the construction. Modeling of the Gantry Cranes has been designed by computer aided modeling programs and analysis programs that utilize finite element method principles has been used for the analysis. To achieve more accurate results, the structural components of the crane have been modeled as using a combination of shell and beam elements. This model is used for the static, dynamic, and natural frequency analysis.

Numerical methods are widely used in engineering problems in the last years. The most famous method is finite element method. Finite element method has proved to be an indispensable element of computer aided engineering in the last twenty years. When repetitive calculations are needed, the importance of the finite element method is indisputable. Finite element method enables fast, reliable and damage free resistance analysis. These analyses help us review and improve critical points and cost effective, lighter production with optimum design by simplifying parts which seem to have extra safe. In this study, the new possibilities and the advantages of finite element method over conventional calculation methods on gantry crane design and optimisation have been analysed.

1. GİRİŞ

Yük olarak isimlendirilen malzeme veya malların bir yerden başka bir yere taşınmasına kısaca “endüstriyel taşıma” denir. Bu taşıma işlevi, “kaldırma ve taşıma makinaları” dediğimiz “transport makinaları” ile sağlanır.

Kaldırma makinaları ile taşıma makinaları arasındaki en belirgin özellik; kaldırma makinalarının “kesikli”; taşıma makinalarının (konveyörlerin) “sürekli” çalışmasıdır. Kaldırma ve taşıma makinalarının bu kesikli ve kesiksiz çalışma tarzı yer değiştirecekleri yük veya malın karakteristiğinin bir sonucudur. Kesikli çalışan ve kısaca “kaldırma makinaları” olarak adlandırdığımız makinalar daha çok parça yükleri veya birim malları taşırlar. Kepçeli kaldırma makinalarında dökme mal da kaldırılır veya taşınır. Kesiksiz çalışan taşıma makinaları ise, birim malların taşınması yanında; esas olarak dökme mal taşıyan makinalardır.

Kaldırma makinalarını krikolar, palangalar, vinçler, krenler, asansörler, istif makinaları olarak gruplandırabiliriz. Kaldırma makinalarının büyük bir bölümünü vinçler ve krenler oluşturur. Bazen vinç ve kren kelimeleri birbirine karıştırılmaktadır. Teknik anlamlarına baktığımızda ; vinçler yükleri sadece kaldıran veya tek bir yöne çeken (tek serbestlik dereceli) basit kaldırma makinalarıdır. Krenler ise üzerlerinde vinç donanımı da bulunan ve ayrıca “öteleme” ve “dönme” hareketlerini de yapacak düzeneklere sahip, yükleri istenilen her yöne taşıyabilen (2 veya 3 serbestlik dereceli) kaldırma ve taşıma makinalarıdır.[1]

Bu çalışmada kısaca kren tiplerini inceledikten sonra kren çeşitlerinden biri olan (2x250 ton kaldırma kapasiteli) portal krenin elemanları, imalat adımları, katı modellenmesi, tasarımı ve sonlu elemanlar metoduyla analizi görülecektir.

2. KREN ÇEŞİTLERİ

Krenleri genel olarak yerleşik düzende çalışan krenler, araç krenleri ve yüzer krenler olmak üzere üç gruba ayırabiliriz. Yerleşik düzende çalışan krenler gezer köprülü krenler, portal krenler, kule krenler, tırmanan krenler, duvar krenleri ve döner krenler olarak gruplandırılabilir. Bu krenler belirli bir saha ve hacim içinde çalışırlar. Araç krenleri ve yüzer krenler ise istenilen yere götürülebilen krenlerdir.

2.1 Gezer Köprülü Krenler

Gezer köprülü krenler bütün krenlerin arasında endüstride ekonomik olarak en çok kullanılan krenlerdir. Kren köprüsü, yüksekte bulunan kren rayları üzerinde hareket etmektedir. Köprü aynı zamanda arabanın (kedinin) hareket yolunu oluşturmaktadır.

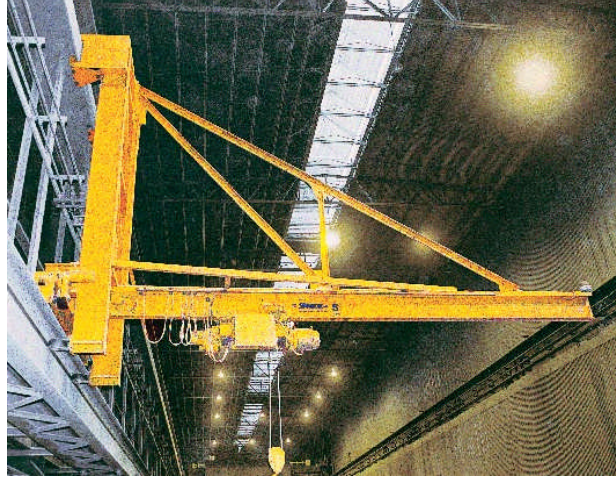


Şekil 2.1 : Gezer Köprülü Kren

Gezer krenler genellikle fabrika içinde kapalı hacimlerde çalıştıkları gibi açık havada da çalışmaktadırlar. Açık havada çalışan krenler, örtülmüş tahrik sistemleri ve rüzgar direncini aşabilmeleri için fabrika içinde çalışan krenlerden daha güçlü olan tahrik sistemleri yönünden farklılık gösterirler. Gezer krenlerin en büyük avantajı, kren yolunun çatı konstrüksiyonun ayaklarına yerleştirilmesi nedeniyle fabrikanın zeminin serbest kalmasıdır. Gezer köprülü krenleri tek ve iki kirişli olmak üzere gruplandırabiliriz.

2.2 Konsol (Duvar) Krenleri

Gezer köprülü krenin işletmedeki görevini hafifletmek için konsol krenler kullanılır. Hangarın yaklaşık üçte birine uzanan bumu ile atölye boyunca yerleştirilmiş iletim yolu üzerinde hareket etmekte ve özellikle hafif yükleri yüksek hızlarda iletmektedir. Atölyenin zemininden uç noktaya kadar hizmet edebilmek için kren kirişi üzerine kedi yerleştirilir ve ender olarak ta dönebilir bum yerleştirilir.



Şekil 2.2 : Konsol Kren

Gezer krene daha büyük bir serbestlik, döner konsollu krenlerle sağlanabilir ve gereği halinde konsol kren çalışma alanından tamamen döndürülebilir. Duvar krenin dezavantajı olarak kütlesinin büyüklüğü ve bina konstrüksiyonun karşılanması gereken yatay kuvvetler nedeniyle ek olarak zorlanması belirtilebilir.

2.3 Döner Krenler

Bu krenlerde dönen bum bir sütun ile sabit bir şekilde bağlanmıştır. Sütun üstten ve alttan dönebilir şekilde yataklanmıştır. Döner kren basit bir yapımlı şekli ile dairesel hareket yapmaktadır. Diğer hareketlerin ilavesi ile dairesel hareket bir alan taramasına dönüştürülebilir. Bu bumun üzerine hareketli bir arabanın yerleştirilmesi, bumun çekilebilir veya salınımlı şekilde yapılması ile gerçekleşir.



Şekil 2.3 : Jib Kren

Döner krenleri döner duvar krenleri, sabit sütunlu döner krenler, konsollu döner krenler , derik krenler, jib krenler olmak üzere beş gruba ayırabiliriz.

2.4 Kule Krenler

Kule krenlerde karakteristik olan özellik, onun kule şeklindeki duran direği ile büyük açıklıkta ve yükseklikteki bumu'dur. Faydalı yönleri olarak küçük oturma alanı, büyük kaldırma yüksekliği, büyük bir yükleme açıklığı ve yükün hassas bir şekilde hareketli olmasını sayabiliriz. Kule krenlerde bum çekilebilir, salınım hareketi yapılabilir veya sabit yapılarak üzerinde kedi hareket ettirilebilir

Kule krenler kulesi sabit ve kulesi dönebilen krenler olarak iki gruba ayrılır.

2.5 Tırmanan Krenler

Artan inşaat yükseklikleri, açıklıkları ve kaldırma kapasiteleri nedeniyle, kule krenlerde yeni konstrüksiyonlara gidilmiştir. Bu tür büyük güç parametrelerinde krenler parçalara ayrılmadan bir yerden bir yere nakledilip kurulamazlar. Böyle durumlarda tırmanan krenler kulelerini kendi mekanizmaları yardımıyla istenen kaldırma yüksekliğine yükseltebilirler. Bu krenler prensipte üst kısma yerleştirilen sabit sütun etrafında döndürülürler. Bunların bumu çekilebilir veya üzerinde kedi hareket edebilecek şekilde donatılırlar.



Şekil 2.4 : Tırmanan Kule Kreni

Tırmanan krenler tırmanan kule kreni, katlara tırmanan kren ve üniversal tırmanan krenler olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

2.6 Araç Krenleri

Kaldırma sistemleri ile donatılan araç krenleri yol veya ray üzerinde hareket etmekte olup döner buma sahiptirler. Bunların çok yönlü kullanılmaları nedeniyle yolda hareket eden araç krenleri ray üzerinde hareket edenlerden genel olarak çok daha büyük önem taşımaktadır. Araç krenlerini; mobil krenler, oto krenleri ve paletli araç krenleri olmak üzere üç kısma ayrılır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 2.5 : Araç Krenleri; (a)Mobil Kren, (b)Oto Kreni, (c)Paletli Araç Kreni

2.7 Yüzer Krenler

Yüzer kren limanlarda malların aktarılmasında, tersanelerde gemilerin donatılmasında ve tamir işlerinde kullanılırlar. Yüzer krenlerde hareket sistemi yerine kren bir duba üzerine oturmaktadır. En basit şekilde böyle bir krende bum sabit veya hareketli olarak duba üzerinde kaldırma sisteminden oluşmaktadır. Yüzer krenler iki gruba ayrılırlar; 16 t ‘a kadar hızlı ve büyük kaldırma kapasiteli yavaş hareket edenler ve 50-500 t kaldırma kapasiteli (özel durumlarda 1200 t ‘a kadar) malların limanlarda iletiminde kullanılan ağır krenler.



Şekil 2.6 : Yüzer Kren

2.8 Portal Krenler

Limanlarda, demiryollarında mal aktarmada, stok alanlarında, tersanelerde v.s.yerlerde sabit veya hareketli, tam ya da yarı ayaklı olarak kullanılmaktadırlar. Gezer köprülü krenler ağırlıklı olarak fabrika içi krenleri olarak kullanılırken, portal krenler fabrika dışında kullanılırlar. Portal krenlerin özelliği, köprüyü yüksekte tutan ayakları ile birlikte bir sehpa şeklinde imal edilmeleridir. Bir portal krenin fabrika içinde kullanılması pek rastlanan bir durum değildir. Kullanılması durumunda ise zeminde hareket eden ayaklar nedeniyle fabrika kullanım alanında bir daralmanın oluşmasına karşın, fabrika duvarlarının krenden gelen kuvvetlerle yüklenmemesi

nedeniyle daha ekonomik ve hafif bir inşaat seçilebilir. Diğer taraftan kren kullanılabileceği düşünülmemiş ve buna göre inşa edilmiş bir fabrikada portal krenin kullanımı uygun olabilir.[2]

Zemindeki raylar üzerinde hareket eden portal krenlerin, rayları aynı seviyede ise buna tam portal kren, raylardan biri köprü seviyesine çıkarılmış ise bu tip krenlere yarı portal kren denilir. Portal krenlerin üzerinde kaldırma araçları sabit monte edilebilecekleri gibi, enine yürüyebilecek şekilde de yapılabilirler.



(a)



(b)

Şekil 2.7 : (a) Tam ve (b)Yarı Portal Kren.

Portal krenlerin iş alanlarını büyütmek maksadıyla krenler bir veya iki kollu (konsollu) olarakta yapılabilir.



(a)



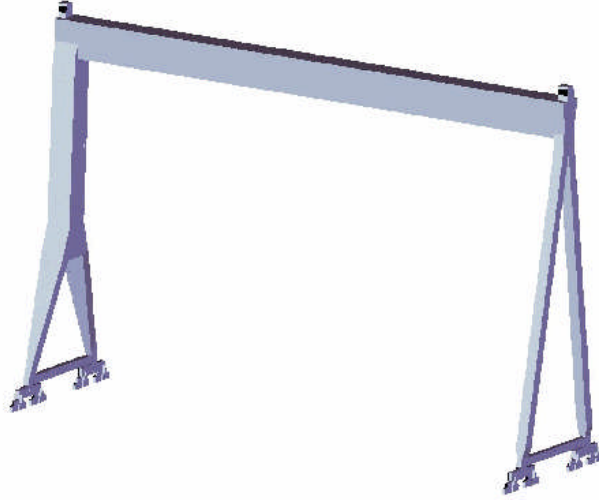
(b)

Şekil 2.8 : Konsollu Portal Krenler; (a) Tek Konsollu Portal Kren, (b) Çift Konsollu Portal Kren

3. PORTAL KREN ELEMANLARI VE İMALAT ADIMLARI

3.1 Projelendirme

Kreni oluşturan parçaların tamamının, müşterinin ihtiyaçlarına ve standartlara uygun ve en ekonomik şekilde projelerinin geliştirilmesi işlemidir. Bu projeler müşterinin seçeceği bir klas kuruluşu tarafından onaylanmaktadır. Tüm çelik yapının üç boyutlu sonlu elemanlarla çözümüne uygun sonlu elemanlar modeli hazırlanmaktadır



Şekil 3.1 : 2x250 Portal Kren Modeli

3.2 Çelik Konstrüksiyon ve Portal Kren Elemanları

Tüm çelik konstrüksiyon projeleri en ekonomik malzeme seçimleri ve saç plakaları minimum fire ile yerleştirilen CNC kesim kodları ile birlikte hazırlanmaktadır. İmalata hazır saç plakalar CNC kesim tezgahlarında oksii-asetilen veya plazma tekniği ile projelere uygun şekilde kesilmektedir. Kaynak konstrüksiyon imalatı bittikten sonra boya uygulama yüzeylerinde boya spesifikasyonlarına uygun yüzey hazırlığı, astar ve son-kat boya uygulamaları yapılmaktadır.

3.2.1 Boji kirişleri

Tekerlekleri ikişerli olarak mafsallı yataklama için yapılmış elik imalat kutulardır.

3.2.2 Küçük denge kirişleri

Bojileri ikişerli olarak mafsallı yataklamak için yapılmış elik imalat kutulardır.



şekil 3.2: İki Adet Küçük Denge Kirişinin Boji Montajı Hali

3.2.3 Bk denge kirişleri

Küçük denge kirişlerini ikişerli olarak mafsallı yataklama için yapılmış elik imalat kutulardır.



şekil 3.3 : Bk Denge Kirişi

3.2.4 Rijit bacak gergi kirişı

Rijit bacağın alt uçlarını ve büyük denge kirişleri ile beraber yürüyüş gruplarını bağlayan çelik konstrüksiyon kutudur. Kaldırma vinçleri, kablo sarma tanburu, elektrik kumanda panoları muhtelif merdiven ve platformlar bunun üzerindedir. Çok büyük krenlerde trafo köşkü de buraya konulabilmektedir.

3.2.5 Rijit bacak

Krenin düşey ve yatay yüklerini taşıyan bacağıdır. Ana kirişe rijit olarak bağlandığı için bu ismi almıştır. Kaldırma halatları bu bacağın içinden geçer. Tırmanma merdivenleri, geçiş ve montaj platformları halat saptırma makaraları bu bacaktır.



Şekil 3.4: Rijit Bacak

3.2.6 Mafsallı bacak gergi kirişı

Mafsallı bacakların alt uçlarını ve büyük denge kirişleri ile beraber yürüyüş gruplarını bağlayan çelik konstrüksiyon kutudur. Elektrik kumanda panoları, muhtelif merdiven ve platformlar bunun üzerindedir.

3.2.7 Mafsal bacak

Ana kiriş mafsallı olarak bağlandığı için bu ismi almıştır. Krenin düşey yüklerini taşıyan bacağıdır. Aynı zamanda kren köprüsünün ısı tesirleri ile uzamasını veya zeminde kaymalar nedeniyle oluşan iz değişikliklerini karşılar. Bacak üzerinde tırmanma merdivenleri, isteğe bağlı olarak asansör ve platformlar bulunmaktadır.



Şekil 3.5: Mafsal Bacak

3.2.8 Ana kiriş

İki bacağın üzerine yatay olarak yerleşmiş ve arabaların raylar vasıtası ile üzerinde hareket ettiği kafes, I profilli veya kutu kesitli çelik konstrüksiyon yapılardır. Araba yürütme vinçleri, saptırma makaraları, merdivenler, yürütme platformları operatör kabini bunun üzerindedir.



(a)



(b)

Şekil 3.6 : (a) Kutu Kesitli ve (b) Kafes Konstrüksiyonlu Ana Kiriş

3.2.9 Ana giriş konsol konstrüksiyonu

Kren ana giriş dışında yük alacaksa ana girişe yapılan ektir. Arabalar mafsallı bacaklar arasından geçerek dışarıdan malzeme alabilir. Bu bölümde yardımcı kaldırma vinçleri, araba yürütme ve kaldırma sistemlerinin halat donanımı için gerekli saptırma makaraları ve makaralara bakım amaçlı düzenlenmiş platformlar bulunmaktadır.

3.3 Mekanik Aksam

3.3.1 Kren yürütme tekerlekleri

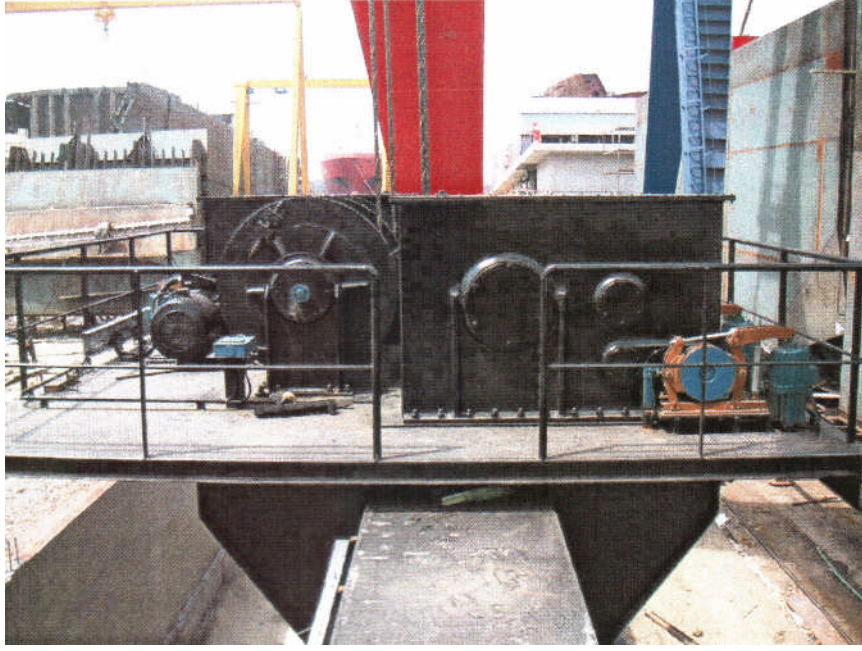
Krenin raylar üzerinde yürümesini temin eden çelik döküm tekerleklerdir. İkişerli olarak bojilere bağlıdır.

3.3.2 Kren yürütme redüktör, motor ve frenleri

Bojilere bağlanarak iki tekerliği birlikte tahrik etmektedir. Motorlar frekans inverteri ile hız kontrollü olarak çalışmaktadır. Bu sayede krenin ve yükün darbesiz olarak hareket ettirilmesi mümkün olmaktadır. Frenler DC disk fren tipidir. Kreni tamponlara çarpmadan durduracak sınır şalterleri vardır.

3.3.3 Kaldırma vinçleri

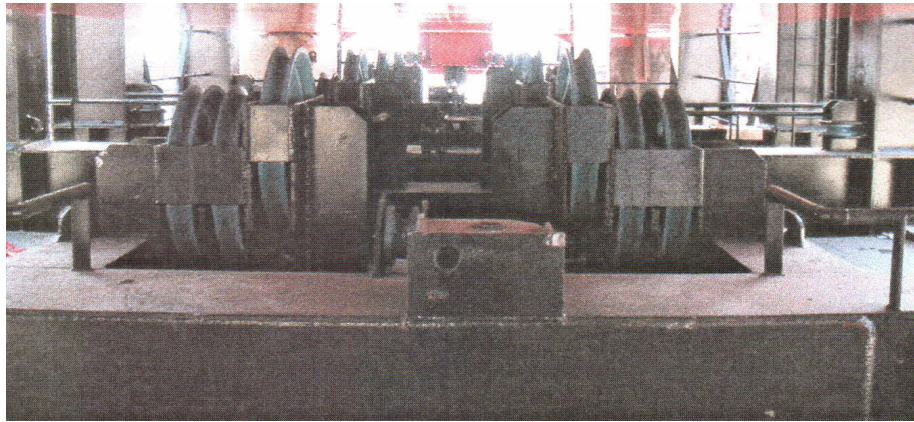
Yükün kaldırılmasını temin eden vinçlerdir. Rijit bacak gergi girişinin üstüne sabit olarak bağlanmıştır. Kapalı yağ banyosu içinde çalışan çelik döküm dişliler, kaynak konstrüksiyon halat tamburlarını tahrik etmektedir. Bu sistemde bakım daha kolay yapılmaktadır. Motorlar frekans inverteri ile hız kontrollü olarak çalışmaktadır. Bu sayede yükün darbesiz olarak hareket ettirilmesi sağlanmaktadır. Frenler eldro çözücülü papuçlu tiptir. Kanca alt üst pozisyonlarını belirleyen sınır şalterleri vardır.



Şekil 3.7: Kaldırma Vinçleri

3.3.4 Arabalar

Arabalar alttan veya üstten olmak üzere yükün ana kiriş boyunca taşınmasını sağlayan elemanlardır. Taşıyıcı kısmı çelik konstrüksiyon olan arabalardan sadece kaldırma vinçlerinden çıkan çelik tel halatlar dolaşmaktadır. Bojilerle arabaya bağlanan çelik döküm tekerlekler ana kiriş üzerinde bulunan raylar sayesinde hareket etmektedir. Halatlar çelik döküm makaralarla kanca traversini hareket ettirmektedir.



Şekil 3.8 : Araba Halat Donanımı Makaraları

3.3.5 Kanca traversi

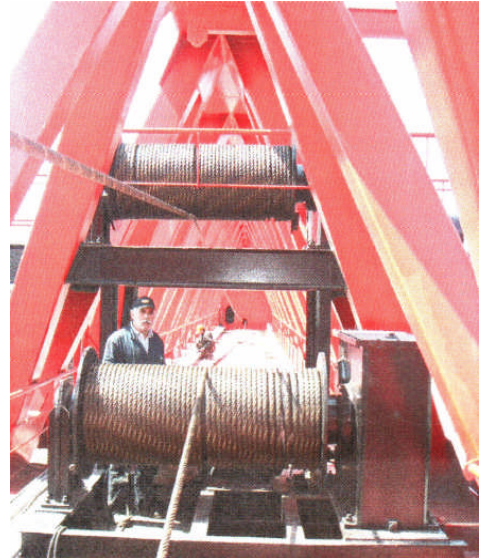
Taşıyıcı kısmı çelik konstrüksiyon olan traverste çelik döküm halat makaraları ve kanca bulunmaktadır.



Şekil 3.9: Kanca Bloğu ve Kanca

3.3.6 Araba yürütme vinçleri

Ana kiriş ortasına yerleştirilen vinçler vargel prensibi ile çalışarak halatlar ile arabaları tahrik ettirmektedir. Kapalı yağ banyosu içinde çalışan dişliler kaynak konstrüksiyon tamburlarını tahrik etmektedir. Motorlar frekans inverteri ile tahrik edilmektedir. Bu sayede darbesiz hareket temin edilmektedir. Frenler eldro çözücülü papuçlu tiptir. Araba hareketini sınırlayan şalterler mevcuttur.



Şekil 3.10: Araba Yürütme Vinçleri

3.3.7 Yardımcı kaldırma vinçleri

Ana kaldırma vinçleri gibi çalışan ve ana kiriş konsolu üzerine sabitlenmiş vinçlerdir. Küçük yükleri seri olarak kaldırabilmektedirler.



Şekil 3.11: Yardımcı Kaldırma Vinçleri

3.4 Elektrik besleme ve kumanda

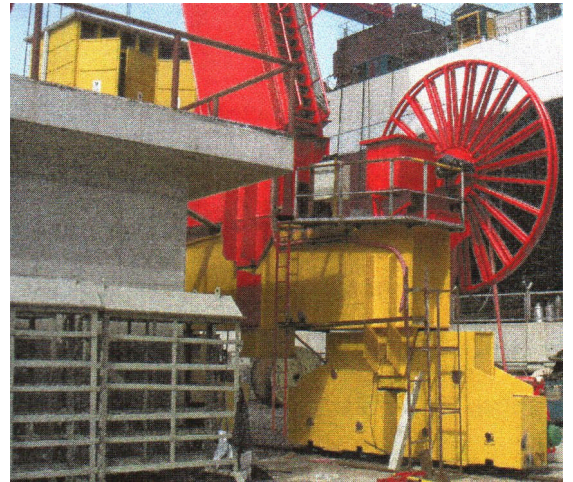
Krenin toplam gücüne göre 0,4 kV veya 6,3 kV besleme yapılabilir. Kren üzerinde hiçbir hareketli kablonun olmaması büyük işletme kolaylığı ve ekonomi sağlamaktadır.

3.4.1 Kablo sarma tamburu

Kren ray boyunca hareket ederken ana besleme kablosunu sarmak üzere geliştirilmiştir. Frekans inverterleri ile tahrik edilmektedir.

3.4.2 Trafo köşkü

6,3 kV besleme için 6,3/0,4 kV bir trafo ve kesici devrelerinin bulunduruğu yapıdır.



Şekil 3.12: Tambur ve Trafo

3.4.3 Elektrik kumanda panoları

Tüm sürücü ve kumanda kontaktörlerinin bulunduğu panolardır. Gergi kirişlerinin altında, ana kirişte ve kabinde bulunmaktadır. Bir PLC ile elektrik panosu ve kabin içinde arızaları gösteren iki adet ekran vardır.

3.4.4 Emniyet sistemleri

Operatörün kaldırdığı yükü gösteren ve aşırı yükte işlemi durduran bir sistem mevcuttur. Tüm hareketlerde sınır şalterleri mevcuttur. Anemometre ile rüzgar hızını ölçüp 72 km/saatte ikaz veren bir sistem vardır.

3.5 Operatör Kabini

Krenin tüm kumandasının yapıldığı yerdir ve ana kirişe asılıdır.



Şekil 3.13: Operatör Kabini

3.6 Asansör

İsteğe bağlı olarak mafsal bacaktan yukarı çıkmak için bir asansör düzenlenmektedir. Kremayer tahrikli bu asansör genelde 3 kişi kapasiteli olmaktadır.

3.7 Kalite Kontroller

İmal edilen mekanik aksam malzemeleri üretim aşamasında döküm numunelerinin kimyasal analiz, tahribatlı ve tahribatsız muayeneler ile malzeme uygunluk kontrollerinden geçmektedir.

Çelik konstrüksiyon malzemeleri, üretim aşamasında kullanılan elektrod ve gazlar gibi sarf malzemeleri ile vinçlerde kullanılan halat, kilit vb halat donanımına ait ekipmanların malzeme sertifikalarının projeye uygunluğu kontrol edilmektedir. Kaynaklar ise yapılacak kaynakların metod ve usullere uygun geçerli kaynakçı sertifikalarına sahip kaynakçılar tarafından yapılır. Kaynak sonrası ürünler projeye uygunluk kontrolüne ve hazırlanan NDT planlarına göre tahribatsız muayenelere tabi tutulur ve uygunluğu raporlanır.

3.8 Projelerin ve İmalatların Klas Kuruluşlarınca Onayı

Klas kuruluşları (American Bureau of Shipping (ABS), Brueau Veritas (BV), İstanbul Teknik Üniversitesi v.s) projeleri, imalatları ve en sonunda da testleri kontrol etmekte ve onaylamaktadırlar.

3.9 Montaj

Özellikle büyük krenlerin en problemli kısmı montaj aşamasıdır. Montaj senaryoları titizlikle hazırlanır ve kusursuz şekilde uygulanmaları gereklidir.



Şekil 3.14: Ana Kiriş Montajı

3.9.1 Çelik konstrüksiyon montajı

Çelik konstrüksiyon montajında önce bacakların kaldırılıp ray üzerine dikme işlemi gerçekleştirilir. Dikme işi bittikten sonra çelik halatlar yardımıyla bacaklar yerde hazırlanmış özel ağırlıklarla bağlanarak çarmıklama işlemi gerçekleştirilir. Bacaklar üzerine ana kiriş ve konsol değişik sistemlerle kaldırılıp monte edilmektedir.[3]

3.9.2 Mekanik aksam montajı

Çelik konstrüksiyon montajına ağırlık ve uygunluk yönünden engel teşkil etmeyen mekanik aksamlar (tekerlekler, makaralar, ana kiriş üzerinde bulunan tüm mekanik aksamlar) çelik konstrüksiyon montajı yapılmadan yerlerine konmaktadır. Geri kalan mekanik aksamlar çelik konstrüksiyon montajını müteakip yerlerine montajlanır.

3.9.3 Elektrik aksam montajı

Tüm elektrik panoları, kablolar(kablo kanalları ile) ve elektrik aksamı monte edilerek sistemler çalıştırılmaktadır. Frekans inverterleri önceden hazırlanmış parametreler kullanılarak devreye alınır ve vincin tüm mekanik aksamının çalışır vaziyette iken halatları donatılmakta ve kren performans testlerine hazır hale getirilmektedir.

3.10 Test işlemi

Kren, kaldırma kapasitesi olarak tarif edilmiş nominal yükünde çalıştırılarak motorların akım değerleri kontrol amaçlı ölçülerek kayıt altına alınır. Yine aynı yükte krenin fren ayarları yapılır ve kren hareketleri için sözleşme ile belirlenmiş hız değerleri kurallara göre vinç % 125 ve % 140 yükle aşırı yük testi yapılır.



Şekil 3.15: Portal Krenin Bacaklar Arasında % 140 Yükle Dinamik Testi



Şekil 3.16: Portal Krenin Konsol Ucunda % 140 Yükle Dinamik Testi

4. PORTAL KRENLERLE İLGİLİ LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Bu bölümde portal krenlerle ilgili son yıllarda yapılmış olan araştırmalarla ilgili bir literatür çalışmasına yer verilmiştir.

2007 yılında De la Rosa, J.J.G. Torres, J.A.C. Illana, A. Puntonet, C.G. ve Gorriz, J.M tarafından Cadiz Üniversitesinde Algeciras’da yapılan çalışmada konteyner portal kren kabini operasyonunun simulink ile modellenmesi ve simülasyonu anlatılmaktadır. Bu araştırma , yükün salıverilmesi esnasında portal kren kabini davranışı simülasyonuna değinmektedir. Amaç, istenmeyen kabin titreşimini düşürmek maksadıyla güvenilir bir kabin modeli elde etmektir. Çalışmada, yükün portal kren tarafından konteyner gemisine salınması durumundaki simulink tabanlı model ve simülasyon sonuçları gösterilmiştir. Kabinin kütle merkezi pozisyonu kren titreşimini önemli ölçüde etkiler. Kütle merkezi pozisyonunun eğimini göstermek için kabinin dönmesini ve yer değiştirmesini içeren bir takım grafikler sunulmuştur.

Yine 2007 yılında Theurer, Josef Brunninger tarafından yapılan çalışmada demiryolu paneli nakliyesi için portal krenler araştırılmıştır. Demiryolu panellerinin transport işleminde kullanılan bir portal kren boylamsal doğrultuda uzanan bir boylamsal kirişe sahiptir. Boylamsal kiriş demiryolu panellerini kavramak için kaldırma ekipmanlarına sahiptir ve dikey kirişlere bağlı iki yatay kiriş ve dikey ayar sürücüsüne sahip iki dikey kiriş içeren şasi tarafından desteklenir. Enlemsel kirişler enine ayarlama için sürücülere sahiptirler ve boylamsal yönde düşey bir şekilde uzanırlar. Bir çift paletli vinç, boylamsal kirişin hareket kabiliyeti için şasi çerçevelerine tutturulur, her bir vinç dikey kirişlerin birine bağlanmış olur. Her bir şasi çerçevesi, iki paletli vinç arasına merkezi olarak yerleştirilmiş dönmenin dik eksenini vasıtasıyla yatay kirişle bağlantılı bir şekilde dönebilir olarak dizayn edilir ve iki enlemsel kirişi boylamsal kirişe bağlar.

Fernando Marín Martínez , Isabel García Alberto Ortiz Oliveira , Luis Miguel ve Arreche Bedia 2004 yılında Madrid’de bir İspanyol terminalinin simülasyon çalışmasını yapmışlar ve konu olarak trenler arasında konteynerleri transfer etmek

için portal kren operasyonlarını ele almışlardır. Bu çalışmada çeşitli bilgisayar programlarından yararlanılarak demiryolu istasyonunda trenler arasında kargo transferini konu alan bir simülasyon modeli ve modelleme yaklaşımı sunulmuştur. Bu model, İspanya-Fransa hudut noktasındaki uluslararası ana terminal olan Port-Bou 'da kullanılmaktadır. Trenler arasında konteyner değişimi için dört farklı portal kren operasyon modeli değerlendirilmiştir. Bu operasyon kuralları, oluşturulan birkaç senaryo dahilinde sistemin kritik unsurlarını ve her bir durumda en iyi operasyon kuralını belirlemek için, test edilmiştir. Modeli geliştirmek için modüler programlamayla gelişmiş grafik sistemlerini birleştiren son nesil bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım simüle edilmiş sistemin dinamik gösterimine ve aynı zamanda diğer çalışmalarda da tekrar kullanılabilen, gelişmekte olan modüllere imkan verir.

2003 yılında Richard Linn, Ji-yin Liu, Yat-wah Wan, Chuqian Zhang ve Katta G. konteyner terminalleri operasyonları için lastik tekerlekli portal krenlerin konuşlandırılması hakkında bir çalışma yapmışlardır. Konteyner terminallerinin rekabet gücü genellikle gemilere yapılan yükleme ve boşaltma işleminin zamanı ile ölçülür. Liman krenleri araştırma çalışmalarından etkilenmektedir .Bununla beraber liman işlemleri yönetimi çok fazla deneyime dayalıydı ve son on yıla kadar ilgi çekmiyordu. Bu araştırma optimum olarak limanlarda kullanılan portal krenlerinin konuşlandırılması için algoritmalar ve matematiksel modeller sunar. Portal krenlerin konuşlandırılması optimizasyonunda model potansiyelleri, bir ana konteyner terminalinden elde edilmiş bir dizi gerçek operasyon verisiyle test edilmiştir.

Tonnie M. Boyles, Richard W. Patterson ve Thomas E. Coleman 1996 yılında “Portal Kren” adında bir çalışma yapmışlardır. Gelişmiş bir portal kren, krenin kolonuna paralel olarak en aşağıda yere bitişik pozisyonla sınırsız pozisyonlar arasında sabit aralıklarla dikey bir biçimde aşağı yukarı hareket etmek üzere monte edilmiş bir kontrol kabinine sahiptir. Krenin bir ya da her iki eşik kirişi yere bitişik uzanan, ve kontrol kabinini en aşağı pozisyondan almak üzere oraya yerleştirilmiş orta parçanın eşik kirişlerinden biriyle aralıklı olarak aşağı doğru bir girintiye sahiptir. Destekleme kirişi kontrol kabinini alttan destekler, böylece, operatör kabinin içinde bütün yönlerde, 360 derecelik bir görüşe sahip olur.

2003 yılında William J. O'Connor İrlanda'da “Portal Kren Problemine Çözüm” adında bir çalışma yapmıştır. Bir krenin salınım yükü hareketi, kablonun en alt ucunda, tepede hız limitli portal yük arabasını hareket ettirerek aktif salıncak sönümü

ile tam yükleme konumunun çelişen ihtiyaçlarına bir çözüm sağlar. Sistem parametreleri önceden bilindiği takdirde, mevcut en iyi stratejiler sadece asimptotik çözümler üretir. Önerilen kontrol stratejisi ölü yükü, tam olarak hedefte, sınırlı bir sürede durdurur. Portal kren kontrolörü mekanik dalgalanma kavramlarını kullanarak hareketin ilk kısmındaki bilinmeyen dinamik hareket tepkilerini tam olarak nasıl yok edeceğini öğrenir . Bütün sonuçlar sayısal olarak çeşitlilik gösterir.[4]

2x250 PORTAL KREN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada bahsedilen kren tersanede kullanılmak, ağır blokları kaldırmak ve taşımak üzere tasarlanmıştır. Tersaneler için kullanılan portal krenler tek veya çift putrelli olabilmektedir. Tek putrelli portal krenler yüksek kaldırma kapasitesi ve geniş ray açıklıkları dikkate alındığında daha uygun olmaktadır.

Portal krenin ana elemanları olarak ana kiriş, rijit bacak, mafsal bacak, kedi(araba), yürütme ve kaldırma mekanizmaları, kabin, yağlama, asansör ve elektrik aksamalarını sayabiliriz. Aynı zamanda frenleme mekanizmaları, ankraj ekipmanı, limitleme şalterleri gibi mekanizmalar ve diğer güvenlik elemanları da bulunabilmektedir. İyi dizayn edilmiş bir portal kren istenilen ray açıklığını, yüksek kaldırma kapasitesi ve yüksek kaldırma yüksekliği gibi gereksinimleri sağlayabilir. Aşağıdaki tablolarda tasarımı yapılan 2x250 portal krenin teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 5.1 : Teknik Özellikler

Vinç Tipi	Portal Vinç		
Maksimum Kaldırma Kapasitesi	2 x 250.000	daN	Kanca Eksenleri arası minimum 21m iken
	2 x 200.000	daN	Arabalar birbirine yanaştığı durumda
Vinç Yürüme Ray Açıklığı	98.850	mm	
Kaldırma Yüksekliği	57.000	mm	
Yürüme Rayı Uzunluğu	450	m	
Kaldırma Hızı	0÷2,2	m/dk	250 ton kanca yükü ile frekans inverterli
	0÷2,8	m/dk	125 ton kanca yükü ile frekans inverterli
	0÷4,2	kW	Boş kanca ile frekans inverterli
Kaldırma Motoru	2 x 1 x 132	kW	Leroy Somer marka
Kaldırma Frenleri	2 x 2 x (58/81)	daNm	Eldro çözücülü mekanik fren
Araba Tekerlek Çapı	Ø630	mm	
Araba Yürüme Hızı	0÷17	m/dk	250 ton kanca yükü ile frekans inverterli
	0÷27	m/dk	Boşta, rüzgarsız havada frekans inverterli
Araba Yürütme Motoru	2 x 1 x 37	kW	Leroy Somer marka

Araba Yürütme Freni	2 x 1 x 30	daNm	Eldro çözücülü mekanik fren
Araba Tipi			Çift raylı üst araba
Araba Yürüme Rayı	80 x 40	mm ²	
Gergi Kirişi Mafsallık Açıklığı	22.000	mm	
Tekerlek Çapı	Ø1000	mm	
Vinç Yürüme Hızı	0÷17	m/dk	2 x 250ton kanca yükü ile frekans inverterli
	0÷27	m/dk	Boşta, rüzgarsız havada frekans inverterli
Vinç Yürütme Motorları	16 x 18,5	kW	Leroy Somer marka
Vinç Yürüme Rayı	A 120		
Besleme	6.300/400V 630Kva trafolu 400V – 50Hz		
Kumanda Gerilimi	220V ve 24V	V	İzolasyon Trafolu
Kontaktör Markası	SIEMENS		
Araba Elektrik Beslemesi	Arabalara elektrik beslemesi yapılmayacaktır		
Vinç Elektrik Beslemesi	Motorlu kablo sarma tamburu ile yapılacaktır		
Vinç Kumanda Yeri	İki bacakta sabit kumanda kabinlerinden yapılacaktır		
Vinç Kumanda Buton Tipi	Joy-stick		
Sınır Şalterler	(iki araba arasında hariç) Var.		
Aşırı Yük Şalteri	Var		
Çalışma Ortamı	Açık		

5.1 F.E.M.'e Göre Gruplandırma

5.1.1 Taşıyıcı Konstrüksiyon

Tablo 5.2 : Taşıyıcı Konstrüksiyona Göre Sınıflandırma

Yükleme tekrarı	U3
Yükleme durumu	Q3
Grup	A4
Malzeme	St 37-2, St 44-2, St52-3, (Grade A)

5.1.2 Tahrik Sistemleri

Tablo 5.3 : Tahrik Sisteme Göre Sınıflandırma

Kaldırma Grubu	M3
Araba Yürütme Grubu	M5
Vinç Yürütme Grubu	M5

6. SONLU ELEMENLAR METODU

6.1 Giriş

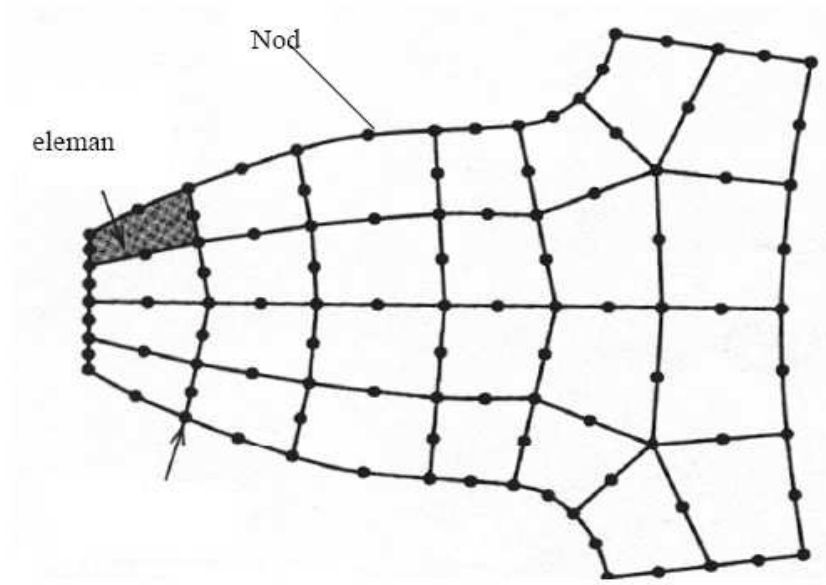
Metod ilk olarak gerilme analizi problemlerine uygulanmıştır. Tüm bu uygulamalarda bir büyüklük alanının hesaplanması istenmektedir. Gerilme analizinde bu değer deplasman alanı veya gerilme alanı; ısı analizinde sıcaklık alanı veya ısı akısı; akışkan problemlerinde ise akım fonksiyonu veya hız potansiyel fonksiyonudur.

Sonlu elemanlar metodunda yapı, davranışı daha önce belirlenmiş olan bir çok elemana bölünür. Elemanlar “nod” adı verilen noktalarda tekrar birleştirilirler. Bu şekilde cebrik bir denklem takımı elde edilir. İncelenen probleme bağlı olarak bu şekilde yüzlerce hatta binlerce denklem elde edilir. Bu denklem takımının çözümü ise bilgisayar kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Sonlu elemanlar metodunda temel fikir sürekli fonksiyonları bölgesel sürekli fonksiyonlar (genellikle polinomlar) ile temsil etmektir. Bunun anlamı bir eleman içerisinde hesaplanması istenen büyüklüğün (örneğin deplasmanın) değeri o elemanın nodlarındaki değerler kullanılarak interpolasyon ile bulunur. Bu nedenle sonlu elemanlar metodunda bilinmeyen ve hesaplanması istenen değerler nodlardaki değerlerdir. Bir varyasyonel prensip (örneğin; enerjinin minimum olması prensibi) kullanılarak büyüklük alanının nodlardaki değerleri için bir denklem takımı elde edilir. Bu denklem takımının matris formundaki gösterimi

$$[K].[D] = [R] \quad (6.1)$$

şeklindedir. Burada $[D]$ büyüklük alanının nodlardaki bilinmeyen değerlerini temsil eden vektör, $[R]$ bilinen yük vektörü ve $[K]$ ise bilinen sabitler matrisidir. Gerilme analizinde $[K]$ rijitlik matrisi olarak bilinmektedir.



Şekil 6.1: Bir Sonlu Eleman Modelinde Nodlar Ve Elemanlar

6.1.1 Sonlu elemanlar metodunun tarihsel gelişimi

Sonlu elemanlar metodu ilk olarak yapı analizinde kullanılmaya başlandı. İlk çalışmalar 1941’de Hrennikoff ve 1943’de Mc Henry tarafından geliştirilen yarı analitik analiz metodlarıdır. 1960’da Argyis ve Kelsey virtuel iş prensibini kullanarak bir direkt yaklaşım metodu geliştirmiştir. 1956’da Turner ve diğerleri bir üçgen eleman için rijitlik matrisini oluşturmuştur. “Sonlu Elemanlar” terimi ilk defa 1960’da Clough tarafından çalışmasında telafuz edilmiştir. 1964’de ise Argyis tarafından metodun üç- boyutlu problemlere uygulanması iki-boyutlu teoriden sonra kolayca gerçekleştirilmiştir.

İlk gerçek kabuk elemanlar eksenel simetrik elemanlar olup, bunları silindirik ve diğer kabuk elemanları izlemiştir .Araştırmacılar 1960’lı yılların başlarında non-linear problemlerle ilgilenmeye başladılar. 1960’ da Turner ve diğerleri geometrik olarak non-linear problemler için bir çözüm tekniği geliştirdi. Sonlu elemanlar metoduyla stabilite analizi ise ilk olarak 1965’de Martin tarafından tartışılmıştır. 1966’da Zienkiewicz ve 1969’da Koenig ve Davids statik problemlerin yanısıra dinamik problemlerde sonlu elemanlar metoduyla incelenmeye başlandı. 1943 yılında Courant bölgesel sürekli lineer yaklaşım kullanarak bir burulma problemi için çözüm üretmiştir.

Yapı alanı dışındaki problemlerin sonlu elemanlar methoduyla çözümü 1960 'lı yıllarda başlamıştır. Örneğin 1965 yılında Zienkiewicz ve Cheung sonlu elemanlar methodu ile Poisson denklemini çözmüştür.1970'de ise Doctors methodu potansiyel akışa uygulamıştır. Sonlu elemanlar methodu geliştirilerek ısı transferi, yeraltı sularının akışı, manyetik alan ve diğer bir çok alana uygulanmaktadır.

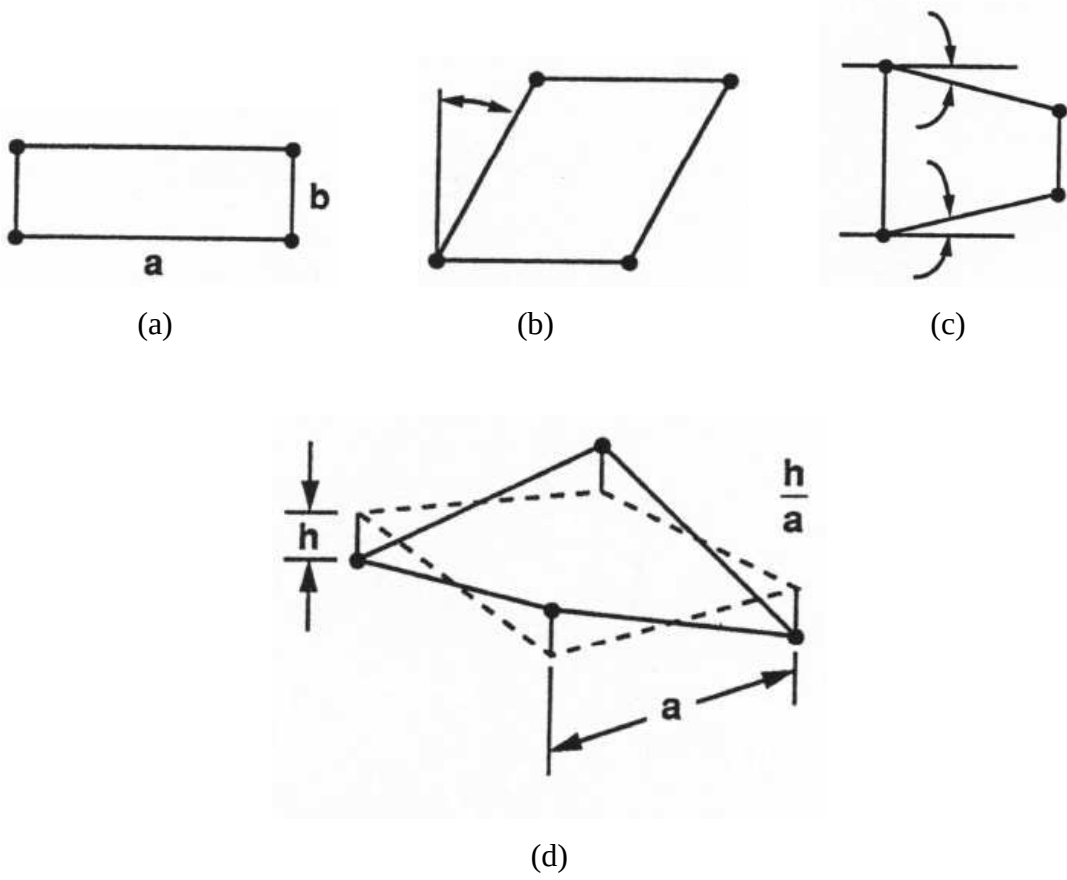
Genel amaçlı sonlu elemanlar paket programları 1970'li yıllardan itibaren ortaya çıkmaya başlamıştır. 1980'li yılların sonlarına doğru ise artık paket programlar mikro bilgisayarlarda kullanılmaya başlandı. 1990 yıllarının ortaları itibarıyla sonlu elemanlar methodu ve uygulamalarıyla ilgili yaklaşık olarak 40.000 makale ve kitap yayınlanmıştır.

6.2 Sonlu Elemanlarla Modelleme

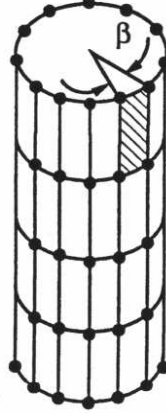
6.2.1 Genel olarak modelleme

Modelleme bir fiziksel yapı veya sürecin analitik veya sayısal olarak yeniden inşa edilmesidir. Sonlu elemanlar methodunda modelleme basitçe nod ve elemanlardan oluşan bir ağ yapısı hazırlamak değildir. Problemi gerekli şekilde modelleyebilmek için gerekli sayı ve tipteki elemana karar vermek ancak problemin fiziğinin iyi şekilde anlaşılmasıyla mümkündür. Kötü şekil verilmiş elemanlar ile hesaplanması istenilen büyüklüğün hesaplama alanı içindeki değişimini yansıtamayacak kadar büyük boyutlu elemanlar modellemede istenmez. Şekil 6.2' de elemanlarda genelde müsaade edilebilecek geometrik biçim bozukluklarının seviyesi gösterilmektedir. Diğer yandan zaman ve bilgisayar olanaklarını boş yere harcamamıza neden olacak, gereksiz kadar çok sayıda elemanlardan oluşan bir modellemede istenmemektedir. Hesaplanması istenilen büyüklüğü ve hesaplama alanı içindeki değişimini yeterli doğrulukta verecek kadar sıklıkta bir eleman dağılımına ihtiyaç vardır. Örneğin Şekil 6.3' de silindirik yüzeylerin modellenmesi için 4 nodlu veya 8 nodlu dört kenarlı elemanlar kullanılması durumunda tipik bir eleman dağılımı gösterilmiştir. [5] Diğer yandan Şekil 6.4' de bir delik etrafında olması gereken tipik eleman dağılımı görülmektedir.

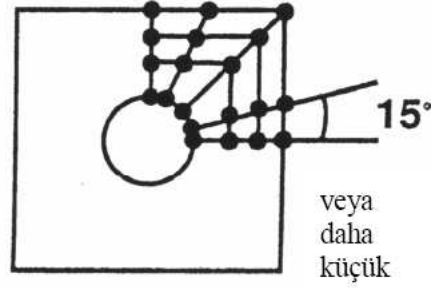
Hesaplanan değerlerin kabul edilebilir olup olmadıklarının kontrol edilmesi ayrı bir öneme sahiptir. Dikkat edilmesi gereken hususlar aşığıda kısaca belirtilecektir. Sınır koşullarının doğru olarak anlaşılp, modellenmesi son derece önemlidir. Sınır koşullarının yorumlanması sıkça hata yapılan noktalardan birisini oluşturmaktadır. Özellikle simetrik yapılarda modelin sadece bir kısmının hesaplamalarda kullanılması yeterli olabilmektedir (örneğin yarısı veya dörtte biri gibi). Böyle durumlarda yüklemenin simetrik olup, olmamasına göre hesap alanının sınırındaki nodlarda sınır koşullarının doğru yorumlanması son derece önemlidir.



Şekil 6.2 : Eleman Geometrisinde Müsaade Edilebilir Deformasyonlar.(a)Uzunluk oranı a/b için 10:1 oranına kadar müsaade edilebilir, (b) Açı $< 20^\circ-30^\circ$, (c) İki açıda $< 20^\circ-30^\circ$, (d) Genelde h/a oranı %5 den küçük olmalıdır.

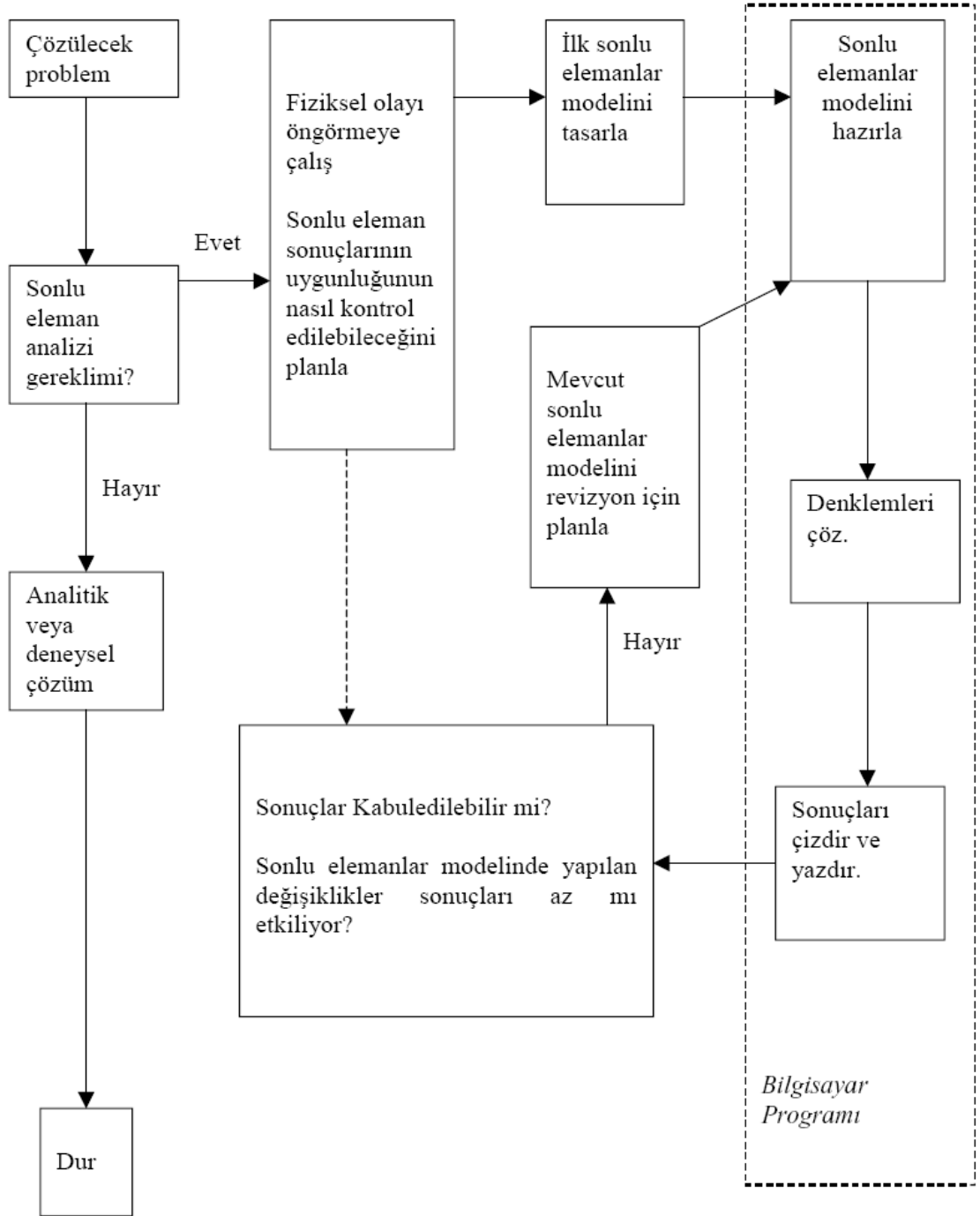


Şekil 6.3: Bir Silindirik Yüzey Etrafındaki Tipik Eleman Dağılımı ($\beta < 15^\circ$, 4 nodlu dört kenarlı elemanlar için $\beta < 30^\circ$, 8 nodlu dörtgen elemanlar)



Şekil 6.4 : Bir Delikli Geometride Delik Etrafındaki Tipik Eleman Dağılımı

Sonlu eleman programlarında genellikle gerilme değerleri ya kontur çizgileri ile veya değişik renk bantlarıyla sunulmaktadır. Bir gerilme konturu aynı gerilme değerine sahip noktaları birleştiren eğridir. Programlarda ortalama gerilme değerinin çizdirilmesi de istenebilmektedir. Bu modellemenin uygunluğunu inceleme aşamasında tavsiye edilmemektedir. Çünkü gerilme değerleri elemanlar arasındaki sınırlarda süreksizliğe sahiptir. Büyük süreksizliklerin olduğu bölgeler bize o bölgelerde daha sık eleman ağı oluşturmamız gerektiğini söylemektedir. Eğer ortalama gerilme değerinin çizdirilmesini istersek, modelleme açısından önemli olan bu bilgiye ulaşmamız mümkün olmayacaktır. Diğer yandan değişik gerilme değerleri (σ_x , σ_y , v.s.) çizdirilerek beklenen değerlerle karşılaştırılması yapılabilir. Teoriden yapının bazı bölgelerinde gerilme değerlerinin küçük, bazı bölgelerde ise büyük olabileceğini; bazı gerilme değerlerinin basınca, bazılarının ise çekmeye çalışacağını tahmin etmemiz mümkün olabilir. Bu ön görüler ile hesaplamalar arasında olabilecek uyumsuzluklar, bize yine modellemede problem olduğunu gösterecektir.



Şekil 6.5 : Sonlu Eleman Analiz Prosedürü

6.2.2 Eleman seçimi

Sonlu elemanlar ile modelleme aşamasında, "eleman tipi (çubuk, kabuk, v.s), eleman şekli (dörtgen, üçgen) ve eleman sayısı ne olmalı?", "ara nodlu elemanlar ihtiyaç var mı?" gibi bir takım soruların cevaplanması gerekmektedir. Bu soruların cevabı ancak analiz edilen yapının ve seçilen eleman tiplerinin davranışı hakkında bilgi sahibi olunduktan sonra cevaplanabilir. Örneğin, gerilme analizinde yapının bir bölgesindeki gerilme durumunu en iyi yansıtan eleman tipi o bölge için seçilmelidir.

6.2.2.1 3D Kiriş elemanı

3D Kiriş elemanı genel amaçlı bir sonlu eleman tipi olup, 3 boyutlu işlem yapabilme kapasitesine sahiptir. Bu eleman tipi aynı zamanda uzay kiriş elemanı olarak da adlandırılmaktadır. Eleman uzayda iki adet nod ile tarif edilmektedir. Üçüncü bir nod ise serbestlik derecesine haiz olmayan ve eleman koordinat sistemini tarif etmek amacıyla kullanılmaktadır. Elemanın iki ucunu tespit eden iki adet nod için 12 adet serbestlik derecesi mevcuttur. Her bir nod 3 adet öteleme ve 3 adet dönme serbestliğine sahiptir. Eleman herhangi doğrultuda gelen kuvvet ve herhangi bir eksen etrafında dönme zorlamasına direnç gösterecek kapasiteye sahiptir. Elemanı tarif etmek için nodların koordinatına, elastisite modülüne (E), kayma modülüne (G), kesit alanına, kesit atalet momenti değerlerine, burulma sabitine (J) ve kiriş eksenine dik doğrultudaki deformasyon faktörlerine ihtiyaç vardır.[6]

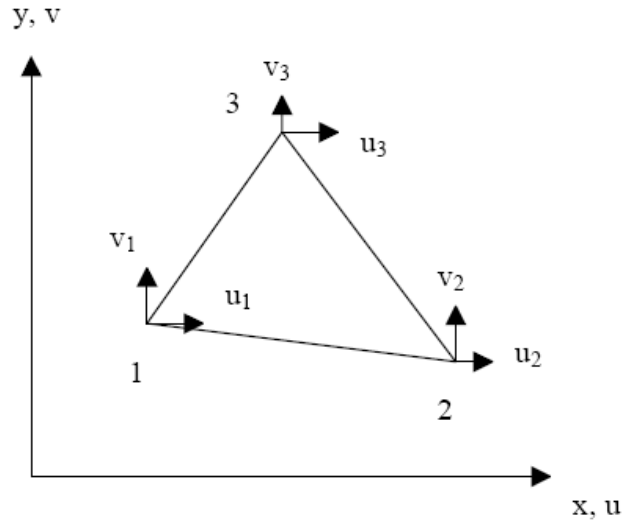
6.2.2.2 Sabit gerilmeli üçgen eleman (SGU)

SGU elemanı sabit kalınlığı olan, üç nod noktasını birleştiren ve toplam altı serbestlik derecesi ile tarif edilen bir elemandır. Eleman deplasman alanı aşağıdaki gibi tarif edilmektedir.

$$u = a_1 + a_2 + a_3 y \quad (6.2a)$$

$$v = a_4 + a_5 + a_7 y \quad (6.2b)$$

Yukarıdaki deplasman bağıntılarından görüldüğü gibi deplasman alanı eleman içinde ve kenarlar boyunca lineer'dir. Eleman sınırları içinde ise gerilme değerleri sabittir. Birbirine bağlı elemanlar arasında deplasman uyumluluğu (compatibility), bağlı iki nod noktası arasındaki lineer kenar deformasyon karakteristiği dolayısıyla sağlanmaktadır. Yapının bütün olarak kuvvet dengesi ise nod noktalarında sağlanır. SGU elemanı sonlu eleman modellerinde küçük gerilme gradyeni karakteristiğine sahip bölgelerde iyi sonuç verecektir. Diğer durumlarda SGU elemanının kullanılması iyi sonuç vermeyecektir. Örneğin sadece eğilmeye maruz bir yapıyı SGU elemanlarıyla modellemek gerçek problem ile uyumsuz sonuçlar verecektir. SGU elemanlarının bu olumsuzlukları, daha sık bir eleman ağ yapısıyla kısmen giderilebilir.



Şekil 6.6 : Sabit Gerilmeli Üçgen Eleman

6.2.2.3 Lineer gerilmeli üçgen eleman (LGU)

LGU elemanları SGU tip elemanların aksine, köşe noktalarına ilaveten kenar orta noktalarında birer adet daha nod noktasına sahiptir. Böylece her bir LGU elemanı 6 adet nod noktasına ve toplam olarak 12 nod serbestlik derecesine sahiptir. Eleman deplasman alanı ise aşağıdaki gibi tarif edilmektedir.

$$u = a_1 + a_2 x + a_3 y + a_4 x^2 + a_5 xy + a_6 y^2 \quad (6.3a)$$

$$v = a_7 + a_8 x + a_9 y + a_{10} x^2 + a_{11} xy + a_{12} y^2 \quad (6.3b)$$

SGU elemanın aksine gerilme büyüklüğü LGU elemanı içerisinde x ve y koordinatları ile lineer olarak değişmektedir. Sadece eğilmeye maruz yapılar için LGU elemanlarıyla yapılan modellemelerde, deplasman ve gerilme alanları için çok iyi yaklaşımlar elde edilecektir.

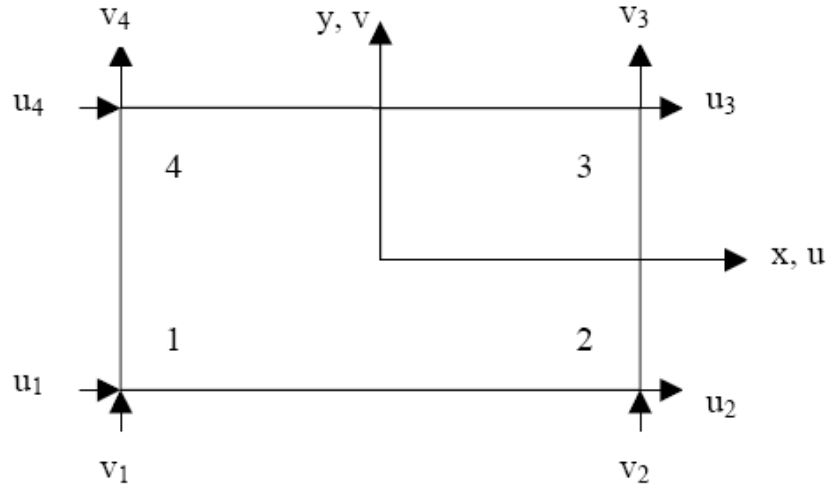
6.2.2.4 Çifte lineer dörtgen eleman

2 Boyutlu problemler için diğer bir tip eleman, çifte lineer dörtgen elemanlardır. Eleman köşelerinde dört adet nod yer almaktadır ve eleman sekiz nodal serbestlik derecesine sahiptir. Diğer yandan 8 nodlu eleman tipi için ise kenarların orta noktalarında dört adet nod vardır. Dört nodlu eleman için deplasman alanı aşağıdaki bağıntılarda verilmiştir.

$$u = a_1 + a_2 x + a_3 y + a_4 xy \quad (6.4a)$$

$$v = a_5 + a_6 x + a_7 y + a_8 xy \quad (6.4b)$$

Burada elemanın çifte lineer diye isimlendirilmesi u ve v deplasman bağıntılarının iki lineer polinomun çarpımından oluşmasından dolayıdır.



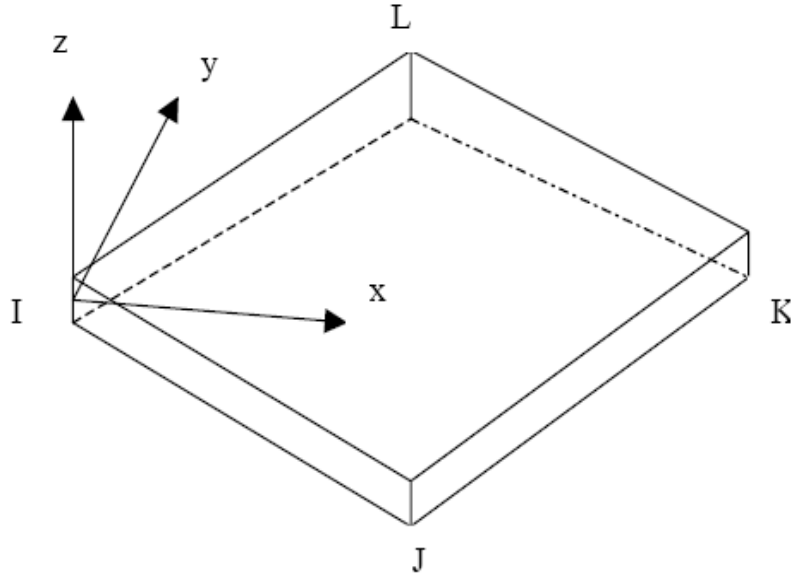
Şekil 6.7 : Dört Nodlu Çifte Lineer Dörtgen Eleman

Elemanın en önemli özelliği σ_x değeri x- koordinatından bağımsızdır. Bu eleman tipi, örneğin ucundan yüklü konsol kirişlerin modellenmesinde uygun sonuç vermeyecektir.

6.2.2.5 Kabuk elemanlar

Bir genel kabuk eleman membran ve eğilme etkisini aynı anda temsil edebilmelidir. Örneğin dört nodlu basit bir dörtgen eleman tarif edilebilir. Elemanı tarif eden tüm nodlar aynı düzlem üzerinde olmayabilir. Bu da elemanda çarpılmaya neden olur. Elemanın çarpılması performansını olumsuz yönde etkiler. Ticari paket programlarda küçük miktarlarda çarpılmaya müsaade edilmektedir. Bu dört nodlu elemanın en büyük avantajı formülasyonunun basit olmasıdır. Genellikle az sayıda daha karışık bir eleman tipi kullanılması yerine, daha fazla sayıda basit bir eleman tipi kullanılması tavsiye edilmektedir. Dört kabuk elemanın en büyük dezavantajı düzgün eğrisel yüzeylerin düzlem elemanlarla veya az miktarda çarpılmış şekle sahip olan elemanla temsil edilmesidir. Kabuk teorisine dayanarak elde edilen eğrisel yüzeyli elemanlar düzlemsel elemanların yaratmış olduğu problemleri ortadan kaldırmaktadır. Fakat diğer yandan beraberinde başka zorlukları getirmektedir. Eğrisel elemanı tarif etmek için çok daha fazla geometrik bilgiye ihtiyacımız olmaktadır. Elemanın formülasyonu ise düzlemsel elemanlara nazaran çok daha zordur.[6]

Kabuk elemanlar içerisinde dört nodlu ve dört kenarlı elastik kabuk eleman dikkat çekmektedir. Çoğu ticari programda yer alan bu eleman tipi eğilme ve membran yüklerini taşıyabilme özelliğine sahiptir. Eleman düzlemi içinde ve düzlemine dik doğrultudaki yüklemelere müsaade eder. Her nod, üç tanesi x, y, z- doğrultusunda öteleme ve üç tanesi de bu eksenler etrafında dönme serbestliği olmak üzere altı adet serbestlik derecesine sahiptir (Şekil 6.8). Eleman dört nod ile tarif edilmekte ve değişken kalınlığa müsaade edilebilmektedir. Değişken kalınlıklı elemanlar için kalınlık eleman içerisinde düzgün olarak değişmelidir. Bu eleman tipi plakların olduğu kadar düzgün eğrisel yüzeylerin modellenmesinde de kullanılmaktadır. Eğrisel yüzeylerde iyi bir yaklaşım elde edebilmek için fazla sayıda bu elemandan kullanılmalıdır. Formülasyonunun basit olması nedeniyle diğer tip elemanlara göre daha avantajlıdır.



Şekil 6.8 : Dört Nodlu Ve Dört Kenarlı Elastik Eleman (X,Y Eksenleri Eleman Düzlemi İçindedir).

6.2.3 Yükleler

Tekil yükleler mutlaka nod noktalarına uygulanmalıdır. Bu nedenle ağ yapısı tekil yüklelerin nodal noktalara uygulanmasını sağlayacak şekilde yapılandırılmalıdır. Klasik lineer teoriye göre bir noktaya tekil yük uygulandığı zaman, o noktada;

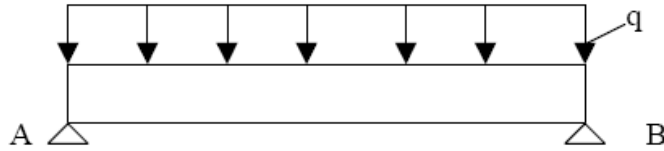
- a) Kiriş için sonlu bir deplasman ve gerilme değeri oluşur,
- b) Levha için sonlu deplasman, sonsuz gerilme değeri oluşur,
- c) İki- veya üç boyutlu geometrik cisim için ise sonsuz deplasman ve gerilme değeri oluşur.

Diğer yandan bir tekil yük malzemede o bölgede akmaya neden olacaktır. Lineer teori ise akmayı modellemez. Sonuç olarak tekil yükleler küçük alanlar üzerine dağıtılmış yüksek yoğunluklu yayıl yükleler olarak modellenebilir. Eğer tekil yük bir nod noktasına uygulanırsa sonsuz deplasman ve gerilme değeri hesaplanmaz. Bir tekil moment sadece öteleme serbestlik derecesine sahip bir noda uygulanamaz. Bu durumda tekil momentler eşlenik kuvvetler olarak temsil edilirler. Diğer yandan yayılı yükleler nod noktalarına tekil yükleler olarak uygulanırlar.

6.2.4 Sınır koşulları

Sınır koşulları yapıların mekaniğinde mesnet şartları olarak da isimlendirilmektedir. Sonlu eleman modellemelerinde sınır koşulları (mesnet şartları) sık sık yanlış veya eksik olarak tanımlanmaktadır. Modellemede sınır koşullarına gerekli özen daima gösterilmelidir.

Her ne kadar yapılan hata küçük gibi görülse de, sonuçlar üzerindeki etkisi oldukça büyük olacaktır. Örneğin Şekil 6.9’ da görülen ve iki ucu basit mesnetlenmiş kirişin sonlu elemanlar modelinde, elemanlar tarafsız ekseninden geçen çizgi üzerinde yer alırlar. Kiriş parçasının uçlarının yatay doğrultudaki hareketi sınırlandırıldığı için, kiriş bu doğrultuda zorlanmaya maruz kalacaktır. Bu nedenle kirişin sonlu eleman modelinin uçları düşey bağlantılarla A ve B noktalarına bağlanır.



Şekil 6.9: İki Ucu Basit Mesnetli Kiriş

Sonlu elemanlar modelinde aktif olmayan serbestlik dereceleri çözüm işleminden önce sınırlandırılmalıdır. Bu sınırlandırılması gereken serbestlik derecesi modelin sınırda veya başka bir bölgesinde olabilir. Örneğin düzlem elemanlar nodlarda düzlem içinde iki doğrultudaki ötelemeye karşı direnç gösterirler. Fakat genel amaçlı bir sonlu elemanlar programı her bir noda üçü öteleme ve diğer üçü de dönme olmak üzere altı serbestlik derecesi atayacaktır. Rijitlik matrisinde tekillikleri önlemek amacıyla düzlem elemanlar için her noddaki üç dönme serbestliği ve eleman düzlemine dik doğrultudaki öteleme serbestliği kısıtlanmalıdır. Çünkü seçilen eleman tipi bu serbestlik dereceleri için direnç gösteremeyeceğinden, rijitlik matrisinde tekillikler oluşacak, bu da denklemlerin çözümünü zorlaştıracak veya imkansız hale getirecektir. Doğru bir modelleme için düzlem elemanların her bir nodu için üç serbestlik derecesi atanır. Sınır koşulları için ise yine sınırda yer alan nodlar için bu serbestlik derecelerinden bazılarının kısıtlanması gerekebilir.

Bazı durumlarda gerçek problem için sınır koşulları net olarak anlaşılır olmayabilir. öyle durumlar için çözümün üst ve alt sınırlarını iki ayrı analizle saptamak fiziksel olarak daha anlamlı olabilir. Örneğin iki ucundan mesnetlenmiş üniform yüklü bir kirişin uçları dönmeye belli olmayan bir dereceye kadar kısıtlanmış olabilir. Böyle bir durum için kirişin uçları bir çözüm için basit mesnetli olarak kabul edilir, diğer bir analiz içinse tamamıyla tespit edilmiş olarak kabul edilerek problem çözülür. İki analizden elde edilen değerler aslında gerçek problem için alt ve üst sınırları göstermektedir.

6.3 Sonlu Eleman Program Kullanıcısının Sorumlulukları

Günümüzde ticari sonlu eleman paket programları son derece yaygınlaşmıştır. Tecrübesiz bir kullanıcı bile bir takım sonuçlar üretip, son derece cazip grafikler hazırlayabilir. Örneğin bir gerilme analizi için sonlu eleman modeli iyide olsa, kötüde olsa ehliyetsiz bir kullanıcı bile kolaylıkla gerilme konturları üretebilir. Kötü bir ağ yapısı, kötü seçilmiş eleman tipleri, doğru olmayan yükleme şekliyle yaratılan modeller bile dikkatsizce yapılan bir kontrolde gözden kaçabilecek uygunlukta sonuçlar verebilir. Ehliyetli bir kullanıcı ancak mevcut problemin fiziğini anladıktan sonra uygun bir modellemeye gidebilir ve sonuçları yorumlayabilir. Kullanıcı aynı zamanda yarattığı modelin yükleme altında nasıl davranacağını öngörebilmelidir. Elde edilen çözümlerdeki yanlışlıklar yazılımdaki hatadan kaynaklansa bile, sonuçların sorumluluğu programcıya değil, kullanıcıya aittir.

7. KRENİN GENEL OLARAK SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

7.1 Giriş

Son on yılda yapısal analizler için kullanılan bilgisayar uygulamaları çok büyük gelişmeler göstermiştir. Sonlu elemanlar metodu, farklı tipte yapısal modeller için statik ve dinamik analizde yüksek oranda doğruluk sağlar. Kren analizinde iki sonlu elemanlar modeli kullanılmıştır. Birincisinde krenin elemanları üç boyutlu çerçeve elemanları olarak dikkate alınmış ikinci modelde ise daha kapsamlı olan kabuk elemanları kullanılmıştır. Sistem davranışının lineer elastik olduğu dikkate alınmıştır ve analiz için LUSAS programından yararlanılmıştır.

7.1.1 Sonlu elemanlar analizinde kullanılan lusas programı

Bu çalışmada kullanılan LUSAS (London University Stress Analysis System) programı 1970 yılında İmparatorluk Kolejlin (Imperial College) ‘ de geliştirilmiştir. LUSAS sonlu elemanlar analiz programı lineer, nonlinear gerilme, dinamik, kompozit ve termal mühendislik analizi problemlerini çözebilmektedir. Program bütün yapısal analiz çeşitleri için uygun olan 140 eleman tipini içeren çok kapsamlı bir eleman kütüphanesine sahiptir. Krenin modellenmesinde kullanılan elemanlardan biri üç boyutlu çerçeve elemanıdır, diğeri ise QSI4 kabuk elemanıdır.

7.2 Krenin Üç Boyutlu Çerçeve Modeli

Kren sistemi, gerilme ve ana yerdeğiştirme kontrolünün hızlı bir şekilde yapılabilmesi için her bir düğüm noktası için 6 serbestlik derecesi ile üç boyutlu çerçeve eleman kullanılarak idealize edilmiş ve modellenmiştir. Krenin geometrik karakteristiği ve onu oluşturan çok çeşitli eleman tipinden ötürü yapı, planlanmış geometrik yerleşimin temel prensiplerine dayanılarak modellenmiş ve hazırlanmıştır. Kren sistemindeki her bir elemanın geometrisi ve atalet ile ilgili özelliklerinden dolayı bir bütün olarak düşünülmüş ve o şekilde analizi yapılmıştır.

Krenin dayanak yerlerinden iki mafsallı olarak düşünölmüş, diğör dayanaklar ise krenin ray üstünde kaydığı eksende serbest olarak hareketine izin verilmiştir. Hareketli yüklerin analizi, geniş I profili putrel boyunca hareket eden yükten dolayı herhangi bir eylemin değeri izlenerek yapılmıştır. Tüm kren sistemi, üç boyutlu iskelet modeline göre yapılmış analizinden belirlenen yer değıştirme ve gerilme değeri elde edildikten sonra iki boyutlu kabuk elemanlarla tekrar modellenmiş, komple bir analiz sunulmuştur.

7.3 Üç Boyutlu Çerçeve Elemanı

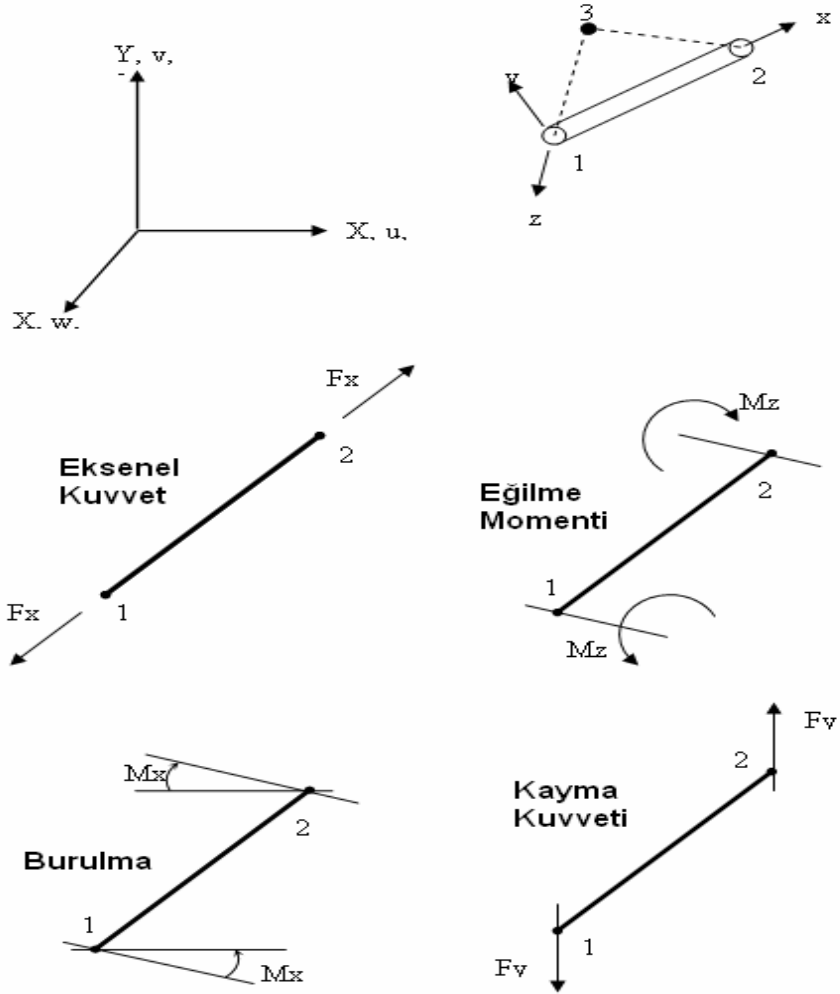
Bu eleman iki düğüm noktasından oluşan prizmatik lineer eleman olup, 3 boyutlu kiriş-sütun formölasyonuna dayanmaktadır. 12 serbestlik derecesine sahip bu elemanlar, iki temel eksendeki aksenal kuvvetlere, kesme kuvvetlerine, eğilme momentine ve boyuna eksendeki bükölme momentine direnç gösterme yeteneğıne sahiplerdir.[7] Kiriş-sütun elemanının malzeme özelliğı ise elastik modöl (E) ve kesme modölü (G) ‘dür Malzemelerin geometrik özellikleri ise lokal olarak kesit alanı A_x , kesme alanı A_y , A_z , atalet momentleri I_{yy} , I_{zz} ve burulma moment J_r ’dir. Şayet I_{yy} , I_{zz} ve $J_r=0$ ise eleman bozularak kiriş elemana dönüşür.

Tablo 7.1 : Elemana Yerel Koordinat Sisteminde Uygulanan Lokal Kuvvetler

İsim	Açıklama	Birim
F_x :	Eksenal Kuvvet	(kN)
F_y :	“y” yönündeki kesme kuvveti	(kN)
F_z :	“z” yönündeki kesme kuvveti	(kN)
M_x :	Burulma	(kN.m)
M_y :	“xy” düzlemindeki moment	(kN.m)
M_z :	“yz” düzlemindeki moment	(kN.m)

Tablo 7.2 : Kiriş Eleman İşaret Dağılımı

Eksenel Kuvvet	pozitif	Eksenel Çeki
	negatif	Eksenel Bası
Eğilme Momenti	pozitif	Yatıklık Momenti
	negatif	Sarkıklık Momenti
Burulma	pozitif	Saat Yönü Tersi (1.düğüm noktası), Saat Yönü (3.düğüm noktası)
	negatif	Saat Yönü (1.düğüm noktası) Saat Yönü Tersi (3. düğüm noktası)

**Şekil 7.1: Altı Serbestlik Dereceli 3 Boyutlu Çerçeve Eleman**

7.4 Dörtgen Kabuk Elemanı (QSI4)

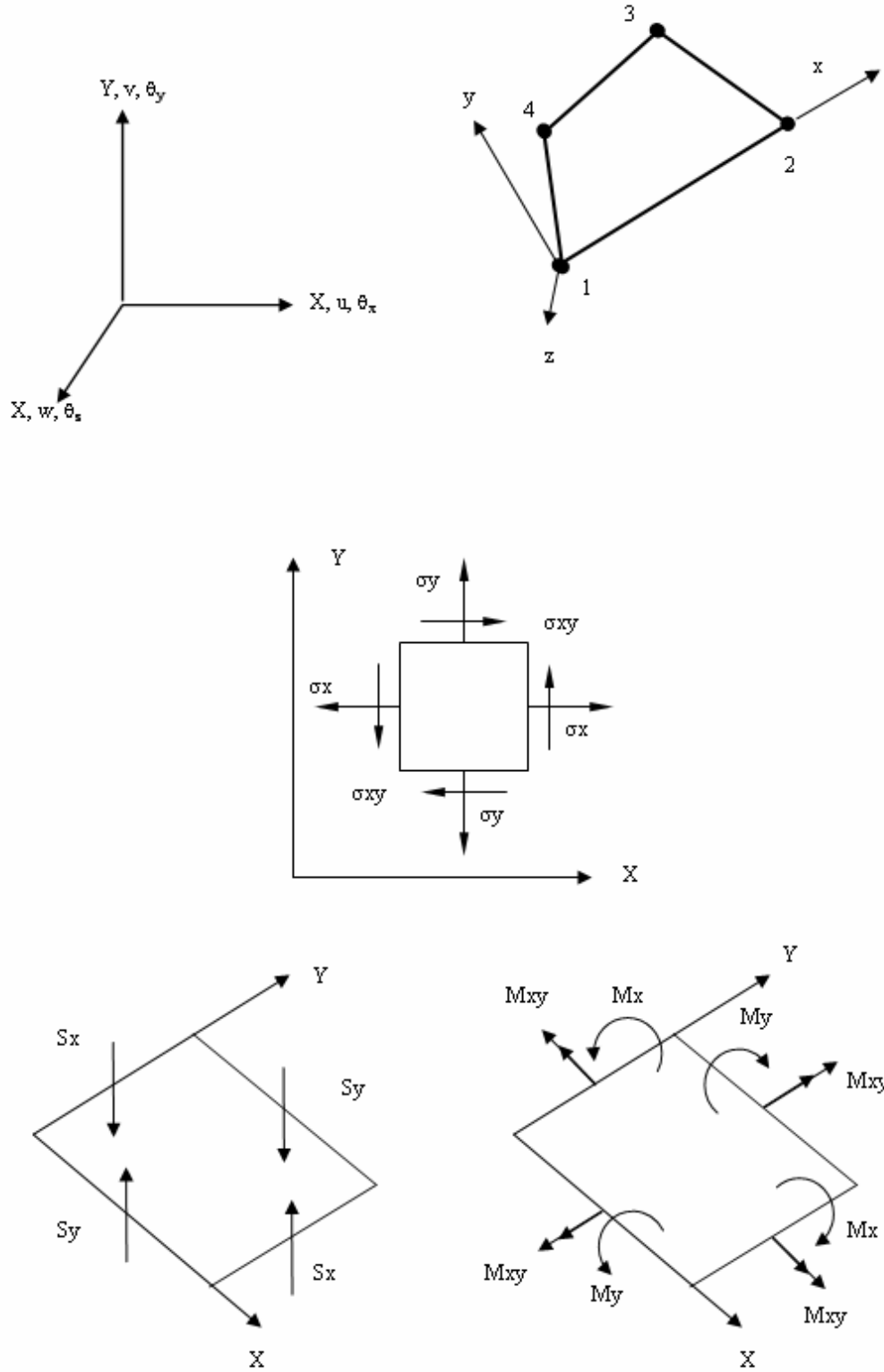
Bu eleman, modellemede yüksek performans veren bir yapı elemanı olmasıyla beraber membran ve bükülmeye ilişkin deformasyonları da göz önünde bulundur. Elemanlar saat yönünün tersi yönünde 3 veya 4 düğüm noktasından oluşur. Her bir düğüm noktasını U, V, W , θ_x , θ_y , θ_z olmak üzere 6 serbestlik derecesine sahiptir. Analizde QSI4 kabuk eleman kullanılmıştır.

Eleman çıkış gerilimi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

- Membran hareketinden dolayı oluşan gerilmeler.
- Eğilme hareketinden dolayı oluşan gerilmeler.
- Eğilme ve membran hareketinden dolayı üst yüzeyde oluşan gerilmeler.
- Eğilme ve membran hareketinden dolayı alt yüzeyde oluşan gerilmeler.

Tablo 7.3 : Kabuk Elemanlar İçin İşaret Dağılımı

Direkt Gerilme	pozitif	Çeki
	negatif	Bası
Kesme Gerilmesi	pozitif	xy, yz ve zx kadrantlarındaki kesme
	negatif	xy, yz ve zx kadrantlarındaki kesme
Direkt Gerilme	pozitif	Çeki
	negatif	Bası
Bükülme Gerilmesi	pozitif	Hogging moment (Eleman üst yüzeyinde pozitif gerilme yaratır)
	negatif	Sagging moment (Eleman üst yüzeyinde negatif gerilme yaratır)



Şekil 7.2: Kabuk Elemanlar İçin Kullanılan Yerel Koordinat Sistemi

7.5 Kren Elemanlarının Malzeme Özellikleri

Kren elemanlarının hepsi, aşağıdaki tablolarda özellikleri verilen çelik malzemelerden imal edilmiştir.

Tablo 7.4 : Elastik Malzeme Özellikleri

Kren Parçası	Elastisite Modülü, E,	Poisson Oranı
	kN/m ²	v
Tüm Çelik Yapı	210*10 ⁶	0.3

Tablo 7.5 : Mukavemet Özellikleri

Kren Parçası	Öz Ağırlığı	Elastik Limit
	ρ (Ton/m ³)	σ (kg/cm ²)
Tüm Çelik Yapı	8,1	2600

7.6 Standartlar ve Tanımlamalar

Krenler uluslararası standart enstitülerinin standartları ve yönergeleri doğrultusunda tasarlanırlar. Bu çalışmada da tasarım sırasında kren spesifikasyonları ve bazı tanımlamalara ihtiyaç duyulmuştur. Bu aşamada Federation European De La Manutention (F.E.M.) yönetmeliğine başvurulmuştur. [8]

7.7 Analizle İlgili Genel Kabuller

Krenin mukavemet ve stabilitesi , işletme ve durma anında maksimum yük altında bu yüke dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Bu yükler; krenin hareketsiz ağırlığı, yürütülen yükün ağırlığı, harekete karşı gösterilen direnç, dinamik etkiler ve rüzgar yüküdür.

Tasarım, belirtilen standartlar dahilinde gerilme, kuvvet, moment ve servis ömrü gibi çeşitli büyüklüklerin değerlerinin karşılaştırılmasını içerir. Mukavemet ve stabilite için yapılan tasarım, çeşitli yük koşulları altında yürütülen yükün en az uygun olanak veren durumları için, belirtildiği üzere analiz yapılarak gerçekleştirilmiştir.

7.8 Kren Sisteminin Özellikleri

Krenin genel özelliklerini aşağıdaki gibidir:

Tablo 7.6 : Krenin Genel Özellikleri

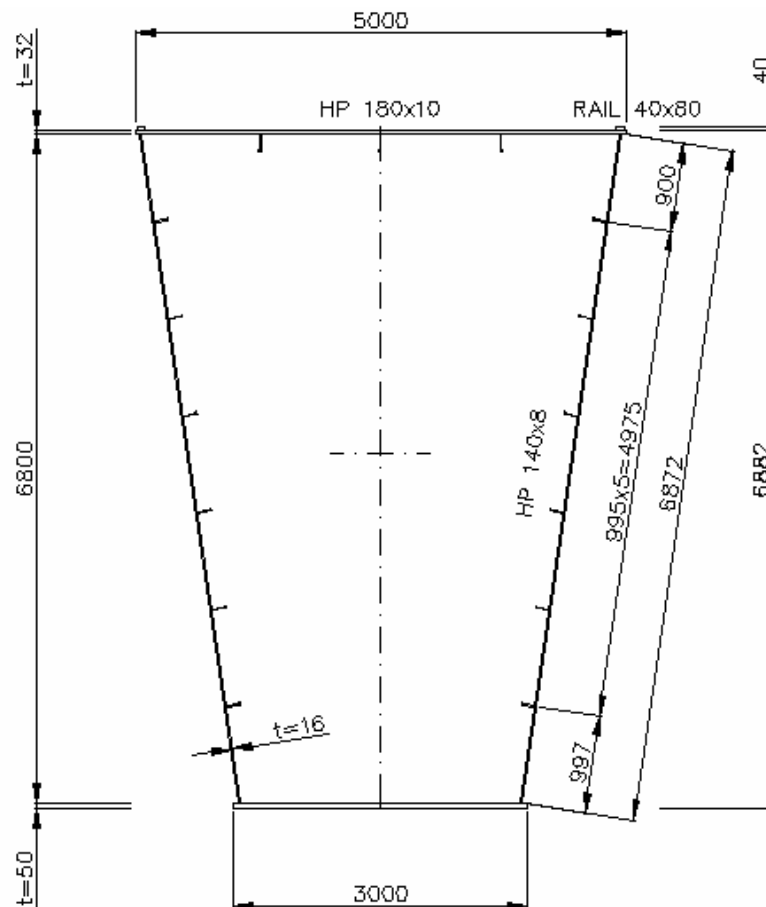
Kren Tipi	Portal Kren
Açıklık	100 m
Kaldırma Sistemi	
Kaldırma Kapasitesi	500 ton
Kaldırma Yüksekliği	57 m
Kaldırma Hızı	2,2 m/d (tam yük) frekans inverterli
Elektrik Motoru	2 x 132 kw
Portal Kren Hareket Sistemi	
Hareket Hızı	0÷17 m/d (tam yük) frekans inverterli
Elektrik Motoru	16 x 18,5 kw
Araba Hareket Sistemi	
Hareket Hızı	0÷20 m/d (tam yük) frekans inverterli
Elektrik Motoru	2 x 37 kw

8. KRENİN GEOMETRİK KARAKTERİSTİKLERİ

Bu bölümde krenin farklı parçalarının kesit görünüşleri verilmiştir. Buradaki çizimler AutoCAD çizim ortamından elde edilmiştir.

8.1 Ana Kriş

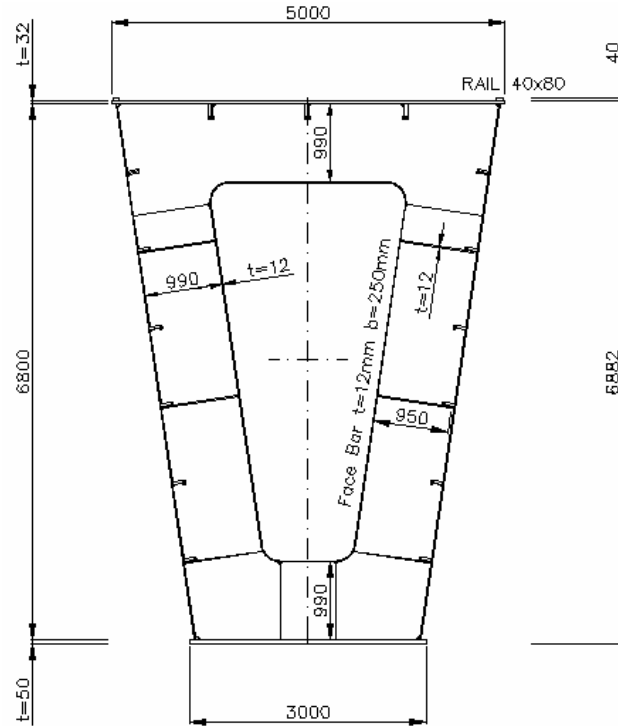
Kren Sisteminde kullanılan ana giriş kaynaklı konstrüksiyon olarak yapılmış olup, profili Şekil 8.1 ve ilgili fiziksel özellikleri Tablo 8.1 ‘de verilmiştir.



Şekil 8.1 : Ana Kiriş Kesiti

Tablo 8.1 : Ana Kiriş I Profili Putrelinin Fiziksel Özellikleri

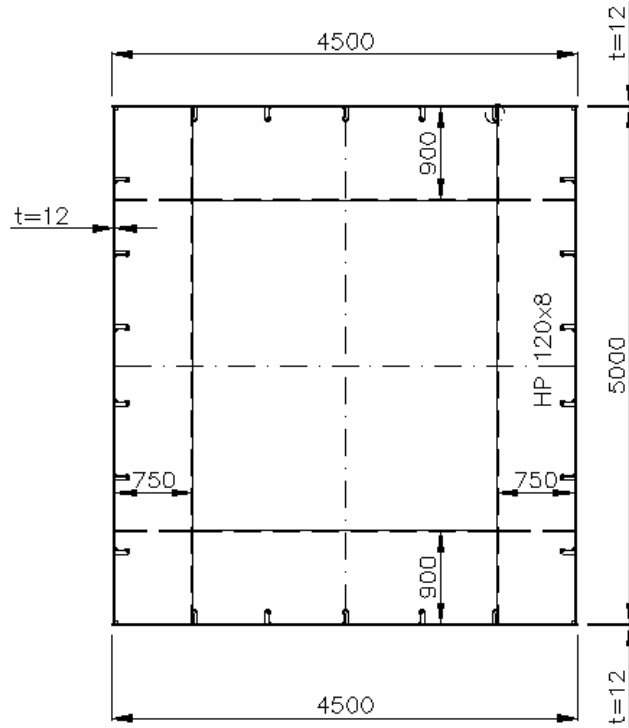
Bölgeler (mm)		
Alan		559 706.62
Çevre Uzunluğu		48 618.46
Bounding box	X	0.00
	Y	-257.02
Kütle Merkezi	X	-0.01
	Y	0.00
Atalet Momenti	X	4 659 779 485 812.44
	Y	1 391 840 197 379.58
Atalet Çarpımı	XY	-21 241 264.02
Dönme Yarı Çapı	X	2 885.38
	Y	1 576.94
Kütle Merkezindeki Ana Moment ve X-Y Yönleri		
	I	1 391 840 197 157.06
	J	4 659 779 485 947.77



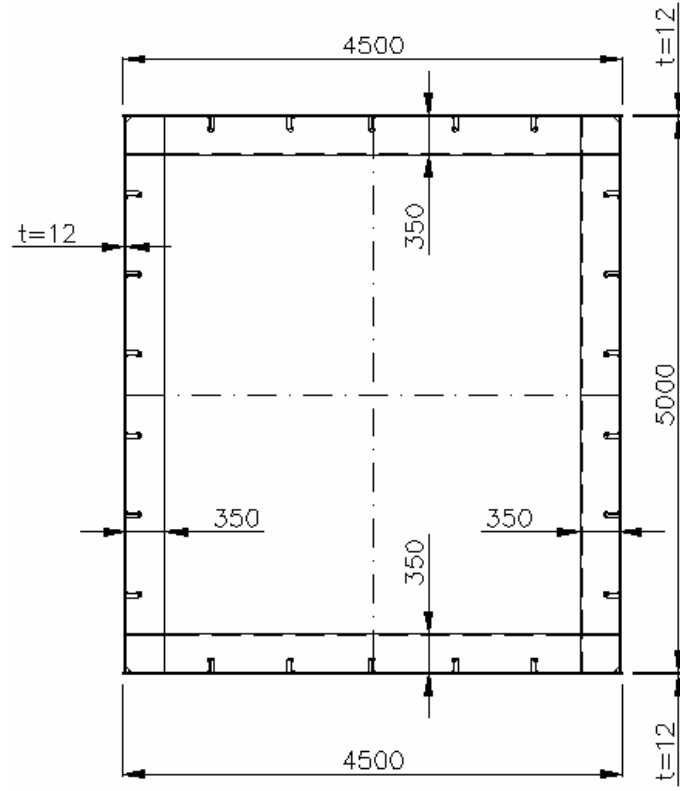
Şekil 8.2 : Bir No'lu Yapı

Tablo 8.2 : Rijit Bacak Sütun Kısımının Fiziksel Özellikleri

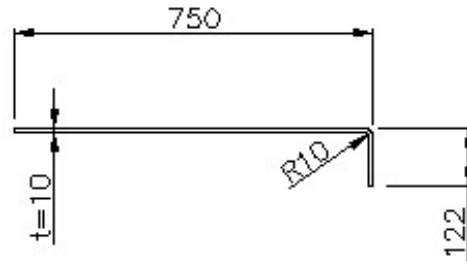
Bölgeler (mm)		
Alan		253 668.61
Çevre Uzunluğu		43 751.87
Bounding box	X	0.00
	Y	0.00
Kütle Merkezi	X	0.00
	Y	0.00
Atalet Momenti	X	1 018 128 726 498.76
	Y	852 938 985 258.61
Atalet Çarpımı	XY	-9 972 732.14
Dönme Yarı Çapı	X	2 003.40
	Y	1 833.69
Kütle Merkezindeki Ana Moment ve X-Y Yönleri		
	I	852 938 985 170.07
	J	1 018 128 726 498.76



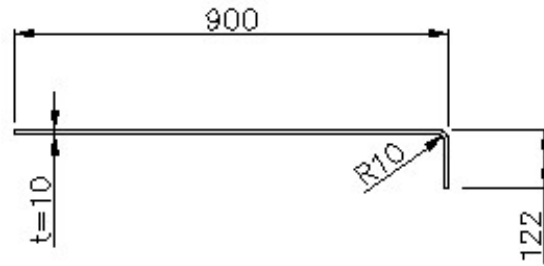
Şekil 8.5 : Bir No'lu Yapı



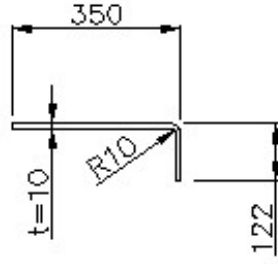
Şekil 8.6 : İki No'lu Yapı



Şekil 8.7 : Bir No'lu Yapı Sağlamlaştırıcı Kesit-A

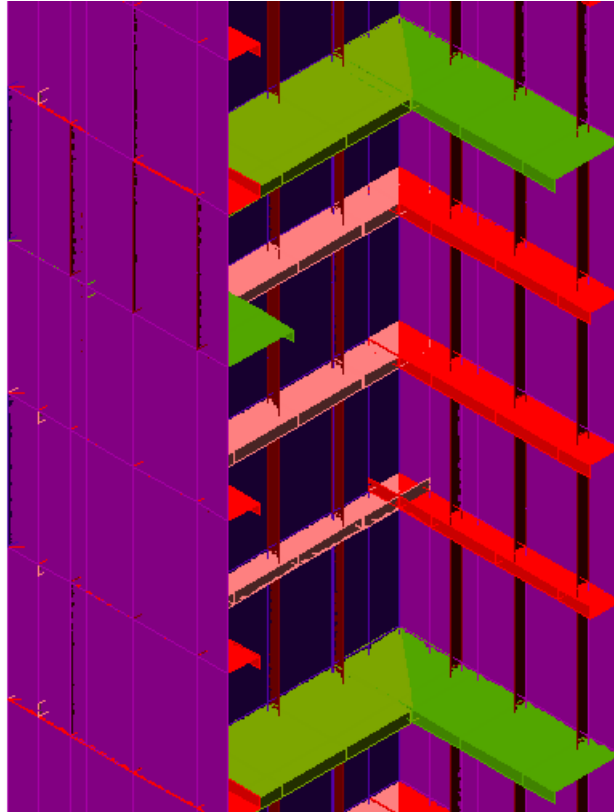


Şekil 8.8 : Bir No'lu Yapı Sağlamlaştırıcı Kesit-B



Şekil 8.9 : İki No'lu Yapı Sağlamlaştırıcı Kesit

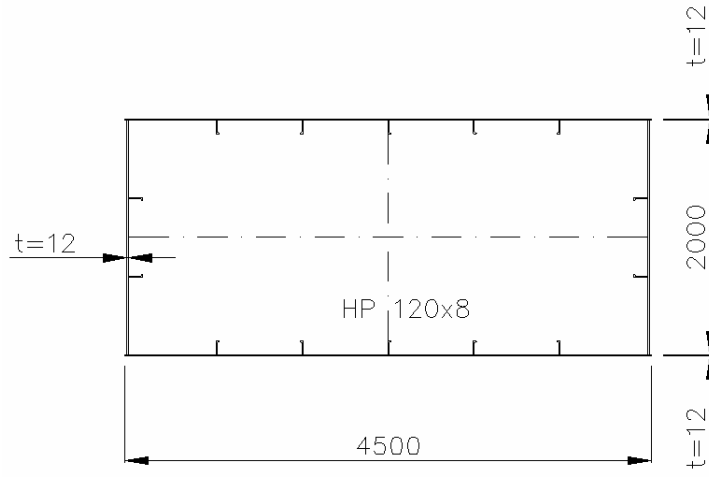
Kutu kirişli portal krenlerde sütun ve kolon parçalarının içine yapıya destek elemanlarıyla bir iskelet sistemi oluşturulur. Aşağıdaki Şekil 8.10'da görüldüğü gibi rijit bacak kolonunun kesit görünüşünü gösterilmiştir. Burada iskelet aralığı 1.500 mm' dir.



Şekil 8.10 : Rijit Bacak Sütun Yapısı Kesiti

8.3 Rijit Bacağın Eğik Elemanları

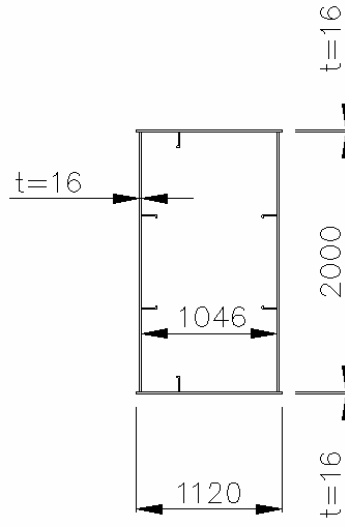
Kren sisteminde kullanılan rijit bacağın eğik elemanları Şekil 8.11 ve Şekil 8.12’de gösterilen ölçülerde yapılmış olup, profile ait gerekli fiziksel özellikler ise Tablo 8.3 ve 8.4’de görüldüğü şekilde elde edilmiştir.



Şekil 8.11 : Üst Kesit

Tablo 8.3 : Rijit Bacak Eğimli Kısım Üst Kesitinin Fiziksel Özellikleri

Bölgeler (mm)		
Alan		172 334.57
Çevre Uzunluğu		29 660.28
Bounding box	X	0.00
	Y	0.00
Kütle Merkezi	X	0.03
	Y	0.00
Atalet Momenti	X	135 942 895 399.99
	Y	453 709 156 667.48
Atalet Çarpımı	XY	0.00
Dönme Yarı Çapı	X	888.16
	Y	1 622.57
Kütle Merkezindeki Ana Moment ve X-Y Yönleri		
	I	135 942 895 399.99
	J	453 709 156 537.15

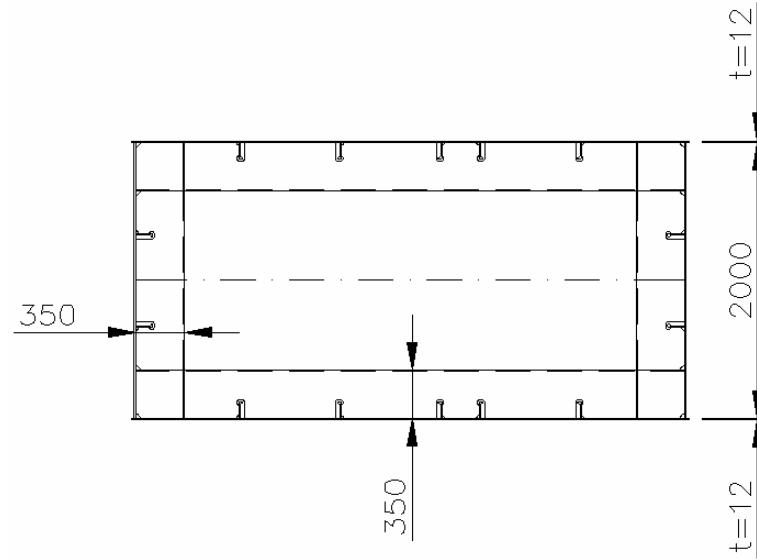


Şekil 8.12 : Alt Kesit

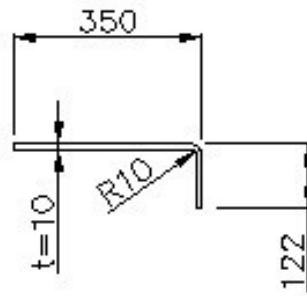
Tablo 8.4 : Rijit Bacak Eğimli Kısım Alt Kesitinin Fiziksel Özellikleri

Bölgeler (mm)		
Alan		106 840.53
Çevre Uzunluğu		14 048.69
Bounding box	X	0.00
	Y	0.00
Kütle Merkezi	X	-5.09
	Y	0.00
Atalet Momenti	X	60 365 917 307.83
	Y	22 886 991 077.32
Atalet Çarpımı	XY	0.00
Dönme Yarı Çapı	X	751.67
	Y	462.84
Kütle Merkezindeki Ana Moment ve X-Y Yönleri		
	I	22 884 223 433.18
	J	60 365 917 307.83

Rijit bacak sütun parçasına ait iki farklı yapı Şekil 8.12 ve 8.13’de ayrı ayrı boyutlandırılarak gösterilmiştir.



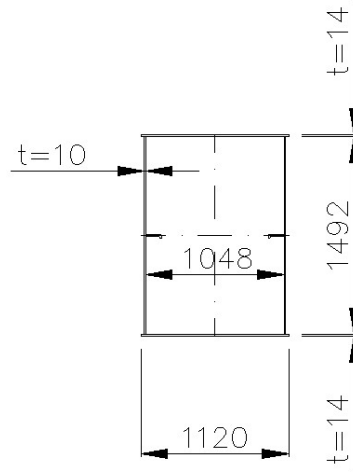
Şekil 8.13 : İskelet Örneği



Şekil 8.14 : Sağlamlaştırıcı Kesit (İskelet Aralığı : 1.430 mm)

8.4 Rijit Bacak Uç Taşıyıcısı

Kren Sisteminde kullanılan rijit bacak uç taşıyıcısı kaynaklı konstrüksiyon olarak yapılmış olup, profili Şekil 8.15 ve ilgili fiziksel özellikleri Tablo 8.5 'de verilmiştir.



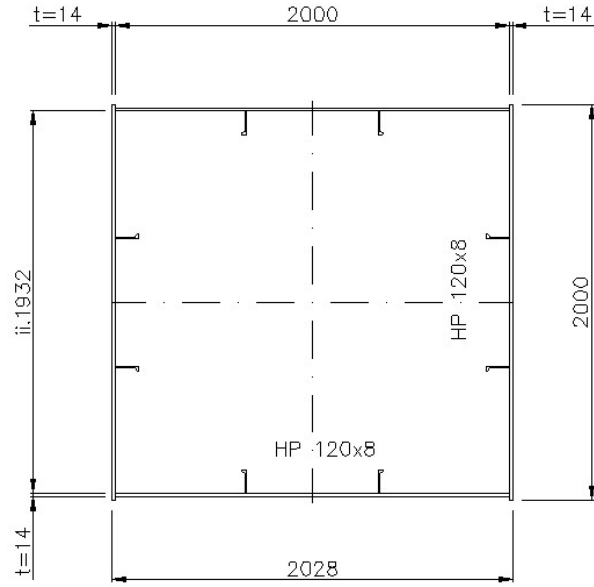
Şekil 8.15 : Kiriş Kesiti

Tablo 8.5 : Rijit Bacak Uç Taşıyıcısı Fiziksel Özellikleri

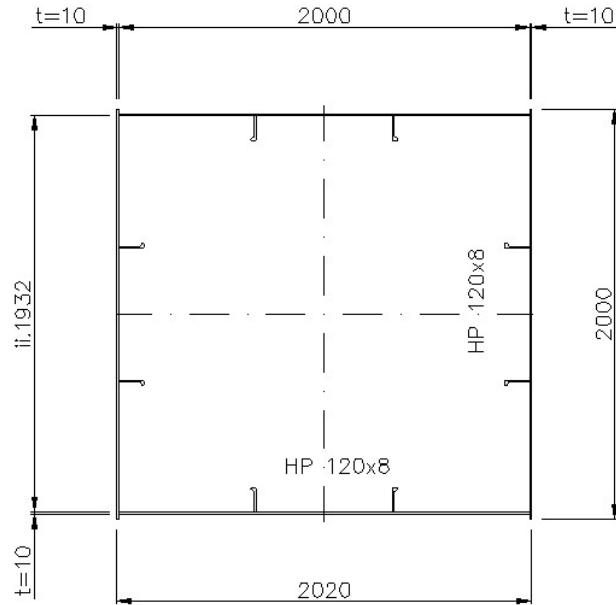
Bölgeler (mm)		
Alan		63 533.51
Çevre Uzunluğu		10 986.90
Bounding box	X	-560.00 -- 560.00
	Y	-760.00 -- 760.00
Kütle Merkezi	X	0.00
	Y	0.00
Atalet Momenti	X	23 317 465 040.11
	Y	12 114 422 700.12
Atalet Çarpımı	XY	0.00
Dönme Yarı Çapı	X	605.81
	Y	436.67
Kütle Merkezindeki Ana Moment ve X-Y Yönleri		
	I	12 114 422 700.12
	J	23 317 464 686.61

8.5 Mafsal Bacak

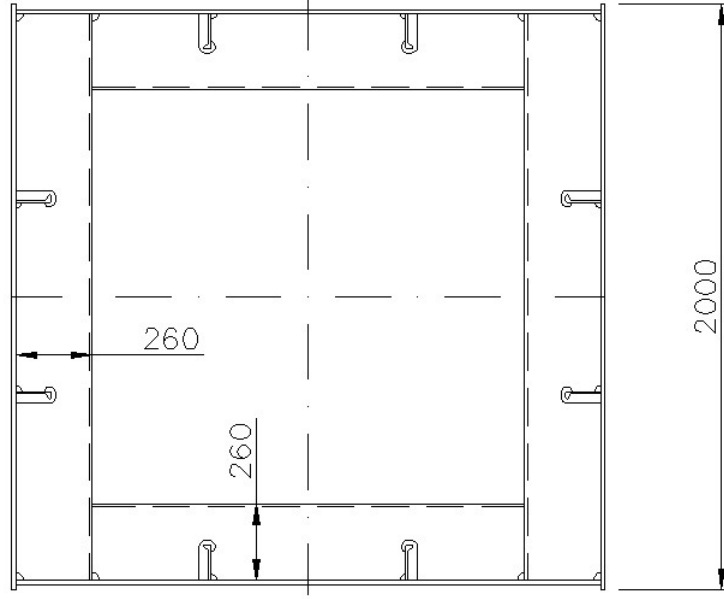
Kren sisteminde kullanılan mafsal bacak Şekil 8.16’da gösterilen ölçülerde yapılmış olup, mafsal bacağa ait iki farklı yapı Şekil 8.17 ve 8.18’de ayrı ayrı boyutlandırılarak verilmiştir.



Şekil 8.16 : Mafsal Bacak, Kesit-1



Şekil 8.17 : Mafsal Bacak, Kesit-2



Şekil 8.18 : Mafsal Bacak İskelet Kesiti

9. KREN SİSTEMİNİN SONLU ELEMANLAR MODELİ

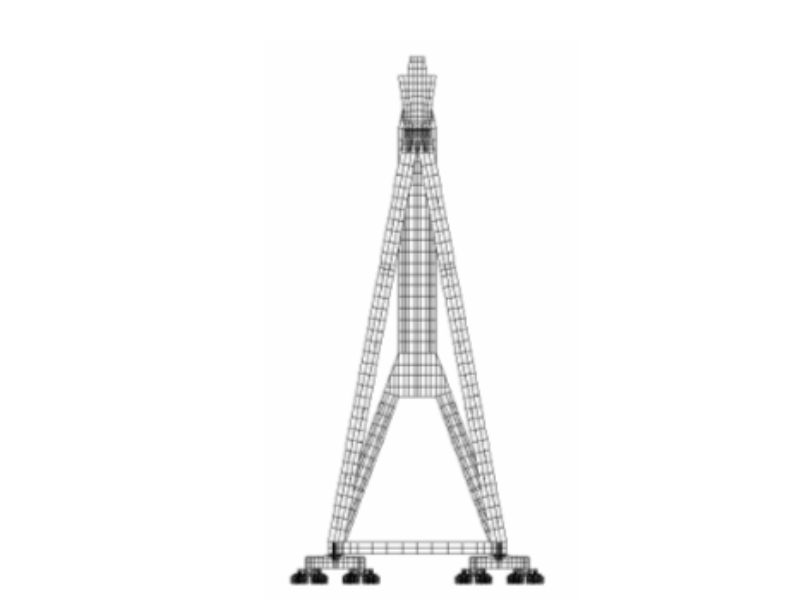
Daha doğru sonuçlar elde edebilmek için kren kabuk ve kiriş elemanlarının kombinasyonları kullanılarak modellenmiştir. Bu model statik, dinamik ve doğal frekans analizleri için kullanılmıştır. Bu model 30000 düğüm (node) ve 28000 eleman içermektedir.

9.1 Modelin Genel Görünüşleri

Kren modelini daha iyi bir şekilde göz önünde canlandırabilmek için krenin üç boyutlu modelinin bazı açılardan görünüşleri aşağıda verilmiştir.



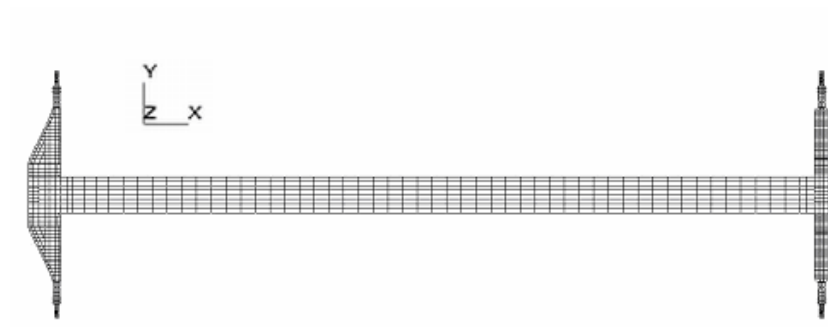
Şekil 9.1 : Krenin Genel Ağ Yapısı



Şekil 9.2 : Krenin Genel Ağ Yapısı Yandan Görünüm



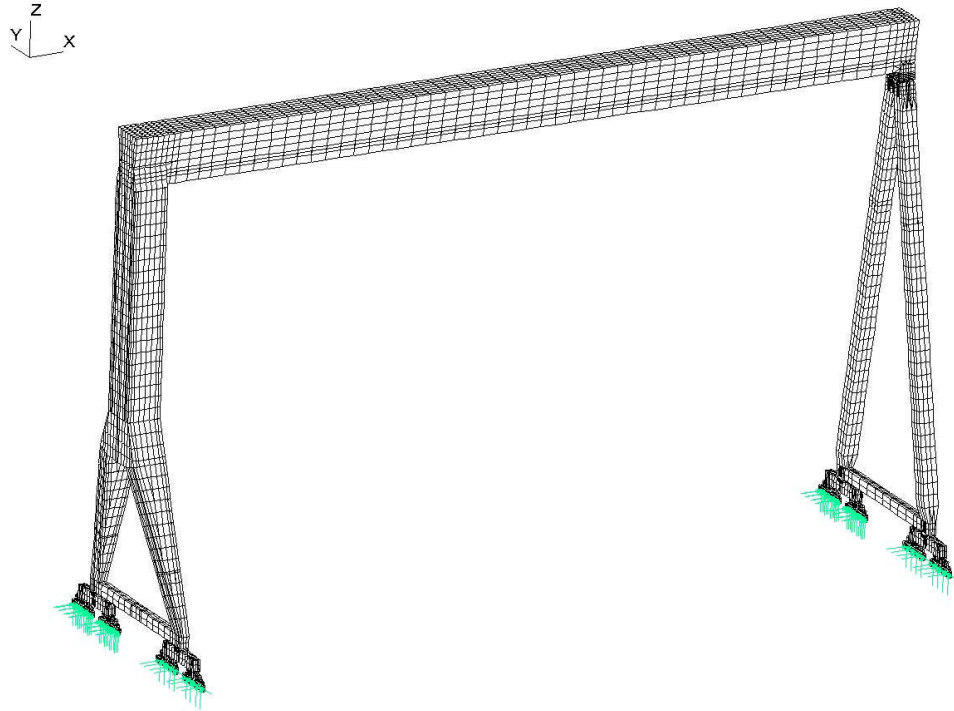
Şekil 9.3 : Krenin Genel Ağ Yapısı Önden Görünüm



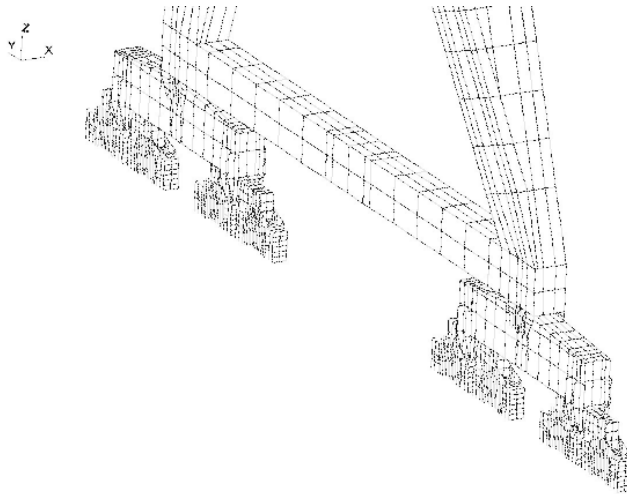
Şekil 9.4 : Krenin Genel Ağ Yapısı Üstten Görünüm

9.2 Mesnet ve Sınır Şartları

Krenin sınır şartları, olası çalışma durumlarına göre seçilmiştir. Bütün teker dokunma yüzeyleri basit mesnetler olarak dikkate alınır. Krenin yüklenmesi halinde iki durum söz konusudur, Bunlar; krenin hareket halinde olması durumu diğeri ise krenin hareketsiz veya frenlenmiş olduğu durumudur.



Şekil 9.5 : Krenin Mesnetleri İle Beraber Genel Görünümü



Şekil 9.6 : Krenin Rijit Bacağının Yakından Görünümü

10. KREN SİSTEMİNE UYGULANAN YÜKLER

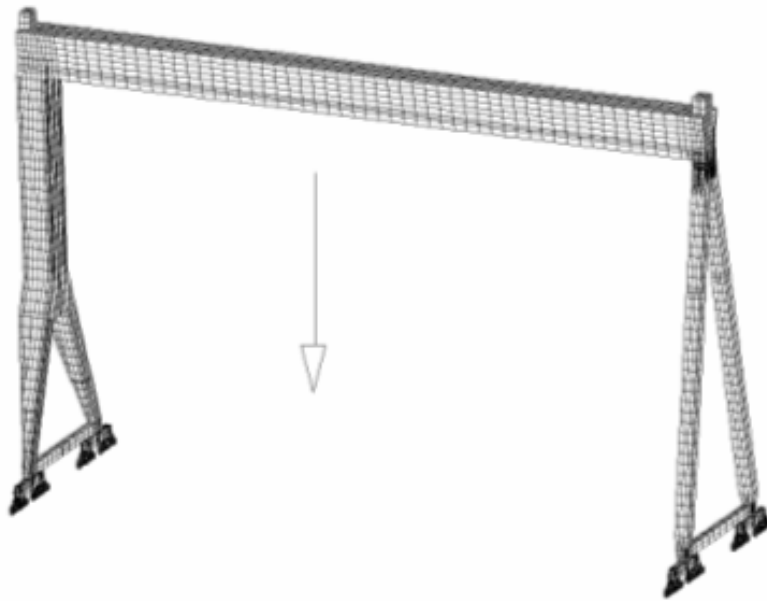
Bir portal kren sistemi işletimli ve işletimsiz hallerde çeşitli iç ve dış yüklere maruz kalır. Bunlar krenin kütlesinden ötürü oluşan ölü ağırlık, rüzgar yükü ve dinamik yüklerdir.[9] İşletim halinde kuvvetlere ilaveten yürütülen yük ağırlığı, krenin hareketine direnç olduğu öngörülmüştür.

10.1 Ölü Ağırlık

Ölü ağırlık ; krenin kendi ağırlığı, arabanın kendi ağırlığı ve kancanın kendi ağırlıkları toplamıdır. Arabanın ve kancanın kendi ağırlığından dolayı oluşan yükün ana kiriş boyunca hareket ettiği düşünülmüştür.

10.1.1 Krenin kendi ağırlığı

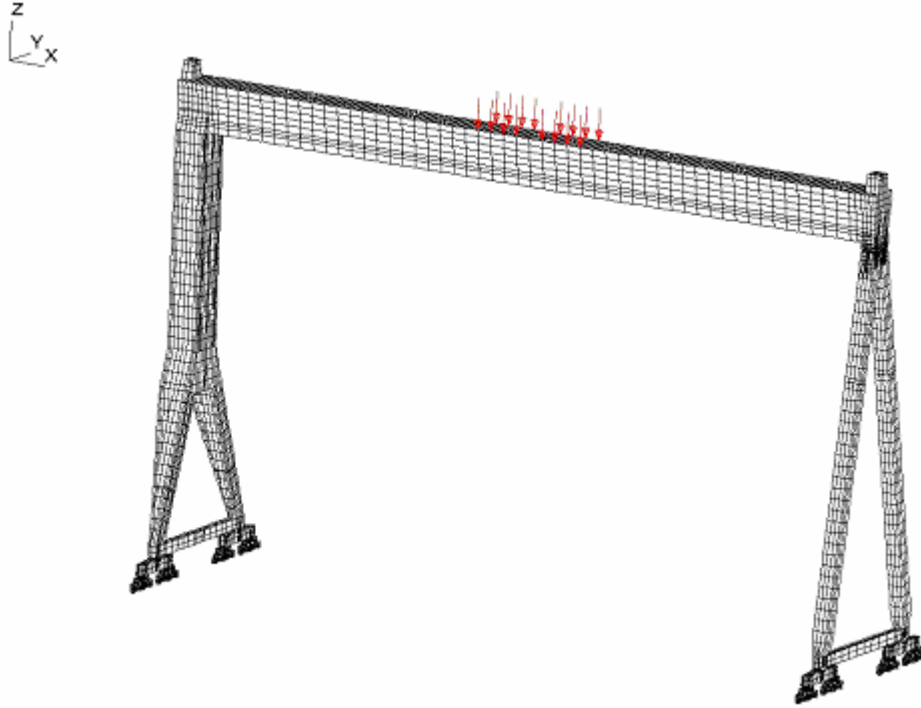
Krenin kendi ağırlığının yönü Şekil 10.1 'de gösterilmiştir. Ölü ağırlık, çeliğin yoğunluğu ve alanın kalınlık ile çarpılmasıyla sonlu elemanlar programı tarafından otomatik olarak hesaplanır.



Şekil 10.1 : Krenin Kendi Ağırlığı

10.1.2 Arabanın kendi ağırlığı

Arabaların değişmeyen kendi ağırlıkları vardır. Ancak çeşitli yük faktörlerinden dolayı ayrı bir yüklenme durumu olarak tanımlanırlar. Bu yük özdeş olarak tekerleklerin temas ettiği 16 (2x8) noktaya uygulanır.



Şekil 10.2 : Arabanın Kendi Ağırlığı

10.1.3 Kancanın kendi ağırlığı

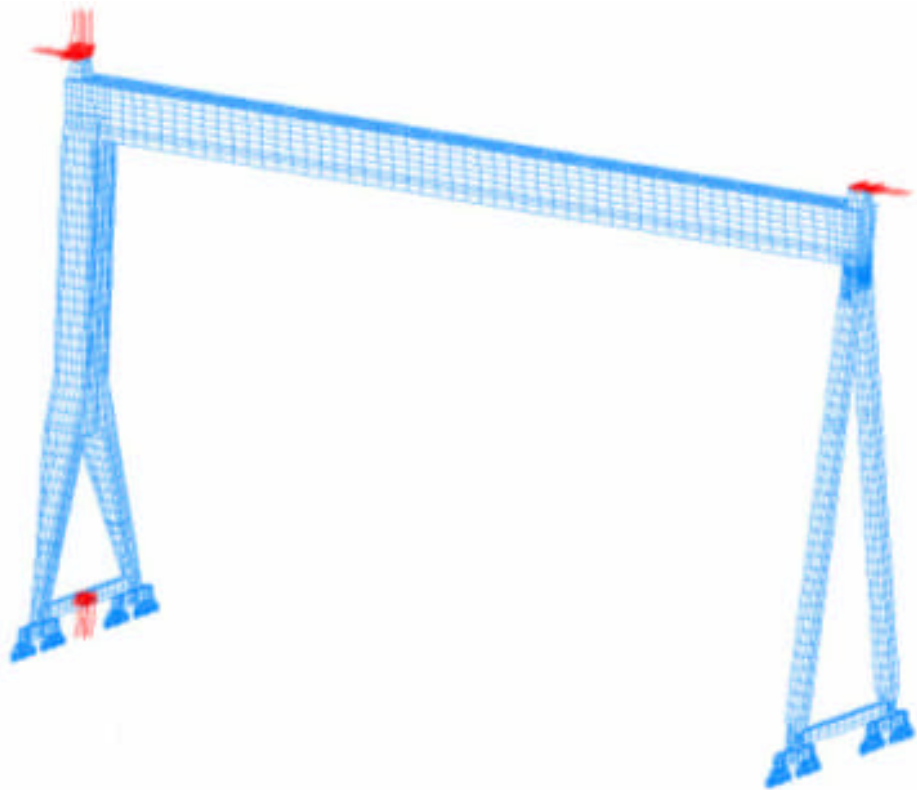
Çelik halatın ucuna yerleştirilmiş olan kancanın kendi ağırlığı temel bir yükleme durumu olarak düşünülür. Kanca çelik halat ile arabaya bağlandığı için yük araba da olduğu gibi 2x8 temas noktasından sisteme uygulanır. Şekil 10.2 'de gösterilen yükleme durumu kanca için de geçerlidir.

10.2 Arabanın Çalışma Yüğü

Sistemde her biri 250 ton kaldırma kapasitesine sahip iki araba mevcuttur. Burada yüklerin ana kiriş boyunca hareket ettiği düşünülür. Her bir araba ana kirişin iki kenarında 8 temas noktasına sahiptir. Bu sebeple her bir arabanın çalışma yükü 250 ton, 8 özdeş yük olarak uygulanır.

10.3 Tamburun Çalışma Yüğü

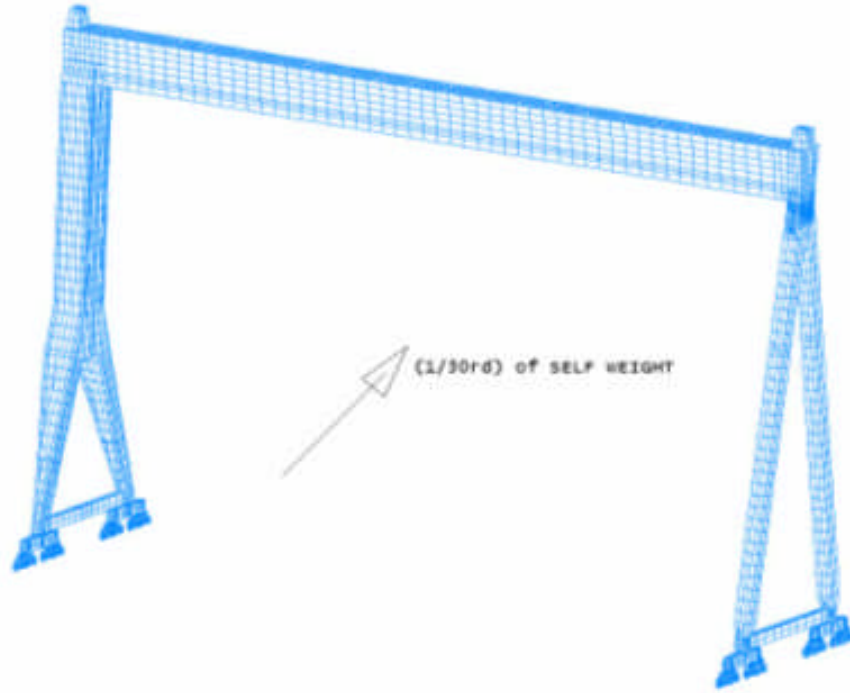
Bir çelik halat tarafından çekilen, ana kiriş boyunca hareket eden yük, krenin üç pozisyonunda etki eder. Bunlardan birincisi rijit bacağın alt kısmındaki gergi kirişinin yukarı doğru hareketi, ikincisi rijit bacağın tepe kısmının sağa ve aşağıya doğru hareketi ve son olarak mafsal bacağın tepe kısmının sola doğru hareketidir.



Şekil 10.3 : Tamburun Çalışma Yüğü

10.4 Dinamik Yükler

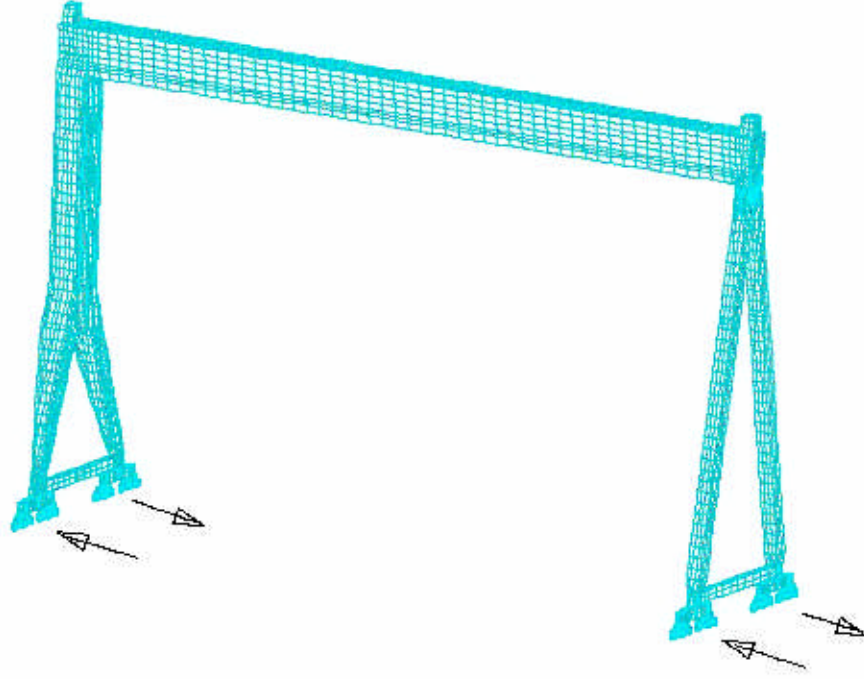
Krenin zerindeki ivmelenme ve frenleme mekanizmaları dinamik yükleri hazırlar. Bu yükler ivmeli harekete sahip parçaların kütlelerinin çarpımıyla hesaplanabilir. Bu değer krenin kendi ağırlığının $1/30$ 'u olarak verilmiştir. Bu yük sadece krenin y-ekseni boyunca uygulanmaktadır. Bunun sebebi ise krenin yalnızca y-ekseni üzerinde hareket etmesidir. 500 tonluk araba yükleri ise global X ve Y eksenlerinde iki yatay yönde etkilidir. Bu yük 500 tonun $1/30$ 'u olup 16 tekerlek dokunma pozisyonuna özdeş yükler olarak uygulanmaktadır.



şekil 10.4 : Dinamik Yükler

10.5 Yuvarlanma Hareketinden Dolayı Oluşan Enine Reaksiyonlar

Krenin tekerleklerinin farklı yuvarlanma hızlarından dolayı tekerlerin birinden diğerine doğru izafi bir deformasyon oluşur. Bu da bacaklarda burulma etkisi oluşturur. Standartlara göre bu da düşey yükün yatayda hareketinin % 8' ini geçmez.



Şekil 10.5: Yuvarlanma Hareketinden Dolayı Oluşan Enine Reaksiyonlar

10.6 Rüzgar Yüğü

Rüzgar yükünün yatay yönde hareket ettiği krenin tüm noktalarına eşit kuvvet uyguladığı farz edilir. Krene uygulanan rüzgar yükü aşağıdaki gibidir:

$$Q_w = q \cdot k_{dw} \cdot c \cdot A \quad (10.1)$$

$$q = u^2 / 16 \quad (10.2)$$

q : Rüzgarın esas hızı

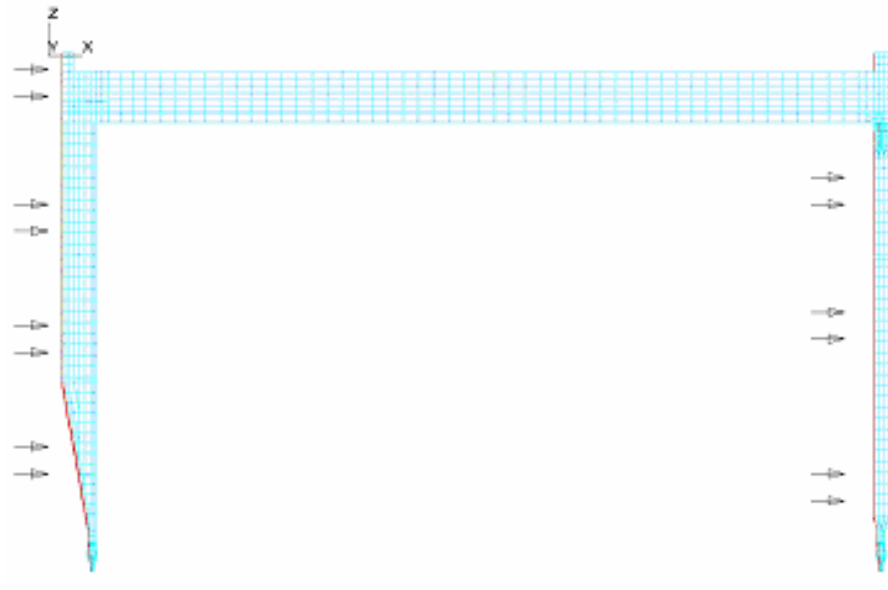
u : Rüzgar hızı

Krenin işletimsiz durumundaki rüzgarın esas hızı q ve ilgili rüzgar hızı u , krenin işletim halindeki bölgesinden seçilir. Bu analizde 20 metre yüksekliğe kadar 80 kg/m^2 , 20 metreden sonraki yüksekliklerde ise 110 kg/m^2 alınmıştır.

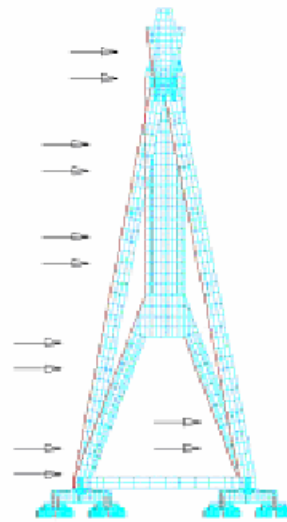
k_{dw} : Rüzgarın esas hızının dinamik etkilere olan tepkisine izin vermek için oluşturulmuş katsayı

c : Aerodinamik katsayı

A : Yürütülen yükün ya da kren parçasının rüzgara maruz kalan alanı.



Şekil 10.6 : X Ekseninde Oluşan Rüzgar Yüğü



Şekil 10.7 : Y Ekseninde Oluşan Rüzgar Yüğü

10.7 Temel Yüğü Durumu Tabloları

Temel yüğüler Tablo 10.1’ de gösterilmiştir. Program, sonlu elemanlar modelini bu temel yükleme durumlarına göre yürütecektir. Program data dosyasını çalıştırdıktan sonra, post-prosesör sonuçları yüğü kombinasyonlarına ve eleman gruplarına göre ayrı ayrı gösterecektir.

Tablo 10.1: Analizde Kullanılan Temel Yük Durumları

LOAD NO	LOAD CASE	LOAD NAME	EXPALNATIONS	LOAD VALUE	GLOBAL DIRECTION	UNIT	APPLYING POSITION	TOTAL LOAD
10	10	DL0	SELF WEIGHT	-9,81	Z			ALL
1	1	HD1	DEAD WEIGHT OF THE CRANE					
1	2	HD1	HOOK DEAD LOAD AT POSITION 1 (AT RIGID LEG -- LEFT)	17,50	Z	kN	2x8 POINT	140
1	3	HD1	HOOK DEAD LOAD AT POSITION 2 (AT THE MIDDLE)	17,50	Z	kN	2x8 POINT	140
11	11	TD1	HOOK DEAD LOAD AT POSITION 3 (AT THE HINGED LEG -- RIGHT)	17,50	Z	kN	2x8 POINT	140
11	12	TD1	TROLLEY DEAD LOAD AT POSITION 1 (AT RIGID LEG -- LEFT)	28,13	Z	kN	2x8 POINT	225
11	13	TD1	TROLLEY DEAD LOAD AT POSITION 2 (AT THE MIDDLE)	28,13	Z	kN	2x8 POINT	225
21	21	TR1	TROLLEY DEAD LOAD AT POSITION 3 (AT THE HINGED LEG -- RIGHT)	28,13	Z	kN	2x8 POINT	225
21	22	TR1	WORKING LOAD					
21	23	TR1	TROLLEY LOAD AT POSITION 1 (WORKING LOAD)	250,00	Z	kN	2x8 POINT	2000
21	23	TR1	TROLLEY LOAD AT POSITION 2	250,00	Z	kN	2x8 POINT	2000
21	23	TR1	TROLLEY LOAD AT POSITION 3	250,00	Z	kN	2x8 POINT	2000
30	30	SHgy	HORIZONTAL EFFECT :					
31	31	THx1	DUE TO HORIZONTAL MOTION OF CRANE IN Y-DIR.	9,81/30	Y	kN	ALL CRANE	ALL / 30
31	32	THx2	DUE TO HORIZONTAL MOTION OF TROLLEY IN X-DIR. POSITION 1	8,33	X	kN	2x8 POINT	66,67
31	33	THx3	DUE TO HORIZONTAL MOTION OF TROLLEY IN X-DIR. POSITION 2	8,33	X	kN	2x8 POINT	66,67
31	33	THx3	DUE TO HORIZONTAL MOTION OF TROLLEY IN X-DIR. POSITION 3	8,33	X	kN	2x8 POINT	66,67
35	35	THy1	DUE TO HORIZONTAL MOTION OF TROLLEY IN Y-DIR. POSITION 1	8,33	Y	kN	2x8 POINT	66,67
35	36	THy2	DUE TO HORIZONTAL MOTION OF TROLLEY IN Y-DIR. POSITION 2	8,33	Y	kN	2x8 POINT	66,67
35	37	THy3	DUE TO HORIZONTAL MOTION OF TROLLEY IN Y-DIR. POSITION 3	8,33	Y	kN	2x8 POINT	66,67
41	41	Wkx1	WIND LOAD					
41	42	Wkx2	WORKING WIND ON THE LOAD POSITION 1 (X-DIR)	8,10	X	kN	2x8 POINT	60,00
41	43	Wkx3	WORKING WIND ON THE LOAD POSITION 2 (X-DIR)	8,10	X	kN	2x8 POINT	60,00
41	43	Wkx3	WORKING WIND ON THE LOAD POSITION 3 (X-DIR)	8,10	X	kN	2x8 POINT	60,00
45	45	Wly1	WORKING WIND ON THE LOAD POSITION 1 (Y-DIR)	8,10	Y	kN	2x8 POINT	60,00
45	46	Wly2	WORKING WIND ON THE LOAD POSITION 2 (Y-DIR)	8,10	Y	kN	2x8 POINT	60,00
45	47	Wly3	WORKING WIND ON THE LOAD POSITION 3 (Y-DIR)	8,10	Y	kN	2x8 POINT	60,00
51	51	Wocx	WIND ON THE CRANE (WORKING WIND) X-DIR	0,40	X	kN/m2	FRONT face	
53	52	Wcmx	WIND ON THE CRANE (MAXIMUM WIND -0-20m) X-DIR	1,31	X	kN/m2	FRONT	
54	52	Wcmx	WIND ON THE CRANE (MAXIMUM WIND -20m & above) X-DIR	1,79	X	kN/m2	FRONT	
55	55	Wocy	WIND ON THE CRANE (WORKING WIND) Y-DIR	0,40	Y	kN/m2	FRONT face	
57	56	Wcmy	WIND ON THE CRANE (MAXIMUM WIND -0-20m) Y-DIR	1,31	Y	kN/m2	FRONT	
58	56	Wcmy	WIND ON THE CRANE (MAXIMUM WIND -20m & above) Y-DIR	1,79	Y	kN/m2	FRONT	
71	71	PR1	WIRE PULLEY LOAD					
72	71	PR1	WIRE ROPE TENSION BETWEEN LEGS UPWARD	600	+Z	kN	6 POINTS	600
73	71	PR1	AT TOP CONNECTION PART DOWNWARD & HORIZONTAL	600	+X, -Z	kN	6 POINTS	600
73	71	PR1	AT CANTILEVER TIP HORIZONTAL (TOTAL 600 kN)	600	-X	kN	6 POINTS	600
81,82	81	DSx	RELATIVE DISPLACEMENT OF ROLLING WHEELS					
81,82	81	DSx	TRANSVERSE REACTIONS DUE TO ROLLING ACTION		+X, -X	m	2x2x8 POINTS	%δ P

10.8 Yk Kombinasyonları

Uygulanan yk kombinasyonları belirlenen standart spesifikasyonlara göre seilmelidir. Model koşturulduktan sonra, her bir yük durumunun sonuçlarına sahip data dosyası uygun faktörlerle çarpılır. Bu faktörler ve kombinasyonları Tablo 10.2’de verilmiştir. Yük numaraları ve kombinasyonları kolay hatırlanabilecek şekilde verilmiştir. Örneğin 10 numaralı yük durumu l ağırlığı, 30 ise yatay etkiyi sembolize etmektedir.

Yük kombinasyon numaraları aynı şekilde seçilmiş olup 100’den büyük numaralarla başlar. Örneğin; rüzgar yükü 31-37 arasında değişirken buna karşılık gelen yük kombinasyonu 131-137 arasında değişmektedir. Grup numarası da “ III ” Romen Rakamı ile gösterilir.

Yük kombinasyonları için sonuçlar hazırlandıktan sonra, program bütün yk gruplarındaki her bir elemanın maksimum değerini bulur. Bu işlem zarflama olarak isimlendirilir. III nolu gruba ait kombinasyon numaraları 130 – 140 arasındadır. Böylece Lusas programında her bir gruba ait maksimum gerilme değerleri, tek bir resimde bulunabilir.

Tablo 10.2: Yük Kombinasyonları ve İlgili Yük Faktörleri

[illegible]

11. DEFORMASYON SONUÇLARI

11.1 Temel Yük Durumları İçin Deformasyon Sonuçları

Üç boyutlu iskelet model için farklı yükleme durumlarından dolayı oluşan deformasyonlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar Ek-B 'de verilmiştir.

11.2 Deformasyon Sonuçlarının Kontur Görünümleri

Bazı yük kombinasyonları için deformasyonların görülmesi ve değerlerinin kontrol edilmesi gerekir. Sayısal değerler çok büyüktür ve kontrolü zordur. Bu nedenle yer değiştirme miktarı krenin deformasyon şekillerinde renklerle gösterilir. Böylece genel davranış ve tam değerler hakkında bilgi sahibi olunur. Deformasyon sonuçlarının kontur görüntüleri Ek-C 'de verilmiştir. Buradaki büyütme faktörü genel olarak 10 civarında alınmıştır.

12. GERİLME ANALİZİ SONUÇLARI

Kren elemanlarının gerilme analizi sonuçları, farklı yük kombinasyonları ve zarfları için elde edilmiş ve Ek-D' de gösterilmiştir..Gerilme değerleri Von mises kriterine göre hesaplanmıştır. Her bir parça açıkça anlaşılabilmesi için cyan olarak gösterilen kren sistemi içinde kırmızı renkte gösterilmiştir.

Lineer statik analizde yüklü yapının uygulanan toplam gerilmeyi dengelemek için anlık olarak bir iç gerilme oluşturduğu düşünülür. Lineer analizde tüm yapısal cevaplar statik olup, dolayısıyla geometri ve malzemenin cevapları da lineerdir.Hook kanununda olduğu üzere malzeme lineer olarak davranır. Genelde sonlu elemanlar programlarında aşağıdaki eşitlik kullanılır;

$$[K] [U] = [R] \quad (12.1)$$

[K] : Rijitlik matrisi

[U] : Yer değiştirme vektörü

[R] : Uygulanan yük vektörü

Metal yapı parçalarının mukavimliği ve stabil olması kadar krenin bir bütün olarak da mukavemeti ve stabilitesi önemlidir. Bununla beraber krendeki mekanizmalar kuvvet, moment ve gerilmelerin eşitliğini sağladığı takdirde güvenilirdir.

Kuvvetlerin eşitliği

$$S = r.S_n \quad (12.2)$$

Momentlerin eşitliği

$$M = r.M_n \quad (12.3)$$

Gerilmelerin eşitliği

$$\sigma = r.k.\sigma_n \quad (12.4)$$

S : Uygulanan yükler tarafından oluşturulan kuvvet
 M : Uygulanan yüklerin meydana getirdiği moment
 σ : Uygulanan yükler tarafından meydana çıkan gerilme
 r : İşletme şartları faktörü
 k : Homojenlik faktörü
 S_n : İzin verilen kuvvet
 M_n : İzin verilen moment
 σ_n : İzin verilen mukavemet; çelikler için çekme ve eğilme durumlarında akma mukavemeti olarak alınır.

Uygulanan yükler aşırı yükleme olasılığı dikkate alınarak belirli yüklerin aşırı yükleme faktörüyle çarpımından elde edilir. Aşırı yükleme faktörü kren ve mekanizmalarının işletme şartlarına bağlıdır. İşletme şartları faktörü aşağıdaki gibidir.

$$r = r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \quad (12.5)$$

r_1 : Kren emniyet faktörü
 r_2 : Hasar lokalizasyon faktörü
 r_3 : Konstrüksiyon hata faktörü

12.1 Maksimum Ve Minimum Gerilme Değerleri

Maksimum ve minimum gerilme değerleri Ek-G'de verilmiştir Bu gerilmelerin birimi kN/m^2 'dir. Tablolardaki gerilmeler elementlerin bütün global eksenlerinde verilmiştir. Kontrol edilen tam tasarım gerilmeleri maksimum ve minimum değerler olarak gösterilen Von Mises Equivalent gerilmeleridir.

13. KRENİN MODAL ANALİZİ

Spektral analiz sonuçlarını elde edebilmek için modal analizin yapılması şarttır.. Deprem esnasında krenin kendi ağırlığı hariç yüksüz olduğu varsayılır. Bu durumda modal analiz gerçekleştirilir ve spektrum analizi için kullanılır. Ek-E' de üç boyutlu olarak 18 mod şekli gösterilmiştir. Aşağıda ise modal değerleri verilmiştir.

Tablo 13.1 : Modal Frekans Ve Periyot Değerleri

MODE	EIGEN V.	FREQ.	PERIOD
1	1.51	0.196	5.11
2	11.25	0.534	1.87
3	69.67	1.328	0.75
4	78.73	1.412	0.71
5	100.34	1.594	0.63
6	148.15	1.937	0.52
7	259.85	2.566	0.39
8	270.47	2.617	0.38
9	272.45	2.627	0.38
10	401.46	3.189	0.31
11	775.18	4.431	0.23
12	860.34	4.668	0.21
13	993.75	5.017	0.20
14	1046.26	5.148	0.19
15	1317.80	5.778	0.17
16	1526.92	6.219	0.16
17	1533.43	6.232	0.16
18	1754.31	6.666	0.15

Tablo 13.2 : Modların Global Eksenlerdeki Kütle Katılım Faktörleri

MODE	X-DIRECTION			Y-DIRECTION			Z-DIRECTION		
	SP-DISP	MASS	SUM	SP-DISP	MASS	SUM	P.FACTOR	MASS	SUM
1	1.243	0.81	0.810	1.243	0.00	0.000			
2	0.380	0.00	0.810	0.380	0.60	0.604			
3	0.127	0.00	0.810	0.127	0.03	0.634			
4	0.118	0.01	0.815	0.118	0.00	0.634			
5	0.102	0.03	0.842	0.102	0.00	0.634			
6	0.081	0.00	0.842	0.081	0.09	0.724			
7	0.057	0.00	0.842	0.057	0.00	0.724			
8	0.054	0.04	0.882	0.054	0.00	0.724			
9	0.054	0.00	0.882	0.054	0.00	0.725			
10	0.037	0.00	0.882	0.037	0.00	0.725			
11	0.019	0.00	0.882	0.019	0.07	0.794			
12	0.017	0.00	0.882	0.017	0.03	0.829			
13	0.015	0.03	0.908	0.015	0.00	0.829			
14	0.014	0.00	0.908	0.014	0.03	0.856			
15	0.011	0.00	0.908	0.011	0.00	0.856			
16	0.010	0.01	0.914	0.010	0.00	0.856			
17	0.010	0.00	0.914	0.010	0.00	0.856			
18	0.008	0.02	0.931	0.008	0.00	0.856			

14. DAVRANIŞ SPEKTRUM ANALİZİ

Davranış spektrum analizi, deprem tahriki altındaki yapıların bütün deprem süresi boyunca modelin direkt integrasyonuna başvurmadan maksimum tepkisini hesaplamayı amaçlar. Davranış spektrum analizinde yapının lineer bir şekilde davrandığı farzedilir. Buradaki çalışmanın amacı krendeki maksimum gerilme alanlarının başlayışı hakkında fikir edinmektir.

Yaklaşık bir çözüm elde etmek için genel olarak düşük modlar en önemli katkıyı sağlarlar. İyi bir yaklaşım sadece ilk birkaç mod dikkate alınarak elde edilebilir. Bu çalışmada bütün yönlerdeki yeterli ve etkili kütle girişini elde etmek için daha önceden de belirtildiği gibi ilk 18 mod kullanılmıştır.

Bir başka önemli konu ise deprem krene etki ettiğinde yüklenme durumunun ne olacağıdır. Tam yük (2X250) halinde durum son derece konservatiftir. Bu yüzden hareketli yükün yarısı dikkate alınır. Bu aşamada yük pozisyonu belirlenir. Bu, yükün en kritik etkisinin nerede olacağının belirlenmesi demektir. Bunun için hareketli yükün yarısı ana kirişin orta kısmında uygulanır ve dinamik analiz gerçekleştirilir. Bunun sonucu olarak küçük bir etki ortaya çıkar. Bununla ilgili olarak grafik gösterimi ve bazı sayısal değerler ileriki sayfalarda verilmiştir.

14.1 Deprem Yer Hareketi

Kandilli Rasathanesi tarafından sürdürülen deprem riski değerlendirme çalışmalarına göre İstanbul'da $M_w=7,4$ büyüklüğündeki bir depremin olabileceği göz önüne alınır. Bu deprem Ana Marmara Fay'ından kaynaklanır. Bu çalışmada spektral davranış şekli DBYBHY, 2007 yönetmeliğine göre elde edilmiştir.[10]

Simule edilmiş deprem spektral ivmeleri Şekil 14.1’de gösterilmiştir. Spektral davranışın sayısal değerleri ise Tablo 14.1’de verilmiştir. 0.2s ve 1.0s periyotlarındaki spektral ivmeler için zemin tipi genişleme parametreleri aynı tabloda verilmiştir.

Genel spektral analizde deprem yükünü düşürmek için bir küçültme faktörü (R) kullanılır. Eğer yapı, harekete geçme esnasında bazı bağlantılarda enerjiyi absorbe ederse o zaman deprem gücünün tümü yapıya etki etmez . Bu durumda R=2 gibi bir küçültme faktörü uygun görülebilir. Bu mühendisin vereceği bir karardır ki R=1 gibi bir küçültme faktörü daha anlamlıdır. Çünkü R=1’in dışındaki faktörler krende bazı kalıcı deformasyonlar anlamına gelebilir.

Eğer gelecekte bir deprem krene etki ederse ve bazı büyük deformasyonlar meydana gelirse o zaman bu deformasyonlara izin verme ve sonradan tamir edilip edilmemesi kararı mülkün sahibine bağlıdır. Burada R=1 için bir analiz yapıldı ve tepe kısmındaki rijit bacak gerilme değeri 2800kg/cm^2 olarak elde edildi. Bu nedenle küçültme faktörü 2 olarak alındı. Aşağıdaki tabloda R=2 değeri için spektral değerleri verilmiştir.

Deprem tahriki hareketli raylar boyunca göz ardı edilebilir. Çünkü eğer frenler çalışmıyorsa kayma veya hareket gerçekleşebilir. Bu durumda ya hiç ya da çok az bir kuvvet krene transfer olur. Ancak frenler sabitlenmişse ve hareketi engelliyorsa o zaman deprem kuvveti %40’lık bir sürtünme kuvveti ile krene geçer. Bu eğer sürtünme kuvveti deprem kuvvetinden daha büyükse, yük transfer olacak eğer değilse o zaman ekstra kuvvetin krenin sürtünme kuvvetine direnen raylar boyunca hareket etmesine neden olacağı anlamına gelir. Bu durumda deprem yükünün %40’ı indirgenmiş ve krene transfer edilmiş olacak. Böylece deprem yükünün %60’ı global Y ekseninde kullanılabilecektir.

Tablo 14.1 : Analizde Kullanılan Spektrum Değerleri

SPECTRUM						name: z2-q1-r1-i15		
Period	Elastic				Inelastic	Input SAP2000		
	Spectral Coeff.	Spectral Acc.	Spectral Acc.		Spectral Acc.			
(S)		(g)	(m/s2)		(m/s2)	Freq. (Hz)	Period (S)	Acc. (m/s2)
T	S(T)	A ₀ IS(T)	A(T)	Ra(T)	A(T)/Ra(T)	F	T	A(T)
0.000	1.00	0.60	5.886	1.50	3.92	25.00	0.000	3.924
0.075	1.75	1.05	10.301	1.75	5.89	13.33	0.075	5.886
TA= 0.150	2.50	1.50	14.715	2.00	7.36	6.67	0.150	7.358
TB= 0.400	2.50	1.50	14.715	2.00	7.36	2.50	0.400	7.358
0.450	2.28	1.37	13.392	2.00	6.70	2.22	0.450	6.696
0.500	2.09	1.25	12.309	2.00	6.15	2.00	0.500	6.155
0.550	1.94	1.16	11.406	2.00	5.70	1.82	0.550	5.703
0.600	1.81	1.08	10.639	2.00	5.32	1.67	0.600	5.319
0.700	1.60	0.96	9.404	2.00	4.70	1.43	0.700	4.702
0.800	1.44	0.86	8.452	2.00	4.23	1.25	0.800	4.226
0.900	1.31	0.78	7.692	2.00	3.85	1.11	0.900	3.846
1.150	1.07	0.64	6.322	2.00	3.16	0.87	1.150	3.161
1.400	0.92	0.55	5.401	2.00	2.70	0.71	1.400	2.701
1.900	0.72	0.43	4.231	2.00	2.12	0.53	1.900	2.115
2.400	0.60	0.36	3.509	2.00	1.75	0.42	2.400	1.755
2.900	0.51	0.31	3.016	2.00	1.51	0.34	2.900	1.508
3.400	0.45	0.27	2.656	2.00	1.33	0.29	3.400	1.328
10.000	0.19	0.11	1.120	2.00	0.56	0.10	10.000	0.560

Tablo 14.2 : Analizde Kullanılan Giriş Değerleri

Zemin Tipi, Z	Z2
Etkin Yer İvmesi Katsayısı, A ₀	0,40
Bina Önem Katsayısı, I	1,50
TA	0,15
TB	0,40
Küçültme Faktörü, R	2,00
Yerçekimi İvmesi, G	9,81

Spektral İvme Katsayısı A(T)

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (14.1)$$

Spektrum Katsayısı S(T)

$$S(T) = 1 + 1,5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (14.2a)$$

$$S(T) = 2,5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (14.2b)$$

$$S(T) = 2,5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0,8} \quad (T > T_B) \quad (14.2c)$$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı Ra(T)

$$Ra(T) = 1,5 + \frac{(R - 1,5)T}{T_A} \quad (0 < T < T_A) \quad (14.3a)$$

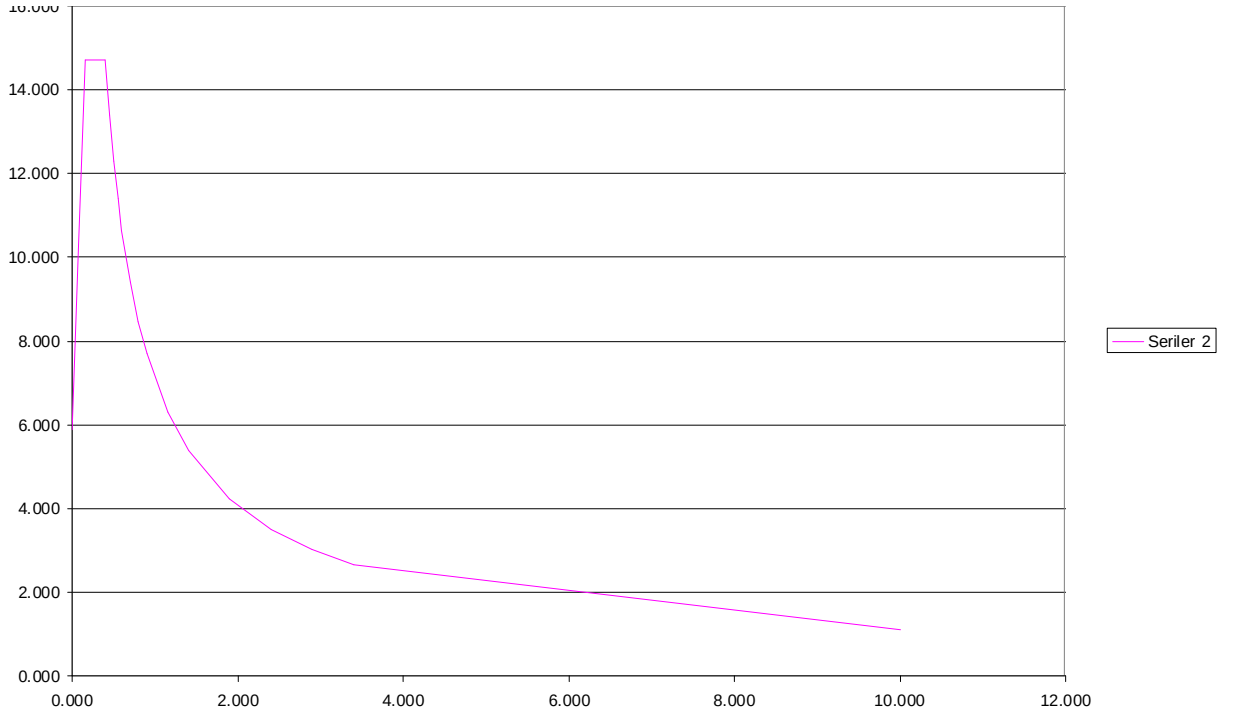
$$Ra(T) = R = 2,00 \quad (T > T_A) \quad (14.3b)$$

Tablo 14.3 : Etkin Yer İvmesi Katsayısı

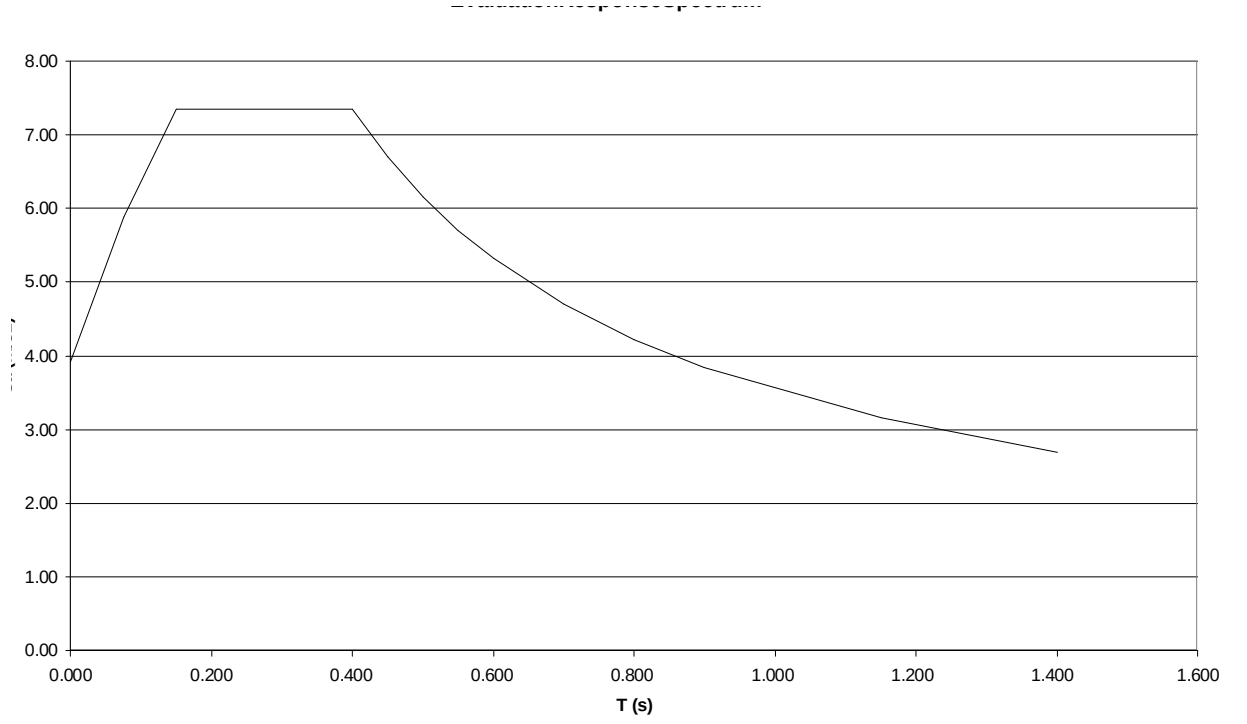
Deprem Bölgesi	A ₀
1.00	0.40
2.00	0.30
3.00	0.20
4.00	0.10

Tablo 14.4 : Spektrum Karakteristik Periyotları

Zemin Sınıfı	T _A (S)	T _B (S)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90



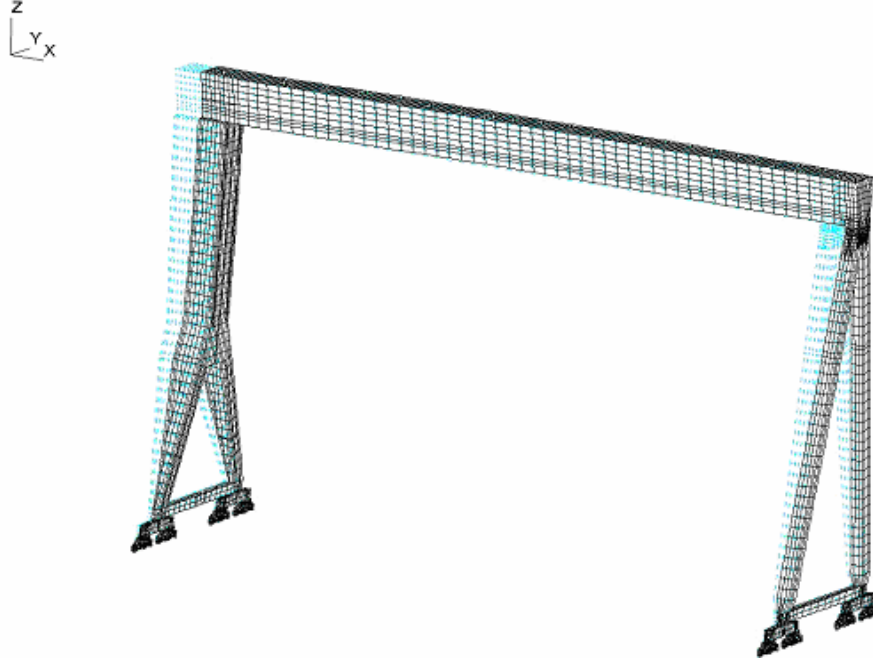
Şekil 14.1 : Bu Proje İçin Dikkate Alınan Elastik Spektral Eğri (X-ekseni: Periyot T(s), Y-ekseni: Spektral ivme (m/s²))



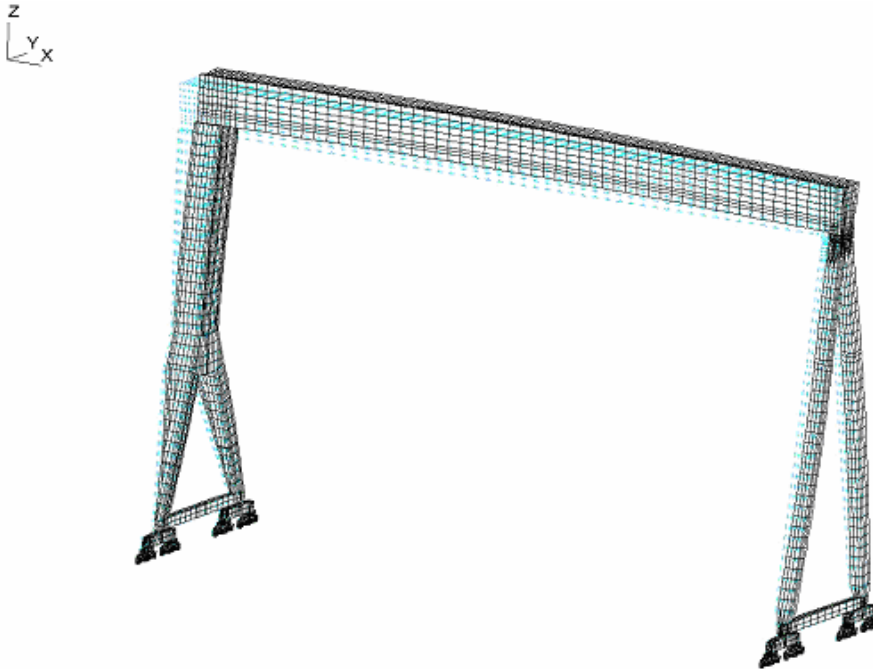
Şekil 14.2 : Bu Proje İçin Dikkate Alınan Elastik Olmayan Spektral Eğri

14.2 Yapısal Deformasyon

Spektral analizden dolayı krende oluşan yer değişimleri Şekil 14.3 ve 14.4' de gösterilmiştir.



Şekil 14.3 : X- Eksenindeki Spektral Yer Değişirme



Şekil 14.4 : Y- Eksenindeki Spektral Yer Değişirme

14.3 Kontur Görüntüleri

Bu bölümde her iki yönde deprem tahriki altındaki genel davranışları anlayabilmek için krendeki gerilim yoğunlukları gösterilmiştir. Bahsedilmesi gereken diğer önemli bir husus ise her bir parçanın ana ve daha yüksek gerilme yoğunluğuna sahip bazı seçilmiş elementlerden oluşmasıdır. Bazı simetrik elementler daha iyi bir gösterim elde edilebilmesi için geri alınmıştır. Bütün gerilme değerlerinin birimi kN/m^2 'dir. Deprem yükü gerilme sonuçları kontur görünümüleri Ek-F'de verilmiştir.

14.4 Deprem Yükleri İçin Maksimum Ve Minimum Gerilme Değerleri

Bütün deprem yükleri için maksimum ve minimum gerilme değerleri Ek-H'de verilmiştir. Bu gerilmelerin birimi kN/m^2 'dir. Tablolardaki gerilmeler elementlerin bütün global eksenlerinde verilmiştir. Kontrol edilen tam tasarım gerilmeleri maksimum ve minimum değerler olarak gösterilen Von Mises Equivalent gerilmeleridir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada (2x250) portal kreni oluşturan çelik konstrüksiyonlar ve bunlara etkiyen yükler incelenmiş olup, parçaların emniyetli bir şekilde dizayn edilmesi ve konstrüksiyonun oluşturulması amaçlanmıştır. Portal krenin modellenmesi bilgisayar destekli tasarım programlarıyla yapılmıştır ve analizler için sonlu elemanlar metodundan yararlanılmıştır.

Çelik konstrüksiyon yapıların seri üretimden önce bilgisayar ortamında modellenmesi ve mukavemet analizlerinin yapılması; tasarımın doğrulanması, aşırı güvenilir görülen bölgelerde kesit alanlarının azaltılması, malzemedan tasarruf ve güvenilirlik açısından çok önemlidir. Sonlu elemanlar analizleri sonucunda elde edilen mukavemet bilgileri, kullanılan malzemenin akma mukavemetine, yorulma ömrüne veya ön görülen üretim kolaylığı, makinanın çalışma ortamı gibi diğer kriterlere göre değerlendirilir.

Bu çalışmada; bütün yükleme durumları için deformasyon sonuçlarını incelediğimizde maksimum deformasyonun 0,7m'nin altında kaldığı görülmüştür. Deformasyonların modelin geometrik boyutları dikkate alındığında önemli miktarlarda olmadıkları anlaşılmaktadır.

Gerilme analizi sonuçlarına (Ek-G) baktığımızda gerilmelerin krenlerde çoğunlukla ana malzeme olarak kullanılan St 44-2 (S275JR) malzemesinin akma sınırı olan 275 MPa'ın altında olduğu görülmektedir. Bütün yük kombinasyonları dikkate alındığında yapı üzerinde ortaya çıkan en yüksek gerilme değeri 240 MPa seviyelerindedir.

Taşıyıcı sistem inşa edilirken başlangıçtan itibaren kendi ağırlığını taşımaya başlar. Sabit yüklerin üstüne gelen düşey faydalı yükler de benzer özelliğe sahiptir. Hareketli yüklerin taşıyıcı sisteme etkimesi de ani olmayıp, belirli sürede gerçekleşir ve kontrol altındadır. Bu sürede taşıyıcı sistemde bir kusurun ortaya çıkması durumunda yük boşaltılıp tedbir alınabilir. Dinamik özellik gösteren deprem yükleri ise, yapıya çok kısa sürede etki eder. Daha önce herhangi bir yatay yük altında

kalmayan taşıyıcı sistem, deprem sırasında kısa zamanda önemli bir yatay etki ile zorlanır. Depreme dayanıklı yapı tasarımının amacı, yapıların depremden dolayı meydana gelen yükleri güvenle taşımasıdır.

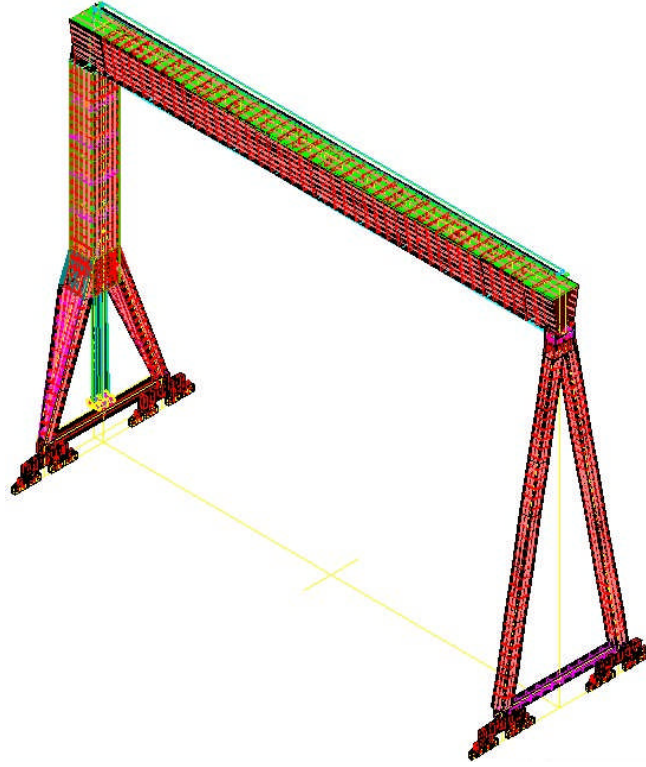
Bu çalışmadaki deprem yükünden kaynaklanan gerilme sonuçlarına (Ek-H) baktığımızda yapı elemanlarının rijit bacak kolon parçası dışında oldukça güvenli olduğu görülmüştür. Rijit bacak kolon parçasında uç kısmında ise maksimum çekmenin 214MPa, maksimum basmanın ise 287 MPa civarında olduğu saptanmıştır. Bunun gibi kritik yerlerde parçaların kesitleri daha geniş tutulabilir veya malzeme değişikliğine gidilebilir. Deprem yükleri dikkate alındığında böyle kritik bölgelerde akma sınırı 355 MPa olan St 52-3 (S355JO) malzemesinin kullanımı daha uygun olabilir.

Sonuç olarak S.E.M, elde edilen mukavemet analizi sonuçlarının deneysel mukavemet analizleri ile doğrulanmasından sonra tasarımcının başvuracağı ve sonuçları ile tasarım değişikliğine gidebileceği en güvenilir ve hızlı yöntemdir. Sonlu elemanlar yöntemi her ne kadar klasik mukavemet hesapları ile yapılan hesaplamalardan daha iyi sonuçlar verse de hata yapma olasılığının olabileceği unutulmamalıdır. Bu doğrultuda katı modelin gerçek yapı ile uyumluluğu kontrol edilmeli, sınır şartların doğruluğundan emin olunmalı, malzeme özellikleri ile geometrik özellikler kontrol edilmeli ve elman sayısı yeterliliği kontrol edilmelidir.

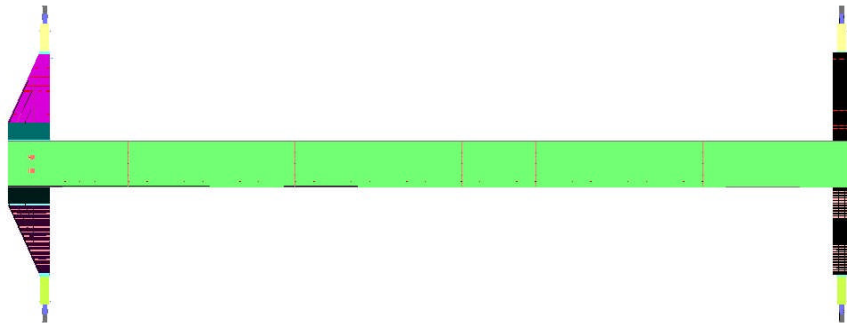
KAYNAKLAR

- [1] **Öztepe H.**, 1999. Transport Tekniği-Kaldırma ve Taşıma Makinaları, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, İstanbul.
- [2] **Demirsoy M.**, 2005 Kaldırma Makinaları Krenler, İzmir.
- [3] **İmrak E.**, 1998. Krenlerin ve Vinçlerin Seçimi, Montajı ve Bakımı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Seminer Notları, İstanbul.
- [4] http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListID=844434849
- [5] **Moaveni S.**, 1999. Finite Element Analysis, Minnesota State University, Mankato.
- [6] **Rao S.S.**, 1988. The Finite Element Method in Engineering Second Edition, Pergamon Pres, Oxford.
- [7] **Kurtay T.**, 1980. Sonlu Elemanlar Yöntemine Giriş Ders Notu, İ.T.Ü. Makine Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul.
- [8] **FEM-1001**, 1987. Crane design specifications of Federation European De La Manutention, Belgium.
- [9] **Pak Arge Hizmetleri Tic. A.ş.**, 2008, Portal krenlerin tasarımı hakkında TÜBİTAK Yerleşkesi, Kocaeli.
- [10] **DBYBHY**, 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü , Deprem Araştırma Dairesi, Ankara.

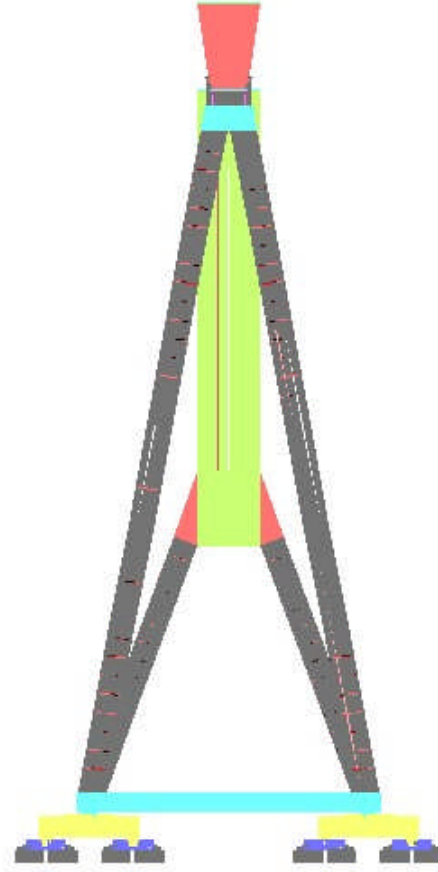
A. KATI MODEL GÖRÜNÜMLERİ



Şekil A.1 : Modelin İzometrik Görünümü



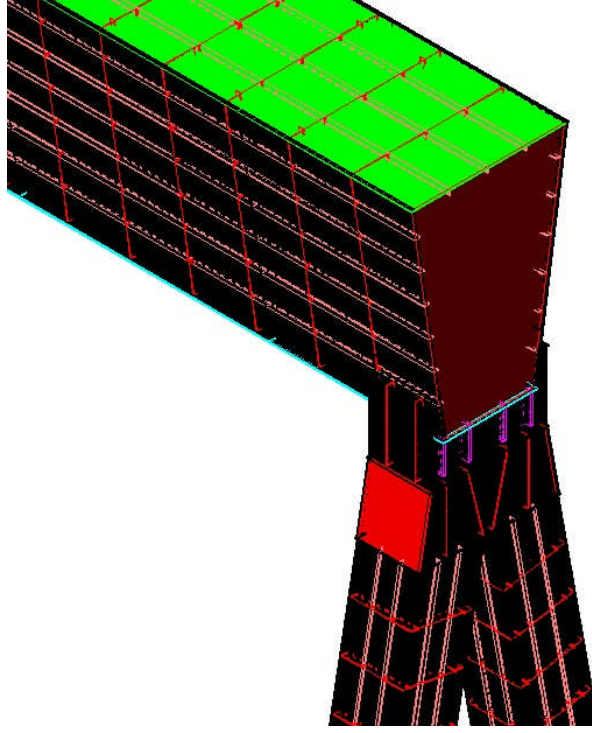
Şekil A.2 : Modelin Üsten Görünümü



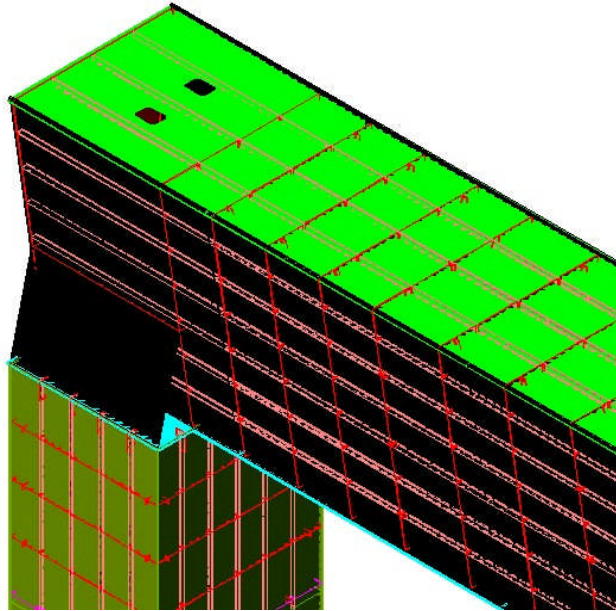
Şekil A.3 : Modelin Mafsal Bacak Tarafından Görünümü



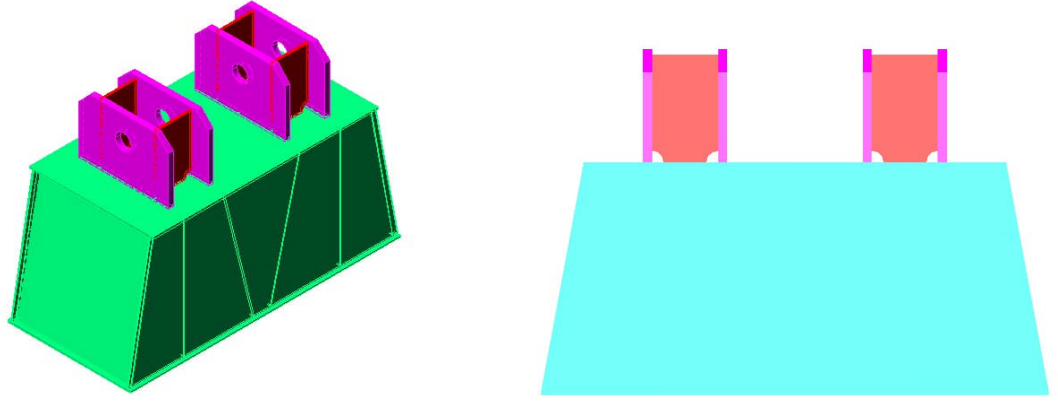
Şekil A.4 : Modelin Önden Görünümü



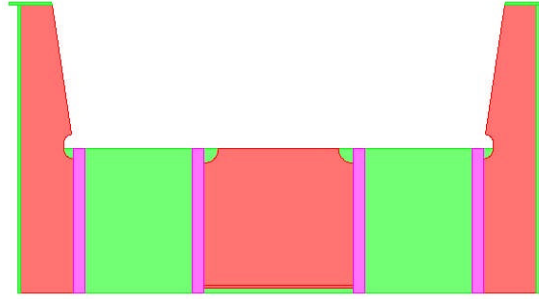
Şekil A.5 : Mafsal Bacak ve Ana Kriş Bağlantı Parçası İzometrik Görünümü



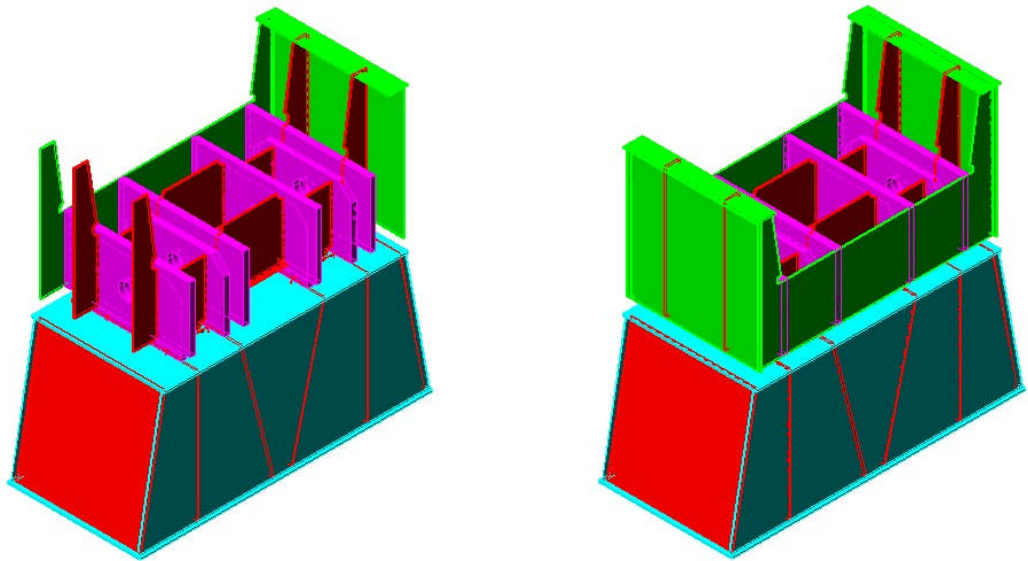
Şekil A.6 : Rijit Bacak ve Ana Kriş Bağlantı Parçası İzometrik Görünümü



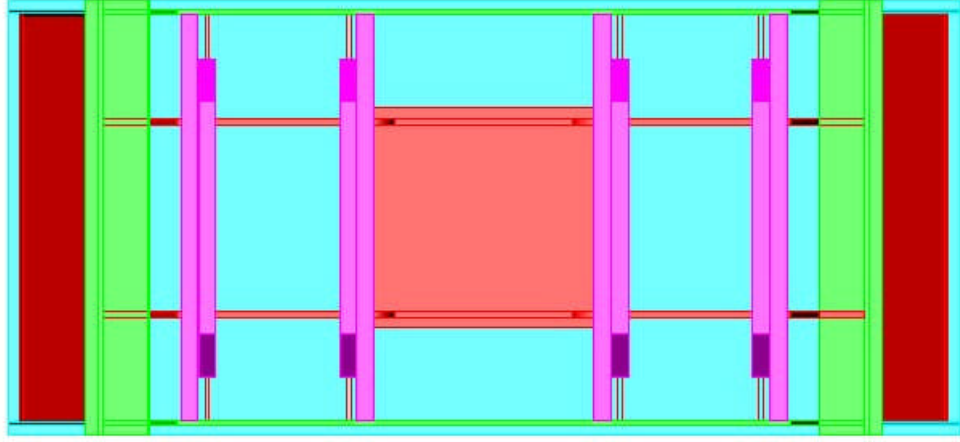
Şekil A.7 : Mafsal Bacak Destek Kirişinin İzometrik ve Önden Görünümleri



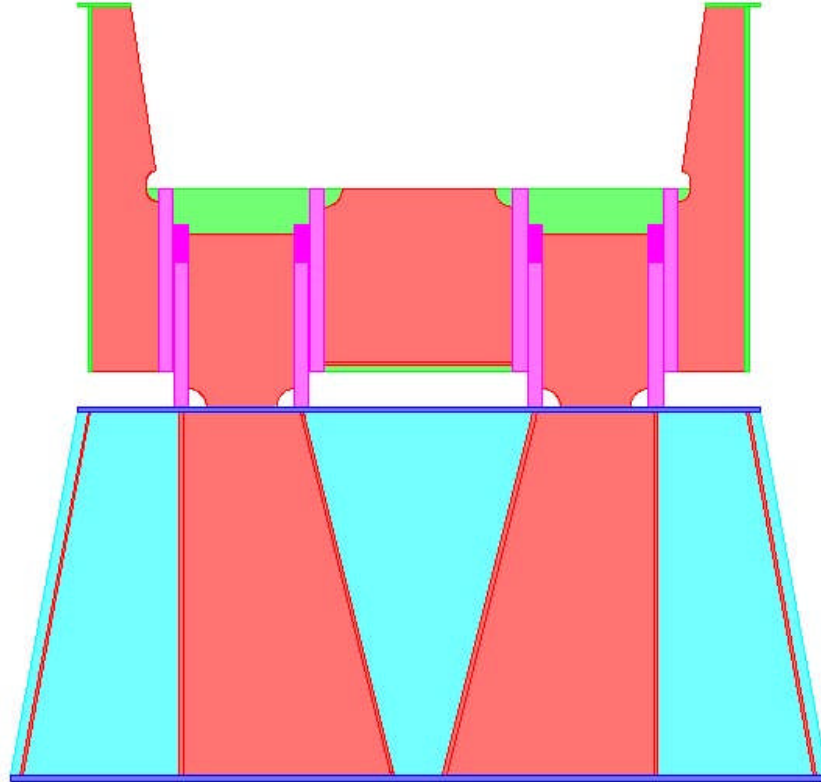
Şekil A.8 : Ana Kriş ve Mafsal Bacak Destek Levhasının Önden görünümü



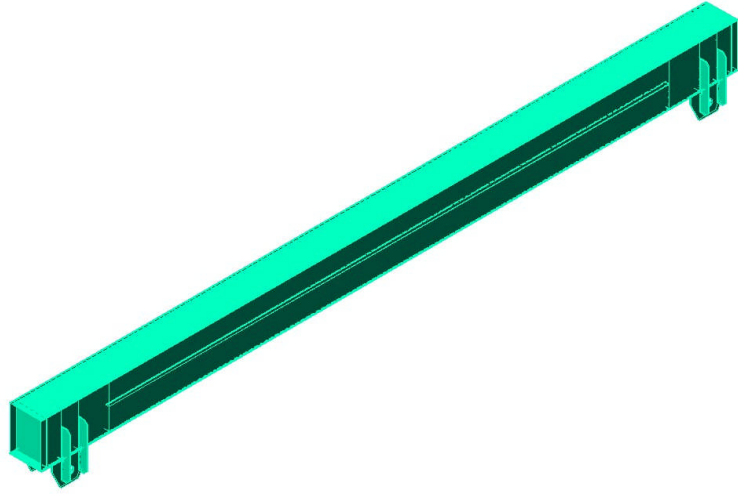
Şekil A.9 : Mafsal Konstrüksiyonunun İzometrik Görünümleri



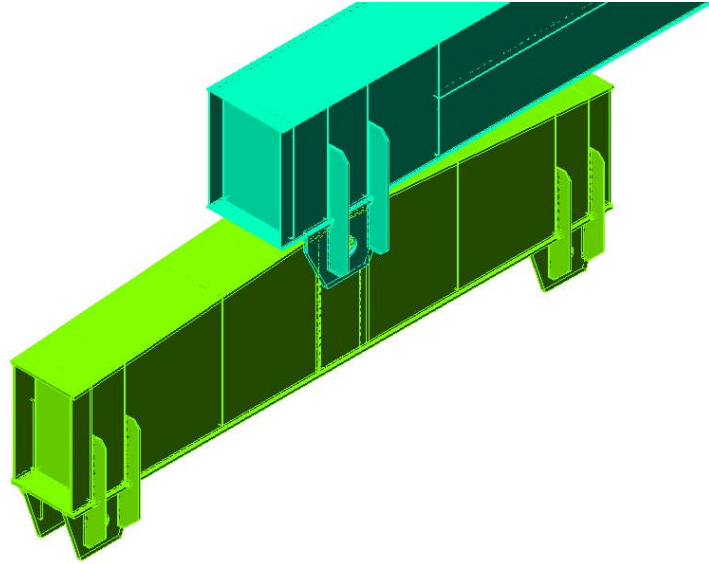
Şekil A.10 : Mafsal Konstrüksiyonunun Üstten Görünümü



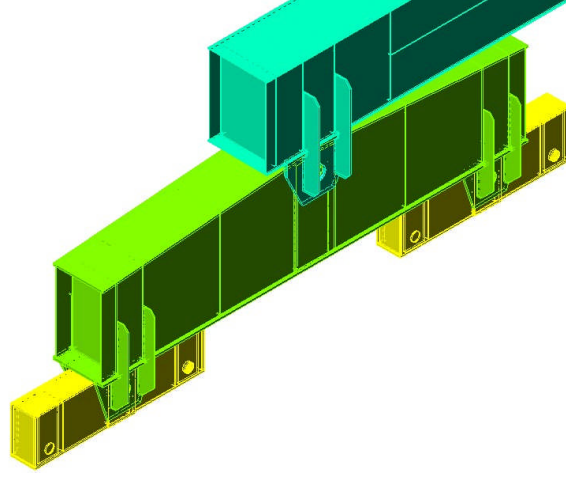
Şekil A.11 : Mafsal Konstrüksiyonunun Kesit Görünümü



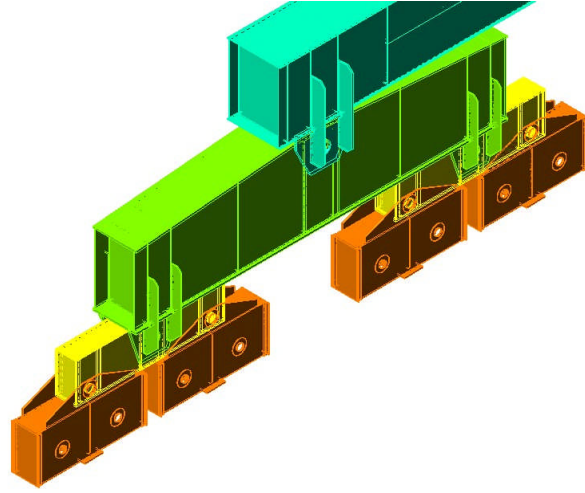
Şekil A.12 : Gergi Krişinin İzometrik Görünümü



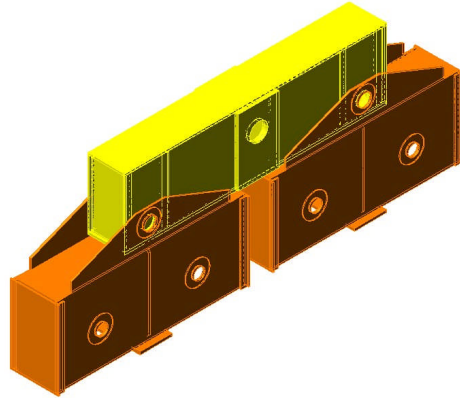
Şekil A.13 : Gergi Kirişi ve Büyük Denge Kirişinin İzometrik Görünümü



Şekil A.14 : Gergi Kirişı , Büyük ve Küçük Denge Kirişlerinin İzometrik Görünümü

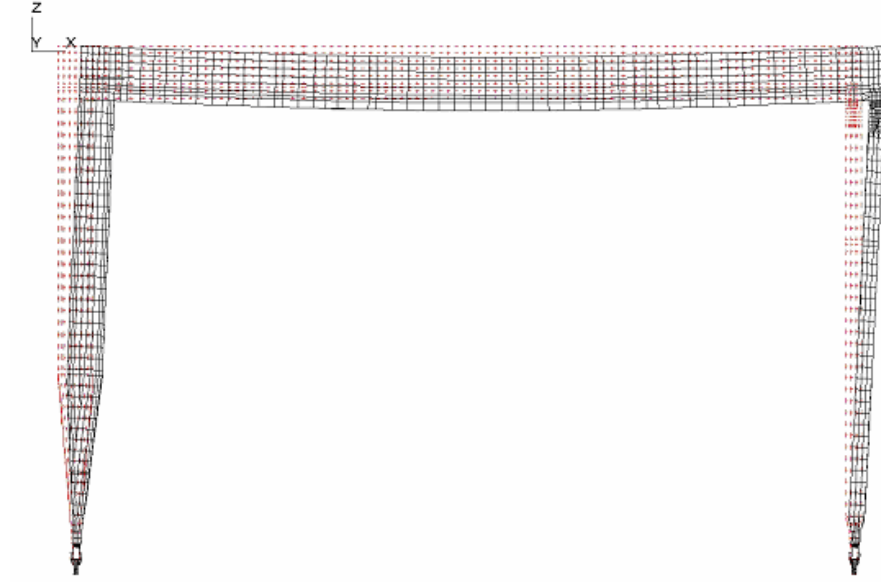


Şekil A.15 : Gergi Kirişı, Büyük , Küçük Denge Kirişlerinin ve Bojilerin İzometrik Görünümü

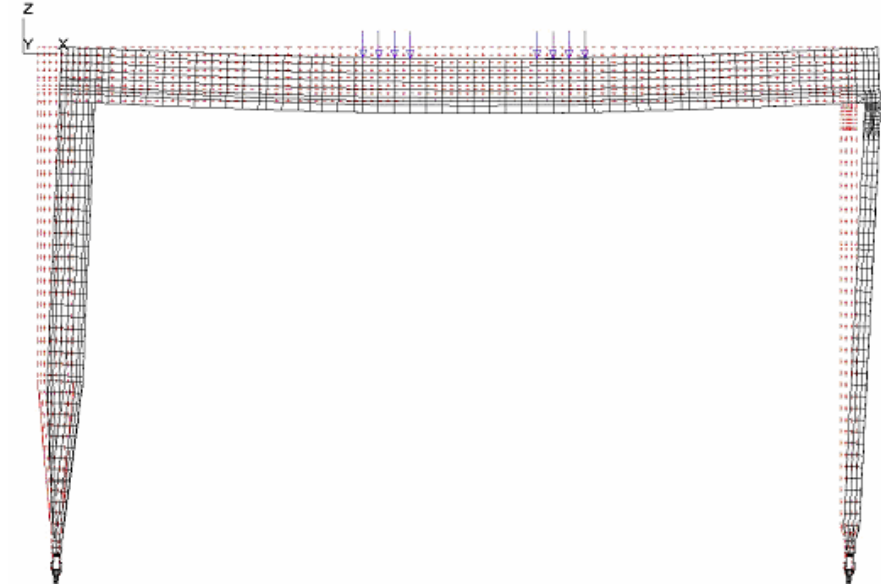


Şekil A.16 : Küçük Denge Kirişı ve Bojilerin İzometrik Görünümü

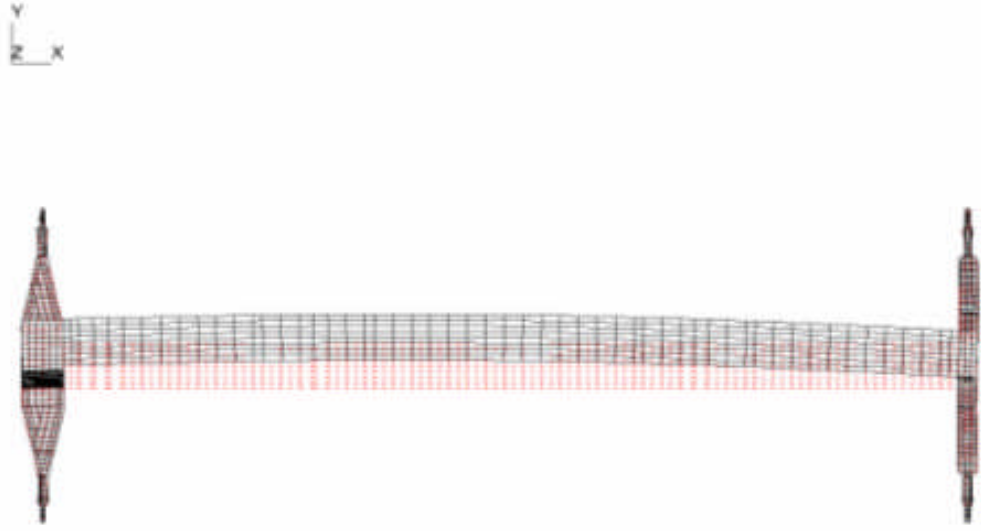
B. TEMEL YÜK DURUMLARI İÇİN DEFORMASYON SONUÇLARI



Şekil B.1 : Krenin Kendi Ağırlığından Dolayı Oluşan Deformasyon



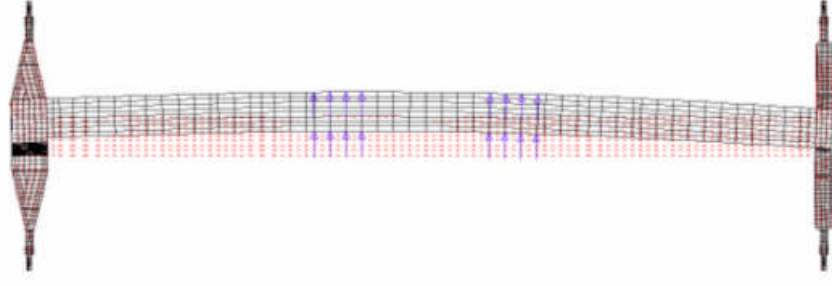
Şekil B.2 : 2.Pozisyonda Arabanın Çalışma Yükünden Dolayı Oluşan Deformasyon



Şekil B.3 : Krenin Kendi Ağırlığından Oluşan Y- Eksenindeki Deformasyon



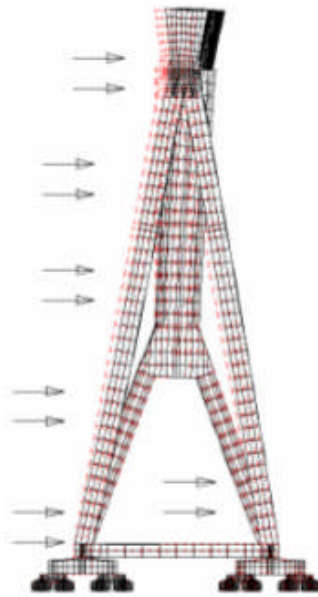
Şekil B.4 : 2. Pozisyonda Arabanın X- Eksenindeki Yatay Yüklenmesinden Dolayı Oluşan Deformasyon



Şekil B.5 : 2. Pozisyonda Arabanın Y- Eksenindeki Yatay Yüklenmesinden Dolayı Oluşan Deformasyon



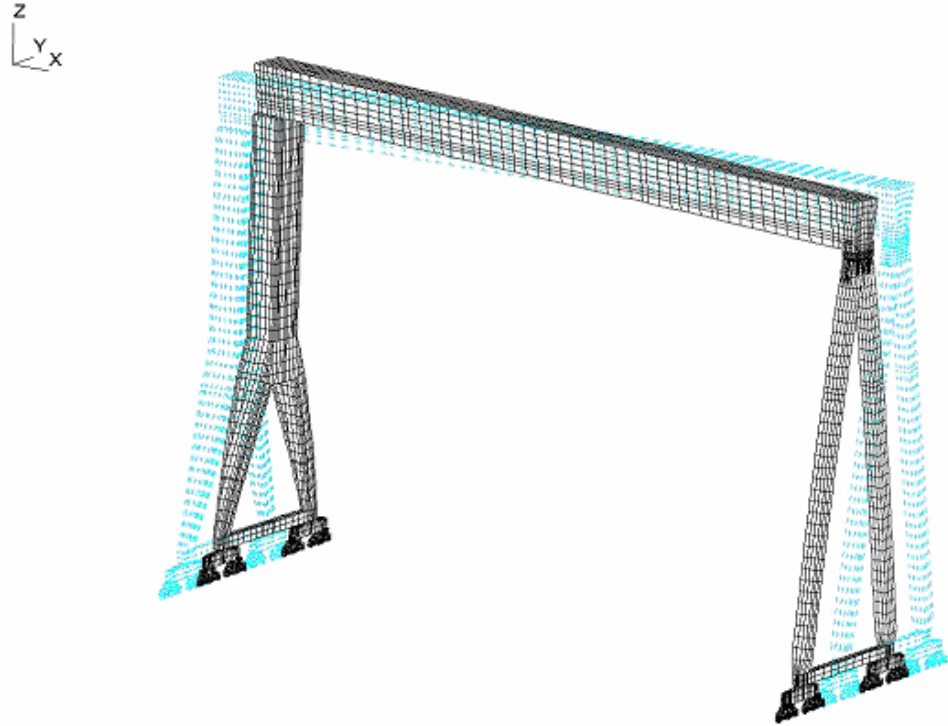
Şekil B.6 : X –Ekseninde Rüzgar Yükünden Dolayı Oluşan Deformasyon



Şekil B.7 : Y- Ekseninde Rüzgar Yükünden Dolayı Oluşan Deformasyon

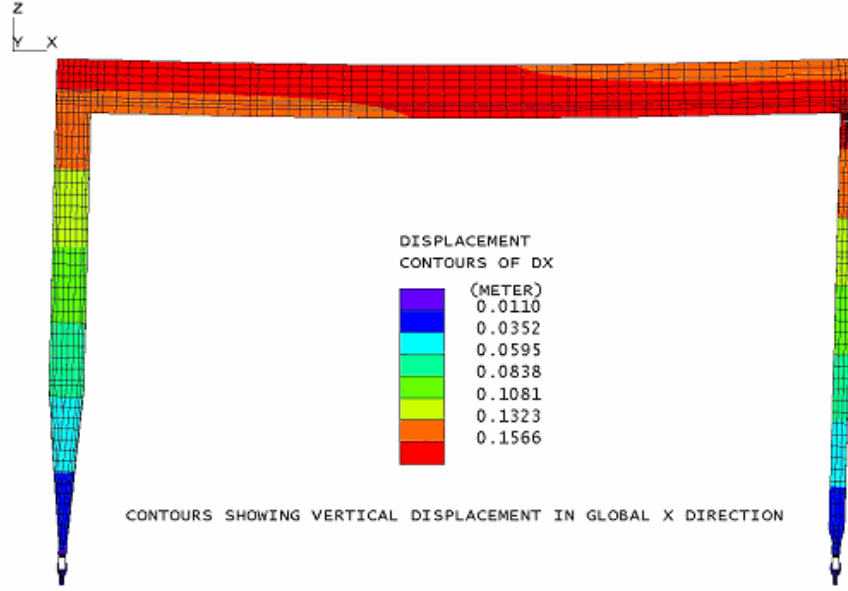


Şekil B.8 : Tambur Yükünden Dolayı Oluşan Deformasyon

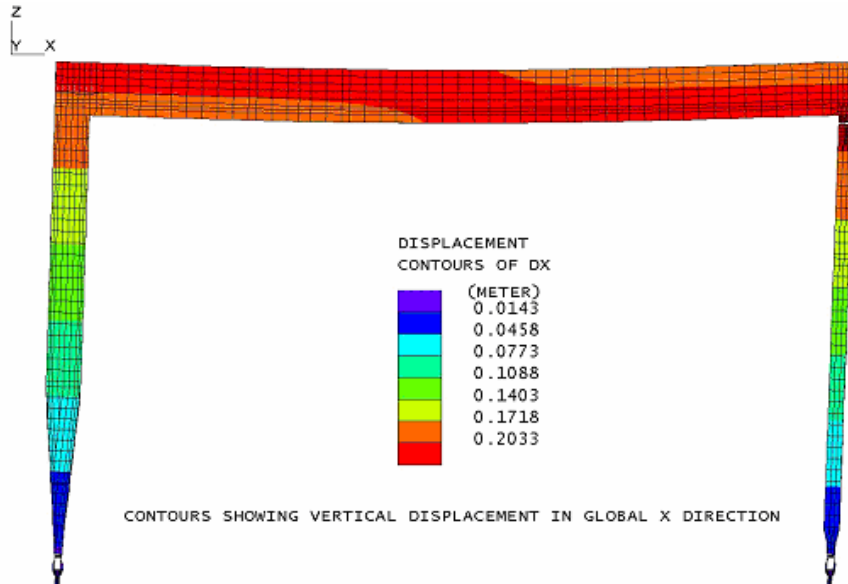


Şekil B.9 : Yuvarlanma Etkisinden Dolayı Oluşan Deformasyon

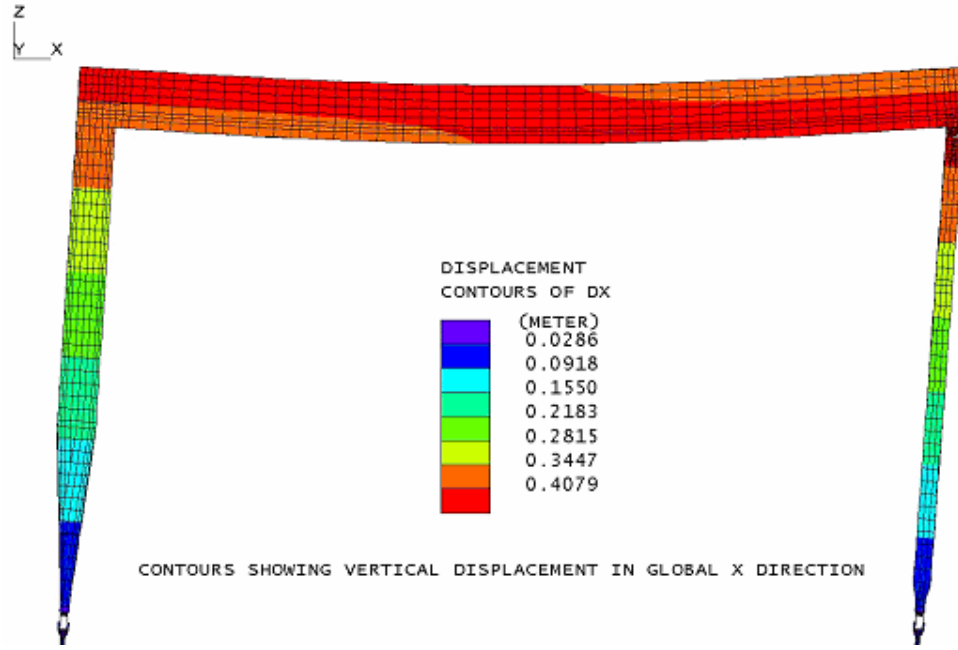
C. DEFORMASYON SONUÇLARININ KONTUR GÖRÜNÜMLERİ



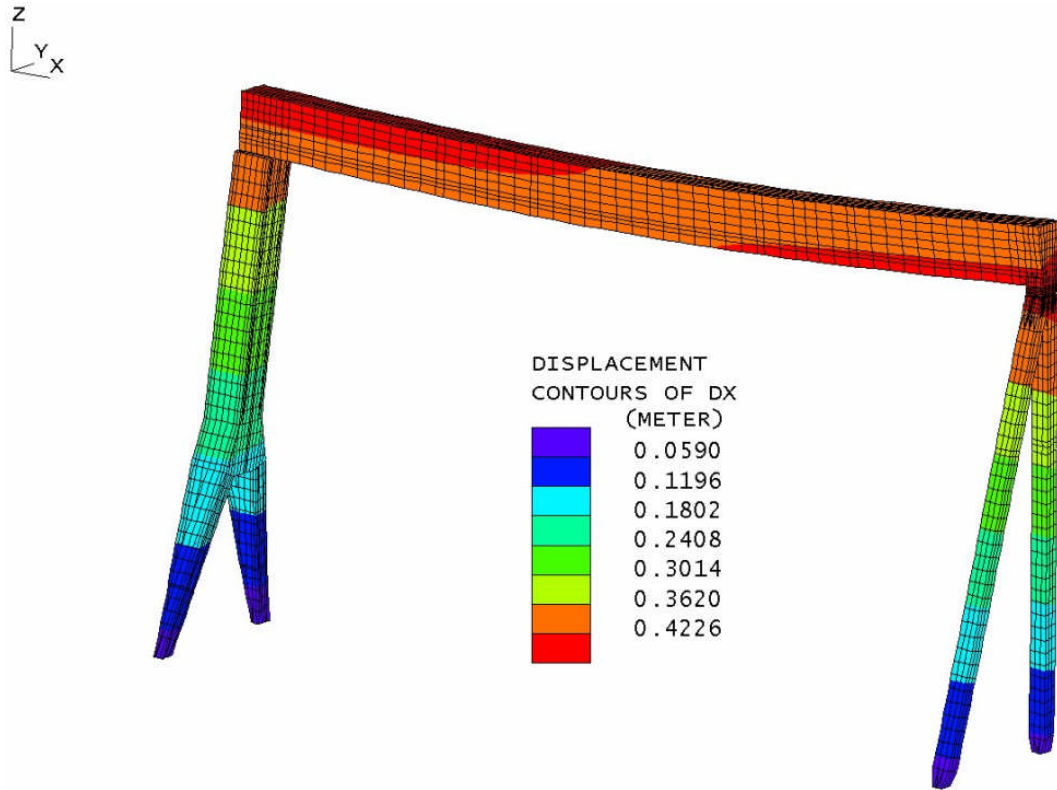
Şekil C.1: Krenin Kendi Ölü Ağırlığından Dolayı Oluşan Deformasyon



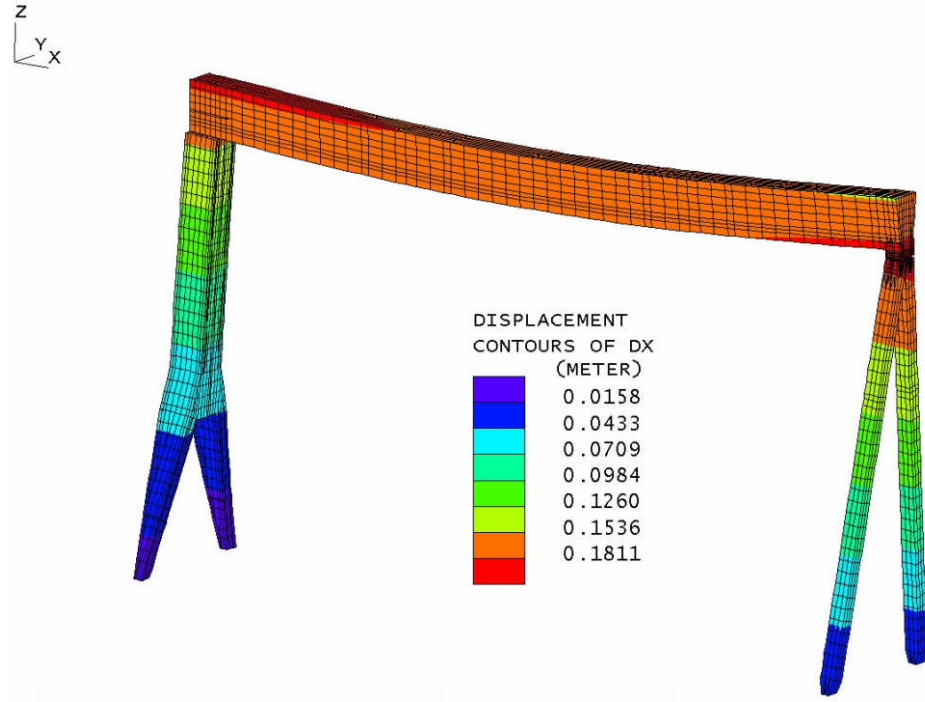
Şekil C.2: Arabanın Krenin Orta Kısımında (2.Pozisyonda) Çalışma Yükünden Dolayı Oluşan Deformasyon (Ölü Ağırlık Hariç)



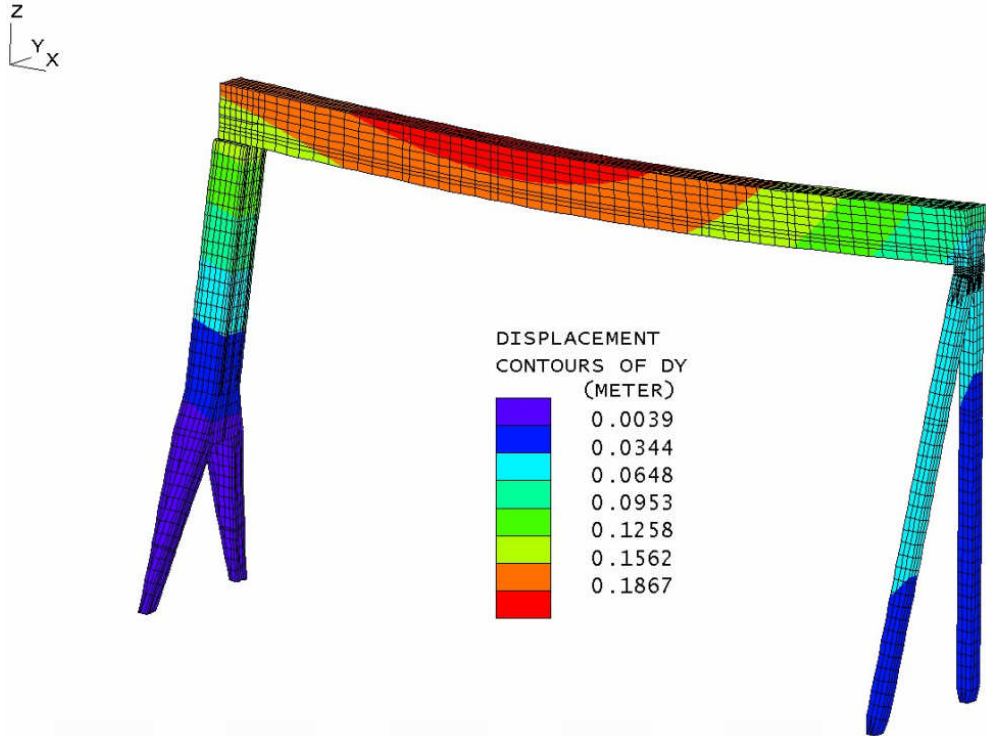
Şekil C.3: Krenin Kendi Ağırlığı Ve Arabanın 2. Pozisyondaki Çalışma Yükünün Toplamından Dolayı Oluşan Deformasyon



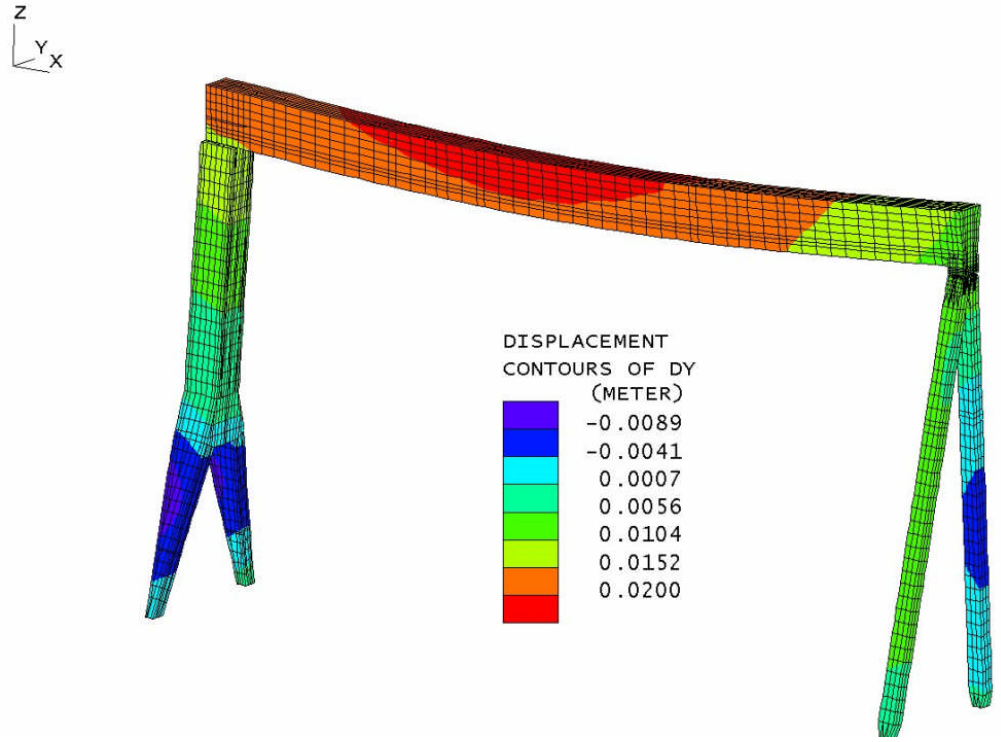
Şekil C.4: Ölü Yükler, Arabanın Çalışma Yükü, Yatay Etki, Tambur Yükü ve X Eksenindeki Rüzgar Yükünden Dolayı Oluşan X- Eksenindeki Deformasyon



Şekil C.5: Ölü Yükler, Arabanın Çalışma Yükü, Yatay Etki, Tambur Yükü ve Y Eksenindeki Rüzgar Yükünden Dolayı Oluşan X- Eksenindeki Deformasyon

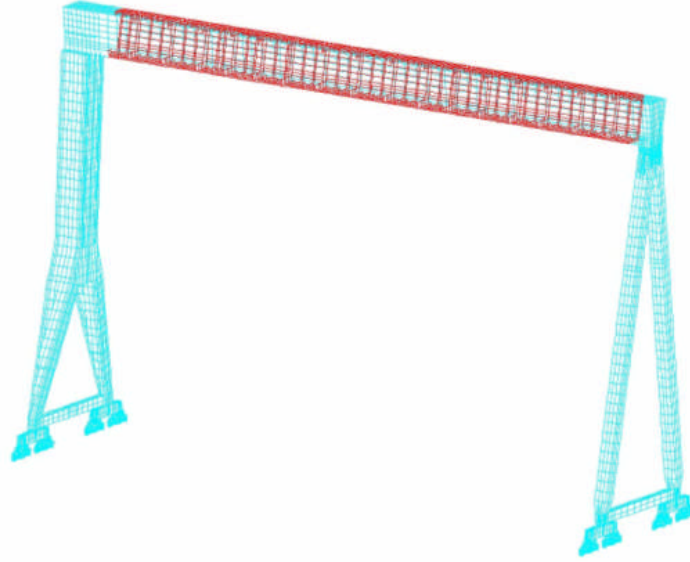


Şekil C.6 : Ölü Yükler, Arabanın Çalışma Yükü, Yatay Etki, Tambur Yükü ve X Eksenindeki Rüzgar Yükünden Dolayı Oluşan Y- Eksenindeki Deformasyon

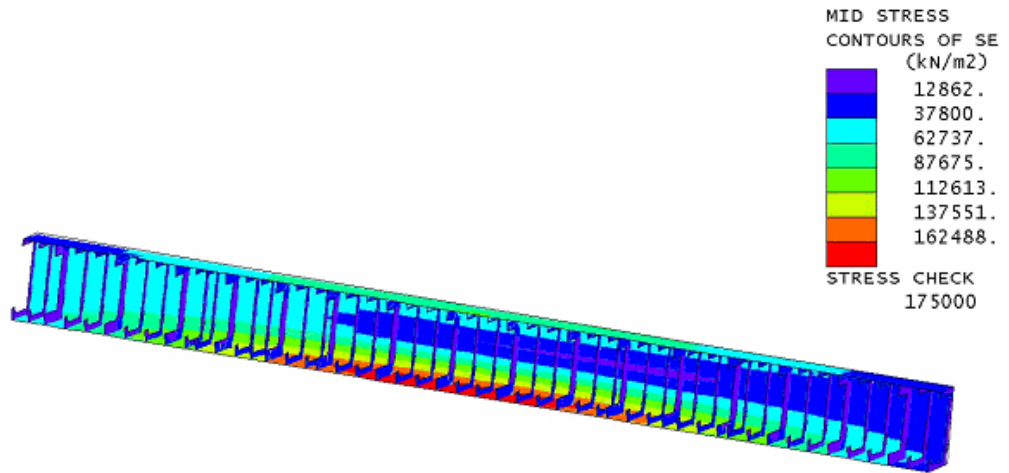


Şekil C.7: Ölü Yükler, Arabanın Çalışma Yüğü, Yatay Etki, Tambur Yüğü ve Y Eksenindeki Rüzgar Yüğünden Dolayı Oluşan Y- Eksenindeki Deformasyon

D. GERİLME SONUÇLARI

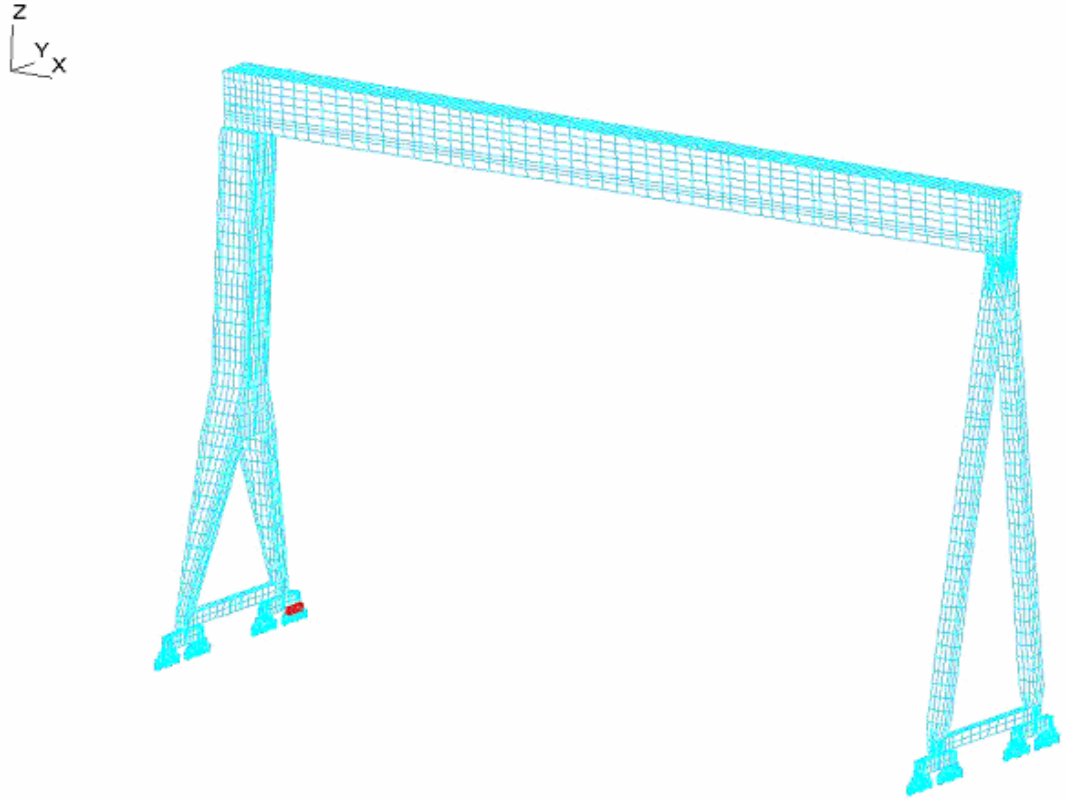


Şekil D.1 : Ana Kiriş Parçası

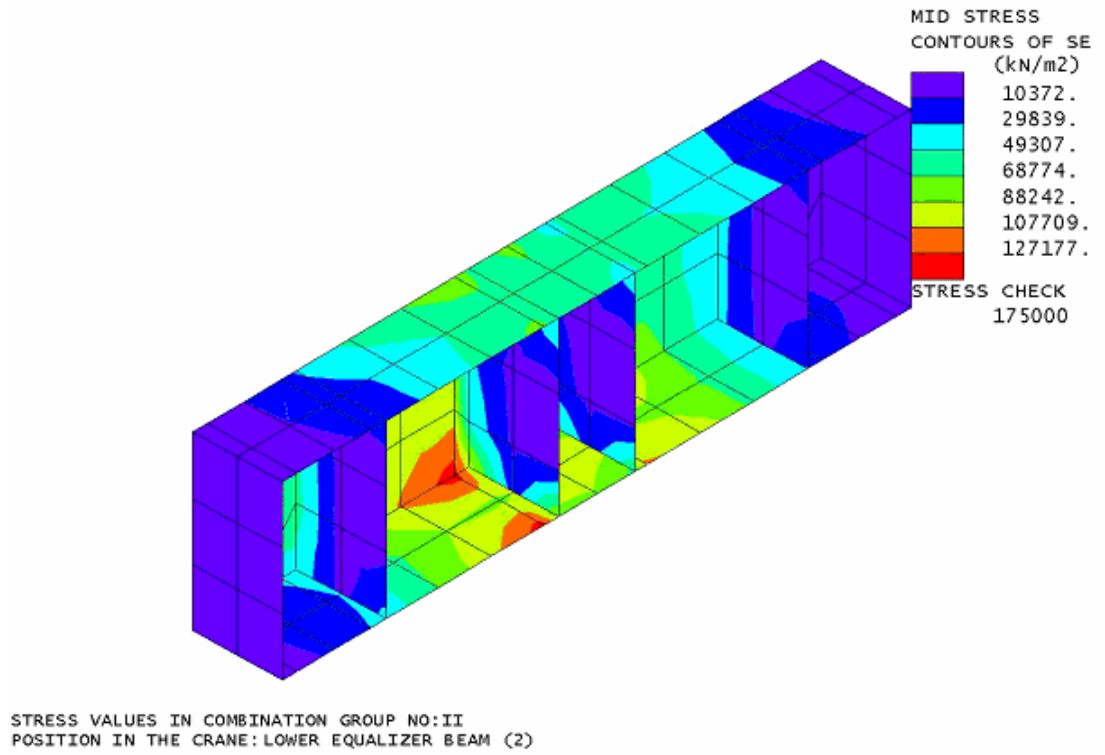


STRESS VALUES IN COMBINATION GROUP NO:II
POSITION IN THE CRANE: MAIN GIRDER BEAM

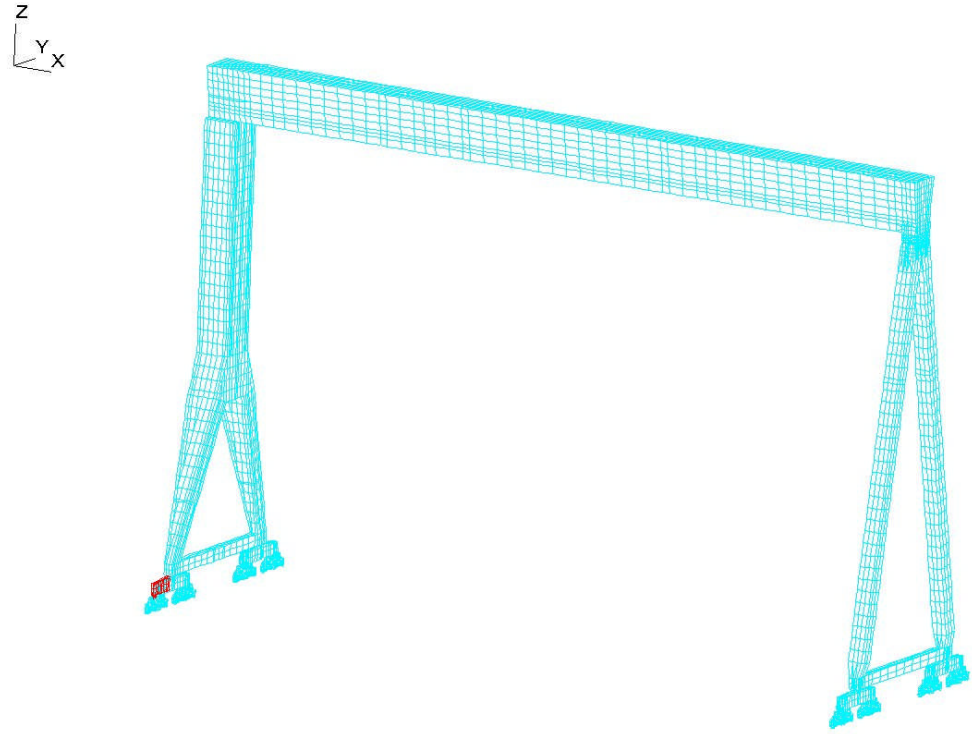
Şekil D.2 : Ana Kiriş Gerilme Değerleri



Şekil D.3 : Küçük Denge Kirişi Parçası

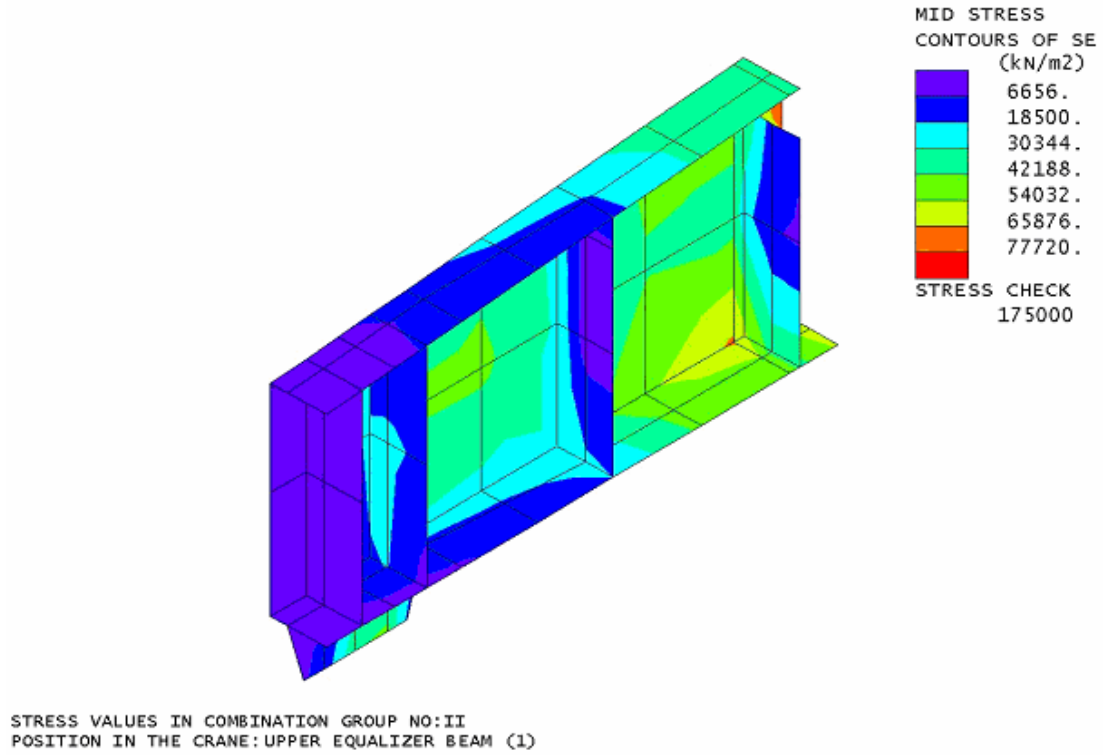


Şekil D.4 : Küçük Denge Kirişi Gerilme Değerleri

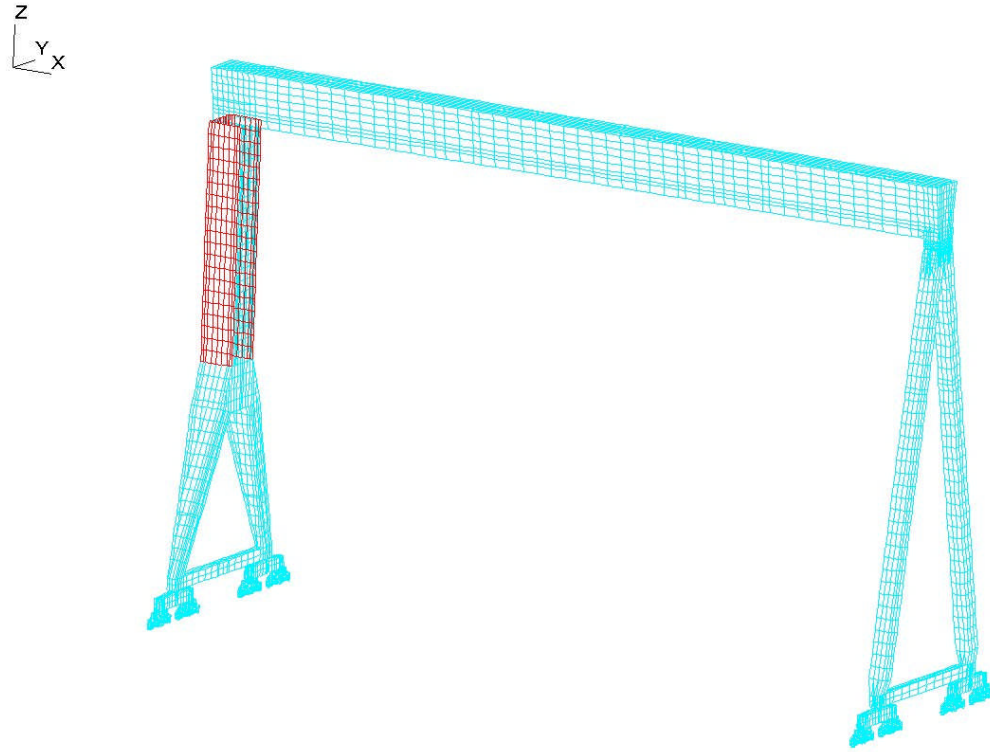


STRESS RESULTS IN: UPPER EQUALIZER BEAM THE FIRST

Şekil D.5 : Büyük Denge Kirişi Parçası

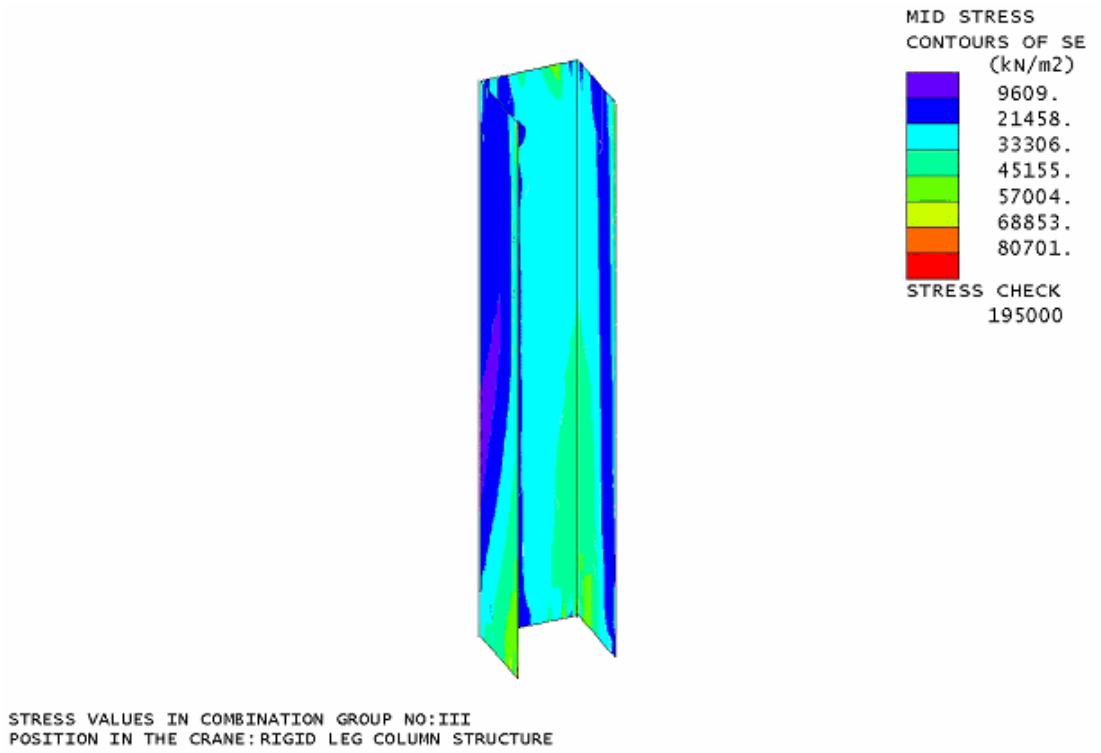


Şekil D.6 : Büyük Denge Kirişi Gerilme Değerleri

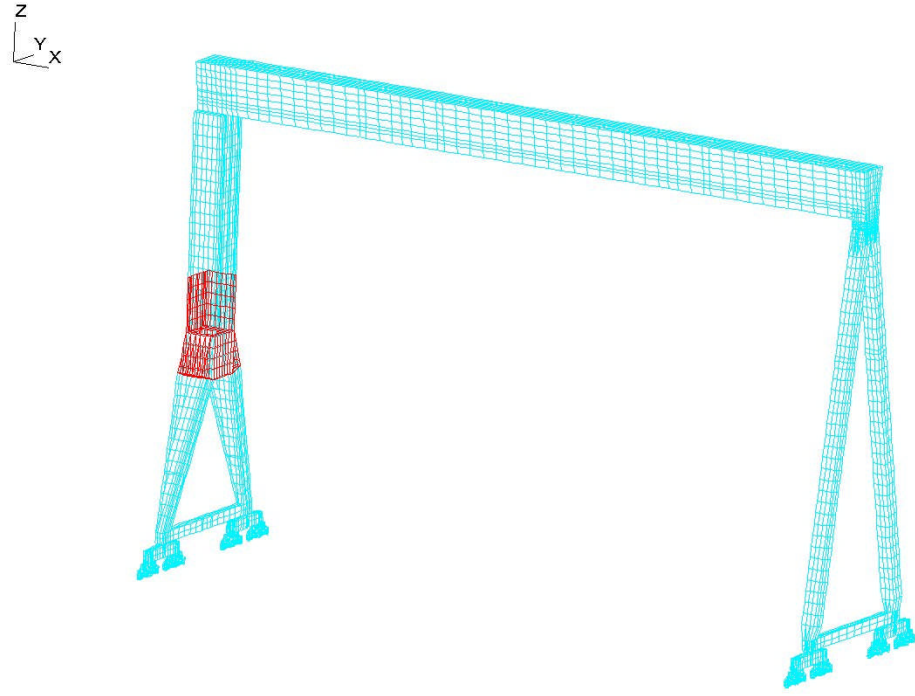


STRESS RESULTS IN: RIGID LEG COLUMN STRUCTURE

Şekil D.7 : Rijit Bacak Kolonu Parçası

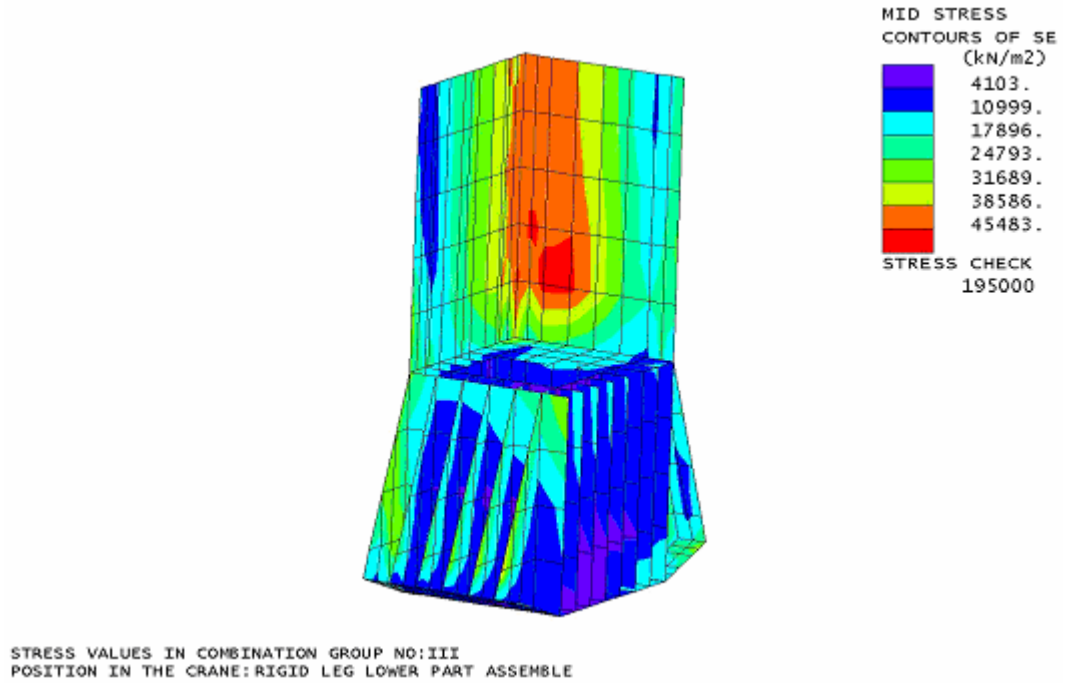


Şekil D.8 : Rijit Bacak Kolonu Gerilme Değerleri

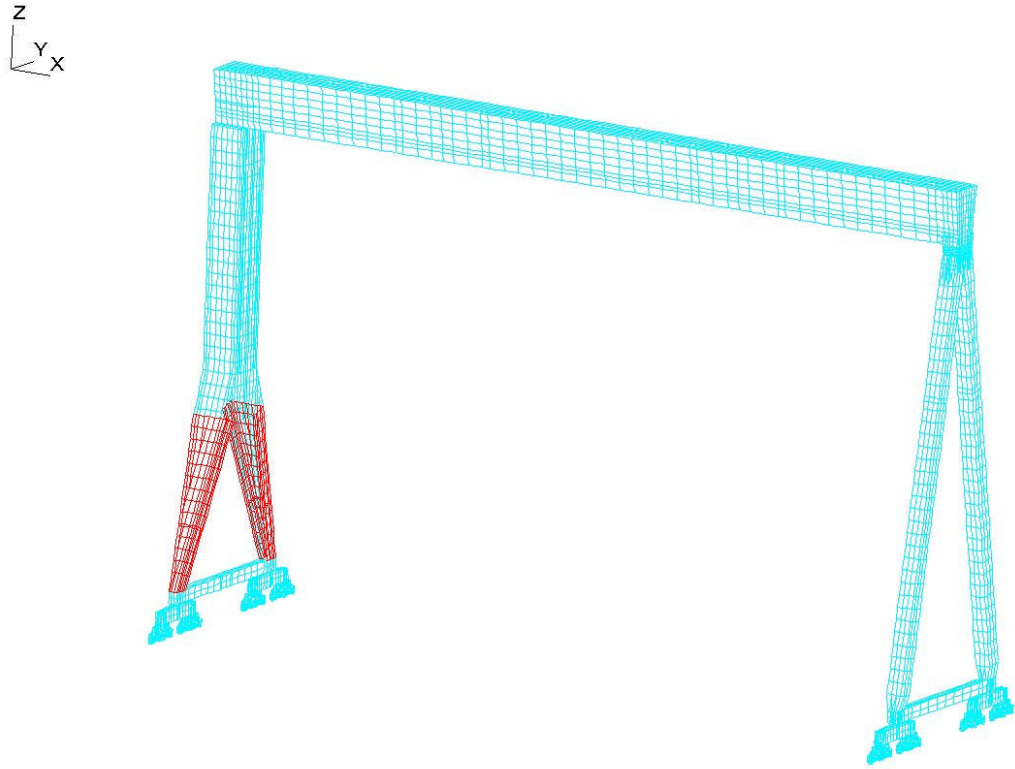


STRESS RESULTS IN: RIGID LEG LOWER PART ASSEMBLE

Şekil D.9 : Rijit Bacak Alt Montaj Kutusu

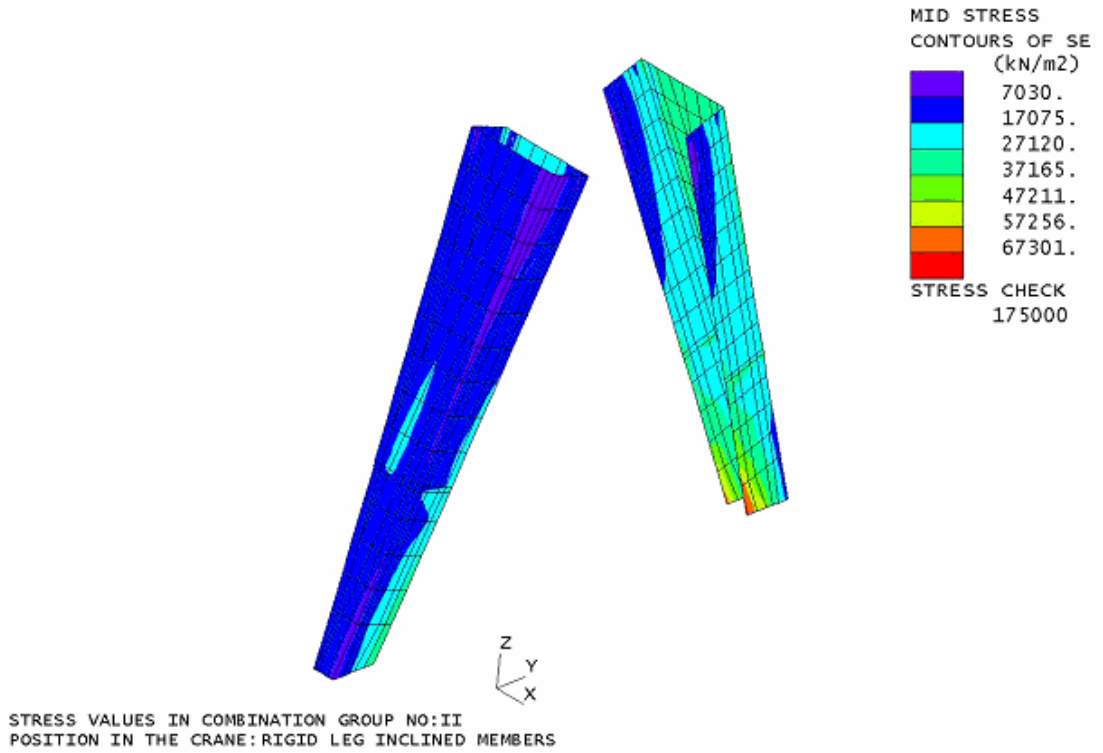


Şekil D.10 : Rijit Bacak Alt Montaj Kutusu Gerilme Değerleri

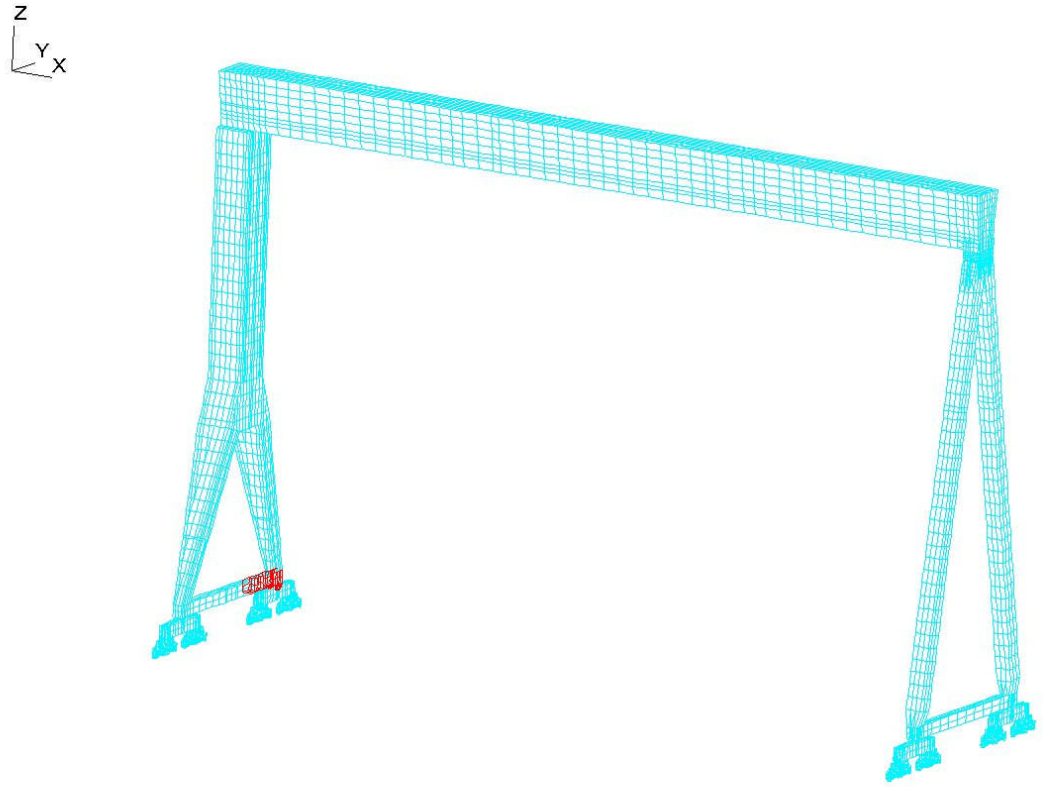


STRESS RESULTS IN: RIGID LEG INCLINED MEMBERS

Şekil D.11 : Rijit Bacak Eğik Parçaları (Pantolon)

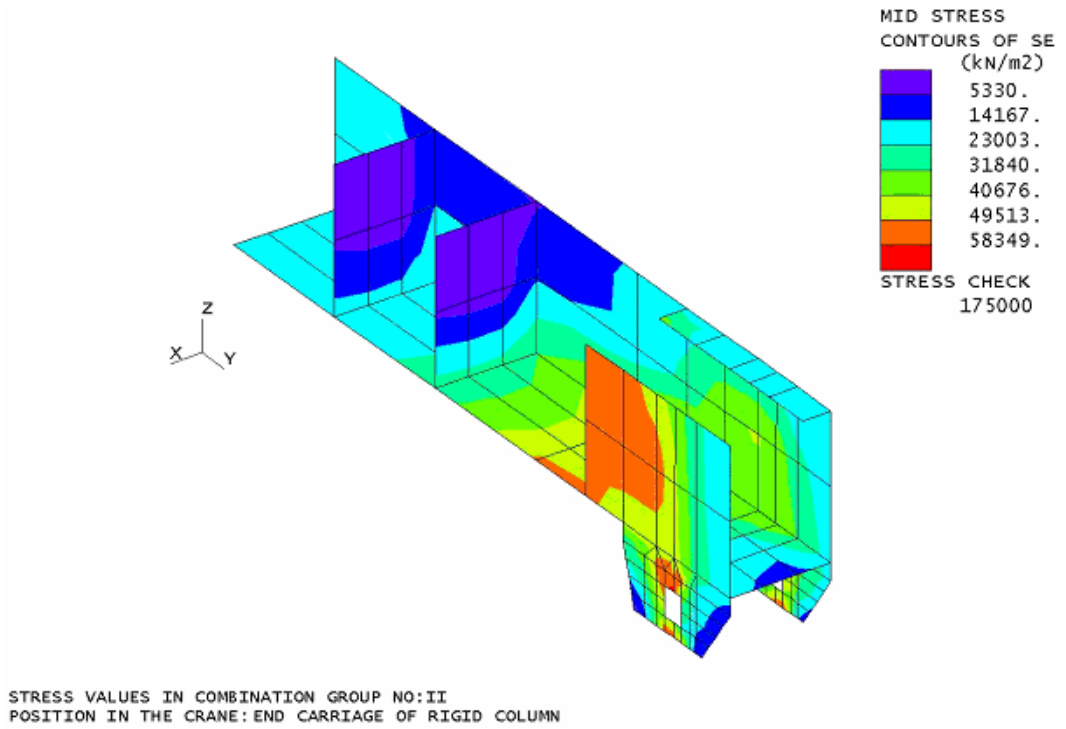


Şekil D.12 : Rijit Bacak Eğik Parçaları (Pantolon) Gerilme Değerleri

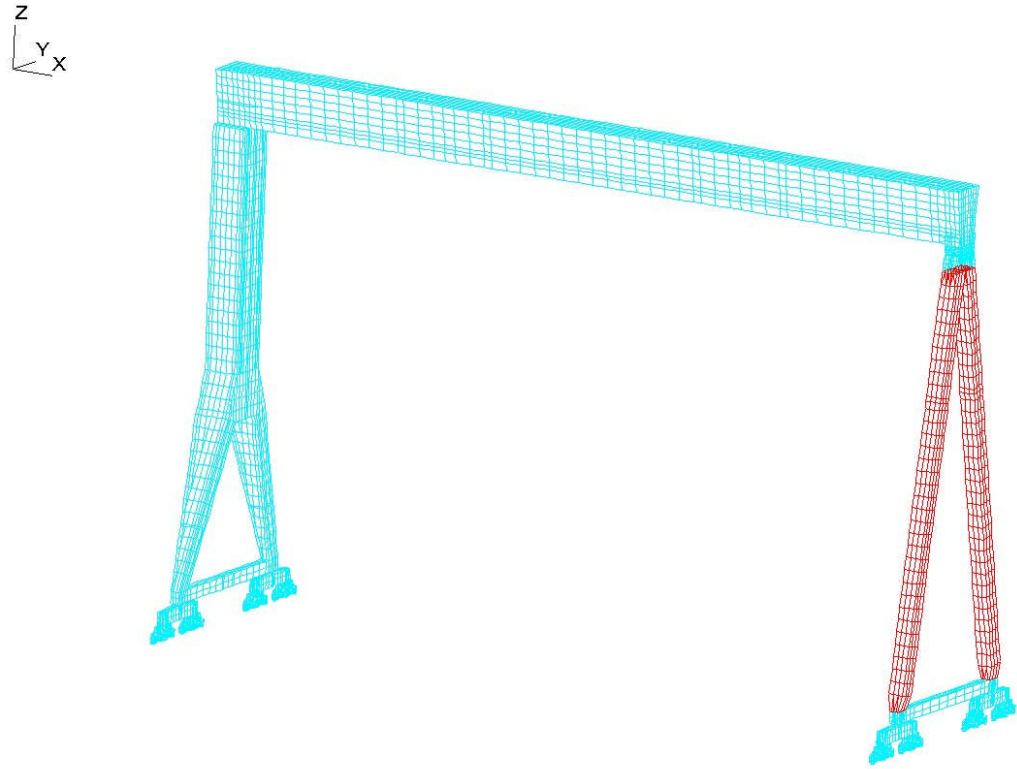


STRESS RESULTS IN: END CARRIAGE OF RIGID AND HINGED LEGS

Şekil D.13 : Gergi Kirişi Parçası

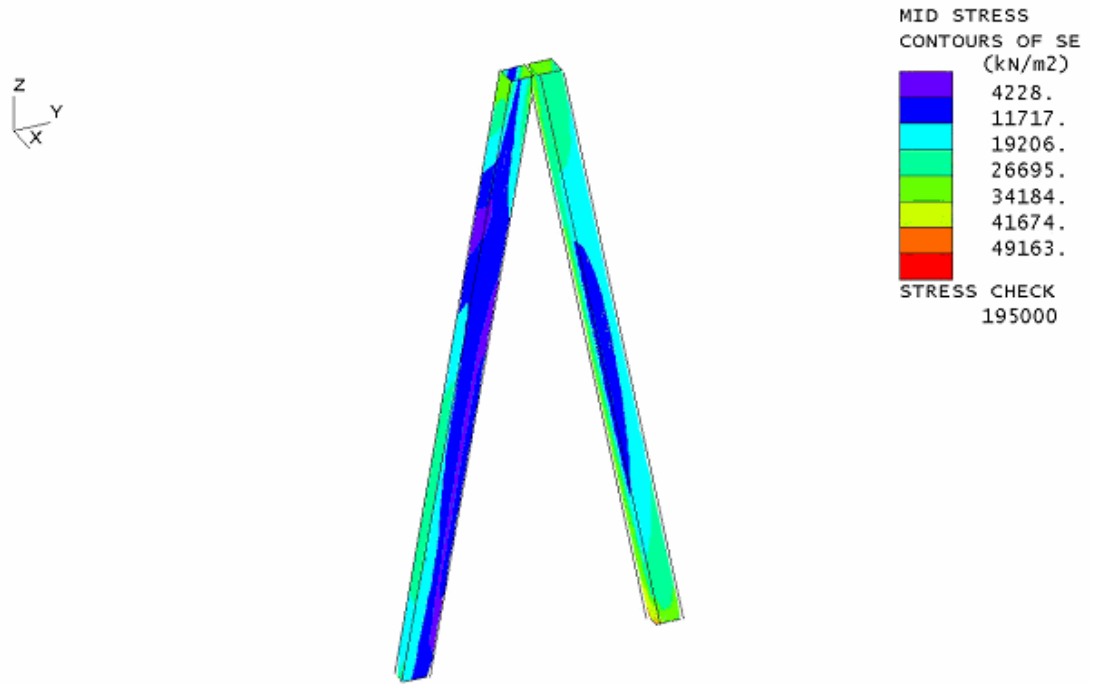


Şekil D.14 : Gergi Kirişi Gerilme Değerleri



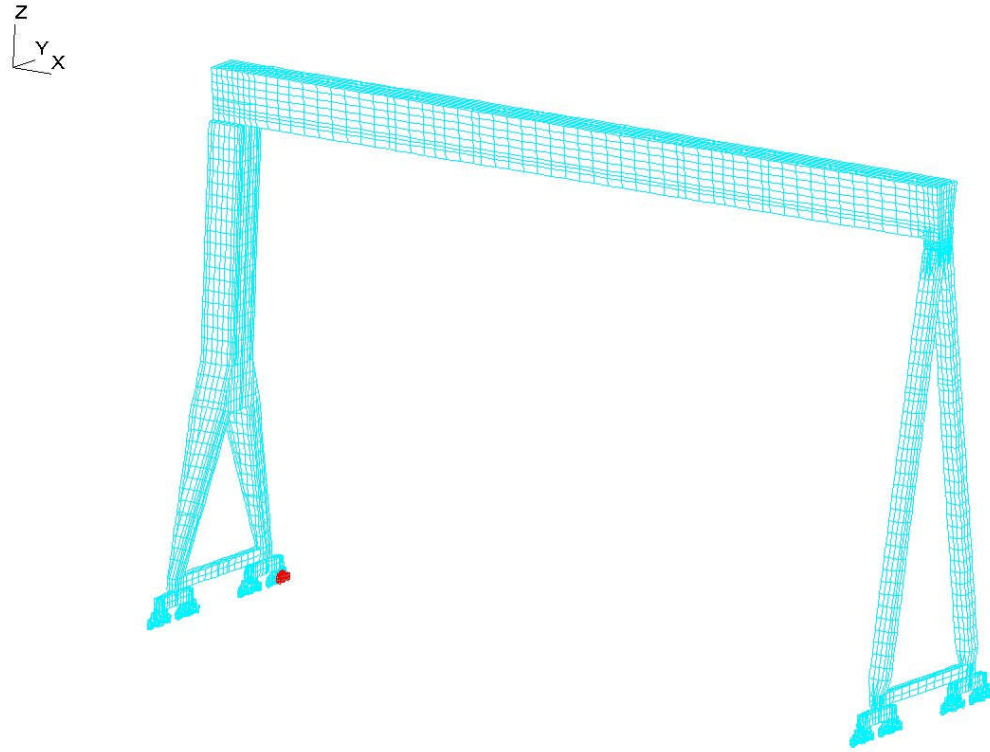
STRESS RESULTS IN: HINGED LEG (ALL)

Şekil D.15 : Mafsal Bacak Parçası



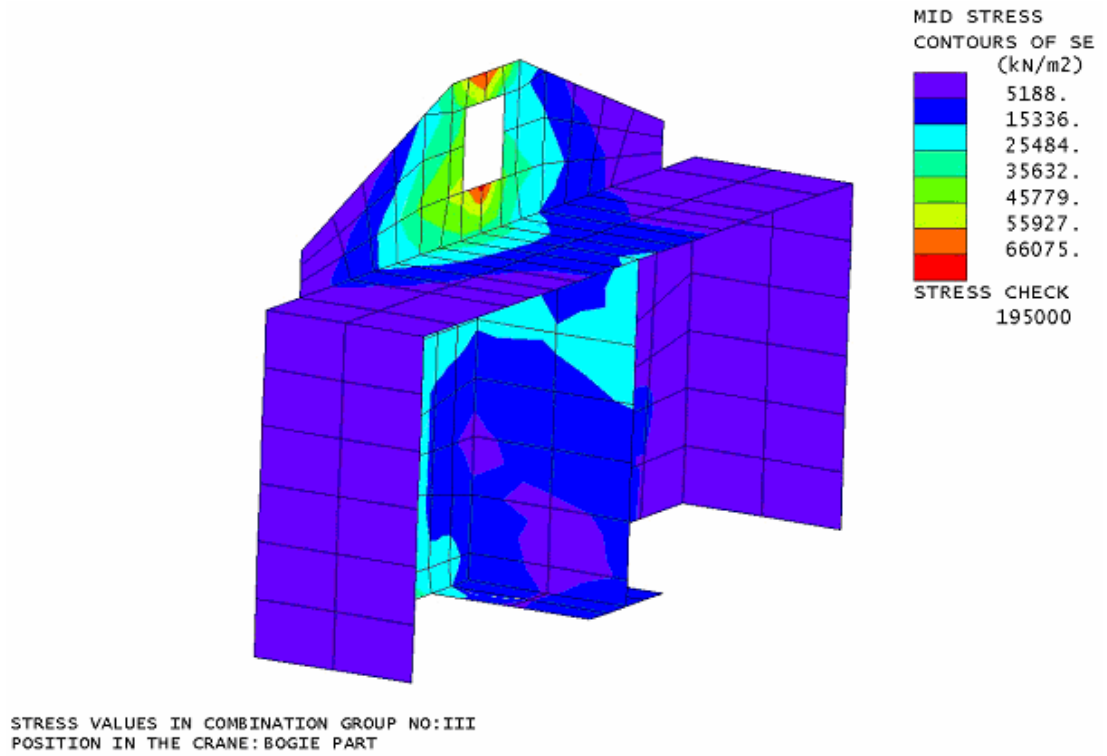
STRESS VALUES IN COMBINATION GROUP NO:III
POSITION IN THE CRANE:HINGED LEGS

Şekil D.16 : Mafsal Bacak Gerilme Değerleri

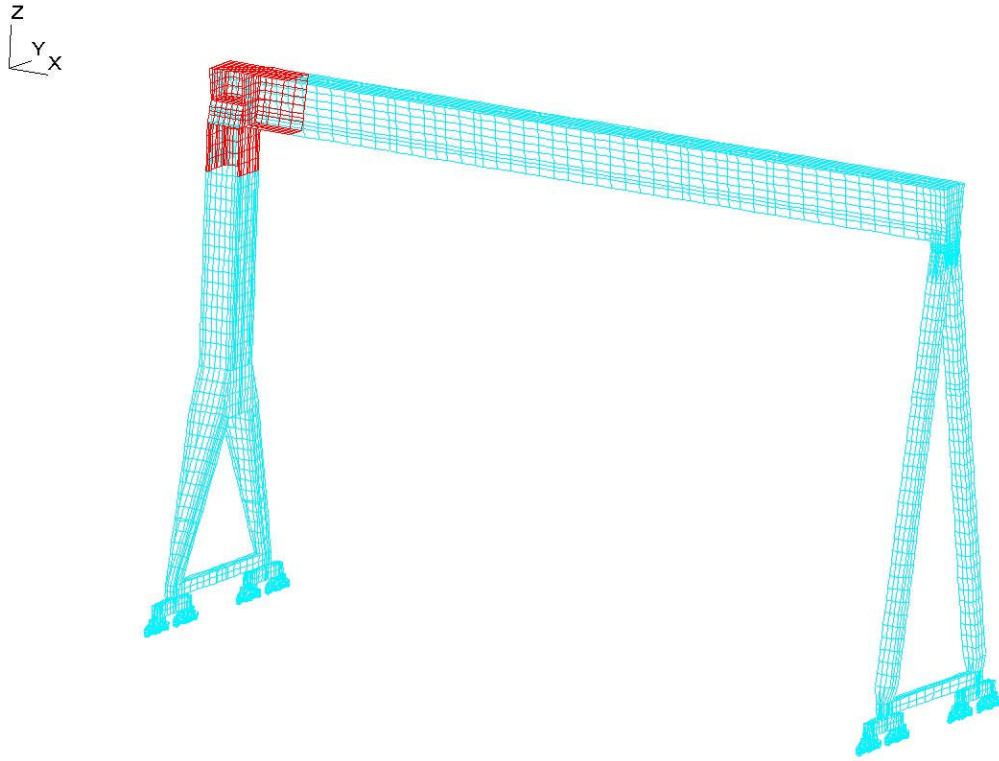


STRESS RESULTS IN: BOGIE ASSEMBLE

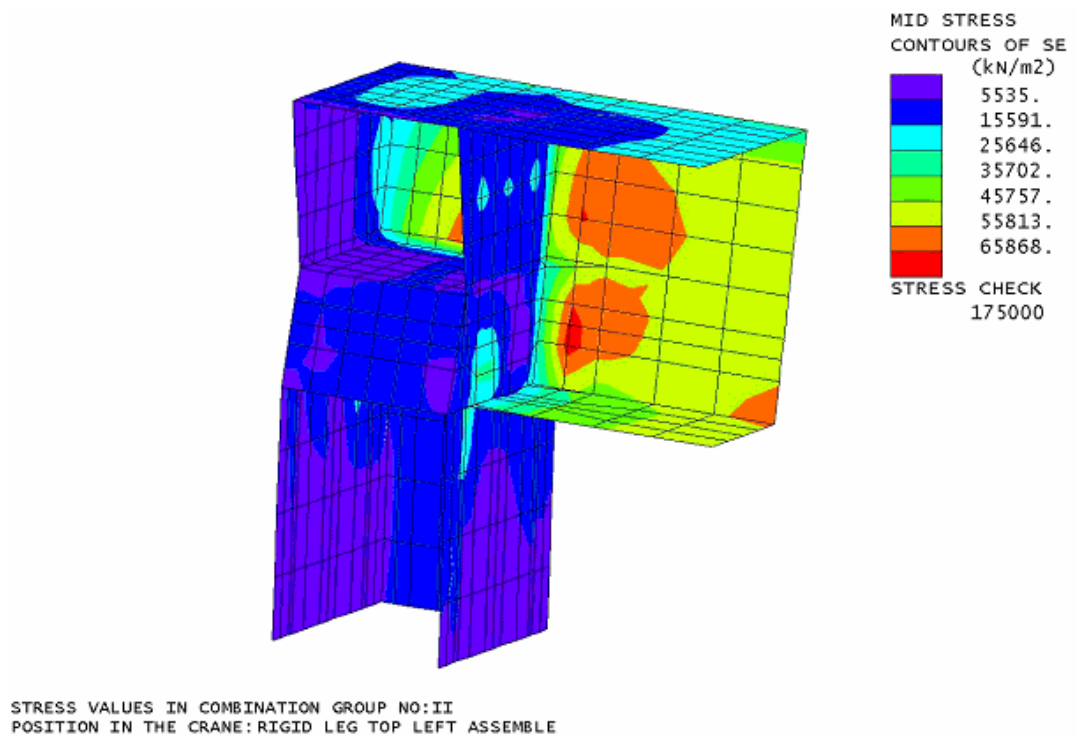
Şekil D.17 : Boji Kirişi Parçası



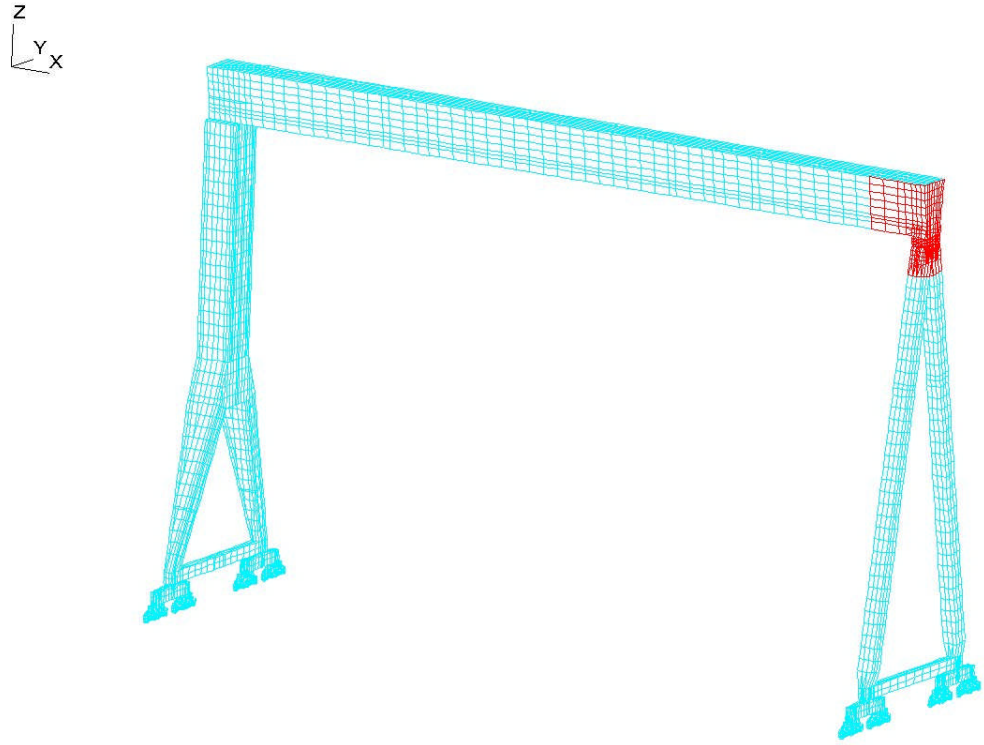
Şekil D.18 : Boji Kirişi Gerilme Değerleri



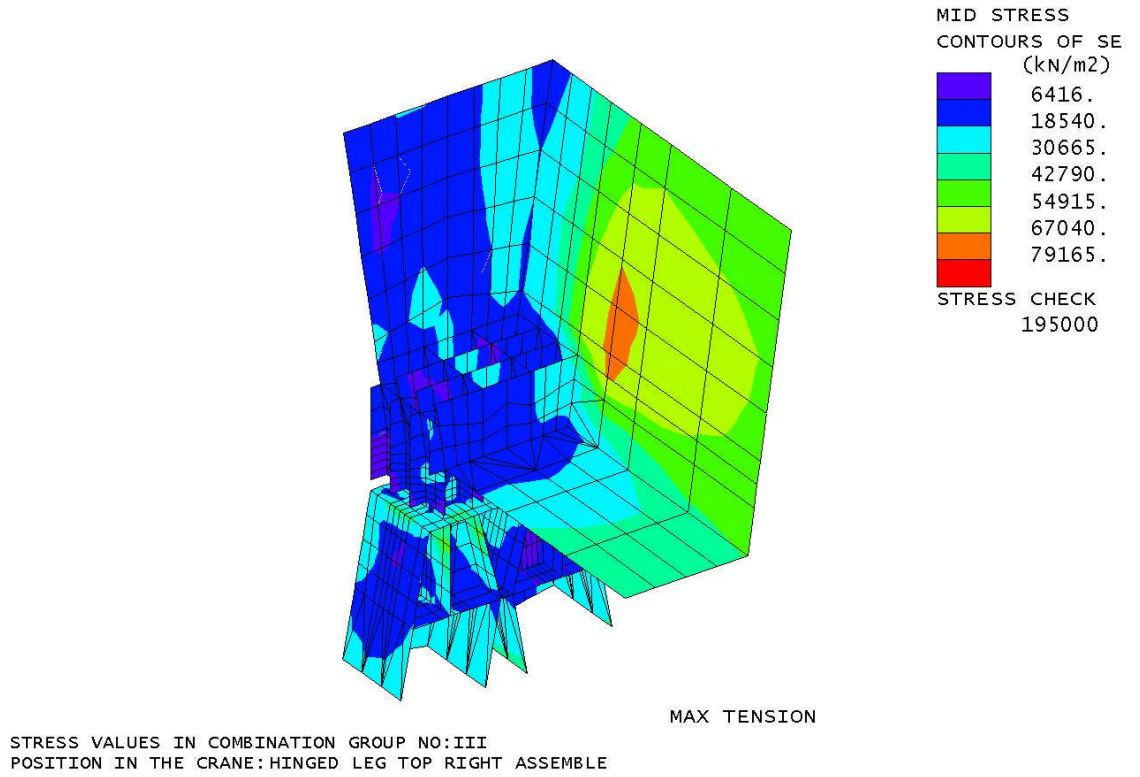
Şekil D.19 : Rijit Bacak Üst Montaj Kutusu Parçası



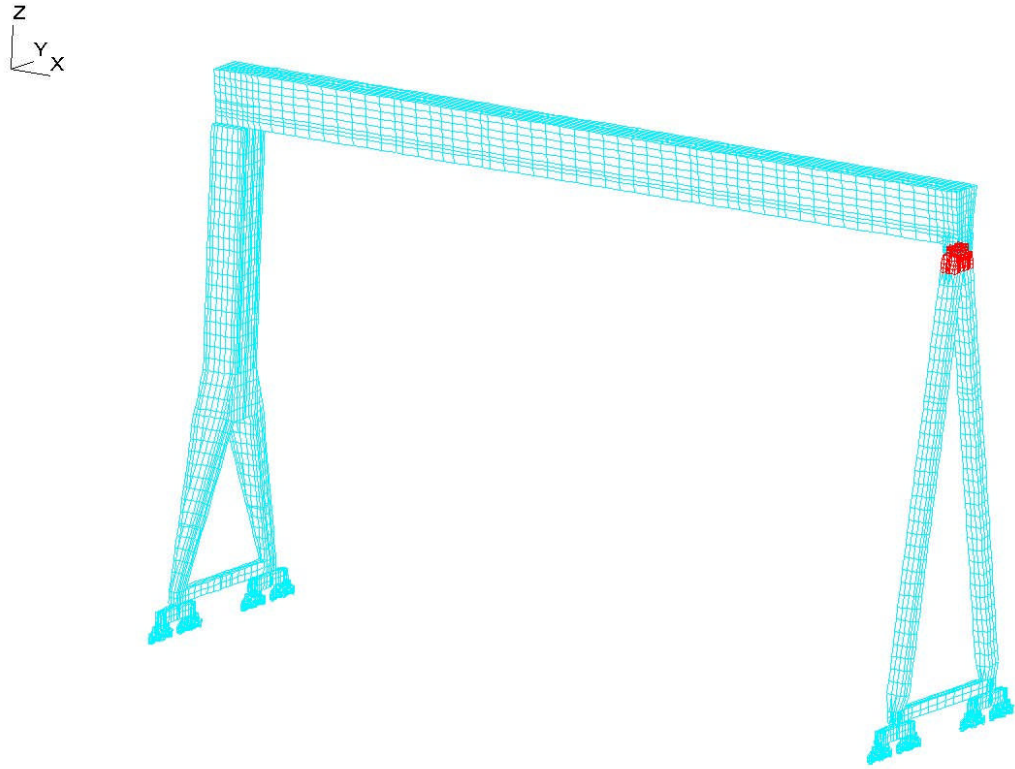
Şekil D.20 : Rijit Bacak Üst Montaj Kutusu Gerilme Değerleri



Şekil D.21 : Mafsal Bacak Üst Montaj Parçası

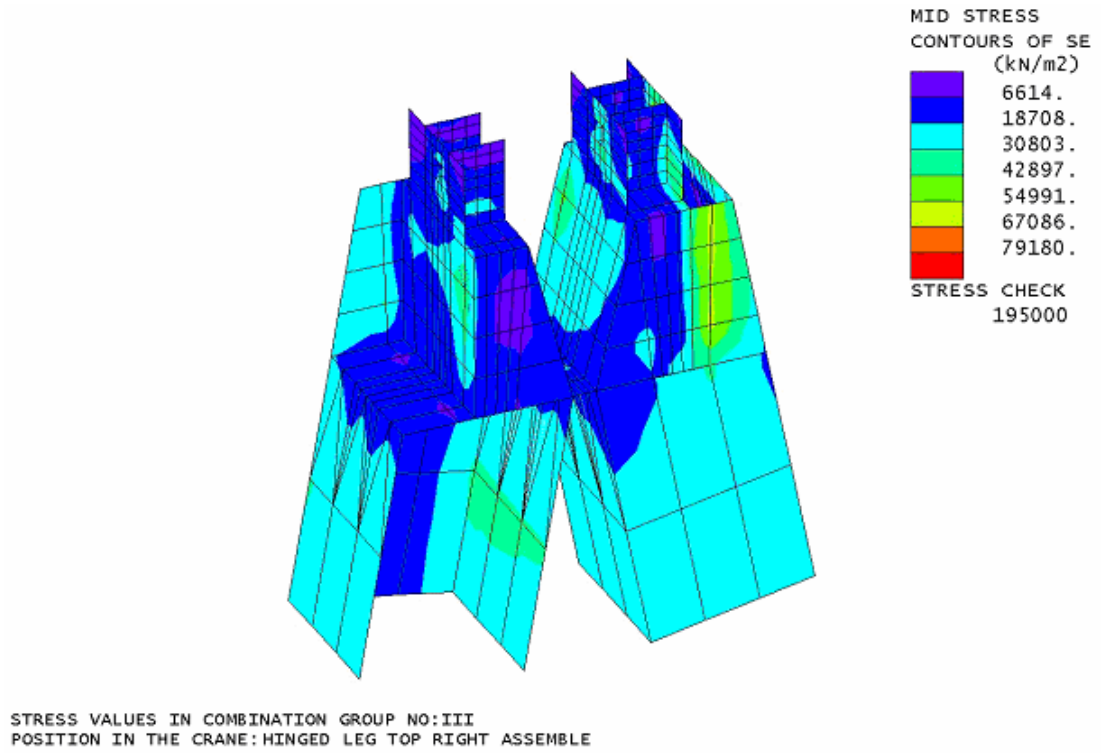


Şekil D.22 : Mafsal Bacak Üst Montaj Parçası Gerilme Değerleri



STRESS RESULTS IN: HINGED LEG SUPPORT BEAM (2)

Şekil D.23 : Mafsal Bacak Destek Kirişi Parçası



Şekil D.24 : Mafsal Bacak Destek Kirişi Gerilme Değerleri

E. MOD ŞEKİLLERİ



MODE 1 (3D VIEW)

Şekil E.1 : Mod 1



MODE 2 (3D VIEW)

Şekil E.2 : Mod 2



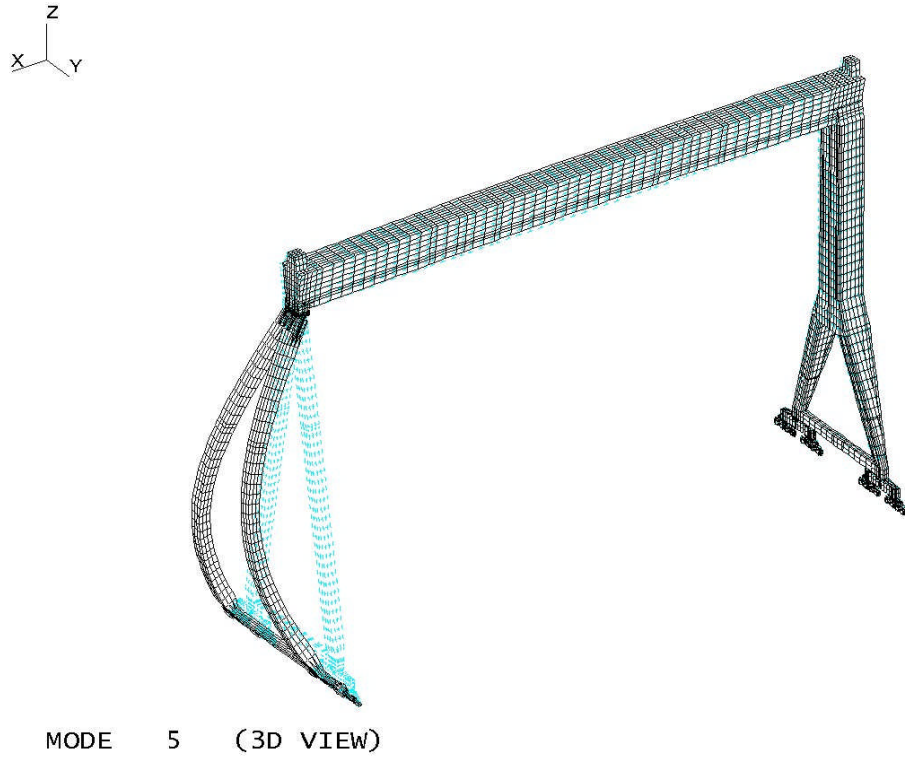
MODE 3 (3D VIEW)

Şekil E.3 : Mod 3



MODE 4 (3D VIEW)

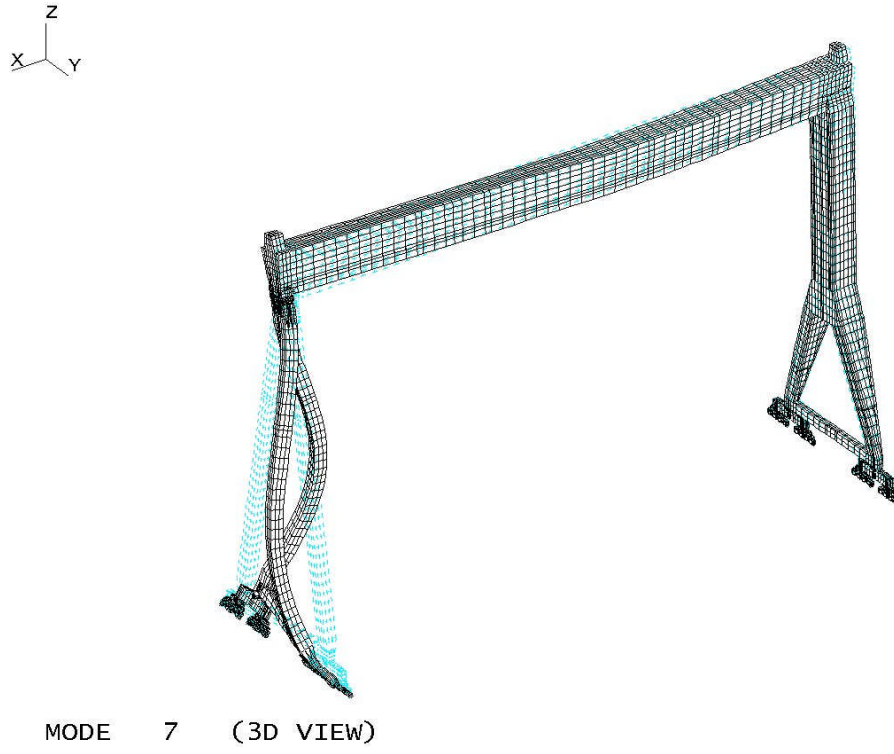
Şekil E.4 : Mod 4



Şekil E.5 : Mod 5



Şekil E.6 : Mod 6



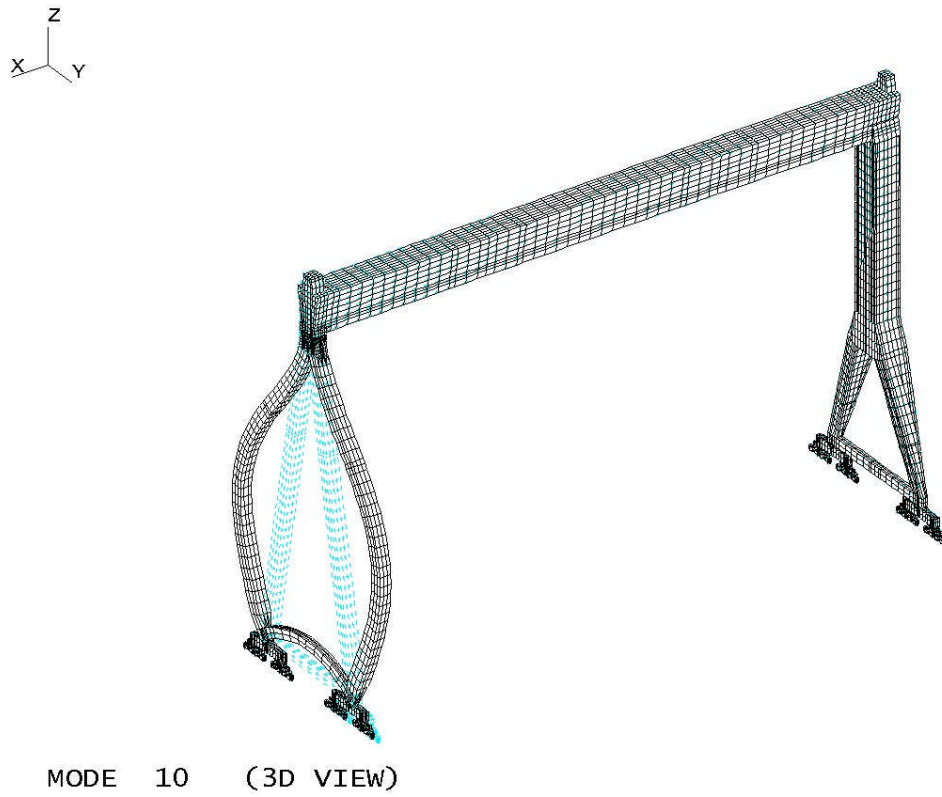
Şekil E.7 : Mod 7



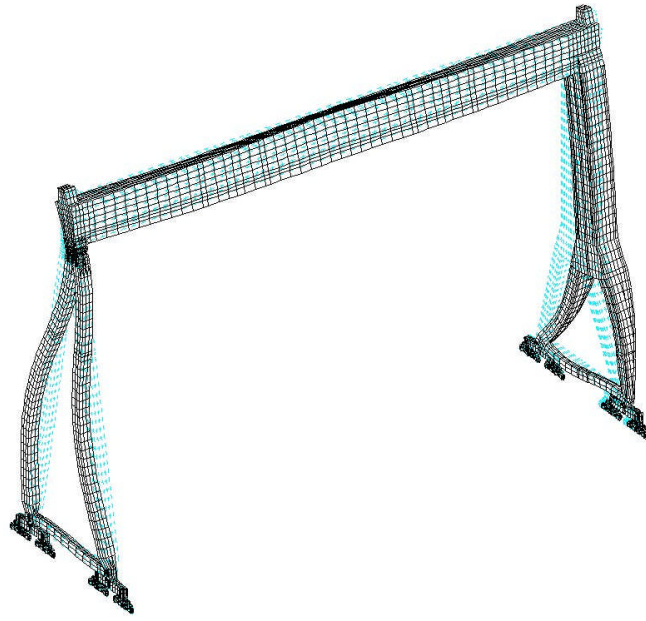
Şekil E.8 : Mod 8



Şekil E.9 : Mod 9



Şekil E.10 : Mod 10



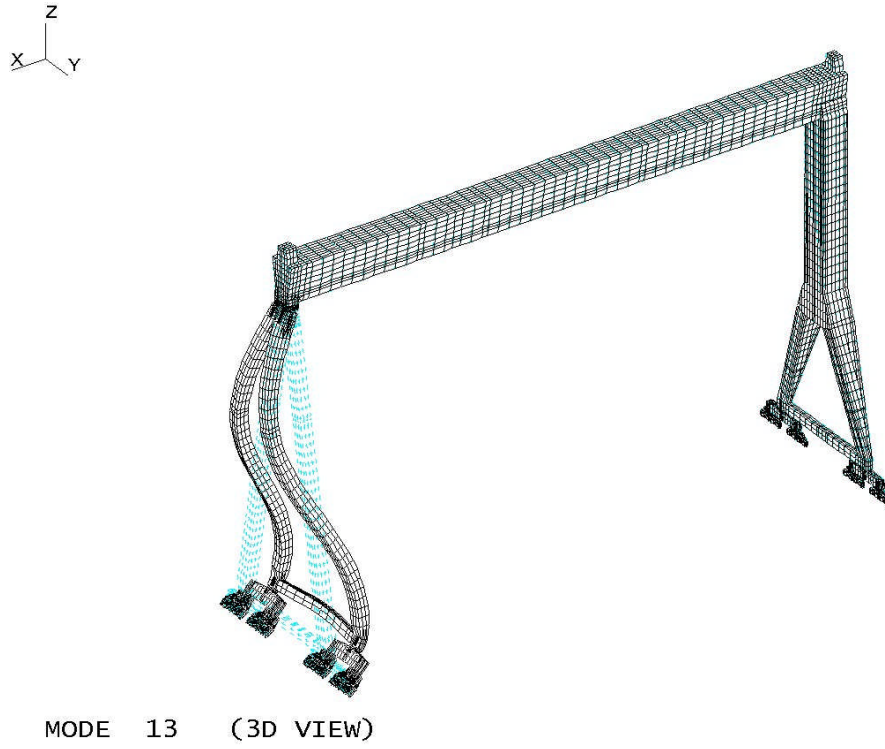
MODE 11 (3D VIEW)

Şekil E.11 : Mod 11

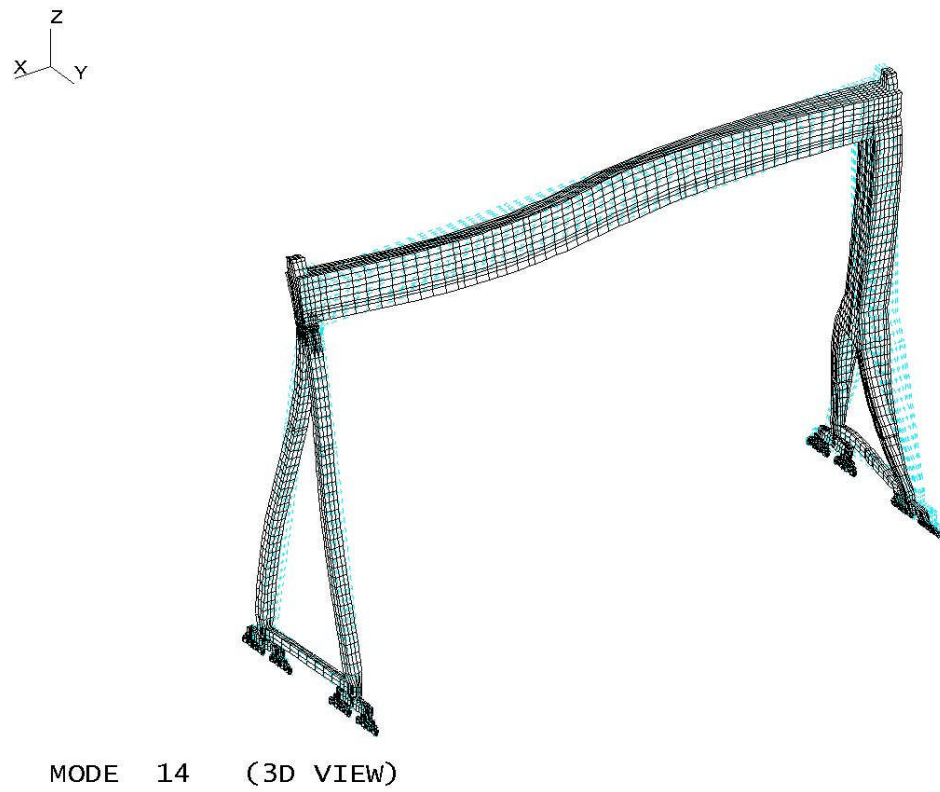


MODE 12 (3D VIEW)

Şekil E.12 : Mod 12



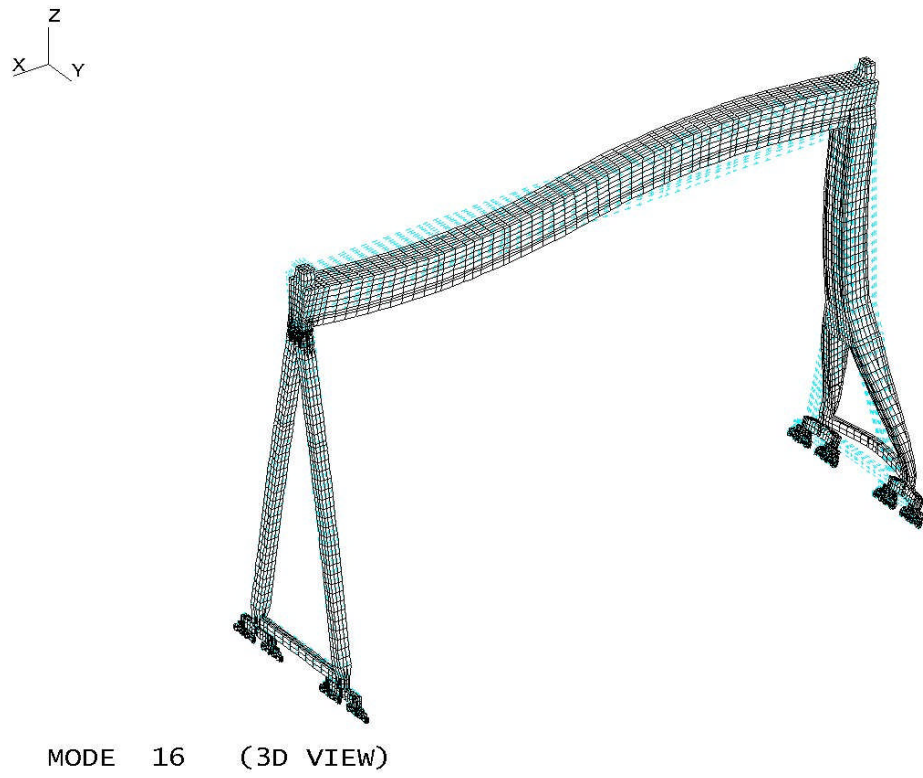
Şekil E.13 : Mod 13



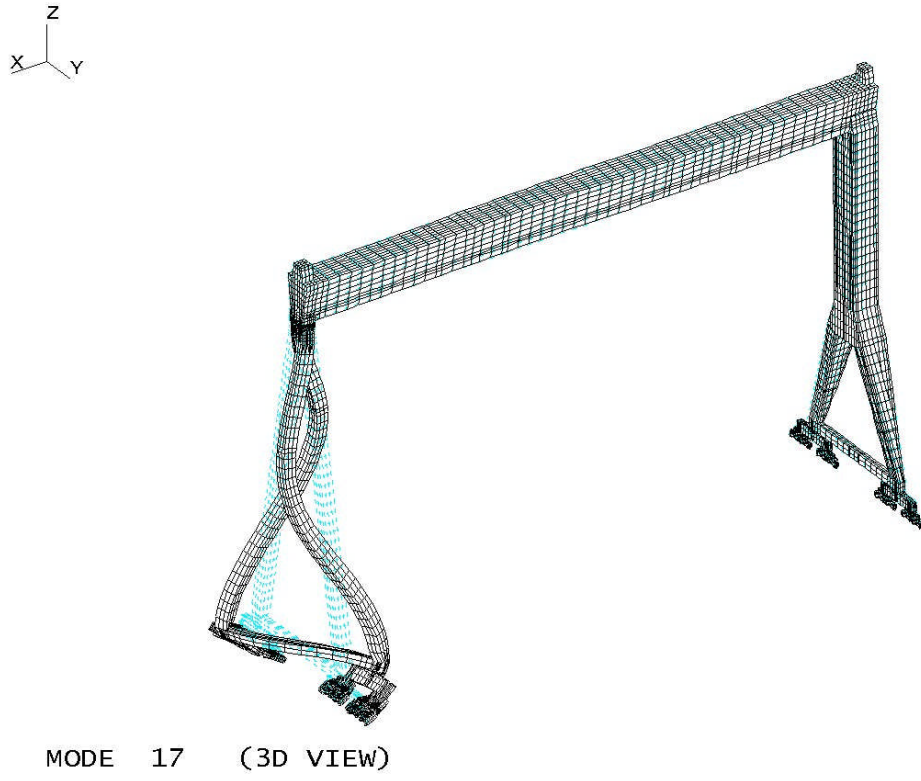
Şekil E.14 : Mod 14



Şekil E.15 : Mod 15



Şekil E.16 : Mod 16

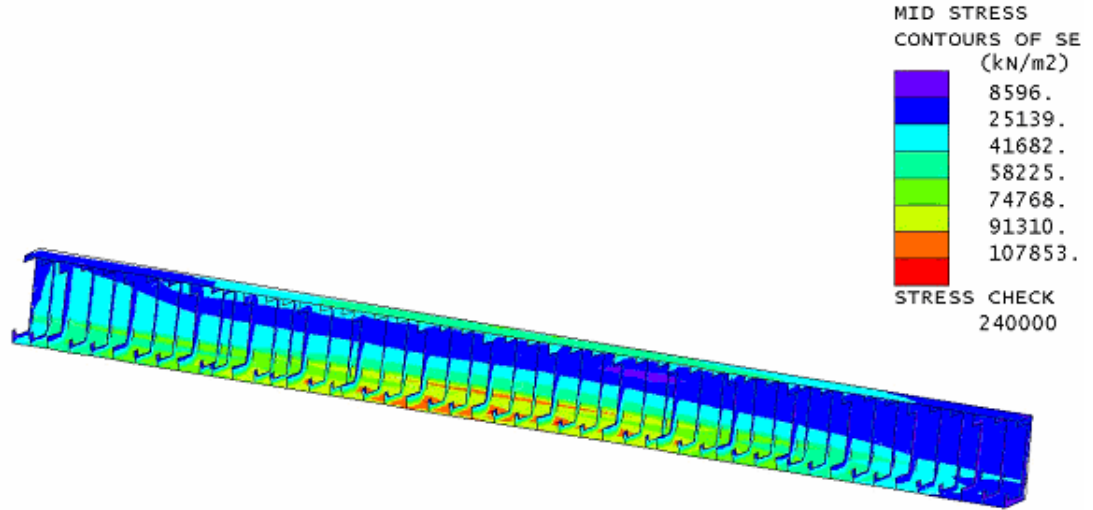


Şekil E.17 : Mod 17

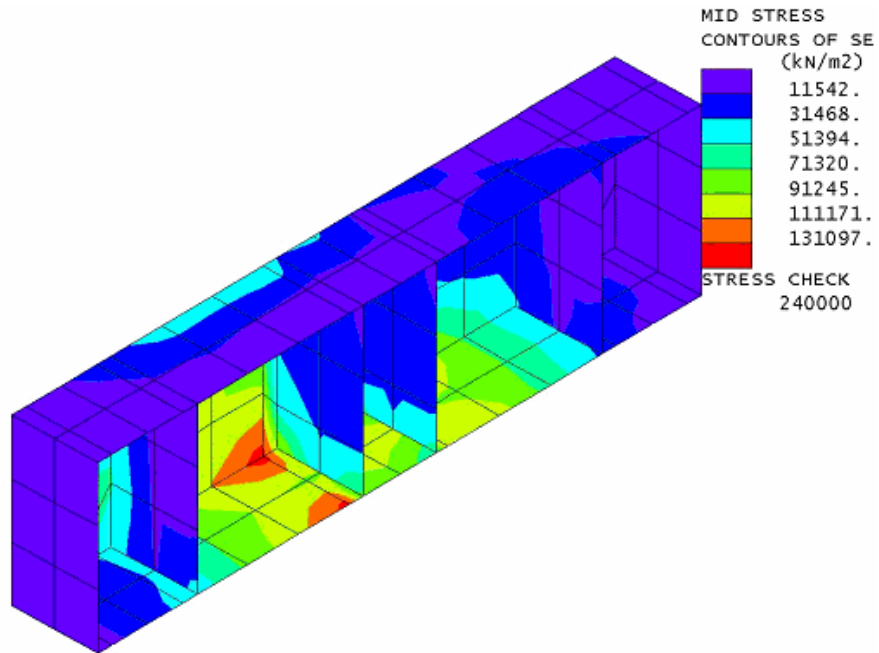


Şekil E.18 : Mod 18

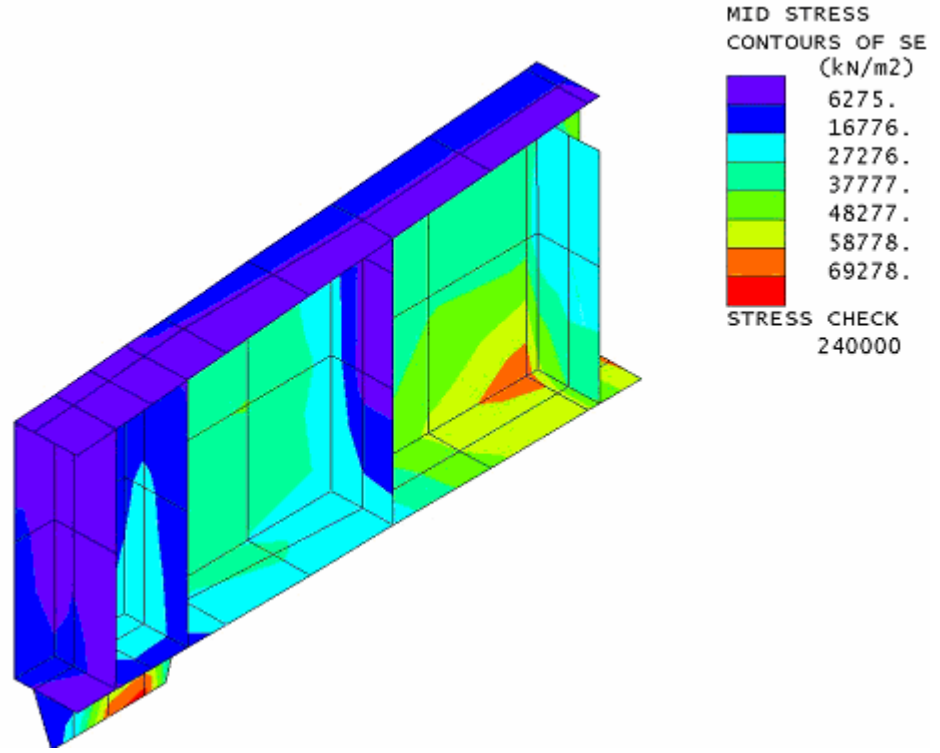
F. DEPREM YÜKÜ GERİLME SONUÇLARI



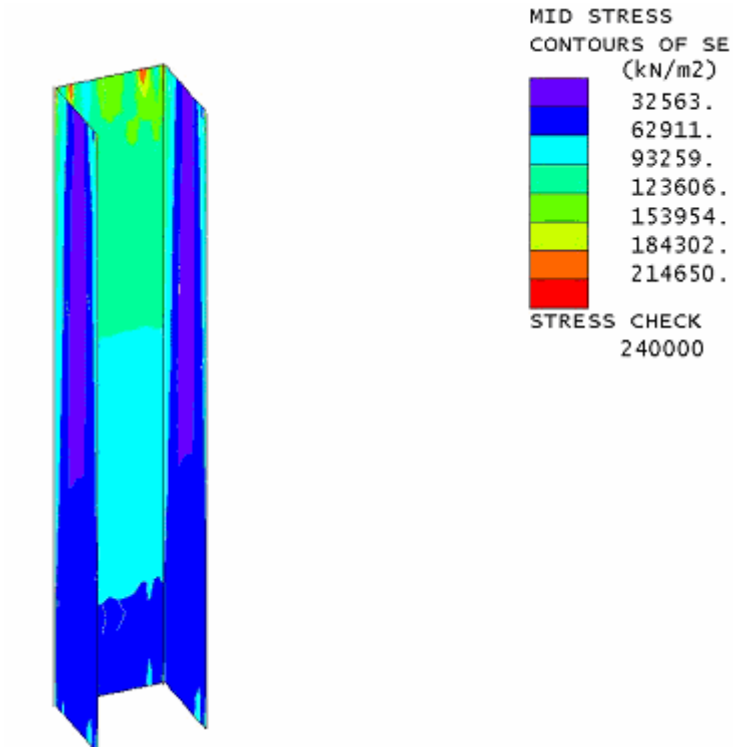
Şekil F.1 : Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Ana Kiriş Gerilme Değerleri



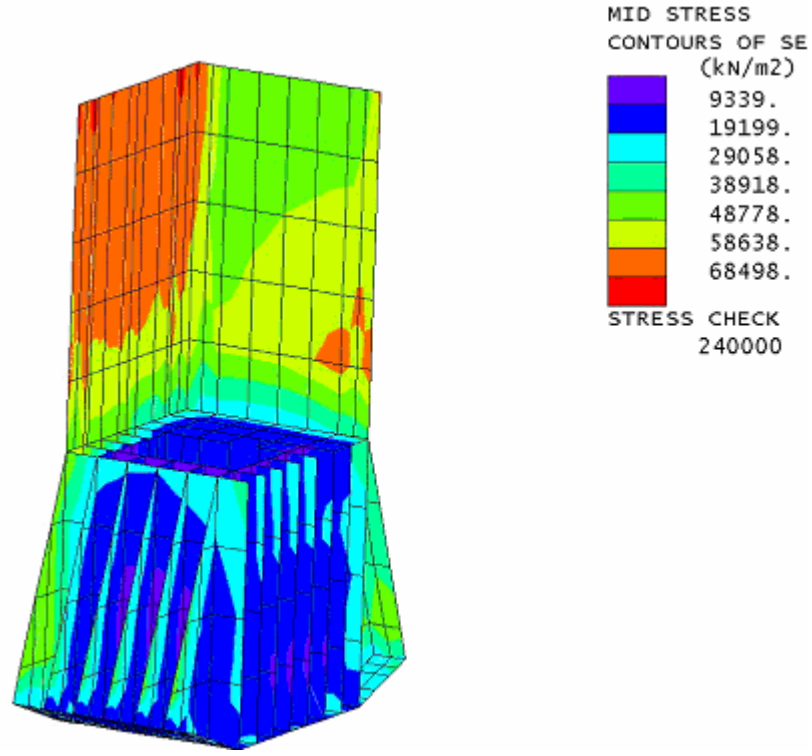
Şekil F.2 : Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Küçük Denge Kiriş Gerilme Değerleri



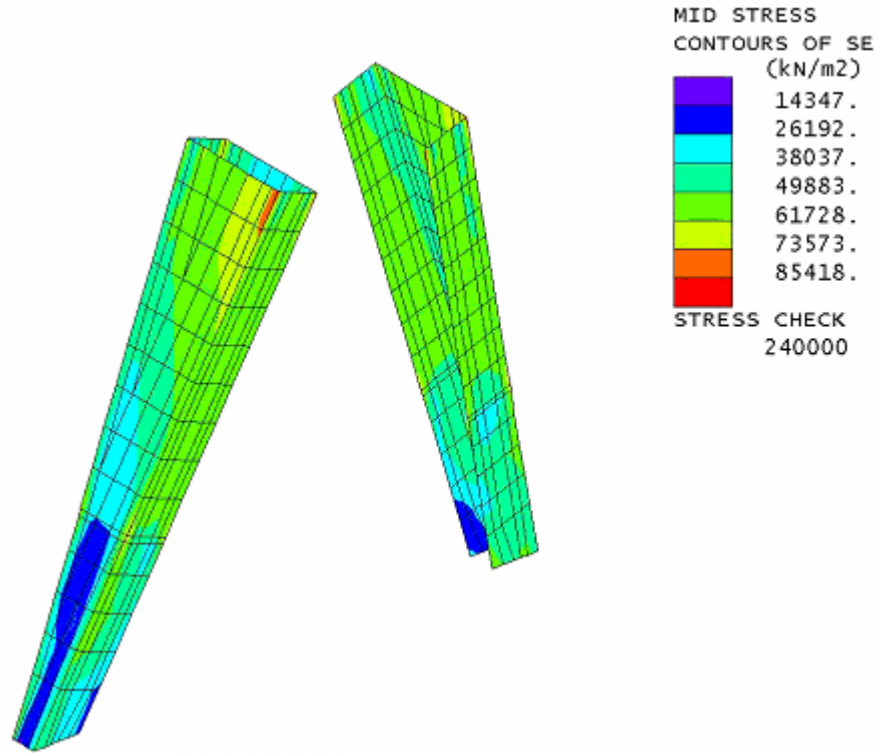
Şekil F.3 : Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Büyük Denge Kirişi Gerilme Değerleri



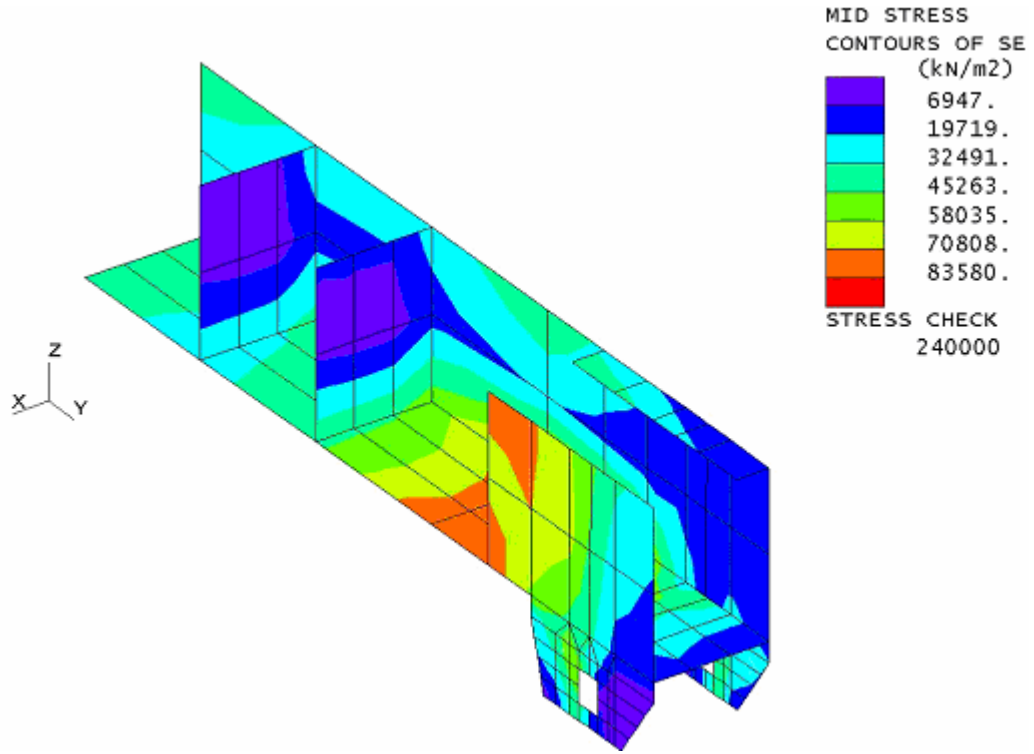
Şekil F.4 : Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Rijit Bacak Kolon Parçası Gerilme Değerleri



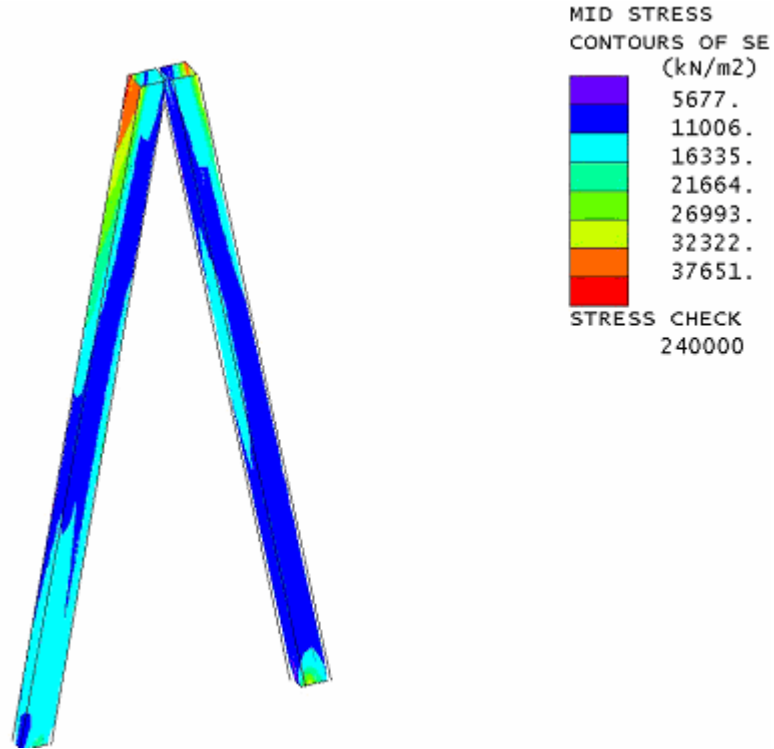
Şekil F.5 : Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Rijit Bacak Alt Montaj Kutusu Gerilme Değerleri



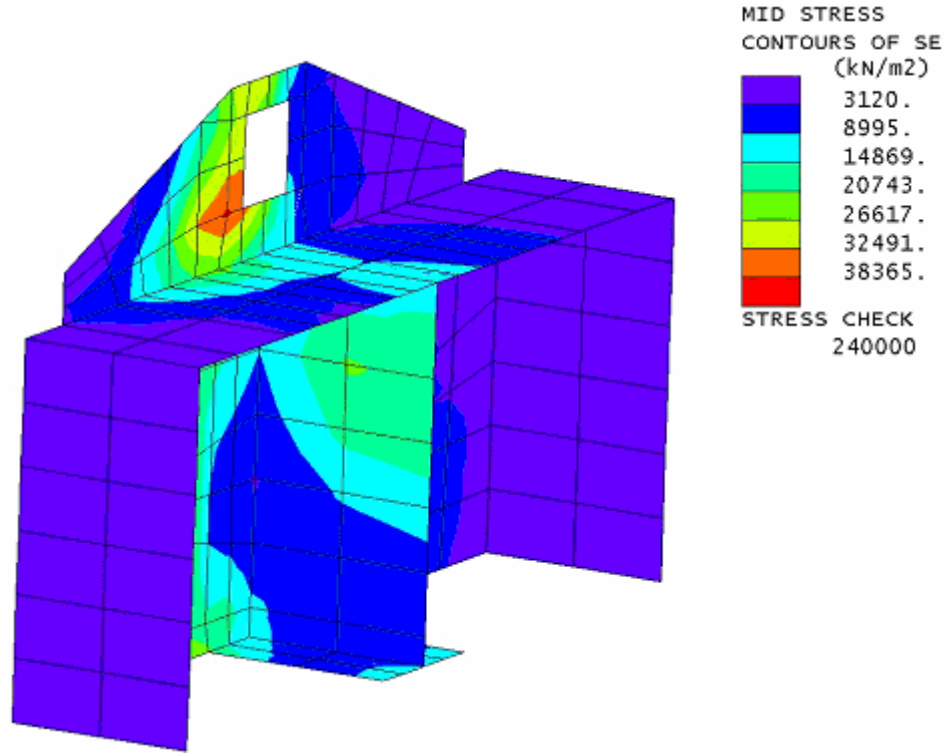
Şekil F.6 : Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Rijit Bacak Eğik Kısım (Pantolon) Gerilme Değerleri



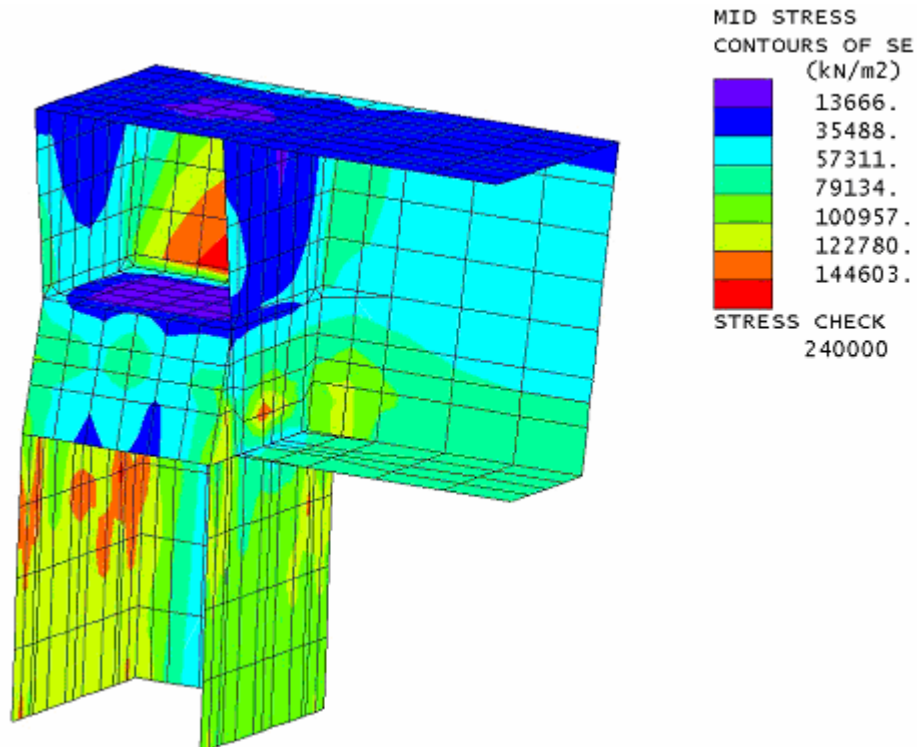
Şekil F.7 : Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Rijit Bacak Gergi Kirişı Gerilme Değerleri



Şekil F.8 : Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Mafsallı Bacak Gerilme Değerleri



Şekil F.9 : Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Boji Gerilme Değerleri



Şekil F.10 : Bütün Deprem Yüğü Kombinasyonlarında Rijit Bacak Üst Montaj Kutusu Gerilme Değerleri

G. MAKSİMUM VE MİNİMUM GERİLME DEĞERLERİ

Tablo G.1 : Ana Kiriş İçin Maksimum ve Minimum Gerilme Değerleri

		MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL LOAD CASE IN:					
		MAIN GIRDER BEAM					(kN/m2)
LOAD 10							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	43720	17540	6212	2249	5913	10760
	Minimum	-40480	-16040	-14660	-2241	-5259	-11450
	Max	Equivalent	Value	46284	at	At Node	534
LOAD 11							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1816	719	355	194	268	166
	Minimum	-1764	-613	-812	-169	-244	-1138
	Max	Equivalent	Value	2107	at	At Node	13604
LOAD 12							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	6701	2679	1345	222	960	1015
	Minimum	-6231	-2155	-2310	-214	-718	-1053
	Max	Equivalent	Value	7106	at	At Node	516
LOAD 13							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2111	862	713	194	274	1310
	Minimum	-1971	-2316	-905	-231	-585	-196
	Max	Equivalent	Value	2590	at	At Node	3931
LOAD 21							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	16140	6392	3157	1726	2382	1471
	Minimum	-15670	-5447	-7214	-1500	-2166	-10120
	Max	Equivalent	Value	18730	at	At Node	13604
LOAD 22							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	59560	23810	11960	1971	8529	9020
	Minimum	-55370	-19160	-20530	-1904	-6385	-9360
	Max	Equivalent	Value	63154	at	At Node	516
LOAD 23							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	18760	7657	6334	1725	2439	11640
	Minimum	-17520	-20580	-8044	-2054	-5199	-1743
	Max	Equivalent	Value	23016	at	At Node	3931
LOAD 30							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3345	416	730	293	198	833
	Minimum	-1626	-871	-883	-398	-452	-4
	Max	Equivalent	Value	3549	at	At Node	1689
LOAD 31							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX

	Maximum	5254	3019	1445	138	851	932
	Minimum	-4626	-1613	-1677	-102	-535	-68
	Max	Equivalent	Value	5545	at	At Node	750
	LOAD 32						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5215	2960	1401	142	829	960
	Minimum	-4383	-1605	-1669	-105	-534	-94
	Max	Equivalent	Value	5505	at	At Node	750
	LOAD 33						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5215	2961	1401	142	829	961
	Minimum	-4384	-1605	-1669	-105	-533	-94
	LOAD 35						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1690	317	536	213	368	674
	Minimum	-743	-825	-582	-282	-257	0
	LOAD 36						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4517	438	916	242	503	451
	Minimum	-2101	-1896	-1345	-352	-667	-197
	LOAD 37						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1457	445	637	168	440	168
	Minimum	-670	-828	-573	-222	-228	-380
	LOAD 41						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5109	2935	1405	134	827	906
	Minimum	-4498	-1569	-1631	-100	-521	-66
	LOAD 42						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5071	2879	1362	139	806	934
	Minimum	-4262	-1561	-1623	-103	-519	-91
	LOAD 43						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5071	2879	1362	139	806	934
	Minimum	-4263	-1561	-1623	-103	-519	-91
	LOAD 45						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1643	308	521	207	358	655
	Minimum	-722	-802	-566	-274	-250	0
	LOAD 46						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4392	426	891	235	489	438
	Minimum	-2043	-1844	-1308	-342	-649	-191
	LOAD 47						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4392	426	891	235	489	438
	Minimum	-2043	-1844	-1308	-342	-649	-191

	Maximum	1417	432	619	164	428	164
	Minimum	-652	-806	-557	-216	-222	-369
	Max	Equivalent	Value	1467	at	At Node	1829
LOAD 51							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4613	2744	1300	126	770	850
	Minimum	-4071	-1420	-1469	-93	-470	-102
	Max	Equivalent	Value	4869	at	At Node	750
LOAD 52							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	20650	12280	5817	564	3446	3802
	Minimum	-18220	-6353	-6575	-418	-2105	-455
	Max	Equivalent	Value	21790	at	At Node	750
LOAD 55							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5532	393	1230	467	366	1416
	Minimum	-2814	-1621	-1104	-644	-736	-5
	Max	Equivalent	Value	5875	at	At Node	1689
LOAD 56							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	24760	1758	5503	2091	1638	6338
	Minimum	-12590	-7254	-4941	-2883	-3292	-23
	Max	Equivalent	Value	26292	at	At Node	1689
LOAD 71							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1175	3762	6813	202	1742	282
	Minimum	-2809	-9074	-2669	-157	-4045	-315
	Max	Equivalent	Value	9452	at	At Node	5511
LOAD 81							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	9213	5055	6446	350	2613	462
	Minimum	-4585	-5060	-6453	-837	-4034	-1079
	Max	Equivalent	Value	8728	at	At Node	13604
COMB 121							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	68670	26300	10220	4866	8579	15000
	Minimum	-58070	-20540	-21130	-3642	-7373	-24570
	Max	Equivalent	Value	72699	at	At Node	498
COMB 122							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	142200	53100	23430	5337	18330	25130
	Minimum	-120500	-43310	-45060	-5821	-14850	-23500
	Max	Equivalent	Value	150640	at	At Node	516
COMB 123							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	71210	27350	11570	4298	8859	28990
	Minimum	-60240	-45130	-22170	-5700	-12950	-13110
	Max	Equivalent	Value	75436	at	At Node	552
COMB 125							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	61790	23460	8777	4735	7644	14160
	Minimum	-51750	-18520	-18800	-3941	-6642	-26580
	Max	Equivalent	Value	65423	at	At Node	516
COMB 126							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX

	Maximum	135800	50740	22230	5448	17560	24290
	Minimum	-115400	-41360	-42960	-5639	-14200	-25570
	Max	Equivalent	Value	143963	at	At Node	516
COMB 127							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	66390	25670	11220	4182	8343	28210
	Minimum	-56580	-44090	-20500	-5633	-12680	-15180
	Max	Equivalent	Value	70326	at	At Node	552
COMB 131							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	74820	28920	11460	4983	9392	15680
	Minimum	-63630	-22450	-23210	-3605	-8036	-22810
	Max	Equivalent	Value	79221	at	At Node	498
COMB 132							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	147700	55170	24470	5286	19000	25800
	Minimum	-125300	-45060	-46940	-5975	-15420	-21940
	Max	Equivalent	Value	156477	at	At Node	516
COMB 133							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	75650	29030	11920	4394	9415	29640
	Minimum	-63850	-46050	-23650	-5800	-13200	-11640
	Max	Equivalent	Value	80087	at	At Node	534
COMB 135							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	65040	22040	7840	4659	7550	15020
	Minimum	-46490	-19040	-17380	-4071	-6228	-24650
	Max	Equivalent	Value	68875	at	At Node	516
COMB 136							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	141000	48340	20380	5557	16210	24740
	Minimum	-105500	-41880	-40860	-6448	-13600	-24090
	Max	Equivalent	Value	149432	at	At Node	516
COMB 137							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	69560	24190	10110	4172	7963	28140
	Minimum	-50470	-43970	-19100	-6341	-12460	-14150
	Max	Equivalent	Value	73673	at	At Node	552
COMB 138							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	129100	50040	22470	4487	17280	23250
	Minimum	-114300	-39910	-42210	-5289	-13840	-17820
	Max	Equivalent	Value	136778	at	At Node	516
COMB 139							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	129100	50040	22470	4487	17280	23250
	Minimum	-114300	-39910	-42210	-5289	-13840	-17820
	Max	Equivalent	Value	136778	at	At Node	516
COMB 141							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	60910	25540	10210	4914	8508	13090
	Minimum	-58060	-18980	-20440	-4138	-7060	-27920
	Max	Equivalent	Value	64486	at	At Node	498
COMB 142							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX

	Maximum	140900	56710	26110	5378	20130	24920
	Minimum	-132700	-44470	-48130	-5213	-15670	-26190
	Max	Equivalent	Value	149337	at	At Node	516
COMB 143							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	65020	27400	12980	4437	9051	29930
	Minimum	-61900	-46740	-21960	-5296	-13400	-14010
	Max	Equivalent	Value	68883	at	At Node	552
COMB 151							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	71100	25190	9473	5066	8128	15410
	Minimum	-54150	-20540	-20200	-3627	-7161	-24470
	Max	Equivalent	Value	75275	at	At Node	498
COMB 152							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	144200	52340	22800	5477	17880	25540
	Minimum	-117500	-43310	-44280	-5720	-14670	-23470
	Max	Equivalent	Value	152834	at	At Node	516
COMB 153							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	72530	26630	10260	4359	8552	29400
	Minimum	-57980	-45320	-21660	-5510	-12800	-13130
	Max	Equivalent	Value	76831	at	At Node	552
COMB 155							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	59730	24810	9587	4595	8181	13750
	Minimum	-55650	-18520	-19640	-3956	-6855	-26680
	Max	Equivalent	Value	63263	at	At Node	516
COMB 156							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	133900	51490	22860	5353	18010	23910
	Minimum	-118500	-41360	-43700	-5756	-14380	-25670
	Max	Equivalent	Value	141949	at	At Node	534
COMB 157							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	65270	26480	13350	4121	8636	27800
	Minimum	-58840	-43900	-21010	-5823	-12820	-15280
	Max	Equivalent	Value	69139	at	At Node	640

Tablo G.2 : Rijit Bacak Kolon Yapısı Maksimum ve Minimum Gerilme Değerleri

		MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL LOAD CASE IN:					
		RIGID LEG COLUMN STRUCTURE					(kN/m2)
LOAD 10							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	8298	7205	6468	4108	7369	2160
	Minimum	-1904	-5719	-28540	-5894	-8959	-2457
	Max	Equivalent	Value	27931	at	At Node	27638
LOAD 11							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	781	693	373	410	699	211
	Minimum	-172	-543	-2696	-577	-855	-233
	Max	Equivalent	Value	2637	at	At Node	27638
LOAD 12							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	431	383	216	227	388	117
	Minimum	-95	-300	-1501	-319	-472	-127
	Max	Equivalent	Value	1468	at	At Node	27638
LOAD 13							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	72	64	40	40	68	20
	Minimum	-17	-50	-261	-53	-79	-21
	Max	Equivalent	Value	255	at	At Node	27638
LOAD 21							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	6941	6161	3318	3646	6210	1879
	Minimum	-1526	-4824	-23960	-5127	-7601	-2066
	Max	Equivalent	Value	23440	at	At Node	27638
LOAD 22							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3834	3404	1916	2021	3447	1037
	Minimum	-849	-2662	-13340	-2831	-4196	-1131
	Max	Equivalent	Value	13047	at	At Node	27638
LOAD 23							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	639	566	360	352	603	173
	Minimum	-155	-445	-2315	-473	-700	-191
	Max	Equivalent	Value	2264	at	At Node	27638
LOAD 30							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1902	2386	7350	1877	3234	600
	Minimum	-2916	-2927	-8320	-1224	-2204	-1332
	Max	Equivalent	Value	8221	at	At Node	25608
LOAD 31							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2474	2254	10240	1417	2413	1562
	Minimum	-2167	-2014	-13160	-1018	-2421	-787
	Max	Equivalent	Value	12892	at	At Node	26508
LOAD 32							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2474	2254	10240	1417	2413	1562

	Minimum	-2167	-2014	-13160	-1018	-2421	-787
	Max	Equivalent	Value	12893	at	At Node	26508
LOAD 33							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2474	2254	10240	1417	2413	1563
	Minimum	-2167	-2014	-13160	-1018	-2422	-787
	Max	Equivalent	Value	12894	at	At Node	26508
LOAD 35							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2587	2650	8542	1867	3476	982
	Minimum	-3070	-3126	-9182	-1458	-2515	-860
	Max	Equivalent	Value	8930	at	At Node	25608
LOAD 36							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1298	1902	4880	1297	2281	442
	Minimum	-2080	-2110	-5693	-812	-1730	-947
	Max	Equivalent	Value	5656	at	At Node	25608
LOAD 37							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	375	641	1498	404	707	140
	Minimum	-652	-666	-1763	-283	-601	-293
	Max	Equivalent	Value	1760	at	At Node	25608
LOAD 41							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2406	2192	9955	1377	2346	1519
	Minimum	-2107	-1958	-12790	-990	-2354	-765
	Max	Equivalent	Value	12536	at	At Node	26508
LOAD 42							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2406	2192	9956	1377	2347	1519
	Minimum	-2107	-1958	-12800	-990	-2355	-765
	Max	Equivalent	Value	12537	at	At Node	26508
LOAD 43							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2406	2192	9957	1378	2347	1519
	Minimum	-2108	-1959	-12800	-990	-2355	-765
	Max	Equivalent	Value	12538	at	At Node	26508
LOAD 45							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2516	2577	8306	1816	3380	955
	Minimum	-2985	-3039	-8929	-1418	-2446	-837
	Max	Equivalent	Value	8683	at	At Node	25608
LOAD 46							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1263	1849	4745	1261	2218	430
	Minimum	-2022	-2052	-5536	-789	-1682	-921
	Max	Equivalent	Value	5500	at	At Node	25608
LOAD 47							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	364	624	1456	393	688	137
	Minimum	-634	-647	-1714	-275	-584	-285
	Max	Equivalent	Value	1711	at	At Node	25608
LOAD 51							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3012	2779	11290	1660	2900	1464

	Minimum	-2579	-2446	-14720	-1188	-2907	-977
	Max	Equivalent	Value	14363	at	At Node	26508
LOAD 52							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	13480	12430	50540	7429	12980	6550
	Minimum	-11540	-10940	-65850	-5318	-13010	-4371
	Max	Equivalent	Value	64276	at	At Node	26508
LOAD 55							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2805	3636	10880	2832	4815	879
	Minimum	-4360	-4360	-12220	-1827	-3298	-2046
	Max	Equivalent	Value	12095	at	At Node	25608
LOAD 56							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	12550	16270	48700	12680	21550	3936
	Minimum	-19510	-19510	-54690	-8174	-14760	-9154
	Max	Equivalent	Value	54125	at	At Node	25608
LOAD 71							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2482	3165	1731	1434	2281	700
	Minimum	-1174	-1824	-6192	-1911	-2817	-491
	Max	Equivalent	Value	7034	at	At Node	30568
LOAD 81							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	9038	8362	23620	12690	13870	11550
	Minimum	-8230	-7158	-23670	-7148	-8085	-3134
	Max	Equivalent	Value	27409	at	At Node	30543
COMB 121							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	13350	19540	12160	12510	22580	4968
	Minimum	-5111	-16830	-76700	-10140	-14140	-5209
	Max	Equivalent	Value	74599	at	At Node	25684
COMB 122							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	9772	15160	7944	9815	17680	3797
	Minimum	-4073	-13170	-58230	-7425	-10490	-4362
	Max	Equivalent	Value	56669	at	At Node	25684
COMB 123							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	6508	10440	3551	6793	12290	2914
	Minimum	-2600	-9206	-38680	-4969	-7124	-2633
	Max	Equivalent	Value	37941	at	At Node	30568
COMB 125							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	17390	23890	35120	14710	26650	6043
	Minimum	-9375	-19360	-95820	-13200	-18400	-8524
	Max	Equivalent	Value	93686	at	At Node	27638
COMB 126							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	13950	19510	30900	12010	21750	4884
	Minimum	-8250	-15700	-77290	-10480	-14750	-7677
	Max	Equivalent	Value	75617	at	At Node	27638
COMB 127							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	10860	14790	27290	8993	16330	3717

	Minimum	-6642	-11740	-57930	-8029	-11380	-5948
	Max	Equivalent	Value	56711	at	At Node	27638
COMB 131							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	11390	15140	2182	10340	19050	7659
	Minimum	-4520	-14320	-60940	-7102	-9912	-3405
	Max	Equivalent	Value	59404	at	At Node	25608
COMB 132							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	10300	10790	1591	7636	14190	6275
	Minimum	-3617	-10660	-46620	-5444	-6264	-3127
	Max	Equivalent	Value	45836	at	At Node	27621
COMB 133							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	9709	6504	1557	4614	9179	5668
	Minimum	-3135	-7371	-43550	-4649	-5869	-2972
	Max	Equivalent	Value	42855	at	At Node	27621
COMB 135							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	17920	28550	54310	17540	32690	6743
	Minimum	-15020	-23770	-116100	-8793	-13200	-10870
	Max	Equivalent	Value	113355	at	At Node	25684
COMB 136							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	14430	23510	46530	14530	26990	5511
	Minimum	-11970	-19470	-94460	-8228	-10480	-10180
	Max	Equivalent	Value	92454	at	At Node	25684
COMB 137							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	10920	17910	38820	10970	20420	4187
	Minimum	-9559	-14670	-71170	-6321	-7872	-7916
	Max	Equivalent	Value	69726	at	At Node	25684
COMB 138							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	16890	11680	6821	4916	15010	8646
	Minimum	-5197	-12130	-71870	-7527	-9481	-5246
	Max	Equivalent	Value	70696	at	At Node	27621
COMB 139							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	16890	11680	6821	4916	15010	8646
	Minimum	-5197	-12130	-71870	-7527	-9481	-5246
	Max	Equivalent	Value	70696	at	At Node	27621
COMB 141							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	22040	19690	11340	11460	19730	5909
	Minimum	-5022	-15370	-71430	-16120	-24110	-6179
	Max	Equivalent	Value	69885	at	At Node	27638
COMB 142							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	17000	15220	9068	8821	15240	4543
	Minimum	-4021	-11860	-54190	-12400	-18580	-4662
	Max	Equivalent	Value	53021	at	At Node	27638
COMB 143							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	11820	10610	6549	6113	10630	3141

	Minimum	-2954	-8264	-36310	-8572	-12910	-3136
	Max	Equivalent	Value	35525	at	At Node	27638
COMB 151							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	21740	19010	33680	11870	17800	15040
	Minimum	-11850	-13830	-68930	-16510	-21880	-4876
	Max	Equivalent	Value	70955	at	At Node	27638
COMB 152							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	18310	16110	28900	11420	16230	13650
	Minimum	-10090	-11510	-50400	-13790	-18230	-3894
	Max	Equivalent	Value	53557	at	At Node	27638
COMB 153							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	15210	13550	24930	11660	15600	13090
	Minimum	-8626	-9363	-31040	-11340	-14860	-3662
	Max	Equivalent	Value	37006	at	At Node	27638
COMB 155							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	20510	30960	38690	19370	34480	7659
	Minimum	-17480	-23760	-106300	-19060	-17370	-19730
	Max	Equivalent	Value	106936	at	At Node	30568
COMB 156							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	17930	26580	37770	16670	29580	6528
	Minimum	-16440	-20100	-87880	-18520	-16960	-18890
	Max	Equivalent	Value	91757	at	At Node	30568
COMB 157							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	14920	21860	35420	13650	24160	5334
	Minimum	-14830	-16140	-68320	-17210	-16080	-17160
	Max	Equivalent	Value	74989	at	At Node	30568

Tablo G.3 : Rijit Bacak Pantolon Kısım Maksimum ve Minimum Gerilme Değerleri

		MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL LOAD CASE IN:					
		RIGID LEG INCLINED MEMBERS					(kN/m2)
LOAD 10							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1573	7960	8559	2580	25360	4196
	Minimum	-6930	-17320	-51460	-4513	-22620	-12310
	Max	Equivalent	Value	61293	at	At Node	29865
LOAD 11							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	102	293	911	210	1946	400
	Minimum	-610	-1099	-4068	-403	-1758	-1100
	Max	Equivalent	Value	4820	at	At Node	29865
LOAD 12							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	60	232	516	110	1079	189
	Minimum	-338	-609	-2256	-222	-974	-606
	Max	Equivalent	Value	2675	at	At Node	29865
LOAD 13							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	11	60	96	19	186	32
	Minimum	-57	-104	-384	-38	-166	-104
	Max	Equivalent	Value	461	at	At Node	29865
LOAD 21							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	910	2605	8096	1868	17290	3556
	Minimum	-5423	-9763	-36150	-3582	-15620	-9774
	Max	Equivalent	Value	42833	at	At Node	29865
LOAD 22							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	536	2062	4586	979	9593	1675
	Minimum	-3000	-5409	-20050	-1975	-8657	-5388
	Max	Equivalent	Value	23772	at	At Node	29865
LOAD 23							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	98	533	856	165	1654	282
	Minimum	-507	-928	-3412	-339	-1471	-925
	Max	Equivalent	Value	4096	at	At Node	29865
LOAD 30							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1735	5140	14440	856	4126	1646
	Minimum	-1577	-4087	-12040	-396	-3826	-1605
	Max	Equivalent	Value	13969	at	At Node	34019
LOAD 31							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1023	3121	13000	1236	5455	3373
	Minimum	-1764	-2732	-14050	-1117	-5878	-3052
	Max	Equivalent	Value	15155	at	At Node	29865
LOAD 32							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1023	3121	13000	1236	5456	3373

	Minimum	-1763	-2732	-14050	-1117	-5878	-3052
	Max	Equivalent	Value	15156	at	At Node	29865
LOAD 33							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1023	3121	13000	1236	5456	3373
	Minimum	-1763	-2733	-14050	-1117	-5879	-3052
	Max	Equivalent	Value	15157	at	At Node	29865
LOAD 35							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1896	5966	14810	918	4096	1941
	Minimum	-1856	-5673	-12960	-574	-4077	-2009
	Max	Equivalent	Value	14253	at	At Node	29754
LOAD 36							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1193	3929	9095	729	2565	1329
	Minimum	-1140	-3885	-8834	-268	-3318	-1136
	Max	Equivalent	Value	9677	at	At Node	29754
LOAD 37							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	367	1348	2848	255	813	457
	Minimum	-373	-1332	-2803	-82	-1171	-398
	Max	Equivalent	Value	3036	at	At Node	29754
LOAD 41							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	995	3035	12640	1202	5305	3279
	Minimum	-1715	-2657	-13660	-1086	-5716	-2968
	Max	Equivalent	Value	14737	at	At Node	29865
LOAD 42							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	995	3035	12640	1202	5305	3279
	Minimum	-1715	-2657	-13660	-1086	-5716	-2968
	Max	Equivalent	Value	14738	at	At Node	29865
LOAD 43							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	995	3035	12640	1202	5305	3280
	Minimum	-1715	-2657	-13660	-1086	-5716	-2968
	Max	Equivalent	Value	14738	at	At Node	29865
LOAD 45							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1844	5801	14400	893	3983	1887
	Minimum	-1805	-5517	-12600	-558	-3964	-1953
	Max	Equivalent	Value	13860	at	At Node	29754
LOAD 46							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1160	3820	8844	709	2495	1292
	Minimum	-1109	-3778	-8590	-261	-3226	-1104
	Max	Equivalent	Value	9409	at	At Node	29754
LOAD 47							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	357	1311	2770	248	791	444
	Minimum	-363	-1296	-2725	-79	-1139	-387
	Max	Equivalent	Value	2952	at	At Node	29754
LOAD 51							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1218	3634	17530	1645	6586	4178

	Minimum	-2350	-3203	-20570	-1643	-6986	-4488
	Max	Equivalent	Value	20692	at	At Node	34019
LOAD 52							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5450	16260	78440	7361	29470	18700
	Minimum	-10520	-14330	-92060	-7354	-31260	-20090
	Max	Equivalent	Value	92599	at	At Node	34019
LOAD 55							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2587	7345	20600	1303	5940	2367
	Minimum	-2357	-6018	-17820	-560	-5809	-2334
	Max	Equivalent	Value	20299	at	At Node	29754
LOAD 56							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	11570	32870	92190	5830	26580	10590
	Minimum	-10550	-26930	-79730	-2507	-26000	-10450
	Max	Equivalent	Value	90839	at	At Node	29754
LOAD 71							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2203	5651	25560	1300	10670	6349
	Minimum	-4497	-32140	-42850	-2348	-11330	-6407
	Max	Equivalent	Value	40266	at	At Node	34019
LOAD 81							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	6390	30150	63270	4873	24870	13300
	Minimum	-5906	-35090	-61580	-4763	-22470	-13120
	Max	Equivalent	Value	69579	at	At Node	33875
COMB 121							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4045	16960	32240	5262	50070	20830
	Minimum	-14440	-33950	-119800	-10600	-45760	-28930
	Max	Equivalent	Value	141248	at	At Node	36863
COMB 122							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3247	13960	25590	4304	36950	17180
	Minimum	-11590	-29870	-98810	-8721	-37950	-23800
	Max	Equivalent	Value	111512	at	At Node	36863
COMB 123							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2306	9437	15980	3190	28110	14400
	Minimum	-9218	-29400	-82820	-6566	-30500	-17920
	Max	Equivalent	Value	89871	at	At Node	36863
COMB 125							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4121	22860	54920	5542	52170	16530
	Minimum	-15640	-32570	-135700	-11520	-57130	-31440
	Max	Equivalent	Value	154540	at	At Node	30654
COMB 126							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3323	19860	48270	4891	43290	12870
	Minimum	-12240	-28460	-111000	-9644	-44800	-26310
	Max	Equivalent	Value	121449	at	At Node	30654
COMB 127							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2649	15340	38660	3888	32650	10090

	Minimum	-9176	-27980	-86910	-7489	-33370	-20430
	Max	Equivalent	Value	90586	at	At Node	30654
COMB 131							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4006	11100	9380	7994	52240	25670
	Minimum	-16880	-35690	-147700	-9848	-54270	-26870
	Max	Equivalent	Value	165591	at	At Node	36863
COMB 132							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3208	8095	2726	7036	39130	22020
	Minimum	-14760	-31620	-126700	-7968	-46460	-21740
	Max	Equivalent	Value	137906	at	At Node	34019
COMB 133							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2485	4168	9056	5923	30770	19240
	Minimum	-12390	-31150	-112500	-5813	-39020	-16160
	Max	Equivalent	Value	119803	at	At Node	34019
COMB 135							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5673	35280	73290	7738	52290	20330
	Minimum	-19160	-44100	-166100	-10020	-62800	-27350
	Max	Equivalent	Value	174498	at	At Node	30258
COMB 136							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4680	31020	64940	6903	40200	15840
	Minimum	-15670	-38260	-137400	-8549	-48460	-23330
	Max	Equivalent	Value	144391	at	At Node	30258
COMB 137							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3424	24000	51420	5439	30340	12410
	Minimum	-11850	-35300	-104200	-6589	-36130	-17980
	Max	Equivalent	Value	109438	at	At Node	30258
COMB 138							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4468	7644	24880	10060	42360	27900
	Minimum	-17240	-36480	-160500	-8354	-52790	-27460
	Max	Equivalent	Value	167507	at	At Node	36863
COMB 139							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4468	7644	24880	10060	42360	27900
	Minimum	-17240	-36480	-160500	-8354	-52790	-27460
	Max	Equivalent	Value	167507	at	At Node	36863
COMB 141							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3423	9519	28790	5316	51670	15570
	Minimum	-17660	-27510	-122300	-12670	-52210	-34580
	Max	Equivalent	Value	141702	at	At Node	34019
COMB 142							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2865	7715	23090	3874	39180	12520
	Minimum	-13730	-20840	-99410	-10070	-40560	-27460
	Max	Equivalent	Value	112887	at	At Node	34019
COMB 143							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2155	5779	16840	2737	26300	10220

	Minimum	-9687	-23390	-78440	-7411	-30530	-20220
	Max	Equivalent	Value	86341	at	At Node	34019
COMB 151							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4252	26330	47090	10070	68400	26050
	Minimum	-20170	-56580	-152200	-11890	-65490	-31580
	Max	Equivalent	Value	189519	at	At Node	36863
COMB 152							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3865	23680	43230	9112	55280	22390
	Minimum	-17000	-55580	-128800	-9692	-53160	-26450
	Max	Equivalent	Value	159618	at	At Node	36863
COMB 153							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4054	21130	42400	7999	46430	19610
	Minimum	-13910	-54770	-112800	-8072	-41730	-21830
	Max	Equivalent	Value	137312	at	At Node	36863
COMB 155							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5048	39790	100700	10310	74640	11310
	Minimum	-18860	-49220	-177200	-10550	-58160	-28800
	Max	Equivalent	Value	185802	at	At Node	29865
COMB 156							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5700	36790	94060	9654	65760	9561
	Minimum	-16030	-45120	-152500	-8673	-50340	-23670
	Max	Equivalent	Value	163575	at	At Node	29865
COMB 157							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	6406	32270	84460	8650	55120	11010
	Minimum	-12970	-44640	-125200	-6518	-44620	-17790
	Max	Equivalent	Value	139406	at	At Node	36847

Tablo G.4 : Rijit Ve Mafsallı Bacak Gergi Kirişleri İçin Maksimum ve Minimum Gerilme Değerleri

		MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL LOAD CASE IN:					
		END CARRIAGE OF RIGID & HINGED LEGS					(kN/m ²)
LOAD 10							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	11170	22650	7093	5416	15390	562
	Minimum	-3018	-39790	-49910	-3207	-12460	-1127
	Max	Equivalent	Value	55582	at	At Node	50353
LOAD 11							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	865	1621	548	527	1410	48
	Minimum	-239	-3100	-3821	-260	-961	-95
	Max	Equivalent	Value	4352	at	At Node	50353
LOAD 12							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	473	878	303	286	784	26
	Minimum	-131	-1716	-2119	-133	-531	-52
	Max	Equivalent	Value	2414	at	At Node	50353
LOAD 13							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	81	147	52	48	139	5
	Minimum	-22	-296	-367	-22	-90	-9
	Max	Equivalent	Value	419	at	At Node	50353
LOAD 21							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	7687	14410	4867	4679	12530	427
	Minimum	-2123	-27550	-33950	-2307	-8538	-845
	Max	Equivalent	Value	38682	at	At Node	50353
LOAD 22							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4206	7806	2693	2537	6964	235
	Minimum	-1165	-15250	-18840	-1182	-4716	-464
	Max	Equivalent	Value	21450	at	At Node	50353
LOAD 23							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	720	1303	465	424	1231	40
	Minimum	-194	-2633	-3262	-194	-802	-79
	Max	Equivalent	Value	3720	at	At Node	50353
LOAD 30							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1592	6769	1029	1003	4595	86
	Minimum	-455	-5760	-5801	-1242	-1924	-159
	Max	Equivalent	Value	8791	at	At Node	50340
LOAD 31							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1226	6928	11310	346	2041	12
	Minimum	-1753	-5354	-8022	-2909	-2441	-30
	Max	Equivalent	Value	12256	at	At Node	50353
LOAD 32							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX

	Maximum	1226	6929	11310	346	2041	12
	Minimum	-1752	-5355	-8022	-2909	-2441	-30
	Max	Equivalent	Value	12257	at	At Node	50353
	LOAD 33						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1226	6929	11310	346	2041	12
	Minimum	-1752	-5355	-8022	-2909	-2441	-30
	Max	Equivalent	Value	12258	at	At Node	50353
	LOAD 35						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1465	8164	1059	1766	4575	54
	Minimum	-503	-6494	-5816	-978	-1655	-105
	Max	Equivalent	Value	8468	at	At Node	36847
	LOAD 36						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	796	4783	548	719	3689	38
	Minimum	-98	-4356	-3309	-1124	-1068	-61
	Max	Equivalent	Value	7066	at	At Node	50340
	LOAD 37						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	255	1489	180	218	1228	9
	Minimum	-36	-1579	-1009	-416	-346	-12
	Max	Equivalent	Value	2371	at	At Node	50340
	LOAD 41						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1192	6737	10990	337	1984	12
	Minimum	-1704	-5207	-7800	-2829	-2373	-30
	Max	Equivalent	Value	11918	at	At Node	50353
	LOAD 42						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1192	6737	11000	337	1984	12
	Minimum	-1704	-5207	-7800	-2829	-2374	-30
	Max	Equivalent	Value	11919	at	At Node	50353
	LOAD 43						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1192	6738	11000	337	1985	12
	Minimum	-1704	-5207	-7800	-2829	-2374	-30
	Max	Equivalent	Value	11919	at	At Node	50353
	LOAD 45						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1424	7939	1030	1717	4449	53
	Minimum	-489	-6314	-5655	-951	-1609	-102
	Max	Equivalent	Value	8234	at	At Node	36847
	LOAD 46						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	774	4651	533	699	3587	37
	Minimum	-95	-4236	-3218	-1093	-1039	-59
	Max	Equivalent	Value	6871	at	At Node	50340
	LOAD 47						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	248	1448	175	212	1194	9
	Minimum	-35	-1535	-981	-405	-336	-12
	Max	Equivalent	Value	2306	at	At Node	50340
	LOAD 51						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX

	Maximum	1833	9872	16060	462	2934	7
	Minimum	-2591	-8276	-12010	-4132	-3546	-49
	Max	Equivalent	Value	17476	at	At Node	50353
LOAD 52							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	8201	44180	71870	2068	13130	33
	Minimum	-11590	-37030	-53760	-18490	-15870	-220
	Max	Equivalent	Value	78205	at	At Node	50353
LOAD 55							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2243	9156	1473	1376	6799	114
	Minimum	-642	-8213	-8236	-1773	-2692	-206
	Max	Equivalent	Value	13114	at	At Node	50340
LOAD 56							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	10040	40980	6593	6156	30430	511
	Minimum	-2871	-36750	-36860	-7935	-12050	-923
	Max	Equivalent	Value	58687	at	At Node	50340
LOAD 71							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	6733	33990	15220	7764	18070	61
	Minimum	-5642	-31110	-23470	-4481	-8807	-49
	Max	Equivalent	Value	35226	at	At Node	36847
LOAD 81							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	10160	92630	91310	28350	32750	1173
	Minimum	-11680	-117100	-65370	-47790	-31270	-877
	Max	Equivalent	Value	119069	at	At Node	50322
COMB 121							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	26680	74260	17890	21730	58790	1382
	Minimum	-8367	-98870	-99350	-8765	-28230	-2757
	Max	Equivalent	Value	128134	at	At Node	50346
COMB 122							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	21010	62700	14090	17500	49770	1084
	Minimum	-6674	-78160	-78220	-7686	-22590	-2156
	Max	Equivalent	Value	103984	at	At Node	50346
COMB 123							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	15390	52330	10510	13860	38800	771
	Minimum	-5166	-58620	-58300	-6838	-16930	-1545
	Max	Equivalent	Value	77315	at	At Node	50666
COMB 125							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	27420	75910	17770	25050	62530	1447
	Minimum	-5103	-102200	-122400	-8476	-30430	-2772
	Max	Equivalent	Value	150918	at	At Node	50346
COMB 126							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	22070	64350	14480	20810	53540	1150
	Minimum	-4073	-83380	-100000	-7826	-24200	-2170
	Max	Equivalent	Value	126507	at	At Node	50346
COMB 127							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX

	Maximum	16420	53380	10840	17180	42960	837
	Minimum	-3019	-62690	-74960	-6070	-18050	-1560
	Max	Equivalent	Value	98200	at	At Node	50346
COMB 131							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	29210	72970	20330	18410	57630	1366
	Minimum	-12660	-112300	-119200	-10820	-32270	-2759
	Max	Equivalent	Value	142314	at	At Node	50654
COMB 132							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	23530	61950	16530	14170	47690	1066
	Minimum	-10970	-91640	-98040	-10750	-26630	-2157
	Max	Equivalent	Value	116601	at	At Node	50684
COMB 133							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	17950	51800	12950	10540	38600	761
	Minimum	-9461	-72100	-78110	-11390	-20970	-1547
	Max	Equivalent	Value	94021	at	At Node	50654
COMB 135							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	30320	89170	19670	28140	73750	1614
	Minimum	-5712	-113400	-133800	-10510	-33290	-3080
	Max	Equivalent	Value	170426	at	At Node	50346
COMB 136							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	24700	75140	16240	22890	63900	1301
	Minimum	-3625	-93660	-111000	-10250	-26630	-2436
	Max	Equivalent	Value	144993	at	At Node	50346
COMB 137							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	18510	62000	12230	18740	50740	960
	Minimum	-2693	-70820	-83660	-7926	-20070	-1778
	Max	Equivalent	Value	112645	at	At Node	50346
COMB 138							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	25790	65840	24980	10810	51750	961
	Minimum	-16140	-105000	-118700	-19780	-30460	-2070
	Max	Equivalent	Value	139590	at	At Node	50684
COMB 139							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	25790	65840	24980	10810	51750	961
	Minimum	-16140	-105000	-118700	-19780	-30460	-2070
	Max	Equivalent	Value	139590	at	At Node	50684
COMB 141							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	23460	63520	15080	20770	51740	1291
	Minimum	-6034	-86510	-102300	-6523	-26040	-2536
	Max	Equivalent	Value	124694	at	At Node	50346
COMB 142							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	17810	53650	11560	17300	42700	978
	Minimum	-4639	-66540	-77720	-5318	-19840	-1917
	Max	Equivalent	Value	98750	at	At Node	50346
COMB 143							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX

	Maximum	12160	44810	7943	13870	33740	663
	Minimum	-3229	-46070	-52450	-4058	-13490	-1292
	Max	Equivalent	Value	72387	at	At Node	50346
COMB 151							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	36690	164200	34930	35060	65400	1143
	Minimum	-18400	-141800	-151200	-47000	-57870	-1922
	Max	Equivalent	Value	192129	at	At Node	50684
COMB 152							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	31020	155100	49750	33540	55460	931
	Minimum	-16710	-121100	-130100	-47580	-52530	-1602
	Max	Equivalent	Value	167388	at	At Node	50684
COMB 153							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	25400	145000	65640	32200	46370	715
	Minimum	-15200	-101600	-110200	-48210	-47000	-1290
	Max	Equivalent	Value	147508	at	At Node	50460
COMB 155							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	39100	188200	27620	56540	91410	2324
	Minimum	-12670	-153400	-192400	-29850	-62920	-3850
	Max	Equivalent	Value	241556	at	At Node	50353
COMB 156							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	33750	177100	29380	55320	82650	2027
	Minimum	-11640	-134600	-170000	-27990	-56700	-3249
	Max	Equivalent	Value	215742	at	At Node	50353
COMB 157							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	28100	167600	42070	54500	72070	1714
	Minimum	-10580	-113900	-144900	-26510	-50540	-2638
	Max	Equivalent	Value	186603	at	At Node	50353

Tablo G.5 : Mafsıl Bacak İçin Maksimum ve Minimum Gerilme Değerleri

		MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL LOAD CASE IN:					
		HINGED LEG					(kN/m2)
LOAD	10						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	83	4261	-6692	844	5334	4329
	Minimum	-5390	-3664	-26440	-904	-5343	-3922
	Max	Equivalent	Value	27488	at	At Node	41199
LOAD	11						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1	29	-116	7	47	33
	Minimum	-44	-17	-218	-9	-45	-30
	Max	Equivalent	Value	226	at	At Node	46089
LOAD	12						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5	267	-782	55	319	233
	Minimum	-302	-112	-1557	-59	-319	-225
	Max	Equivalent	Value	1603	at	At Node	46100
LOAD	13						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	9	364	-1498	99	577	417
	Minimum	-562	-205	-2724	-106	-580	-383
	Max	Equivalent	Value	2841	at	At Node	41199
LOAD	21						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	7	260	-1033	65	416	294
	Minimum	-393	-150	-1936	-78	-399	-264
	Max	Equivalent	Value	2010	at	At Node	46089
LOAD	22						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	48	2369	-6953	486	2834	2071
	Minimum	-2683	-992	-13840	-521	-2831	-1998
	Max	Equivalent	Value	14243	at	At Node	46100
LOAD	23						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	81	3233	-13310	883	5127	3705
	Minimum	-4997	-1818	-24210	-937	-5155	-3401
	Max	Equivalent	Value	25245	at	At Node	41199
LOAD	30						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1672	2425	6170	185	1503	1088
	Minimum	-1396	-1425	-5721	-377	-463	-943
	Max	Equivalent	Value	6323	at	At Node	46082
LOAD	31						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5	524	267	45	217	231
	Minimum	-132	-390	-1327	-48	-214	-300
	Max	Equivalent	Value	1390	at	At Node	41192
LOAD	32						
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5	519	260	45	216	229

	Minimum	-132	-385	-1320	-48	-213	-298
	Max	Equivalent	Value	1382	at	At Node	41192
LOAD 33							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5	518	257	44	216	229
	Minimum	-132	-384	-1317	-48	-213	-297
	Max	Equivalent	Value	1378	at	At Node	41192
LOAD 35							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1100	1398	4388	179	945	960
	Minimum	-1111	-1327	-4320	-129	-1065	-961
	Max	Equivalent	Value	4452	at	At Node	41155
LOAD 36							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1205	929	4692	124	1026	882
	Minimum	-1102	-569	-4346	-204	-682	-860
	Max	Equivalent	Value	4760	at	At Node	41155
LOAD 37							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1304	1096	5553	158	1173	805
	Minimum	-1114	-405	-4582	-206	171	-703
	Max	Equivalent	Value	5699	at	At Node	41199
LOAD 41							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5	509	260	44	211	225
	Minimum	-129	-379	-1291	-47	-208	-291
	Max	Equivalent	Value	1352	at	At Node	41192
LOAD 42							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5	505	253	43	210	223
	Minimum	-128	-375	-1284	-47	-207	-289
	Max	Equivalent	Value	1344	at	At Node	41192
LOAD 43							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	5	503	249	43	210	222
	Minimum	-128	-373	-1281	-47	-207	-288
	Max	Equivalent	Value	1340	at	At Node	41192
LOAD 45							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1069	1360	4266	174	919	934
	Minimum	-1080	-1291	-4200	-125	-1036	-935
	Max	Equivalent	Value	4329	at	At Node	41155
LOAD 46							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1172	903	4562	120	997	858
	Minimum	-1072	-554	-4226	-199	-663	-836
	Max	Equivalent	Value	4629	at	At Node	41155
LOAD 47							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1268	1065	5400	154	1141	783
	Minimum	-1083	-393	-4455	-200	166	-684
	Max	Equivalent	Value	5542	at	At Node	41199
LOAD 51							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	513	619	5184	353	977	797

	Minimum	-645	-492	-6080	-353	-980	-1898
	Max	Equivalent	Value	6103	at	At Node	42533
LOAD 52							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2297	2771	23200	1578	4370	3567
	Minimum	-2885	-2203	-27210	-1577	-4385	-8495
	Max	Equivalent	Value	27309	at	At Node	42533
LOAD 55							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	2555	4418	9403	290	2409	1702
	Minimum	-2134	-3159	-8857	-622	-798	-1399
	Max	Equivalent	Value	9867	at	At Node	46082
LOAD 56							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	11440	19770	42080	1300	10780	7618
	Minimum	-9549	-14130	-39630	-2783	-3571	-6260
	Max	Equivalent	Value	44156	at	At Node	46082
LOAD 71							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	27	15	151	8	31	28
	Minimum	-1	-36	46	-4	-31	-26
	Max	Equivalent	Value	151	at	At Node	46100
LOAD 81							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4426	36420	43740	2912	18640	15670
	Minimum	-4395	-36000	-44640	-4819	-16160	-15670
	Max	Equivalent	Value	53542	at	At Node	46086
COMB 121							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	343	6952	1574	1084	8018	6081
	Minimum	-7653	-5436	-38570	-1592	-7302	-5626
	Max	Equivalent	Value	39646	at	At Node	46100
COMB 122							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	208	10810	-9280	1661	11610	8882
	Minimum	-11170	-5778	-56760	-2387	-8769	-8203
	Max	Equivalent	Value	58641	at	At Node	46100
COMB 123							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	254	12430	-19990	2315	15400	11540
	Minimum	-14780	-6035	-71590	-2993	-10890	-9932
	Max	Equivalent	Value	74877	at	At Node	46100
COMB 125							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	573	5884	2821	987	7973	5819
	Minimum	-7437	-5459	-36270	-1521	-7232	-5150
	Max	Equivalent	Value	38355	at	At Node	46089
COMB 126							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	200	9714	-8573	1565	11560	8593
	Minimum	-10950	-5801	-53910	-2316	-8697	-7602
	Max	Equivalent	Value	55888	at	At Node	46100
COMB 127							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	246	11380	-19010	2294	15360	11250

	Minimum	-14520	-6057	-69970	-2923	-10430	-9860
	Max	Equivalent	Value	74282	at	At Node	46089
COMB 131							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	242	8045	1994	1149	8720	7000
	Minimum	-8019	-5481	-43130	-1699	-7221	-5834
	Max	Equivalent	Value	45762	at	At Node	46082
COMB 132							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	249	11860	-8733	1727	12310	9810
	Minimum	-11600	-5824	-60760	-2494	-8688	-8409
	Max	Equivalent	Value	64675	at	At Node	46082
COMB 133							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	295	13520	-20640	2287	16110	12470
	Minimum	-15240	-6156	-74970	-3100	-11060	-9703
	Max	Equivalent	Value	79207	at	At Node	46082
COMB 135							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	4188	9359	16490	1216	10050	7057
	Minimum	-8928	-7059	-44520	-2204	-9065	-6289
	Max	Equivalent	Value	45918	at	At Node	46082
COMB 136							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	1125	14570	5334	1844	14010	10160
	Minimum	-12720	-7194	-63630	-3137	-10160	-9046
	Max	Equivalent	Value	67377	at	At Node	46082
COMB 137							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	293	16800	-5146	2636	17930	13020
	Minimum	-16520	-6952	-83230	-3745	-10640	-11330
	Max	Equivalent	Value	83888	at	At Node	46082
COMB 138							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	343	11120	4359	2081	12980	11100
	Minimum	-10980	-5747	-68400	-2287	-9734	-12210
	Max	Equivalent	Value	71659	at	At Node	46082
COMB 139							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	343	11120	4359	2081	12980	11100
	Minimum	-10980	-5747	-68400	-2287	-9734	-12210
	Max	Equivalent	Value	71659	at	At Node	46082
COMB 141							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	94	4647	-8706	947	5980	4788
	Minimum	-6000	-3783	-29410	-1023	-5972	-4335
	Max	Equivalent	Value	30641	at	At Node	41199
COMB 142							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	161	8080	-20430	1630	9851	7670
	Minimum	-9718	-4453	-48740	-1741	-9836	-6918
	Max	Equivalent	Value	50356	at	At Node	46100
COMB 143							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	214	9488	-32380	2275	13620	10320

	Minimum	-13390	-5596	-65560	-2417	-13690	-9425
	Max	Equivalent	Value	68343	at	At Node	41199
COMB 151							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3923	43140	16190	3315	24730	17350
	Minimum	-10220	-31870	-81340	-6411	-19990	-17840
	Max	Equivalent	Value	85911	at	At Node	46082
COMB 152							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3667	47220	2812	3437	27780	17930
	Minimum	-13800	-29920	-98970	-7205	-21980	-18500
	Max	Equivalent	Value	104791	at	At Node	46082
COMB 153							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3293	48820	-7746	3447	30150	17800
	Minimum	-17430	-29330	-113200	-7812	-23520	-18550
	Max	Equivalent	Value	119307	at	At Node	46082
COMB 155							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3682	38990	12860	5047	20070	15880
	Minimum	-9548	-30800	-68670	-2950	-20860	-15570
	Max	Equivalent	Value	71522	at	At Node	41192
COMB 156							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3358	40950	3420	5518	22510	16210
	Minimum	-13060	-26700	-82070	-3011	-22790	-15790
	Max	Equivalent	Value	85749	at	At Node	41192
COMB 157							
	Stress	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
	Maximum	3150	41550	-8596	6207	25920	17150
	Minimum	-16630	-25100	-97600	-3186	-25210	-16730
	Max	Equivalent	Value	101862	at	At Node	46093

H. DEPREM YÜKLERİ İÇİN GERİLME DEĞERLERİ

Tablo H.1 : Deprem Yükleri İçin Maksimum ve Minimum Gerilme Değerleri

MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL EARTHQUAKE LOADS						
MAIN GIRDER BEAM						(kN/m2)
Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
Maximum	109300	46130	22000	5599	15310	8604
Minimum	-29440	-10470	-10110	-3731	-4178	-25170
Max	Equivalent	Value	109419	at	Node	516

MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL EARTHQUAKE LOADS						
LOWER EQUALIZER BEAM (2)						(kN/m2)
Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
Maximum	25260	136900	30410	2184	13790	18460
Minimum	-1584	-33080	-7278	-23730	-52210	-5978
Max	Equivalent	Value	134461	at	Node	59296

MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL EARTHQUAKE LOADS						
UPPER EQUALIZER BEAM (1)						(kN/m2)
Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
Maximum	16900	95670	88320	23760	56	18580
Minimum	-1858	-16760	-4711	-750	-82260	-162
Max	Equivalent	Value	142554	at	Node	53531

MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL EARTHQUAKE LOADS						
UPPER EQUALIZER BEAM (B)						(kN/m2)
Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
Maximum	16200	135300	60960	15490	4609	19290
Minimum	-2509	-18930	-14560	-986	-52200	-890
Max	Equivalent	Value	131811	at	Node	54606

MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL EARTHQUAKE LOADS						
RIGID LEG COLUMN STRUCTURE						(kN/m2)
Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
Maximum	25320	71410	289600	0	0	27310
Minimum	0	0	1539	0	-60590	-37760
Max	Equivalent	Value	287727	at	Node	18305

MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL EARTHQUAKE LOADS						
RIGID LEG INCLINED MEMBERS						(kN/m2)
Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
Maximum	35340	34040	111200	16340	23040	6400
Minimum	0	-4716	-21	-352	-22770	-16050
Max	Equivalent	Value	108957	at	Node	21947

MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL EARTHQUAKE LOADS						
RIGID LEG INCLINED MEMBERS						(kN/m2)
Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
Maximum	10570	46090	119300	13320	33190	29870
Minimum	-467	-3975	-14320	-20660	-49800	-56380
Max	Equivalent	Value	129653	at	Node	29882

MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL EARTHQUAKE LOADS						
END CARRIAGE OF RIGID & HINGED LEGS						(kN/m2)
Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
Maximum	32930	97030	52930	30440	71770	1432
Minimum	0	-1042	-1453	-914	-30390	-327
Max	Equivalent	Value	129654	at	Node	36844

MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL EARTHQUAKE LOADS						
HINGED LEG						(kN/m2)
Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
Maximum	6798	19580	26070	2970	9901	5124
Minimum	-3079	-1994	-14060	-994	-13620	-5352
Max	Equivalent	Value	28386	at	Node	41196

MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL EARTHQUAKE LOADS						
BOGIE ASSEMBLE						(kN/m2)
Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
Maximum	8706	24430	20100	3294	4619	12550
Minimum	-879	-13590	-14420	-167	-22760	-1047
Max	Equivalent	Value	39595	at	Node	68513

MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL EARTHQUAKE LOADS						
TOP RIGHT ASSEMBLE						(kN/m2)
Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
Maximum	30810	23650	41260	16270	24970	33590
Minimum	-8076	-11610	-15910	-4501	-5259	-18210
Max	Equivalent	Value	60301	at	Node	37572

MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL EARTHQUAKE LOADS						
TOP RIGHT ASSEMBLE (B)						(kN/m2)
Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
Maximum	28620	22960	41260	16270	24970	33590
Minimum	-3953	-11610	-11590	-3424	-29580	-13390
Max	Equivalent	Value	60301	at	Node	37572

MAX, MIN STRESS VALUES FOR ALL EARTHQUAKE LOADS						
TOP LEFT ASSEMBLE						(kN/m2)
Node	SX	SY	SZ	SXY	SYZ	SZX
Maximum	85130	64160	192700	22910	62390	54190
Minimum	-9006	-2410	-467	-17000	-60590	-75040
Max	Equivalent	Value	189433	at	Node	25632

ÖZGEÇMİŞ

H. Kemal Sürmen , 1983 yılında Karabük’de doğdu. İlkokulu 1993 yılında Bakırköy Kartaltepe İlköğretim Okulu’nda, ortaokulu 1996 yılında Mevlana İlköğretim Okulu’nda tamamladı. 1996-2000 yılları arasında Çapa A.Ö.L’de eğitime devam etti. 2001 yılında girdiği Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünden 2005 yılında mezun oldu. 2006 yılında İ.T.Ü Makine Fakültesi, Konstrüksiyon A.B.D’de yüksek lisans yapmaya hak kazandı.