

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**JIB PORTAL KREN
KONSTRÜKSİYONUN MODELLENMESİ VE
SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Başar ÜNAL**

Anabilim Dalı: MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : KONSTRÜKSİYON

OCAK 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**JIB PORTAL KREN
KONSTRÜKSİYONUN MODELLENMESİ VE
SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Başar ÜNAL**

**Anabilim Dalı: Makina Mühendisliği
Programı: Konstrüksiyon**

Tez Danışmanı: Doç.Dr. C. Erdem İMRAK

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Analiz programları, bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle mühendislikte çok önemli bir yer edinmiştir. Sonlu elemanlar yönteminin doğru kullanılması ve analizin yapılacağı modelin doğru oluşturulması ile büyük oranda zaman ve paradan tasarruf edilebilir.

Sonlu elemanlarla analiz yöntemi transport tekniğinde ve özellikle kren sistemlerine uygulanması yavaş yavaş hız kazanmaktadır.

Bu çalışmada, ilk olarak JIB Kren'in en kritik durumları incelenmiş ve mukavemet hesaplarıyla çelik konstrüksiyonunun şekillendirilmesi sağlanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise JIB Kren'in boom kısmı modellenmiş ve üzerinde sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilerek bu metodun portal kren tasarımında kullanılması ile elde edilecek avantajlar ortaya konulmuştur.

Bu çalışma boyunca desteğini esirgemeyen hocalarım Doç. Dr. Erdem İMRAK, Yrd. Doç. Dr. İsmail GERDEMELİ'ye ve tezim doğrultusunda çalıştığım Transport Tesisleri'ndeki tüm çalışanlara özellikle de Yük. Mak. Müh. Levent PAK proje ve dizayn sorumlusu Müh. Orkun AKTAŞ'a ve Yük. Müh. Said BEDİR'e sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca eğitim ve öğretim hayatım boyunca her türlü desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak 2008

Başar ÜNAL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. JIB KREN ELEMANLARI	7
2.1 Köprü Yürütme Sistemi	7
2.2 Gergi Kirişi	8
2.3 Portal Bacaklar	8
2.4 Portal Üst Kirişi	8
2.5 Sabit Kule	9
2.6 Dönüş Platformu	10
2.7 Döner Kule	11
2.8 Boom	12
2.9 Ok Çekme ve Kaldırma ve Dönüş Vinçleri	13
2.10 Makaralar ve Halatlar	14
2.11 Kanca Traversi	15
2.12 Elektrik Besleme ve Kumanda	16
2.13 Operatör Kabini	17
3. JIB KREN TEKNİK ÖZELLİKLER	18
3.1 FEM'e Göre Gruplandırma	19
3.1.1 Taşıyıcı Konstrüksiyon	19
3.1.2 Tahrik Sistemleri	19
3.2 F.E.M 1001 3. Baskı 1987.10.01'den Hesaplama için Alınan Değerler	19

4. JIB KREN HESAPLARI	23
4.1 Statik Denge Kontrolü (Avan)	23
4.2 Vento Halatı Kontrolü	24
4.3 Kaldırma Halatı Kontrolü (Grup M5)	25
4.4 Vento Motor Gücü Kontrolü (Avan)	25
4.5 Kaldırma Motor Gücü Kontrolü (Avan)	26
4.6 Kren Yürütme Hesabı (Avan)	26
4.6.1 Yürütme Direnci Momenti	26
4.6.2 Doğrusal Hareketin İvme Momenti	27
4.6.3 Dönen Kitlelerin İvme Momenti	27
4.6.4 Rüzgar Direnci Momenti	27
4.7 Ok Kontrolü (R=20m, Q=20t)	28
4.7.1 Vento Donanımı+Yük+Kanca+Oktan Gelen Tesirler	28
4.7.2 Okun Kendi Ağırlığının Tesiri	29
4.7.3 Ok Yatay Durumda İken Sehim Kontrolü	30
4.7.4 Ok Kesit Kontrolü	31
4.7.5 Ok Yatık Durumdayken Dönüş Kontrolü (İvmelenme veya Fren Tesirleri)	32
4.7.6 Dönüş Motoru Hesabı	34
4.7.7 Ok 20m. Radius'da iken dönüş kontrolü	35
4.7.8 Ok Yatık Durumda İken Gerilme Kontrolü	37
4.7.9 Gergi Kirişi için En Uygunsuz Yükleme: (R=20m, Q=20ton)	38
4.7.10 İşletme Rüzgarı Tesiri	39
4.7.11 İvmelenme ve Fren Tesiri	39
4.7.12 Baş Kiriş Hesabı için Maksimum Köşe Yüğü	39
4.7.13 Baş Kirişin Hesabı	39
4.8 Denge Kirişi Hesabı	42
4.8.1 Orta Kesitte Kontrol	42
4.8.2 Ortadaki Takviyenin Kenarındaki Kontrol (150mm'de)	43
4.8.3 Uçta Perno Ekseninde Kontrol	44
4.9 Boji Kontrolü	48
4.9.1 I Kesiti Kontrolü	48
4.9.2 Ø630 Avara Tekerlek, Perno ve Kovan Hesabı	49
4.9.3 Tekerlekten Gelen Yükler	50
4.9.4 Perno Taşıyıcı Sacı Yüzey Basıncı Kontrolü	51
4.10 Kren Yürütme Tekerlekleri Hesabı	53
4.10.1 İşletme Rüzgarı Tesirinden	53
4.10.2 İvmelenme ve Fren Tesirinden	53

4.11 Portalın Hesabı	55
4.11.1 Portal Kirişi Zati Ağırlığı Etkisi	55
4.11.2 İşletme Rüzgarı (1. Bacakta)	55
4.11.3 İşletme Rüzgarı (2. Bacakta)	56
4.11.4 İşletme Rüzgarı (Kuleden etkiyen)	57
4.11.5 Kuleden Etkiyen Düşey Yük	57
4.11.6 Kuleden Etkiyen Moment (Ok x yönünde)	58
4.11.7 Ok y yönünde dönerse kuleden etkiyen burulma momenti	58
4.11.8 Döner Kulenin İvmelenmesi + Rüzgarın Portal'a Etkisi	59
4.11.9 Ok x Yönünde İken Yüklerin Süperpozesi	60
4.11.10 Ok y Yönünde İken Yüklerin Süperpozesi:	60
4.11.11 Kesit Değerleri	60
4.12 Döner Kuleden Sabit Kuleye Etkiyen Maksimum Tesirler	66
4.12.1 Alt Kutu Alt Kesit Değerleri	67
4.12.2 Alt Kutu Üst Kesit Değerleri	67
4.12.3 Üst Kutu Alt Kesit Değerleri	68
4.13 Rüzgar ve Dönüş Direnci ile Sabit Hızda Dönüş Gücü	70
4.14 Jib Kren Dönüş Sistemi Hesabı (R=50m, Q=5ton)	71
4.14.1 Ok Rüzgarı	71
4.14.2 Yük Rüzgarı (5 ton yük için)	71
4.14.3 Makine Dairesi Rüzgarı	72
4.14.4 Toplam Rüzgar Momenti	72
4.14.5 Atalet Tesirinden Gelen Moment	72
4.14.6 Toplam Dönme Momenti	72
4.15 İvmelenme Dışında Dönme Direnci	72
4.15.1 Çalışma Rüzgarı Momenti	72
4.15.2 Dönüş Tekerlekleri Direnci	72
4.15.3 Toplam Dönüş Direnci Momenti ve Dişli Kuvveti	73
4.15.4 Perno Kontrolü	73
4.16 Dönüş Tekerleği Hesabı	75
4.16.1 Ok 50m Radius'da iken Etkiyen Maksimum Kuvvet	75
4.16.2 Ok 12,5m Radius'da iken Etkiyen Kuvvet	76
4.17 Tepe Rulmanı Kontrolü	78
4.17.1 Dinamik Eşdeğer Yük	78
4.17.2 Statik Eşdeğer Yük	78
4.18 Jib Kren Ok Dip Kısmı Yatak Yükleri	79
4.19 Jib Kren Ok Dip Kısmı Kontrolü	80
4.20 Boom Mafsalı Kontrolü	82

4.21 Ok Dibi Mafsal Yatağı Hesabı	84
4.22 Ok 50m Radius’da iken 5 Ton Yükle Hesaplar	85
4.22.1 Yükle	85
4.22.2 Vento ve Kaldırma Halatları yarı yükü	85
4.22.3 Moment Hesabı	86
4.22.4 Üstteki Makara Eksenindeki Kuvvetler	86
4.22.5 Ok Ağırlık Merkezine Göre Moment	87
4.22.6 Sehim Kontrolü	87
4.22.7 Ok Tepesindeki Kesitin Kontrolü (Bütün borular $t=7,1$)	87
4.23 Ok Ucu Yan Yüz Birinci Çapraz Kontrolü	88
4.24 Jib Kren Ok Orta Kesit Kontrolü	89
4.25 Kaldırma Redüktörü Hesabı	92
4.26 Vento Redüktörü Hesabı	93
4.27 Jib Kren Ağırlık Merkezi Hesabı	94
4.27.1 Baş Kirişin İçine Koyulacak Çelik ve Beton Ağırlıklar	94
4.27.2 Ok 20m Radius’da iken Ağırlık Merkezi Hesabı	95
4.27.3 Ok 50m Radius’da iken Ağırlık Merkezi Hesabı	96
5. SONLU ELEMENLAR METODU	98
5.1 Sonlu Elemanlar Metodunun Kısa Tarihi	98
5.2 Uygulama Alanları	99
5.3 Problemlerde Uygulanması	99
5.4 Sonlu Elemanlar Yöntemi Eleman Tipleri	100
5.5 ABAQUS/CAE Sonlu Elemanlar Paket Programı	101
5.5.1 Programın Bölümleri	101
5.5.2 Ön İşlem Süreci (Preprocessor)	103
5.5.3 Programın Çalıştırılması	104
5.5.4 Katı Modelin Oluşturulması	105
5.5.5 Malzeme Girişi	106
5.5.6 Adım (Step) Menüsü	107
5.5.7 Etkileşim (Interaction) Tanımlanması	107
5.5.8 Sınır şartların ve Yüklerin Tanımlanması ve Parçaya Uygulanması	108
5.5.9 Parçanın Küçük Parçalara (Mesh) Bölünmesi	108
5.5.10 İş (Job) Menüsü	110
5.5.11 Analiz Sonrası İşlemler (Postprocessor) Menüsü	111
6. ANALİZ SONUÇLARI VE KARŞILAŞTIRMA	113
6.1 Mukavemet ve Stabilité Açısından Kren Elemanlarının Tasarımı	113
6.2 Jib Kren’in Analizi	114
6.2.1 Boom’un Modellenmesi	114

6.3 Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi	119
6.3.1 Sehim analizi	119
KAYNAKLAR	122
ÖZGEÇMİŞ	123

KISALTMALAR

WPAR	: Welding Procedure Approval Form
WPS	: Welding Procedure Specification
ABS	: American Bureau of Shipping
BV	: Brueau Veritas
FEM	: Federation Europeenne De La Manutention
SEM	: Sonlu Elemanlar Metodu

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1 Teknik özellikler	18
Tablo 3.2 Taşıyıcı konstrüksiyona göre sınıflandırma	19
Tablo 3.3 Tahrik sistemine göre sınıflandırma	19
Tablo 3.4 İşletme dışı rüzgar basıncı ve hızları	20
Tablo 3.5 Ömür faktörü	20
Tablo 3.6 A.37-A.42-A.52 çeliklerinin σ_E ve σ_a değerleri	21
Tablo 3.7 Tablo 4.2.2.1.2. FEM'e göre Z_p değerinin seçilmesi	21
Tablo 3.8 Tablo 4.2.3.1.1. FEM'e göre H değerinin seçilmesi	22
Tablo 4.1 Gergi kirişi orta kesitinin fiziksel özellikleri	41
Tablo 4.2 Denge kirişi boji mafsalları yerinin fiziksel özellikleri	45
Tablo 4.3 Denge kirişi tipik kesitinin fiziksel özellikleri	46
Tablo 4.4 Denge kirişi kiriş ortasının fiziksel özellikleri	47
Tablo 4.5 Ø630 Tekerlek bojisinin fiziksel özellikleri	49
Tablo 4.6 Ok x yönünde iken yüklerin süperpozisi	60
Tablo 4.7 Ok y yönünde iken yüklerin süperpozisi	60
Tablo 4.8 Portal üst kirişi ray aksındandaki kutunun fiziksel özellikleri	63
Tablo 4.9 Portal bacak üst kirişe montaj kesitinin fiziksel özellikleri	64
Tablo 4.10 Portal bacak gergi kirişine montaj kesitinin fiziksel özellikleri	65
Tablo 4.11 Portal üst kirişi kiriş ortasının fiziksel özellikleri	66
Tablo 4.12 Sabit kule üst kısım alt kesitinin fiziksel özellikleri	69
Tablo 4.13 Sabit kule alt kısım silindirik gövdenin fiziksel özellikleri	69
Tablo 4.14 Sabit kule portal kirişe montaj kesitinin fiziksel özellikleri	70
Tablo 4.15 Toplam F_a değerinin bulunması	78
Tablo 4.16 Dönüş platformu montaj kesitinin fiziksel özellikleri	83
Tablo 4.17 Sistem Ağırlıklarının Bulunması	95
Tablo 4.18 Ağırlık merkezi hesabı (20m Radius).....	95
Tablo 4.19 Ağırlık merkezi hesabı (50m Radius).....	96
Tablo 6.1 Modelde kullanılan elemanlar	116
Tablo 6.2 Malzeme özellikleri	117
Tablo 6.3 Analiz sonuçları	119

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Model örneği	1
Şekil 1.2 : Nesting örneği	2
Şekil 1.3 : Proje başlangıcından kren teslimine kadar geçen iş akış şeması.	3
Şekil 1.4 : Mekanik aksam kalite kontrol	4
Şekil 1.5 : JIB krenin montajı.....	4
Şekil 1.6 : JIB kren.....	5
Şekil 1.7 : JIB kren yük diyagramı	6
Şekil 2.1 : Tekerlekleri takılmış vaziyette bojiler	7
Şekil 2.2 : Ø630mm tahrikli ve avara tekerlek	7
Şekil 2.3 : JIB kren portal kısım önden bakış	9
Şekil 2.4 : JIB kren portal kısım yandan görünüş	9
Şekil 2.5 : Dönüş platformu üstten görünüş	11
Şekil 2.6 : Dönüş bojisi ve Ø400mm tekerlek.....	11
Şekil 2.7 : Boom mafsallı üstten bakış	12
Şekil 2.8 : Boom mafsallı alttan bakış.....	12
Şekil 2.9 : Boom.....	13
Şekil 2.10 : Boom uçtan bakış	13
Şekil 2.11 : Ok çekme vinci, kaldırma vinci ve dönüş grubu	14
Şekil 2.12 : Halat donamı	14
Şekil 2.13 : Saptırma bloğu yandan görünüş	15
Şekil 2.14 : Kanca traversi	15
Şekil 2.15 : Kolektör grubu	16
Şekil 2.16 : Kablo sarma tamburu	16
Şekil 2.17 : Kumanda kabininden boomun görünüşü	17
Şekil 3.1 : Şekil 2.2.2.1.1 FEM'e göre	19
Şekil 3.2 : Bölüm 2.2.3.3. FEM'e göre	20
Şekil 4.1 : Statik denge kontrolü	23
Şekil 4.2 : Halat donamı	25
Şekil 4.3 : Ok 20m Radius'ta iken etki eden yükler	28
Şekil 4.4 : Ok'un kendi ağırlığı	29
Şekil 4.5 : Sehim.....	30
Şekil 4.6 : Ok kesit	30
Şekil 4.7 : Ok kesit kontrolü	31
Şekil 4.8 : Ok yatıkken oluşan kuvvetler	33
Şekil 4.9 : Atalet kuvvetlerinin etkisi	33
Şekil 4.10 : Dönüş kontrolü.....	35
Şekil 4.11 : Boom'a dönüş sırasında etkiyen yükler.....	36
Şekil 4.12 : Ok yatık durumda iken gerilme kontrolü	37
Şekil 4.13 : Gergi kirişi için en uygunsuz yükleme	38
Şekil 4.14 : Baş kiriş hesabı	40

Şekil 4.15	: Gergi kirişi orta kesit için kesit hesabı	41
Şekil 4.16	: Denge kirişine etkiyen yükler	42
Şekil 4.17	: Gergi kirişine etkiyen kuvvet çifti.....	43
Şekil 4.18	: Denge kirişi boji mafsalsal yerinde kesit değerleri	45
Şekil 4.19	: Denge kirişi tipik kesit için kesit hesabı	46
Şekil 4.20	: Denge kirişi kiriş ortasında kesit değerleri	47
Şekil 4.21	: Bojiye etkiyen yükler.....	48
Şekil 4.22	: Ø630 tekerlek bojisi için kesit hesabı	49
Şekil 4.23	: Ø630 avara tekerlek	50
Şekil 4.24	: Avara tekerleğe etkiyen yükler	51
Şekil 4.25	: Avara tekerlek elemanlarına etkiyen yükler	52
Şekil 4.26	: Ø630 Tahrikli Tekerlek	54
Şekil 4.27	: Portal kirişin kendi ağırlığının etkisi	55
Şekil 4.28	: İşletme Rüzgarı 1. ve 2. Bacakta	56
Şekil 4.29	: Kuleden etkiyen rüzgar yükü	57
Şekil 4.30	: Kuleden etkiyen moment	58
Şekil 4.31	: Döner kuleden etkiyen burulma momenti	59
Şekil 4.32	: Portal üst kirişi ray aksında kutu kesit değerleri	63
Şekil 4.33	: Portal bacak üst kirişe montaj kesiti için kesit hesabı	64
Şekil 4.34	: Portal bacak gergi kirişine montaj kesiti için kesit hesabı	65
Şekil 4.35	: Portal üst kirişi kiriş ortasında kesit değerleri.....	65
Şekil 4.36	: Döner kuleden sabit kuleye etkiyen tesirler.....	66
Şekil 4.37	: Sabit kule üst kısım alt kesiti	68
Şekil 4.38	: Sabit kule alt kısım silindir gövde.....	69
Şekil 4.39	: Sabit kule portal kirişe montaj kesiti.....	70
Şekil 4.40	: Dönüş sistemindeki kuvvetler.....	73
Şekil 4.41	: Pernoya etkiyen kuvvetler.....	74
Şekil 4.42	: Dönüş tekerleğine etkiyen kuvvetler	75
Şekil 4.43	: Ø400 Tekerlek	76
Şekil 4.44	: Kaldırma ve ok çekme vinci ve dönüş bojileri montaj planı	77
Şekil 4.45	: Tepe yatağının konumu	78
Şekil 4.46	: Ok dip kısmı yatak yükleri	79
Şekil 4.47	: Ok dip kısmı	80
Şekil 4.48	: Ok dip kısmı kesiti	80
Şekil 4.49	: Ok dip kısmına etkiyen yükler	81
Şekil 4.50	: Ok dip kısmına etkiyen yüklerin üstten ve yandan görünüşü	82
Şekil 4.51	: Boom ile dönüş platformunun bağlantı noktası	82
Şekil 4.52	: Dönüş platformu montaj kesiti	83
Şekil 4.53	: Mafsalsal yatağı	84
Şekil 4.54	: Ok 50m Radius'da	85
Şekil 4.55	: Üstteki Makara Eksenindeki Kuvvetler	86
Şekil 4.56	: Ok tepesindeki kesitin kontrolü	87
Şekil 4.57	: Boom ucu çapraz kontrolü	88
Şekil 4.58	: Boom orta kesitinde oluşan kuvvetler	89
Şekil 4.59	: T_y kuvvetlerinin gösterilmesi	90
Şekil 4.60	: T_y kuvvetlerinin boom'a etkisi	91
Şekil 4.61	: Kaldırma vinci tamburu	93
Şekil 4.62	: Ok çekme vinci tamburunun boyutları	94
Şekil 4.63	: Baş kiriş	94
Şekil 4.64	: Ok 20m radius'da iken ağırlık merkezi	96

Şekil 4.65	: Ok 50m radius'da iken ağırlık merkezi	97
Şekil 5.1	: Bir boyutlu bir sonlu eleman	100
Şekil 5.2	: Üçgen tipi sonlu eleman örneği	100
Şekil 5.3	: İki boyutlu değişik dörtgen geometri biçimli sonlu elemanlar	101
Şekil 5.4	: ABAQUS/CAE ana penceresi	102
Şekil 5.5	: ABAQUS/CAE açılış penceresi	104
Şekil 5.6	: ABAQUS/CAE katı model oluşturma	105
Şekil 5.7	: ABAQUS/CAE çizim alanı	106
Şekil 5.8	: Malzeme girişi	106
Şekil 5.9	: Adım (Step) menüsü	107
Şekil 5.10	: Etkileşim Menüsü	108
Şekil 5.11	: Yükleme ve Sınır Şartlar Menüleri	108
Şekil 5.12	: Parçanın dilimlenmesi	109
Şekil 5.13	: Eleman tipi seçme menüsü	110
Şekil 5.14	: İş menüsü	111
Şekil 5.15	: Sonuçların görüntülenmesi menüsü	112
Şekil 6.1	: Boom'un 3 boyutlu görünüşü	115
Şekil 6.2	: Bağlantı noktalarının oluşturulması	115
Şekil 6.3	: Beam vektörleri	115
Şekil 6.4	: Mesh oluşturma	116
Şekil 6.5	: Mesh detayı	116
Şekil 6.6	: Kuvvetlerin gösterilmesi	117
Şekil 6.7	: Boom'un sabitlendiği noktalar	118
Şekil 6.8	: Boom 20m Radius ve 20 Ton ile yüklenirken analiz sonuçları ...	118
Şekil 6.9	: Sehim analizi 1	119
Şekil 6.10	: Sehim analizi 2	120

SEMBOL LİSTESİ

λ	: Narinlik derecesi
ω	: Burkulma katsayısı
l_k	: Burkulma uzunluğu [mm]
σ_E	: Elastiklik limiti [N/mm ²]
σ_a	: Maksimum gerilme değerleri [N/mm ²]
ϵ	: Kopma uzaması
σ_x	: x eksenı boyunca eğilme gerilmesi [N/mm ²]
σ_y	: y eksenı boyunca eğilme gerilmesi [N/mm ²]
v	: Emniyet katsayısı
δ_x	: x eksenı boyunca meydana gelen sehim [mm]
δ_y	: y eksenı boyunca meydana gelen sehim [mm]
F_x	: Kılavuz patenin uyguladığı ray boynundaki x-eksenindeki kuvvet
F_y	: Kılavuz patenin uyguladığı ray boynundaki y-eksenindeki kuvvet
E	: Elastiklik modülü [N/mm ²]
I_x	: x-eksenindeki atalet momenti [mm ⁴]
I_y	: y-eksenindeki atalet momenti [mm ⁴]
p	: Tekerleklerin yüklenmelerinin dingil aralığı [mm]
a	: Tekerlek aralığı [mm]
ψ	: Titreşim katsayısı
q	: Rüzgar basıncı [daN/m ²]
A	: Taşıyıcı sistem elemanlarının net rüzgar yüzeyi [mm ²]
c	: Çeşitli yüzeyler üzerinde basınç veya emme etkisi olarak hesaplara katılacak aerodinamik bir katsayı
γ_c	: Ömür faktörü
Z_p	: Halatlat için kullanılan güvenlik faktörü
ED	: Relatif çalışma süresi
H_1H_2	: Halatların sarılma çapı için katsayılar
d	: Halat çapı [mm]
r	: Yiv dibi
C_1	: Bir tekerleğin devir sayısına bağlı basınç sınır katsayısı
C_2	: Bir tekerleğin gruplara bağlı basınç sınır katsayısı

JIB PORTAL KREN KONSTRÜKSİYONUNUN MODELLENMESİ VE SONLU ELEMANLAR METODUYLA ANALİZİ

ÖZET

Bu çalışmada, transport tekniğinde sıklıkla kullanılan kaldırma ekipmanlarından biri olan JIB krenler incelenecektir. Limanlarda, tersanelerde ve depolarda geniş çapta kullanma alanları bulan JIB krenlere, işletim sırasında birçok yük etkimektedir; bu yüklerin en önemlileri olarak, sistem elemanlarının zati ağırlıklarından meydana gelen yükler ve vincin yaptığı hareketler sırasında oluşan dinamik etkiler sayılabilir. Ayrıca özellikle açık alanlarda çalışan JIB krenlere etkiyen rüzgar ve iklim şartlarından oluşan etkiler de göz önüne alınırsa; JIB krenlerde ve özellikle de JIB kreni taşıyan gövdesinde ciddi anlamda gerilmelerin ortaya çıkacağı açıktır.

Çalışmada JIB kreni oluşturan parçalar ve bunlara etkiyen yükler incelenmiş, bunların doğrultusunda parçaların emniyetli bir şekilde dizayn edilmesi ve konstrüksiyonun oluşturulması amaçlanmıştır. Ayrıca JIB kren, bilgisayar destekli tasarım yazılımları (AutoCAD) kullanılarak modellenmiş ve boom(uç) kısmı da sonlu elemanlar metodu kullanarak hesap yapan yazılımlar (Hypermesh, ve ABAQUS 6.7.1) kullanılarak statik gerilme analizi yapılmıştır.

MODELLING OF JIB CRANE CONSTRUCTION AND ANALYSES WITH FINITE ELEMENT METHOD

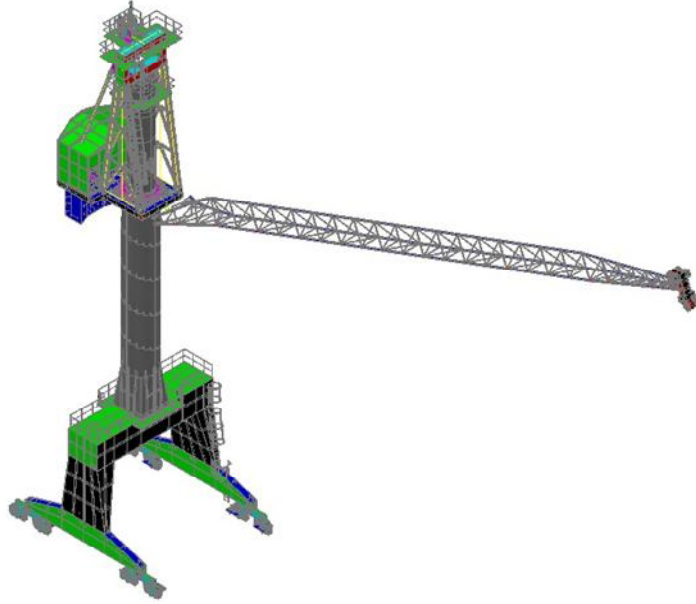
SUMMARY

In this study, JIB crane which is one of the lifting equipments frequently used in materials handling is investigated. JIB cranes which are affected by a number of load combinations can be used in seaports, shipyards and warehouses with a wide range of usage areas during the operation. Most important loads are self weight of the system elements and the movement of operation load. Moreover, it is considered that, additional forces act on the JIB portal crane, particularly operating in open-air, arise from wind and climate conditions, the great stress values can be observed on JIB portal crane, especially on its body.

It is completely modeled utilizing computer aided design program named AutoCAD in 3-D solid modeling environment and also JIB crane's boom part is generated by using Hypermesh. Then linear static analyses of the finite element model of JIB crane are computed by ABAQUS 6.7.1 solver under certain load combinations and boundary conditions.

1. GİRİŞ

Projelendirme aşaması 2.bölüm’de listelenen parçaların tamamının, müşterinin ihtiyaçlarına ve standartlara uygun ve en ekonomik şekilde projelerinin geliştirilmesi işidir. Bu projeler hesaplar ile birlikte müşterinin seçeceği bir klas kuruluşu tarafından onaylanmaktadır. Tüm çelik yapının üç boyutlu sonlu elemanlarla çözümüne uygun sonlu elemanlar modeli hazırlanmaktadır.

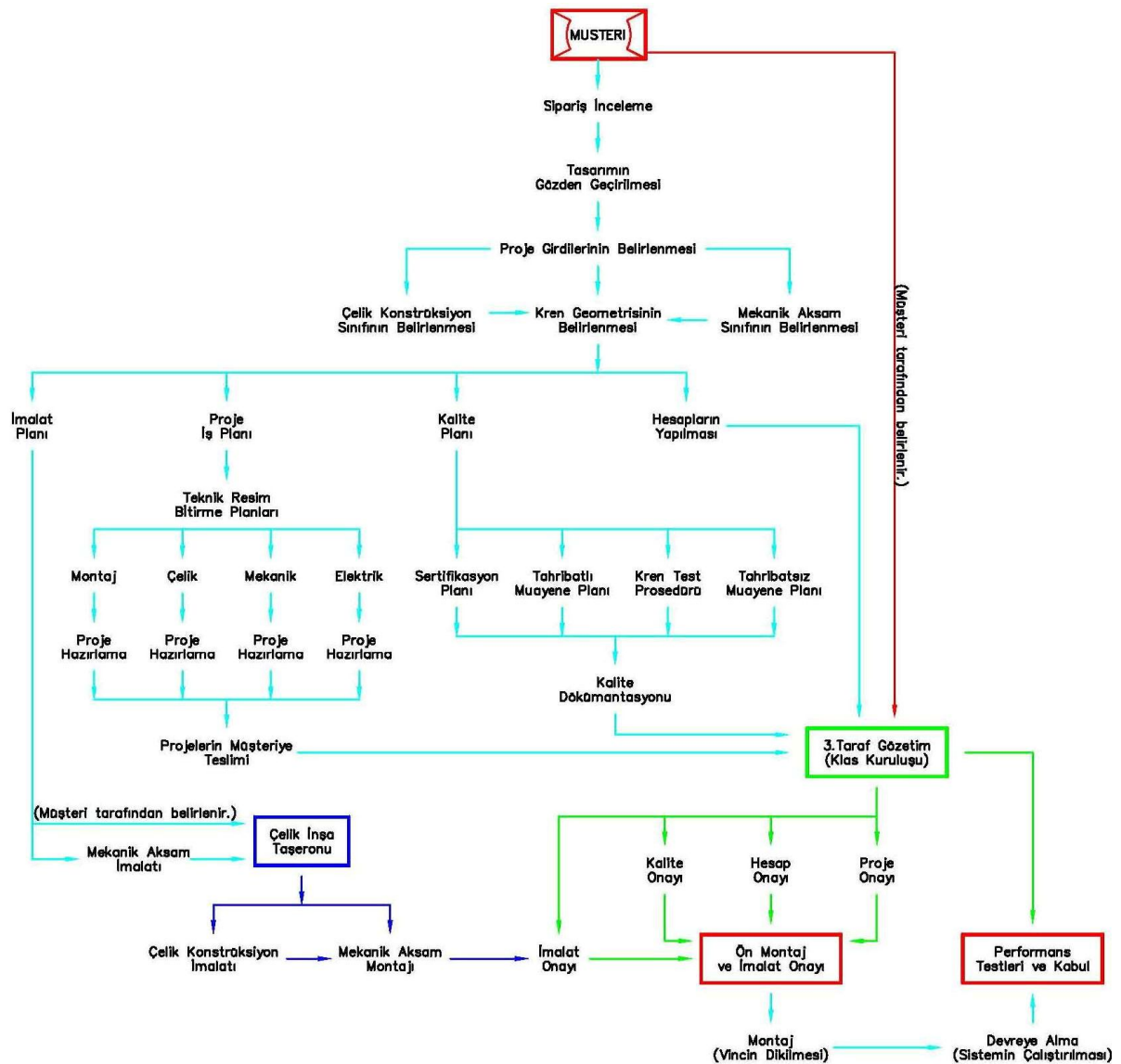


Şekil 1.1: Model Örneği

Bir krenin projelendirme işi ek olarak aşağıdaki hususları da içermektedir.

Tüm çelik konstrüksiyon dizaynı en ekonomik malzeme seçimleri ile kesim yapılacak plakaları minimum fire olacak şekilde projelendirilir. Tasarlanan fire oranına ulaşabilmek için plaka sac üzerine parça yerleşimi CAD ortamında hazırlanarak müşteriye sunulur. Böylelikle müşterinin CNC tezgahlarında kesim yapmak için gerek duyduğu kodları elde etmek için ihtiyacı olan bilgiler sağlanmış olmaktadır. Müşteri bu bilgilere bağlı kalarak kendi kullandığı CNC kodunu çıkararak kesim için hazırlığını yapar.

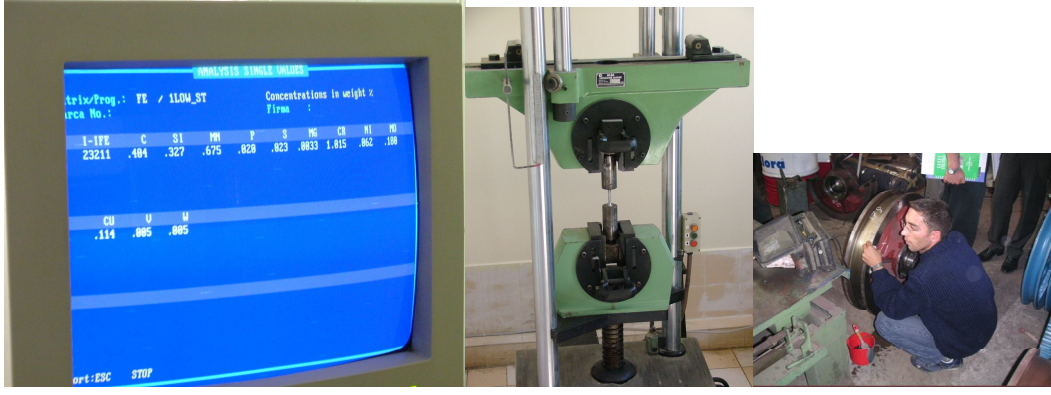
Projelendirme aşamasından başlayarak son kontrollerin yapıldığı test aşamasına kadar geçen sürenin tariflendiği akış şeması aşağıda verilmiştir.



Şekil 1.3: Proje başlangıcından Kren teslimine kadar geçen iş akışı

ABS (American Bureau of Shipping), BV (Brueau Veritas), İTÜ (İstanbul Teknik Üniversitesi) gibi klas kuruluşları projeleri, imalatları, en sonunda da testleri kontrol etmekte ve onaylamaktadır.

İmal edilen mekanik aksam malzemeleri, üretim aşamasında döküm numunelerinin kimyasal analiz, tahribatlı ve tahribatsız muayeneler ile malzeme uygunluk kontrollerinden geçmekte ve dokümantasyonu klas kuruluşlarına sunulmaktadır.



Şekil 1.4: Mekanik Aksam Kalite Kontrolü

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.

Kren imalatının en önemli bölümlerinden biri de montaj aşamasıdır. Montaj aşamaları titizlikle hazırlanmalı ve kusursuz şekilde uygulanmaları gerekmektedir.

JIB krende portal kısım olarak tabir edilen alt bölümün (yürüyüş gurubu, gergi kirişi, bacaklar, portal üst kirişten oluşan bölüm) ray üzerine kaldırıldıktan sonra sabit kulenin alt parçası portal üst kiriş üzerindeki yerine alınarak alt bölüm montajı tamamlanır.



Şekil 1.5: JIB krenin montajı

Üst kısım olarak sabit kule üst kısmı (dönüş ringi ile birlikte) dönüş platformu, döner kule, karşı ağırlık, makine dairesi, kumanda kabini ve boom ayrı olarak yerde montajlanır ve ayarları tamamlanır. Bu aşamada makine dairesi içerisinde bulunan kaldırma, ok kaldırma ve dönüş sistemleri monte edilip sisteme geçici elektrik verilerek, halat donanımı yapılır ve boom kendi halatları ile askıya alınır. Böylelikle üst kısım montaj için hazır hale getirilmiş olur. Şekil 1.5’de gösterildiği şekilde üst kısım alt bölüm üzerindeki yerine montaj vinçleri ile alınarak merkezleme sistemleri vasıtasıyla montajlanır.

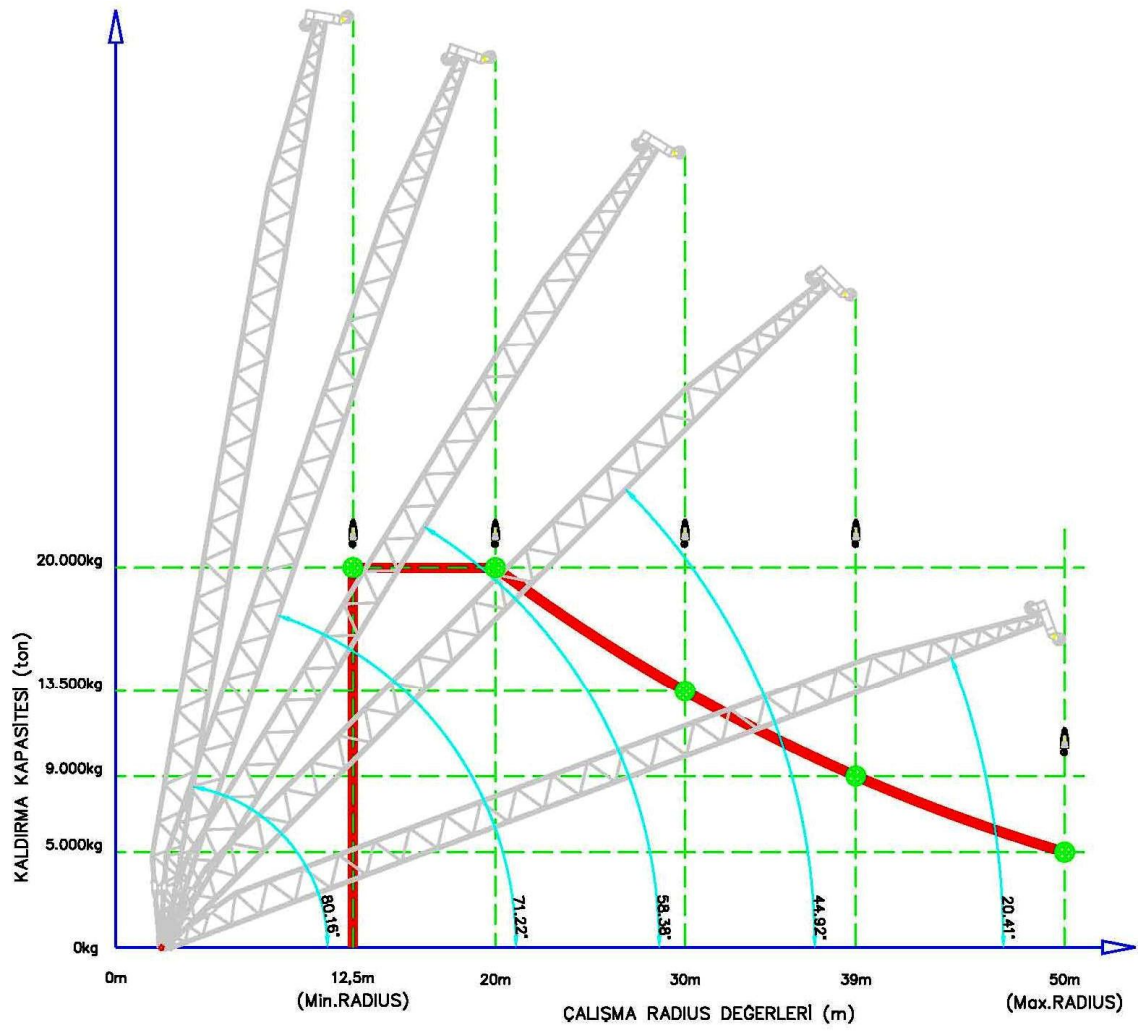
Montaj kaynaklarının bitişini müteakip karşı ağırlık içine hesaplanan beton miktarı kadar beton dökülerek vincin çelik konstrüksiyon montajı tamamlanmış olur.

Üst kısım ile alt kısım arasındaki elektrik bağlantıları kablolar (kablo kanalları ile) ve elektrik aksamı monte edilerek sistemler çalıştırılmaktadır. Frekans inverterleri önceden hazırlanmış parametreler kullanılarak devreye alınır ve kren performans testlerine hazır hale getirilmektedir.

Kren, kaldırma kapasitesi olarak tariflenmiş nominal yükünde çalıştırılarak motorların akım değerleri kontrol amaçlı ölçülerek kayıt altına alınır. Nominal yüklemeler aşağıda verilmiş yük diyagramında tariflenmiştir. Yine aynı yükte krenin fren ayarları yapılır ve kren hareketleri için sözleşme ile belirlenmiş hız değerleri kurallara göre vinç %125 yükle dinamik ve %140 yükle statik olarak motorların aşırı ısınmasına imkan vermeyecek şekilde aşırı yük testi yapılır.



Şekil 1.6: JIB Kren

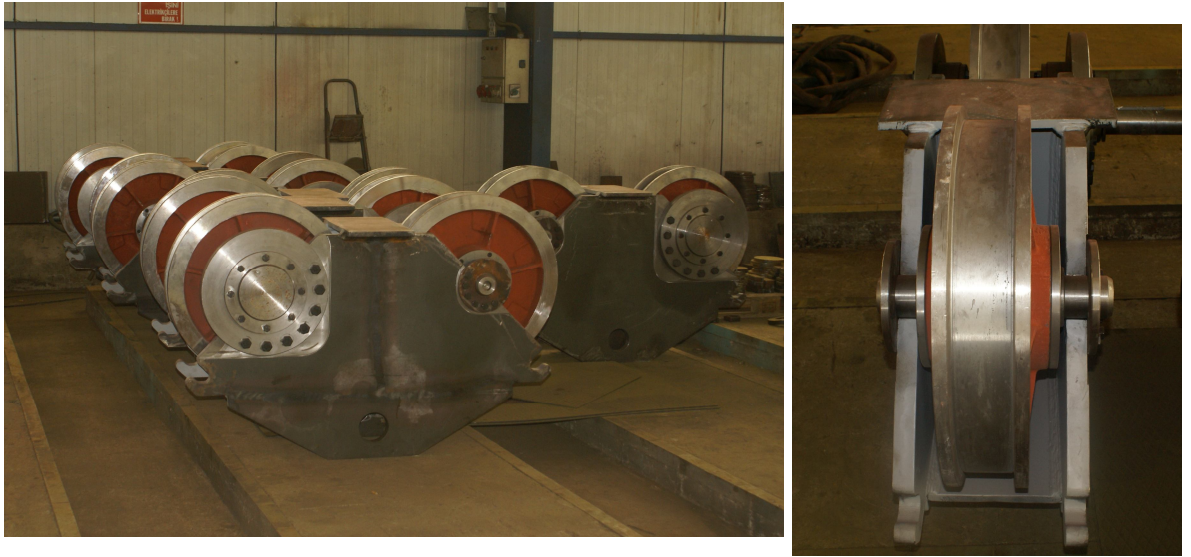


Şekil 1.7: JIB Kren Yük Diyagramı

2. JIB KREN ELEMANLARI

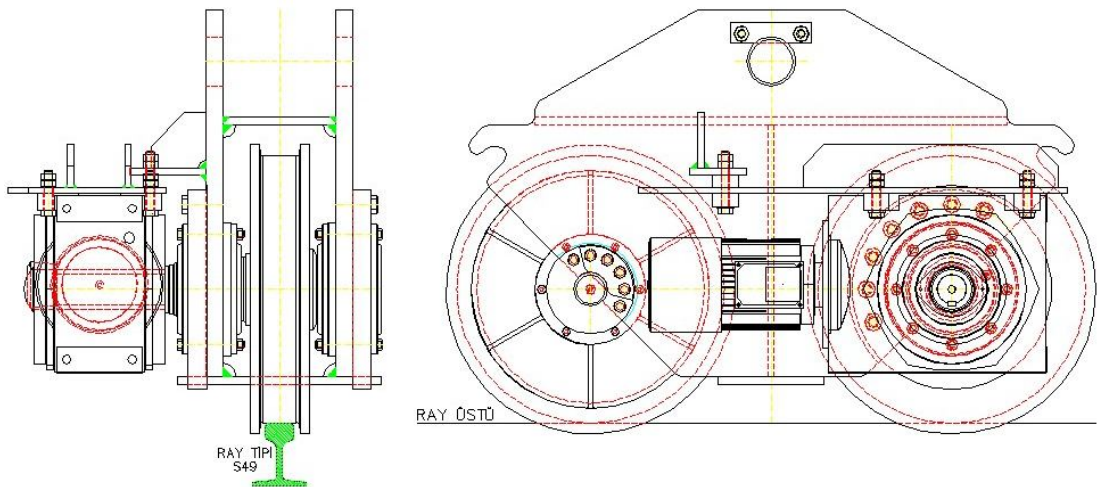
2.1 Köprü Yürütme Sistemi

Bojiler yürüyüş gurubunu oluşturan ana elemanlardır. Tekerlekleri ikişerli olarak boji çelik konstrüksiyonuna montajlanırlar. Bojiler üzerlerinde bulunan mafsallı yatak vasıtasıyla denge kirişlerine bağlanırlar.



Şekil 2.1: Tekerlekleri takılmış vaziyette bojiler

Aynı bojiye bağlanan Ø630mm tekerleklerden biri göbekten bir redüktörlü motor ile tahrik edilirken diğeri ise avara tekerlektir.



Şekil 2.2: Ø630mm Tahrikli ve Avara Tekerlek

Denge Kirişleri ise bojileri ikişerli olarak mafsallı yataklama için yapılmış çelik imalat kutulardır.

2.2 Gergi Kirişi

Portal Bacağın altında denge kirişleriyle beraber yürüyüş gruplarını bağlayan çelik konstrüksiyon kutudur. Her bir gergi kirişinin içi, krenin devrilme emniyeti için 10 ton hurda çelik ağırlık ve geri kalan hacimde beton ile doldurulacak şekilde dizayn ve imal edilmiştir.

Şekil 2.4’de görüldüğü gibi krenin kablo sarma tamburu gergi kirişinin üzerinde bulunmaktadır.

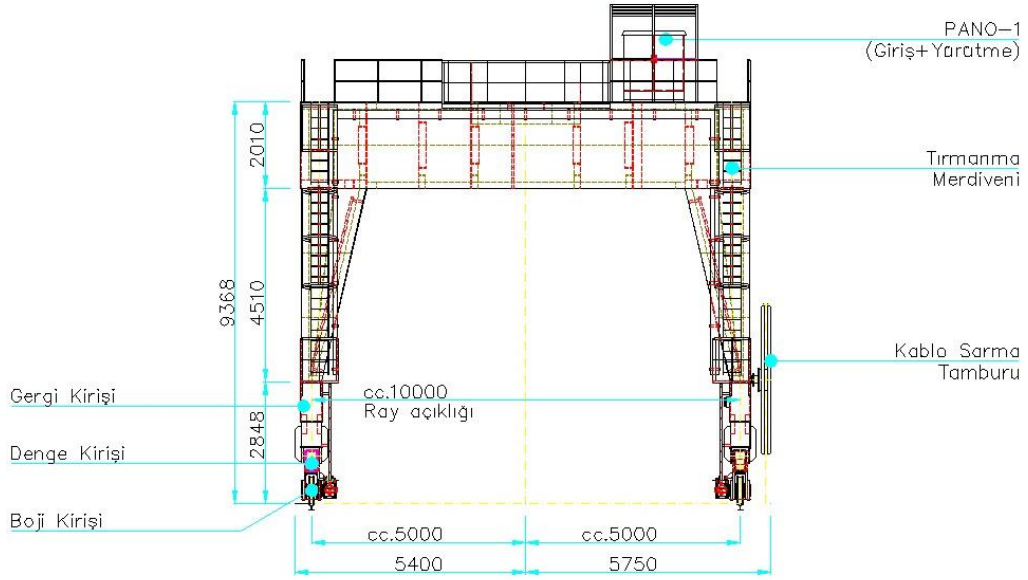
2.3 Portal Bacaklar

Portal üst kirişi ile gergi kirişini birbirine bağlayan çelik konstrüksiyon kutudur. Üzerinde portal üst kirişinin üzerine ulaşmayı sağlayan merdivenler bulunmaktadır. Bacaklardan birinin merdiven olmayan yüzünde kablo sarma tamburunun karşı ağırlık sistemi bulunmaktadır.

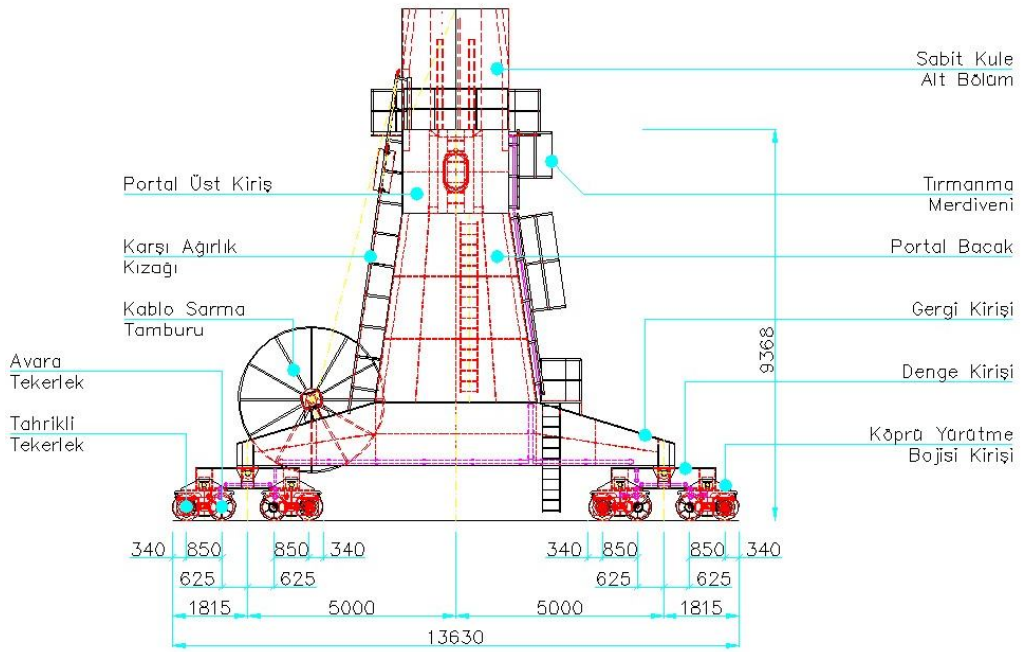
2.4 Portal Üst Kirişi

Portal bacaklar ile sabit kule alt bölümünü birbirine bağlayan çelik konstrüksiyon kutudur.

Üzerinde elektrik ana beslemesinin giriş yaptığı ve yürüyüşlerin kumandalarının bulunduğu ana elektrik panosu bulunmaktadır. Kiriş üstü sabit kule montajını kolaylaştırmak amacıyla platformlar olarak düzenlenmiştir.



Şekil 2.3: JIB Kren Portal Kısım Önden Bakış



Şekil 2.4: JIB Kren Portal Kısım Yandan Görünüş

2.5 Sabit Kule

Portal üst kirişi üzerine montajlı dairesel kesitli çelik konstrüksiyon yapıdır. İki kısımdan oluşur. Sabit kule alt bölümü portal üst kiriş ile dönüş platformu arasındadır. Alt kısmı dairesel kesitten dörtgen kesite geçerek üst kirişe bağlanmaktadır. Sabit kule üst bölümü ise dönüş ringini de içermektedir. İçinde

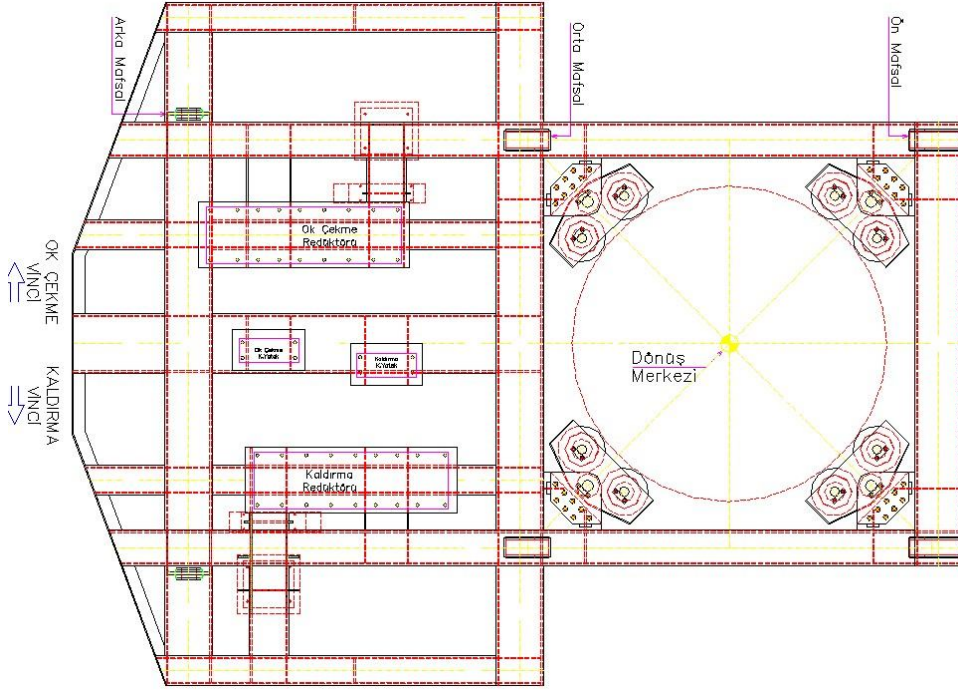
portal üst kirişinden dönüş platformuna ulaşmayı sağlayan merdivenler bulunmaktadır. Sabit kulenin üstünde dönüş yatağı ve bakım platformu bulunmaktadır. Dönüş yatağı içerisinde döner kısma iletilecek kablolar geçmektedir. Tüm sistemin yükü bu dönüş yatağı ile iletilir. Taşıyıcı gövdeye yani sabit kuleye yük aktarımı bu rulman vasıtasıyla olmaktadır.

Dönüş ringi ise üzerinde 79 adet perno ile dönüş sisteminin dişlisini teşekkül etmenin yanı sıra yine üzerinde torna edilmiş ray konstrüksiyonu ile dönüş tekerleklerinin merkezleme yapacağı hassas yüzeyi oluşturur. Krenin en hassas imal edilmesi gereken bölümüdür ve büyük çaplı talaş kaldırma işlemi yapabilen bohrwerk tezgâhlarında imal edilir.

2.6 Dönüş Platformu

Üzerinde makine dairesi, kumanda kabini, elektrik panosu, kaldırma vinci, ok çekme vinci, dönüş tahrik sistemi, dönüş bojileri ve boom karşı ağırlığı bulunmaktadır. Ayrıca üzerinde döner kuleye mafsallı yapı ile bağlıdır. Ön tarafında boom mafsallı bulunmaktadır.

Dönüş platformuna mafsallı olarak bağlı düzenlenmiş ve her birinde iki adet Ø400mm tekerlek bulunan dönüş bojileri ise dönüş platformu, döner kule ve Boom'dan oluşan dönüş hareketi yapan kısmın sabit kule üst kısmında bulunan rulmanlı yatak üzerinden dönüşü esnasında sabit kule üzerinde bulunan ring vasıtası ile merkezlemeyi sağlamaktadır.



Şekil 2.5: Dönüş Platformu Üstten Görünüş



Şekil 2.6: Dönüş Bojisi ve Ø400mm Tekerlekler

2.7 Döner Kule

Sabit kule ile dönüş platformunu mafsallı olarak bağlayan çelik konstrüksiyondur. Ön, orta ve arka mafsallar Şekil 12’de dönüş platformu planı üzerinde verilmiştir. Üzerinde kaldırma ve ok çekme sistemine ait saptırma makaraları ve bu makaralara bakım yapmak için düzenlenmiş bakım platformu bulunmaktadır. Kanca aşırı yük limit sistemi burada bulunan halat kamasına bağlı pernodan sağlanmaktadır.

2.8 Boom

Dönüş platformuna bakım gerektirmeyen özel bir rulman ile yataklanmış olarak perno vasıtasıyla masallı bağlıdır.



Şekil 2.7: Boom Mafsalı Üstten Bakış



Şekil 2.8: Boom Mafsalı Altan Bakış

Boom'un uzunluğunun fazla olmasından dolayı rüzgar tesirlerinden etkilenmemek için kafes konstrüksiyon olarak dizayn ve imal edilmiştir. Kafes konstrüksiyonun boyuna ana elemanları $\varnothing 168,3\text{mm}$ borulardan meydana gelip, diğer elemanlar $\varnothing 60,3\text{mm}$ borulardan oluşmaktadır. Boom'un ağırlığını arttırmamak içinden merdiven düzenlenmemiştir. Zira Boom uç makaraların yağlanma işleri ve bakımı tersanede imal edilen geminin üzerinden yapılabilmektedir. Ayrıca boom'un

uzunluğu sayesinde vinç boom'unu minimum radius'a kaldırırdığında üzerinde çalışan ve giriş üstü 68m olan 2x200 ton portal kren'e servis vinci görevi yapmaktadır.



Şekil 2.9: Boom

Boom uç bloğu, boomun uç kısmında bulunan boom'u kaldırıp indirmeye ve kanca bloğu ile yükü hareket ettirmeyi sağlayan 6 tane makara bloğunu üzerinde taşıyan çelik konstrüksiyon kutudur.

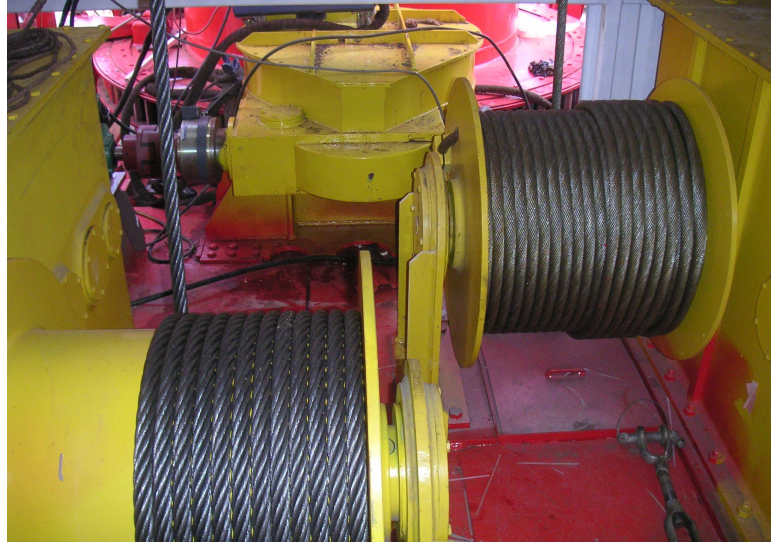


Şekil 2.10: Boom uçtan bakış

2.9 Ok Çekme ve Kaldırma ve Dönüş Vinçleri

Makine dairesi içerisinde, dönüş platformu üzerinde bulunmaktadırlar. Her biri motor, redüktör ve tambur üçlüsünden meydana gelmektedir. Ok çekme vincinde Ø539mm çaplı tambur ve Ø28mm halat çift sıra halinde kullanılmakta iken,

Kaldırma vincinde Ø466mm çaplı tambur ve Ø28mm halat dört sıra halinde kullanılmaktadır. Her iki vinçte de kullanılan motor gücü 37Kw'tır.

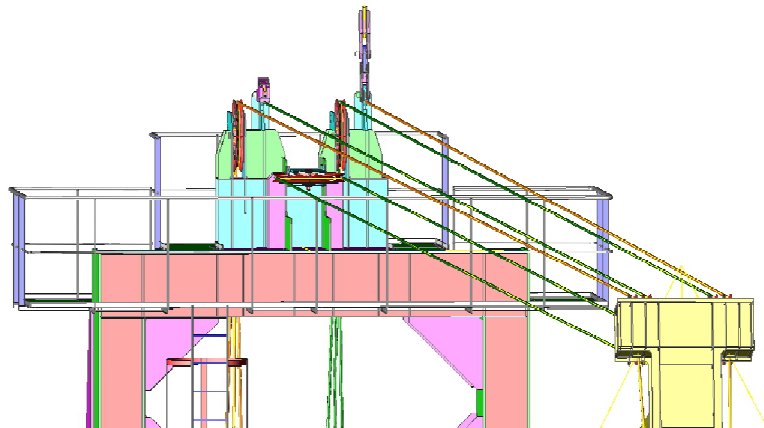


Şekil 2.11: Ok Çekme Vinci, Kaldırma Vinci ve Dönüş Grubu

Dönüş vinci, dönüş motoru, dönüş redüktörü ve dönüş freninden meydana gelmektedir. Fener pinyon dişli vasıtasıyla dönüş ringi üzerindeki pernolarla çalışarak krenin dönmesini sağlar.

2.10 Makaralar ve Halatlar

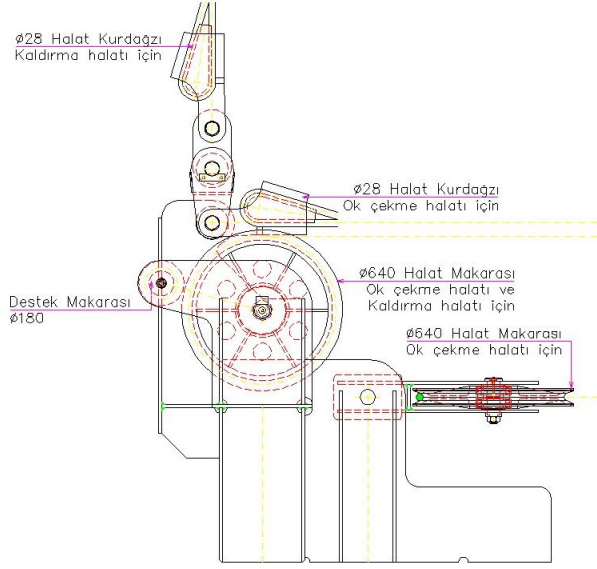
JIB kren üzerinde 6 tanesi boom uç bloğunda, 3 tanesi saptırma bloğunda ve 1 tanesi de kanca bloğu üzerinde olmak üzere toplam 10 adet Ø640mm'lik makara kullanılmaktadır.



Şekil 2.12: Halat Donanımı

Şekil 2.12'de görüldüğü gibi saptırma bloğunda bulunan soldaki makara üzerindeki halat dönüş platformu üzerindeki kaldırma vincindeki tambura sarılarak kancanın

taşıdığı yükü kaldırıp indirmek için hareket eder, kancadan dönüş yaparak saptırma bloğunun en sağında bulunan kurdağzına sabitlenir. Saptırma bloğunun sağında bulunan makara üzerindeki halat dönüş platformu üzerindeki ok çekme vincindeki tambura sarılarak boom'un minimum $20,41^\circ$ (50m Radius) maksimum ise $80,16^\circ$ (12,5m Radius) açı arasında hareket etmesini sağlar.



Kaldırma halatı Ø28mm çapında 6x36 Kendir Özlü çelik halattır ve 180kgf/mm^2 minimum kopma mukavemetine sahiptir.

Ok kaldırma halatı ise Ø28mm çapında 35x7 Nuflex (dönmez tip) çelik halattır ve 180kgf/mm^2 minimum kopma mukavemetine sahiptir.

Şekil 2.13: Saptırma Bloğu Yandan Görünüşü

Kaldırma halatının nihayetinde bulunan kurdağzı detayı özel bir adaptör vasıtası ile saptırma bloğundaki support saçına bağlanacak şekilde dizayn ve imal edilmiştir. Bu özel aparat aşırı yük sisteminin yük ölçen kısmının (load pin) sisteme montajını temin etmek için kullanılmıştır. Bu adaptör ile bağlanmış kurdağzı detayı Şekil 20'de dik olarak gösterilmek suretiyle ok çekme nihayetinde bulunan kurdağzından olan farkı vurgulanmak istenmektedir.

2.11 Kanca Traversi

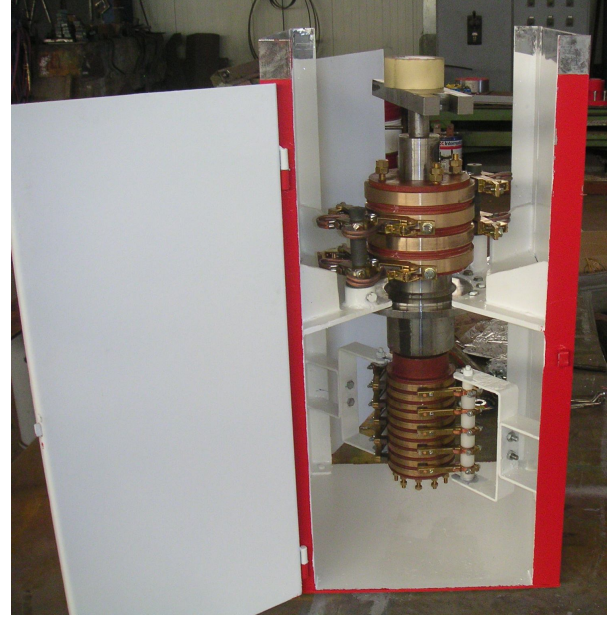


Şekil 2.14: Kanca Traversi

Taşıyıcı kısmı çelik konstrüksiyon olan traverste çelik döküm Ø640 halat makarası ve 20 tonluk kanca vardır.

2.12 Elektrik Besleme ve Kumanda

Besleme 400V - 50Hz olarak karşı ağırlık bir kablo sarma tamburu ile sarılan fleksibıl bir kablo ile sağlanmaktadır. Sabit kuleden, döner kuleye besleme bir akım kolektörü vasıtası ile yapılmaktadır. Kolektör gurubu döner kule üzerinde ve iç kısımda dönüş yatağının hemen altında düzenlenmiştir. Yürüyüş grubu panosu portal kısımda monte edilmiştir. Kumanda 220V / 24V izolasyon trafolu magnetik kontaktörler üzerinden olmaktadır.



Şekil 2.15: Kolektör Gurubu

Kablo sarma tamburu kren ray boyunca hareketi esnasında ana besleme kablosunu düzgün bir şekilde sarmak veya boşaltarak yürüme yolu yanında düzenlenmiş olan kablo kanalına serilmesini temin etmek üzere geliştirilmiştir. Halatlar vasıtasıyla karşı ağırlık ile kablonun düzgün sarılması ve serilmesi temin edilir.



Şekil 2.16: Kablo Sarma Tamburu

2.13 Operatör Kabini

Krenin tüm kumandasının yapıldığı yerdir ve dönüş platformu üzerinde konumlandırılmıştır.



Şekil 2.17: Kumanda Kabininden Boom'un Görünüşü

3. JIB KREN TEKNİK ÖZELLİKLER

Tablo 3.1 : Teknik Özellikler

Maksimum Radius	50.000	mm	
Minimum Radius	12.500	mm	
Maksimum Kaldırma Kapasitesi	20.000	daN	(12,5m/20m Radius)
	5.000	daN	(50m Radius)
Kaldırma Hızı	0÷9	m/dk	(Yükte)
	0÷15	m/dk	(Boşta)
Kaldırma Motoru	37	kW	4 Kutup %40 ED
Ok Çekme Hızı	0÷150	sn	(Yükte)
	0÷100	sn	(Boşta)
Ok Çekme Motoru	37	kW	4 Kutup %40 ED
Dönüş Hızı	0÷0,65÷1	dev/dk	
Dönüş Motoru	11	kW	4 Kutup %40 ED
Yürüme Hızı	0÷25	m/dk	(Yükte)
	0÷40	m/dk	(Rüzgarsız, Boşta)
Yürütme Motorları	8x4	kW	4 Kutup %40 ED
Mak. Kaldırma Yüksekliği	71	m	
Kren Ray Açıklığı	10.000	mm	
Ray Cinsi	S 49		
Kren Yürüme Yolu Boyu	300	m	
Besleme	400V-50Hz	Kablo Sarma Tamburu ile	
Kumanda Gerilimi	220V/24V	İzolasyon trafosu ile	
Kumanda Şekli	Joy-stick	Operatör Kabininden	
Çalışma Ortamı	Açık		

3.1 FEM'e Göre Gruplandırma

3.1.1 Taşıyıcı Konstrüksiyon

Tablo 3.2: Taşıyıcı Konstrüksiyona Göre Sınıflandırma

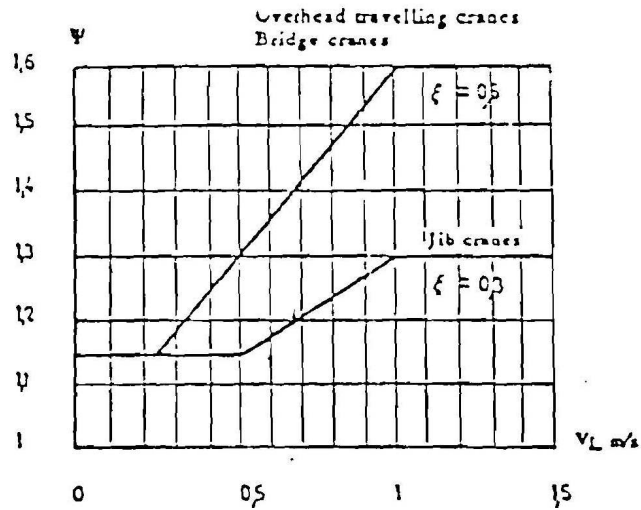
Yükleme tekrarı	U3
Yükleme durumu	Q3
Grup	A4
Malzeme	St 37-St 42 (Grade A)

3.1.2 Tahrik Sistemleri

Tablo 3.3: Tahrik Sisteme Göre Sınıflandırma

Kaldırma Grubu	M5
Ok Çekme Grubu	M5
Dönüş Grubu	M5
Yürüyüş Grubu	M5

3.2 F.E.M 1001 3. Baskı 1987.10.01'den Hesaplama için Alınan Değerler

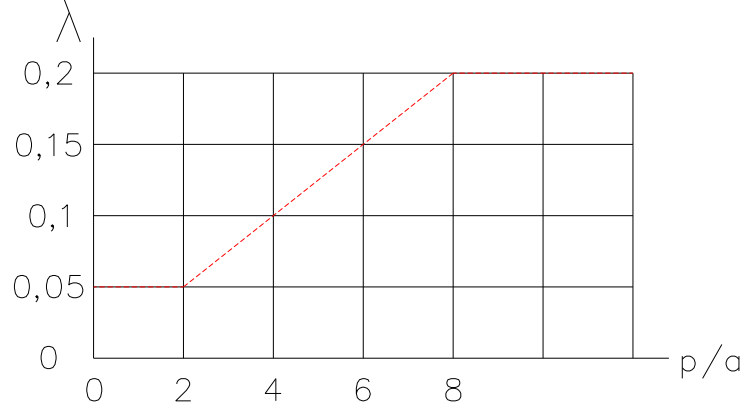


Şekil 3.1: (Şekil 2.2.2.1.1 FEM'e göre)

a) Şekil 3.1'den $\psi = 1,15$ (titreşim katsayısı) alınmıştır.

b) Bölüm 2.2.3.1.1'den bütün hareketler frekans inverteri kontrollü olduğu için yatay yükleri düşey yüklerin 1/30'u kadar alıyoruz.

c) Bölüm 2.2.3.3'den $p/a = 10/12,95 = 0,77$ olduğu için $\lambda = 0,05$



Şekil 3.2: (Bölüm 2.2.3.3. FEM'e göre)

d) Tablo 2.2.4.1.2.1. 'den işletme rüzgarı basıncı: $q = 250 N / m^2 \cong 25 kg / m^2$

İşletme rüzgarı hızı: $V_s = 20 m / sn = 72 km / h$

e) Tablo 2.2.4.1.2.2. 'den işletme dışı rüzgar basıncı ve hızları:

Tablo 3.4: İşletme dışı rüzgar basıncı ve hızları

Yerden Yükseklik (metre)	Basıncı		Hız	
	N / m^2	kg / m^2	m / sn	km / h
0-20	800	80	36	130
20-100	1.100	110	42	150
+100	1.300	130	46	170

f) FEM'e göre Tablo 2.3.4. 'den ömür faktörü: $\gamma_c = 1,08$

Tablo 3.5: Ömür Faktörü

Grup	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
γ_c	1,00	1,02	1,05	1,08	1,11	1,14	1,17	1,20

g) Tablo 3.2.1.1. 'e göre A.37-A.42-A.52 çeliklerinin σ_E ve σ_a değerleri:

Tablo 3.6: A.37-A.42-A.52 çeliklerinin σ_E ve σ_a değerleri

Çelikler	Elastiklik Limiti σ_E (N/mm^2)	Mak. Gerilme değerleri: σ_a		
		1. Durum	2. Durum	3. Durum
		N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2
E.24 (A.37, Fe 360)	240	160	180	215
E.26 (A.42)	260	175	195	240
E.36 (A.52, Fe 510)	360	240	270	325

$$\tau_a = \frac{\sigma_a}{\sqrt{3}}, \quad \sigma_{cp} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_a \quad (3.1)$$

h) A-3.3. 'e göre (DIN 4114 'e de Uygun.)

Basınç ve eğilmeye maruz çubukları:

$$\sigma = \frac{F}{S} + \frac{M \cdot f \cdot v}{I} \leq \sigma_a \quad (\text{Yüklerde } \psi \text{ ve } \gamma_C \text{ var.}) \quad (3.2)$$

$$\sigma = \frac{w \cdot F}{S} + 0,9 \cdot \frac{M \cdot f \cdot v}{I} \leq \sigma_a \quad (\text{Yüklerde } \psi \text{ var, } \gamma_C \text{ yok.}) \quad (3.3)$$

şeklinde kontrol edilecektir.

i) Tablo 4.2.2.1.2. 'den M5 için $Z_p = 4,5$ seçildi. (Z_p : Güvenlik faktörü)

Tablo 3.7: Tablo 4.2.2.1.2. FEM'e göre Z_p değerinin seçilmesi

Mekanizma Grubu	En Küçük Z_p Değeri	
	Hareketli Halatlar	Sabit Halatlar
M 1	3,15	2,5
M 2	3,35	2,5
M 3	3,55	3
M 4	4	3,5
M 5	4,5	4
M6	5,6	4,5
M7	7,1	5
M8	9	5

j) Tablo 4.2.3.1.1. ‘den M5 için:

$$H_{tambur} = 18, \quad H_{makara} = 20, \quad H_{d.makarası} = 14 \text{ seçilmiştir.}$$

H Değerinin seçilmesiyle ilgili tablo aşağıda verilmiştir.

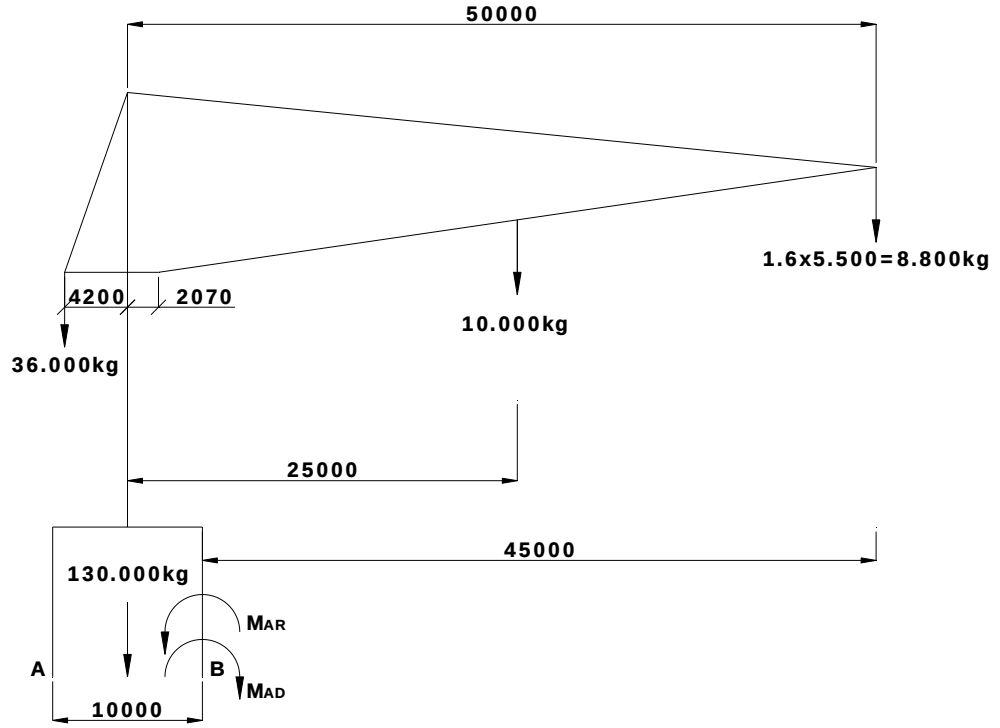
Tablo 3.8: (Tablo 4.2.3.1.1. FEM’e göre H değerinin seçilmesi)

Mekanizma Grubu	Tambur	Makara	Dengeleme Makarası
M 1	11,2	12,5	11,2
M 2	12,5	14	12,5
M 3	14	16	12,5
M 4	16	18	14
M 5	18	20	14
M 6	20	22,4	16
M 7	22,4	25	16
M 8	25	28	16

k) Bölüm 4.2.3.2. ‘den yiv dibi: $r = 0,53d$ seçilmiştir.

4. JIB KREN HESAPLARI

4.1 Statik Denge Kontrolü (Avan)



Şekil 4.1: Statik Denge Kontrolü

Ok Ağırlığı: 10.000kg

Yük+Kanca Ağırlığı: 5.000+500=5.500kg

Statik Kontrol Faktörü: 1,6

Devirme Momenti:

$$M_{AD} = 45 \times 8.800 + 20 \times 10.000 = 596.000 \text{kgm} \quad (4.1)$$

Dengeleme Momenti:

$$M_{AR} = -(9,2 \times 36.000 + 5 \times 130.000) = -981.200 \text{kgm} \quad (4.2)$$

$$M_{AR} > M_{AD}$$

Sistem dengededir.

Gerçek denge emniyeti katsayısı:

$$M'_{AD} = 45 \times 5.500 + 20 \times 10.000 = 447.500 \text{kgm} \quad (4.3)$$

$$\frac{M_{AR}}{M'_{AD}} = \frac{981.200}{447.500} = 2,19 \quad (4.4)$$

NOT:

$$R=20\text{m} \quad (Q = 20.000 + 500 = 20.500 \text{kg} \quad \text{iken} \quad M''_{AD} = 552.350 \text{kgm})$$

4.2 Vento Halatı Kontrolü

(R=20m, Q=20.000kg durumunda) (Grup M5)

$$S_1 = \gamma_C \times \psi \times (Q + G_{Kanca}) = 1,08 \times 1,15 \times (20.000 + 500) = 25.461 \text{kg} \quad (4.5)$$

$$Ok = 1,08 \times 10.000 = 10.800 \text{kg} \quad (4.6)$$

$$M = 17,80 \times 25.461 + 7,70 \times 10.800 = 536.366 \text{kgm} \quad (4.7)$$

$$S = \frac{M}{R} = \frac{536.366}{9,2} = 58.301 \text{kg} \quad (4.8)$$

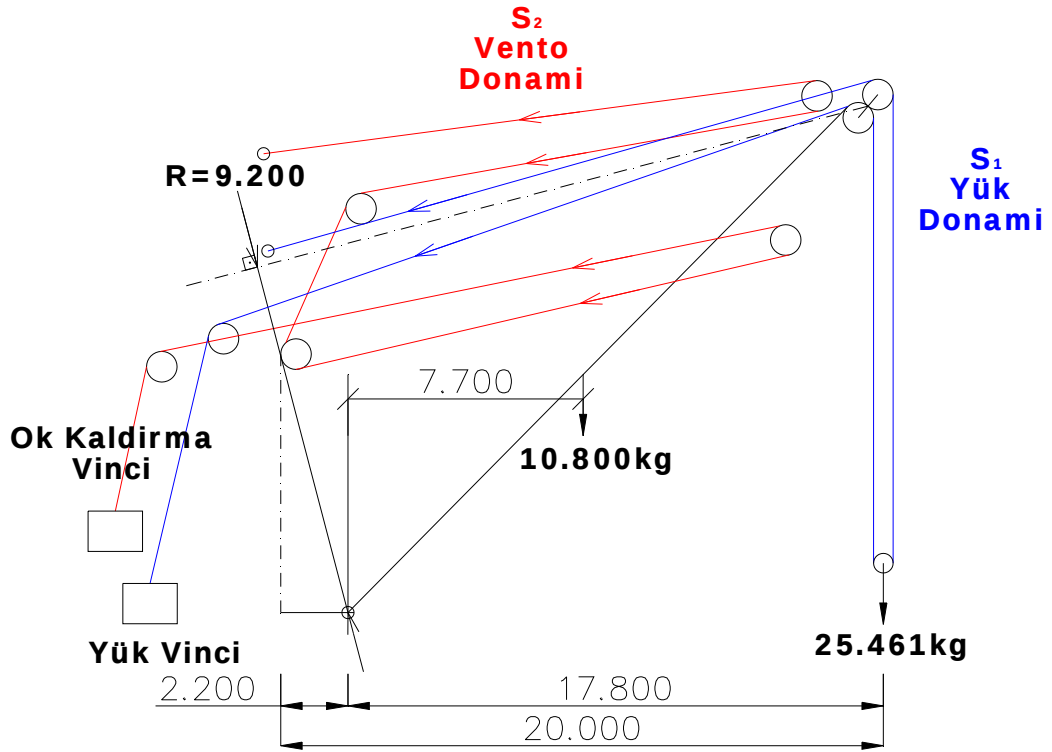
$$S = S_1 + S_2 \quad S_2 = 58.301 - 25.461 = 32.840 \text{kg} \quad (4.9)$$

$$T = \frac{S_2}{4} = 8.210 \text{kg} \quad (\text{Grup M5}) \quad (4.10)$$

$$Z_p = 4,5 \quad T \times Z_p = 36.945 \text{kg} \quad (4.11)$$

Seçilen Halat Tipi: Ø28, 6x36, 180 kg/mm² Kendir özlü 46.600kg

$$H_{Mkr} = 20 \quad D_{Mkr} = 20 \times 28 = 560 \text{mm} \rightarrow \phi 640 \text{ Makara UYGUNDUR.} \quad (4.12)$$



Şekil 4.2: Halat donanı

DİKKAT: Vento halatına sehim yaptırmaması için vento bloğu kullanmıyoruz. Makaralar okun başına yerleştirilmiştir.

4.3 Kaldırma Halatı Kontrolü (Grup M5)

$$Q = 20.500kg \quad T = \frac{Q}{2} = 10.250kg \quad Z_p = 4,5 \rightarrow T \times Z_p = 46.125kg \quad (4.13)$$

(17x7 veya 18x7 Dönmez Tip Halat)

Ø28 ; $180 kg/mm^2$, Kendir Özlü Halat $46.600 kg/mm^2$ Uygundur.

$D_{MKR} = 20 \times 28 = 560mm$ ise Ø640 Makara Uygundur.

4.4 Vento Motor Gücü Kontrolü (Avan)

Vento Halatı Boyu: 49.700mm'den 37.700mm'ye kısalıyor. Tambura 150 sn'de sarmamız gereken halat boyu:

$$L = 4 \times (49,7 - 37,7) = 48m$$

$$V = \frac{48}{\frac{150}{60}} = 19,2 \text{ m/dk} \quad T = 8.210 \text{ kg} \quad N_{MOTOR} = 50 \text{ HP} = 37 \text{ kW} \quad (4.14)$$

$$N_N = \frac{8.210 \times 19,2}{4.500 \times 0,92} = 38 \text{ HP} < 50 \text{ HP} = 37 \text{ kW} \quad \text{Motor Uygunur.} \quad (4.15)$$

4.5 Kaldırma Motor Gücü Kontrolü (Avan)

$$Q = 20.500 \text{ kg} \quad V_{KAL} = 9 \text{ m/dk} \quad T = 10.250 \text{ kg} \quad V_{tel} = 18 \text{ m/dk}$$

$\eta = (0,985)^3 \times 0,98 = 0,936$ (Üç kademeli redüktör verimi ile 2'li palanga veriminin çarpımıdır.)

$$N_N = \frac{10.250 \times 18}{4.500 \times 0,92} = 44,6 \text{ HP} < 50 \text{ HP} = 37 \text{ kW} \quad \text{Motor Uygunur.} \quad (4.16)$$

4.6 Kren Yürütme Hesabı (Avan)

$$G + Q = 176.000 + 20.500 = 196.500 \text{ kg} \rightarrow m = \frac{196.500}{9,81} = 20,031 \text{ kpsn}^2 / \text{m} \quad (4.17)$$

$$V = 20 \text{ m/dk} = 0,33 \text{ m/sn} \quad t_b = 4 \text{ sn} \quad b = 0,08 \text{ m/sn}^2$$

Tekerlek: D=630mm, R=31,5cm

$$w_R = 4 \text{ kg/ton} \rightarrow W_R = 196,5 \times 4 = 786 \text{ kg} \quad (4.18)$$

$$n_{TKR} = \frac{20}{0,63 \times \pi} = 10,1 \text{ dev/dk} \quad (4.19)$$

$$n_{MOT} = 1.440 \text{ dev/dk}$$

$$F_{RÜZGAR} = 6.250 \text{ kg}$$

4.6.1 Yürütme Direnci Momenti

$$M_1 = W_R \cdot R \cdot \frac{n_{TKR}}{n_{MOT}} = 786 \times 31,5 \times \frac{10,1}{1440} = 174 \text{ kpcm} \quad (4.20)$$

4.6.2 Doğrusal Hareketin İvme Momenti

$$M_2 = m.b.R. \frac{n_{TKR}}{n_{MOT}} = 20,031 \times 0,08 \times 31,5 \times \frac{10,1}{1440} = 354 kpcm \quad (4.21)$$

4.6.3 Dönen Kitlelerin İvme Momenti

$$M_3 = 0,2 \times (M_1 + M_2) = 0,2 \times (174 + 354) = 106 kpcm \quad (4.22)$$

4.6.4 Rüzgar Direnci Momenti

$$M_4 = F_{RÜZ} . R. \frac{n_{TKR}}{n_{MOT}} = 6.250 \times 31,5 \times \frac{10,1}{1440} = 1.381 kpcm \quad (4.23)$$

$$M_K = 174 + 354 + 106 + 1.381 = 2.015 kpcm \quad (4.24)$$

$$N_K = \frac{M_K . n_{MOT}}{97.450 \times \eta} = \frac{2.015 \times 1.440}{97.450 \times 0,95} = 31,3 kW \quad (4.25)$$

$$\frac{M_K / M_N}{1,5} = 20,86 kW \quad (4.26)$$

$$8 \text{ Motor bulunduğu için motor başına: } \frac{20,86 kW}{8} = 2,6 kW / motor \quad (4.27)$$

$$\text{Rüzgarda Yürüme: } N_N = \frac{(174 + 1.381) \times 1.440}{97.450 \times 0,95} = 24 kW \quad (4.28)$$

$$8 \text{ Motor bulunduğu için motor başına: } \frac{24 kW}{8} = 3 kW / motor \quad (4.29)$$

(4kW Motor seçilebilir.)

Yeni yürüme hızı $n_s = 13 dev/dk$ 'ya göre belirlenmiştir.

(Ot 2603 $n_s = 13 dev/dk$ $K_p = 1,58$ Frenli Microswitch'li 8 Adet)

$$\text{Yeni yürüme hızı: } \frac{13}{10,1} \times 20 = 25,7 m/dk \quad (4.30)$$

Yük altında yürüme hızı: 25 m/dk

Boşta yürüme hızı: 40 m/dk

Hız artışı %25 olduğundan, motor gücü %33 büyük seçilmiştir.

$$M_N = 174 + 1.381 = 1.555 \text{ kpcm} \quad (4.31)$$

$$N_N = \frac{1.555 \times 1.440}{97.450 \times 0,95} = 24,18 \text{ kW} \quad (4.32)$$

$$8 \text{ Motor bulundu\u011fu i\u00e7in motor ba\u015fına: } \frac{24,18 \text{ kW}}{8} = 3,02 \text{ kW/motor} \quad (4.33)$$

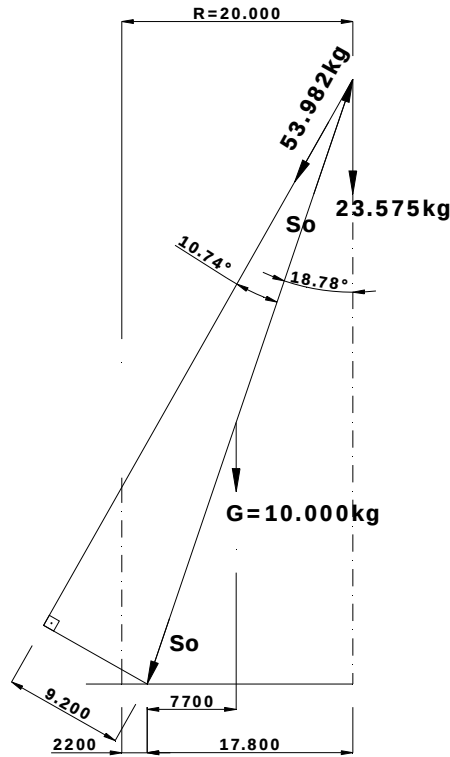
(4kW Motor se\u00e7ilebilir.)

$$\frac{4}{3,02} = 1,32, \quad 1,32 \times 20 = 26,5 \text{ m/dk} \text{ (Hıza kadar sorun yok.)} \quad (4.34)$$

4.7 Ok Kontrol\u00fc (R=20m, Q=20t)

DİKKAT: DIN 4114'e g\u00f6re kontrol yaptığımız i\u00e7in $\gamma_C = 1,08$ \u00f6m\u00fcr fakt\u00f6r\u00fc dikkate alınmadan ve $\Sigma\sigma = w \times \sigma_{BASINÇ} + 0,9 \times \sigma_{EĞİLME}$ şeklinde kontrol yapacağız.

4.7.1 Vento Donanımı+Y\u00fcck+Kanca+Oktan Gelen Tesirler



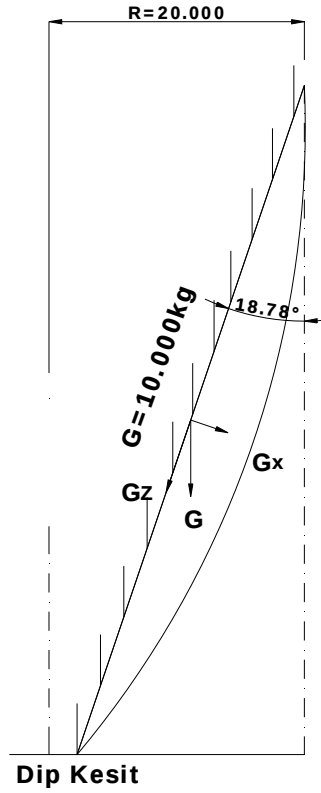
Şekil 4.3: Ok 20m Radius'ta iken etki eden yükler

$$M = 17,8 \times 23.575 + 7,7 \times 10.000 = 496.635 \text{ kgm} \quad (4.35)$$

$$S = \frac{M}{9,2} = 53.982kg \quad (4.36)$$

$$S_o = -(23.575 \times \cos 18,78^\circ + 53.982 \times \cos 10,74^\circ) = -75.356kg \quad (4.37)$$

4.7.2 Okun Kendi Ağırlığının Tesiri



Şekil 4.4: Ok'un kendi ağırlığı

$$G_x = G \times \sin 18,78^\circ = 3.219kg \quad (4.38)$$

$$G_z = -G \times \cos 18,78^\circ = -9.468kg \quad (4.39)$$

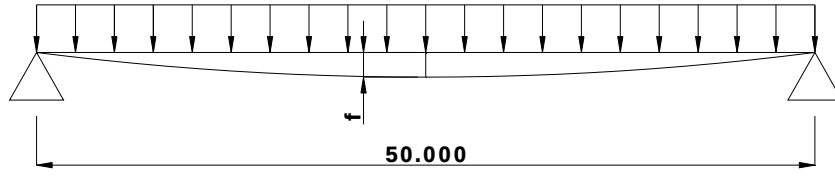
$$M_x = \frac{G_x \times 50}{8} = \frac{3.219 \times 50}{8} = 20.119kgm \quad (4.40)$$

$$\text{Sehim: } f' = 127 \times \frac{3.219}{10.000} = 40,88 \cong 41mm \quad (4.41)$$

$$\text{Orta kesit için değer: } S_o + \frac{G_z}{2} = -\left(75.356 + \frac{9.468}{2}\right) = -80.090kg \quad (4.42)$$

$$\text{Dip kesit için değer: } S_o + G_z = -(75.356 + 9.468) = -84.824kg \quad (4.43)$$

4.7.3 Ok Yatay Durumda İken Sehim Kontrolü



Şekil 4.5: Sehim

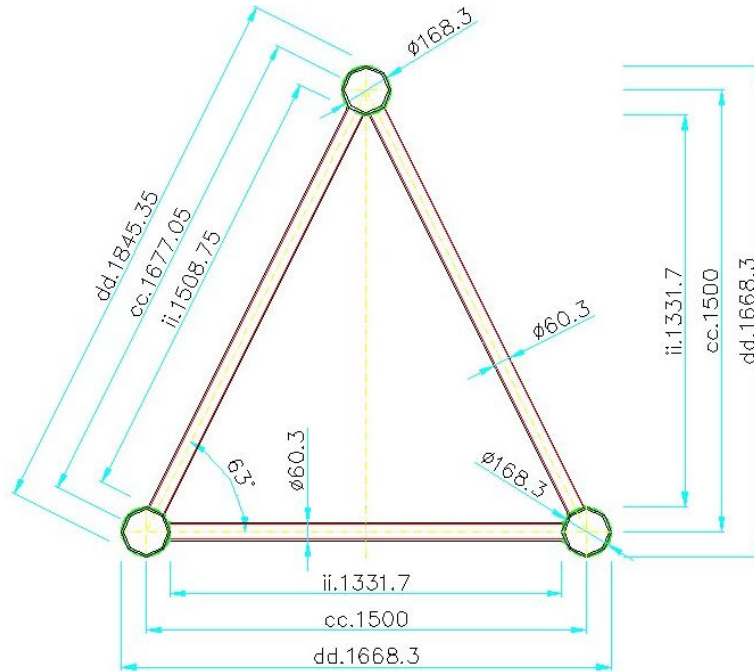
$$J_x = 608.391 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{10.000 \times 5.000^3}{2,1 \times 10^6 \times 608.391} = 12,7 \text{ cm} \quad (4.44)$$

$$\frac{50.000}{127} = 394 < 800 \quad (\text{Uygundur.}) \quad (4.45)$$

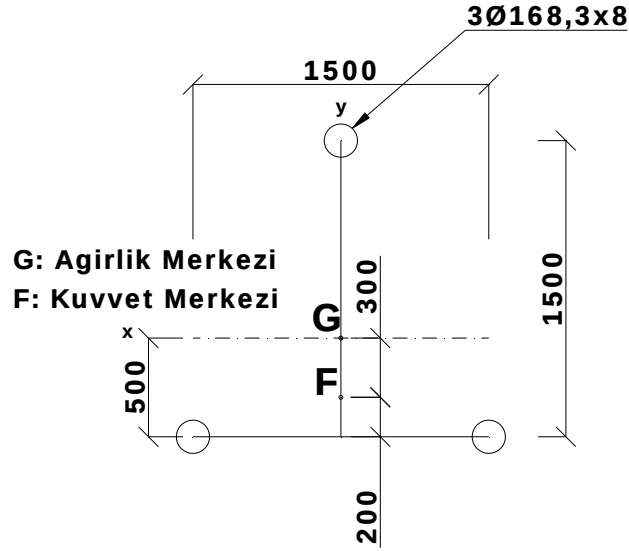
$$M_{OK} = \frac{10.000 \times 50}{8} = 62.500 \text{ kgm} \quad (4.46)$$

Ok yatay durumda kontrol edilirken eksantriklik momentini dikkate almak gerekir.



Şekil 4.6: Ok Kesit

4.7.4 Ok Kesit Kontrolü



Şekil 4.7: Orta Kesit Kontrolü

$$J_x = 608.391 \text{ cm}^4, \quad i_x = 70,9 \text{ cm}, \quad F = 3 \times 40,3 = 121 \text{ cm}^2$$

$$J_y = 457.266 \text{ cm}^4, \quad i_y = 61,5 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{5.000}{61,5} = 82 \text{ (St 52) malzeme için, } w_{sis} = 1,83, \quad i_{BORU} = 5,67 \text{ cm},$$

$$w_{BORU} = 1,08, \quad l_{kr} = 200 \text{ cm}$$

$$\text{Eksantriklik Momenti: } M_F = (0,3 - 0,041) \times 80.080 = 20.743 \text{ kgm} \quad (4.47)$$

$$(f = 0,041)$$

Orta Kesit Kontrolü:

$$S_O \text{ Tesiri: } \sigma_1 = -\frac{80.090}{121} = -662 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.48)$$

$$S_O \text{ Tesiri: } \sigma_1 = -\frac{80.090}{121} = -662 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.48)$$

$$S_O \text{ Eksantrik Tesiri: } \sigma_{2\text{üst}} = \frac{20.743}{1,5 \times 40,3} = 343 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.49)$$

$$\sigma_{2\text{Alt}} = -\frac{27.311}{1,5 \times 80,6} = -172 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.50)$$

$$\text{Zati Ağırlıktan Basınç: } \sigma_3 = -\frac{4.734}{121} = -39 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.51)$$

$$\text{Zati Ağırlıktan Eğilme: } \sigma_{4\dot{U}st} = -\frac{20.119}{1,5 \times 40,3} = -333 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.52)$$

$$\sigma_{4Alt} = \frac{20.119}{1,5 \times 80,6} = 167 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.53)$$

σ_3 değeri σ_1 'de göz önüne alındığı için hesapta kullanılmayacaktır.

$$\Sigma \sigma_{\dot{U}ST} = -1,83 \times 662 + 0,9 \times 343 - 0,9 \times 333 = -1.202 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.54)$$

$$\Sigma \sigma_{ALT} = -1,83 \times 662 - 0,9 \times 226 + 0,9 \times 167 = 1.264 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.55)$$

Alt başlığa orta kesitte rüzgar ve ataletten gelen tesir eklenip $<2700 \text{ kg/cm}^2$ (2. Hal) kontrolü yapılmalıdır.

St 44 malzemesi de kullanılabilir.

$$\Sigma \sigma_{\dot{U}ST} = -1,66 \times 662 + 0,9 \times 343 - 0,9 \times 333 = -1.368 \text{ kg/cm}^2 < 1.750 \quad (4.56)$$

$$\Sigma \sigma_{ALT} = -1,66 \times 662 - 0,9 \times 226 + 0,9 \times 167 = -1.152 \text{ kg/cm}^2 < 1.750 \quad (4.57)$$

Alt başlığa ataletten ve rüzgardan gelen tesirler eklenip $<1950 \text{ kg/cm}^2$ (2. Hal) kontrolü yapılmalıdır.

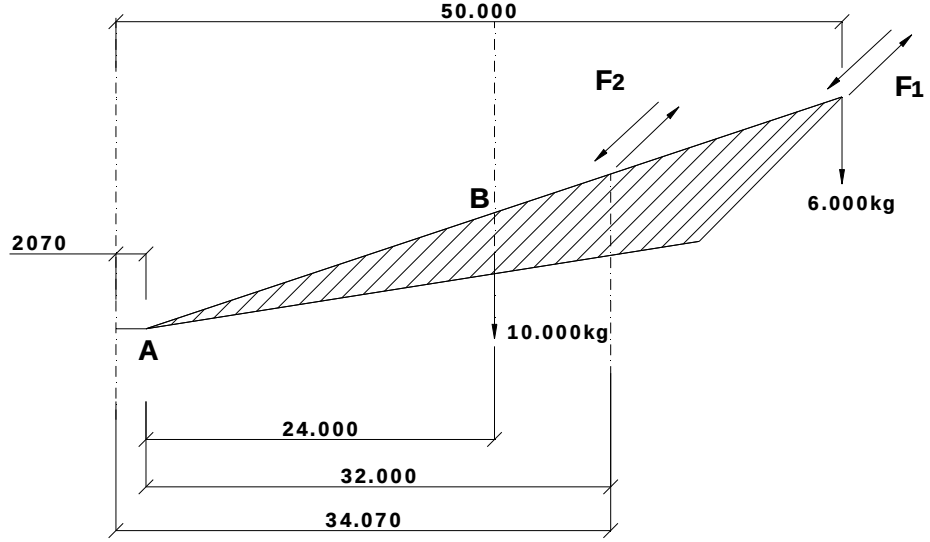
4.7.5 Ok Yatık Durumdayken Dönüş Kontrolü (İvmelenme veya Fren Tesirleri)

$$1 \text{ dev/dk ile dönerse } V = 2 \times 50 \times \pi = 314 \text{ m/dk olur.} \quad (4.58)$$

$V = 210 \text{ m/dk}$ 'yı geçmemek için ok'a limit koyup 1 dev/dk'da 210m/dk olan radiustan sonra hızı sınırlamak gerekir.

$$R_{MAX} = \frac{210}{\pi \times 2} = 33,4 \text{ m 'den sonra;} \quad (4.59)$$

$$n_{MAX} = \frac{210}{100 \times \pi} = 0,668 \text{ dev/dk olarak sınırlayacağız.} \quad (4.60)$$



Şekil 4.8: Ok Yatıkken Oluşan Kuvvetler

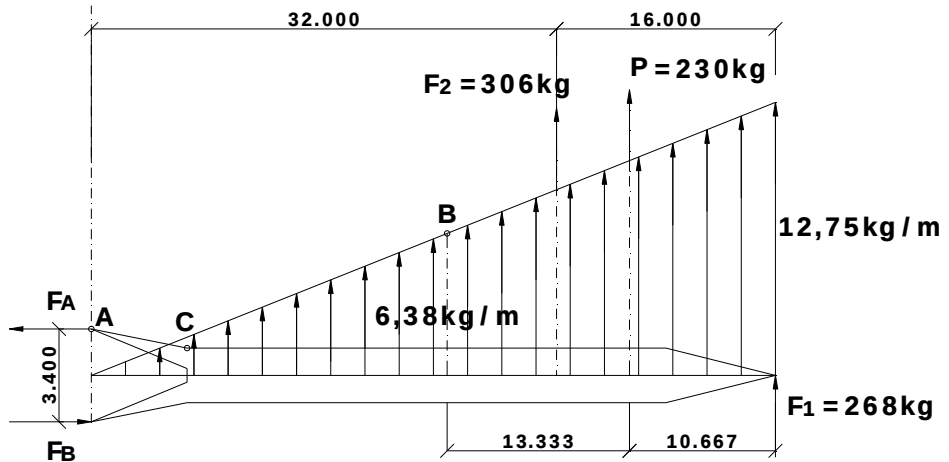
$t_b = 8sn$ alacağız.

$$V_1 = \frac{210}{60} = 3,5m / sn, \quad b_1 = \frac{3,5}{8} = 0,4375m / sn^2, \quad m_1 = \frac{6.000}{9,81} = 612kgm / sn^2 \quad (4.61)$$

$$V_2 = \frac{2 \times 34,07 \times \pi \times 0,668}{60} = 2,38m / sn \quad (4.62)$$

$$b_2 = \frac{2,38}{8} = 0,3m / sn^2 \quad (4.63)$$

$$m_2 = \frac{10.000}{9,81} = 1.019kgm / sn^2 \quad (4.64)$$



Şekil 4.9: Atalet Kuvvetlerinin Etkisi

$$\frac{48 \times a}{2} = 306 \rightarrow a = 12,75 \text{ kg} / m \quad (4.65)$$

$$e_x = \frac{h}{3} \cdot \frac{a+2b}{a+b} = \frac{24}{3} \times \frac{12,75+2 \times 6,38}{12,75+6,38} = 10,667 \quad (4.66)$$

$$P = \frac{(12,75+6,38) \times 24}{2} = 230 \text{ kg} \quad (4.67)$$

$$F_1 = \mp 612 \times 0,4375 = \mp 268 \text{ kg} \quad (4.68)$$

$$F_2 = \mp 1.019 \times 0,3 = \mp 306 \text{ kg} \quad (4.69)$$

$$M_{yA} = \mp 32 \times 306 = \mp 22.656 \text{ kgm} \quad (4.70)$$

$$M_{yB} = \mp 24 \times 268 \mp 13.333 \times 230 = \mp 9.499 \text{ kgm} \quad (4.71)$$

(Burkulma hesabında kullanılacaktır.)

$$F_A = \mp \frac{22.656}{3,4} = \mp 6.664 \text{ kg} \quad (4.72)$$

$$\sigma'_{üst, alt} = \mp \frac{22.656}{3,4 \times 2 \times 4,03} = \mp 83 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (4.73)$$

$$-83 \times 0,9 = -75 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (\text{Gerilmeler } \sigma_a \text{ 'yı aşmaz.}) \quad (4.74)$$

4.7.6 Dönüş Motoru Hesabı

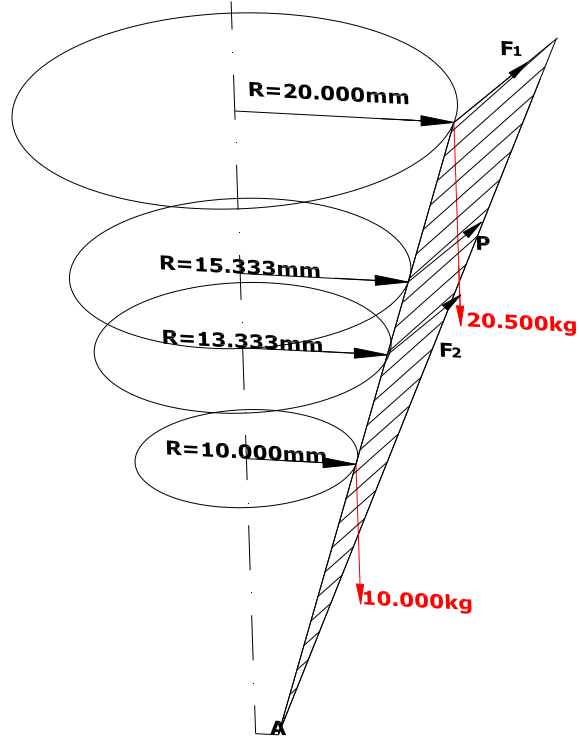
$M_{yA} = 22.656 \text{ kgm}$ (Bu değeri halat ve ok salınımları nedeniyle gerçekte düşer.)

$$0,668 \times 11 = 7,35 \text{ kW} \quad (\text{Gücü kullanabiliyoruz.}) \quad (4.75)$$

Dönüş eksenindeki moment:

$$M_{MOT+RED} = 716,2 \cdot \frac{N}{n} = 716,2 \times \frac{22,5}{0,668} = 24.124 \text{ kg} / m > M_{yA} \quad (4.76)$$

4.7.7 Ok 20m. Radius'da iken dönüş kontrolü



Şekil 4.10: Dönüş kontrolü

$$n_{DÖNÜŞ} = 1dev / dk, \quad t_b = 8sn$$

$$V_1 = \frac{40 \times \pi}{60} = 2,09m / sn, \quad b_1 = \frac{2,09}{8} = 0,261m / sn^2 \quad (4.77)$$

$$V_3 = \frac{2 \times 15,333 \times \pi}{60} = 1,6m / sn, \quad b_3 = \frac{1,6}{8} = 0,2m / sn^2 \quad (4.78)$$

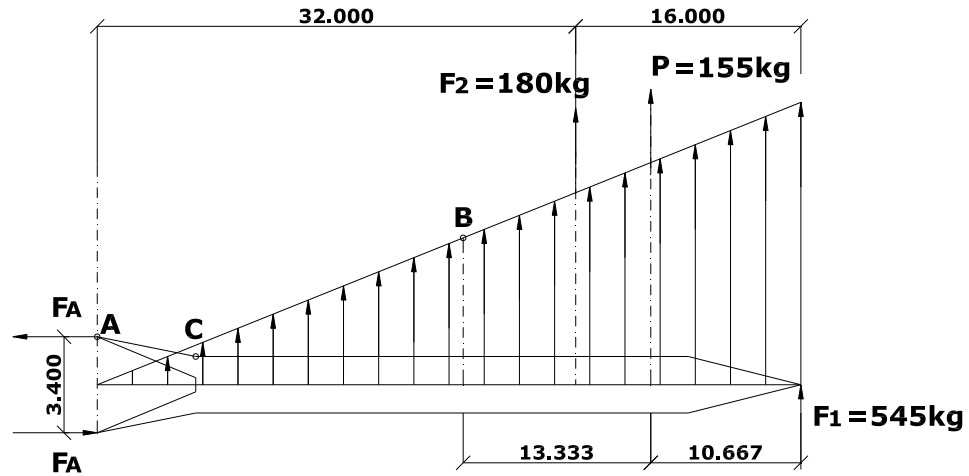
$$F_1 = \mp \frac{20.500}{9,81} \times 0,261 = \mp 545kg \quad (4.79)$$

$$P = \mp \frac{1,6}{2,38} \times 230 = \mp 155kg \quad (4.80)$$

(P'nin hızı ok yatık durumdayken 2,38m/sn iken ok 20m radius'da iken 1,6m/sn'dir.)

$$V_2 = \frac{2 \times 133 \times \pi}{60} = 1,4m / sn, \quad b_2 = \frac{1,4}{8} = 0,174m / sn^2 \quad (4.81)$$

$$F_2 = \frac{1,4}{2,38} \times 306 = 180kg \quad (4.82)$$



Şekil 4.11: Boom'a dönüş sırasında etkiyen kuvvetler

$$M_{yA} = \mp 48 \times 545 \mp 32 \times 180 = \mp 31.920 \text{kgm} \quad (4.83)$$

(Alt kesit hesabında kullanılacak.)

$$M_{yB} = \mp 24 \times 545 \mp 13,333 \times 155 = \mp 15.147 \text{kgm} \quad (4.84)$$

(Burkulma hesabında bu değer kullanılacaktır.)

$$\sigma = \mp 0,9 \times \frac{15.147}{1,5 \times 40,3} = \mp 0,9 \times 251 = \mp 226 \text{kg} / \text{cm}^2 \quad (4.85)$$

$$F_A = \frac{31.920}{3,4} = 9.388 \text{kg} \quad (4.86)$$

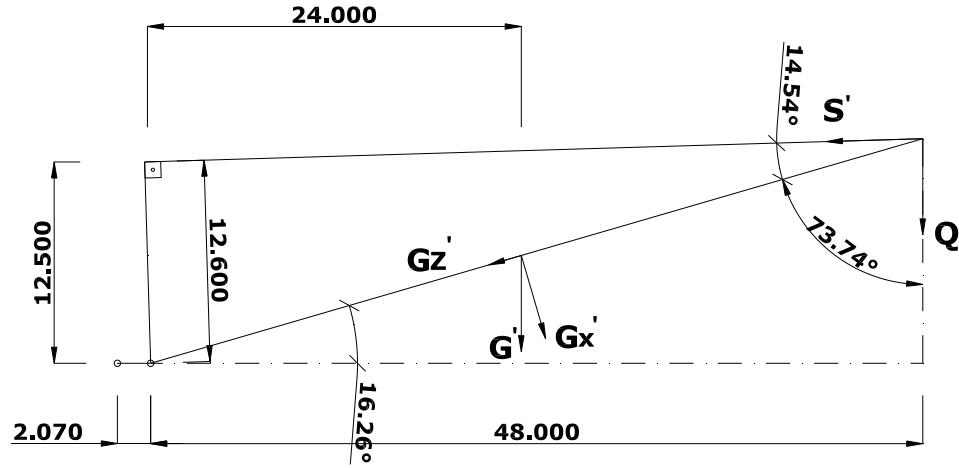
Bu durumda kuleye etkiyen burulma momenti:

$$M_B = 20 \times F_1 + 13,333 \cdot F_2 = 20 \times 545 + 13,333 \times 180 = 13.300 \text{kgm} \quad (4.87)$$

Ok yatık durumda iken hesapladığımız $M_{yA} = M'_b = 22.656 \text{kgm} > 13.300 \text{kgm}$

olduğundan dönüş sistemini rüzgarın oluşturduğu moment de dikkate alınarak büyük değerle kontrol edilecektir.

4.7.8 Ok Yatık Durumda İken Gerilme Kontrolü



Şekil 4.12: Ok yatık durumda iken gerilme kontrolü

$$Q + G = 1,15 \times 5.500 + 500 = 6.825 \text{ kg} \quad (4.88)$$

$$G'_x = G' \times \cos 16,26^\circ = 10.000 \times \cos 16,26^\circ = 9.600 \text{ kg} \quad (4.89)$$

$$G'_z = G' \times \sin 16,26^\circ = 2.800 \text{ kg} \quad (4.90)$$

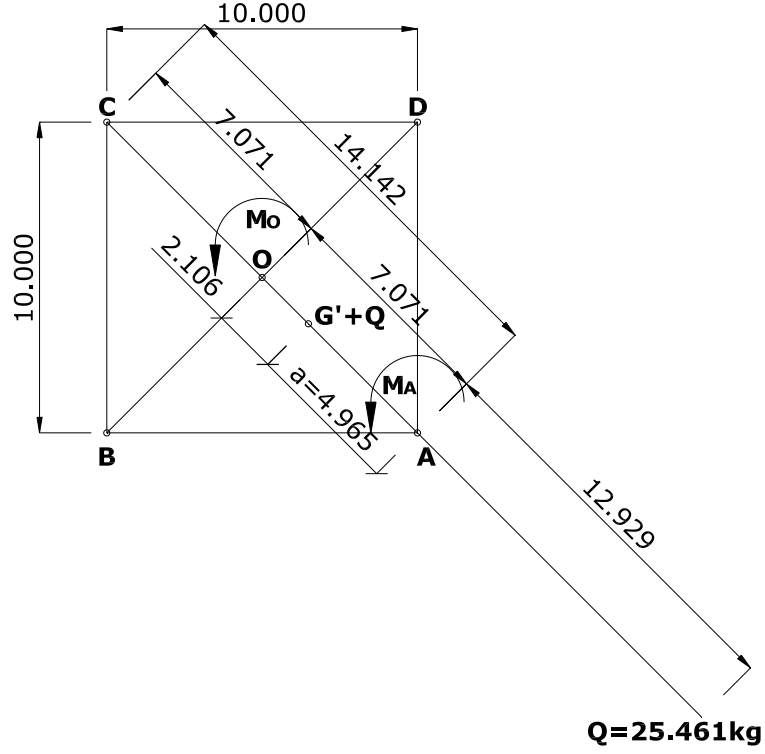
$$M = 24 \times 9.600 + 48 \times 6.825 = 558.000 \text{ kgm} \quad (4.91)$$

$$S' = \frac{M}{12,6} = 44.286 \text{ kg} \quad (4.92)$$

$$S'_o = -(44.286 \times \cos 14,542^\circ + 6.825 \times \cos 73,74^\circ) = -44.778 \text{ kg} \quad (4.93)$$

Ok 20m Radius'da iken $S_o = -75.356 \text{ kg}$ olarak hesaplandığı için ok yatık durumdayken kontrol yapmaya gerek yoktur.

4.7.9 Gergi Kirişı için En Uygunsuz Yükleme: (R=20m, Q=20ton)



Şekil 4.13: Gergi kirişi için en uygunsuz yükleme

$$G' = (130.000 + 36.000 + 10.000) \times 1,08 = 190.080 \text{ kg} \quad (4.94)$$

$$Q = 1,08 \times 1,15 \times 20.500 = 25.461 \text{ kg} \rightarrow G' + Q = 215.541 \text{ kg} \quad (4.95)$$

$$M_A = 12,929 \times 25.461 + 2,929 \times 10.800 - 11,271 \times 38.880 - 7,07 \times 140.400$$

$$M_A = -1.070.167 \text{ kgm} \quad (4.96)$$

$$a = \frac{M_A}{G' + Q} = 4,965 \text{ m} \quad (4.97)$$

Yükü O merkezine taşırsak;

$$A_1 = B_1 = C_1 = D_1 = \frac{215.541}{4} = 53.885 \text{ kg} \quad (4.98)$$

$$M_O = 2,106 \times 215.541 = 453.929 \text{ kgm} \quad (4.99)$$

$$A_2 = C_2 = \frac{M_O}{14,142} = 32.097 \text{ kg} \quad (4.100)$$

$$A = A_1 + A_2 = 53.885 + 32.097 = 85.982 \text{ kg} \quad (4.101)$$

$$C = C_1 - C_2 = 53.885 - 32.097 = 21.788kg \quad (4.102)$$

4.7.10 İşletme Rüzgarı Tesiri

$$F_{RÜZ} = 6.000kg, \quad M_{RÜZ} = 118.500kgm$$

$$2A = \mp \frac{M_{RÜZ}}{10} = \mp \frac{118.500}{10} = \mp 11.850kg \quad (4.103)$$

$$A = \mp \frac{11.850}{2} = \mp 5.925kg \quad (4.104)$$

4.7.11 İvmelenme ve Fren Tesiri

$$\Sigma G = G + Q = 176.000 + 20.500 = 196.500kg \quad (4.105)$$

$$P_H = \mp \frac{\Sigma G}{30} = \mp \frac{196.500}{30} = \mp 6.550kg \quad (4.106)$$

$$M = \mp 20 \times 6.550 = \mp 131.000kgm \quad (4.107)$$

$$A = \mp \frac{131.000}{2 \times 10} = \mp 6.550kg \quad (\text{Sadece ray doğrultusunda yürürken oluşur.}) \quad (4.108)$$

$$A = \mp 6.550 \times 1,08 = \mp 7.074kg \quad (\text{Ömür için alınacak değer}) \quad (4.109)$$

4.7.12 Baş Kiriş Hesabı için Maksimum Köşe Yüğü

$$(4.101) + (4.104) + (4.109) = 85.982 + 5.925 + 7.074 = 98.981kg \quad (4.110)$$

Portal Kirişe Etkiyen Moment:

$$M_1 = 6.550 \times (20 - 8,358) = 76.255kgm \quad (4.111)$$

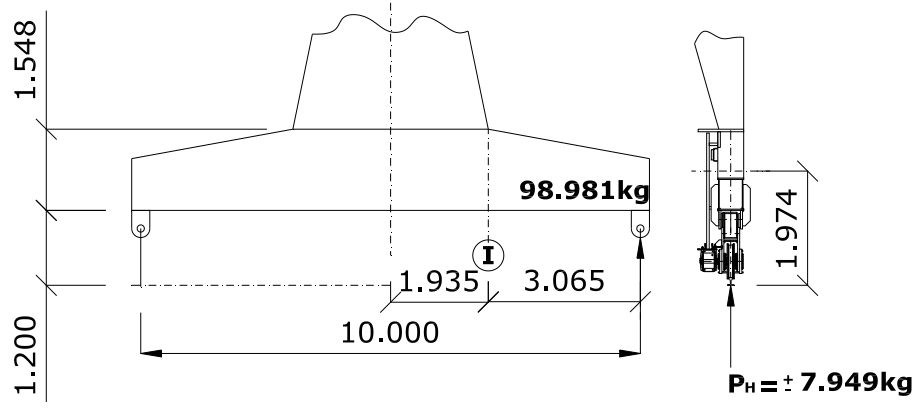
4.7.13 Baş Kirişin Hesabı

$$\frac{P}{a} = \frac{10.000}{12.450} = 0,8, \quad \lambda = 0,05$$

$$P_{MAX} = 98.981kg, \quad P_H = \mp \lambda \times P_{MAX} = \mp 0,05 \times 98.981 = \mp 4.949kg \quad (4.112)$$

$$P_{RÜZGAR} = \mp 3.000kg$$

$$\Sigma P_A = \mp 7.949kg$$



Şekil 4.14: Baş kiriş hesabı

$$M_{xI} = 3,065 \times 98.981 = 303.377 \text{kgm} \quad (4.113)$$

$$M_{yI} = \mp 3,065 \times 7.949 = \mp 24.364 \text{kgm} \quad (4.114)$$

$$M_B = \mp 1.974 \times 7.949 = \mp 15.493 \text{kgm} \quad (4.115)$$

Kesit Değerleri:

$$J_x = 2.068.546 \text{cm}^4, \quad W_x = 26.725 \text{cm}^3, \quad J_y = 238.788 \text{cm}^4, \quad W_y = 9.552 \text{cm}^3$$

$$\sigma_x = \mp 1.135 \text{kg} / \text{cm}^2, \quad \sigma_y = \mp 255 \text{kg} / \text{cm}^2, \quad \Sigma \sigma = \mp 1.390 \text{kg} / \text{cm}^2$$

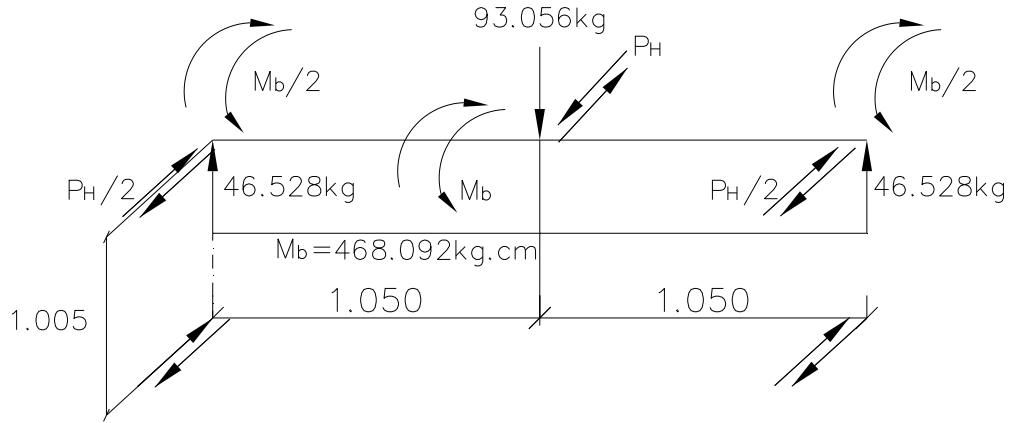
$$\tau_1 = \frac{98.981}{2 \times 1,2 \times 150} = 275 \text{kg} / \text{cm}^2 \quad (4.116)$$

$$\tau_2 = \frac{1.549.300}{2 \times 152,4 \times 45,8 \times 1,2} = 92 \text{kg} / \text{cm}^2 \quad (4.117)$$

$$\Sigma \tau = 367 \text{kg} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{cp} = 1.526 \text{kg} / \text{cm}^2 < 1.950 \text{kg} / \text{cm}^2 \quad (2. \text{Yükleme Hali}) \quad \text{Uygundur.}$$

4.8 Denge Kirişı Hesabı



Şekil 4.16: Denge kirişine etkiyen yükler

1. Yükleme Hali:

$$(4.101) + (4.109) = 85.982 + 7.074 = 93.065kg \quad (4.118)$$

$$\Sigma P_A = 93.056kg$$

$$P_H = \mp 0,05 \times 93.056 = \mp 4.653kg \quad (4.119)$$

$$M_b = \mp 4.653 \times 100,6 = \mp 468.092kgcm \quad (4.120)$$

$$M_x = 46.528 \times 105 = 4.885.440kgcm \quad (4.121)$$

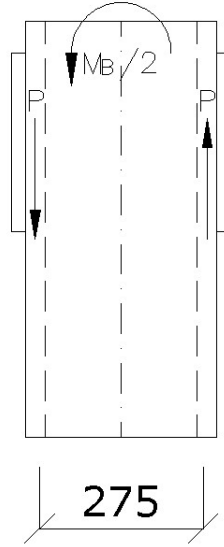
$$M_y = \mp 2.327 \times 105 = \mp 244.335kgcm \quad (4.122)$$

4.8.1 Orta Kesitte Kontrol

$$J_x = 144.669cm^4, \quad W_{x1} = 5.338cm^3, \quad \sigma_{x1} = -915kg/cm^2$$

$$J_y = 77.923cm^4, \quad W_{y1} = 5.027cm^3, \quad \sigma_{y1} = \mp 49kg/cm^2$$

$$\Sigma \sigma_1 = -964kg/cm^2$$



Şekil 4.17: Gergi kirişine etkiyen kuvvet çifti

Burulma tesirini kuvvet çiftine indirgeyerek kayma gerilmesinin hesaplanması:

$$P = \frac{M_b/2}{27,5} = 8.511 \text{ kg} \quad (4.123)$$

$$\frac{F}{2} = \frac{471,6 - 26 \times 2 \times 2,5}{2} = 170,8 \text{ cm}^2 \quad (4.124)$$

$$\tau_1 = \frac{8.511}{170,8} = 50 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.125)$$

$$\tau_2 = \frac{46.528}{341,6} = 136 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.126)$$

$$\Sigma \tau = \frac{46.528}{341,6} = 186 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.127)$$

$$\sigma_{cp} = 1.017 \text{ kg / cm}^2 < 1.750 \text{ kg / cm}^2 \quad (\text{Uygun})$$

4.8.2 Ortadaki Takviyenin Kenarındaki Kontrol (150mm'de)

$$M_x = 46.528 \times 90 = 4.167.520 \text{ kgcm}, \quad W_x = 4.066 \text{ cm}^3, \quad \sigma_x = \mp 1.030 \text{ kg / cm}^2$$

$$M_y = \mp 2.327 \times 90 = \mp 209.430 \text{ kgcm}, \quad W_y = 2.269 \text{ cm}^3, \quad \sigma_y = \mp 92 \text{ kg / cm}^2$$

$$\Sigma \sigma = \mp 1.122 \text{ kg / cm}^2$$

$$\tau_1 = \frac{M_b}{2 \times 24,4 \times 49 \times 1,6} = 58 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.128)$$

$$\tau_2 = \frac{46.528}{2 \times 46,5 \times 1,6} = 313 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (4.129)$$

$$\Sigma \tau = 371 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{cp} = 1.249 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 1.750 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (\text{Uygun})$$

4.8.3 Uçta Perno Ekseninde Kontrol

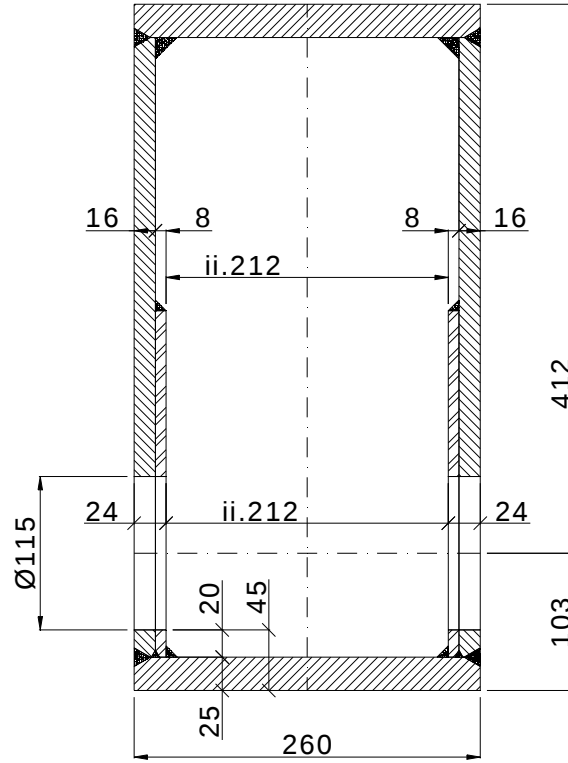
$$M = 0, \quad \sigma = 0$$

$$P = \frac{234.046}{24,4} = 9.592 \text{ kg} \quad (4.130)$$

$$\tau_1 = \frac{9.592}{66,7} = 144 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (4.131)$$

$$\tau_2 = \frac{46.528}{133,4} = 349 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (4.132)$$

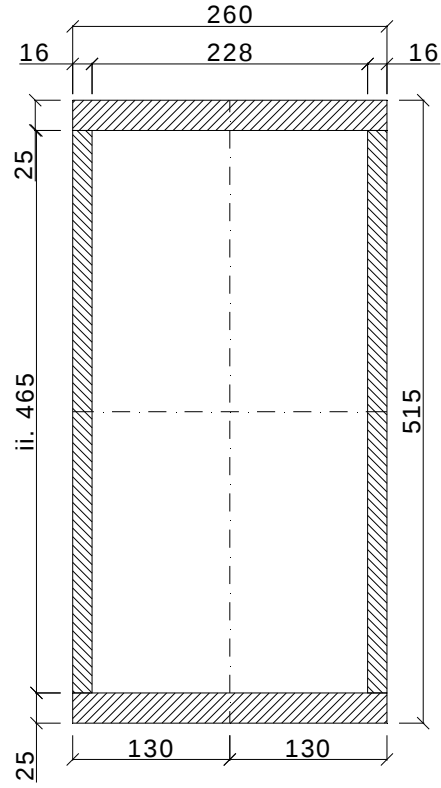
$$\Sigma \tau = 493 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (\text{Uygundur})$$



Şekil 4.18: Denge Kirişi Boji Mafsal Yerinde Kesit Değerleri

Tablo 4.2: Denge kirişi boji mafsal yerinin fiziksel özellikleri

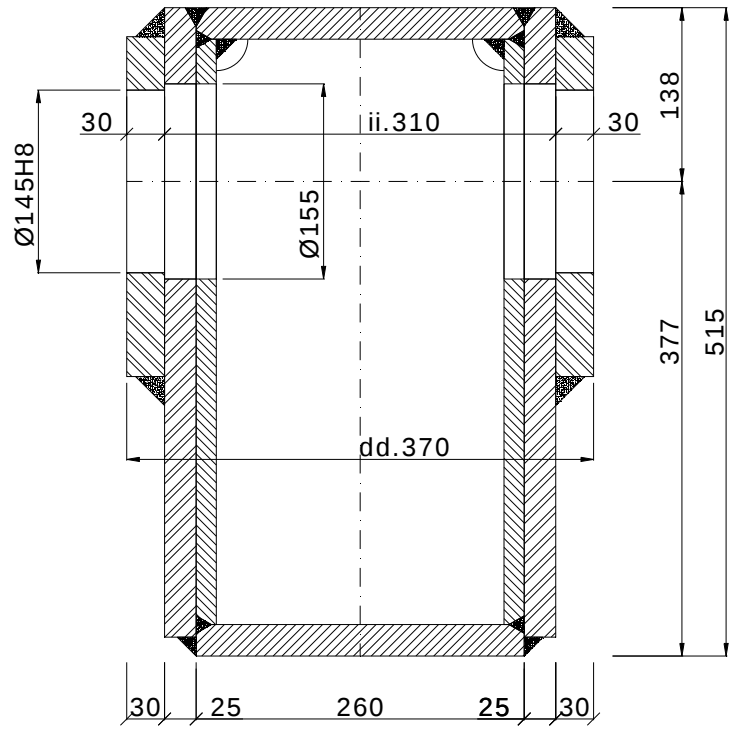
Alan		26355.200
Atalet Momentleri (Merkezine göre)	X	971393995.663
	Y	266253521.067
Kitle Merkezi civarındaki ana moment ve X-Y yönleri	I	971395858.918
	J	266253521.067



Şekil 4.19: Denge Kirişi Tipik Kesit için Kesit Hesabı

Tablo 4.3: Denge kirişi tipik kesitinin fiziksel özellikleri

Alan		27880.000
Atalet Momentleri (Merkezinine göre)	X	1049121083.333
	Y	295024693.333
Kitle Merkezi civarındaki ana moment ve X-Y yönleri	I	1049121083.333
	J	295024693.333

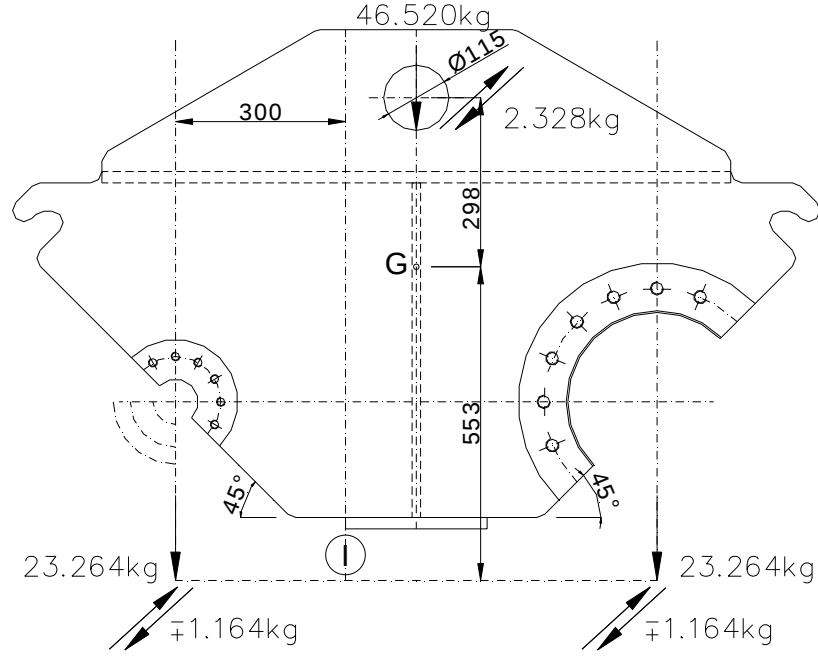


Şekil 4.20: Denge Kirişi Tipik Kesit için Kesit Hesabı

Tablo 4.4: Denge kirişi kiriş ortasının fiziksel özellikleri

Alan		47164.000
Atalet Momentleri (Merkezine göre)	X	1446692392.578
	Y	779234973.333
Kitle Merkezi civarındaki ana moment ve X-Y yönleri	I	779234973.333
	J	1446691991.741

4.9 Boji Kontrolü



Şekil 4.21: Bojiye etkiyen yükler

4.9.1 I Kesiti Kontrolü

$$M_{xI} = 30 \times 23.264 = 697.920 \text{ kgcm} \quad (4.133)$$

$$M_{yI} = 1.164 \times 30 = 34.920 \text{ kgcm} \quad (4.134)$$

$$M_b = 1.164 \times (55.3 + 29.8) = 119.113 \text{ kgcm} \quad (4.135)$$

$$J_{xI} = 438.326 \text{ cm}^4, \quad W_{x1} = 9.917 \text{ cm}^3, \quad \sigma_{x1} = \frac{M_{xI}}{W_{x1}} = 70 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.136)$$

$$J_{yI} = 165.108 \text{ cm}^4, \quad W_{y1} = 9.544 \text{ cm}^3, \quad \sigma_{y1} = \frac{M_{yI}}{W_{y1}} = 3.66 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.137)$$

$$\Sigma \sigma_1 = 74 \text{ kg/cm}^2$$

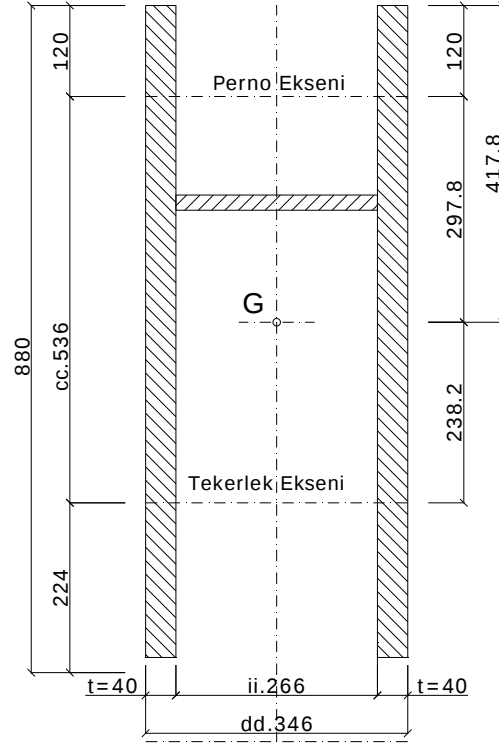
$$\tau_{1\max} = \frac{M_b \times b_{\max}}{\frac{1}{3} \cdot \Sigma b_l \times h_l^3} = \frac{119.113 \times 4 \times 3}{(2 \times 86 \times 4^3) + 26.6 \times 2^3} = 212 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.138)$$

$$\tau_2 = \frac{23.264}{86 \times 4 \times 2} = 34 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.139)$$

$$\Sigma \tau = 246 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (4.140)$$

$$\sigma_{cp} = 432 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 1.750 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (4.141)$$

Çok emniyetli olduğu için orta kesiti kontrole gerek görülmemiştir.



Şekil 4.22: Ø630 Tekerlek Bojisi için Kesit Hesabı

Tablo 4.5: Ø630 Tekerlek bojisinin fiziksel özellikleri

Alan		74120.00
Atalet Momentleri (Merkezine göre)	X	4383263327.47
	Y	1651081026.67
Kitle Merkezi civarındaki ana moment ve X-Y yönleri	I	4383263327.22
	J	1651081026.67

4.9.2 Ø630 Avara Tekerlek, Perno ve Kovan Hesabı

$$\text{Sayfa 42'den } \Sigma P_A = 93.056 \text{ kg} + \text{Zati ağırlıklar} = 100.000 \text{ kg} \quad (4.142)$$

$$P_{TKR} = \frac{100.000}{4} = 25.000 \text{ kg} \text{ alınarak hesap yapılacaktır.} \quad (4.143)$$

a) Perno:

$$F_{PER} = \pi \times 4^2 = 50,3 \text{ cm}^2 \quad (4.143)$$

$$J_{PER} = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 8^4}{64} = 201 cm^4 \quad (4.144)$$

$$W_{PER} = 50,3cm^3$$

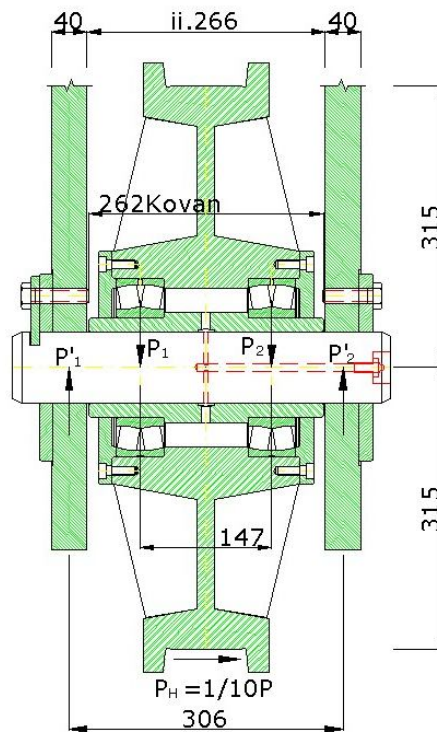
b) Kovan:

$$F_{KOV} = \pi \cdot (5,5^2 - 4^2) = 44,8 cm^2 \quad (4.145)$$

$$J_{KOV} = \frac{\pi \cdot (11^4 - 8^4)}{64} = 517,6 cm^4 \quad (4.146)$$

$$W_{KOV} = 94cm^3$$

4.9.3 Tekerlekten Gelen Yükler



Şekil 4.23: Ø630 avara tekerlek

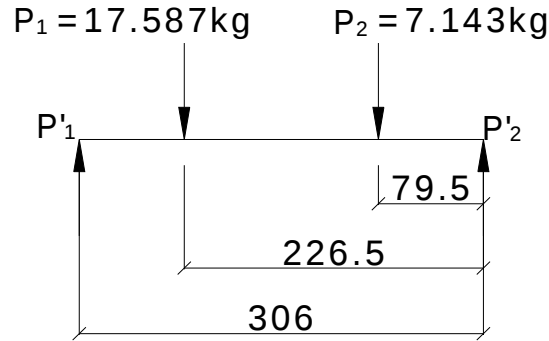
$$M = 31,5 \times 2.500 = 78.750 kgcm \quad (4.147)$$

$$P' = \mp \frac{M}{14,7} = \mp 5.357 \text{ kg} \quad (4.148)$$

$$P_1 = \frac{25.000}{2} + 5.357 = 17.857 \text{ kg} \quad (4.149)$$

$$P_2 = \frac{25.000}{2} - 5.357 = 7.143 \text{ kg} \quad (4.150)$$

Sayfa 39’da maksimum köşe yükünün: Denklem (4.110)’da 98.981kg olduğu hesaplanmıştır. Yaklaşık olarak 100.000kg alınırsa; tekerlek başına 25.000kg yük düşmektedir. Yatay kuvvet ise düşey kuvvetin 1/10’u kadar alınmaktadır. Moment hesabında da yatay kuvvet kullanılmıştır.



Şekil 4.24: Avara tekerleğe etkiyen yükler

$$P'_1 = \frac{226,5 \times 17.587 + 79,5 \times 7.143}{306} = 14.874 \text{ kg} \quad (4.151)$$

$$P'_2 = 17.587 + 7.143 - 14.874 = 9.856 \text{ kg} \quad (4.152)$$

4.9.4 Perno Taşıyıcı Sacı Yüzey Basıncı Kontrolü

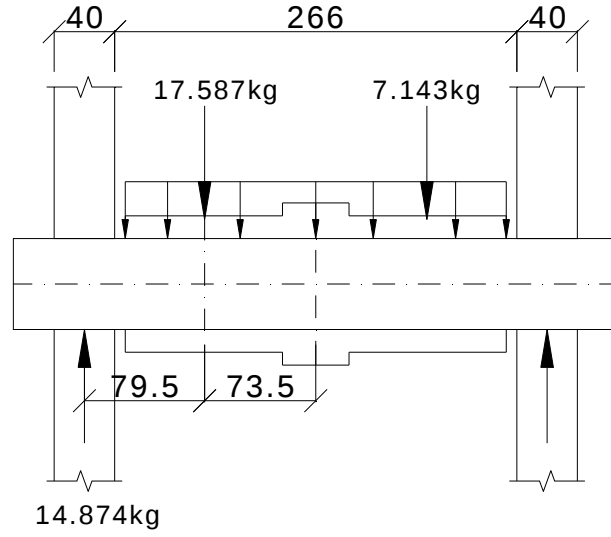
$$p = \frac{17.587}{4 \times 7,5 \times \frac{2}{3}} = 879 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 2.800 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (\text{Uygun}) \quad (4.153)$$

Önemli Not:

Kovandan bütün yük, yayılı yük olarak aktarılsa sehimlerin eşitliği şartından:

$$\frac{J_{PER}}{J_{KOV} + J_{PER}} = \frac{50,3}{94 + 50,3} = 0,349 \quad (4.154)$$

(Eğilme tesirinin bu kadarlık kısmını perno alır.)



Şekil 4.25: Avara tekerlek elemanlarına etkiyen yükler

$$M_{top} = 14.874 \times 7,95 = 118.248 kgcm \quad (4.155)$$

$$M_{PER} = 118.248 \times 0,349 = 41.269 kgcm \quad (4.156)$$

$$\sigma_{PER} = \mp \frac{M}{W_{PER}} = \mp 825 kg / cm^2 \quad (4.157)$$

$$\text{Mesnette: } \tau = \frac{14.874}{50,3} = 296 kg / cm^2 \quad (4.158)$$

Malzeme: Ck 45 ($\sigma_{em} = 1.650 kg / cm^2$, $\tau_{em} = 1.250 kg / cm^2$)

Oldukça emniyetli.

Bu durumda kovan kontrolü:

$$M_{KOV} = 118.248 - 41.269 = 76.979 kgcm \quad (4.159)$$

$$\sigma = \frac{M_{KOV}}{W_{KOV}} = \frac{76.979}{94} = 819 kg / cm^2, \quad \tau = 0, \quad (\text{Ck 45 malzeme uygundur.}) \quad (4.160)$$

Rulman 22 222 $C_{DİNAMİK} = 47.500 kg$, $C_{STATİK} = 61.000 kg$ (Yük 17.587kg)

4.10 Kren Yürütme Tekerlekleri Hesabı

$$G = 130.000 + 36.000 + 10.000 = 176.000kg \quad (4.161)$$

$$Q' = 20.500kg$$

$$G + Q' = 196.500kg \quad (4.162)$$

$$M'_A = 12,929 \times 20.500 + 2,929 \times 10.000 - 11,271 \times 36.000 - 7,07 \times 130.000 \quad (4.163)$$

$$M'_A = -1.030.522kgm$$

$$a' = \frac{M'_A}{G + Q'} = 5,244m \quad (4.164)$$

Yükü O merkezine taşırsak;

$$A'_1 = B'_1 = C'_1 = D'_1 = \frac{196.500}{4} = 49.125kg \quad (4.165)$$

$$M'_o = (7,071 - 5,244) \times 196.500 = 359.006kgm \quad (4.166)$$

$$A'_2 = -C'_2 = \frac{M'_o}{14,142} = 25.386kg \quad (4.167)$$

$$A' = A'_1 + A'_2 = 49.125 + 25.386 = 74.511kg \quad (4.168)$$

$$P_1 = \frac{74.511}{4} = 18.628kg \quad (4.169)$$

$$C' = C'_1 - C'_2 = 49.125 - 25.386 = 23.739kg \quad (4.170)$$

$$P_2 = \frac{23.739}{4} = 5.935kg \quad (4.171)$$

4.10.1 İşletme Rüzgarı Tesirinden

$$A_3 = -C_3 = \mp 5.925kg \quad (4.172)$$

$$P_3 = \mp \frac{5.925}{4} = \mp 1.481kg \quad (4.173)$$

4.10.2 İvmelenme ve Fren Tesirinden

$$A_4 = -C_4 = \mp 7.074kg \quad (4.174)$$

$$P_4 = \mp \frac{7.074}{4} = \mp 1.769kg \quad (4.175)$$

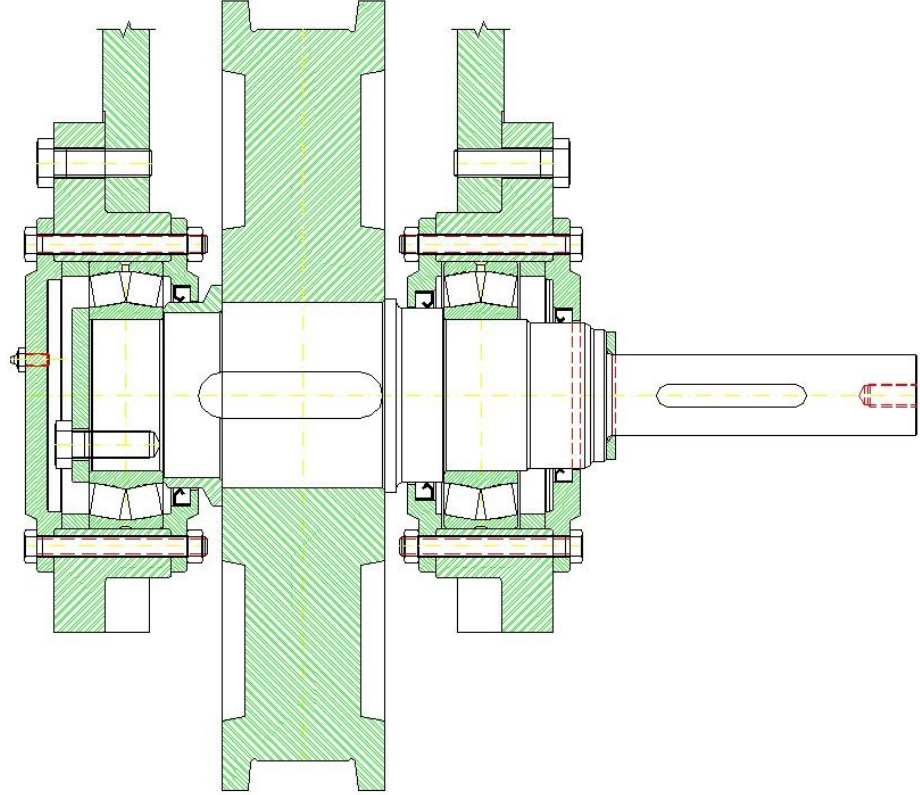
$$P_{\max} = 18.628 + 1.481 + 1.769 = 21.878kg \quad (4.176)$$

$$P_{\min} = 5.935 - 1.481 - 1.769 = 2.685kg \quad (4.177)$$

$$P_{ort} = \frac{2 \times 21.878 + 2.685}{3} = 15.480 \text{ kg} \approx 154.800 \text{ N} \quad (4.178)$$

$$\text{Ray S49 ; } b = 67 - 2 \times 7 = 53 \rightarrow D = \phi 630 \text{ mm} \quad (4.179)$$

Malzeme: SAE 4140, $P_L = 7,2 \text{ N/mm}^2$



Şekil 4.26: Ø630 Tahrikli Tekerlek

$$V = 25 \text{ m/dk} , \quad C_1 = 1,11, \quad \text{Grup M5 için: } C_2 = 1$$

$$\frac{P_{ort}}{b \cdot d} \leq P_L \cdot C_1 \cdot C_2 \Rightarrow \frac{154.800}{53 \times 630} \leq 7,2 \times 1,11 \times 1 \quad (4.180)$$

$$4,6 \leq 7,992$$

Emniyetlidir %70 daha fazla yük de taşıyabilir.

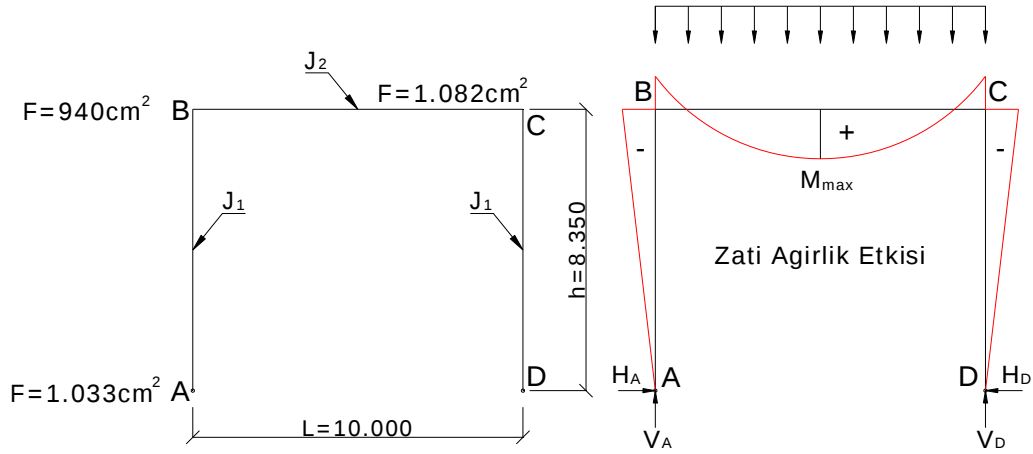
4.11 Portalın Hesabı

RAHMEN FORMELN İÇİN:

$$\frac{J_2}{J_1} = \frac{7.488.855}{3.938.426} = 1,9, \quad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l} = 1,9 \times \frac{8.358}{10} = 1.589 \quad (4.181)$$

STAHLBAU KALENDER İÇİN:

$$i = \frac{J_2}{J_1} = 1,9, \quad N_a = 2 \cdot i \cdot \frac{h}{l} + 3 = 6,179 \quad (4.182)$$



Şekil 4.27: Portal kirişin kendi ağırlığının etkisi

4.11.1 Portal Kirişi Zati Ağırlığı Etkisi

$$M_B = M_C = -\frac{q' \cdot l^2}{4 \cdot N} = -\frac{1.494 \cdot 10^2}{4 \times 6,179} = -6.045 \text{kgm} \quad (q' = 130 \text{kg / m}) \quad (4.183)$$

$$M_{MAX} = \frac{q' \cdot l^2}{8} + M_B = \frac{1.494 \times 10^2}{8} - 6.045 = 12.630 \text{kgm} \quad (4.184)$$

$$V_A = V_D = \frac{q' \cdot l}{2} = \frac{1.494 \times 10}{2} = 7.470 \text{kg} \quad (4.185)$$

$$H_A = H_D = -\frac{M_b}{h} = \frac{6.045}{8,358} = 723 \text{kg} \quad (4.186)$$

4.11.2 İşletme Rüzgarı (1. Bacakta)

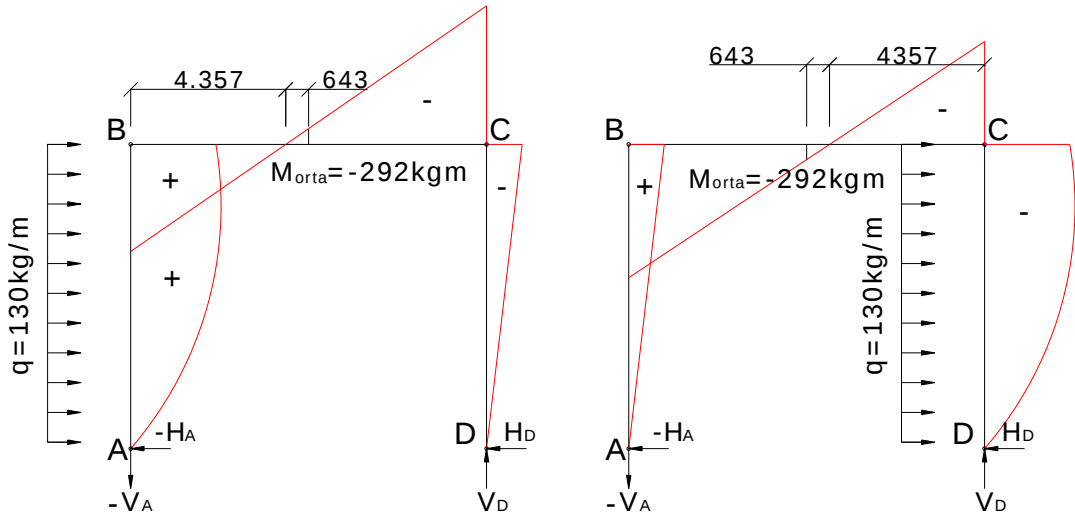
$$M_B = \frac{q \cdot h^2}{4} \cdot \left[-\frac{k}{2N} + 1 \right] = \frac{130 \times 8,358^2}{4} \cdot \left[-\frac{1,589}{2 \times 6,179} + 1 \right] = 1.978 \text{kgm} \quad (4.187)$$

$$M_C = \frac{q \cdot h^2}{4} \left[-\frac{k}{2N} - 1 \right] = \frac{130 \times 8,358^2}{4} \cdot \left[-\frac{1,589}{2 \times 6,179} - 1 \right] = -2.562 \text{kgm} \quad (4.188)$$

$$H_D = -\frac{M_C}{h} = \frac{2.562}{8.358} = 307 \text{kg} \quad (4.189)$$

$$H_A = -(q \cdot h - H_D) = -(130 \times 8,358 - 307) = -780 \text{kg} \quad (4.190)$$

$$V_D = \frac{q \cdot h^2}{2 \cdot L} = \frac{130 \times 8,358^2}{2 \times 10} = 454 \text{kg}, \quad V_A = -863 \text{kg}, \quad M_{ORTA} = -292 \text{kgm} \quad (4.191)$$



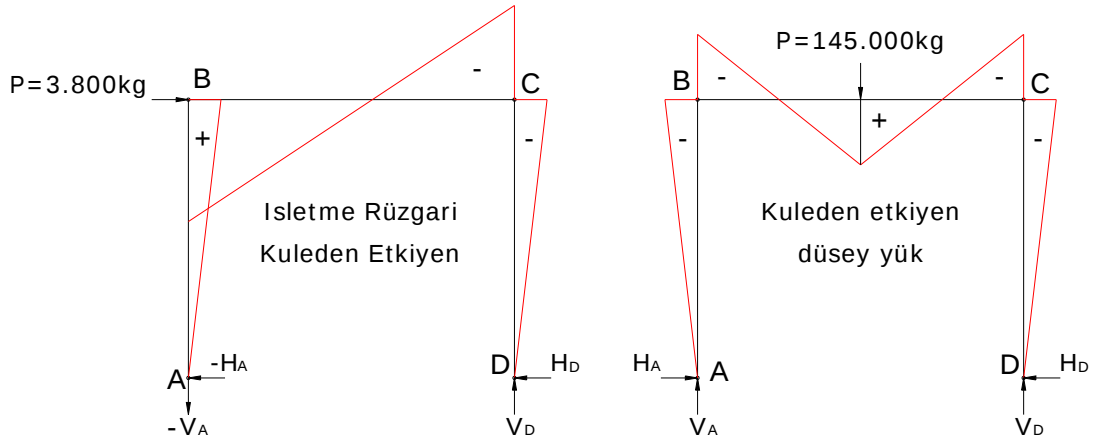
Şekil 4.28: İşletme Rüzgarı 1. ve 2. Bacakta

4.11.3 İşletme Rüzgarı (2. Bacakta)

$$M_B = 2.562 \text{kgm}, \quad M_C = -1.978 \text{kgm}$$

$$H_D = 780 \text{kg}, \quad H_A = -307 \text{kg}$$

$$V_D = 863 \text{kg}, \quad V_A = -454 \text{kg}, \quad M_{ORTA} = 292 \text{kgm}$$



Şekil 4.29: Kuleden etkiyen rüzgar yükü

4.11.4 İşletme Rüzgarı (Kuleden etkiyen)

$P = 3.800kg$ değeri yük, ok ve makine dairesi rüzgar kuvvetleri ile kulenin kuvvetini eski projeden yaklaşımla alınmıştır.

$$V_D = \frac{P \cdot h}{L} = \frac{3.800 \times 8,358}{10} = 3.176kg, \quad V_A = -3.176kg \quad (4.192)$$

$$H_D = \frac{P}{2} = \frac{3.800}{2} = 1.900kg, \quad H_A = -1.900kg \quad (4.193)$$

$$M_B = \frac{P \cdot h}{2} = \frac{3.800 \times 8,358}{2} = 15.880kgm, \quad M_C = -15.880kgm \quad (4.194)$$

4.11.5 Kuleden Etkiyen Düşey Yük

$$105.000 \times 1,08 + 25.461 = 138.861kg \cong 145.000kg \quad (4.195)$$

$$H_A = H_D = \frac{3}{8} \cdot P \cdot \frac{l}{h} \cdot \frac{1}{N_a} = \frac{3}{8} \times 145.000 \times \frac{10}{8,358} \times \frac{1}{6,179} = 10.529kg \quad (4.196)$$

$$M_B = M_C = -H_A \cdot h = -10.529 \times 8,358 = -88.000kgm \quad (4.197)$$

$$M_{MAX} = \frac{P \cdot l}{4} = H_A \cdot h = \frac{145.000 \times 10}{4} - 88.000 = 274.500kgm \quad (4.198)$$

$$V_A = V_D = \frac{P}{2} = \frac{145.000}{2} = 72.500kg \quad (4.199)$$

4.11.6 Kuleden Etkiyen Moment (Ok x yönünde)

$$M_1 = 25.461 \times 20 + 10.800 \times 10 - 36.000 \times 4,2 = 466.020 \text{kgm} \quad (4.200)$$

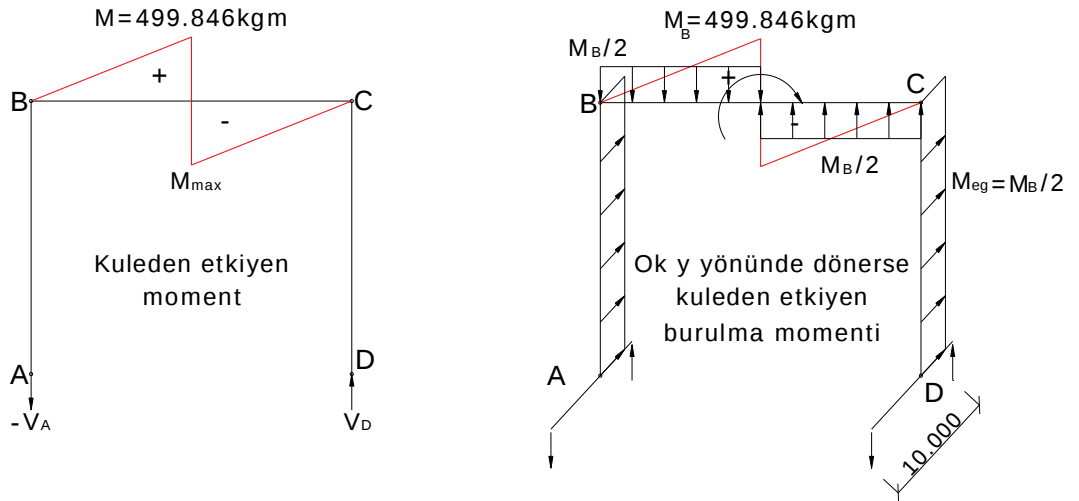
$$M_R = 14 \times 32 + 2,6 \times 1 \times 25 + 41 \times 569 + 16 \times 624 = 33.826 \text{kgm} \quad (4.201)$$

$$\Sigma M = 499.846 \text{kgm}$$

$$H_A = H_D = \frac{3}{2} \cdot \frac{M}{h} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{1}{N_a} = 0 \quad (a=b) \quad (4.202)$$

$$M_{MAX} = \mp \frac{M}{2} = \mp 249.923 \text{kgm} \quad (4.203)$$

$$-V_A = V_D = \frac{\Sigma M}{L} = \frac{499.846}{10} = 49.985 \text{kg} \quad (4.204)$$

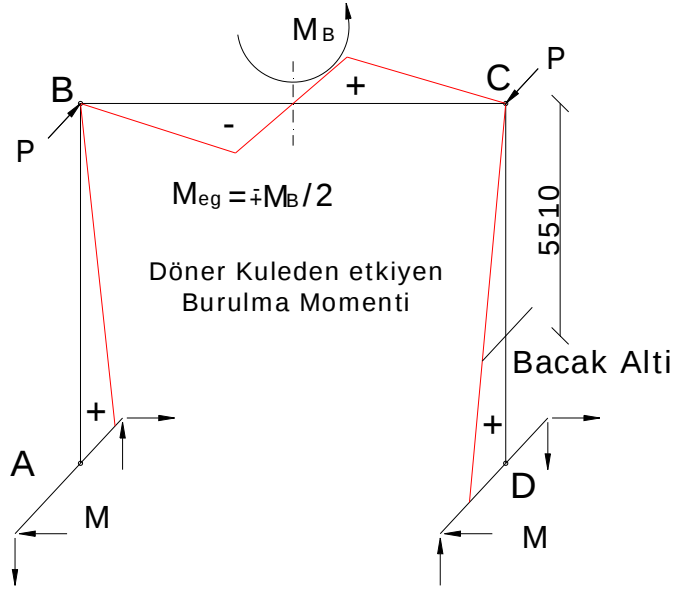


Şekil 4.30: Kuleden etkiyen moment

4.11.7 Ok y yönünde dönerse kuleden etkiyen burulma momenti

$$\mp \frac{M_B}{2} = \mp \frac{499.846}{2} = \mp 249.923 \text{kgm} \quad (4.205)$$

$$A = \mp \frac{249.923}{10} = \mp 24.992 \text{kg} \quad (4.206)$$



Şekil 4.31: Döner kuleden etkiyen burulma momenti

4.11.8 Döner Kulenin İvmelenmesi + Rüzgarın Portal'a Etkisi

$M_B = 41.481 \text{kgm}$ (Jib kren dönüş sistemi hesabındaki toplam dönüş momenti değeridir.)

$$P = \frac{M_B}{L} = \frac{41.481}{10} = 4.148 \text{kg} \quad (4.207)$$

$$M_{eg} = \pm \frac{M_B}{2} = \pm \frac{41.481}{2} = \pm 20.741 \text{kgm} \quad (4.208)$$

$$M = P.h = 4.148 \times 8,358 = 34.669 \text{kgm}, \quad A = \frac{M}{10} = 3.467 \text{kg} \quad (4.209)$$

4.11.9 Ok x Yönünde İken Yüklerin Süperpozesi

Tablo 4.6: Ok x yönünde iken yüklerin süperpozesi

Bölüm	Kiriş Ortası	B	C	H _A	H _D	V _A	V _D
1	12.690	-6.045	-6.045	723	723	7.470	7.470
2	-292	1.978	-2.562	-780	307	-863	454
3	292	2.562	-1.978	-307	780	-454	863
4	0	15.880	-15.880	-1.900	1.900	-3.176	3.176
5	274.500	-88.000	-88.000	10.529	10.529	72.500	72.500
6	249.923	0	0	0	0	-49.985	49.985
M _x	537.053kgm	-73.625	-114.465	8.265kg	14.239kg	25.492	134.448

4.11.10 Ok y Yönünde İken Yüklerin Süperpozesi:

Ok y yönündeyken yüklerin süperpozisini hesaplamak için f maddesi çıkartılıp; yerine g ve h maddeleri eklenir.

Tablo 4.7: Ok y yönünde iken yüklerin süperpozesi

Bölüm	Kiriş Ortası	B	C	H _A	H _D
M _x	287.130kgm	-73.625kgm	-114.465	8.265kg	14.239kg
M _y	20.741kgm	249.923kgm	249.923kgm		
M _B	249.923kgm				

4.11.10.1 Bacak Üstü

$$M_x = 114.465kgm + M_y = 249.923kgm + P = 134.448kg \quad (4.210)$$

4.11.10.2 Bacak Altı

$$M_x = 114.465 \times \frac{2,848}{8,358} = 39.004kgm + M_y = 249.923 + 5,510 \times 4.148 = 272.778 + P = 134.448kg \quad (4.211)$$

4.11.11 Kesit Değerleri

4.11.11.1 Kiriş Ortası

$$J_x = 7.488.855cm^4, \quad W_x = 74.147cm^3, \quad J_y = 10.519.362cm^4, \quad W_y = 80.918cm^3$$

1-Kontrolü:

$$\sigma_x = \mp \frac{53.705.300}{74.147} = \mp 724 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.212)$$

$$\sigma_y = \mp \frac{2.074.100}{80.918} = \mp 26 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.213)$$

$$\Sigma \sigma = \mp 750 \text{ kg / cm}^2$$

$$\tau = \frac{72.500}{2 \times 200 \times 1} = 181 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.214)$$

$$\sigma_{cp} = 813 \text{ kg / cm}^2 < 1.950 \text{ kg / cm}^2 \quad (\text{Uygun})$$

2-Kontrolü:

$$\sigma_x = \mp \frac{28.713.000}{74.147} = \mp 387 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.215)$$

$$\sigma_y = \frac{2.074.100}{80.918} = \mp 26 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.216)$$

$$\Sigma \sigma = \mp 413 \text{ kg / cm}^2$$

$$\tau_1 = 181 \text{ kg / cm}^2$$

$$\tau_2 = \frac{24.992.300}{2 \times 255,8 \times 201 \times 1} = 243 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.217)$$

$$\Sigma \tau = 424 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_{cp} = 843 \text{ kg / cm}^2 < 1.950 \text{ kg / cm}^2 \quad (\text{Uygun})$$

4.11.11.2 Bacak Üstü Kontrolü

$$F = 940 \text{ cm}^2, \quad J_x = 3.938.426 \text{ cm}^4, \quad W_x = 51.821 \text{ cm}^3, \quad J_y = 8.517.758 \text{ cm}^4,$$

$$W_y = 65.521 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_x = \mp \frac{11.446.500}{51.821} = \mp 221 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.218)$$

$$\sigma_y = \mp \frac{24.992.300}{65.521} = \mp 381 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.219)$$

$$\sigma_p = -\frac{134.448}{940} = -143 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.220)$$

$$\Sigma \sigma = -745 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$M_B = \frac{4.148.100}{2} = 2.074.000 \text{ kgcm} \quad (4.221)$$

$$\tau = \frac{2.074.000}{2 \times 255,8 \times 151 \times 1} = 27 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (4.222)$$

$$\sigma_{cp} = 746 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 1.950 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (\text{Uygun})$$

4.11.11.3 Bacak Altı Kontrolü

$$F = 1.033 \text{ cm}^2, \quad J_x = 442.508 \text{ cm}^4, \quad W_x = 18.992 \text{ cm}^3, \quad J_y = 15.063.916 \text{ cm}^4,$$

$$W_y = 77.251 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_x = \mp \frac{3.900.400}{18.992} = \mp 205 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (4.223)$$

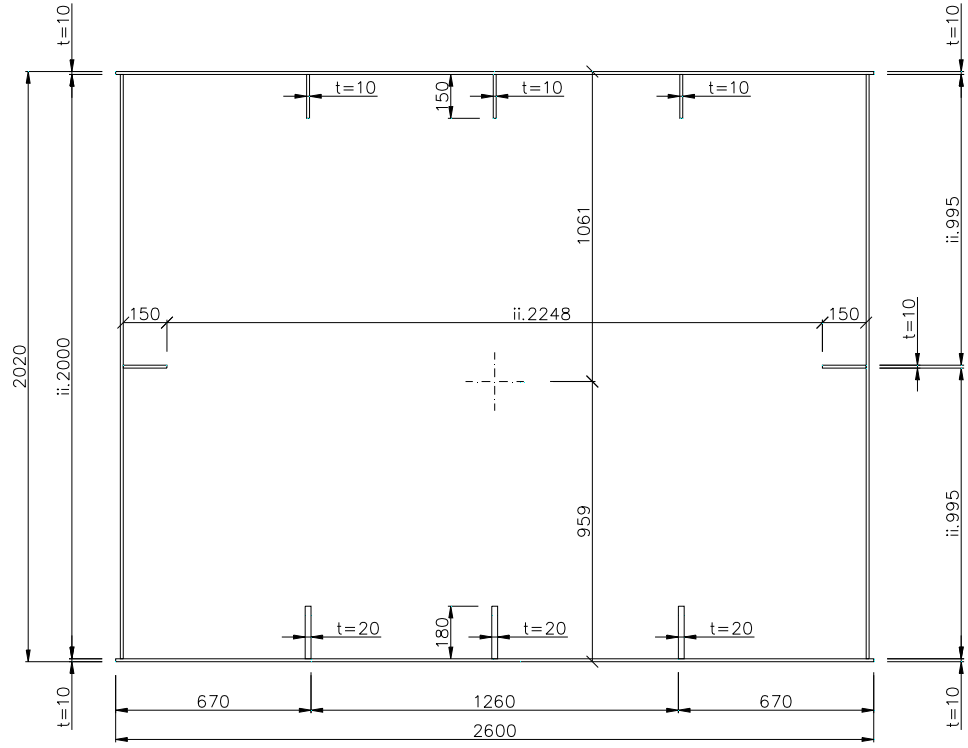
$$\sigma_y = \mp \frac{27.277.800}{77.251} = \mp 353 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (4.224)$$

$$\sigma_p = -\frac{134.448}{1.033} = -130 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (4.225)$$

$$\Sigma \sigma = -688 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau = \frac{2.074.000}{2 \times 45,6 \times 390 \times 1} = 58 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (4.226)$$

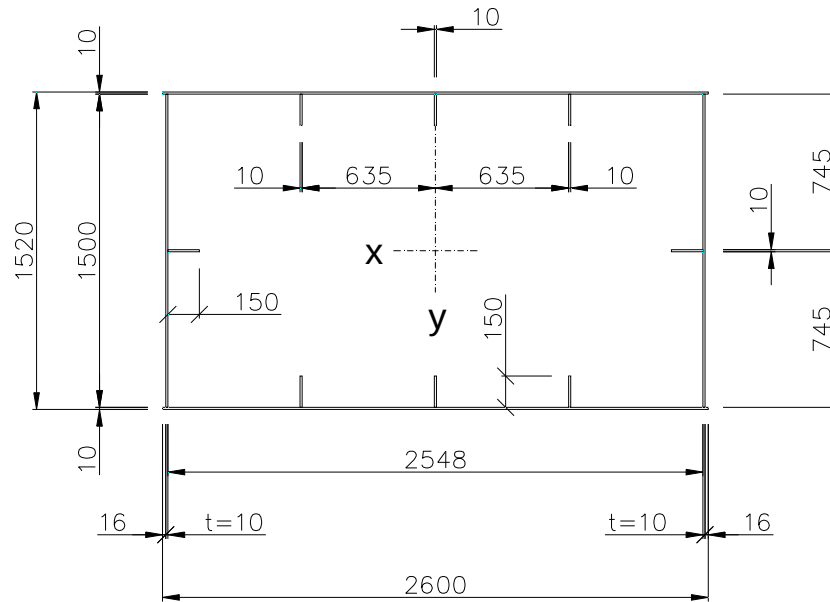
$$\sigma_{cp} = 695 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 1.950 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (\text{Uygun})$$



Şekil 4.32: Portal Üst Kirişi Ray Aksında Kutu Kesit Değerleri

Tablo 4.8: Portal üst kirişi ray aksındandaki kutunun fiziksel özellikleri

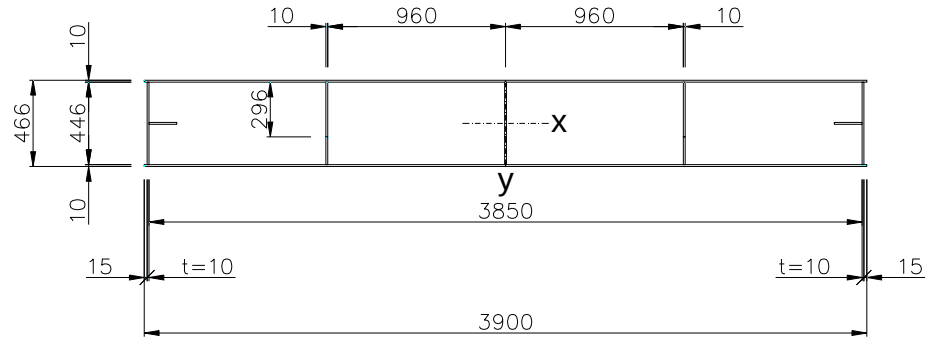
Alan		110300.000
Atalet Momentleri (Merkezine göre)	X	78395490966.666
	Y	103224052166.666
Kitle Merkezi civarındaki ana moment ve X-Y yönleri	I	78395476315.352
	J	103224052166.666



Şekil 4.33: Portal Bacak Üst Kirişe Montaj Kesiti için Kesit Hesabı

Tablo 4.9: Portal bacak üst kirişe montaj kesitinin fiziksel özellikleri

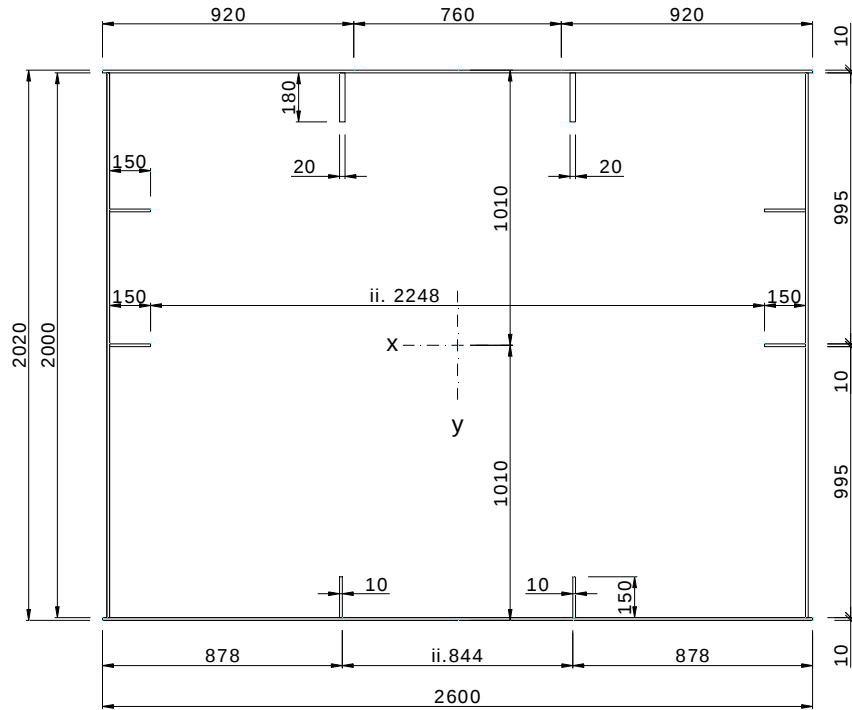
Alan		94000.000
Atalet Momentleri (Merkezine göre)	X	39384258333.333
	Y	85177582089.055
Kitle Merkezi civarındaki ana moment ve X-Y yönleri	I	39384258333.333
	J	85177582089.055



Şekil 4.34: Portal Bacak Gergi Kirişine Montaj Kesiti için Kesit Hesabı

Tablo 4.10: Portal bacak gergi kirişine montaj kesitinin fiziksel özellikleri

Alan		103300.000
Atalet Momentleri (Merkezinine göre)	X	4425079233.333
	Y	150639162068.508
Kitle Merkezi civarındaki ana moment ve X-Y yönleri	I	4425079233.333
	J	150639162068.508



Şekil 4.35: Portal Üst Kirişi Kiriş Ortasında Kesit Değerleri

Tablo 4.11: Portal üst kiriş kiriş ortasının fiziksel özellikleri

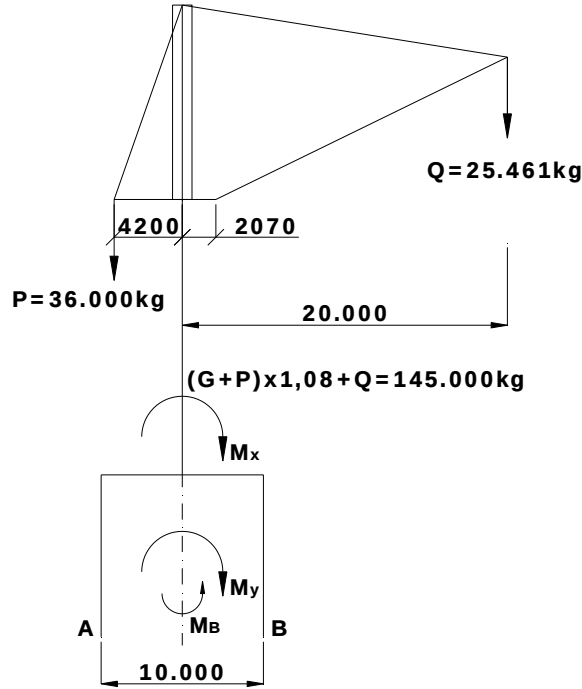
Alan		108200.000
Atalet Momentleri (Merkezinine göre)	X	74888563866.667
	Y	105193619466.667
Kitle Merkezi civarındaki ana moment ve X-Y yönleri	I	74888549226.741
	J	105193619466.667

4.12 Döner Kuleden Sabit Kuleye Etkiyen Maksimum Tesirler

$$25.461 \times 20 \times 10.800 \times 10 = 617.220 \text{kgm} > 6.831 \times 50 + 10.800 \times 25 = 611.550 \text{kgm}$$

(4.227)

Ok 20m radius’da iken kontrol yapılacaktır.



Şekil 4.36: Döner kuleden sabit kuleye etkiyen tesirler

M_R hesabında yükleri statik, M_D hesabında dinamik alacağız.

Düşey kuvvet hesabında $25.461 \text{kg} + \text{Bütün ağırlıklar} \times 1,08$ alacağız.

$$\text{Sabit} + \text{Döner Kule} + \text{Ok} = G = 74.684 \text{kg} \times 1,08 = 80.659 \text{kg} \quad (4.228)$$

$$\text{Karşı Ağırlık} + \text{Vinçler} = P_1 = 36.000 \text{kg} \times 1,08 = 38.880 \text{kg} \quad (4.229)$$

$$\text{Yük} = Q = 20.500\text{kg} \times 1,242 = 25.461\text{kg} \quad (4.230)$$

$$\text{Toplam} = 131.184\text{kg} \quad T = 145.000\text{kg}$$

$$M_x = 25.461 \times 20 + 10.800 \times 10 - 36.000 \times 4,2 = 466.020\text{kgm} \quad (4.231)$$

4.12.1 Alt Kutu Alt Kesit Değerleri

$$J_x \cong J_y = J_{e3} = 17.557.866\text{cm}^4, \quad W_{e3} = \frac{J_{e3}}{179} = 98.089\text{cm}^3, \quad W_x \cong W_y = 136.744\text{cm}^3$$

$$F = 1.730\text{cm}^2$$

$$\sigma_{e3} = \mp \frac{46.602.000}{98.089} = \mp 475\text{kg} / \text{cm}^2 \quad (4.232)$$

$$\sigma_{G+P+Q} = -\frac{145.000}{1.730} = -84\text{kg} / \text{cm}^2 \quad (4.233)$$

$$\sigma_y = \mp \frac{3.382.600}{136.744} = \mp 25\text{kg} / \text{cm}^2 \quad (4.234)$$

$M_x = 46.602.000\text{kgcm}$ yatay yükü $\frac{1}{30}$ yerine; $\frac{1}{14}$ alınarak $3.382.600\text{kgcm}$ değeri

bulunmuştur.

$$\Sigma \sigma = -584\text{kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau = \frac{4.148.100}{2 \times 255,4 \times 255,4 \times 1,4} = 23\text{kg} / \text{cm}^2 \quad (4.235)$$

$$\sigma_{cp} = 585\text{kg} / \text{cm}^2 < 1.750\text{kg} / \text{cm}^2 \quad (\text{Uygun})$$

4.12.2 Alt Kutu Üst Kesit Değerleri

$$J = 9.159.329\text{cm}^4, \quad W = 70.565\text{cm}^3, \quad F = 1.123\text{cm}^2$$

$$\sigma_x = \mp \frac{46.602.000}{70.565} = \mp 660\text{kg} / \text{cm}^2 \quad (4.236)$$

$$\sigma_{G+P+Q} = -\frac{145.000}{1.123} = -129\text{kg} / \text{cm}^2 \quad (4.237)$$

$$\Sigma \sigma = -789\text{kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau = \frac{4.148.100}{2\pi \times \frac{258,2^2}{4} \times 1,4} = 28 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.238)$$

$D_o = 255,4$ cm yerine 258,2 cm alınmıştır. (Hesaplar önce yapıldığı için) %3 toleransa girdiği için düzeltmeye gerek yoktur.

$$\sigma_{cp} = 790 \text{ kg / cm}^2 < 1.750 \text{ kg / cm}^2 \quad (\text{Uygun})$$

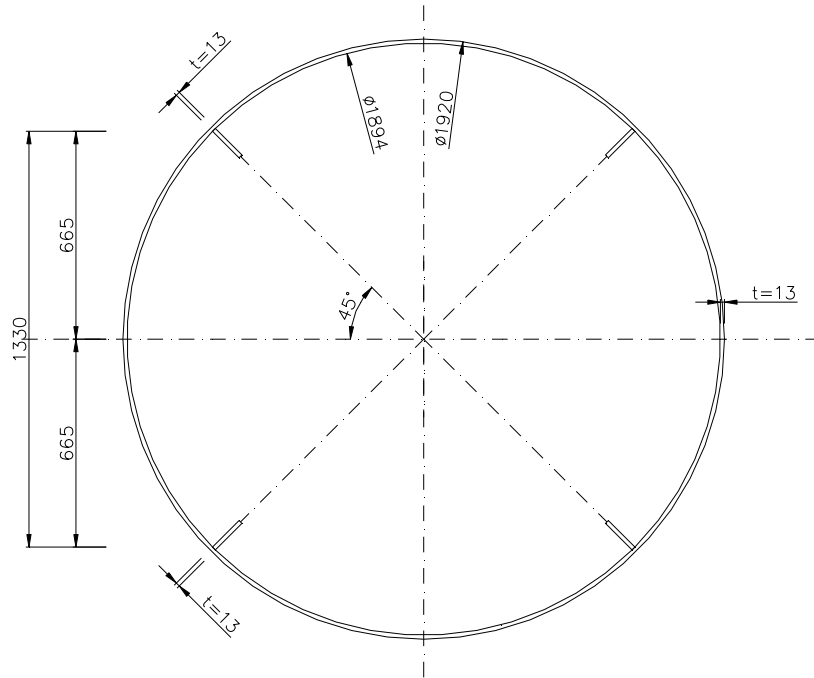
4.12.3 Üst Kutu Alt Kesit Değerleri

$$J = 3.786.427 \text{ cm}^4, \quad W = 39.442 \text{ cm}^3, \quad F = 841 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_x = \mp \frac{46.602.000}{39.442} = \mp 1.182 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.239)$$

$$\sigma_{G+P+Q} = -\frac{145.000}{841} = -172 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.240)$$

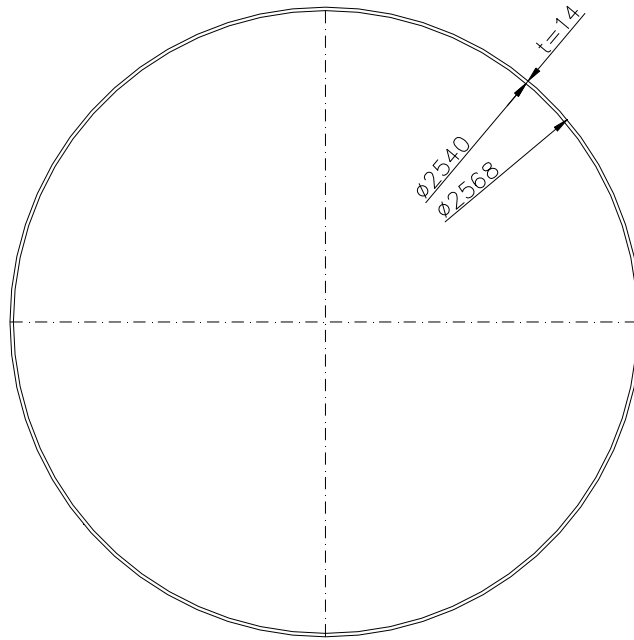
$$\Sigma \sigma = -1.354 \text{ kg / cm}^2 < 1.750 \text{ kg / cm}^2 \quad (\text{Uygun})$$



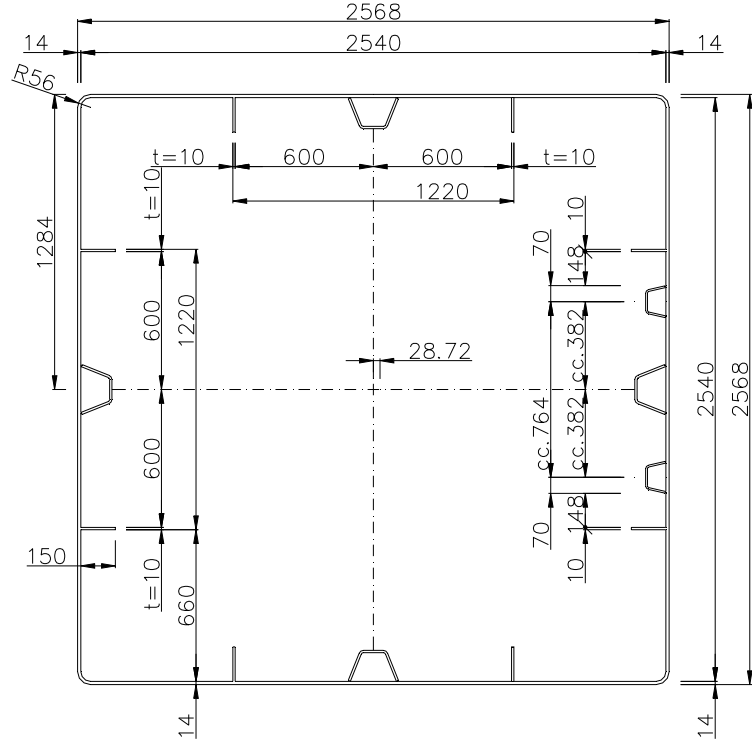
Şekil 4.37: Sabit Kule Üst Kısım Alt Kesiti

Tablo 4.12: Sabit kule üst kısım alt kesitinin fiziksel özellikleri

Alan		84123.223
Atalet Momentleri (Merkezine göre)	X	37864272380.998
	Y	37864272380.998
Kitle Merkezi civarındaki ana moment ve X-Y yönleri	I	37864272380.998
	J	37864272380.998

**Şekil 4.38:** Sabit Kule Alt Kısım Silindir Gövde**Tablo 4.13:** Sabit kule alt kısım silindir gövdenin fiziksel özellikleri

Alan		112330.787
Atalet Momentleri (Merkezine göre)	X	91593288017.344
	Y	91593288017.344
Kitle Merkezi civarındaki ana moment ve X-Y yönleri	I	91593288017.344
	J	91593288017.344



Şekil 4.39: Sabit Kule Portal Kirişe Montaj Kesiti

Tablo 4.14: Sabit kule portal kirişe montaj kesitinin fiziksel özellikleri

Alan		172997.904
Atalet Momentleri (Merkezine göre)	X	175578660488.693
	Y	180858910819.656
Kitle Merkezi civarındaki ana moment ve X-Y yönleri	I	175578660488.693
	J	180858910819.636

4.13 Rüzgar ve Dönüş Direnci ile Sabit Hızda Dönüş Gücü

Toplam Rüzgar Momenti: $\Sigma M_R = 18.825 \text{ kgm}$ ($V_{RÜZGAR} = 72 \text{ km/h}$, $q = 25 \text{ kg/m}^2$)

Dönüş Direnci Momenti: $\Sigma M_T = 466 \text{ kgm}$

$$\Sigma M = 19.291 \text{ kgm}$$

$$P_{Dış} = \frac{19.291}{\frac{2.867}{2}} = 13.458 \text{ kg} \quad (4.241)$$

(2.867mm fener dişli taksimat dairesi çapıdır.)

$$M_{\text{RedÇıkış}} = 13.458 \times 0,144 = 1.938 \text{kgm} \quad (4.242)$$

$$i_K = 147,075$$

$$n_{KULE} = 0,668 \text{dev} / dk$$

$$M_{\text{mot1}} = 716,2 \times \frac{10 \times 1,5}{0,668} = 10.721 \times 1,5 = 16.082 \text{kgm} \quad (4.243)$$

$$M_{\text{mot2}} = 716,2 \times \frac{15 \times 1,5}{1} = 10.743 \times 1,5 = 16.114 \text{kgm} \quad (4.244)$$

Rüzgar: 50km/h olursa; q=12,5kg/m²

$$\Sigma M_R = \frac{18.825}{2} + 466 = 9.879 \text{kgm} \quad (4.245)$$

$$M_{\text{mot1}} = 716,2 \times \frac{10 \times 1,7}{0,668} = 18.227 \text{kgm} \quad (4.246)$$

$$M_{\text{mot2}} = 716,2 \times \frac{15 \times 1,7}{1} = 10.743 \times 1,7 = 18.263 \text{kgm} \quad (4.247)$$

Redüktör Giriş Mili Kontrolü:

$$M_b = 71.620 \cdot \frac{15 \times 1,7}{1.460} = 1.251 \text{kgcm} \quad (\text{Ø37 mil 4140 malzeme}) \quad (4.248)$$

$$\tau = \frac{16 \times 1.251}{\pi \times 3,7^3} = 126 \text{kg} / \text{cm}^2 \quad (\text{Emniyetli}) \quad (4.249)$$

4.14 Jib Kren Dönüş Sistemi Hesabı (R=50m, Q=5ton)

Dönüş sistemi yükleri: 25kg/m², c=0,7 (boru), c=2,5 (yük), c=1,6 (mak. d.)

4.14.1 Ok Rüzgarı

$$F_1 = (3 \times 50 \times 0,17 + 0,10 \times 70) \cdot 0,7 \times 25 = 569 \text{kg} \quad (4.250)$$

$$M_1 = 25 \times 569 = 14.225 \text{kgm} \quad (4.251)$$

4.14.2 Yük Rüzgarı (5 ton yük için)

$$F_2 = \frac{5}{2} \times 25 \times 2,5 = 156 \text{kg} \quad (4.252)$$

$$M_2 = 50 \times 156 = 7.800 \text{kgm} \quad (4.253)$$

$$20 \text{ ton yük için: } F'_2 = \frac{20}{2} \times 25 \times 2,5 = 624 \text{kg} \quad (4.254)$$

4.14.3 Makine Dairesi Rüzgarı

$$F_3 = 20 \times 1,6 \times 25 = 800 \text{kg} \quad (4.255)$$

$$M_3 = -4 \times 800 = -3.200 \text{kgm} \quad (4.256)$$

4.14.4 Toplam Rüzgar Momenti

$$\Sigma M = 14.225 + 7.800 - 3.200 = 18.825 \text{kgm} \quad (4.257)$$

4.14.5 Atalet Tesirinden Gelen Moment

$M_y = 22.656 \text{kgm}$ (İvmelenme ve frenleme sırasında oluşan kuvvetlerden oluşmaktadır.)

4.14.6 Toplam Dönme Momenti

$$\Sigma M_b = 18.825 + 22.656 = 41.481 \text{kgm} \quad (\text{Rüzgarlı ivmelenirken moment}) \quad (4.258)$$

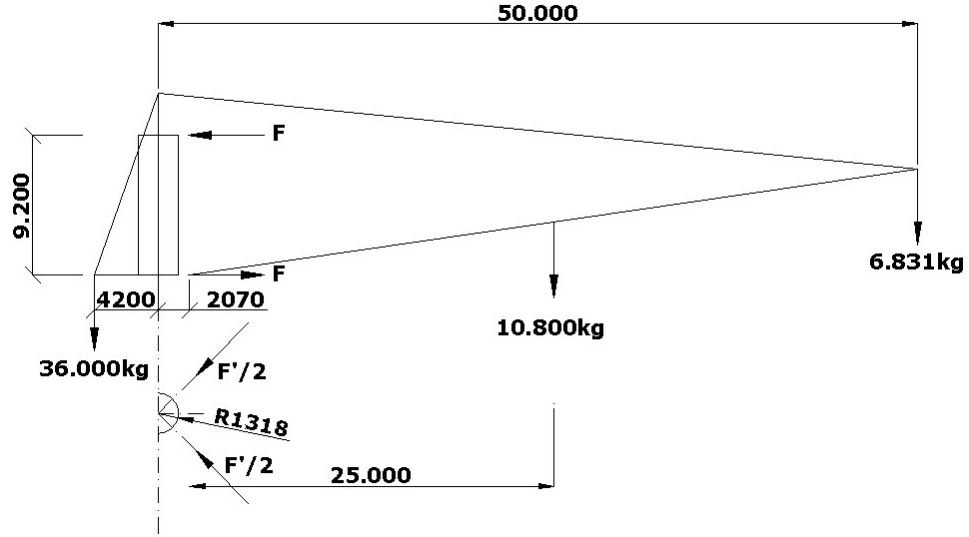
4.15 İvmelenme Dışında Dönme Direnci

4.15.1 Çalışma Rüzgarı Momenti

$$M_{R1} = 18.825 \text{kg} \quad (4.259)$$

4.15.2 Dönüş Tekerlekleri Direnci

Ø400 mm tekerlek (Rulmanlı) : $\omega_r = 5 \text{kg} / \text{ton}$



Şekil 4.40: Dönüş sistemindeki kuvvetler

$$M = 10.800 \times 25 + 6.831 \times 50 - 36.000 \times 4,2 = 460.350 \text{kgm} \quad (4.260)$$

$$F = \frac{M}{9,2} = 50.038 \text{kg} \quad (4.261)$$

$$F' = \frac{F}{\cos 45^\circ} = 70.764 \text{kg} \quad (4.262)$$

$$W_p = 5 \times 70,764 = 354 \text{kg} \quad (4.263)$$

$$M_{R2} = 1,318 \times 354 = 466 \text{kgm} \quad (4.264)$$

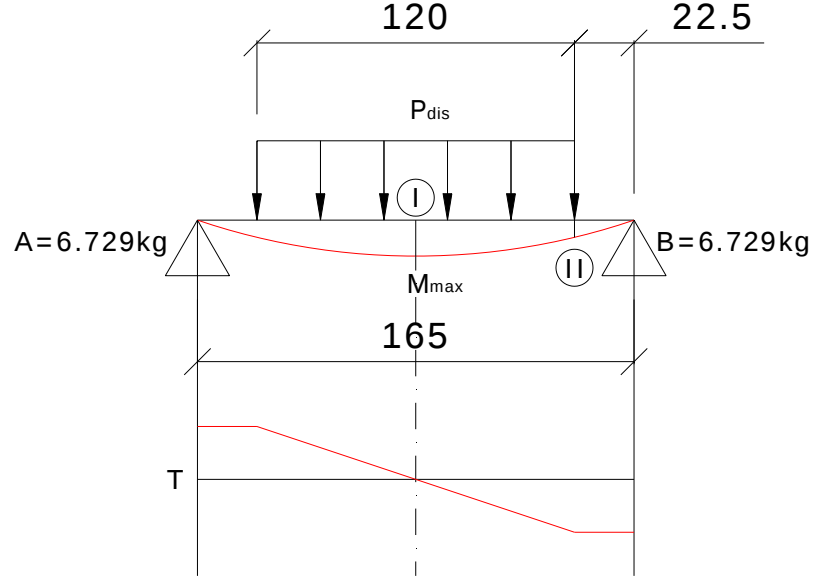
4.15.3 Toplam Dönüş Direnci Momenti ve Dişli Kuvveti

$$\Sigma M = M_{R1} + M_{R2} = 19.291 \text{kgm} \quad (4.265)$$

$$P_{Diş} = \frac{18.294}{\frac{2,867}{2}} = 13.458 \text{kg} \quad (4.266)$$

4.15.4 Perno Kontrolü

Ø57 Perno, $W_{eğ} = 18,52 \text{cm}^3$, $F = 25,5 \text{cm}^2$



Şekil 4.41: Pernoya etkiyen kuvvetler

2. Kesitin Kontrolü:

$$M_2 = 2,25 \times 6.729 = 15.140 \text{ kgcm} \quad (4.267)$$

$$\sigma_{e\check{g}2} = \mp \frac{15.140}{18,52} = \mp 818 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.268)$$

$$\tau = \frac{6.729}{25,5} = 264 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.269)$$

$$\sigma_{cp} = 937 \text{ kg / cm}^2 \quad (\text{Uygun})$$

İvmelenme sırasında kuvvetin tek dişe bindiği düşünülürse sistem emniyetsiz kalır.

$$(41.481 + 466) / 19.291 = 2,174 \text{ kat direnç momenti artar.}$$

$$\text{Eğilme momenti de aynı oranda artarak: } \sigma_{e\check{g}} = 1.908 \times 2,174 = 4.149 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.270)$$

Pimlerin malzemesi 42CrMo4 seçersek;

2. Hal için :

$$\sigma_{em} = 4.000 \text{ kg / cm}^2$$

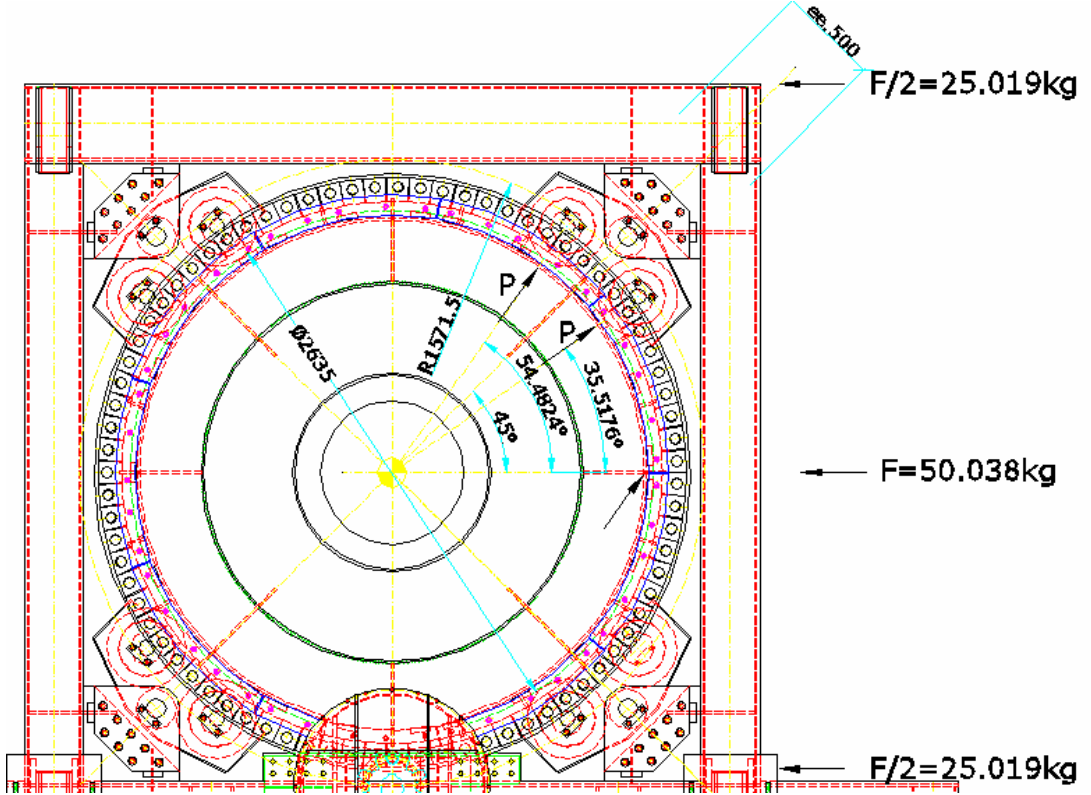
$$\tau_{em} = 3.200 \text{ kg / cm}^2 \quad \text{olur.}$$

4.16 Dönüş Tekerleği Hesabı

$$M = 460.350 \text{ kgm} \quad (\text{Sayfa 75'ten})$$

$$F = \frac{M}{9,2} = 50.038 \text{ kg} \quad (4.271)$$

$$\frac{F}{2} = \frac{50.038}{2} = 25.019 \text{ kg} \quad (4.272)$$



Şekil 4.42: Dönüş tekerleğine etkiyen kuvvetler

$$P \times (\cos 54,4824^\circ + \cos 35,5176^\circ) = 25.019 \text{ kg} \quad (4.273)$$

$$P = 17.936 \text{ kg}$$

4.16.1 Ok 50m Radius'da iken Etkiyen Maksimum Kuvvet

$$M_{\max} = 10.000 \times 25 + 5.500 \times 50 - 36.000 \times 4,2 = 373.800 \text{ kgm} \quad (4.274)$$

$$F_{\max} = \frac{M}{9,2} = 40.630 \text{ kg} \quad (4.275)$$

4.16.2 Ok 12,5m Radius'da iken Etkiyen Kuvvet

$$M_{\min} = 10.000 \times 6,25 + 500 \times 12,5 - 36.000 \times 4,2 = -82.450 \text{ kg} \quad (4.276)$$

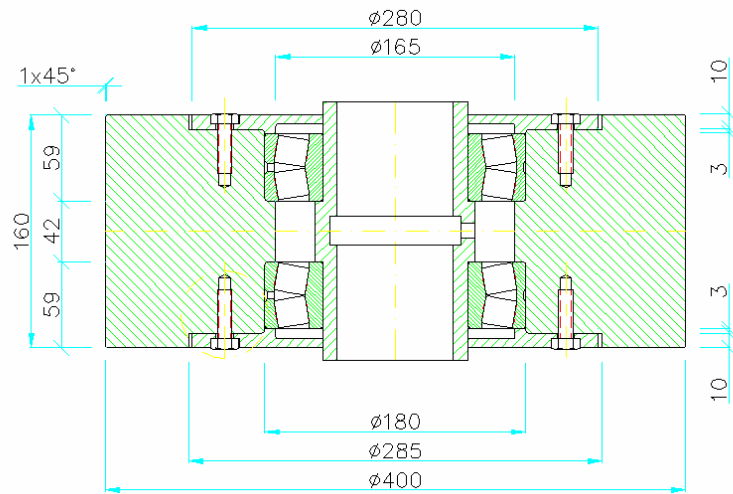
$$F_{\min} = 0 \quad (4.277)$$

$$F_{ORT} = \frac{2 \times F_{\max} + F_{\min}}{3} = \frac{2 \times 40.630 + 0}{3} = 27.087 \text{ kg} \quad (4.278)$$

$$P_{ORT} = \frac{F_{ORT}}{F} \times P = \frac{27.037}{50.038} \times 17.936 = 9.709 kg \quad (4.279)$$

Ø400mm Tekerlek için:

b = 150mm, Malzeme: 4140



Şekil 4.43: Ø400 Tekerlek

$$V_{TKR} = \frac{\pi \times d}{n} = \frac{\pi \times 2,635}{1} = 8,278m/dak \quad (4.280)$$

Tekerlek rulmanları: 2 adet 22220 tip,

$$C = 31.100kg, C_o = 41.500kg \quad (\text{Emniyetli})$$

C₁ değeri F.E.M tablosundan (T.4.2.4.1.4.b) 400mm çaplı tekerleğe göre en düşük hız olan 10m/dak için 1,14 olarak belirtilmiştir.

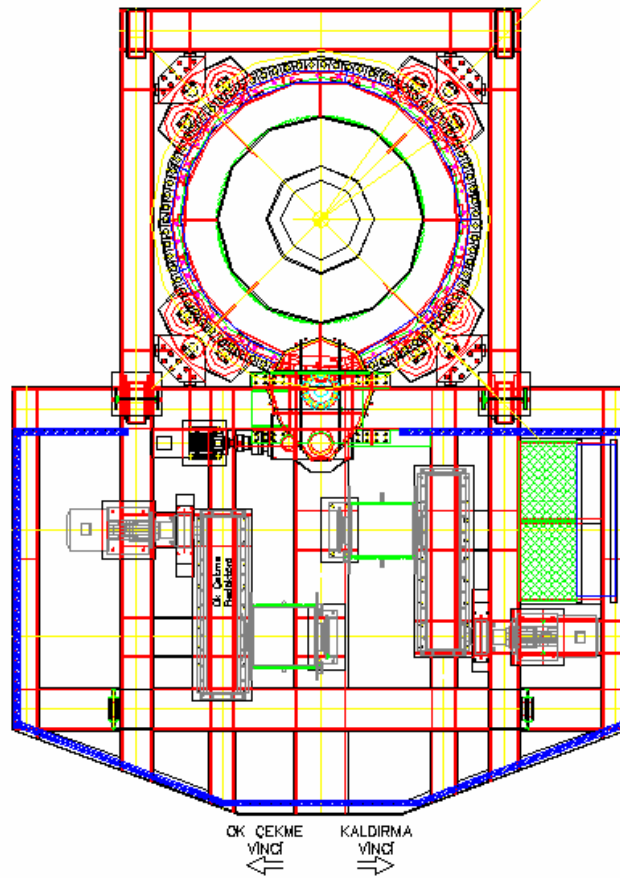
C₂ değeri ise dönüş grubunun F.E.M'e göre sınıflandırılmasından bulunmaktadır. Sayfa 7'de Tablo 1.3'de gruplandırılma gösterilmiştir. M5'e göre C₂ katsayısının değeri 1 olarak gözükmektedir. (T.4.2.4.1.5.)

$$\frac{P_{ORT}}{b \times D} \leq P_L \cdot C_1 \cdot C_2 \quad (4.281)$$

$$\frac{9.709}{150 \times 400} \leq 0,72 \times 1,14 \times 1 \Rightarrow 0,162 \leq 1,015 \quad (4.282)$$

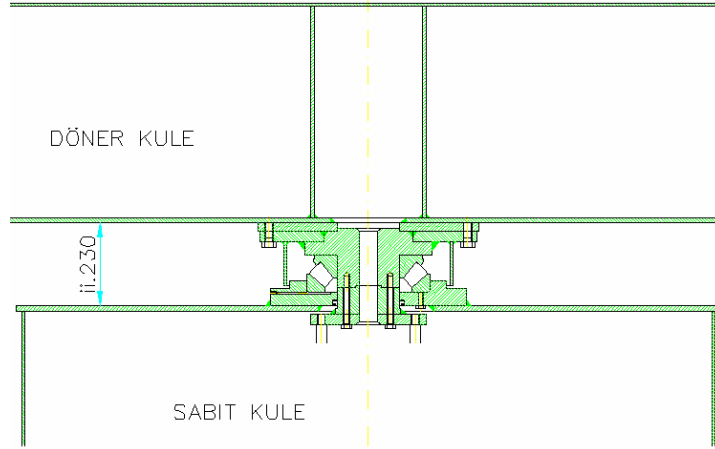
P_L (N/mm^2) : Basınç değeri ise tekerlek malzemesine göre belirlenir.

$\sigma_R > 800 N/mm^2$ için: $P_L = 7,2 N/mm^2$



Şekil 4.44: Kaldırma ve Ok Çekme Vinci ve Dönüş Bojileri Montaj Planı

4.17 Tepe Rulmanı Kontrolü



Şekil 4.45: Tepe Yatağının Konumu

$$F_R = 50.038kg \quad (4.283)$$

Tablo 4.15 Toplam F_a değerinin bulunması

Döner Kule + Boom + Halat + Kabin + vs...	$\times 1,08$	= 56.160kg
Yük + Kanca	$\times 1,242$	= 25.461kg
Karşı Ağırlık + Vinçler	$\times 1,08$	=38.880kg
		$F_a = 120.501kg$

$$\frac{F_r}{F_a} = \frac{50.039kg}{120.501kg} = 0,415 < 0,55 \quad (4.284)$$

4.17.1 Dinamik Eşdeğer Yük

$$P = F_a + 1,2.F_r = 120.501 + 1,2 \times 50.038 = 180.547kg < C_{din} = 220.000kg \quad (4.285)$$

4.17.2 Statik Eşdeğer Yük

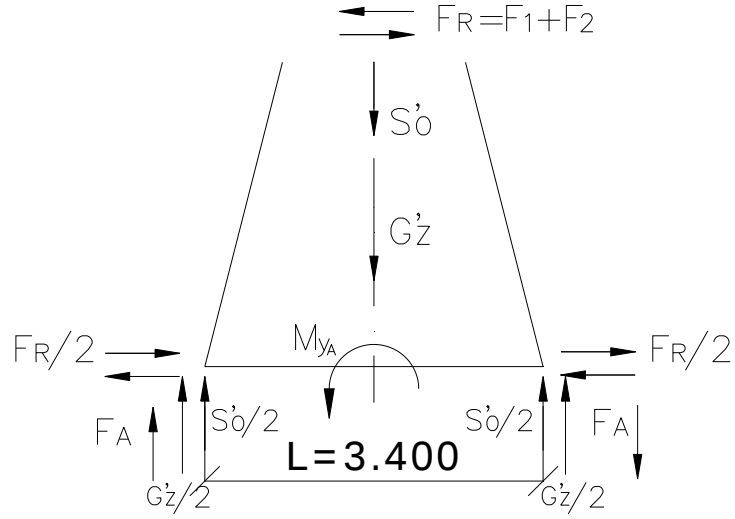
$$P_o = F_a + 2,7.F_r = 120.501 + 2,7 \times 50.038 = 255.604kg < C_{o.STATIT} = 640.000kg \quad (4.286)$$

Rulman: 29434 tip kullanılacaktır.

Yukarıdaki değerler 950d/dk değerleridir; fakat bizim dönüş hızımız 1dev/dk'dır.

Ayrıca kren yüksüz iken değerler düşmektedir, bu faktör de dikkate alınmamıştır.

4.18 Jib Kren Ok Dip Kısmı Yatak Yükleri



Şekil 4.46: Ok dip kısmı yatak yükleri

$$\text{Rüzgar Momenti: } M_1 + M_2 = 14.225 + 7.800 = 22.025 \text{kgm} \quad (4.287)$$

$$M_{ya} = 31.920 \text{kgm}$$

$$\Sigma M_{ya} = 22.025 + 31.920 = 53.945 \text{kgm} \quad (4.288)$$

$$F_A = \frac{\Sigma M_{ya}}{L} = \mp \frac{53.945}{3,4} = \mp 15.866 \text{kg} \quad (4.289)$$

$$S'_0 = -1,08 \times 80.090 = -86.497 \text{kg} \quad (4.290)$$

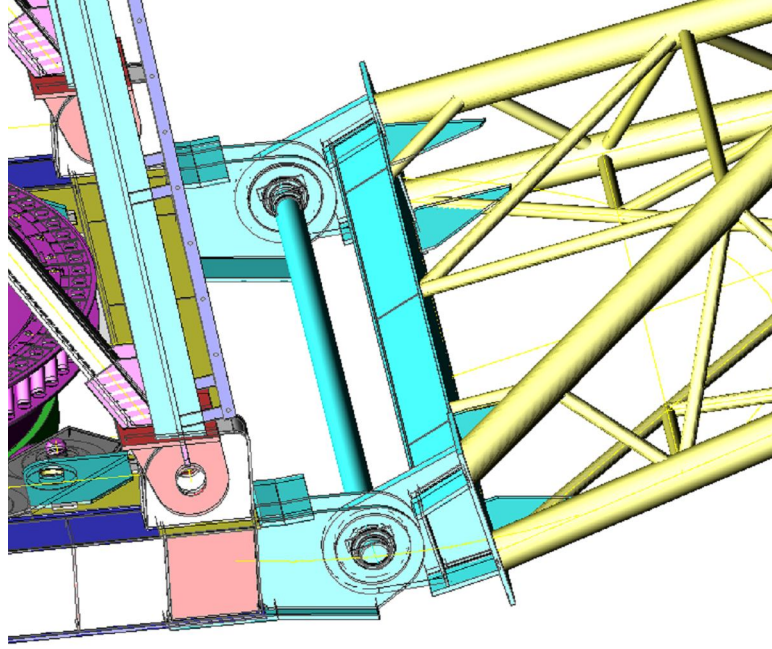
$$G'_Z = -1,08 \times 9.468 = -10.225 \text{kg} \quad (4.291)$$

$$\Sigma P = \mp F_A + \frac{S'_0 + G'_Z}{2} = \mp 15.866 + \left(\frac{-86.497 + 10.025}{2} \right) \quad (4.292)$$

$$\Sigma P_1 = -64.127 \text{kg} , \quad \Sigma P_2 = -32.395 \text{kg}$$

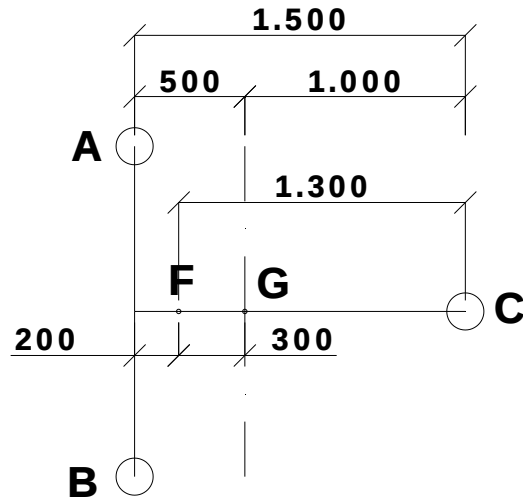
$$F_R = F_{1A} + F_{2A} + F_{1R} + F_{2R} = \mp 545 \mp 180 \mp 569 \mp 156 = \mp 1.450 \text{kg} \quad (4.293)$$

$$\frac{F_R}{2} = \pm 725 \text{kg} \quad (4.294)$$



Şekil 4.47: JIB Kren ok dip kısmı

4.19 Jib Kren Ok Dip Kısım Kontrolü

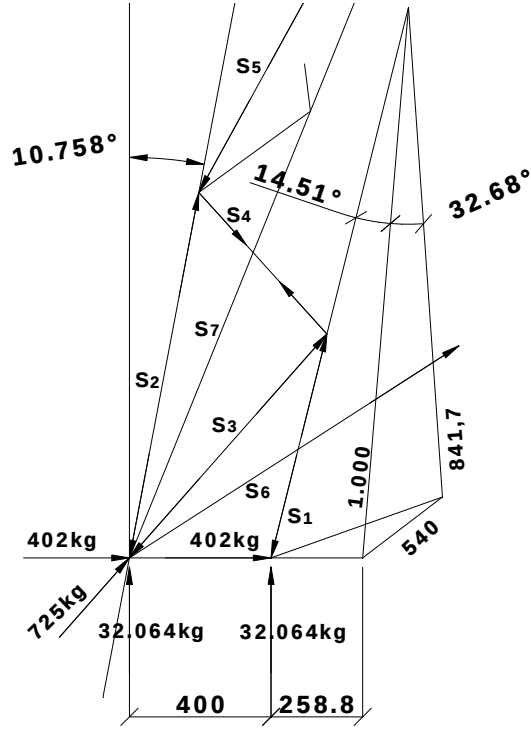


Şekil 4.48: Ok dip kısmı kesiti

$$P_1 = 64.127kg, \quad A_1 = \frac{1.300}{1.500} \times 64.127 = 55.577kg, \quad C_1 = 8.550kg \quad (4.295)$$

$$P_2 = 32.395kg, \quad B_2 = \frac{1.300}{1.500} \times 32.395 = 28.076kg, \quad C_2 = 4.319kg \quad (4.296)$$

$$\Sigma C = 12.869kg \quad (4.297)$$



Şekil 4.49: Ok dip kısmına etkiyen yükler

$$S_1 = -\frac{1.033}{258} \times 402 - \frac{1.033}{841.7} \times 32.064 = -40.961 \text{ kg} \quad (4.298)$$

$$S_2 = -\frac{32.064}{\cos 10.758} = -32.638 \text{ kg} \quad (4.299)$$

$$S_3 = -\frac{6.427}{503} \times 402 = -514 \text{ kg} \quad (4.300)$$

Ok yatık durumda iken S_3 değeri maksimum olur.

$$S_3 = -\frac{642.7}{503} \times 1.08 \times 1.250 = -1.725 \text{ kg} \quad (4.301)$$

S_1 ile Gerilme Kontrolü:

$$w = 1.08 \quad F = 40.3 \text{ cm}^2 \quad \sigma_1 = -\frac{1.08 \times 40.961}{40.3} = -1.098 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.302)$$

S_3 ile Gerilme Kontrolü:

$$w = 2.52 \quad F = 8.96 \text{ cm}^2 \quad \sigma_3 = -\frac{2.52 \times 1.725}{8.96} = -485 \text{ kg / cm}^2 \quad (\text{Uygundur.}) \quad (4.303)$$

$$M_y = \mp 23,4 \times 725 = \mp 16.965 \text{ kgcm} \quad (4.305)$$

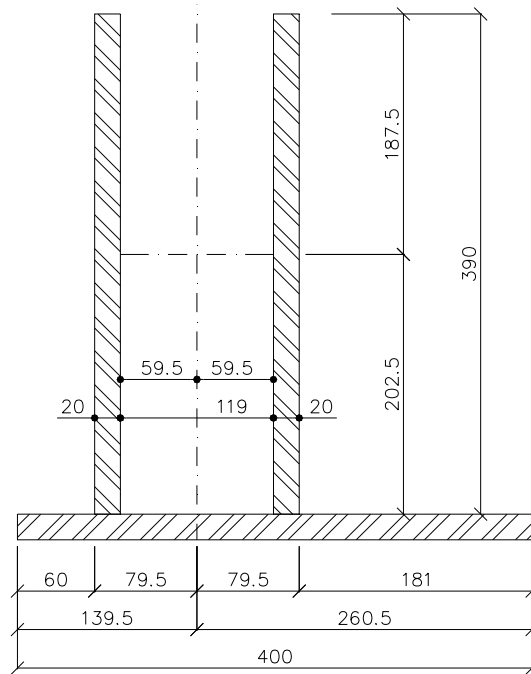
$$J_x = 52.586 \text{ cm}^4, \quad W_{x1} = 1.871 \text{ cm}^3, \quad \sigma_{x1} = -875 \text{ kg / cm}^2$$

$$J_y = 19.183 \text{ cm}^4, \quad W_{y1} = 1.937 \text{ cm}^3, \quad \sigma_{y1} = \mp 9 \text{ kg / cm}^2$$

$$\Sigma \sigma_1 = -882 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.306)$$

$$\tau = \frac{70.000}{42 \times 2 \times 2} = 417 \text{ kg / cm}^2 \quad (4.307)$$

$$\sigma_{cp1} = 1.140 \text{ kg / cm}^2 < 1.750 \text{ kg / cm}^2 \quad (\text{Uygun})$$



Şekil 4.52: Dönüş Platformu Montaj Kesiti

Tablo 4.16: Dönüş platformu montaj kesitinin fiziksel özellikleri

Alan		24799.46
Atalet Momentleri (Merkezine göre)	X	509481038.07
	Y	208208248.83
Kitle Merkezi civarındaki ana moment ve X-Y yönleri	I	191830062.27
	J	525859200.86

4.21 Ok Dibi Mafsal Yatağı Hesabı

$$F_{r.\max} = 70.000kg, \quad F_{a.\max} = 725kg, \quad F_r \leq 0,1, \quad q_1 = \%20$$

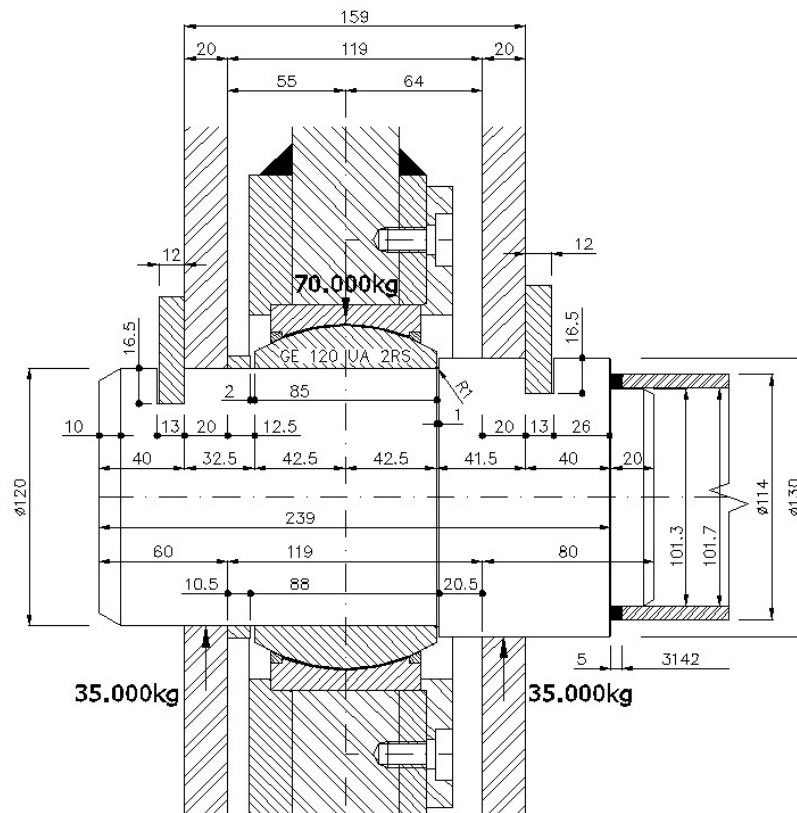
$$F_{r.ort} = 35.000kg, \quad F_{a.ort} = 370kg, \quad x=1, \quad y=0,8, \quad q_2 = \%20$$

$$F_{r,\min} = 20.000kg, \quad F_{a,\min} = 200kg, \quad q_3 = \%60$$

$$P_{\max} = x \cdot F_{r,\max} + y \cdot F_{a,\max} = 1 \times 70.000 + 0,8 \times 725 = 70.580 \text{ kg} \quad (4.308)$$

$$P = \sqrt{P_1^2 \cdot \frac{q_1}{100} + P_2^2 \cdot \frac{q_2}{100} + P_3^2 \cdot \frac{q_3}{100}} \quad (4.309)$$

$$= \sqrt{700^2 \times 0,20 + 350^2 \times 0,20 + 200^2 \times 0,60} = 383kN \cong 38.300kg \quad (4.310)$$



Şekil 4.53: Mafsal yatağı

$$M = 3,6 \times 35.000 = 126.000 \text{ kgcm} \quad (4.311)$$

$$W = \frac{12^3}{10} = 172,8 \text{ cm}^3 \quad (4.312)$$

$$\sigma_{e\check{g}} = \frac{126.000}{172,8} = \mp 729 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (4.313)$$

$$\tau = \frac{4.T}{3.Q} = \frac{4 \times 35.000}{3 \times \sigma_e^2 \times \pi} = 413 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (4.314)$$

$$\sigma_{cp} = 1.021 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (\text{C1040 malzemesi kullanılabilir.})$$

Bakım istemeyen FAG mafsal yatak: Ø120/180x85 (C=134.000kg, C₀=270.000kg)

$$\text{Aradaki ölçü: } 115 \text{ mm olursa: } M = 4,6 \times 35.000 = 161.000 \text{ kgcm} \quad (4.315)$$

$$\sigma_{e\check{g}} = \mp 932 \text{ kg} / \text{cm}^2, \quad \tau = 413 \text{ kg} / \text{cm}^2, \quad \sigma_{cp} = 1.175 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (\text{Uygun})$$

4.22 Ok 50m Radius'da iken 5 Ton Yükle Hesaplar

4.22.1 Yükleler

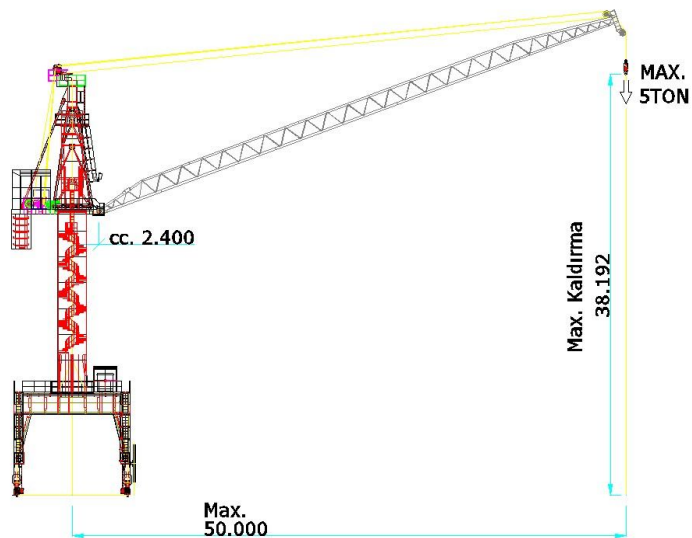
Halat = 240kg, Kanca = 350kg, Yükle = 5.000kg, Toplam = 5.590kg $\cong$ 5.600kg

$$5.600 \times 1,242 = 6.955 \text{ kg} \quad (4.316)$$

4.22.2 Vento ve Kaldırma Halatları yarı yükü

$$6 \times 50 \times 3 \times \frac{1}{2} = 450 \text{ kg} \quad (4.317)$$

$$450 \times 1,08 = 486 \text{ kg} \quad (4.318)$$



Şekil 4.54: Ok 50m Radius'da

4.22.3 Moment Hesabı

Boom'un uç noktasındaki toplam yük: 6.955kg (Uç noktasının boom mafsal eksenine uzaklığı: 50-2,4=47,6m)

$$\text{Merkez noktası: } \frac{47,6}{2} = 23,8m$$

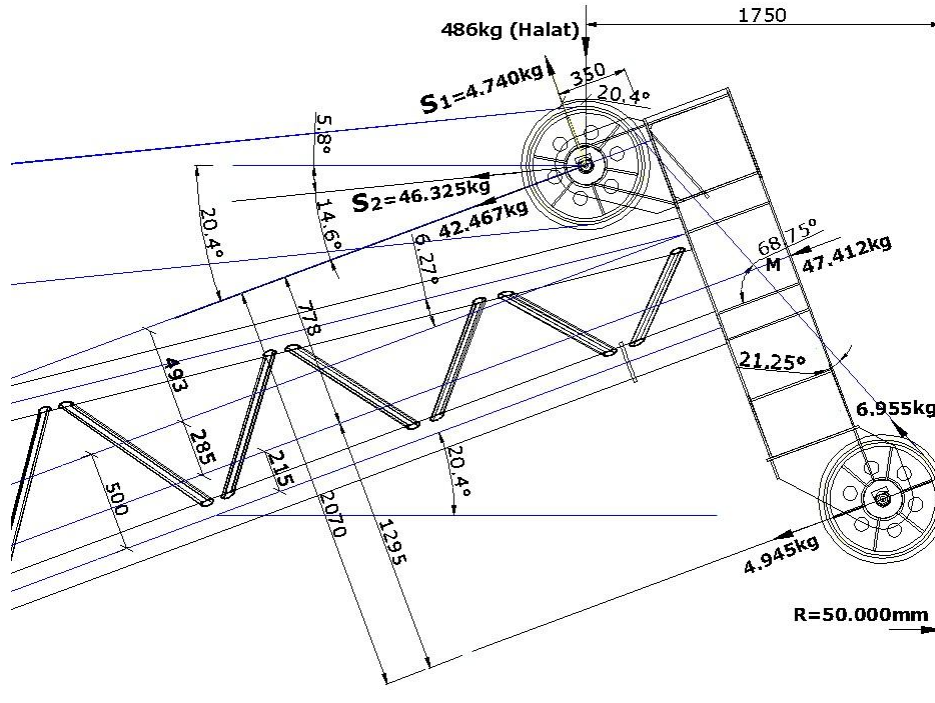
47,6 – 1,75 = 45,85m (Boom'un ucundaki üst makara ekseninin mafsal noktasına uzaklığı)

$$M_x = 47,6 \times 6.955 + 23,8 \times 10.800 + 45,85 \times 486 = 610.381kgm \quad (4.319)$$

$$S = \frac{M}{13,176} = 46.325kg \quad (4.320)$$

$$S_2 = 46.325 - 6.955 = 39.370kg \quad (4.321)$$

$$T = \frac{S_2}{4} = 9.843kg \quad (4.322)$$



Şekil 4.55: Üstteki Makara Eksenindeki Kuvvetler

4.22.4 Üstteki Makara Eksenindeki Kuvvetler

$$S_1 = 46.325 \times \sin 14,6^\circ - 486 \times \cos 20,4^\circ - 6.955 \times \sin 68,75^\circ = 4.740kg \quad (4.323)$$

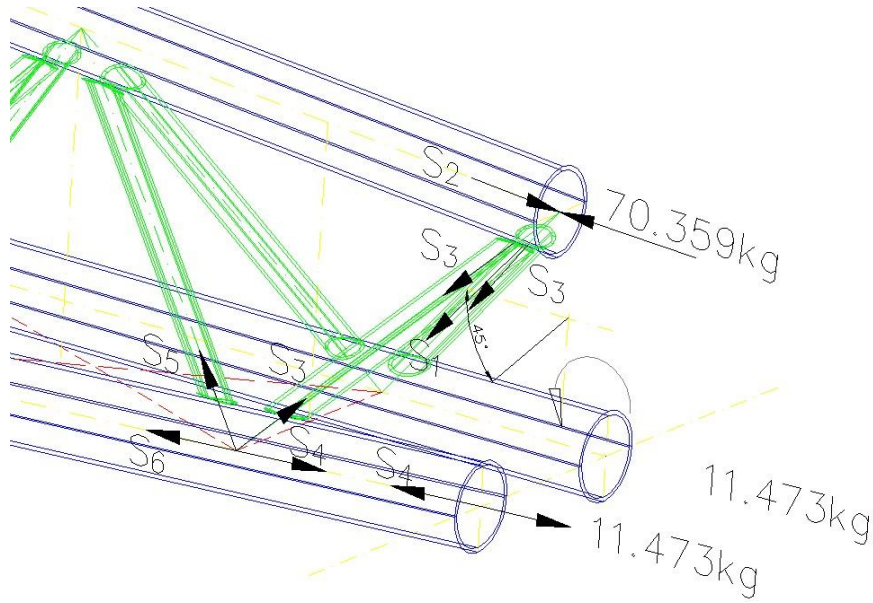
$$S_2 = 46.325 \times \cos 14,6^\circ + 486 \times \sin 20,4^\circ - 6.955 \times \cos 68,75^\circ = 42.467 \text{ kg} \quad (4.324)$$

$$S' = -\frac{70.308}{\cos 6,27^\circ} = -70.731kg \quad (4.333)$$

$$\sigma = -\frac{70.731}{36} = -1.965kg/cm^2 > 1.950kg/cm^2 \quad (t = 7,1) \quad (4.334)$$

$$\sigma' = -\frac{70.731}{54,4} = -1.300kg/cm^2 < 1.950kg/cm^2 \quad (4.335)$$

4.23 Ok Ucu Yan Yüz Birinci Çapraz Kontrolü



Şekil 4.57: Boom ucu çapraz kontrolü

$$S_2 \times \cos 6,27^\circ + S_1 \times \cos 45^\circ = 70.359kg \quad (4.336)$$

$$S_2 \times \sin 6,27^\circ = S_1 \times \sin 45^\circ \quad (4.337)$$

$$S_2 = 6,4745.S_1$$

$$6,4745.S_1 \times \cos 6,27^\circ + S_1 \times \cos 45^\circ = 70.359kg \quad (4.338)$$

$$7,143.S_1 = 70.359kg$$

$$S_1 = -9.850kg \quad (4.339)$$

$$S_2 = -63.774kg \quad (4.340)$$

$$S_3 = \frac{S_1}{2 \times \cos 18^\circ} = -5.178kg \quad (4.341)$$

$$S_4 = \frac{11.473}{\cos 3,88^\circ} = 11.499kg \quad (S_6 < S_4) \quad (4.342)$$

$$\varnothing 60,3mm, \quad t = 5, \quad F = 8,69cm^2, \quad i = 1,96cm$$

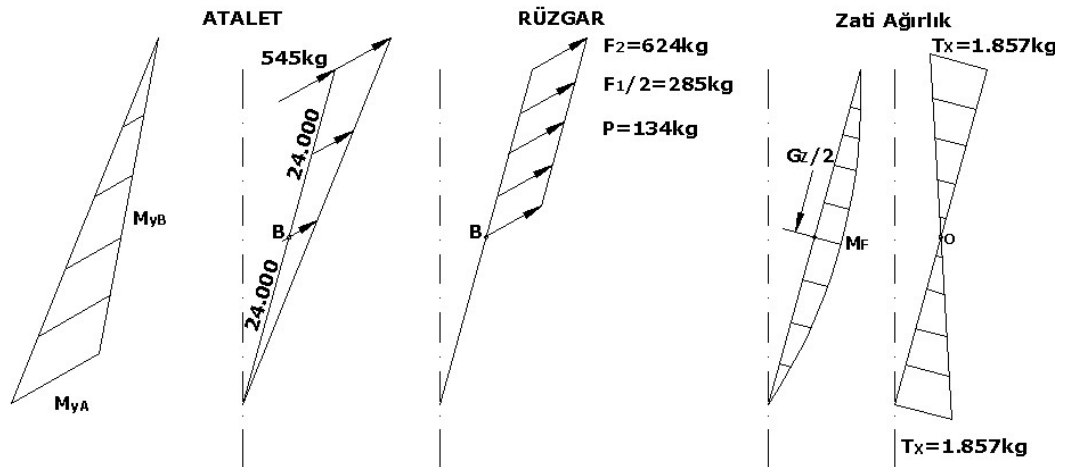
$$l_{kr} = 74cm$$

$$\lambda = \frac{74}{1,96} = 38, \quad w = 1,08 \text{ (St 42) ile kontrol yapılmıştır.} \quad (4.343)$$

$$\sigma_{\dot{U}ST} = -\frac{1,08 \times 5.178}{8,69} = -644kg/cm^2 < 1.950kg/cm^2 \text{ (Uygundur)} \quad (4.344)$$

4.24 Jib Kren Ok Orta Kesit Kontrolü

2. Yükleme hali (Rüzgarlı): $\sigma = 2.700kg/cm^2$



Şekil 4.58: Boom orta kesitinde oluşan kuvvetler

$$M_{yB} = 15.147kgm \quad (4.345)$$

Orta kesitte:

$$S = S_0 + \frac{G_z}{2} = -\left(75.356 + \frac{9.468}{2}\right) = -80.090kg \quad (4.346)$$

$$M_F = -20.743kgm \quad (4.347)$$

$$\frac{G_z}{2} = -4.734kg \quad (4.348)$$

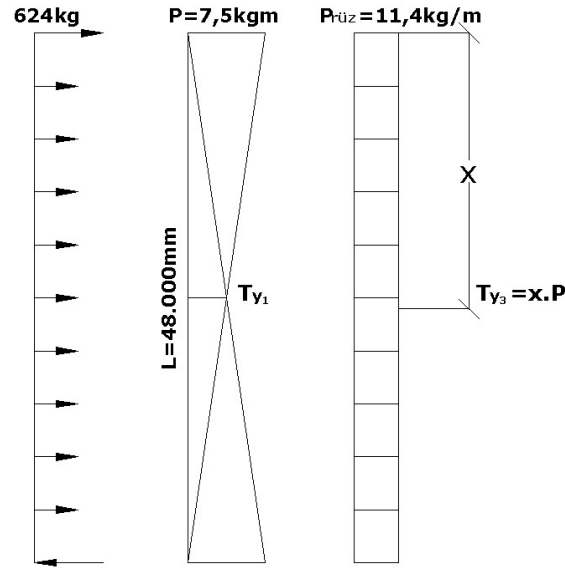
$$\frac{G_x}{2} = 1.610kg \quad (4.349)$$

$$M_{R\ddot{U}Z} = 624 \times 24 + 285 \times 12 = 18.396kgm \quad (4.350)$$

$$\Sigma M_y = 18.396 + 15.147 = 33.543kgm \quad (4.351)$$

$$\Sigma M_x = -20.743 + 20.119 = -624kgm, \quad M_{xG} = 20.119kgm \quad (4.352)$$

T_y 'lerin Hesabı:



Şekil 4.59: T_y kuvvetlerinin gösterilmesi

$$P = \frac{1,4}{2,38} \times 12,75 = 7,5kgm \quad (4.353)$$

$$\xi = \frac{x}{L} = \frac{1}{2} \quad (4.354)$$

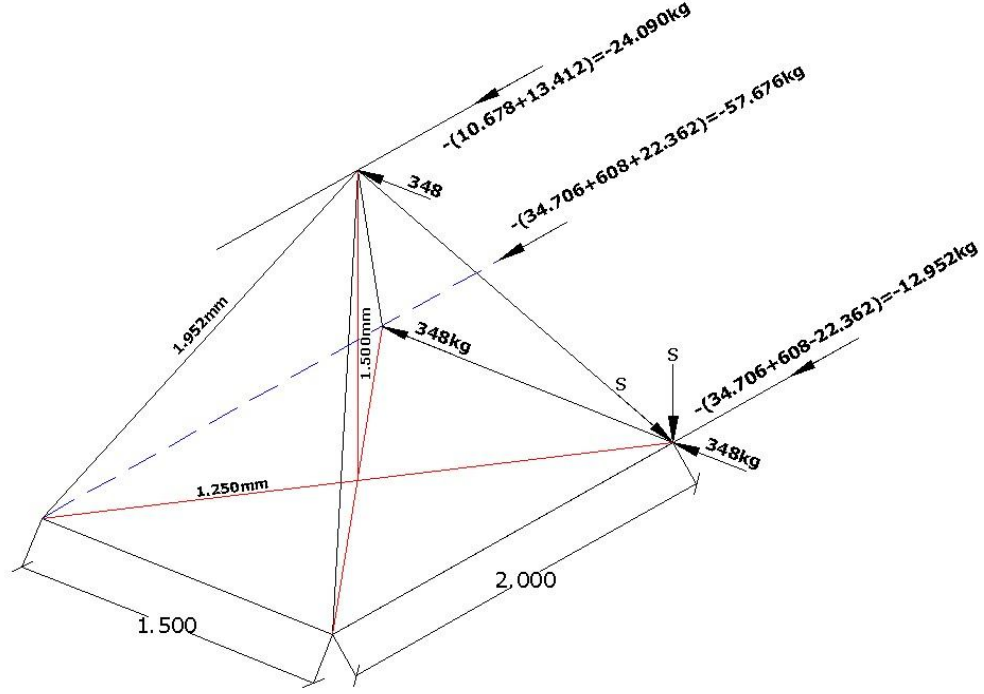
$$T_{y1} = -\frac{P.L}{2} \cdot (2\xi - \xi^2) = \frac{7,5 \times 48}{2} \cdot \left[2 \times \frac{1}{2} - \left(\frac{1}{2} \right)^2 \right] = 135kg \quad (4.355)$$

$$\Sigma T_y = 285 + 135 + 624 = 1.014kg \quad (4.356)$$

$$T_{y2} = 624kg \quad (4.357)$$

$$T_{y3} = x.P = 24 \times 11,4 = 285kg \quad (4.358)$$

$$T_x = 0 \quad (4.359)$$



Şekil 4.60: T_y kuvvetlerinin boom'a etkisi

$$S_1 = 80.090 \times \frac{0,2}{1,5} = 10.678kg \quad (4.360)$$

$$S'_1 = \frac{80.090 - 10.678}{2} = 34.706kg \quad (4.361)$$

$$S_2 = \frac{624}{1,5} = 416kg \quad (4.362)$$

$$S_3 = \frac{33.543}{1,5} = 22.362kg \quad (4.363)$$

$$\frac{\Sigma T_y}{3} = \frac{1.044}{3} = 348kg \quad (4.364)$$

$$S = \frac{1.952}{750} \times \frac{348}{2} = 452kg \quad (4.365)$$

Bütün kuvveti 2 çapraz alırsa;

$$\varnothing 60,3 \quad t = 5mm, \quad F = 8,69cm^2, \quad i = 1,96cm \quad g = 6,82kg/m$$

$$l_{kr} = 250 \times \frac{1.330}{1.500} = 221,7\lambda = \frac{221,7}{1,96} = 113 \quad (4.366)$$

$$w = 3,23 \quad \sigma = -2.700 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad (2. \text{ Hal})$$

$$\sigma = -\frac{3,23 \times S}{8,69} \Rightarrow S = -7.264 \text{ kg} \quad (\text{Yük taşıyabilir}) \quad (4.367)$$

$$l'_{kr} = 195,2 \times \frac{133}{150} = 173 \text{ cm} \quad (4.368)$$

$$\lambda = \frac{173}{1,96} = 88, \quad w = 1,97 \quad (4.369)$$

$$\sigma = \frac{w \times S'}{F} \rightarrow -2.700 = \frac{1,97 \times S'}{8,69} \quad (4.370)$$

$$S' = -11.910 \text{ kg} \quad (4.371)$$

$$g = (2,5 + 4 \times 1,952 + 1,5) \times \frac{133}{150} \times \frac{6,82}{2} = 35,7 \text{ kg} / \text{m} \quad (4.372)$$

Gerçekte $l_{kr} = 0,8.L$ alınırsa değerler daha da artar.

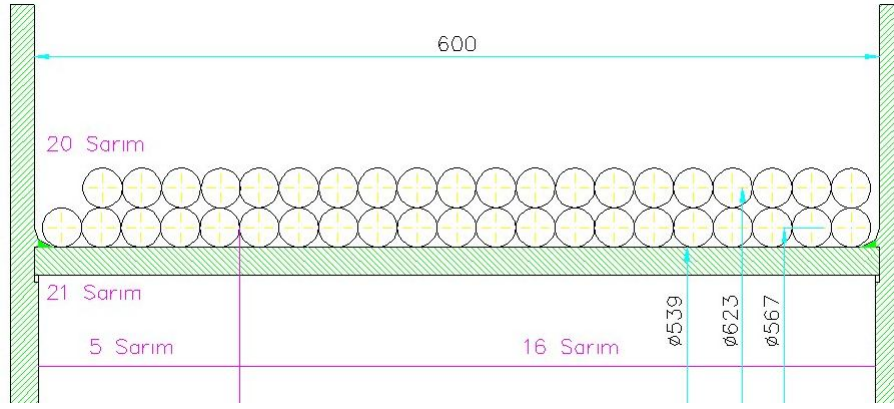
4.25 Kaldırma Redüktörü Hesabı

$$\text{Tambura: } L = 2 \times 71 + 8 = 150 \text{ m} \quad (\text{Ø28mm Halat sarmamız gerekiyor.}) \quad (4.373)$$

$$T = 10.250 \text{ kg} \quad (4.374)$$

$$D_{ort} = \phi 578 \text{ mm}, \quad n_{mot} = 1.478 \text{ dev} / \text{dk}$$

$$L = 0,578 \times \pi \times \frac{600}{28} \times 4 = 152,5 \text{ m} \quad (4.375)$$



Şekil 4.62: Ok çekme vinci tamburunun boyutları

$$\frac{5}{9,982} = 0,5dk \quad (4.380)$$

$$\frac{150}{60} = 2,5dk \quad (2. \text{ dakikada } 2. \text{ sıraya}) \quad (4.381)$$

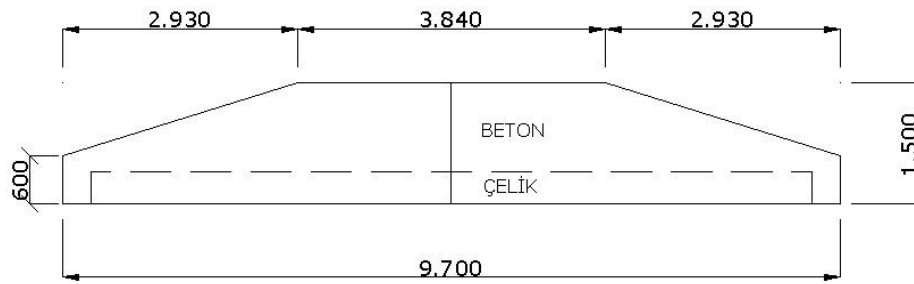
$$2 \times 9,982 = 19,964 \text{ sarım yapar. } (\cong 20 \text{ sarım}) \quad (4.382)$$

$$\pi \cdot [D \times 5 + (D + 56) \times 19,964] = 48.000 \quad (4.383)$$

$$24,964.D + 1.118 = 15.279 \Rightarrow D = 567,3mm \quad (4.384)$$

4.27 Jib Kren Ağırlık Merkezi Hesabı

4.27.1 Baş Kirişin İçine Koyulacak Çelik ve Beton Ağırlıklar



Şekil 4.63: Baş kiriş

Tablo 4.17: Sistem Ağırlığının Bulunması

Hacim	$(9,7 \times 1,5 - 2,93 \times 0,9) \times 0,446 = 5,3m^3$	
Çelik Karşı Ağırlık Hacmi	$\frac{10ton}{8ton / m^3} = 1,25m^3$	
Beton Hacmi	$5,3 - 1,25 \cong 4m^3$	
Beton Ağırlığı	$4 \times 2 = 8 ton/adet$	
2 Kirişin Toplam Ağırlığı	$2 \times (8 + 10) = 36ton$	(r = 0)
Redüktörler	$200 kg/adet \times 8 adet = 1.600kg$	(r = 0)
Karşı Ağırlık ve Vinçler	36.000 kg	(r = -4.200)
M. Dairesi ve Elektrik Panosu	4.500kg	(r = -4.000)
Ok Mafsalı	1.000 kg	(r = 2.400)
Kabin	1.000 kg	(r = 1.600)
Sistem Ağırlığı (Kaynak Dahil)	$109.130 \times 1,03 = 113.000 kg$	

Önemli Not: Ok yatık iken ve döner kulede beton ağırlık yok iken ağırlık merkezi dönüş eksenini olmaktadır.

4.27.2 Ok 20m Radius’da iken Ağırlık Merkezi Hesabı

Not: Ağırlık merkezinden Boom’a doğru olan doğrultu + yön olarak alınmıştır.

Tablo 4.18: Ağırlık merkezi hesabı (20m Radius)

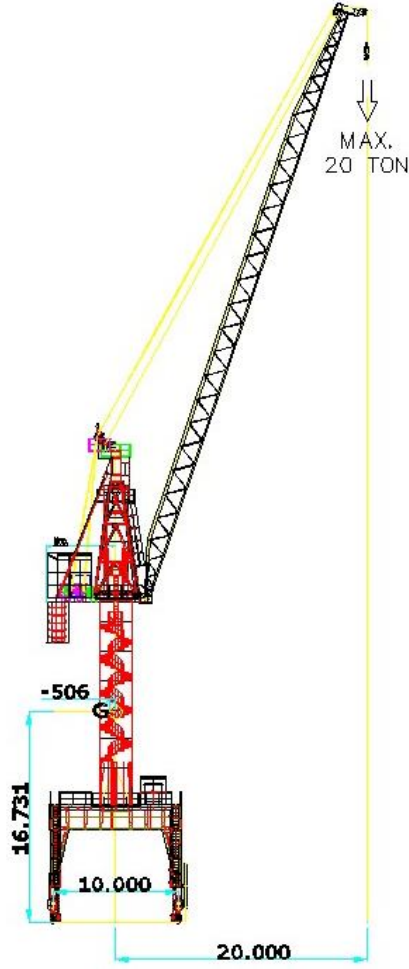
	Ağırlık(G)	h	G x h	r	G x r
Çelik Kon.	113.000kg	18.638	2.106.094.000	597	67.461.000
Çelik Karşı Ağ.	20.000kg	1.500	30.000.000	0	0
Beton Karşı Ağ	16.000kg	2.300	36.800.000	0	0
Yürütme Red.	1.600kg	315	504.000	0	0
Karşı Ağ.+Vinç	36.000kg	24.400	878.400.000	-4.200	-151.200.000
Mak.D.Kaporta	4.500kg	28.000	126.000.000	-4.000	-18.000.000
Ok Mafsalı	1.000kg	26.000	26.000.000	2.400	2.400.000
Kabin	1.000kg	27.000	27.000.000	1.600	1.600.000
Toplam	193.100kg	16.731	3.230.798.000	-506	-97.739.000

Gerçek h ve r değerleri tablodaki gibidir.

Statik Denge Kontrolü:

$$M_{AD} = 15 \times 20.500 \times 1,6 = 492.000kgm \quad (4.385)$$

$$M_{AR} = 5,506 \times 193.100 = 1.063.209 \text{kgm} \quad (2,16 \text{ katı emniyetli}) \quad (4.386)$$

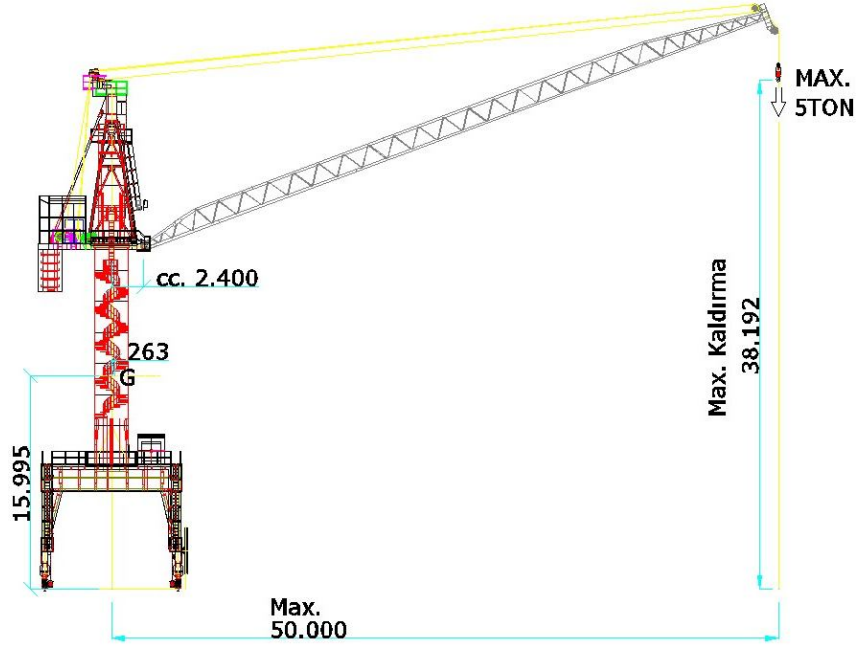


Şekil 4.64: Ok 20m Radius'da iken Ağırlık Merkezi

4.27.3 Ok 50m Radius'da iken Ağırlık Merkezi Hesabı

Tablo 4.19: Ağırlık merkezi hesabı (50m Radius)

	Ağırlık(G)	h	G x h	r	G x r
Çelik Kon.	113.000kg	17.366	1.962.358.000	1.912	216.056.000
Çelik Karşı Ağ.	80.100kg		1.124.704.000		-165.200.000
Beton Karşı Ağ	193.100kg	15.995	3.087.062.000	263	50.856.000



Şekil 4.65: 50m Radius

Statik Denge Kontrolü:

$$M_{AD} = 45 \times 5.500 \times 1,6 = 396.000 \text{kgm} \quad (4.387)$$

$$M_{AR} = 4,737 \times 193.100 = 914.715 \text{kgm} \quad (2,31 \text{ katı emniyeti}) \quad (4.388)$$

$$\text{Gerçek emniyet} = 2,31 \times 1,6 = 3,696 \quad (4.389)$$

Modelden Alınan Değerlere göre Jib Kren Ağırlık Merkezi:

$$\text{Sistem Ağırlığı} = 109.130 \text{kg} \quad (4.390)$$

20m radius'da ray kotunda dönüş merkezine göre koordinatlar:

$$X = 18.638 \text{mm}, \quad Y = 597 \text{mm} \text{ (Boom'a doğru)}$$

50m radius'da ray kotunda dönüş merkezine göre koordinatlar:

$$X = 17.366 \text{mm}, \quad Y = 1.911,5 \text{mm} \text{ (Boom'a doğru)}$$

5. SONLU ELEMANLAR METODU

Çözülmesi uzun zaman alan karmaşık problemlerin, daha basit ve kısa zamanda çözmek için bu problemlere eşdeğer ancak daha basit hale getirilmiş problemlerin çözüme gidilmesi sonlu elemanlar metodunun temelindeki fikirdir. Genellikle, basitleştirmeye gidilmesi sonucunda doğru sonuç yerine, yaklaşık bir sonuç bulunmaktadır. Günümüzde, sonlu elemanlar metodlarının bilgisayarlarda uygulanması sonucunda hemen her problem istenilen ölçüler arasında yaklaşık sonuçlar elde edilmektedir [3].

Sonlu elemanlar metodunda, çözüm bölgesinin çok sayıda sonlu ve birbirine bağlı elemanlardan oluşmaktadır. Çözüme gidilirken, sonlu elemanların hepsi çeşitli teoriler kullanılarak, sınır koşul ve denge denklemlerin tanımlanmasıyla yaklaşık sonuçlar bulunmaktadır.

5.1 Sonlu Elemanlar Metodunun Kısa Tarihi

Günümüzde “Sonlu Elemanlar Metodu” şeklinde bilinen çözüm metodlarının arkasında bulunan temel fikirler yüzyıllar öncesine dayanmaktadır. Örneğin, yüzyıllar öncesinde bilim adamları çemberin çevre uzunluğunu bulmak için çemberin etrafından poligonlar çizerek bulmaktaydılar. Köşe sayısı arttırılan poligon, sonuca daha fazla yaklaştırmaktaydı.

Yakın tarihimizde, sonlu elemanlar metoduna benzer bir yöntem Courant tarafından 1943’te ilk kez ortaya atılmıştır. Bu yöntemde, üçgensel bölgeler üzerinde parçasal sürekli fonksiyonlar tanımlanmaktadır.

Günümüzde bilinen sonlu elemanlar metodu ise, 1956 yılında Turner, Clough, Martin ve Top tarafından sunulmuştur. Bu çalışmada, perçin bağlantılı profil ve üçgensel iç gerilmeli tabaka şeklindeki sonlu elemanların bir uçağın analizinde kullanımı ele alınmıştır.

Çağımızın en büyük teknolojik gelişme olarak bilinen bilgisayar teknolojisinin gelişmesi, bu yöntemde çok büyük katkı sağlamıştır. Günümüzün bilgisayarları,

özölmesi aylar bulunan problemleri, en kısa zamanda çözmekte ve gerçek sonuçlara çok yakın yaklaşık sonuçlar verebilmekteler.

5.2 Uygulama Alanları

Sonlu elemanlar metodunun uygulama alanları özdeğer (eigenvalue), denge ve yayılma Problemleridir. Kısaca yukarıda bahsi geçen alanların kısaca tarifleri aşağıda açıklanmıştır.

Denge problemlerinin bir uzantısı olan özdeğer (eigenvalue) grubuna giren problemler arasında yapıların stabilitesi ve titreşimleri, lineer viskoelastik sönümleme, burkulma, katı ve esnek kaplarda akışkanların çalkalanması vs. gibi problemler en çok bilinenleridir.

Kararlı hal problemleri olarak bilinen denge problemlere makina ve inşaat yapılarının gerilme analizleri, katılarda ve sıvılarda kararlı sıcaklık dağılımları, sürekli akış problemleri gibi problemler örnek verilebilir.

Yayılma problemleri ise zamana bağlı olan problem grubuna giren problemler arasında yapılarda gerilme dalgaları, yapıların darbelere karşı davranışı, viskoelastik problemler, zeminlerden suyun geçişi, katılarda ve sıvılarda ısı geçişi, kararlı olmayan akış problemleri örnek verilebilir.

Mühendislik açısından sonlu elemanlar metodunun en geniş uygulama alanı gerilme analizi problemidir. Gerilme analizi problemlerinde yer değişim, kuvvet ve karma yöntem gibi üç yaklaşım dikkate alınmaktadır.

Yer değişim yönteminde yer değişimler, dönmeler ve deformasyonlar; kuvvet yöntemi yaklaşımında kuvvetler ve gerilmeler; karma yönteminde ise bilinmeyen veya serbest değişkenler işlenmektedir.

5.3 Problemlerde Uygulanması

Elastik ve sürekli ortamlara SEM'in uygulanmasında yapının parçalara ayrılması, uygun bir interpolasyon seçimi, rijitlik matrislerinin ve yük vektörlerin, eleman denklemlerinin birleştirilmesiyle toplam denge denklemlerin elde edilmesi, bilinmeyen düğümsel (nodal) yer değişimleri için çözüm yöntemlerinin kullanılması ve sonuçların bulunması adımları uygulanır.

5.4 Sonlu Elemanlar Yöntemi Eleman Tipleri

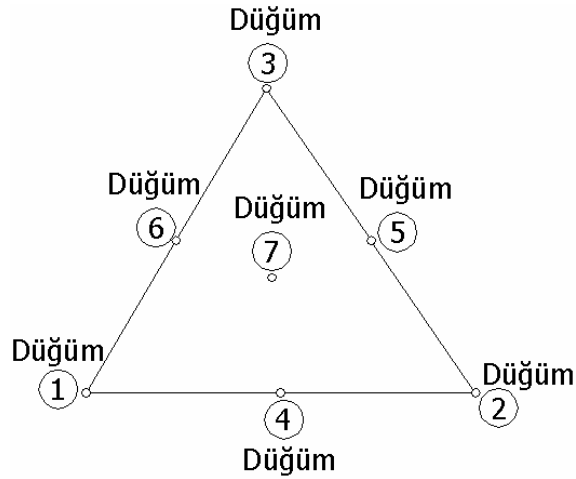
Analizi yapılacak bir parçada doğru sonuçlar alınabilmesi için en uygun bir şekilde sonlu elemanlara bölünmelidir. Sonlu elemanlara bölme işleminde sürekli ortamın boyutuna ve parçanın geometrisine en uygun elemanın şekli seçilmelidir. Seçilen sonlu elemanlar bir, iki veya üç boyutlu olabilirler. Genelde, sonlu elemanın sınırları düzgün olarak seçilmesi yanısıra bazı durumlarda eğri sınırlı elemanlarında kullanılması gerekebilir.

Ortam geometrisi, malzeme özellikleri, yükleri ve yer değişimleri bir bağımsız uzay koordinatı cinsinden ifade edilebiliyorsa bir boyutlu sonlu elemanlar tercih edilir [3].



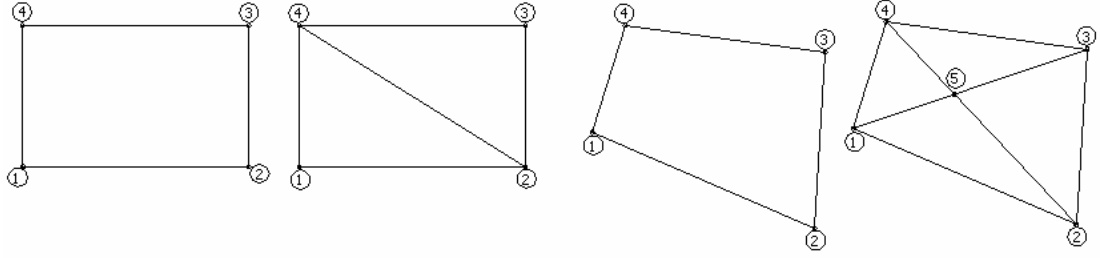
Şekil 5.1 : Bir boyutlu bir sonlu eleman

Birçok problem, yaklaşık olarak, iki boyutlu sonlu elemanlarla çözülebilir. İki boyutlu eleman tipleri arasında en basiti üçgen elemandır.



Şekil 5.2 : Üçgen tipi sonlu eleman örneği

Birçok problemlerde iki boyutlu dikdörtgen, iki üçgenli dikdörtgen, dörtgen elemanı ve dört üçgenli dörtgen elemanı tipi sonlu elemanlar da kullanılmaktadır. Şekil 5.3'te yukarıda bahsi geçen değişik iki boyutlu dörtgen sonlu eleman tiplerine örnekler soldan sağa doğru verilmiştir.



Şekil 5.3 : İki boyutlu değişik dörtgen geometri biçimli sonlu elemanlar

5.5 ABAQUS/CAE Sonlu Elemanlar Paket Programı

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi karmaşık ve çözülmesi uzun zaman alan problemlerin bilgisayarlarda çözülmesi hem zaman tasarrufundan hem de işlemin daha doğru sonuçlar vermesi bakımından çok önemlidir. Bilgisayarlarda, Sonlu Eleman Metodu çeşitli paket programlar vasıtasıyla basit bir şekilde modelleme yapılmakta, daha sonra bu modeller küçük sonlu elemanlara bölünerek analizler yapılmaktadır.

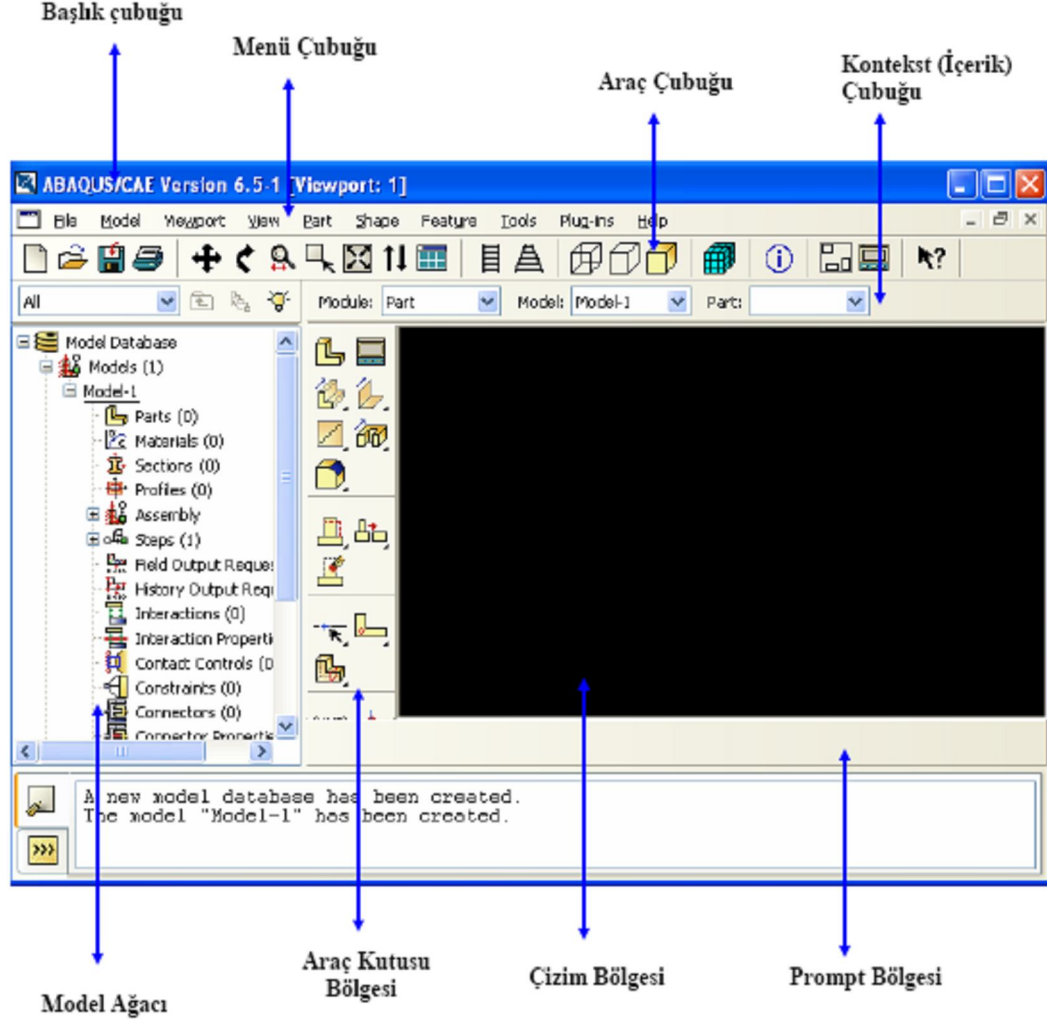
Günümüzde, SEM uygulamaları için birçok yazılım geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları, ABAQUS, NASTRAN&PATRAN, ABAQUS/CAE vs. dir. Bazı SEM yazılımları kendi bünyesinde modelleme paketleri bulundurmasına karşı çoğunlukla karmaşık geometrilerin modellenmesi uzun zaman almakta, bazen ise hiç yapılamamaktadır. Bundan dolayı, iki ve üç boyutlu problemlerin modellenmesi amacıyla çeşitli paket programlar hazırlanmıştır. Bunlar arasında Catia, Pro/Engineer, Solidworks, AutoCAD vs. programları en çok bilinenleridir.

Bu tez için en uygun program olarak ABAQUS/CAE seçilmiştir. Bunun sebebi ABAQUS/CAE 'nin tasarım kısmının çözülecek problem için yeterli olması ve bunun yanısıra SEM analizi prosesinde kullanıcı dostu olmasıdır. Ayrıca, analiz sonuçlarında hata payının tatmin edici değerler arasında olması da bu programın bu problemde kullanılması tercihinde payı olmuştur.

5.5.1 Programın Bölümleri

ABAQUS/CAE başlatıldığında Şekil 5.4'te görülen ana pencere ekrana gelir. Detaylara girmeden önce ABAQUS/CAE programının birkaç özelliği bilinmelidir. Öncelikle, ABAQUS/CAE görsel bir şekilde bir problemin modellenerek analiz edebilmeyi sağlaması yanında birde komut yazılarak çözüme verilmesi olanağını sunmaktadır. Örneğin, eğer problemin geometrisinin koordinatları, sınır şartları vs.

biliniyorsa, o halde bu problem kolaylıkla herhangi bir yazı editöründe programın kendine has komutlarıyla yazılarak analize verilebilir. Aksi halde, eğer problemin geometrisi karmaşık, sınır değerlerinin yerleri ancak modelin oluşturulmasıyla tespit edilebiliyorsa o halde program ara yüzünü çalıştırılarak sıfırdan problem modellenmeli ve analiz edilmelidir.



Şekil 5.4 : ABAQUS/CAE ana penceresi

Yukarıdaki pencere, kendi altında üç ayrı pencereden oluşmaktadır. Solda “Model Ağacı” ismi verilen bir pencerede kullanıcı parçanın modellenmesinden analiz sonuçlarının görüntülenmesine kadar olan tüm işlemler tanımlayabilmektedir. Sağda “Çizim Bölgesi” penceresi bulunmaktadır. Bu pencerede kullanıcı yaptığı tüm işlemleri görsel olarak görebilmektedir. En altta ise “Prompt Bölgesi” penceresi bulunmaktadır. Bu kısımda, kullanıcı yaptığı işlemlerin sonucunda program tarafında

enteraktif diyalogları görebilir ayrıca “Python Script” ‘te hazırlanmış hesap makinasını kullanabilir. Diğer kısımlar kısaca altta izah edilmiştir.

Başlık Çubuğu: Çalışmakta olan ABAQUS/CAE’nin versiyonunu ve model veritabanının ismini belirtir.

Menü Çubuğu: Mevcut bütün menüleri içerir. Kontekst çubuğunda modül değiştirilirse menü çubuğunun da içeriği değişir, hangi modül seçildiyse o modül ile ilgili menüler gelir.

Araç Çubuğu: Çok kullanılan bazı menülere hızlı erişim sağlar.

Kontekst (içerik) Çubuğu: Yapılacak çalışmayı belirli bir düzende yapılabilmesi için kullanıcıya modüller sunar.

Örneğin, ilk olarak parça (part) modülünde parçalar modellenirse sonra özellik (property) modülüne geçerek parçaların malzeme özellikleri belirlenir. Daha sonra ise montaj (assembly) modülüne geçilerek modellenen parçaların montajı yapılır.

Model Ağacı: Yapılan çalışmanın adımlarını model ağacında görülür. Model ağacı, yapılan çalışma üzerinde değişiklik yapabilme ve modüller arasında geçişi olanaklı kılar.

Araç Kutusu Bölgesi: Bir modele girildiği zaman o modülle ilgili komutlar araç kutusu bölgesinde bulunur. Aynı komutlar, menü çubuğunda da yer alır. Fakat araç kutusu sayesinde bu komutlara çok hızlı bir şekilde ulaşılabilir.

Çizim Bölgesi: Çizimin gözüktüğü ekrandır.

Prompt Bölgesi: Bir komut seçildiği zaman o komutun kullanımı ile ilgili bilgi sahibi değilse kullanıcı, mesaj bölgesinde uyarıları takip ederek hangi adımları yapması gerektiğini görebilir.

5.5.2 Ön İşlem Süreci (Preprocessor)

Ön işlem sırasında analiz süreci için hazırlanması önemli olan adımlar ihtiva eder. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

1. Modelin oluşturulması,
2. Modele malzeme tanımı yapılması,
3. Modelde işlemine göre parçaların kesitlendirilmesi

4. Her kesite daha önceden tanımlanan uygun malzemenin atanması
5. Montajın oluşturulması
6. Analiz adımlarının tanımlanması
7. Modeldeki parçalar arasındaki mekanik temasın tanımlanması
8. Sınır şartların ve yüklerin tanımlanması ve parçaya uygulanması
9. Model içerisindeki her bir parçanın tek tek ufak parçalara bölünmesi (Mesh atma).
10. İş'in oluşturulması.

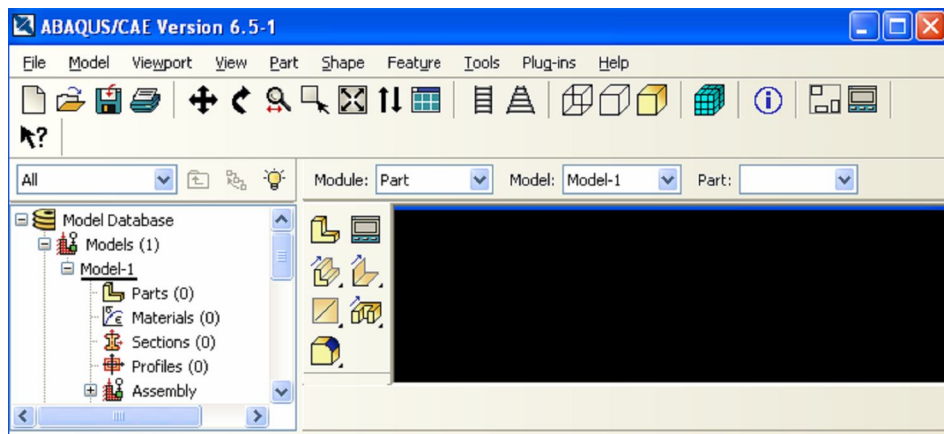
Yukarıda sıralanan adımları gerçekleştirilirken en ince ayrıntılar dahi gözden geçirilmelidir. Örneğin, Mesh atma adımında eleman tipi seçimi sırasında seçilecek eleman tipi sonucun tamamen doğru ya da tamamen yanlış sonuçlar doğmasına neden olacaktır.

5.5.3 Programın Çalıştırılması

ABAQUS/CAE programı hem komut isteminde hem de programın kısayoluna tıklanarak çalıştırılabilir. Burada en basit bir şekilde nasıl çalıştırılıp probleme uyarlanması anlatılacaktır. Öncelikle, program aşağıdaki yol izlenerek çalıştırılacaktır.

Başlat(Start) > Programlar > ABAQUS 6.5-1 > ABAQUS CAE

Programı çalıştırdıktan sonra aşağıdaki ekran görüntülenir.

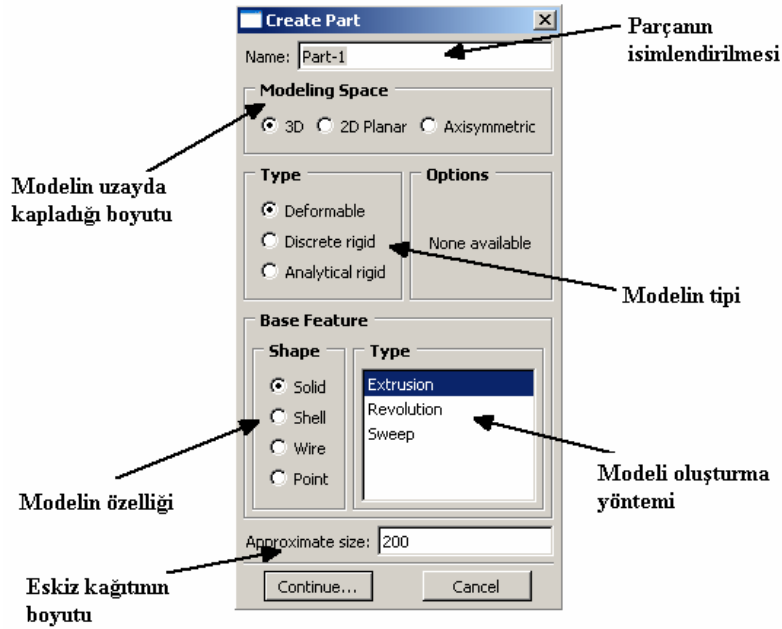


Şekil 5.5 : ABAQUS/CAE açılış penceresi

5.5.4 Katı Modelin Oluşturulması

Yeni bir veritabanı oluşturabilmek için  (New Model Database) butonuna tıklanmalıdır. Bu butona “File > New” yolu izlenerek de ulaşılabilir.

Bu buton basıldıktan sonra Create Part diyalog kutusu görüntülenir. Diyalog kutusu problemin modellenebilmesi için araçlar sunmaktadır [11].



Şekil 5.6 : ABAQUS/CAE katı model oluşturma

Parçanın isimlendirilmesi: Eğer model birden fazla parçadan oluşmaktaysa parçalar mantıklı bir şekilde adlandırılmasına olanak tanınmaktadır.

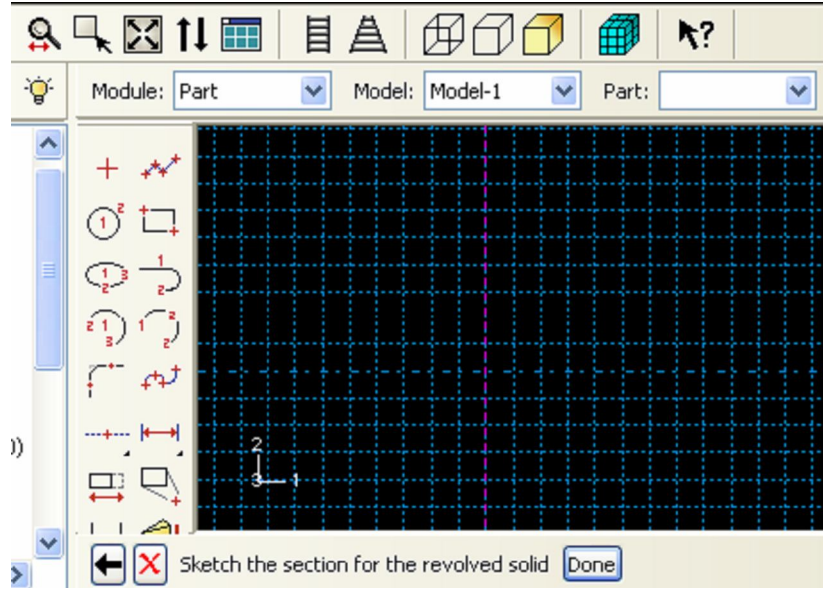
Modelin uzayda kapladığı boyut: Çalışılacak modelin uzayda kapladığı boyutu üç ise 3D, eğer model iki boyutluysa 2D, eğer model bir eksen etrafında simetrik ise Axisymmetric seçeneği seçilmelidir.

Modelin özelliği: Oluşturulacak modelin tipi katı ise Solid, kabuk ise Shell, çubuk veya ince kiriş ise Wire, eğer noktalardan oluşuyorsa Point seçeneği seçilmelidir.

Modeli oluşturma yöntemi: Bu kısımda program kullanıcıdan en kolay hangi şekilde modellemenin oluşturulması olanağı sağlamaktadır.

Modelin tipi: Modelin tipi rijit veya deforme olabilen yapıya sahip olup olmadığı belirtilmelidir.

Eskiz kağıdının boyutu: Çizimin kolay bir şekilde yapılabilmesi için program otomatik olarak çizim alanını dilimler. Her dilim arası mesafenin ne kadar olduğunu bu kutuda girilmelidir.

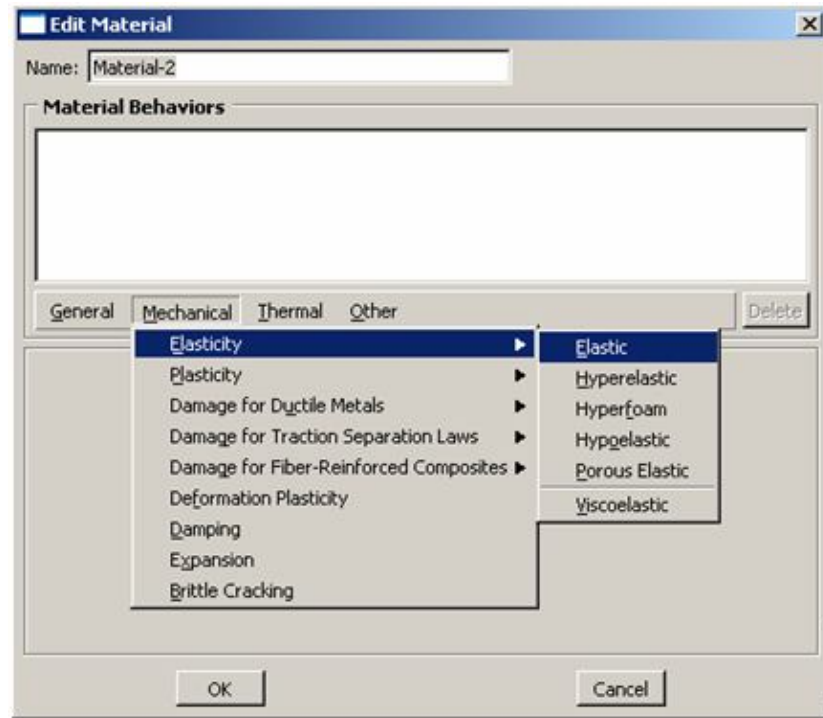


Şekil 5.7 : ABAQUS/CAE çizim alanı

5.5.5 Malzeme Girişi

Modelleme yapıldıktan sonra modelin malzemesi tanımlanmalıdır. Tanımlama işlemi aşağıda ki gibi yapılmaktadır.

Create Material  butonunu seçtikten sonra aşağıdaki pencere görüntülenir.

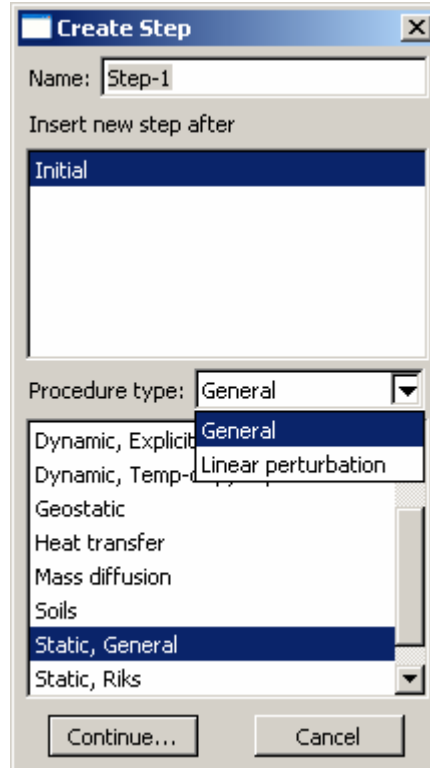


Şekil 5.8 : Malzeme girişi

Malzeme isimlendirildikten sonra malzemenin cinsi ve davranışı seçeneklerden seçilmelidir. Aynı anda malzemeye birçok özellik tanımlana bilmekte ve en ince ayrıntısına kadar malzemenin davranışı programa tanıtılabilmektedir.

5.5.6 Adım (Step) Menüsü

Analiz sırasında modelin hangi analiz adımlardan geçeceği bu aşamada tanımlanmaktadır. Bu menüde aşağıda görüldüğü gibi birçok analiz amacı için seçenekler sunulmuştur.

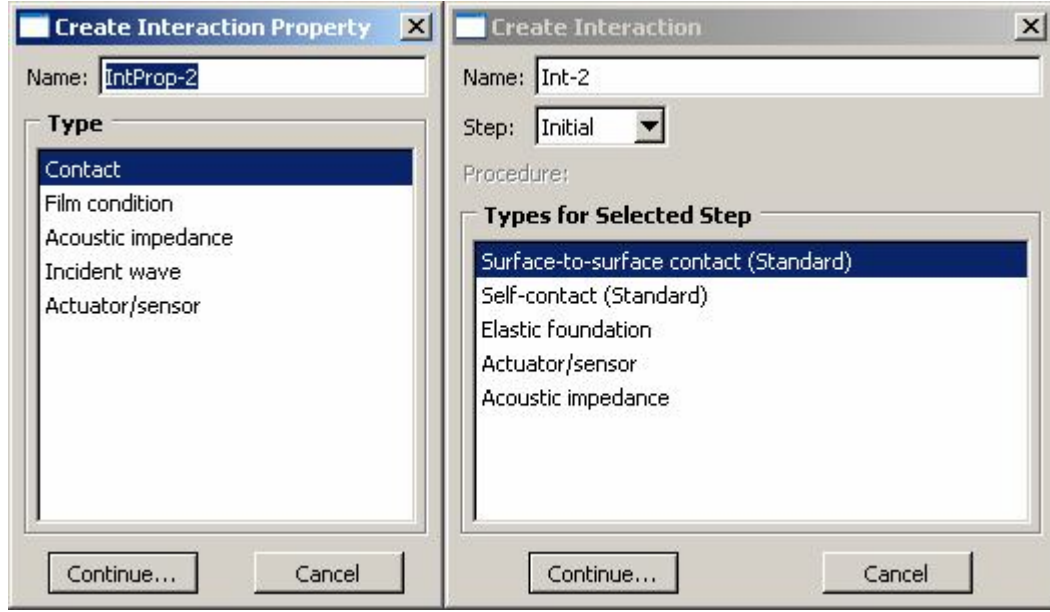


Şekil 5.9 : Adım (Step) menüsü

Step menüsü daha sonra sınır koşulları ve yüklemeler tanımlanma sırasında kullanılacaktır.

5.5.7 Etkileşim (Interaction) Tanımlanması

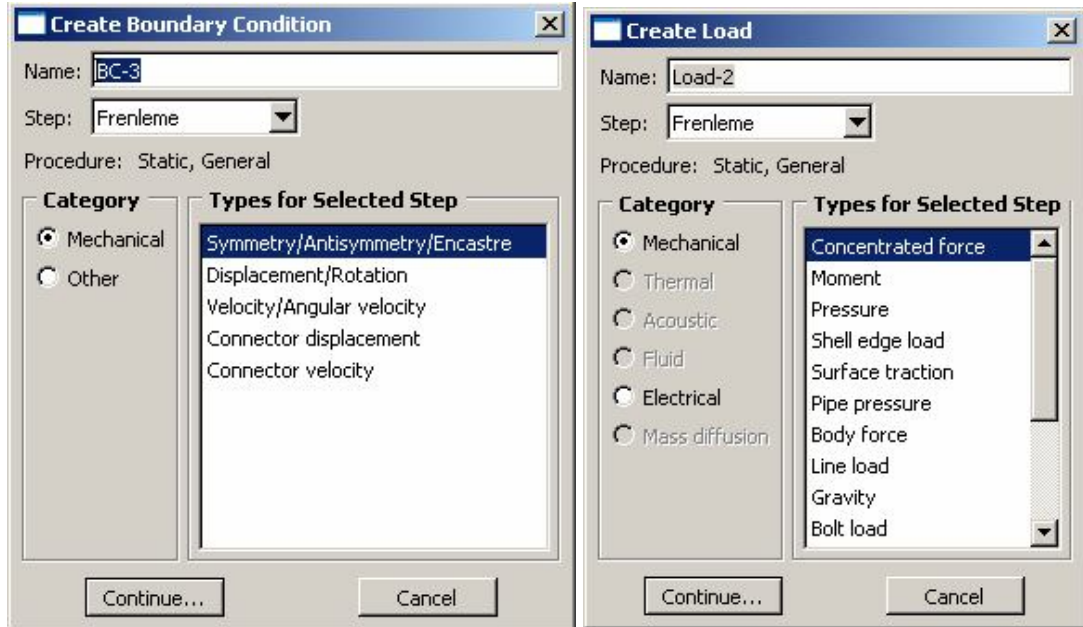
Model içerisinde birden fazla parça ihtiva edebilir. Bu parçalar analiz sırasında hareket ediyorsa veya her bir parça analiz sırasında farklı bir davranış gösteriyorsa o halde her parçanın birbiri arasındaki etkileşimleri tanımlanmalıdır. Örneğin, pim-cıvata-perno bağlantıları, herhangi iki parçanın bir biri üzerinde kayması veya itmesi.



Şekil 5.10 : Etkileşim Menüsü

5.5.8 Sınır şartların ve Yüklerin Tanımlanması ve Parçaya Uygulanması

Aşağıdaki verilen menülerden sağdakinde yüklemelerin cinsi ve değerleri, soldakinde ise sınır şartları verilebilmektedir.

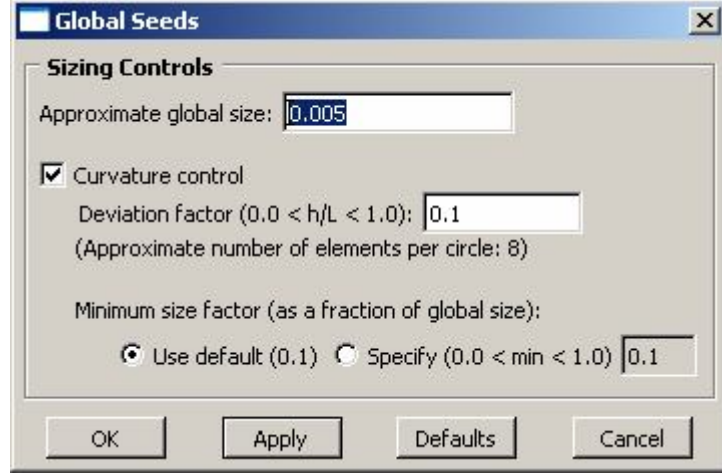


Şekil 5.11 : Yükleme ve Sınır Şartlar Menüleri

5.5.9 Parçanın Küçük Parçalara (Mesh) Bölünmesi

Daha önceki bölümlerde bahsettiğimiz üzere ABAQUS/CAE kullanıcıya otomatik olarak kendi seçtiği en küçük parçanın (mesh) boyutlarını sunmaktadır. Eğer analizin

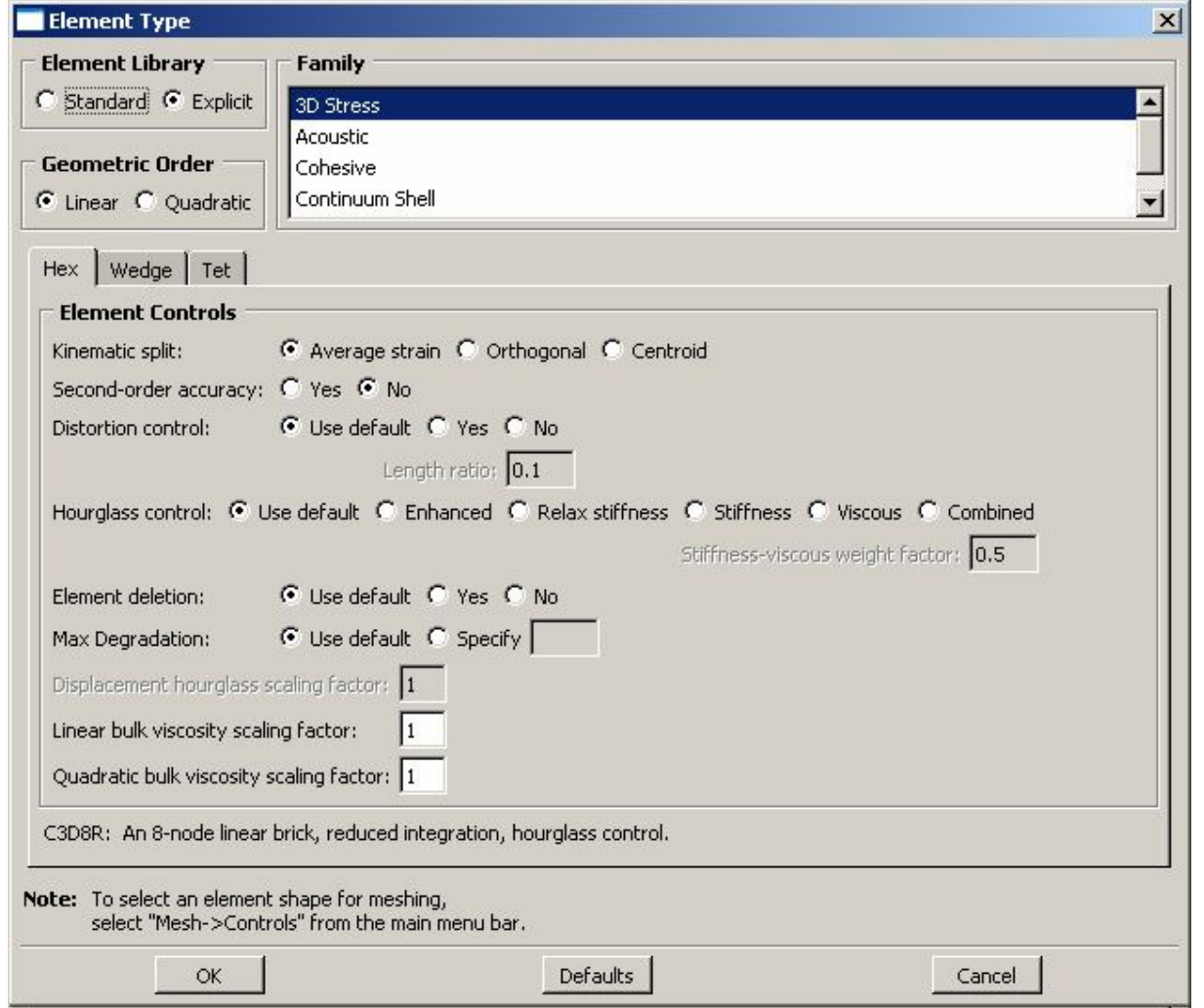
daha doğru ve kesin sonuçları vermesi istendiği taktirde en küçük yaklaşık dilimleme seçeneğindeki (Approximate global size) değeri daha da düşürürüz. Eğer değer çok küçük olursa, bu parçadaki eleman sayısını artıracığı için analizin çözülmesi uzun zaman alacağı anlamına gelir. Analiz hızı bilgisayar performansı ile doğru orantılıdır.



Şekil 5.12 : Parçanın dilimlenmesi

Parça dilimlendikten sonra eleman tipi kısmına geçilmelidir. Bu durumda da ABAQUS/CAE programının en önemli özelliklerinden biri de akıllıca bizim seçtiğimiz model tipine uygun olan eleman tipi seçenekleri sıralamasıdır. Örneğin, yine mesh atma sırasında en uygun boyutlarda parçayı bölümleyebilmekte ve parça için seçilebilecek uygun eleman tiplerini otomatik olarak sıralamaktadır. Burada bilinmesi gerek husus, yapılacak yüklemeler sırasında parçanın maruz kalacağı deformasyonlara uygun tepki verecek eleman tiplerin seçimidir.

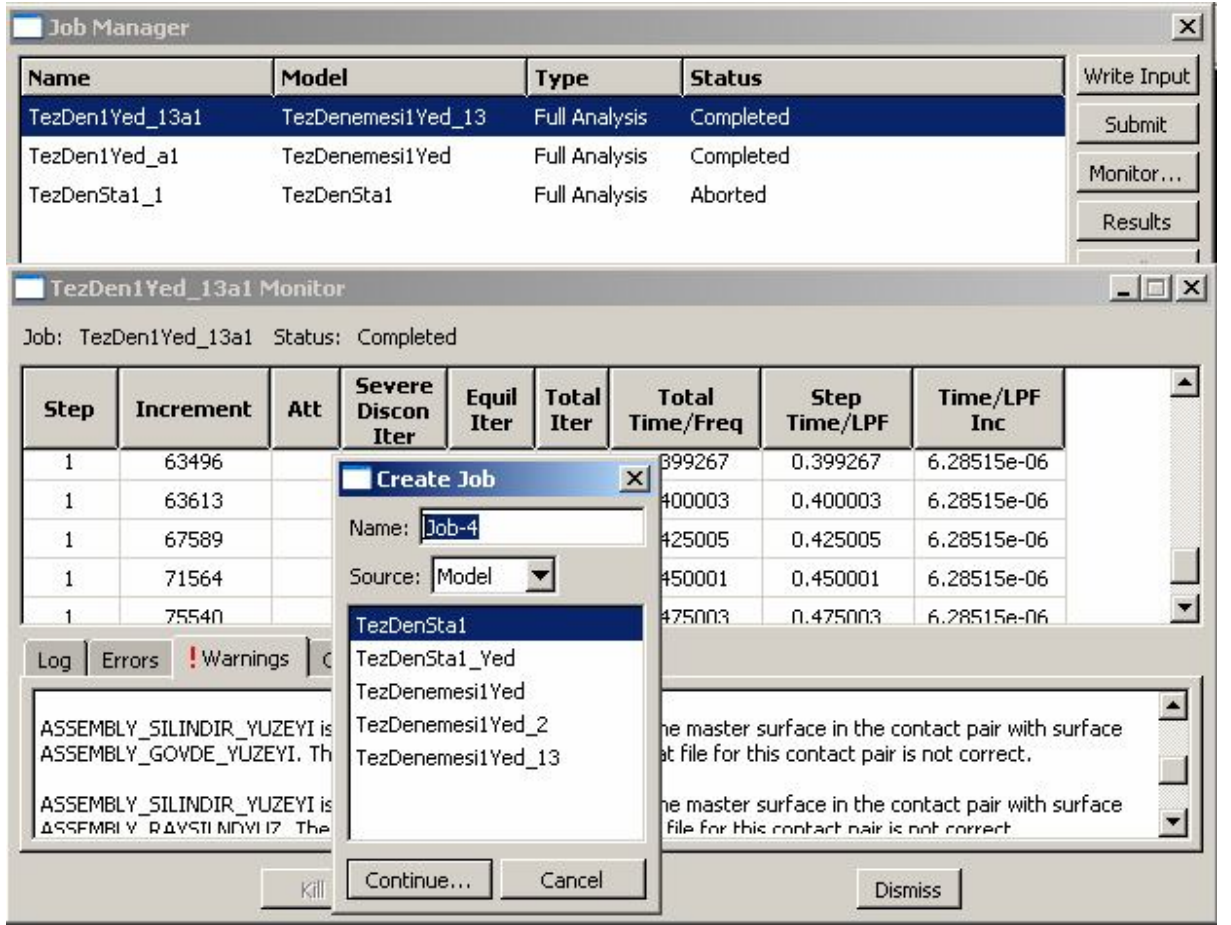
Aşağıdaki menüden eleman tipi seçilir.



Şekil 5.13 : Eleman tipi seçme menüsü

5.5.10 İş (Job) Menüsü

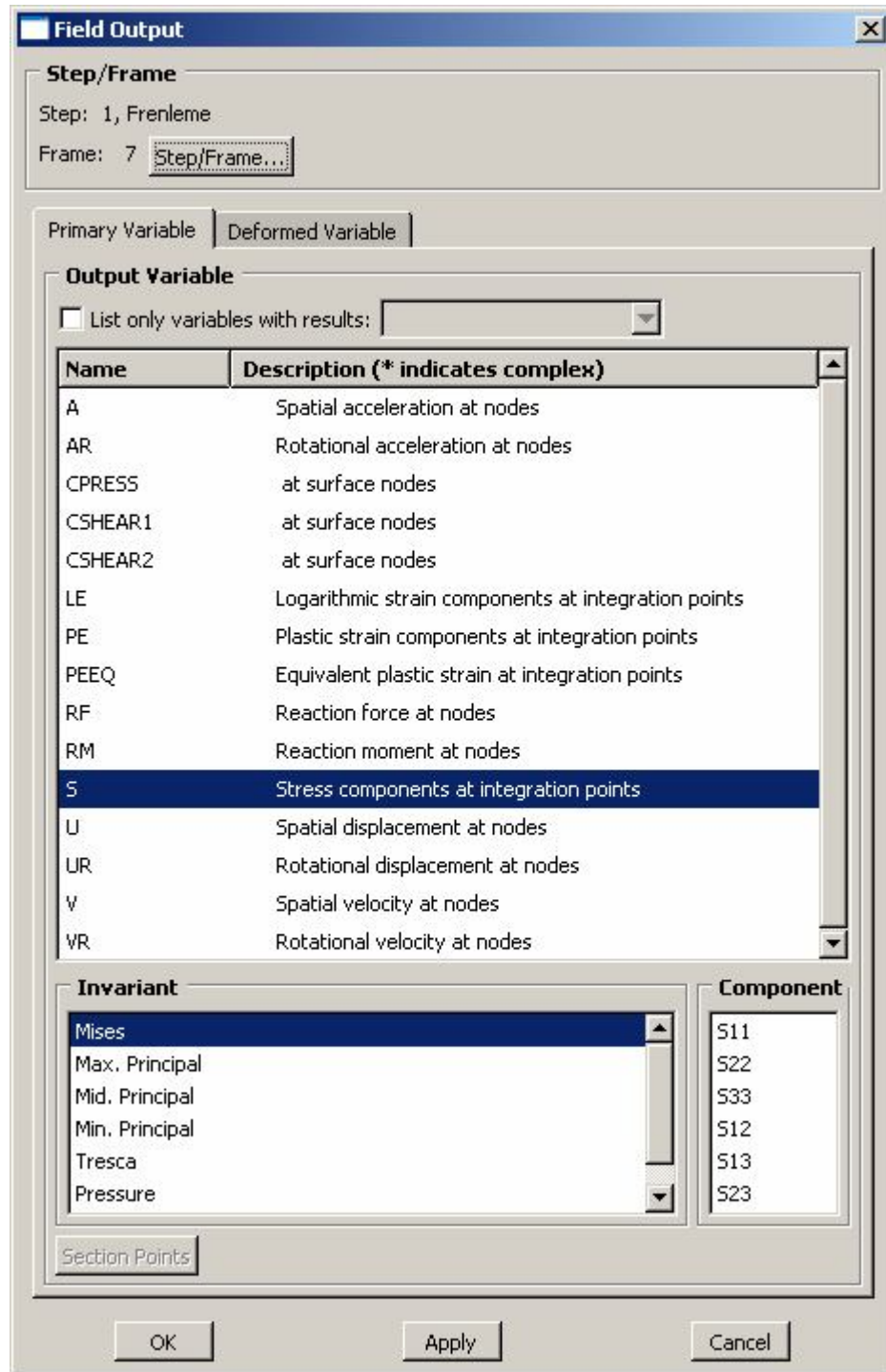
İş menüsünde analize hazır duruma getirdiğimiz modelin analize verilmesini sağlamaktayız. Bu menüde, analizin hangi durumda olduğu, analiz sırasında hataların veya uyarıların neler olduğu gözlemlenebilmektedir. Ayrıca, analizin bitmesinde sonra sonucun yazı editörüne kaydedilmesi veya görüntülenmesi sağlanır. Aşağıda verilen menüden daha önce analizi yapılan bir çalışma görünmektedir.



Şekil 5.14 : İş Menüsü

5.5.11 Analiz Sonrası İşlemler (Postprocessor) Menüsü

ABAQUS/CAE programının bir diğer güçlü özelliği analiz sonucunda sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması için yeterli bir görsel araçları sağlamasıdır. Postprocessing aşamasında çözümde elde edilen değerler ekrana grafik olarak yansıtılmakta, karşılaştırmalar yapılmakta ve çıktı alınmaktadır. Örneğin, çözümü yapılmış bir parçanın gerilme, ivme, sıcaklık, yer değiştirme vs. gibi önemi yüksek sonuçlar görsel olarak gözlemlenebilmektedir. Ayrıca, yukarıda bahsettiğimiz sonuçların gözlenmesi sırasında parça analiz adımları süresince nasıl hareket ettiğini hareketli bir görüntü şeklinde birebir taklidi yapılmasına olanak sağlanmaktadır. Bu aşamada ayrıca çeşitli enerjilerin zamana göre dağılımları izlenebilmektedir. Aşağıda verilen menüden analiz sonrasında birçok sonucun görüntülenmesi sağlanmaktadır.



Şekil 5.15 : Sonuçların Görüntülenmesi Menüsü

6. ANALİZ SONUÇLARI VE KARŞILAŞTIRMA

Statik analiz belki de mühendisler tarafından kullanılan en yaygın analiz türüdür. Yüklerin anlık olarak uygulandığı kabul edildiği için, zamana bağlı herhangi bir etki ihmal edilmiştir. Lineer statik analizde yüklü yapıya uygulanan toplam gerilmeyi dengelemek için anlık olarak bir iç gerilme yarattığı düşünülür. Lineer analizde tüm yapısal cevaplar statik olup, dolayısıyla geometri ve malzemenin cevapları da lineerdir. Yani Hook kanununda olduğu gibi malzeme lineer olarak davranır [11].

Sonlu elemanlar programlarının çoğu statik analiz için aşağıdaki eşitliği kullanırlar;

$$[K]\{U\} = \{R\} \quad (6.1)$$

Burada;

$[K]$: Rijitlik matrisi

$\{U\}$: Yer değiştirme vektörü

$\{R\}$: Uygulanan yük vektörü

6.1 Mukavemet ve Stabilité Açısından Kren Elemanlarının Tasarımı

Metal yapı parçalarının dayanımlılığı ve stabil olması kadar krenin bir bütün olarak da mukavemeti ve stabilitesi önemlidir. Bununla beraber krendeki mekanizmalar aşağıdaki şartları sağladığı takdirde güvenlidir.

Kuvvetlerin eşitliği:

$$S = r.S_n \quad (6.2)$$

Momentlerin eşitliği:

$$M = r.M_n \quad (6.3)$$

Gerilmelerin eşitliği:

$$\sigma = r.k.\sigma_n \quad (6.4)$$

S : Uygulanan yükler tarafından oluşturulan kuvvet

M : Uygulanan yüklerin meydana getirdiği moment

σ : Uygulanan yükler tarafından oluşan 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 belli yüklerin aşırı yükleme faktörü ile çarpımından elde edilirler.

Bu aşırı yükleme faktörü ise krenin işletme koşullarına ve mekanizmalarına bağlıdır.

İşletme koşulları faktörü r ise;

$$r = r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \quad (6.5)$$

r_1 : Kren emniyet faktörü

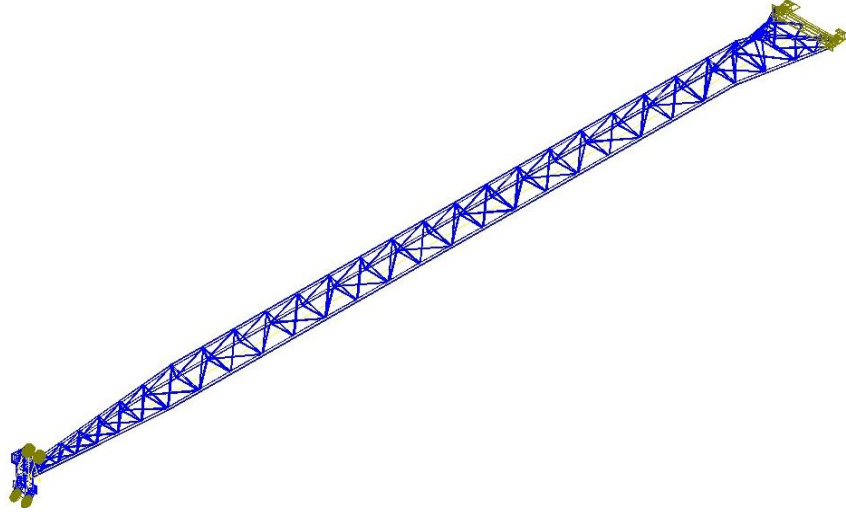
r_2 : Hasar lokalizasyon faktörü

r_3 : Konstrüksiyon hata faktörü

6.2 Jib Kren'in Analizi

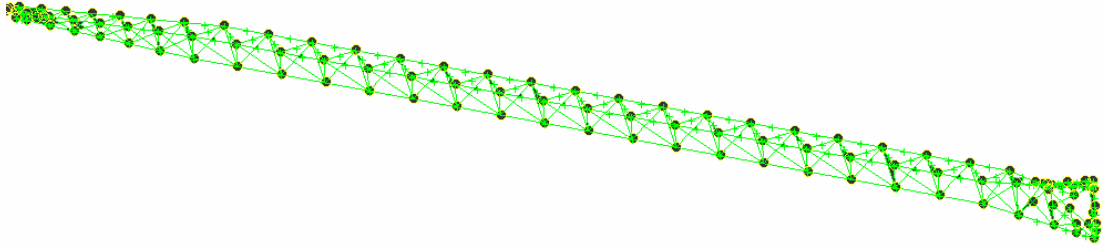
6.2.1 Boom'un Modellenmesi

Jib Kren'in analizi için ilk aşama Boom'un modellenmesiydi. Boom'un modelinin oluşturulması için ilk olarak 3 boyutlu olarak CAD programında çizilmesi gerekiyordu. Boom (kafes yapı) AutoCAD programında 3 boyutlu olarak çizildi. Hypermesh (analiz programı) ile node (bağlantı elemanları) belirlemek için dosyanın iges uzantılı olarak kaydedilmesi gerekiyordu; fakat AutoCAD programında bu gerçekleştirilemediğinden 3 boyutlu çizim Solidworks programına 'export' edilerek iges uzantılı olarak kaydedilmesi sağlandı.



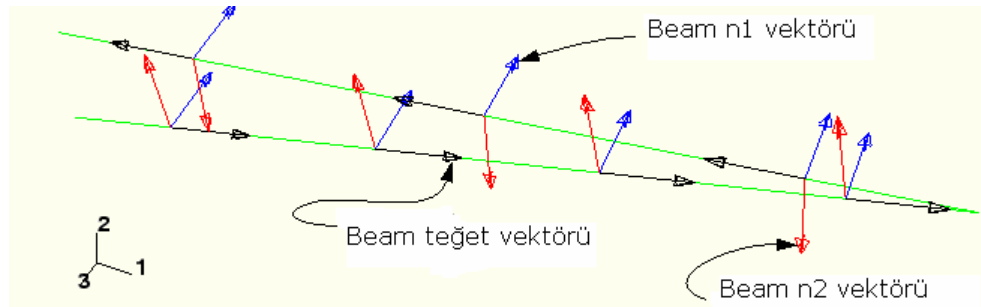
Şekil 6.1: Boom'un 3 boyutlu görünüşü

Iges formatında kaydedilmiş dosya Hypermesh programına atılarak bağlantı noktaları (nodes) belirlenmiştir.



Şekil 6.2: Bağlantı noktalarının oluşturulması

Analizde kullanılan eleman tipi, doğrusal (linear) elemandır. Boom'un kafes yapısı linear 'beam' elemanlardan oluşmaktadır. Beam 3 vektörden oluşmaktadır. Aşağıda bu vektörler ve yönleri görülmektedir. Her bir doğrusal eleman için bu vektörlerin doğrultusunun tanımlanması gerekmektedir.



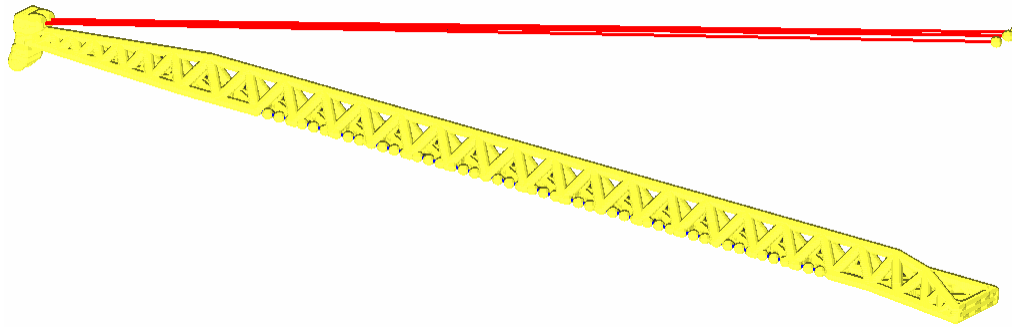
Şekil 6.3: Beam vektörleri

Boom kafes yapısı Hypermesh programıyla aşağıdaki tablodaki elemanlardan oluşmaktadır.

Tablo 6.1: Modelde kullanılan elemanlar

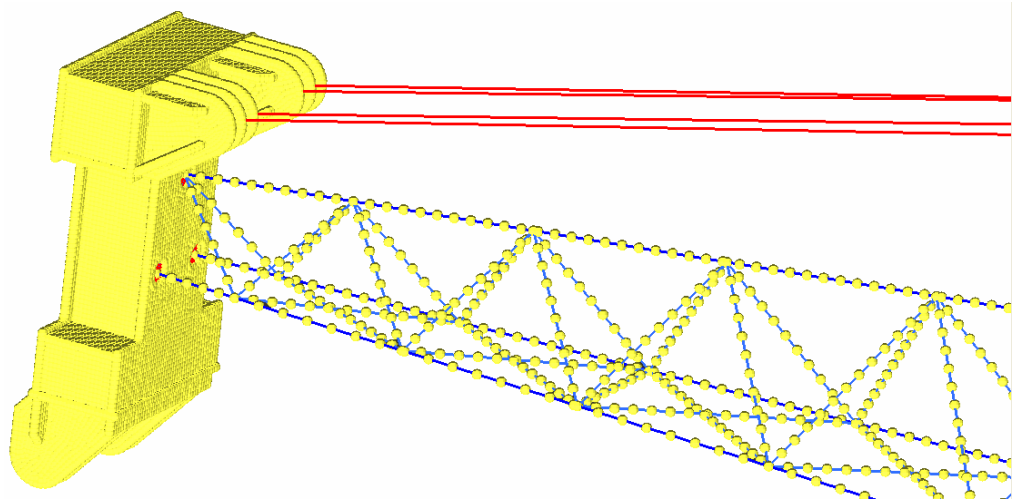
Eleman Tipi	Sayısı
Lineer Eleman - Beam	951
Bağlantı Noktası (Node)	775

Elemanların boyutlandırılması ise Şekil 4.6'da (Ok kesiti) ölçülere göre gerçekleştirilmiştir. Ana borular: Ø168,3mm ve et kalınlığı 8mm'den oluşmaktadır. Kafes yapı ise : Ø60,3mm ve et kalınlığı 8mm'den oluşmaktadır.



Şekil 6.4: Mesh oluşturma

Hypermesh programında elemanların küçük parçalara bölünmesi (mesh) gerçekleştirilmiştir. Lineer elemanlara tek boyutlu mesh uygulanmıştır.



Şekil 6.5: Mesh detayı

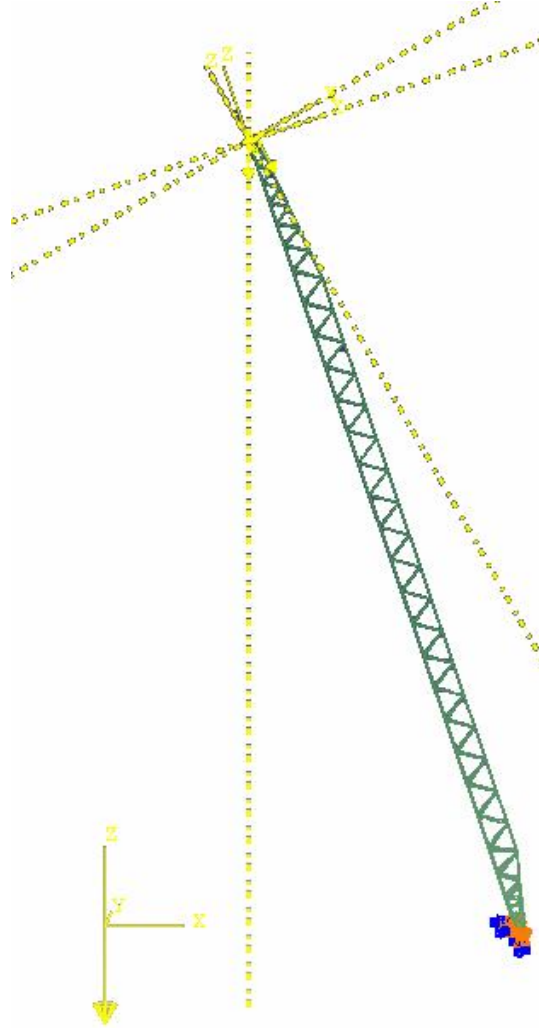
Boom'un modellenmesi ve küçük parçalara ayrılması (mesh) gerçekleştirildikten sonra malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve kuvvetlerin oluşturulması için ABAQUS 6.7.1 programı kullanılmıştır.

Malzeme olarak ise St 52 seçilmiştir. ($\sigma_{Ak} = 355 N / mm^2$, $\sigma_k = 510 N / mm^2$)

Tablo 6.2: Malzeme özellikleri

Young Modülü	$2,1 \times 10^5 N / mm^2$
Poisson Oranı	0,3
Yoğunluk	$8 ton/m^3$

ABAQUS 6.7.1 programı ile oluşturulan modele yüklerin uygulanması aşağıdaki şekildeki gibi gerçekleştirilmiştir.

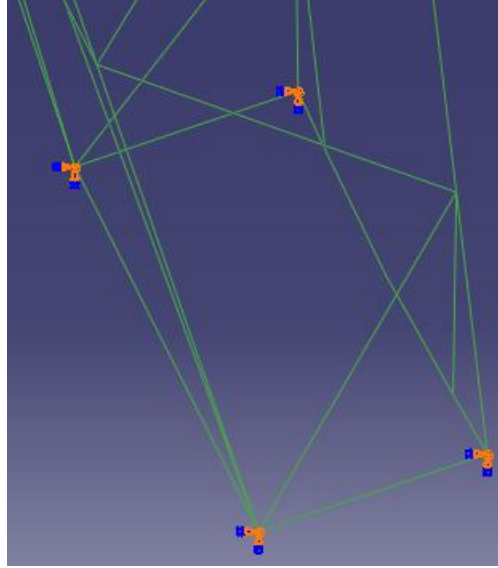


Şekil 6.6: Kuvvetlerin gösterilmesi

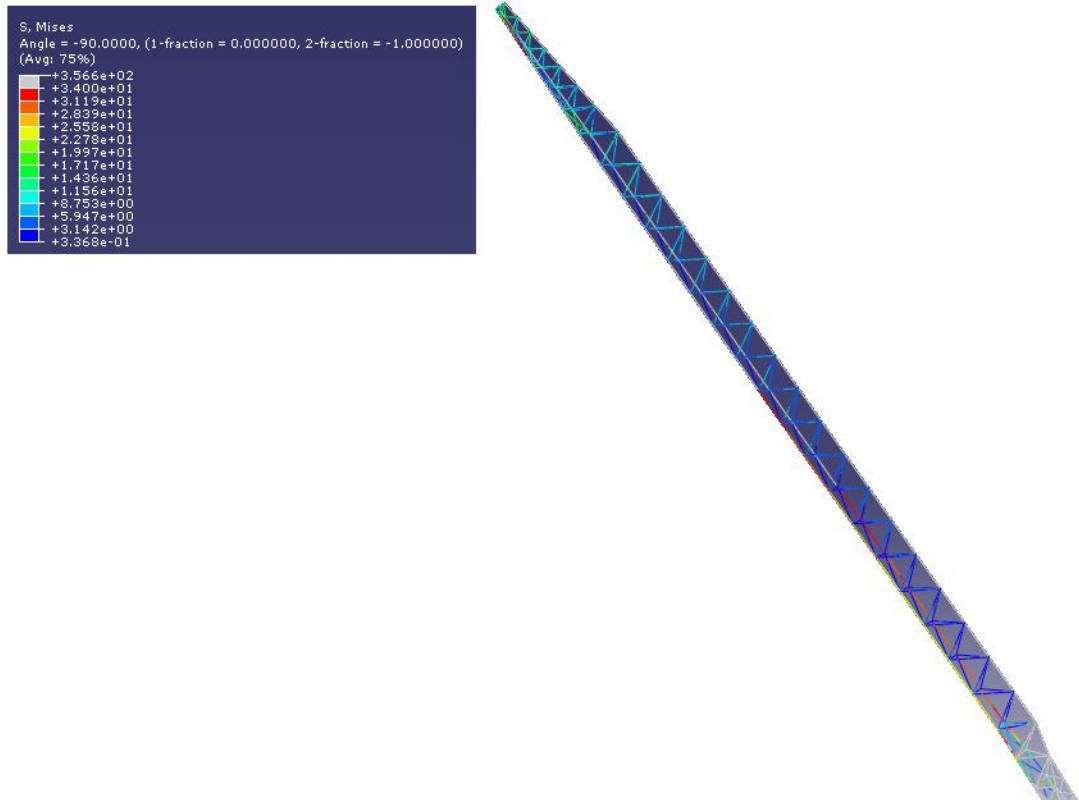
Yukarıdaki şekilde Boom saat yönünde $71,22^\circ$ derece döndürülerek; Boom uç noktasına 20 ton uygulanmıştır. Yükün uygulandığı bu eksen dışında bir eksen daha tanımlanarak halat yüklerinin uygulanması sağlanmıştır.

Halat yüklerinin uygulandığı eksen, yükün uygulandığı eksenin saat yönünün tersinde $29,52^\circ$ çevrilmesiyle oluşturulmuştur. 3. kuvvet olarak Boom'un ağırlığı uygulanmıştır. Ok 20m Radius'ta iken etki eden yükler Şekil 4.3'de verilmiştir.

Ayrıca Boom'a mafsal noktalarında serbestlik derecesi verilmiştir. Boom'un hareketi için sadece y eksenini etrafında dönebilmesi verilmiştir.



Şekil 6.7: Boom'un sabitlendiği noktalar



Şekil 6.8: Boom 20m Radius ve 20 Ton ile yüklenirken analiz sonuçları

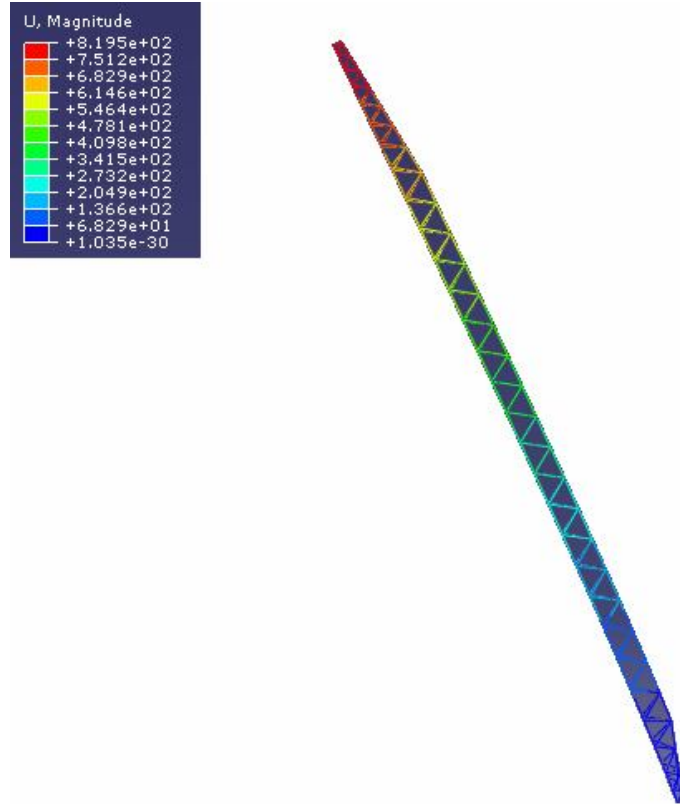
6.3 Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi

Tablo 6.3: Analiz sonuçları

	Analitik Analiz	Sapma	S.E.M ile Analiz
Boom orta kesit	$343 \text{ kg/cm}^2 = 34,3 \text{ MPa}$	% 1	34 – 31 MPa
Zati ağırlıktan eğilme	33,3 – 16,7 MPa	% 1	34 – 19 MPa

S.E.M ile analiz sonuçları incelendiğinde, ok orta kesitinde gerilmelerin 34 MPa ile 31,2 MPa civarında olduğu, mafsal yerine ilerledikçe sarı bölgelerde gerilmelerin 22 MPa'a kadar düştüğü; fakat boom mafsal noktasında 356 MPa değerine kadar çıktığı gözlenmiştir. Boom uç noktasında ise gerilmeler, yeşil bölgelerde 14 – 22 MPa civarında iken turuncu bölgelerde 31 MPa'a kadar çıkmaktadır. Kafes sisteminde ise gerilmelerin düşük çıktığı gözlenmektedir. Gerilmeler koyu mavi ve açık mavi bölgelerde 11 – 8,7 MPa arasında olduğu saptanmıştır.

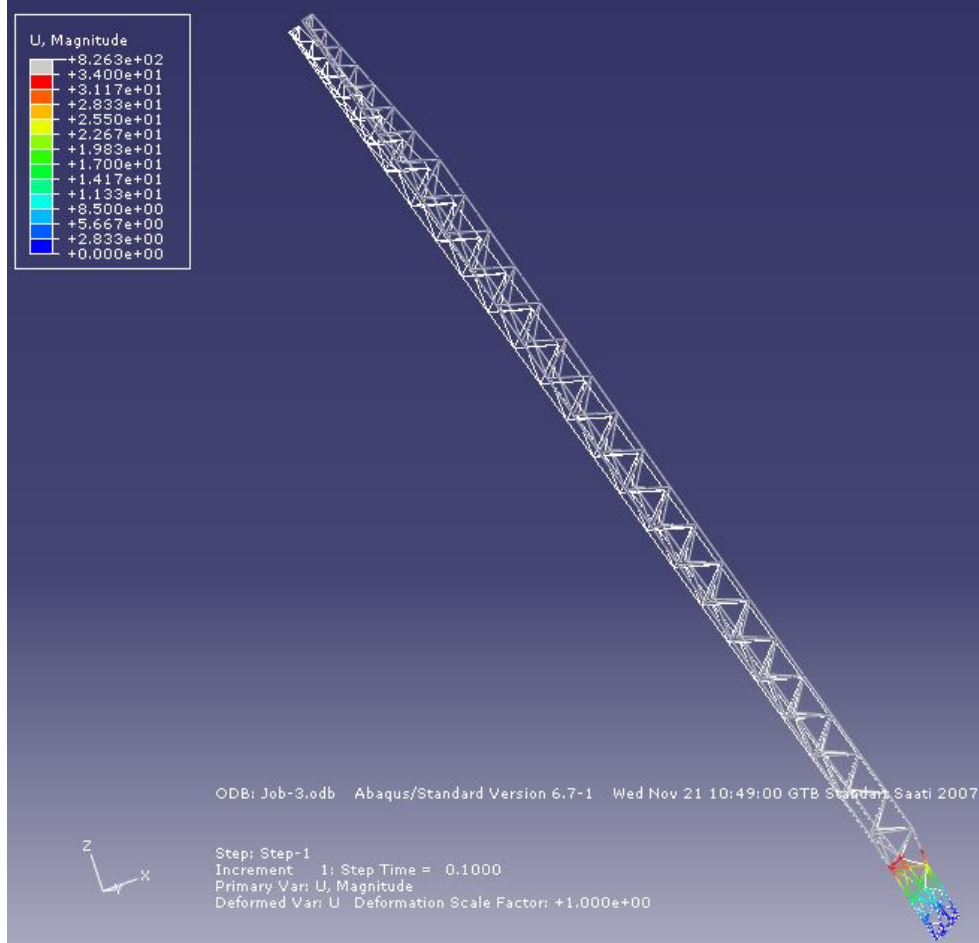
6.3.1 Sehim analizi



Şekil 6.9: Sehim analizi 1

Analitik analiz sonuçlarına göre Ok'un kendi ağırlığından oluşan sehim değeri 41mm bulunmuştur. S.E.M ile analiz sonuçlarına göre (Şekil 6.9) Boom orta noktasındaki sehim değeri 40 – 34 mm arasında değişmektedir.

Yük, Vento donanımı, kanca ve Boom'dan gelen tesirlerle oluşan sehim değeri aşağıdaki şekilde incelenmiştir.



Şekil 6.10: Sehim analizi 2

Boom uç noktasında elde edilen en yüksek sehim değeri 82,6cm'dir. Boom mafsal noktasına doğru ilerledikçe kırmızı bölgedeki sehim değeri 34mm'ye kadar düşmektedir.

Sonlu elemanlar ile analiz sonuçları sadece mukavemet açısından kritik görülen yerlerin düzeltilmesi anlamına gelmemelidir. Aynı zamanda aşırı güvenli görülen yerlerde optimum tasarımı yakalayabilmek için sadeleştirmeler yapılabilir. Yapı geometrisinin değiştirilmesi ya da kesit alanlarının azaltılması ile aşırı güvenli olan bölgeler, güvenilirlik, ağırlık ve malzeme sarfıyatı kavramları göz önünde bulundurularak optimum hale getirilebilir.

Sonuç olarak tasarımcı güvenilirlik, dayanıklılık, ağırlık, malzeme kullanımı ve hacim gereksinimleri doğrultusunda optimum tasarımı bulana kadar tasarımını bilgisayar ortamında değiştirebilir ve sonuçlarını değerlendirebilir.

Bu çalışmada yapılan S.E.M ile mukavemet analizleri tasarım aşaması esnasında zaman harcanması gerektiği halde, sonuçların analitik analizlerle doğrulanmasından sonra tasarımcının başvuracağı ve sonuçları ile tasarım değişikliğine gidebileceği en güvenilir ve hızlı yöntemdir.Tasarım sırasında bu yönteme başvurulması, seri üretimden sonra karşılaşılabilecek ve çok büyük kayıplara neden olabilecek tasarım hatalarının düzeltilmesi ve ekonomik açıdan da en optimum tasarımın yapılabilmesi açısından önemli bir kazanç sağlar. Rekabet ortamının günden güne arttığı ve zorlaştığı bu günlerde, tercih edilen bir marka olabilmek için iş makinası üreticilerinin ürün geliştirme safhasında S.E.M ile analize başvurmaları gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Zeid, I.**, 1991. CAD/CAM Theory and Practice, USA
- [2] **Öztepe, H.**, 1999. Transport Tekniği-Kaldırma ve Taşıma makinaları, İ.T.Ü. Makina Fakültesi, İstanbul
- [3] **Bedir, S.**, 2007. Çift Yönlü Asansör Fren Bloklarının Modellenmesi ve Sonlu Elemanların Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] **Bozacı, A., Koçaş, İ. ve Çolak, Ö.**, 2000. Makina Elemanlarının Projelendirilmesi, İstanbul
- [5] **Transport Tesisleri İmalat ve Tic. Ltd. Şti.**, 2007, Jib Krenlerin Tasarımı Hakkında, Gebze, Kocaeli.
- [6] **Pak Arge Hizmetleri Tic. A.Ş.**, 2007, JIB Krenlerin Tasarımı Hakkında, TUBİTAK Teknokent, Kocaeli.
- [7] **F.E.M.**, 1987. 1001 3. Baskı 1987.10.01
- [8] **İmrak, E.**, 1998. Krenlerin ve Vinçlerin Seçimi, Montajı ve Bakımı, Tmmob Makine Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Seminer Notları, İstanbul
- [9] **Kurtay, T.**, 1980. Sonlu Elemanlar Yöntemine Giriş Ders Notu, İ.T.Ü. Makina Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul
- [10] **Rao, S.S.**, 1988. The Finite Element Method in Engineering Second Edition, Pergamon Pres, Oxford
- [11] **Erdil, A.B.**, 2007. Portal Krenlerin Tasarımı ve Sonlu Elemanlar Metoduyla Gerilme Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Başar ÜNAL, 1982 yılında İzmir’de doğdu. İlkokulu 1993 yılında İzmir Türk Koleji’nde, ortaokulu 1996 yılında yine aynı okulda tamamladı. 1997-2000 yılları arasında İzmir Atatürk Lisesi’nde eğitimine devam etti. 2001 yılında girdiği Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünden 2005 Eylül’de mezun oldu. 2006 Şubat ayında, İ.T.Ü Makine Fakültesi, Konstrüksiyon A.B.D’da yüksek lisans yapmaya hak kazandı. 2007 Şubat ayında ise, tez konusu doğrultusunda kren imalatı yapan Transport Tesisleri’nde dizayn mühendisi olarak çalışmaya başladı ve şu an bu görevine devam etmektedir.