

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KULE VİNÇLERİN HESAPLARININ VE TASARIMLARININ
STANDARTLAR AÇISINDAN İNCELENMESİ**

Sami İlkey SAYER

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KULE VİNÇLERİN HESAPLARININ VE TASARIMLARININ
STANDARTLAR AÇISINDAN İNCELENMESİ**

Sami İlkay SAYER

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KULE VİNÇLERİN HESAPLARININ VE TASARIMLARININ
STANDARTLAR AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**Sami İlkay SAYER
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

MAYIS 2018

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KULE VİNÇLERİN HESAPLARININ VE TASARIMLARININ
STANDARTLAR AÇISINDAN İNCELENMESİ

Sami İlkay SAYER
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 13/07/2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hikmet RENDE (Danışman)

Doç. Dr. Hakan ERSOY

Dr. Öğr. Üyesi Sibel BAKBAK

ÖZET

KULE VİNÇLERİN HESAPLARININ VE TASARIMLARININ STANDARTLAR AÇISINDAN İNCELENMESİ

Sami İlkey SAYER

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hikmet RENDE

Mayıs 2018; 159 Sayfa

Gelişen ve gün geçtikçe büyüyen inşaat sektöründe, firmaların sayıları ve birbirleriyle olan rekabetleri de doğru orantılı olarak artmaktadır. Firmaların bu rekabet içerisinde iş alıp ayakta kalabilmeleri için işi daha hızlı, ekonomik, etkin, güvenli ve sağlam yapmaları şarttır. Rakiplerinden daha kısa sürede işi bitirmesi gereken firmalar için kule vinçler bir vazgeçilmez olmuştur.

Tez kapsamında; kule vinçlerle ilgili genel bilgilere yer verilmiştir. İlk olarak, kule vinçlerin tanımı yapılmış ve bölümleri incelenmiştir. Standartlara göre vinçlerin sınıflandırılıp, seçiminin nasıl yapılacağı anlatılmıştır. Kule vince etkileyen yüklerin tasarımıdaki önemi ve kule vincin malzeme seçiminde önem taşıyan unsurlar belirtilmiştir. Standartlara göre kule vinçleri teşkil eden elemanların tasarımıda dikkat edilecek hususlar açıklanmıştır. Ayrıca, yüklerin güvenli bir şekilde kaldırılması ve iletilmesi için, halat, zincir, kanca gibi kaldırma ekipmanlarında hangi hususlara dikkat edilmesi belirtilmiştir. Tasarım kurallarına dikkat edilmemesi durumunda, Türkiye’de ve Dünyada meydana gelmiş olan kule vinç kazalarından örnekler verilerek, kaza nedenleri ve tehlikeleri araştırılmıştır.

Standartlara uygun olarak kule vinçlerin hesaplamaları ve tasarımları yapılmıştır. Emniyette kalacak şekilde tasarımıda mühendislik iyileştirmeleri yapılmıştır. Farklı kule vinçler tasarlanmış ve statik yüklemeler sonucu üzerlerinde oluşabilecek maksimum gerilmeler ve minimum emniyet katsayıları hesaplanmıştır. Örnek bir kule vincin bilgisayar ortamında üç boyutlu modellemesi ve sonlu elemanlar yöntemiyle analizler yapılmıştır. Analitik hesaplar ve analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Kule Vinç, Konstrüksiyon, Gerilme, Emniyet Katsayısı, Tasarım.

JÜRİ: Prof. Dr. Hikmet RENDE (Danışman)

Doç. Dr. Hakan ERSOY

Dr. Öğr. Üyesi Sibel BAKBAK

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF THE CALCULATIONS AND THE DESIGN OF THE TOWER CRANES BY THEIR STANDARDS

Sami İlkey SAYER

MSc Thesis, Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hikmet RENDE

May 2018; 159 pages

In the construction sector which is developing and growing day by day, the number of firms and their competitiveness with each other are increasing in direct proportion. Firms are required to make business faster, economically, effectively, safely and firmly so that they can work and survive in this competition. Tower cranes have become indispensable for companies that need to finish work in a shorter time than their peers.

In this thesis, the general knowledge about the tower cranes has been given. Firstly, tower cranes have been described and their sections examined. According to the standards, it is explained how to classify the cranes and make the selection. The factors that are important in the selection of tower crane materials are mentioned in the design of the tower crane effective loads. According to the standards, the elements to be considered in the design of the elements constituting the tower cranes are explained. Also, the points to be considered about ropes, chains and hooks, for safe lifting and carriage of loads, have been determined. In the case of ignoring the design rules, the causes and hazards of the accident research has been done by giving examples of work-related accidents that occurred in the tower crane works in Turkey and the world.

By the standards, proper design and calculations have been illustrated. To ensure the safety in the design, engineering improvements have been introduced. Various tower cranes have been designed and calculations of maximum stress and minimum factor of safety value, due to the effect of static load on cranes, have been done. The 3-D model of one of the designed cranes has been created in a computerized environment and through finite element method, analyzes have been done. Analytical calculations and analysis results are compared.

KEYWORDS: Tower Crane, Construction, Stress, Safety Factor, Design.

COMMITTEE: Prof. Dr. Hikmet RENDE (Supervisor)

Assoc. Prof. Dr. Hakan ERSOY

Asst. Prof. Dr. Sibel BAKBAK

ÖNSÖZ

Teknolojinin hızla ilerlemesine paralel olarak, bilimsel çalışmalarda, daha ileri boyutlara ulaşmaktadır. Bu teknolojik yenilik ve ilerlemelere uygun çalışmalar yapabilmek için, mevcut teknolojilerin sağladığı kolaylıklardan faydalanmak gerekir.

Gelişen ve gün geçtikçe büyüyen inşaat sektöründe, firmaların sayıları ve birbirleriyle olan rekabetleri de doğru orantılı olarak artmaktadır. Firmaların bu rekabet içerisinde iş alıp ayakta kalabilmeleri için işi daha hızlı, ekonomik, etkin, güvenli ve sağlam yapmaları şarttır. Rakiplerinden daha kısa sürede işi bitirmesi gereken firmalar için kule vinçler bir vazgeçilmez olmuştur. Kule vinçler sayesinde, önceleri insan gücü ile, makaralı sistemler ile ya da calaskallar ile saatlerce yukarı taşınan malzemeler daha kısa sürede taşınmaktadır. Beton döküm işleri kolaylaşmıştır. Zaman ve işgücü olarak kule vinçler önemli bir kazanç sağlamaktadır.

Fakat, kule vinçlerin gelişimiyle birlikte gerek iş sağlığı ve güvenliği gerekse maddi açıdan tehditler oluşmaktadır. Bu yüzden vinçlerin tasarımı yapılırken uluslararası standartlara göre tasarımının yapılması ve bu standartlara göre malzeme seçiminin yapılması gerekmektedir.

Tez kapsamında; inşaat şantiyelerinde kullanılan en büyük kaldırma aracı olan kule vinçlerle ilgili genel bilgilere ve vinçlerle çalışmalarda olası tehlike ve riskler tanımlanmaktadır. Bu tehlike ve risklere karşı alınması gereken tedbirler belirtilmiştir. Standartlara uygun olarak Kule vinçlerin hesaplamalar ve tasarımlar yapılmıştır. Emniyette kalacak şekilde tasarımda mühendislik iyileştirmeleri yapılmıştır. Örnek bir Kule vincin bilgisayar ortamında üç boyutlu modellemesi ve sonlu elemanlar yöntemiyle analizler yapılmıştır.

Yüksek lisans eğitimim süresince benden desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Hikmet RENDE hocama candan teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Ayrıca mühendislik eğitimim boyunca derslerime girerek değerli bilgilerini paylaşan tüm hocalarıma, anneme, kardeşime, Sayın Mustafa KIRAÇ'a içten teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Vinçlerin Tarihçesi	3
2.2. Vinç Çeşitleri.....	3
2.2.1. Sabit vinç	3
2.2.2. Kurtarıcı vinç	3
2.2.3. Mobil vinç.....	4
2.2.4. Sepetli vinç	4
2.2.5. Lastik tekerlekli vinç	4
2.2.6. Paletli vinç	4
2.2.7. Pergel vinç	4
2.2.8. Teleskopik vinç.....	5
2.2.9. Portal köprülü vinç	5
2.2.10. Gezer köprülü vinç	5
2.2.11. Kule vinç (Tower crane).....	6
2.3. Kule Vincin Çalışma Prensibi ve Kule Vinci Oluşturan Elemanlar	6
2.4. Kule Vinci Oluşturan Elemanların Seçimi ve Tasarımı	8

2.4.1. Bom	8
2.4.2. Karşı kol (Denge bomu)	9
2.4.3. Gövde (Mast)	9
2.4.4. Kule vinç ayağı ve temeli	10
2.4.4.1. Temel hesabı	11
2.5. Kule Vinç Çeşitleri	14
2.5.1. Mast yapısına göre kule vinçler	14
2.5.2. Bom ve karşı kol yapılarına göre kule vinçler	16
2.6. Kule Vinçlerin Tasarımında Dikkate Alınan Yükler	17
2.6.1. Rüzgar kuvveti	17
2.6.2. Kule vinçlerin devrilmemesi için alınması gereken tedbirler	18
2.6.2.1. Rüzgar freni	19
2.6.2.2. Ankraj bağlantı kirişleri	19
2.7. Kule Vinç Kısımlarının Önemi ve Seçimlerinde Dikkat Edilmesi	
Gereken Hususlar	20
2.7.1. Bom	20
2.7.2. Karşı kol	20
2.7.2.1. Bom ve karşı kol kritik kesitlerinde oluşan gerilmeler	21
2.7.3. Mast	23
2.7.3.1. Mast kritik kesitinde oluşan gerilmeler	24
2.7.3.2. Mastın burkulma hesabı	25
2.7.4. Diğer yapılması gereken hesaplar	26
2.7.5. Operatör kabini	26
2.7.6. Kule vinç motorları	27
2.7.7. Kule vinç fren sistemi	29

2.7.8. Kule vinç redüktörleri.....	30
2.7.9. Kule vinçlerde kullanılan çelik telli halatlar.....	31
2.7.9.1. Halat ömrünü belirleyen başlıca etkenler	31
2.7.9.2. Vinç halatlarının yenilenme zamanı	31
2.7.9.3. Vinç halatlarının hesaplamaları	33
2.7.10. Kule vinçlerde tamburlar	34
2.7.11. Kule vinçlerde yük tutma elemanları (kancalar)	35
2.8. Kule Vinçler ile Yapılan Çalışmalarda, Standartlarda Belirtilen Hususlar Dikkate Alınmadığında Dünyada ve Türkiye’de Meydana Gelen Farklı İş Kazaları	37
3. MATERYAL VE METOT	38
3.1. Çeşitli Kule Vinçlerin Bom ve Karşı Kollarının Mukavemet Hesaplarının Yapılması (72 metre Bom Uzunluğuna Sahip)	39
3.1.1. Bom ve karşı kol için yaklaşık ağırlık hesapları.....	39
3.2. Bom, Karşı Kol ve Mast Parçalarının Ağırlıkları Bilinen 72 metre Bom Uzunluğuna Sahip Kule Vincin Mukavemet Hesaplarının Yapılması.....	40
3.2.1. Toplam uzunlukların ve ağırlıkların hesaplanması	41
3.2.2. Bomdaki yükün 71,5 metrede 1.200 kg. olduğu durumdaki hesaplar	44
3.2.3. Bomdaki yükün 22 metrede 10.000 kg. olduğu durumdaki hesaplar	46
3.3. Rüzgar Kuvveti	48
3.4. Mastın devrilme hesapları	49
3.4.1. Kulenin yana devrilme olasılığı.....	49
3.4.2. Kulenin öne devrilme olasılığı	50
3.5. Mastın Burkulma Hesapları	51
3.5.1. Bomdaki yükün 71,5 metrede 1.200 kg. olduğu durumdaki burkulma hesapları	51

3.5.2. Bomdaki yükün 22 metrede 10.000 kg. olduğu durumdaki burkulma hesapları.....	52
3.6. Temel Taşı Hesapları.....	53
3.6.1. Yükün 71,5 metrede 1,2 ton olduğu durum.....	53
3.6.2. Farklı mast yükseklikleri için uygun olan beton temel ebatlarını saptama çalışmaları.....	56
3.6.3. Bom uzunluğu 70 metre olan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen veriler	57
3.6.4. Kule vinç dengesi beton temelle sabitleme yerine beton bloklarla sağlanacak olursa gerekli blok ebatları ve ağırlıkları	58
3.6.5. Bom uzunluğu 72 metre olan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen veriler	59
3.7. Mast Ebatlarını Büyütüp, Mast Profilini Küçülterek Yapılan Hesaplamalar.....	61
3.7.1. Bom uzunluğu 72 m, mast ebatları 1,35 m x 1,35 m olan ve 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen veriler	61
3.7.2. Bom uzunluğu 70 m, mast ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen veriler	62
3.7.3. Bom uzunluğu 70 m, mast ebatları 2,45 x 2,45 m olan ve 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen veriler	63
3.8. Mast Ebatları ve Mast Profilini Aynı Tutarak, Fakat Profil Et Kalınlığını Değiştirerek Yapılan Hesaplamalar.....	64
3.9. Yaklaşık Toplam Kaynak Dikişi Uzunluğunun Hesaplanması	66
3.9.1. Ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve mastı 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan mast için yaklaşık kaynak dikişi.....	66
3.9.2. Bom için.....	68

3.9.3. Karşı kol için	70
3.10. Kaynak Dikişi Kalınlığı Hesapları	70
3.10.1. Ebatları 2,45 m x 2,45 m olan ve 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan 54 metre uzunluğundaki mastın konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesaplanması	71
3.10.1.1. Kaynak dikiş kalınlığı 10 mm kabul edilirse	71
3.10.1.2. Kaynak dikiş kalınlığı 8 mm kabul edilirse	72
3.10.2. 70 metre uzunluğundaki bomun konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesaplanması	73
3.10.2.1. Kaynak dikiş kalınlığı 10 mm kabul edilirse	73
3.10.2.2. Kaynak dikiş kalınlığı 14 mm kabul edilirse	74
3.10.3. 16,5 metre uzunluğundaki karşı kolun konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesaplanması	75
3.10.3.1. Kaynak dikiş kalınlığı 14 mm kabul edilirse	75
3.11. Kule Vinçlerin Aynı Yüklemlerde, Aynı Bom Uzunluğunda ve Bom Ebatlarında Fakat Farklı Bom Profilleri Kullanılarak Yapılan Hesap Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Yorumlanması	76
3.11.1. Bomun en ucundaki hesaplamalar	76
3.11.1.1. Bom profilleri üçgenin alt köşelerinde 50 x 50 x 6 mm , tepesinde ise 50 x 50 x 8 mm olarak yapılan hesaplar	76
3.11.2. Bomun 58,2. metresinde (7 ile 8 numaralı bom parçaları arasında) farklı profiller kullanılarak yapılan hesaplar	78
3.11.3. Bomun 33,2. metresinde (4 ile 5 numaralı bom parçaları arasında) farklı profiller kullanılarak yapılan hesaplar	79
3.11.4. Bom dip kesitinde farklı profiller kullanılarak yapılan hesaplar	80
3.12. 67,3 Metre Bom Uzunluğundaki Kule Vincin Hesaplarının Yapılması	81
3.12.1. Bom ağırlığı	81

3.12.2. Bom parçalarının ağırlıklarının yaklaşık olarak elle hesaplanması	82
3.12.3. Karşı kol ağırlığı	84
3.12.4. Karşı kol parçalarının ağırlıklarının yaklaşık olarak elle hesaplanması	84
3.13. Örnek Kule Vincin Bom Ağırlığını ve Ebatlarını Azaltma Deneme Hesapları.....	86
3.13.1. 2. ve 3. bom parçalarını tek parça gibi düşünerek,ara cıvata ve flanş bağlantılarını yok saymak	86
3.13.2. 2. ve 3. bom parçalarını tek parça gibi düşünerek,ara cıvata ve flanş bağlantılarını yok sayarak yapılan hesaplar sonucu elde edilen veriler.....	87
3.14. 1.Bom Parçası Kaldırılıp, Uzunluğunu 8.Bom Parçasına İlave Ederek Oluşturulan Yeni Bomun Yük Diyagramının Oluşturulması (Kritik Kesitteki Profiller; 130 x 130 x 12 mm Ebatlarındadır.)	88
3.15. 1.Bom Parçası Kaldırılıp, Uzunluğunu 8.Bom Parçasına İlave Ederek Oluşturulan Yeni Bomun Yük Diyagramının Oluşturulması (Kritik Kesitteki Profiller; 130 x 130 x 10 mm Ebatlarındadır.)	92
3.16. 67,3 Metre Bom Uzunluğundaki Kule Vincin Mast ve Temel Taşı Hesapları (Normal ve Redüksiyonlu Mast Kullanılması Durumunda)	94
3.16.1. 2,30 x 2,30 m ebatlarında, 140 x 140 x 16 ‘lık kutu profillerden oluşan mast için	95
3.16.2. 1,64 x 1,64 m ebatlarından >>> 2,10 x 2,10 m ebatlarına redüksiyon geçişli , 130 x 130 x 16 ‘lık kutu profillerden oluşan mast için.....	96
3.17. Cıvata Mukavemet Hesapları	99
3.17.1. Kulenin öne devrilme olasılığı.....	102
3.17.2. Kuvvet-deformasyon diyagramı	106
3.17.3. Cıvataların çapını küçülterek yapılan hesaplamalar	106
3.18. Sonlu Elemanlar Yöntemi (Finite Element Method-FEM).....	107
3.18.1. Sonlu elemanların faydaları	109

3.18.2. Ansys ve Ansys Workbench.....	110
3.18.2.1. Ansys 13 yazılımı	110
3.18.2.2. Ansys Workbench programı ve özellikleri	110
3.19. Kule Vincin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi.....	111
3.19.1. Programın sağlamlasının yapılması	111
3.19.1.1. Elle yapılan analitik hesaplar	111
3.19.1.2. Sonlu elemanlar metoduyla çözümleme	112
3.19.1.3. Elle yapılan analitik hesaplar	113
3.19.1.4. Sonlu elemanlar metoduyla çözümleme	114
3.19.2. Kule vincin oluşturulması ve analizi	116
3.19.2.1. Sistemin genel özellikleri.....	116
3.19.2.2. Modelin oluşturulması	116
3.19.2.3. Sistemin statik analizi	116
3.19.2.4. Modelin hesaplamalarının analitik olarak yapılması	116
3.19.3. Sistemin matematiksel modellenmesi	123
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	126
4.1. Kule Vinçlerin Aynı Yüklemede, Aynı Bom Uzunluğunda Fakat Farklı Mast Ebatları ve Mast Profilleri Kullanılarak Yapılan Hesap Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Yorumlanması.....	126
4.2. Yaklaşık Toplam Kaynak Dikişi Uzunluğunun ve Kaynak Dikişi Kalınlığının Hesaplama Sonuçlarının Karşılaştırılması	127
4.2.1. Kaynak dikişi uzunluğu hesap sonuçları	127
4.2.2. Kaynak dikişi kalınlığı hesap sonuçları.....	128
4.3. Yapıda Kullanılan Profil Ebatlarını, Et Kalınlıklarını Azaltarak Hesaplamaların Yapılması ve Sonuçların Karşılaştırılması.....	130

4.3.1. Aynı yüklemede, aynı bom uzunluğunda fakat farklı mast ebatları ve mast profilleri kullanılarak yapılan hesap sonuçlarının karşılaştırılması ve yorumlanması	130
4.3.1.1. Toplam mast ağırlığı açısından kıyaslama.....	130
4.3.1.2. Toplam kaynak dikişi uzunluğu ve kaynak dikişi genişliği açısından kıyaslama	131
4.3.1.3. Toplam maliyet açısından kıyaslama.....	133
4.4. Örnek Kule Vincin Bom Ağırlığını ve Ebatlarını Azaltma Deneme Hesapları.....	140
4.5. Bom Parçalarının Bir Kısımını Yekpare İmal Ederek Sayısını Azaltarak Ağırlıktan Tasarruf Etmek.....	140
4.6. Redüksiyonlu Mast Kullanmak	141
4.6.1. Bom uzunluğu 67,3 metre, mast ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen mast mukavemet verileri.....	141
4.6.2. Bom uzunluğu 67,3 m, mast ebatları; 1,64 x 1,64 m ebatlarından >>> 2,10 x 2,10 m ebatlarına redüksiyon geçişli olan ve 130 x 130 x 16 mm profillerden oluşan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen mast mukavemet verileri.....	143
4.7. Cıvata Bağlantılarında Kullanılan Civataların Çapını Küçültmek.....	146
4.8. Bilgisayar Destekli Tasarım ve Analiz Programları.....	147
4.8.1. Analitik hesaplamaların ve sonlu elemanlar yöntemiyle analiz sonuçlarının karşılaştırması, çözümlemelerin doğruluk sağlamalarının yapılması	147
4.8.1.1. 1 metre uzunluğunda, 10 mm x 10 mm ebatlarında bir çubuğun bir ucundan sabitlenmesi, diğer ucundan 100 N yük uygulanması	147
4.8.1.2. 1 metre yüksekliğinde, dip kısmından sabitlenmiş çubuk üzerinde 1,5 metre uzunluğunda, 10 mm x 10 mm ebatlarında bir çubuğa iki ucundan farklı yükler uygulanması (protatip kule vinç)	148

4.8.3. Kule vinç modelinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan analizi.....	148
4.8.3.1. 70 metrede 2 ton yükleme olduğu durumundaki analiz sonuçları.....	149
4.8.3.2. 25 metrede 11,7 ton yükleme olduğu durumundaki analiz sonuçları.....	151
4.8.3.3. Kule vincin bilgisayar ortamında modellenmesi ve sonlu elemanlar metoduyla yapılan analizi ile analitik hesaplama sonuçlarının karşılaştırılması	153
5. SONUÇLAR	155
6. KAYNAKLAR	158
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kule Vinçlerin Hesaplarının ve Tasarımlarının Standartlar Açısından İncelenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak bulunduğunu belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

13 / 07 / 2018

Sami İlkey SAYER

.....

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

A	: Kuvvete Dik Alan
c_f	: Kesme Faktörü
cm	: Santimetre
E	: Elastisite Modülü
F	: Kuvvet
I	: Atalet Momenti
L	: Uzunluk
M	: Moment
m	: Metre
mm	: Milimetre
MPa	: Mega Pascal
N	: Newton
P	: Rüzgar Hızına Göre Değişen Rüzgar Basıncı
S	: Emniyet Katsayısı
W	: Mukavemet Momenti
σ	: Normal Gerilme
τ	: Kayma Gerilmesi
λ	: Narinlik Katsayısı

Tezde ondalık yazım ayırıcının olarak “,” kullanılmaktadır (“21,01”).

Kısaltmalar

AB : Avrupa Birliđi

DIN : Alman Standartlar Enstitüsü (Deutsches Institut für Normung)

EN : Avrupa Standartları (European Norm)

FEM : Avrupa Yük Kaldırma Federasyonu (Federation of Material Handling)

ISO : Uluslararası Standart Teşkilatı (International Organization for Standardization)

İSG : İş Sağlığı ve Güvenliği

OSHA : Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı (Occupational Safety and Health Administration)

SGK : Sosyal Güvenlik Kurumu

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Sabit vinç çeşitleri	3
Şekil 2.2. Kurtarıcı vinç çeşitleri	4
Şekil 2.3. Mobil vinç çeşitleri	4
Şekil 2.4. Pergel vinç çeşitleri	4
Şekil 2.5. Teleskopik vinç çeşitleri	5
Şekil 2.6. Portal köprülü vinç çeşitleri.....	5
Şekil 2.7. Gezer köprülü vinç çeşitleri.....	5
Şekil 2.8. Kule vinç kısımları	7
Şekil 2.9. Bom kafes sistemi.....	8
Şekil 2.10. Kule vinçte kullanılan profil örnekleri	8
Şekil 2.11. Karşı kol ve bom kafes sistemi.....	9
Şekil 2.12. Mast kafes sistemi ve operatör tırmanma merdiveni.....	9
Şekil 2.13. Mast kafes sistemi cıvata montajı ve operatör tırmanma merdiveni	10
Şekil 2.14. Hareketsiz mast bölümü ve beton bloğu kesiti	10
Şekil 2.15. Kendi tabanlı üzerinde bulunan kule vinç	11
Şekil 2.16. Temel taşına gelen yükler.....	11
Şekil 2.17. Tipik temel derinliği	12
Şekil 2.18. Zımbalama tahkiki uygulanmış temel	12
Şekil 2.19. Beton blok içerisindeki donatı yerleşimi	13
Şekil 2.20. Mast yapısına göre farklı kule vinçler	15
Şekil 2.21. Bom ve karşı kol yapısına göre farklı kule vinçler.....	16
Şekil 2.22. Kafes yapılarında kullanılan farklı profiller	18
Şekil 2.23. Ankraj bağlantı kirişleriyle yapıdan destek almış kule vinç örnekleri	19
Şekil 2.24. Bomda kritik kesit	20
Şekil 2.25. Karşı kolda kritik kesit	21

Şekil 2.26. Kutu profil ebatları	21
Şekil 2.27. Mastta kritik kesit	23
Şekil 2.28. Masta gelen yüklerin ve oluşan gerilmelerin şematik gösterimi	24
Şekil 2.29. Çubuklarda flambaj şekilleri	25
Şekil 2.30. Çeşitli kule vinç kabinleri	27
Şekil 2.31. 40 metre bom uzunluğunda, 45 metre mast yüksekliğinde olan kule vinçte kullanılması önerilen motorlar	28
Şekil 2.32. TS ISO 4309 standardına göre, değiştirilmesi öngörülen halat deformasyon örnekleri	32
Şekil 2.33. Halat sarım şekilleri	33
Şekil 2.34. Kule vinç halat tamburu örneği	35
Şekil 2.35. Tek ve çift ağızlı vinç kanca örnekleri	35
Şekil 2.36. 2014 yılında, İstanbul’da şiddetli fırtınada devrilen kule vinç ve 2016 yılında, İzmir’de okulun çatısına devrilen kule vinç	37
Şekil 2.37. Çeşitli kule vinç kaza haberleri	37
Şekil 3.1. Bom ve karşı kolu oluşturan blok parçaları	41
Şekil 3.2. Bloklardan oluşan bomun ağırlık merkezi	42
Şekil 3.3. Bloklardan oluşan karşı kolun ağırlık merkezi	43
Şekil 3.4. Beton temeldeki gerilmeler	54
Şekil 3.5. Beton temelin üstten görünümü	55
Şekil 3.6. Mast bloğu	66
Şekil 3.7. Köşelerden kaynak yapılacak mast bloğu	66
Şekil 3.8. Köşelerden kaynak yapılacak mast bloğu	67
Şekil 3.9. Köşelerden kaynak yapılacak mast bloğu	67
Şekil 3.10. Köşelerden kaynak yapılacak mast bloğu	67
Şekil 3.11. Köşelerden kaynak yapılacak bom bloğu	68
Şekil 3.12. Köşelerden kaynak yapılacak bom bloğu	69

Şekil 3.13. Uç bom parçası	76
Şekil 3.14. 7. ve 8. bom parçaları	78
Şekil 3.15. 8. bom parçası.....	78
Şekil 3.16. 5. bom parçası.....	79
Şekil 3.17. Bom dip parçası	80
Şekil 3.18. Ana bom parçasının ebatları	82
Şekil 3.19. Bomda 2. ve 3. blok parçalarının birleştirilmesi durumu	86
Şekil 3.20. Bomda farklı mesafelerde, farklı yüklerdeki yük-metre diyagramı	90
Şekil 3.21. Bomda farklı mesafelerde, farklı yüklerdeki bileşik gerilmeler diyagramı	90
Şekil 3.22. Bomda farklı mesafelerde, farklı yüklerdeki emniyet katsayıları diyagramı	91
Şekil 3.23. Bomda farklı mesafelerde, farklı yüklerdeki yük-metre diyagramı	93
Şekil 3.24. Bomda farklı mesafelerde, farklı yüklerdeki bileşik gerilmeler diyagramı	93
Şekil 3.25. Bomda farklı mesafelerde, farklı yüklerdeki emniyet katsayıları diyagramı	94
Şekil 3.26. Mast	95
Şekil 3.27. Redüksiyon geçişli mast	96
Şekil 3.28. Kule vinçte cıvataların yerleri	99
Şekil 3.29.a. Mast bloğu köşelerindeki cıvata bağlantıları.....	100
Şekil 3.29.b. Mast bloğu köşelerindeki cıvata bağlantıları.....	100
Şekil 3.30. Mast bloğu köşelerindeki cıvataları çekerek sıkma yöntemi.....	101
Şekil 3.31. Kule vinçte seçilen cıvatanın ölçüleri.....	103
Şekil 3.32. Masttaki cıvataların yerleri	105
Şekil 3.33. Sayısal yöntemlerle çözümleme basamakları.....	108
Şekil 3.34. Bir sonlu eleman modelinde nod noktaları ve elemanlar	109
Şekil 3.35. Çubuk profil.....	111

Şekil 3.36. Çubuk sınır şartları oluşturulmuştur	112
Şekil 3.37. Eğilme momenti, $M = 100 \times 10^3$ Nmm olarak hesaplanmıştır	112
Şekil 3.38. Birleşik gerilme, $\sigma = 600$ N/mm ² olarak hesaplanmıştır	112
Şekil 3.39. Protatip kule vinç	113
Şekil 3.40. Yapı oluşturulmuş, mesh yapı örülmüş, sınır şartları oluşturulmuştur.....	114
Şekil 3.41. Kuvvetleri; a çubuğunda $F = 100$ N, b çubuğunda $F = 50$ N, c çubuğunda $F = 150$ N olarak hesaplanmıştır.....	115
Şekil 3.42. Eğilme momentleri; a çubuğunda $M = 100 \times 10^3$ Nmm, b çubuğunda $M = 25 \times 10^3$ Nmm, c çubuğunda $M = 75 \times 10^3$ Nmm olarak hesaplanmıştır.....	115
Şekil 3.43. Birleşik gerilme (a çubuğunda) , $\sigma = 567$ N/mm ² olarak hesaplanmıştır ...	115
Şekil 3.44. Kritik kesitlerde oluşan birleşik gerilmeler; a çubuğunda $\sigma = 595$ N/mm ² , b çubuğunda $\sigma = 150$ N/mm ² , c çubuğunda $\sigma = 449$ N/mm ² olarak hesaplanmıştır	116
Şekil 3.45. Bomda kritik kesit	117
Şekil 3.46. Karşı kolda kritik kesit	117
Şekil 3.47. Mastta kritik kesit	118
Şekil 3.48. Kule vincin koordinatları.....	123
Şekil 3.49. Mast blokları şablonu	123
Şekil 3.50. Bom blokları şablonu.....	124
Şekil 3.51. Karşı ağırlık tasarımı	124
Şekil 3.52. Operatör kabini koordinatları	124
Şekil 3.53. Kule vinç şablonu	125
Şekil 3.54. Oluşturulan kule vinç.....	125
Şekil 3.55. Kule vinç tasarımında kullanılan farklı kutu profillerden bir örnek.....	125
Şekil 4.1. Bomda 25 metrede 11,7 ton yük olduğu durumda, farklı yüksekliklerdeki mastlarda oluşan bileşik gerilmeler diyagramı.....	142
Şekil 4.2. Bomda 25 metrede 11,7 ton yük olduğu durumda, farklı yüksekliklerdeki mastlarda oluşan emniyet katsayıları diyagramı	143

Şekil 4.3. Bomda 25 metrede 11,7 ton yük olduğu durumda, farklı yüksekliklerdeki redüksiyonlu mastlarda oluşan bileşik gerilmeler diyagramı.....	145
Şekil 4.4. Bomda 25 metrede 11,7 ton yük olduğu durumda, farklı yüksekliklerdeki redüksiyonlu mastlarda oluşan emniyet katsayıları diyagramı	146
Şekil 4.5. Yapı oluşturulmuş, mesh yapı örülmüş, sınır şartları oluşturulmuştur.....	149
Şekil 4.6. Maksimum eğilme momenti; $M = 4.438,5 \times 10^6$ Nmm hesaplanmıştır	149
Şekil 4.7. Kritik kesitlerde oluşan birleşik gerilmeler; maksimum (bom dip kesitinde) $\sigma = 204,1$ N/mm ² , mastta ise $\sigma = 42,057$ N/mm ² olarak hesaplanmıştır	150
Şekil 4.8. Maksimum yer değiştirme; 0,370 metre (bom ucu) olarak belirlenmiştir	150
Şekil 4.9. Yapı oluşturulmuş, mesh yapı örülmüş, sınır şartları oluşturulmuştur.....	151
Şekil 4.10. Maksimum eğilme momenti; $M = 6.139 \times 10^6$ Nmm hesaplanmıştır	151
Şekil 4.11. Kritik kesitlerde oluşan birleşik gerilmeler; maksimum (bom dip kesitinde) $\sigma = 205,9$ N/mm ² , mastta ise $\sigma = 86,135$ N/mm ² olarak hesaplanmıştır	152
Şekil 4.12. Maksimum yer değiştirme; 1,156 metre (bom ucu) olarak belirlenmiştir	152

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Beton ebatları seçimi	13
Çizelge 2.2. Betondaki donatı tetkik alanını hesaplamada kullanılan katsayılar.....	14
Çizelge 2.3. C_f = Kesme faktörü	18
Çizelge 2.4. Fren kasnağı boyutları	30
Çizelge 2.5. Halat tipine göre kesit faktörü(f), yapı çarpanı(k) ve ağırlığı (g)	34
Çizelge 2.6. DIN 15401 standardına göre kanca ebatları	36
Çizelge 3.1. Bom ve karşı kol parçalarının uzunluk ve ağırlıkları	41
Çizelge 3.2. Farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki hesaplama sonuçları	48
Çizelge 3.3. 72 metre bomlu kule vincin farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki hesaplama sonuçları	51
Çizelge 3.4. Farklı mast yüksekliklerinde olması gereken temel taşı ebatları ve temeldeki donatı özellikleri.....	56
Çizelge 3.5. 70 metre bomlu kule vincin farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki hesaplama sonuçları	57
Çizelge 3.6. 70 metre bomlu kule vincin farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki temel taşı hesaplama sonuçları.....	57
Çizelge 3.7. 72 metre bomlu kule vincin farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki beton plaka hesaplama sonuçları.....	58
Çizelge 3.8. 70 metre bomlu kule vincin farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki beton plaka hesaplama sonuçları.....	58
Çizelge 3.9. 72 metre bom uzunluğundaki kule vinçte, farklı uzunluklarda farklı yüklemeler sonucu mukavemet hesapları	59
Çizelge 3.10. 54 metre mast yüksekliğindeki kule vinçte, farklı mesafelerde farklı yüklemeler sonucu mukavemet hesapları	60
Çizelge 3.11.a. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları	61
Çizelge 3.11.b. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları.....	61
Çizelge 3.11.c. Temel taşı ve donatı hesap sonuçları	61
Çizelge 3.12.a. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları	62

Çizelge 3.12.b. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları.....	62
Çizelge 3.12.c. Temel taşı ve donatı hesap sonuçları	62
Çizelge 3.13.a. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları	63
Çizelge 3.13.b. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları.....	63
Çizelge 3.13.c. Temel taşı ve donatı hesap sonuçları	63
Çizelge 3.14.a. Kulenin mukavemet değerleri	64
Çizelge 3.14.b. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları.....	64
Çizelge 3.14.c. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları (2 ton yük)	64
Çizelge 3.14.d. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları (11,7 ton yük).....	65
Çizelge 3.14.e. Kulenin burkulma analiz sonuçları (2 ton yük)	65
Çizelge 3.14.f. Kulenin burkulma analiz sonuçları (11,7 ton yük).....	65
Çizelge 3.14.g. Temel taşı ve donatı hesap sonuçları.....	65
Çizelge 3.15. Kaynak dikişine statik yüklemeye gelen katsayı	70
Çizelge 3.16. Kaynak dikişinde, kaynakçının ustalığına bağlı olarak hesaba katılan katsayı.....	71
Çizelge 3.17. Kule vincin uç bom parçasında farklı profiller kullanılarak hesaplanan emniyet katsayıları	77
Çizelge 3.18. Kule vincin 7. ve 8.bom parçalarında farklı profiller kullanılarak hesaplanan emniyet katsayıları	78
Çizelge 3.19. Kule vincin 4. ve 5.bom parçalarında farklı profiller kullanılarak hesaplanan emniyet katsayıları	79
Çizelge 3.20. Kule vincin dip kısmında farklı profiller kullanılarak hesaplanan emniyet katsayıları	80
Çizelge 3.21. Bom bloklarının ebatları, ağırlıkları ve profilleri	81
Çizelge 3.22. Karşı kol bloklarının ebatları, ağırlıkları ve profilleri	84
Çizelge 3.23. Bom ve karşı kol parçalarının uzunluk ve ağırlıkları	86
Çizelge 3.24.a. Farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki hesaplama sonuçları	87
Çizelge 3.24.b. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları.....	87

Çizelge 3.24.c. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları	87
Çizelge 3.25. Bom bloklarının ebatları, ağırlıkları ve profilleri	88
Çizelge 3.26. Bomda farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki hesaplama sonuçları	89
Çizelge 3.27. Bomda farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki hesaplama sonuçları	92
Çizelge 3.28. Mastı oluşturmak için; 3 adet K1, 1 adet K3, 3 adet K4 parçası kullanılmıştır.	97
Çizelge 3.29. Mastı oluşturmak için; 2 adet K1, 1 adet O1, 1 adet B1, 1 adet B2 parçası kullanılmıştır.	97
Çizelge 3.30. Mastı oluşturmak için; 2 adet K1, 1 adet O1, 2 adet B1 parçası kullanılmıştır.	97
Çizelge 3.31. Mastı oluşturmak için; 2 adet K1, 1 adet O1, 2 adet B1, 1 adet B4 parçası kullanılmıştır.	98
Çizelge 3.32. Mastı oluşturmak için; 2 adet K1, 1 adet O1, 2 adet B1, 1 adet B3 parçası kullanılmıştır.	98
Çizelge 3.33. Mastı oluşturmak için; 2 adet K1, 1 adet O1, 3 adet B1 parçası kullanılmıştır.	98
Çizelge 3.34. Civatalardaki ön gerilme değerleri	101
Çizelge 4.1.a. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları	126
Çizelge 4.1.b. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları.....	126
Çizelge 4.2. Farklı mast ebatlarındaki kule vinçlerde kullanılan toplam kaynak dikişi uzunlukları	127
Çizelge 4.3. Bomdaki yükün 25 metrede 11.700 kg. olduğu durumdaki hesaplar	128
Çizelge 4.4. Bomdaki yükün 69,5 metrede 2.000 kg. olduğu durumdaki hesaplar	129
Çizelge 4.5. Farklı ebatlarda mastların profil ağırlıkları.....	131
Çizelge 4.6. Farklı ebatlarda mastların kaynak dikişi uzunlukları.....	132
Çizelge 4.7. Mastın profil maliyeti	133
Çizelge 4.8. Kaynak ağzının şekline göre değişen katsayı	134
Çizelge 4.9. Kaynakta işin türüne göre p katsayısı	134

Çizelge 4.10. Mastın profil maliyeti	136
Çizelge 4.11.a. Mukavemet analizi sonuçları.....	138
Çizelge 4.11.b. Farklı mast ebatlarındaki kule vinçlerde kaynak dikişi uzunlukları	138
Çizelge 4.11.c. Ağırlık, kaynak dikişi uzunluğu hesaplarının ve maliyet analizi sonuçları	139
Çizelge 4.12.a. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları	141
Çizelge 4.12.b. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları.....	141
Çizelge 4.12.c. Kulenin burkulma analiz sonuçları	142
Çizelge 4.12.d. Temel taşı ve donatı hesap sonuçları.....	142
Çizelge 4.13.a. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları	143
Çizelge 4.13.b. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları.....	144
Çizelge 4.13.c. Kulenin burkulma analiz sonuçları	144
Çizelge 4.13.d. Temel taşı ve donatı hesap sonuçları.....	144
Çizelge 4.14. Çubuktaki çözümlemelerin karşılaştırılması	147
Çizelge 4.15. Protatip kule vinç çözümlemelerin karşılaştırılması	148
Çizelge 4.16. Kule vinç çözümlemelerin karşılaştırılması	153

1. GİRİŞ

Gelişen ve gün geçtikçe büyüyen inşaat sektöründe, firmaların sayıları ve birbirleriyle olan rekabetleri de doğru orantılı olarak artmaktadır. Firmaların bu rekabet içerisinde iş alıp ayakta kalabilmeleri için işi daha hızlı, ekonomik, etkin, güvenli ve sağlam yapmaları şarttır. Rakiplerinden daha kısa sürede işi bitirmesi gereken firmalar için kule vinçler bir vazgeçilmez olmuştur.

Kule vinçler sayesinde, önceleri insan gücü ile, makaralı sistemler ile ya da calaskallar ile saatlerce yukarı taşınan malzemeler daha kısa sürede taşınmaktadır. Beton döküm işleri kolaylaşmıştır. Zaman ve işgücü olarak kule vinçler önemli bir kazanç sağlamaktadır.

Tek bir kule vinç bile ağır yüklerin taşınmasında, şantiyedeki zor yolların aşılmasında önemli bir kolaylık sağlamakla beraber ayrıca ek bir kaldıraç, calaskal, taşıma araçları masrafı da gerekmemektedir.

Ancak kule vincin tasarımında rol oynayan önemli hususların dikkate alınması zorunludur.

Kule vinçler, sadece şantiyelerde değil, yat imalat sektöründe, madencilikte ve ağır tonajlı yüklerin yükseğe kaldırılması gereken tüm sektörlerde kullanılmaktadır.

Kule vinçler üç ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler; kule(gövde), yükü taşıyan kol ve vincin yük etkisiyle devrilmemesi, dengede kalabilmesi için olması gereken karşı koldur.

Yükün ağırlığı arttıkça, bu yükü kaldıracak kule vinçlerin mukavemet özellikleri de artmaktadır. Örneğin; gövde ve kollardan oluşan tepesiz vinçler sektörde kullanıldığı gibi, daha fazla yükler için kolların statik dayanımını gergi halatlarla artıran tepeli vinçlerde mevcuttur. Bu vinçlerden başka, mega yükler için yüksek kapasiteli vinçlerden söz edilir.

Fakat, kule vinç kullanımı, iş sağlığı ve güvenliği risklerini artırmıştır, gerekli iş güvenliği önlemlerini standartlar doğrultusunda almak ve uygulatmak mühendislerin görevidir.

Merdiven altı, standartlara bağlı kalmadan tasarlanan ve üretilen kule vinçlerin olası bir kaza veya devrilme durumlarında oluşacak hasar, iş kazaları tartışmaya konu olmayacak ölçüde büyüktür.

DIN, FEM, ISO, TSE standartlarında kule vinçlerin ve vinç parçalarının tasarımlarına yönelik ilgili standartlara bağlı kalarak, bu bağlamda tasarım, üretim, ar-ge çalışmalarını yürütmek şarttır.

Makine mühendisleri standartlara bağlı kalarak kule vinç tasarımını yapmaktan başka, vinçlerin yine standartlara bağlı kalarak şantiyelerde kurulumunu ve demontajını yapmakla da yükümlüdür. Ayrıca standartlar doğrultusunda gerekli statik, dinamik, mukavemet hesaplarını ve doğru kapasitede parça seçimlerini yapmaları gerekir.

Özellikle gelişen bilgisayar programları ile, daha önceleri belli bir sürede yapılan ve hata yapılma olasılıkları yüksek olan kule vinç mühendislik tasarımları ve hesaplamaları artık daha kolay yapılmaktadır. Autocad, Solidworks, Ansys, Workbench gibi programlar kule vinç tasarım ve hesaplarında önemli ölçüde hız, doğruluk ve düzen getirmiştir.

Tez kapsamında, kule vinçlerin ve vinç parçalarının standartlar doğrultusunda tasarımları, hesaplamaları ve seçimleri manuel hesaplarla ve yukarıdaki bilgisayar programları yardımıyla yapılmıştır. Sonuçlar mukayese edilmiş ve müsaade edilen gerilmeleri aşmayacak şekilde bazı ar-ge çalışmaları yapılarak özellikle profillerden ve malzemeden tasarrufta bulunulabileceği anlatılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Vinçlerin Tarihçesi

Çeşitli ağırlıklardaki yükleri kaldıran, farklı yönlerde hareket ettiren makinalara vinç denir. Vinçlerin tarihçesi basit makinalara kadar dayanmaktadır. Daha az güç harcayarak, daha fazla iş yapılabilmesi prensibiyle çalışmaktadır.

Tarihte bilinen ilk vinç tasarımı Romalı mimar Vitruvius'un MÖ 10. yıllarında yazdığı bir kitapta görülmüştür. Bu vinç tepesinde makara bulunan ve halatlarla sabitlenen bir direkten oluşuyordu. Makaradan geçen başka bir halat yüklere bağlanıyor ve kölelerin çevirdiği ayak değirmeniyle kaldırılıyordu.

Daha sonra 15. yüzyılda İtalya'da palangalı vinç adı verilen daha kullanışlı bir vinç tasarlanmıştır. Buhar gücüyle çalışan ilk vinci ise 19. yüzyılda İskoçyalı John Rennie yapmıştır.

Önceden kaldırılması mümkün olmayan ağır yüklerin kaldırılması içten yanmalı veya elektrikli motor ve hidrolik sistemlerin kullanılmasıyla mümkün olmuştur.

2.2. Vinç Çeşitleri

2.2.1. Sabit vinç: Belli bir yerde kurulmuşlardır. Sadece yükü aşağı yukarı hareket ettirirler. Ayrıca, sonradan eklenecek tekerlek düzeneğiyle yükü yatay olarakta hareket ettirebilirler. Otomotiv sanayi, tersane, liman gibi yerlerde kullanılırlar. Kapasiteleri 2-10 ton arasındadır.



Şekil 2.1. Sabit vinç çeşitleri

2.2.2. Kurtarıcı vinç: Suya batmış gemilerin çekilmesi, kaza yapmış taşınması ve diğer araçların kaldırılıp indirilmesinde kullanılırlar. Genelde lastik tekerlekli, kolu şasi ortasına monte edilmiş, taşıyıcı özelliktedirler. Kapasiteleri 10-60 ton arasındadır.



Şekil 2.2. Kurtarıcı vinç çeşitleri

2.2.3. Mobil vinç: Sabit bir noktada çalışma zorunluluğu yoktur. Hareketli hale geçebilirler. Yer değiştirerek farklı mahallerde çalışabilirler.



Şekil 2.3. Mobil vinç çeşitleri

2.2.4. Sepetli vinç: Sepetli platformdan oluşan kolu ile yetkilileri, doğal yollarla ulaşamayacakları yerlere ulaştırmakta kullanılırlar. İtfaiye ve elektrik direklerine tırmanma durumlarında kullanılırlar.

2.2.5. Lastik tekerlekli vinç: Genellikle kamyon üzerinde monte edilmiş vinçlerdir. Nakliye kolaylığı vardır. Yumuşak arazilerde kullanılmazlar. Aracın geçebileceği yerlerde kullanılırlar.

2.2.6. Paletli vinç: Paletli araç üzerine montelidir. Yumuşak arazilerde kullanılırlar.

2.2.7. Pergel vinç: Duvara veya zemine ayak yardımıyla monte edilir. Kısa mesafelerde bir veya birkaç tezgahta kullanılmak için tasarlanmışlardır. Kapasiteleri 4-5 ton arasındadır.



Şekil 2.4. Pergel vinç çeşitleri

2.2.8. Teleskopik vinç: Kolları uzayıp kısalabilir. Yükü, düşey ve yatay hareketlerle hareket ettirirler. Kapasiteleri 10-60 ton arasındadır.



Şekil 2.5. Teleskopik vinç çeşitleri

2.2.9. Portal köprülü vinç: Kolonlar üzerine raylar yerine, yere döşenmiş raylarda hareket ederler. Ağır yüklerin kaldırılmasında kullanılırlar. Mermer, inşaat, çelik işleri sektörlerinde kullanılırlar.



Şekil 2.6. Portal köprülü vinç çeşitleri

2.2.10. Gezer köprülü vinç: Gezer köprü denilen iki adet kiriş üzerine, yürüyüş grubu ile beraber monte edilen kedi ismi verilmiş sabit elektrikli calaskaldan oluşurlar. Fabrikalarda ve kapalı hangarlarda kullanılırlar.



Şekil 2.7. Gezer köprülü vinç çeşitleri

2.2.11. Kule vinç (Tower crane)

Kule vinçler, ismini kule gibi yükselen gövdesinden almıştır (ÇSGB 2013). Bu gövdeye mast denir. Mastın tepesinde yükün taşındığı kol (bom) bulunmaktadır. Yük kolundaki ağırlığı dengelemek ve mastın devrilmemesi için mast tepesinde karşı kol ve bu kol üzerinde denge taşları kullanılmaktadır.

Bazı kule vinçler şantiye süresince sabit mast yüksekliğinde kalırlar, hidrolik tırmanma ekipmanı bulunan kule vinçlerde ise ihtiyaç duyulduğu taktirde, mastın orta kısımlarında bulunan ekleme bölümü (hidrolik tırmanma ekipmanları) mastı ayırıp yükseltir, bomdaki kanca, boşluğa ek mast parçasını kaldırıp yanaştırır. Mast parçası içe alınıp monte edilir ve cıvatarla bağlanır.

Kule vinçler, sabit beton temelli, beton taş plakalı, mobil üzerinde, paletli, raylı gibi çeşitli şekillerde zemine sabitlenir ve yükselir.

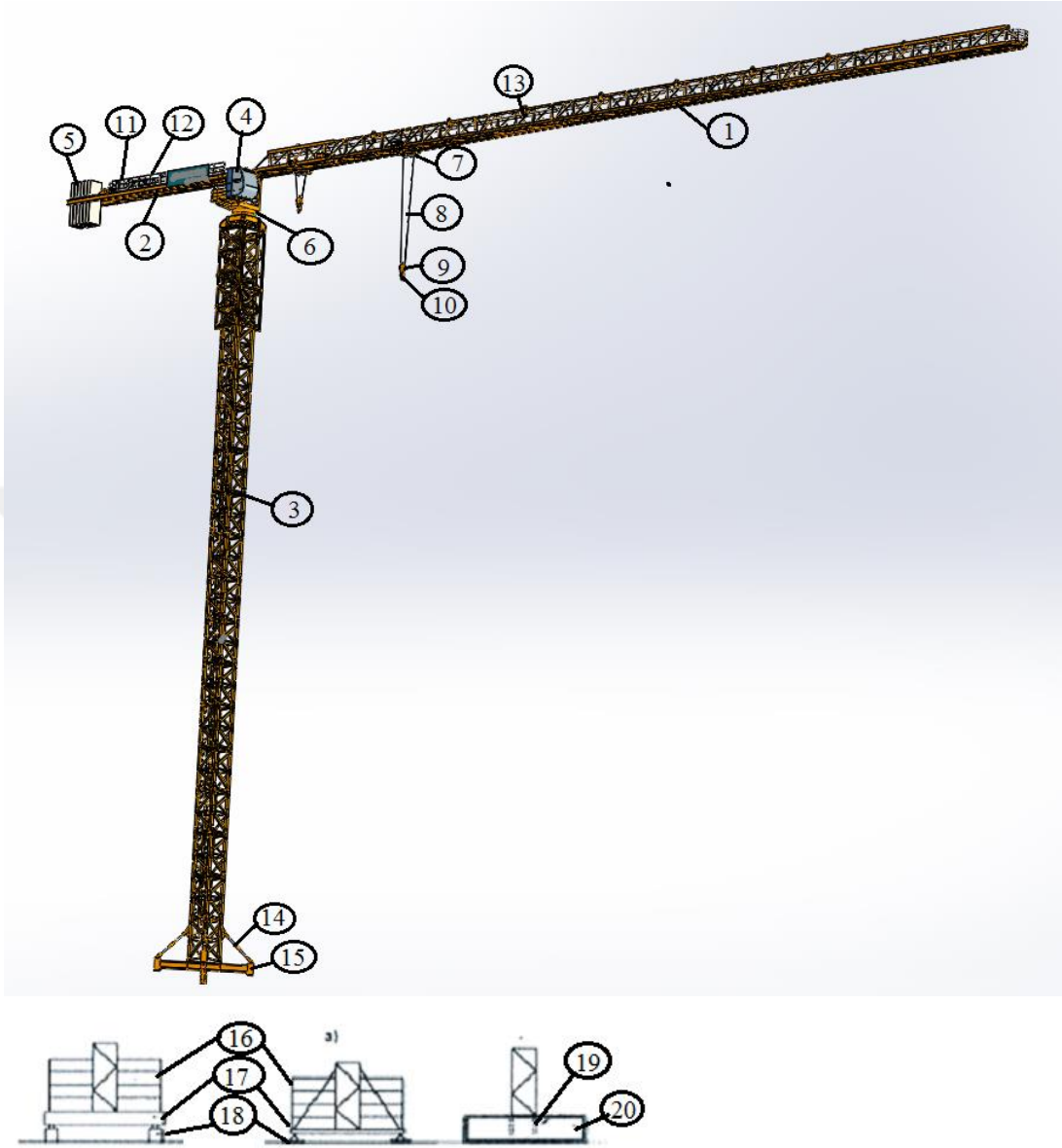
2.3. Kule Vincin Çalışma Prensibi ve Kule Vinci Oluşturan Elemanlar

Tüm kule vinçler benzer bölümleri içerir. Kafes yapıdan oluşan mast, bom kolu ve karşı kol vincin ana yapılarıdır. Bunlardan başka, vinç ayakları, beton temel, kabin, halat sistemi, denge taşları, döner sistem, kumanda kabini/panosu, elektrik motoru, vb... mevcuttur (Şekil 2.8'de görüldüğü gibi).

Bom, mastın üstüne yerleştirilirken, bomdaki yükü karşı kol tarafına yerleştirilen ağırlık (beton plakaları) dengeler. Bom üzerinde masttan uzaklaştıkça taşınabilecek yük miktarı azalmakta, masta yaklaştıkça ise artmaktadır. Mast gövdesi ağırlığın kaldırılacağı en uygun bölgedir. Ağır yükler, masta yakın yerlerde taşınır, eğer masttan uzak bir konumda ağır yük taşınacaksa ilave destek bir yapı oluşturulur ve vinç bomu bu yapıdan destek alır.

Rüzgarın fazla olduğu durumlarda devrilme riskine karşı çalışan kule vinç durdurulmalıdır. Rüzgar frenleri açılmalıdır. Operatör kabini terk etmelidir.

Kule vinci oluşturan kısımlar genelde aşağıda verilen şekildeki gibidir.



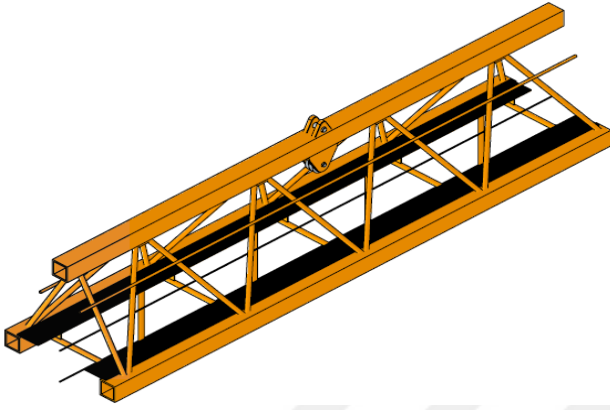
Şekil 2.8. Kule vinç kısımları

- | | | |
|---|-----------------------------------|--|
| 1. Kol (Bom) | 2. Karşı kol (Kuyruk) | 3. Kule (Mast) |
| 4. Kabin | 5. Karşı ağırlık (Denge Ağırlığı) | 6. Döner platform |
| 7. Araba | 8. Kaldırma halatı | 9. Kanca bloğu |
| 10. Kanca | 11. Elektrik kumanda kabini | 12. Kaldırma grubu (motor, redüktör, tambur) |
| 13. Araba yürütme mekanizması ve halatı | 14. Kule destekleri | 15. Ayak |
| 16. Blok taşlar | 17. Ana şasi | 18. Ayak blokları |
| 19. Temel bağlantısı | 20. Temel | |

2.4. Kule Vinci Oluşturan Elemanların Seçimi ve Tasarımı

2.4.1. Bom

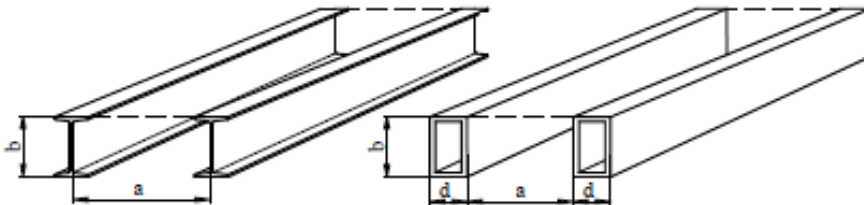
Bom boyu, taşıyacağı maksimum yüke ve çalışacağı alana göre belirlenir. Yükün değişmesi durumunda bom boyu, bom parçaları ilave edilerek ya da çıkarılarak uzatılıp kısaltılabilir. Bom montajı yapılmadan önce karşı kol montajı yapılır ve denge taşları yerleştirilir. Bom kafes sistemlerden oluşur. Bu kafes sistemler profillerin birleştirilmesi ile oluşur. Profiller birleştirilerek **üçgen kesitli** bom kafesi oluşturulur (Şekil 2.9 ve şekil 2.11’de görüldüğü gibi).



Şekil 2.9. Bom kafes sistemi

Böyle profillerin birleştirilmesiyle oluşturulan sistemler, tek parça bir kirişten daha hafif ve sağlam olur. 3 köşesi profillerden oluşan ve atkılı profillerle desteklenen kafes sistemlerin profilleri şu şekilde olabilir;

- Kutu profiller,
- İkişer adet L-profillerin köşelerinden kaynatılarak kutu profiller oluşturulur,
- Mukavemeti artırmak için, içine çelik çubuk veya plaka kaynatılarak kutu profiller oluşturulur,
- I-profiller.



Şekil 2.10. Kule vinçte kullanılan profil örnekleri

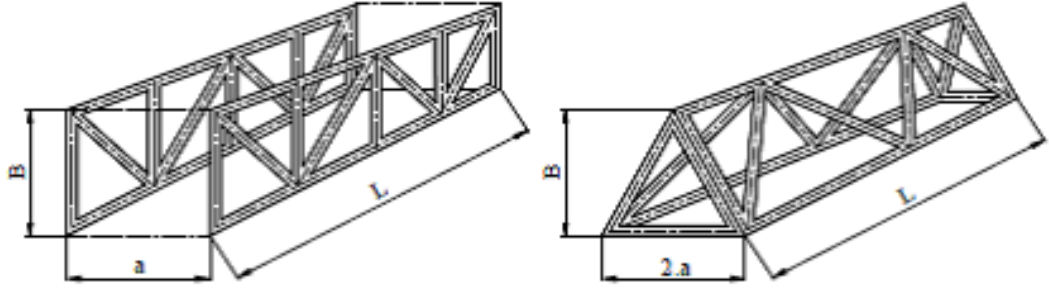
Bom kolu üzerinde hareket eden ve yükün bağlandığı bir araba tertibatı bulunur. Arabanın gövdeye yaklaşması ile taşınabilecek yük artmaktadır. Bom uç kısmındaki aperiğin (araba, halatlar, kanca...) ağırlıkları (yaklaşık; 650 kg) bomun tasarımını etkilemektedir.

Bomda masttan uzaklaştıkça bom parçalarının kesit alanı, profillerin et kalınlıkları ve ağırlığı azalmaktadır.

2.4.2. Karşı kol (Denge bomu)

Bomu dengede tutmak için kullanılır. Üzerinde denge taşları vardır. Yükün büyüklüğü, bomun uzunluğu, mastın yüksekliği; karşı kolun tasarımını, denge taşlarının adetini ve ağırlığını belirler.

Karşı kol kafes sistemlerden oluşur. Bu kafes sistemler profillerin birleştirilmesi ile oluşur. Profiller birleştirilerek **dikdörtgen kesitli** karşı kol kafesi oluşturulur (Şekil 11’de görüldüğü gibi). Kullanılan profiller yukarıda anlatıldığı şekildedir.

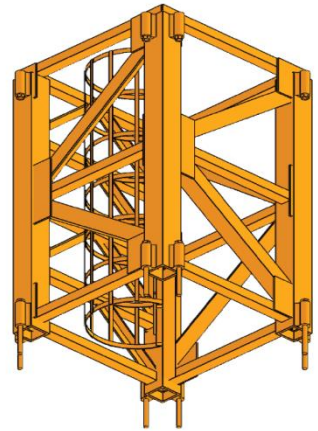


Şekil 2.11. Karşı kol ve bom kafes sistemi

2.4.3. Gövde (Mast)

Kule vincin gövdesidir. Operatör kabini, bom, karşı kol bu yapı üzerindedir. Operatör mast içindeki tırmanma merdiveninden tırmanarak kabine girer (Şekil 2.12’de görüldüğü gibi). Mast yüksekliği, parçalar ilave edilerek ya da parça çıkarılarak uzatılıp kısaltılabilir.

Mast kafes sistemlerden oluşur. Bu kafes sistemler profillerin birleştirilmesi ile oluşur. Profiller birleştirilerek **kare kesitli** mast kafesi oluşturulur. Kullanılan profiller yukarıda anlatıldığı şekildedir. Mastın malzemesi; St-52; dayanımı 355 MPa



Şekil 2.12. Mast kafes sistemi ve operatör tırmanma merdiveni



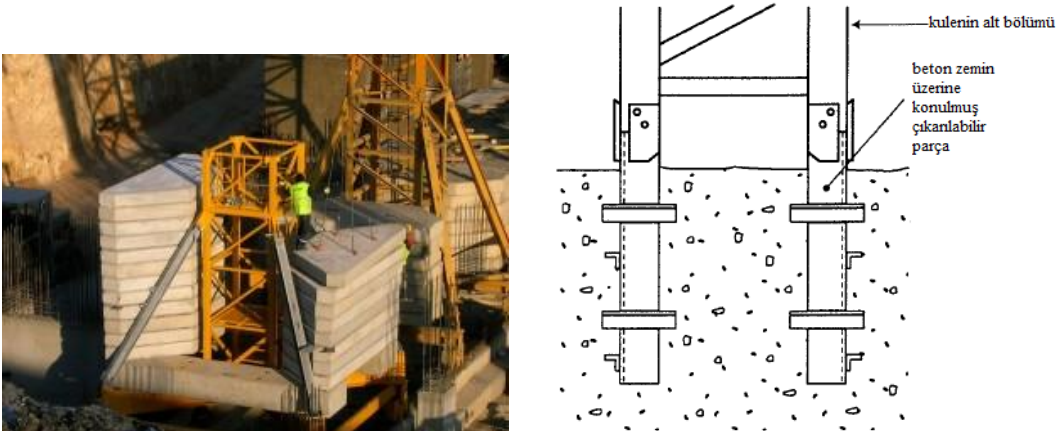
Şekil 2.13. Mast kafes sistemi cıvata montajı ve operatör tırmanma merdiveni (Çayıroğlu)

2.4.4. Kule vinç ayağı ve temeli

Kule vinç ayakları; sabit ayaklı, hareketli ayaklı, betona gömülü ayak olarak sınıflandırılır (Şekil 2.8.a’da görüldüğü gibi).

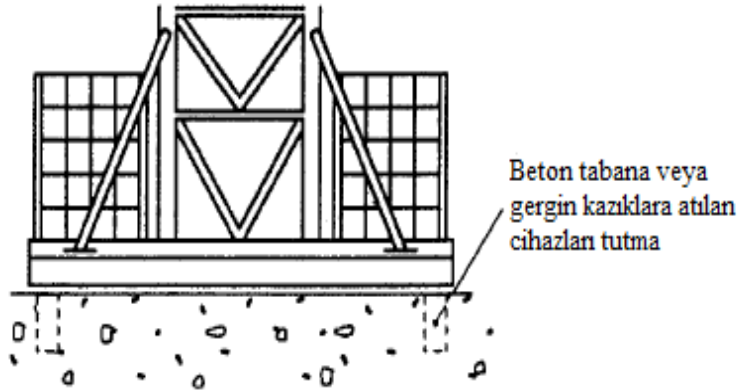
Ayak tipi; şantiyeye, zemine, mastın ve vincin ebatlarına, işin süresine göre belirlenir. Şantiye uzun sürecek ve vinç yerinden hareket ettirilmeyecek ise betona gömülü ayak kullanılır. Şantiye uzun sürmeyecek ise ve bazen vinç yerinden hareket ettirilecek ise sabit ayaklı vinçler tercih edilir. Beton plakalar ile ayak sabitlenir (Şekil 2.14’te görüldüğü gibi).

Şantiyede kule vinç sürekli hareket edecek ise, hareketli ayaklı vinçler kullanılır. Kule vinç, hareketsiz kule bölümüne monte edilir ve hareketsiz bölümün etrafına donatılı beton temel bloğu dökülür (Şekil 2.14’te görüldüğü gibi).



Şekil 2.14. Hareketsiz mast bölümü ve beton bloğu kesiti (Nazlıoğlu 2014)

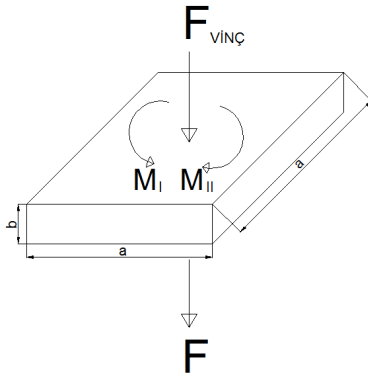
Ayrıca, kule vinçler bir plaka üzerine monte edilebilir ve bu plaka kazıklarla zemine sabitlenir.



Şekil 2.15. Kendi tabanlı üzerinde bulunan kule vinç (Urul 2013)

2.4.4.1. Temel hesabı

Vincin 360 derece döndüğü varsayılıyor.



Şekil 2.16. Temel taşına gelen yükler

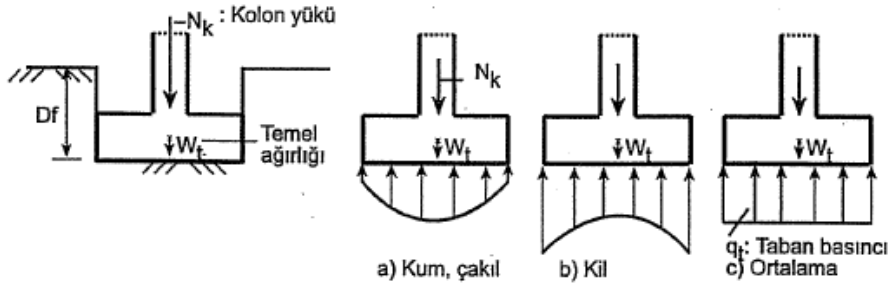
Emniyet olarak; $e_{em} = 1 / 6 \times a > e_{II}$ olmalıdır.

e_{II} = eksantrisite M_I / F veya M_{II} / F formülünden hesaplanır. (2.1)

İnşaat mühendisliğinde, taşıyıcı eleman olan temele geometrik ağırlık merkezinden farklı bir noktadan etkiyen yükten dolayı oluşan ilave yüklere eksantrisite denir. Bu yük elemanın ağırlık merkezine ekstra bir moment olarak etkir ve elemanın emniyet tasarımında bu etki göz önünde bulundurulmalıdır. Eksantrisiteden dolayı elemanda oluşan eğilme momenti etkiyen normal eksantrik yükten daha kritik durumlar oluşturabilir. Eksantrisite yapıya olumsuz yönde ilave yükler oluşturur, dolayısıyla hesaplamalarda, analizlerde ve modellemelerde dikkate alınmalıdır.

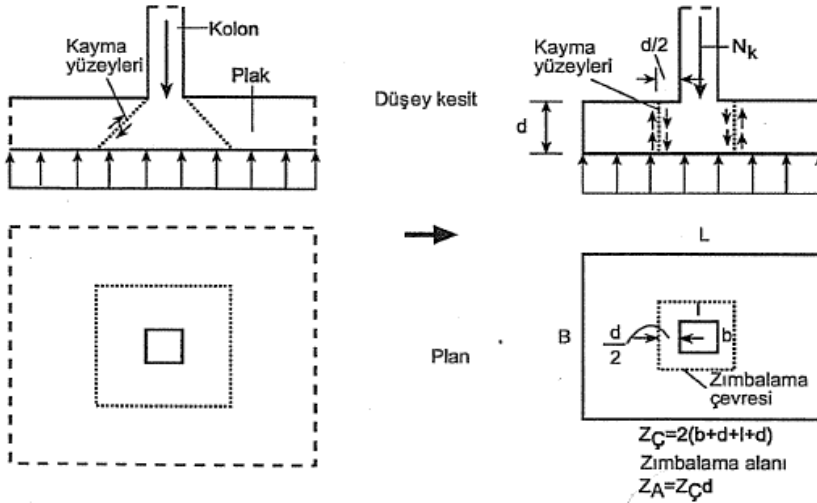
Temel bilgileri;

Tipik temel derinliği 1-3 m mertebesindedir. Temel kalınlığı d , $d \geq 0.25$ m den az olamaz.



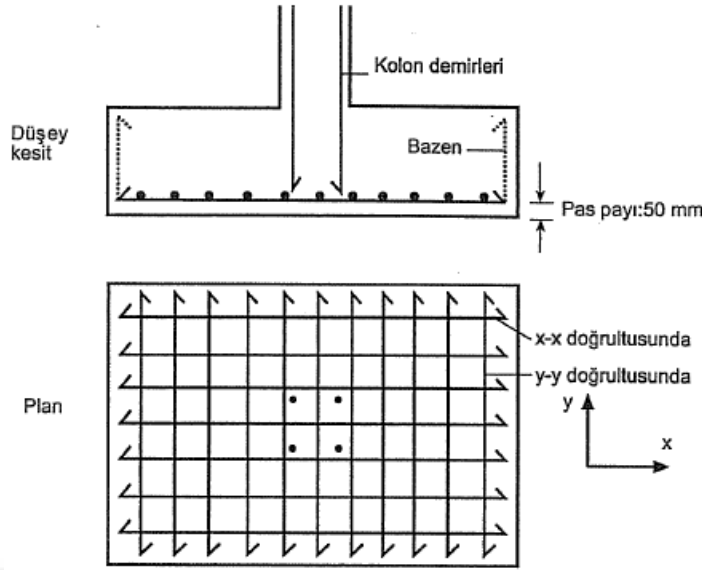
Şekil 2.17. Tipik temel derinliği (Uzuner 2013)

Zımbalama Tahkiki; Zımbalama olayı, plak-konstrüksiyon birleşim yerinde, konstrüksiyonun plağı yırtması olayıdır. Zımbalama denetiminde, zımbalama kuvveti , zımbalama alanını kesen kuvvetle karşılaştırılır.



Şekil 2.18. Zımbalama tahkiki uygulanmış temel (Uzuner 2013)

Betonarme temeldeki donatılar; tabana eşit aralıklarla yahut ortada sık, kenarlarda seyrek olarak yerleştirilebilir. Temel kalınlığı; hem zımbalamayı, hem kayma gerilmelerini, hem de basma gerilmesini karşılamalıdır.



Şekil 2.19. Beton blok içerisindeki donatı yerleşimi (Uzuner 2013)

Çizelge 2.1. Beton ebatları seçimi

MALZEMENİN CİNSİ	YOGUNLUK Kg/dm ³	MALZEMENİN CİNSİ	YOGUNLUK Kg/dm ³	MALZEMENİN CİNSİ	YOGUNLUK Kg/dm ³	MALZEMENİN CİNSİ	YOGUNLUK Kg/dm ³
Alçı (Toz)	1,25-1,60	Curuf (Kömür)	0,7-0,9	Kereste (Kayın)	0,6-0,9	Platin	21,400
Alkol	0,790	Çelik	7,850	Kereste (Meşe)	0,7-1,0	Parafin	0,900
Alüminyum Plaka	2,56-2,75	Çelik (Dökme)	7,800	Kereste (Karaçam)	0,5-0,8	Petrol	0,800
Alüminyum Dökme	2,600	Demir (Döküm, Font)	7,250	Kereste (Çınar)	0,4-0,7	Radyum	5,000
Alüminyum İşlenmiş	2,700	Demir (İşlenmiş)	7,850	Kereste (Ladin)	0,6-0,9	Reçine Yağı	0,960
Altın	19,330	Deri	0,9-1,0	Kil	1,8-2,6	Silisyum	2,340
Arsenik	5,720	Elmas	3,500	Kiremit	2,5 kg/ad	Sıva	1,680
Asbest	3,000	Eter	0,730	Kar (Taze)	0,1-0,19	Su	1,000
Antrasit (Kömür)	1,555	Fosfor	1,830	Kar (Yaş ve Sıkışmış)	1,44-2,32	Su, Deniz suyu	1,026
Antimuan	6,700	Gazyağı	0,860	Kum, Çakıl (Sıkışmış)	1,760	Stabilize-Tuvanen	1,800
Asfalt	1,106-1,506	Grafit	2,100	Kum, Çakıl (Gevşek)	1,420	Sülfür Asit	1,490
Asfalt-Mayı	0,994	Gliserin	1,270	Kum, Çakıl (Normal)	1,600	Sodyum	0,980
Ateş Tuğlası	1,8-2,2	Gümüş	10,500	Tuvanen-Stabilize	1,800	Tuğla	1,4-1,6 kg/ad
Baryum	3,600	Kireç (Sönmemiş)	1,000	Kum Taşı	1,9-2,6	Toryum	11,300
Barit	4,500	Kireç (Sönmüş-Hamur)	1,200	Kurşun	11,320	Titan	4,500
Bakır (Dökme)	8,800	Kireç (Parça Halinde)	1,000	Kok	1,400	Tuz	1,200
Bakır (İşlenmiş)	8,900	Karbon	3,510	Kloroform	1,530	Uranyum	18,700
Bazalt (Kesif)	3,100	Kağıt	0,7-1,1	Kömür	1,2-1,5	Vanadyum	5,600
Benzen	0,890	Kauçuk	1,200	Mermer	2,0-2,8	Volfram	19,100
Benzin	0,735	Katran	1,200	Mermer Pirinci	1,450	Yağ	0,870
Beton (Demirli)	2,400	Kalay	7,290	Metil Alkol	0,800	Yağ (Disel)	0,880
Beton (Demirsiz)	2,25-2,40	Kalsiyum	1,550	Mika	3,000	Yağ (Kolza)	0,910
Bezir Yağı	0,940	Kazı (Yumuşak Toprak)	1,600	Muşamba	1,1-1,3	Yağlar	0,930
Bronz	8,850	Kazı (Sert Toprak)	1,800	Makine Yağı	0,910	Yün	1,500
Boraks	1,750	Kazı (Yumuşak Küskülük)	2,000	Mağnezyum	1,740	Yün, Keçe	0,330
Buz	0,922	Kazı (Sert Küskülük)	2,200	Mağnez Alasımlı	1,800	Yığın Beton	2,150
Brom	3,140	Kazı (Yumuşak Kaya)	2,400	Manganez	7,300	Zimpapa Tozu	1,800
Cam (Pencere)	2,600	Kazı (Sert Kaya)	2,600	Mazot	0,850	Zimpapa Taşı	1,000
Cam Yünü	0,1-0,2	Kazı (Çok Sert Kaya)	2,800	Nikel	8,800	Zift	1,200
Cıva	13,600	Kereste (Ortalama)	0,675	Pirinç (Dökme)	8,4-8,7		
Çimento (Torba)	1,600	Kereste (Sert Ağaç)	0,800	Pirinç (İşlenmiş)	8,5-8,6		
Çimento (Toz)	1,200	Kereste (Kavak)	0,5-0,8	Porcelen	2,2-2,5		
Çinko	7,170	Kereste (Çam)	0,840	Potasyum	0,860		

Çizelge 2.2. Betondaki donatı tetkik alanını hesaplamada kullanılan katsayılar

Kd	Ks	Ke
29,90	0,465	1603,5
28,63	0,468	1755,4
27,70	0,471	1325,6
25,52	0,475	1137,5
22,25	0,479	1013,7
20,40	0,482	863,7
18,27	0,485	687,7
16,57	0,0488	562,7
15,20	0,0491	470,5
14,07	0,494	400,6
13,11	0,497	346,1
12,30	0,499	302,7
11,59	0,502	267,7
11,28	0,503	252,6
10,98	0,505	238,8
10,70	0,506	226,3
10,44	0,507	214,8
10,19	0,508	204,2
9,955	0,509	194,5
9,735	0,511	185,6
9,526	0,512	177,3
9,327	0,513	169,6
9,139	0,514	162,4
8,960	0,515	155,8
8,790	0,516	149,7
8,626	0,517	143,8
8,471	0,518	138,4
8,323	0,519	133,3
8,180	0,521	128,6
8,044	0,522	124,1
7,914	0,523	119,8
7,788	0,524	115,9
7,668	0,525	112,1
7,552	0,526	108,5
7,282	0,528	100,4
7,035	0,530	93,33
6,809	0,533	87,06
6,601	0,535	81,48
6,409	0,537	76,50
6,231	0,539	72,03
6,065	0,541	68,00
5,911	0,543	64,35

2.5. Kule Vinç Çeşitleri

2.5.1. Mast yapısına göre kule vinçler

Kule vinçler 15 metre ila 80 metre arasında değişen mast yüksekliklerine sahiptirler. Mast yapılarına, bom kollarına ve bulundukları zemin yapılarının özelliklerine göre farklı özelliktedir. Sabit kule yapılı vinçler, döner kule yapılı vinçler olarak ikiye ayrılır (O. S. H. B. Labour Department 2011).

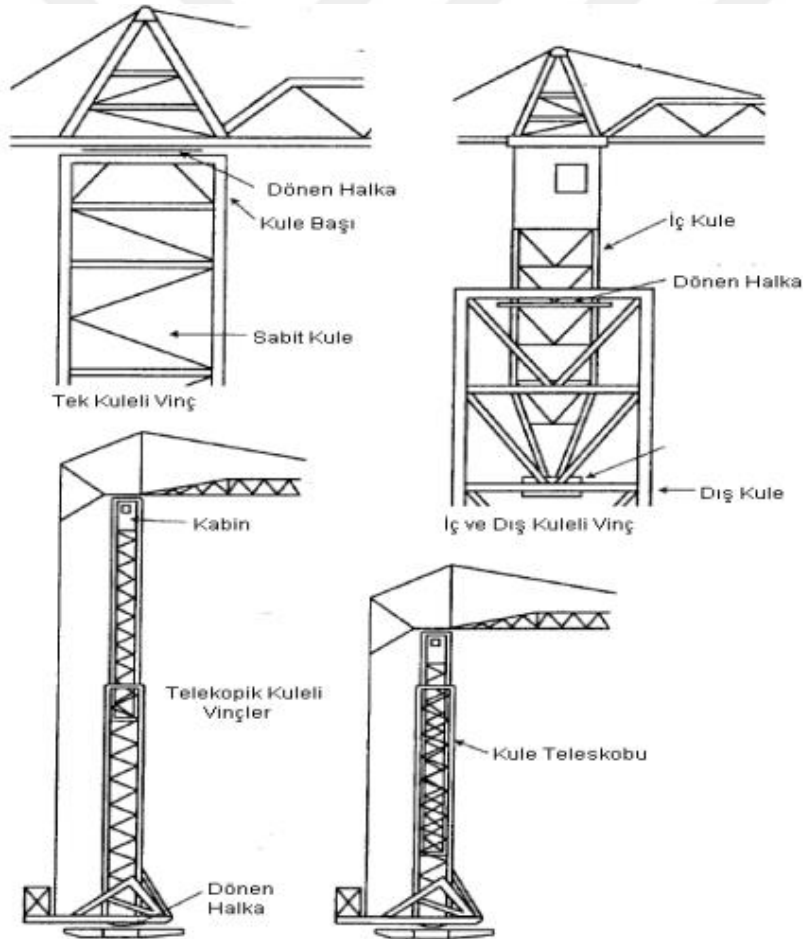
Sabit mastlı vinçte dönebilen halka mastın tepesinde bulunur ve mast sabit, bom ile karşı kol mast tepesinde dönmektedir. Döner mastlı vinçlerde ise dönebilen halka mastın alt tarafında bulunur. Bu halkanın üzerinde yükselen mast, bom ve karşı kol dönmektedir.

Ayrıca, tek kuleli, iç ve dış kuleli, teleskopik kuleli olarak sınıflandırılır (Nazhoğlu 2014).

Tek kuleli (mastlı) vinçlerde, bom dönebilen veya sabit özellikli mast üzerindedir.

İç ve dış kuleli (mastlı) vinçlerde, bom harici bulunan bir kule tarafından desteklenip taşınmaktadır. Bu harici iç kule dönebilen veya sabit özellikli bir masttır.

Teleskopik kuleli (mastlı) vinçlerde, mast yapısı iç içe iki veya daha fazla mast bloklarından oluşmaktadır (Şekil 2.20’de görüldüğü gibi).



Şekil 2.20. Mast yapısına göre farklı kule vinçler (O. S. H. B. Labour Department 2011)

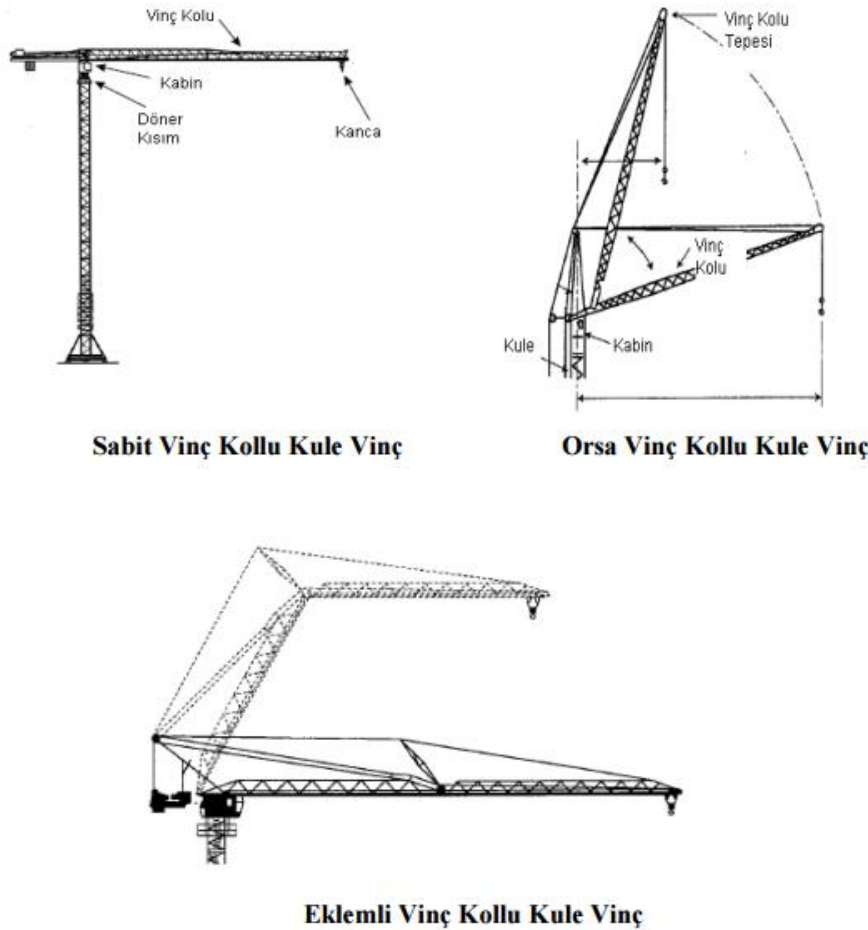
2.5.2. Bom ve karşı kol yapılarına göre kule vinçler

Bom yapısına göre kule vinçler farklılık göstermektedir. Sabit bomlu vinçler, orsa bomlu vinçler, eklemli bomlu vinçler olarak sınıflandırılabilir (Şekil 2.21’de görüldüğü gibi).

Sabit bomlu vinçlerde, bom kolu ve karşı kol sabit yatay konumdadır. Bu konumda hareket ederler. Mast ile yaptıkları dik açı her zaman sabittir.

Orsa bomlu vinçlerde , kollar ile mast arasında farklı açılar olabilir. Bom her zaman yatay konumda değildir. Böylece vinç kolları dikey yönde de hareket edebilmektedir.

Eklemli bomlu vinçlerde ise, bom kolları bükülebilir eklemli yapıya sahiptir. Bom kolu yatay konumda durabildiği gibi kendi içerisinde eklem yerinden bükülüp açı oluşturabilir. Bazı bomlar birkaç eklemeye sahip olabilirler (Nazlıoğlu 2014).



Şekil 2.21. Bom ve karşı kol yapısına göre farklı kule vinçler (O. S. H. B. Labour Department 2011)

2.6. Kule Vinçlerin Tasarımında Dikkate Alınan Yükler

Vincin çalışması esnasında gerilmeler belirlenerek hesaplanır. Bu gerilmeler aşağıda tanımlanan yükler temelinde hesaplanır.

- Düşey hareketler dolayı oluşan yükler (kaldırılan yükün ağırlığı, aksesuarların ağırlığı, makaralar, bloklar, kancalar, kaldırma kirişleri, kanca, denge taşlarının ağırlığı),
- Yatay hareketlerden dolayı oluşan yükler,
- İklimsel etkilerden dolayı oluşan yükler (rüzgar yükü, kar yükü, sıcaklık değişimleri).

Kule vinçler için tasarım hesaplarında kar yükleri ihmal edilir.

Sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan gerilimler, yalnızca elemanların genişmesi serbest olmadığı özel durumlarda dikkate alınacaktır. Bu gibi durumlarda, maksimum sıcaklık dalgalanması :

$$- 20^{\circ} \text{ C ila } + 50^{\circ} \text{ C}$$

2.6.1. Rüzgar kuvveti

Yatay olarak herhangi bir yönde rüzgarın sabit bir hızda darbe yaptığı ve bunun vinç yapısına uygulanan yükler için statik reaksiyon olduğu varsayılır.

TS 498 numaralı standarta göre rüzgar hızı 50 km/h'i geçince kule vinçlerde çalışma durdurulmalıdır.

Rüzgar kuvvetinin yapıya etkisi;

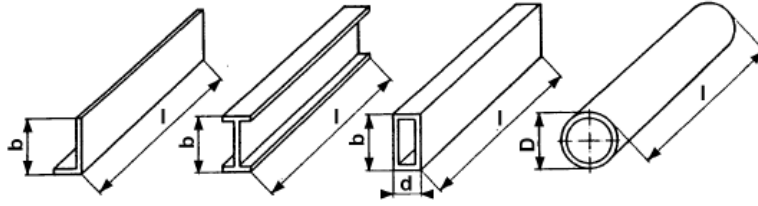
$$F = A \cdot p \cdot C_f \quad (2.2)$$

A = Rüzgara dik alan,

p = Rüzgar hızına göre değişen rüzgar basıncı,

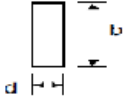
$$p = 0,613 \cdot 10^{-3} \cdot V_s^2 \text{ [kPa]} \quad (2.3)$$

C_f = Kesme faktörü.



Şekil 2.22. Kafes yapılarında kullanılan farklı profiller

Çizelge 2.3. C_f = Kesme faktörü

Tür	Açıklama		Aerodinamik narınlık l/b veya l/D						
			≤ 5	10	20	30	40	50	> 50
Bireysel üyeler	Haddeme bölümler		1,15	1,15	1,3	1,4	1,45	1,5	1,6
	Dikdörtgen oyuk Bölümlere kadar 356 mm karelik		1,4	1,45	1,5	1,55	1,55	1,55	1,6
	Ve 254 x 457 mm dikdörtgen biçiminde		1,05	1,05	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
	Diğer bölümler		1,30	1,35	1,60	1,65	1,70	1,80	1,80
	Dairesel bölümler burada:								
	D.Vs $< 6 \text{ m}^2 / \text{s}$		0,60	0,70	0,80	0,85	0,90	0,90	0,90
	D.Vs $\geq 6 \text{ m}^2 / \text{s}$		0,60	0,65	0,70	0,70	0,75	0,80	0,80
	dikdörtgen biçiminde	b/d							
	İç boş bölümler	1	1,55	1,75	1,95	2,10	2,20		
	356 mm'den fazla	0,5	1,40	1,55	1,75	1,85	1,90		
Tek kafes çerçeveler	Kare ve 254 x 457 mm dikdörtgen biçiminde		0,80	0,90	0,90	1,0	1,0		
	rüzgar								
	Yassı kenarlı kesitler		1,70						
	Dairesel bölümler burada:								
	D.Vs $< 6 \text{ m}^2 / \text{s}$		1,10						
	D.Vs $\geq 6 \text{ m}^2 / \text{s}$		0,80						
Makine evleri vb.	Zemin veya katı taban üzerine dikdörtgen kaplı yapılar		1,10						

2.6.2. Kule vinçlerin devrilmemesi için alınması gereken tedbirler

Kule vincin devrilmesindeki başlıca yükler; yükün yanlış kaldırılması, müsaade edilenden fazla yük kaldırılması ve şiddetli rüzgar hızlarında vincin çalıştırılması olarak gösterilebilir.

2.6.2.1. Rüzgar freni

Rüzgâr hızının 50 km/saati aştığında çalışma durdurulmalıdır. Rüzgâr hızının 72 km/saati aştığında ise rüzgâr frenleri (kule dönüş motor frenleri) açılmalı, kule vinç serbest dönüşe bırakılmalıdır. Birden fazla kule vinç olması durumunda, vinçler serbest dönüşe bırakıldığında birbirlerini etkilememelidir.

2.6.2.2. Ankraj bağlantı kirişleri

Kullanılan vincin modeline bağlı olarak değişmekle birlikte mastın 40 metresinden itibaren her 20 metresinde bir vinci salınımı azaltmak ve mastı kuvvetlendirmek için yapının uygun yerlerine vinç-bina bağlantı kirişlerinin montajının yapılması tavsiye edilir.

Farklı kule vinçlere ve yapı ile olan konumlarına göre vinç-bina bağlantı kirişlerinin ve bina geçiş köprülerinin türü, adeti ve konumu farklılık gösterir. Ankrajlar vinç etrafını çerçeve ile sarar ama yapıya sabitlenme yöntemleri çeşitlidir. Vinç-bina bağlantı ankraj usülleri;

- Kule vinç, yapıdaki kare kolonlara sabitlenmelidir,
- Vinç, yapıda dairesel kolona denk geldiyse kolon etrafına sarma ankraj yapılmalıdır,
- Vincin yapıda denk geldiği yerde kolon yoksa ya ankrajlar döşemeye monte edilir ya da yapıda sahte kolon yapılarak buna sabitlenmelidir,
- Mukavemetin artırılması istenirse 4 kol bağlantısı yapılmalıdır,
- Perde betona denk gelirse, bu yapıya sabitlenebilir.

Operatörün kule vinci acil tahliyesi, bina-vinç arası çalışan geçişleri istendiği taktirde bu ankraj üzerine korkuluklarıyla yapılan bina geçiş köprüleri üzerinden yapılmaktadır.



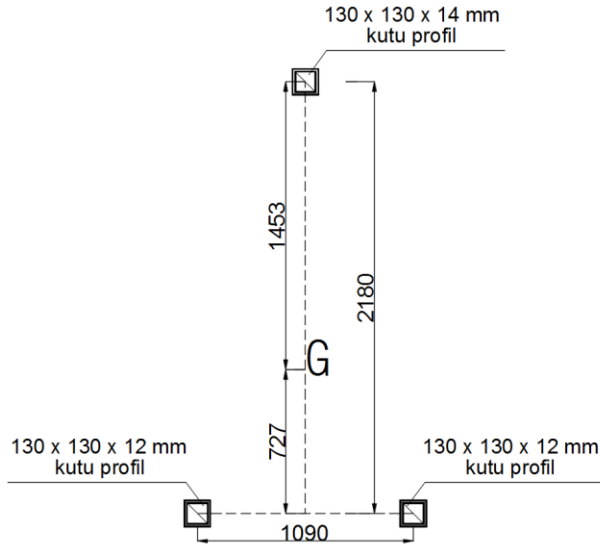
Şekil 2.23. Ankraj bağlantı kirişleriyle yapıdan destek almış kule vinç örnekleri

2.7. Kule Vinç Kısımlarının Önemi ve Seçimlerinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

2.7.1. Bom

Bomun en çok zorlanmaya maruz kalan kısmı, mast ile birleştiği kısımdır. Bomun kendi ağırlığından, yükün konumu ve yük ağırlığından dolayı bu kesitte kesme ve eğilme gerilmesi oluşmaktadır. Bu gerilmelerin hesaplanması, sırasıyla;

- Bomun toplam uzunluğu ve ağırlığı hesaplanır,
- Bomun ağırlık merkezinin yeri hesaplanır,
- Bomun dip kısımdaki kesit alanı ve kesit atalet momenti hesaplanır,
- Dip kısımdaki kesme ve eğilme gerilmeleri hesaplanır,
- Birleşik gerilme hesaplanır ve müsaade edilen gerilme ile kıyaslanarak, emniyet katsayıları bulunur.



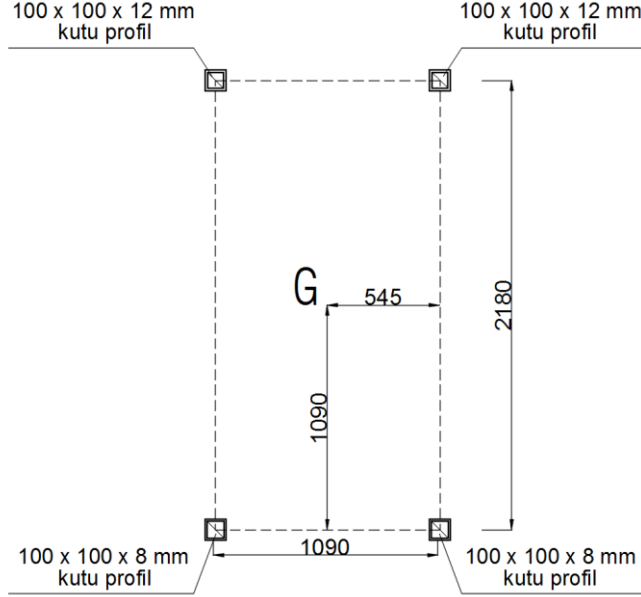
Şekil 2.24. Bomda kritik kesit

Profillerin et kalınlıklarını, üçgen kafes yapısının ölçülerini değiştirerek; müsaade edilen gerilme değerini aşmamak koşuluyla bomda kullanılan malzeme miktarından tasarruf yapılabilir.

2.7.2. Karşı kol

Karşı kolun en çok zorlanmaya maruz kalan kısmı, mast ile birleştiği kısımdır. Karşı kolun kendi ağırlığından, taşların miktarından ve ağırlığından dolayı bu kesitte kesme ve eğilme gerilmesi oluşmaktadır. Bu gerilmelerin hesaplanması bomdaki anlatılan sıralama gibidir. Maksimum birleşik gerilme hesaplanmış, müsaade edilen gerilme ile kıyaslanarak, emniyet katsayıları bulunmuştur.

Profillerin et kalınlıklarını, dikdörtgen kafes yapısının ölçülerini değiştirerek; müsaade edilen gerilme değerini aşmamak koşuluyla karşı kolda kullanılan malzeme miktarından tasarruf yapılabilir.

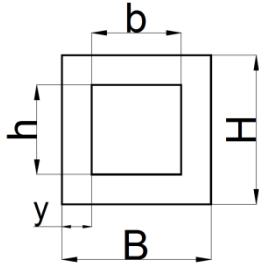


Şekil 2.25. Karşı kolda kritik kesit

2.7.2.1. Bom ve karşı kol kritik kesitlerinde oluşan gerilmeler

Kollardaki yüklemeler ve kolların kendi ağırlıklarından dolayı kritik kesitlerde eğilme ve kesme gerilmeleri oluşmaktadır. Gerilmeler hesaplanmış, müsaade edilen gerilme ile kıyaslanarak, emniyet katsayıları bulunmuştur.

Kafeslerin köşelerinde kutu profiller kullanılmıştır.



Şekil 2.26. Kutu profil ebatları

Kutu profillerin alanı;

$$A = B \cdot H - b \cdot h \quad (2.4)$$

Kutu profillerin atalet momenti;

$$I = \frac{B.H^3}{12} - \frac{b.h^3}{12} \quad (2.5)$$

Kutu profillerin mukavemet momenti;

$$W = \frac{2.I}{H} \quad (2.6)$$

Yapıdaki eğilme momenti;

$$M = F.L \quad (2.7)$$

Normal gerilme;

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (2.8)$$

Kayma gerilmesi;

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2.9)$$

Birleşik gerilme;

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (2.10)$$

Emniyet katsayısı;

$$S = \frac{\sigma_{müs}}{\sigma_v} \quad (2.11)$$

Burada;

A = Profil alanı,

B, H = Kare profilin dış ölçüleri,

b, h = Kare profilin iç ölçüleri,

I = Atalet momenti,

W = Mukavemet momenti,

F = Uygulanan kuvvet,

M = Eğilme momenti,

L = Yüken etkidiğı nokta ile kritik kesit arasındaki uzunluk,

σ = Normal gerilme,

τ = Kayma gerilmesi,

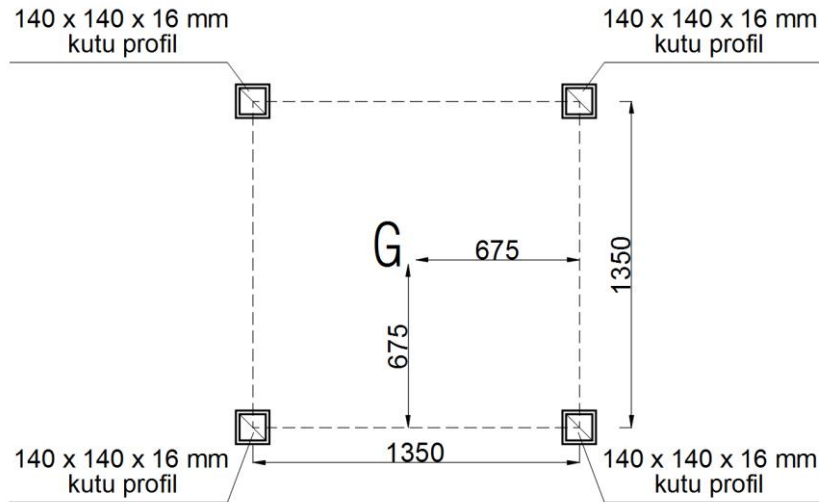
S = Emniyet katsayısı.

2.7.3. Mast

Mastın en çok zorlanmaya maruz kalan kısmı dip kısmıdır. Rüzgarın ve üst yapıdaki yüklerin (bom, yük, karşı kol, denge taşları) etkisi ile bu kısımda eğilme, basma, kesme gerilmeleri oluşmaktadır. Ayrıca yapının uzunluğuna göre burkulma da söz konusudur. Profillerin et kalınlıklarını, kare kafes yapısının ölçülerini değiştirerek; müsaade edilen gerilme değerini aşmamak koşuluyla mastta kullanılan malzeme miktarından tasarruf yapılabilir.

Gerilmelerin hesaplanması, sırasıyla;

- Mastın dip kısmındaki kesit alanı ve kesit atalet momenti hesaplanır,
- Üst yapıdan ve rüzgardan mastın dip kısmına etkiyecek gerilmeler hesaplanır,
- Emniyet katsayısı bulunur,
- Mastta burkulma kontrol edilir.



Şekil 2.27. Mastta kritik kesit

2.7.3.1. Mast kritik kesitinde oluşan gerilmeler

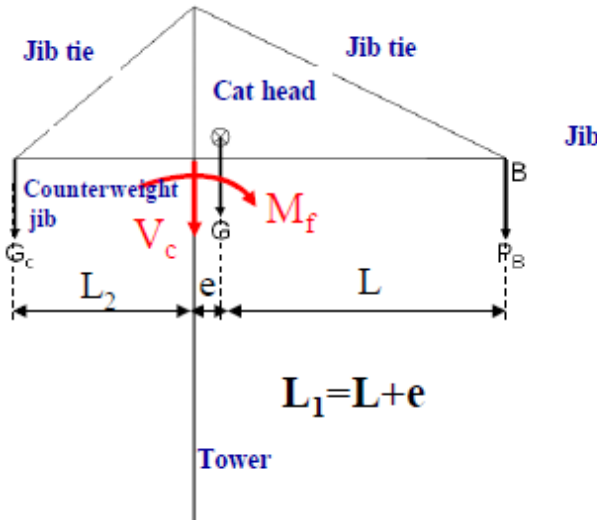
Birleşik gerilme hesaplanmış, müsaade edilen gerilme ile kıyaslanarak, emniyet katsayıları bulunmuştur. Kafeslerin köşelerinde kutu profiller kullanılmıştır.

Profillerin alanı, atalet momenti, mukavemet momenti yukarıda (formül 2.4; 2.5; 2.6) izah edilen şekilde bulunmuştur. Kritik kesite gelen eğilme momenti ve basma kuvvetinden dolayı oluşan gerilmeler hesaplanmış, müsaade edilen gerilme ile kıyaslanarak, emniyet katsayıları bulunmuştur.

Aşağıdaki formülle birleşik gerilme bulunmuş ve emniyet katsayısı hesaplanmıştır.

$$\sigma_v = \sigma_e + \sigma_b \quad (2.12)$$

Ayrıca anlatılan formül basamakları şu şekilde sıralanmıştır;



Şekil 2.28. Masta gelen yüklerin ve oluşan gerilmelerin şematik gösterimi

$$M_f = P_B \cdot L_1 - G_c \cdot L_2 + G \cdot e$$

$$V_c = P_B + G_c + G$$



$$M_f = \psi \cdot P_B \cdot L_1 - G_c \cdot L_2 + G \cdot e$$

$$V_c = \psi \cdot P_B + G_c + G$$



$$\sigma_f = \frac{\psi \cdot P_B \cdot L_1 - G_c \cdot L_2 + G \cdot e}{W_{mf}}$$

$$\sigma_c = \frac{\psi \cdot P_B + G_c + G}{A_m}$$



$$\sigma_T = \sigma_f + \sigma_c$$

(2.13)

Burada;

P_B = Bomdaki yük,

G_C = Karşı koldaki taş ağırlığı,

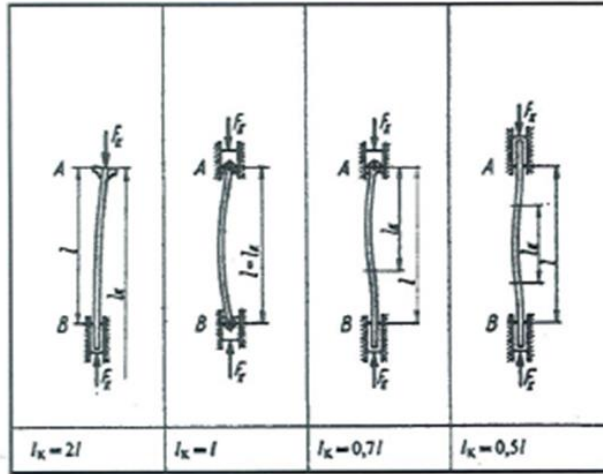
G = Bomun konstrüksiyon ağırlığı,

M_f = Eğilme momenti,

V_C = Yüklerin toplam ağırlığı,

2.7.3.2. Mastın burkulma hesabı

Burkulma hesaplarında kritik boy önemlidir. (l_{kr})



Flambaj şekilleri ve çubuklarda serbest flambaj boyu l_k

Şekil 2.29. Çubuklarda flambaj şekilleri (Rende 2009)

Yukarıdaki şekilden kritik boy; $l_{kr} = 2 \times l$ olarak alınmıştır. (2.14)

Burkulma hesaplarında izlenen yol;

$$1) \quad i = \sqrt{I/A} \quad (2.15)$$

$$2) \quad \text{Narinlik katsayısı; } \lambda = l_{kr} / i \quad (2.16)$$

3) $\lambda < 120$ ise = ...Tetmajer formülü kullanılır.

4) $\lambda > 120$ ise = ...Euler formülü kullanılır.

Tetmajer Formülü =

$$\sigma_{kr} = 2400 - \lambda^2 / 15 \dots (\text{kg f/cm}^2) \quad (2.17)$$

Euler Formülü =

$$\sigma_{kr} = (\pi^2 \times E) / \lambda^2 \dots (\text{kg f/cm}^2) \quad (2.18)$$

$$\text{Kritik Kuvvet ise; } F_{kr} = (\sigma_{kr} \times A) / S \dots (\text{kg f}) \quad S = 2,5 \dots 6 \text{ arası} \quad (2.19)$$

Daha sonra sisteme etkiyen yük ile kritik yük kıyaslanır, sistemin burkulma açısından emniyette olup olmadığına dair yorumlar getirilir.

2.7.4. Diğer yapılması gereken hesaplar

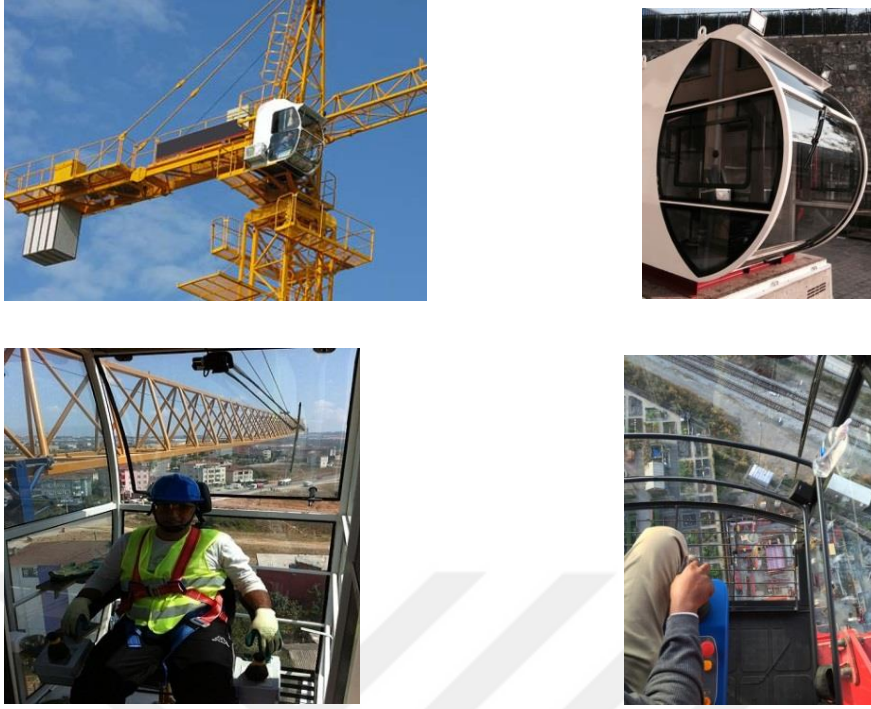
- Blokları birbirine bağlayan civata, pim, kaynak dikişi kalınlığı hesapları yapıp uygun bağlantı elemanı, metot ve malzeme bu hesaplara göre seçilmelidir,
- Halat hesapları yapıp, tel sayısı ve halat kalınlığı bu hesaplar doğrultusunda seçilmelidir,
- Denge taşı ve dip beton hesapları yapıp ebatlar ve ağırlıklar bu doğrultuda seçilmelidir.

2.7.5. Operatör kabini

Kule vinçlerde operatör kabini, maksimum görüş açısı, konfor ve verimlilik sağlamalıdır. Kabinin bir çalışma alanı olduğu ve bu nedenle verimliliğin daima bir numaralı gereksinim olması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır. Kabinin tasarımında veya seçiminde, şantiyenin ve çalışma alanının maksimum görünür olmasına dikkat edilmelidir. Kabinin yalnızca ön taraftan değil; yanlardan, zeminden ve hatta çatısından görüş imkanı vermesi sağlanmalıdır. Böylece; vinç operatörü çevresindeki tüm hareketleri görebilirken, olası kazaların önüne geçebilir.

Ayrıca kule vinç kabini tasarımı ya da seçiminde şu hususlar göz önünde bulundurulmalıdır;

- Operatörün kabin içerisinde rahat hareket edebilmesi,
- Kabin içerisinde yeterli şekilde klimatize edilmesi ve havalandırmasının olması,
- Operatörün güvenli çalışabilmesi için gerekli iş güvenliği önlemlerinin alınmış olması,
- Ergonomik ve ayarlanabilir bir operatör koltuğunun olması,
- Kumanda mekanizmasının, kontrol panelinin operatörün tam hakim olacağı şekilde yerleştirilmiş olması,
- Kabinin acil durumlarda hızlı tahliye olanağı sağlaması.



Şekil 2.30. Çeşitli kule vinç kabinleri

2.7.6. Kule vinç motorları

Kule vinçlerin hareket mekanizmalarında genelde alternatif akımla çalışan, trifaze motorlar kullanılır. Kullanılan motorlar; yürütme motoru, kaldırma motoru ve döndürme motoru olarak sınıflandırılır.

Yürütme motoru, arabanın bom üzerinde ileri-geri hareketini sağlayan motorlardır. EN 14439 standartlarına göre tasarlanan kule vinçlerde, elektrik motor güçleri; bom uzunluğuna ve yükün ağırlığına göre değişmektedir (3 ila 18,5 kW arasında).

Örneğin; 40 metre bom uzunluğuna sahip, bom ucunda maksimum 1 ton yük kaldırabilen kule vinçte 3 kW'lık (Şekil 2.31'de görüldüğü gibi) bir yürütme motoru kullanılırken; 75 metre bom uzunluğunda, bom ucunda maksimum 3,4 ton yük kaldırabilen kule vinçte 10,5 kW'lık bir yürütme motoru kullanılır.

Kaldırma motoru halat tamburunu çeviren ve yükün aşağı-yukarı hareketini sağlayan motorlardır. Güçleri; mast yüksekliğine ve yükün ağırlığına göre değişmektedir (14 ila 110 kW arasında).

Örneğin; 40 metre bom uzunluğunda, 45 metre mast yüksekliğinde, bom ucunda maksimum 1 ton yük kaldırabilen kule vinçte 14 kW'lık (Şekil 2.31'de görüldüğü gibi) bir kaldırma motoru kullanılırken; 75 metre bom uzunluğunda, 85 metre mast

yüksekliğinde, bom ucunda maksimum 3,4 ton yük kaldırabilen kule vinçte 110 kW'lık bir kaldırma motoru kullanılır.

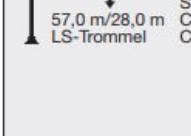
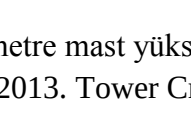
Döndürme motoru mast üstündeki yapıyı (bom, karşı kol, kabin,vs...) döndürmeyi sağlayan motorlardır. Güçleri; bom ve karşı kol uzunluklarına, konstrüksiyon ağırlıklarına, denge taşları ve yükün ağırlığına göre değişmektedir (5 ila 30 kW arasında).

Örneğin; 40 metre bom uzunluğunda kule vinçte 5 kW'lık (Şekil 2.31'de görüldüğü gibi) bir döndürme motoru kullanılırken; 75 metre bom uzunluğunda kule vinçte 15 kW'lık bir döndürme motoru kullanılır.

Bu motorların başlıca özellikleri;

- Kademeli hızlarda çalışır,
- Asenkron çalışır,
- Elektromanyetik disk fren sistemine sahiptir,
- Olası aşırı ısınmalara karşı termal korumalıdır,
- Motoru soğutmak amaçlı vantilatör tertibatı eklenmiştir.

	U/min 0 ↔ 0,8 sl./min tr./min	5,0 kW EDC
	0 ↔ 60,0 m/min 0 ↔ 63,0 m/min	1,5 kW FU 3,0 kW FU
	25,0 m/min 25,0 m/min	2 x 3,0 kW FU 2 x 4,0 kW
	kVA	14,0 kW 29,0

	3,2/14,0/14,0 kW WIW 210 MZ 402	Stufe / Step Cran / Marcia Marcha / Marcha	kg	m/min
	4 Lagen Layers Couches Strati Camadas Capas	1 2 3	2500 2500 1300	6,2 27,0 54,0
	57,0 m/28,0 m LS-Trommel	1 2 3	5000 5000 2500	3,1 13,5 27,0
	6 Lagen Layers Couches Strati Camadas Capas	1 2 3	2400 2400 1200	6,5 28,5 57,0
	90,0 m/45,0 m LS-Trommel	1 2 3	4700 4700 2350	3,3 14,3 28,5

Şekil 2.31. 40 metre bom uzunluğunda, 45 metre mast yüksekliğinde olan kule vinçte kullanılması önerilen motorlar (Liebherr 04.2013. Tower Cranes Technical Data Handbook)

2.7.7. Kule vinç fren sistemi

Kule vinçlerde frenleme sistemi; bomdaki yükü durdurmak, bir sabit yükseklikte tutmak, kumandadan el çekildiği zaman yükü askıda tutmak sağlamak için kullanılır. Çeşitleri şu şekildedir;

- Tutma frenleri: Yükün bir sabit yükseklikte tutulmasını sağlarlar,
- Yürütme frenleri: Yatay hareketi durdurur veya yavaşlatır,
- İndirme frenleri: Yükün iniş hızını ayarlar,
- Rüzgar frenleri: Vincin rüzgarda serbest dönmesini sağlayan frenlerdir.

Vinçlerde, frenler her zaman devrede olmak zorundadır. Tahrik motoru çalıştığı andan itibaren fren açılır ve hareket başlar. Tahrik motorunun elektriği herhangi bir sebeple kesilirse, fren sistemi kendiliğinden devreye girer ve böylece olası kazaların önüne geçilmiş olur.

Kule vinçlerde kullanılan fren sistemlerinin bakımları periyodik yapılmalıdır. Bu periyotlar; günlük, haftalık, aylık (1.500 km veya 1.000 mil bakımı), altı aylık (7.500 km veya 5.000 mil) bakımlar olarak yapılmalıdır. Ayrıca arıza durumlarında, potansiyel risk görüldüğünde anlık bakımlar yapılmalıdır.

Vinçlerde fren sistemi, kullanım alanlarına göre aşağıdaki gibi çeşitlendirilebilir:

- Balatalı fren,
- Kasnaklı fren,
- Bantlı fren,
- Diskli fren,
- Lamelli fren,
- Savurmalı fren.

Bakımlar sırasında genelde; balata aşınmalarının seviyesi ölçülür. Hidrolik kaçak kontrolü, elektrik devresi, diyetlerin kontrolü, fren ayar kontrolü, kumanda ile start-stop kontrolleri yapılmaktadır. Fren sistemi hesaplarının, DIN 15431 ve 15434 normlarındaki hesaplar doğrultusunda yapılması önerilir.

DIN 15431 normuna göre fren kasnaklarının çap ve genişlikleri çizelge 2.4'te görüldüğü gibidir;

Çizelge 2.4. Fren kasnağı boyutları (İmrak ve Gerdemeli)

Kasnak çapı D	Kasnak genişliği b	Kasnak çapı D	Kasnak genişliği b
(160)	60	500	190
200	75	630	236
250	95	710	265
315	118	(800)	300
400	150		

Basitleştirilmiş fren hesabı: İlk olarak frenleme momenti hesaplanır. Frenleme momenti; hareket üretme sisteminin toplam verimi ve momenti ile orantılı hesaplanır (MEGEP 2011). Emniyet katsayısı ile çarpılarak moment bulunur.

Burada frenleme momenti:

$$M = M_t \cdot \eta^2 \cdot s \quad (2.20)$$

M : Frenleme momenti,

M_t : Tahrik motoru momenti,

η : Tahrik motoru verimi,

s : Emniyet katsayısı. (1,3 ila 4 arası.)

2.7.8. Kule vinç redüktörleri

Vinç arabasında iki adet redüktör bulunur. Bunlar; araba yürütme redüktörü ve araba kaldırma redüktörüdür.

Redüktörlerin genel özellikleri;

- Helisel dişliler kullanılmıştır,
- Gövde malzemesi GG 26, dişliler ise SAE 8620 sementasyon çeliğinden imal edilmiştir,
- Dişliler ısıtılma işlemle sertleştirilmiştir,
- Tüm rulmanların ve yüksek devir ile dönen dişlilerin taşlanması önerilir. Böylece helisel dişliler titreşimsiz ve sessiz çalışır,
- Redüktör tahrikinin göbekten yapılması tavsiye edilir. Böylece tahrik bölgesi dış etkenlerden korunmuş ve bakım periyotları minimum seviyeye indirilmiş olur.

2.7.9. Kule vinçlerde kullanılan çelik telli halatlar

Halatlar, kule vinçlerde çekme ve kaldırma işlemlerinde rol oynayan önemli elemanlardır. Yüksek mukavemete sahip çelik tellerden oluşurlar. Çelik tellerin çapları 0,2 ila 2,4 mm arasında değişiklik gösterir. Çelik teller, çekirdek bir ,ana çelik tel veya elyaf öz etrafında helis yapı şeklinde sarılarak kordonları (demetleri) oluşturur. Kordonlar (demetler) ise bir öz etrafında sarılarak halatı meydana getirir. Kule vinçlerde kullanılan halat çapları yükün durumuna göre 9 mm ila 40 mm arasında değişir. Çelik teller genelde haddelenme ya da soğuk çekilme işlemi sonucu elde edilir. Tel halatlar TS 1918 ve TS EN 12385 normlarında standartlaştırılmış hâldedir (MEGEP 2011). Standartta halat gösterimi:

Halat 24 TS 1918/10 - LÖ ÇT 2000 s/Z

24	: Halat anma çapı, [mm]
TS 1918/10	: Sandart ile föy numarası,
LÖ	: Halatın öz malzemesi, (Örnek: Lif Özlü)
ÇT	: Halatı meydana getiren tellerin özelliğini gösterir,
2000	: Halatın kopma mukavemetini belirtir (Örnek: 2000 N/mm ²)
s/Z	: Halatın sarılış şeklini gösterir (Örnek: çapraz sağ sarımlı halat)

2.7.9.1. Halat ömrünü belirleyen başlıca etkenler

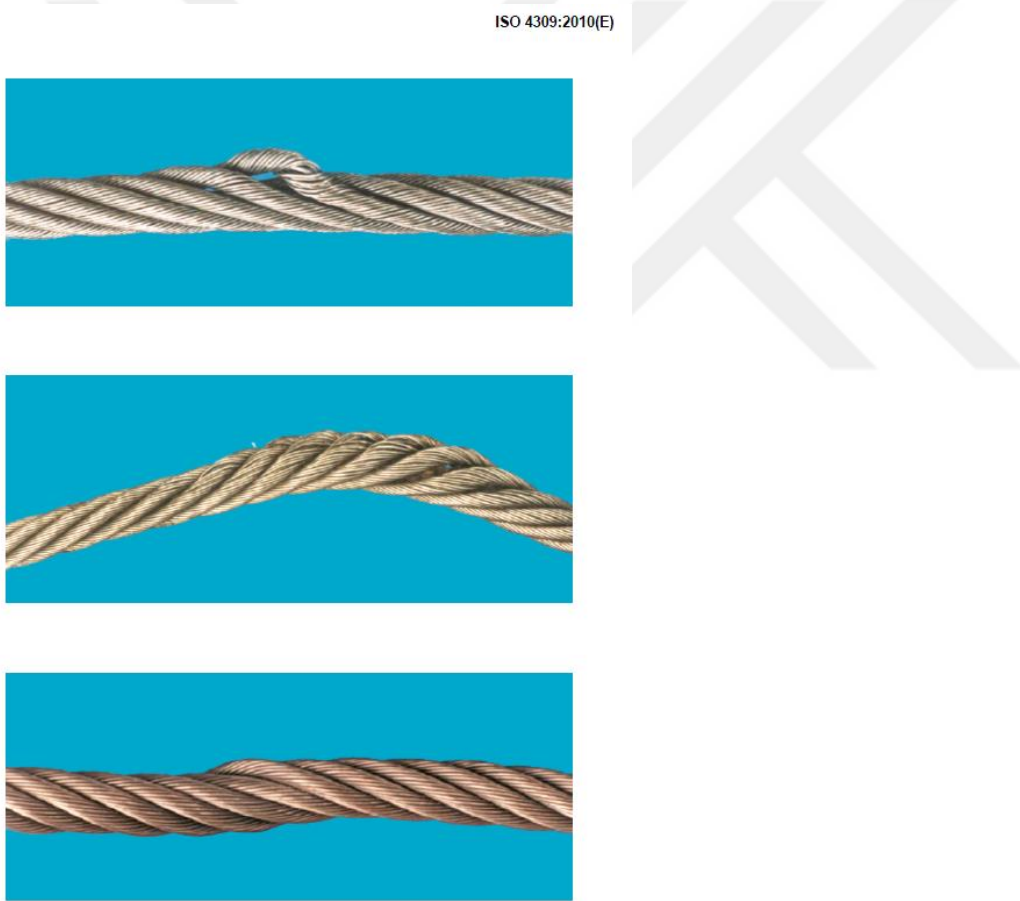
- Kullanım koşulları,
- Halat tipi, tellerin ve halatın üretim biçimi,
- Yağlama,
- Korozyon,
- Tel çapı kalınlığı.

2.7.9.2. Vinç halatlarının yenilenme zamanı

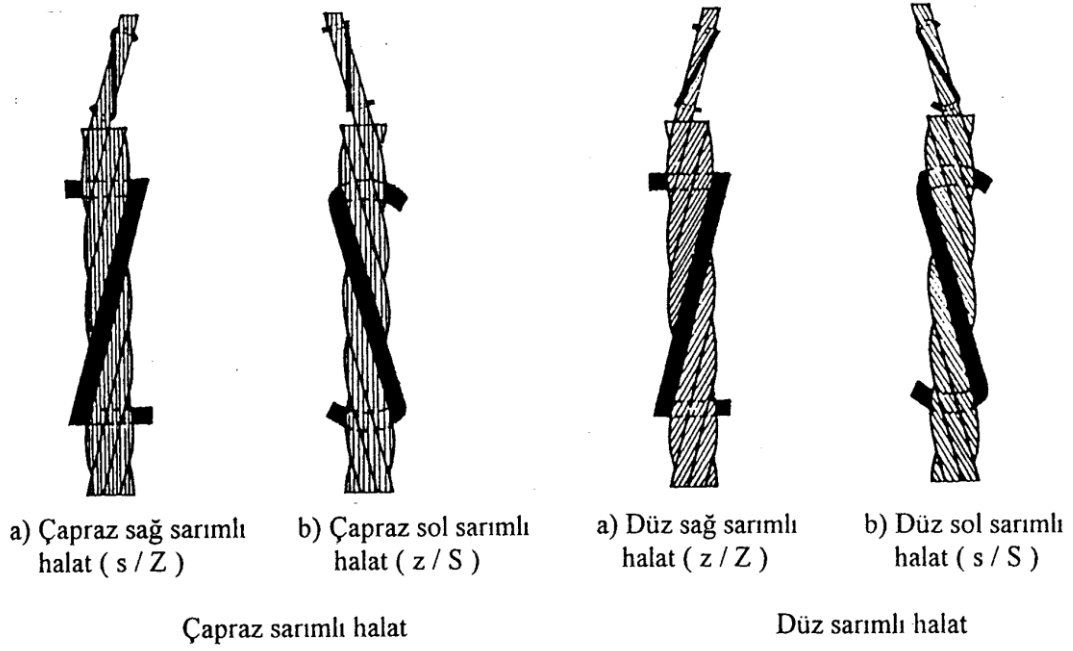
Vinç halatları, ISO 4309 standardına göre, aşağıda sıralanan kriterlerden biri olduğunda değiştirilmelidir:

- Bir halat telinin kırılması,
- Kırılan tel yuvalarının ortaya çıkması,

- Maksimum müsaade edilen kırılan tel sayısına ulaşılması,
- Spiral şeklindeki deformasyonların halat çapının 1/3'ünden fazla olması,
- Sepet şeklinde deformasyon oluşması,
- Halattan, saç iğnesi şeklinde dışarı tel veya tel gruplarının çıkması,
- Aynı anda ortaya çıkan korozyon, aşınma ile beraber halat çapının nominal çapına göre %15 oranında küçülmesi,
- Kırılma veya ezilmeler,
- Tiftiklenmeler veya kalıcı deformasyonlar olması.



Şekil 2.32. TS ISO 4309 standardına göre, değiştirilmesi öngörülen halat deformasyon örnekleri



Şekil 2.33. Halat sarım şekilleri (MEGEP 2011)

2.7.9.3. Vinç halatlarının hesaplamaları

Halatların mukavemet hesapları çekme gerilmesine göre yapılır. Burada kopma kuvveti değişik şekillerde ifade edilir. Halatın teorik kopma kuvveti (F); halatın metalik kesit alanı ile anma mukavemet değerinin çarpımına eşittir. ($F = A \cdot \sigma$) (2.21)

Halatın en küçük kopma kuvveti (F_{min}); halatın teorik kopma kuvveti ile yapı katsayısının çarpımına eşittir ($F_{min} = F_t \cdot k$) (Nazlıoğlu 2014). (2.22)

Halat yapı kaybı ise TS 1918 standartına göre; halatın deney kopma kuvveti ile gerçek kopma kuvveti arasındaki orandır (Çizelge 2.5'te görüldüğü gibi).

Çizelge 2.5. Halat tipine göre kesit faktörü(f), yapı çarpanı(k) ve ağırlığı (g) (MEGEP 2011)

Halat Tipi	Lif özlü halat			Çelik özlü halat		
	g kg/m.mm ²	k (yapım çarpanı)	f (doluluk oranı)	g kg/m.mm ²	k (yapım çarpanı)	f (doluluk oranı)
1x7					0.9000	0.7700
1x19				0.8300	0.8800	0.7600
1x37					0.8700	0.7500
6x7	0.9682	0.9000	0.4700	0.9181	0.8379	0.5452
8x7	1.0200	0.8700	0.4350	0.9427	0.7777	0.5742
6x19 Filler	0.9682	0.8600	0.5000	0.9181	0.8007	0.5800
8x19 Filler	1.0200	0.8400	0.4450	0.9427	0.7509	0.5874
6x19 Seale	0.9682	0.8600	0.4900	0.9181	0.8007	0.5684
8x19 Seale	1.0200	0.8400	0.4350	0.9427	0.7509	0.5742
6x19 Warrington	0.9682	0.8600	0.4900	0.9181	0.8007	0.5684
8x19 Warrington	1.0200	0.8400	0.4350	0.9427	0.7509	0.5742
6x36 Warrington Seale	0.9682	0.8400	0.5000	0.9181	0.7821	0.5800
8x36 Warrington Seale	1.0200	0.8200	0.4450	0.9427	0.7330	0.5874
6x35 Takviyeli Warrington	0.9682	0.8400	0.4800	0.9181	0.7821	0.5568
6x19 Standard		0.8600	0.4550		0.8007	0.5278
6x37 Standard		0.8250	0.4550		0.7681	0.5278
6x24 Standard Lif Öz	0.9880	0.8700	0.4100			
18x7 Dönmeyen	0.9373	0.7800	0.5200	0.9295	0.7579	0.5512
10x10 Dönmeyen	1.0300	0.8600	0.4400	0.9894	0.8329	0.5586
34x7 Dönmeyen	0.9373	0.7500	0.5300	0.9375	0.7427	0.5459

2.7.10. Kule vinçlerde tamburlar

Halatın sarıldığı elemanlardır. Kule vinçlerde halat tamburları, kaldırılacak yüke, sarılacak halat çapına, niteliğine, sargı sayısına uygun tasarlanmalıdır. İki yanında flanşları vardır. Tamburlar yivli ya da yivsiz yapılabilir. Kule vinçlerde genelde yivli tamburlar önerilir. Yivlerle sarılan halatın çapı birbiriyle orantılı olmalıdır. Yoksa, sarım iyi olmayacağından halatın ömrü kısalmış ve sarma işi kötü yapılır. Malzeme olarak, çelik döküm, kır döküm ya da kaynaklı olarak çelik sacdan imal edilebilirler.

Tamburlar, kendilerine takılacak halatın boyutu ile orantılı bir çapa sahip olmalıdır. Kule vinçlerde kullanılan tamburların çapları; 45-80 cm. arasında değişir.

Tamburlar teçhiz edildikleri halatın gevşemeden sarılabileceği şekilde tasarlanmalı, üretilmeli ve yerine takılmalıdır.



Şekil 2.34. Kule vinç halat tamburu örneği

2.7.11. Kule vinçlerde yük tutma elemanları (kancalar)

Kule vinçlerde yükün ebatı, büyüklüğü ve diğer fiziksel özellikleri kancanın tipini, işlevini ve özelliklerini belirler.

Kancalar, kanca blok şaftlarına göre uzun ve kısa şaftlı kancalar diye ikiye ayrılır. Kanca, tambura yakın olduğunda, kaldırma yüksekliğinden daha çok faydalanılır. Uzun şaftın sebebi; kanca burnunun makara kutusuna değmesini önlemektir.

Uzun şaftlı kancalarda, makaralar kanca traversinde kancanın her iki yanındadır. Uzun şaftlı kanca bloğunda tek bir taşıyıcı travers mevcuttur. Bundan dolayı, bu tip bloklar kısa şaftlı bloklara göre daha geniş olur, fakat yükseklikleri daha az olur (Nazlıoğlu 2014). Kaldırma makinelerindeki kanca çeşitleri: basit kancalar, çift ağızlı kancalar, lamelli kancalar.

Basit kancalar: Tek ağıza sahiptirler. Yük kolayca asılır. Kendi eksenini etrafında dönebilmelidir. Serbest veya kalıpta dövülerek üretilirler. Dövme sonrası gerilim giderme tavlamaının yapılması önerilir.

Çift ağızlı kancalar: Büyük yükler için kullanılır. 500 tona kadar yük kaldırabilirler. Kanca kısmı eğriseldir. Kancada kullanılan pim yaylı yapıdadır. Böylece, halatın veya zincirin sıyrılmasına olanak tanınmaz.

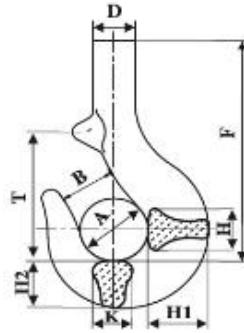


Şekil 2.35. Tek ve çift ağızlı vinç kanca örnekleri

Kancaların genel özellikleri:

- Kancalar kolay kullanılabilmelidir,
- Yük kısa sürede tutulup bırakılmalıdır,
- Kancanın yükü tutmasında mümkün olduğunca az personel çalışmalıdır,
- Yükler emniyetle tutulmalı, kopma ve kaymalara karşı tüm tedbirler alınmalıdır,
- Yük tutulurken kanca malzemeye zarar vermemelidir,
- Kancalar hafif yapıda olmalıdır. Böylelikle, kule vincin taşıma kapasitesinden maksimum faydalanılır.

Çizelge 2.6. DIN 15401 standardına göre kanca ebatları



Shank Hook DIN (GM 15401)

Nr	Dimensions									Weight Kg/Pcs
	A	B	D	F	H	H1	H2	K	T	
025	36	28	20	152	22	28	25	20	75	0.74
05	42	34	25	172	30	38	31	26	95	1.4
08	48	38	30	191	37	44	37	32	103	2.3
1	50	40	32	206	41	48	40	35	108	2.6
1.6	56	45	36	233	46	56	48	40	119	4.32
2.5	63	50	42	263	56	67	58	48	135	6.95
4	71	56	48	297	65	80	67	54	152	9.9
5	80	63	55	332	73	90	75	62	170	13.6
6	91	72	62	390	80	100	86	67	195	19.5
8	101	81	67	435	92	113	96	76	213	28.8
10	120	93	77	490	105	125	110	90	225	39
12	132	107	88	540	114	140	123	105	250	62
16	145	114	111	600	130	168	132	118	290	95
20	170	130	120	680	145	188	150	125	340	135
25	185	145	130	750	165	205	170	140	370	150
32	200	170	136	830	180	240	190	160	420	200
40	220	180	155	930	200	250	215	170	440	310
50	250	210	175	1000	224	280	236	190	485	430

2.8. Kule Vinçler ile Yapılan Çalışmalarda, Standartlarda Belirtilen Hususlar Dikkate Alınmadığında Dünyada ve Türkiye’de Meydana Gelen Farklı İş Kazaları

Kule vinçlerle çalışırken meydana gelen iş kazası nedenleri, aşırı yükleme, avara demirlerinde kırılma, kancaların çarpması, vinç kolunun kırılması, vincin devrilmesi, vincin elektrik akım telleriyle teması, vincin kurulumu ve sökümünün uygun olmaması, kaldırma ekipmanlarındaki donanım yetersizliği, yükün veya vincin çalışanlara çarpması ve kötü hava koşulları şeklinde özetlenebilir (Nazlıoğlu 2014).



Şekil 2.36. 2014 yılında, İstanbul’da şiddetli fırtınada devrilen kule vinç ve 2016 yılında, İzmir’de okulun çatısına devrilen kule vinç

Son Dakika Yeni Vinç Haberleri

Dev vinç böyle devrildi
Rusya’nın Krasnoyarsk kentinde metrelerce uzunluktaki bir vincin devrilme anı amatör kameraya yansıdı.

Yayın Tarihi: 10.05.2017

İstanbul’da vinç beton mikserinin üzerine devrildi
E-5 Otoyolu Büyükçekmece Mevkii’nde yan yol çalışmasında kullanılan vinç, beton mikserinin üzerinde devrildi.

Yayın Tarihi: 29.12.2016

Maltepe’de vinçli kamyon 8 aracı ezdi
İstanbul Maltepe’de freni patladığı öne sürülen vinçli kamyon 8 araca çarptıktan sonra bir akaryakıt istasyonuna girerek devrildi.

Yayın Tarihi: 29.12.2016

Dev vinç büyük bir gürültüyle devrildi
Brezilya’da inşaat halindeki köprüde meydana gelen çökmeden dolayı büyük bir faciadan dönüldü.

Yayın Tarihi: 08.11.2016

Vinç faciasında ölümün bedeli 15 bin 200 lira
Devrilen vinç altında kalan taksi şoförü 28 yaşındaki Fatih Demirkıran’ın ölümü, yolcu Kübra A.’nın ağır yaralanması davasında karar verildi.

Şekil 2.37. Çeşitli kule vinç kaza haberleri

3. MATERYAL VE METOT

Kule vincin çalışması esnasında vince gelen yükler şu şekildedir;

- Düşey hareketler dolayı oluşan yükler, (kaldırılan yükün ağırlığı, aksesuarların ağırlığı(makaralar bloklar, kancalar, kaldırma kirişleri, kanca, denge taşlarının ağırlığı),
- Yatay hareketlerden dolayı oluşan yükler,
- İklimsel etkilerden dolayı oluşan yükler (rüzgar yükü).

Bu yükler yapıda eğilme, kesme, çekme, basma, burkulma, vb... gerilmeleri oluşturur.

Tez kapsamında yapıya gelen bu yüklerin yapıda oluşturacağı gerilmeler önce manuel olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar müsaade edilen gerilme değerleriyle karşılaştırılarak, emniyet katsayıları bulunmuştur.

Ayrıca kule vinç sonlu elemanlar metodu (Ansys-Workbench) kullanılarak mukavemet analizleri yapılmıştır. Sonuçlar manuel yapılan hesaplarla karşılaştırılmıştır.

Temel taşı ebat ve taş içerisindeki donatı hesapları yapılmıştır. Beton temel yerine beton plakalar tercih edilirse plakaların ebatları ve adetleri hesaplanmıştır.

Yapıdaki mast, bom, karşı kol bloklarında kullanılan köşe kaynak dikişlerinin kalınlıkları ve uzunlukları hesaplanmıştır.

Kule vinç, Autocad ve Solidworks programlarında bilgisayar destekli tasarlanıp, modellenmiştir.

Yapıda kullanılan profillerin ebatlarını küçülterek, blokların ölçülerini değiştirerek yahut blokları birleştirerek hesaplamalar tekrar yapılmıştır. Standartlara bağlı kalarak, emniyette kalacak şekilde yeni tasarım önerileri yapılmıştır.

Bu öneriler doğrultusunda profillerden, bağlantı elemanlarından, malzemeden, konstrüksiyon ağırlığından ve ekonomik olarak tasarruf edilebilir.

3.1. Çeşitli Kule Vinçlerin Bom ve Karşı Kollarının Mukavemet Hesaplarının Yapılması (72 metre Bom Uzunluğuna Sahip)

Bom ve karşı kol için yaklaşık ağırlık hesapları yapılmıştır. Bu değerler katalog ağırlıklarıyla karşılaştırılmıştır. Yapılan mukavemet hesaplamalarında katalog ağırlıkları kullanılmıştır.

3.1.1. Bom ve karşı kol için yaklaşık ağırlık hesapları

Bomun ağırlığı

- a) $72 \text{ m} \times 2 = 144 \text{ m}$ 130 x 130 x 12 profil
- b) $72 \text{ m} \times 1 = 72 \text{ m}$ 130 x 130 x 14 profil
- c) $72 / 4 = 18$ tane bölme var. Bu bölmelerdeki profiller;
 $18 \times 2 \times 2,18 \text{ m} = 78,48 \text{ m}$ 130 x 130 x 12 profil
 $18 \times 2 \times 5 \text{ m} = 180 \text{ m}$ 130 x 130 x 12 profil
 $18 \times 3 \times 1,09 \text{ m} = 58,86 \text{ m}$ 130 x 130 x 12 profil
 Toplamda; 72 m 130 x 130 x 14 profil ve 462 m 130 x 130 x 12 profil var.
 Karbon çeliğinin yoğunluğu 7.810 kg/m^3
130 x 130 x 14 profil alanı; $(130^2 - (130 - 28)^2) = 6496 \text{ mm}^2 = 0,6496 \times 10^{-2} \text{ m}^2$
 1 metresi; $1 \times 0,6496 \times 10^{-2} = 0,6496 \times 10^{-2} \text{ m}^3$
 1 metresinin kütlesi; $7.810 \times 0,6496 \times 10^{-2} = 50,73 \text{ kg}$
 Toplam; $72 \times 50,73 = 3.652,83 \text{ kg}$
130 x 130 x 12 profil alanı; $(130^2 - (130 - 24)^2) = 5.664 \text{ mm}^2 = 0,5664 \times 10^{-2} \text{ m}^2$
 1 metresi; $1 \times 0,5664 \times 10^{-2} = 0,5664 \times 10^{-2} \text{ m}^3$
 1 metresinin kütlesi; $7.810 \times 0,5664 \times 10^{-2} = 44,23 \text{ kg}$
 Toplam; $462 \times 44,23 = 20.436,95 \text{ kg}$
Bomun kütlesi; $20.436,95 + 3.652,83 = 24.089,78 \text{ kg} = 240.897,8 \text{ N}$

Karşı kolun ağırlığı

- a) $15,4 \text{ m} \times 2 = 30,8 \text{ m}$ 100 x 100 x 8 profil
- b) $15,4 \text{ m} \times 2 = 30,8 \text{ m}$ 100 x 100 x 12 profil
- c) $15,4 / 4 = 4$ tane bölme var. Bu bölmelerdeki profiller;
 $4 \times 2 \times 2,18 \text{ m} = 17,44 \text{ m}$ 100 x 100 x 8 profil
 $4 \times 2 \times 4 \text{ m} = 32 \text{ m}$ 100 x 100 x 8 profil
 $8 \times 2 \times 1,09 \text{ m} = 17,44 \text{ m}$ 100 x 100 x 8 profil
 $4 \times 2 \times 1 \text{ m} = 8 \text{ m}$ 100 x 100 x 8 profil
 Toplamda; $30,8 \text{ m}$ 100 x 100 x 12 profil ve $105,68 \text{ m}$ 100 x 100 x 8 profil var.
 Karbon çeliğinin yoğunluğu 7.810 kg/m^3
100 x 100 x 12 profil alanı; $(100^2 - (100 - 24)^2) = 4224 \text{ mm}^2 = 0,4224 \times 10^{-2} \text{ m}^2$
 1 metresi; $1 \times 0,4224 \times 10^{-2} = 0,4224 \times 10^{-2} \text{ m}^3$

1 metresinin kütlesi; $7.810 \times 0,4224 \times 10^{-2} = 32,98 \text{ kg}$

Toplam; $30,8 \times 32,98 = \mathbf{1.015,78 \text{ kg}}$

100 x 100 x 8 profil alanı; $(100^2 - (100 - 16)^2) = 2.944 \text{ mm}^2 = 0,2944 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

1 metresi; $1 \times 0,2944 \times 10^{-2} = 0,2944 \times 10^{-2} \text{ m}^3$

1 metresinin kütlesi; $7.810 \times 0,2944 \times 10^{-2} = 22,99 \text{ kg}$

Toplam; $105,68 \times 22,99 = \mathbf{2.429,58 \text{ kg}}$

Karşı kolun kütlesi; $1.015,78 + 2.429,58 = \mathbf{3.445,36 \text{ kg} = 34.453,6 \text{ N}}$

3.2. Bom, Karşı Kol ve Mast Parçalarının Ağırlıkları Bilinen 72 metre Bom Uzunluğuna Sahip Kule Vincin Mukavemet Hesaplarının Yapılması

a) Bomdaki yükün 71,5 metrede 1.200 kg. olduğu durumdaki hesaplar yapılmıştır.

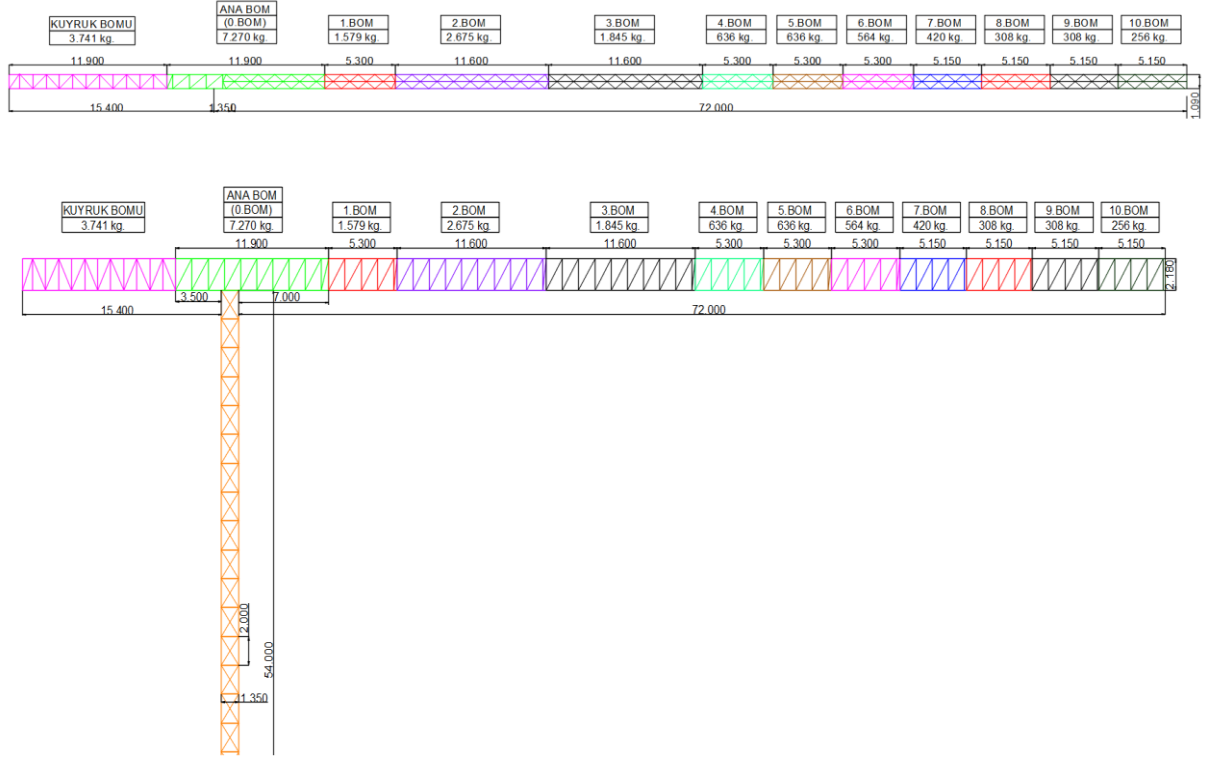
Verilenler;

- Bom uzunluğu; 72 m = 72.000 mm
- Yükün etkidiği mesafe; 71,5 m = 71.500 mm
- Bomun ağırlık merkezi = 23.300 mm
- Karşı kol uzunluğu; 15,4 m = 15.400 mm
- Karşı yükün etkidiği mesafe; $15,4 - 0,5 = 14,9 \text{ m}$ = 14.900 mm
- Karşı ağırlık; 18 ton = 180.000 N
- Bom ucundaki ağırlık; 1,2 ton = 12.000 N
- Karşı kolun ağırlık merkezi = 5.390 mm

b) Bomdaki yükün 22 metrede 10.000 kg. olduğu durumdaki hesaplar yapılmıştır.

- Yükün etkidiği mesafe; 22 m = 22.000 mm
- Karşı ağırlık; 18 ton = 180.000 N
- Bomdaki ağırlık; 10 ton = 100.000 N

3.2.1. Toplam uzunlukların ve ağırlıkların hesaplanması



Şekil 3.1. Bom ve karşı kolu oluşturan blok parçaları

Çizelge 3.1. Bom ve karşı kol parçalarının uzunluk ve ağırlıkları

PARÇA NUMARASI	UZUNLUK(mm)	AĞIRLIK(kg)
ANA BOM(0.BOM)	11.900	7.270
1.BOM	5.300	1.579
2.BOM	11.600	2.675
3.BOM	11.600	1.845
4.BOM	5.300	636
5.BOM	5.300	636
6.BOM	5.300	564
7.BOM	5.150	420
8.BOM	5.150	308
9.BOM	5.150	308
10.BOM	5.150	256
KUYRUK BOMU	11.900	3.741

Ana bomun 7.000 mm'lik kısmı ön tarafta 3.500 mm'lik kısmı ise arka taraftadır. 1.350 mm'lik kısmı ise mast üzerindedir.

Ayrıca, bom uç kısmındaki aperiğin (araba, halatlar, kanca...) ağırlıkları;

$$320 + 285 + 75 \text{ kg} = 680 \text{ kg' dir.}$$

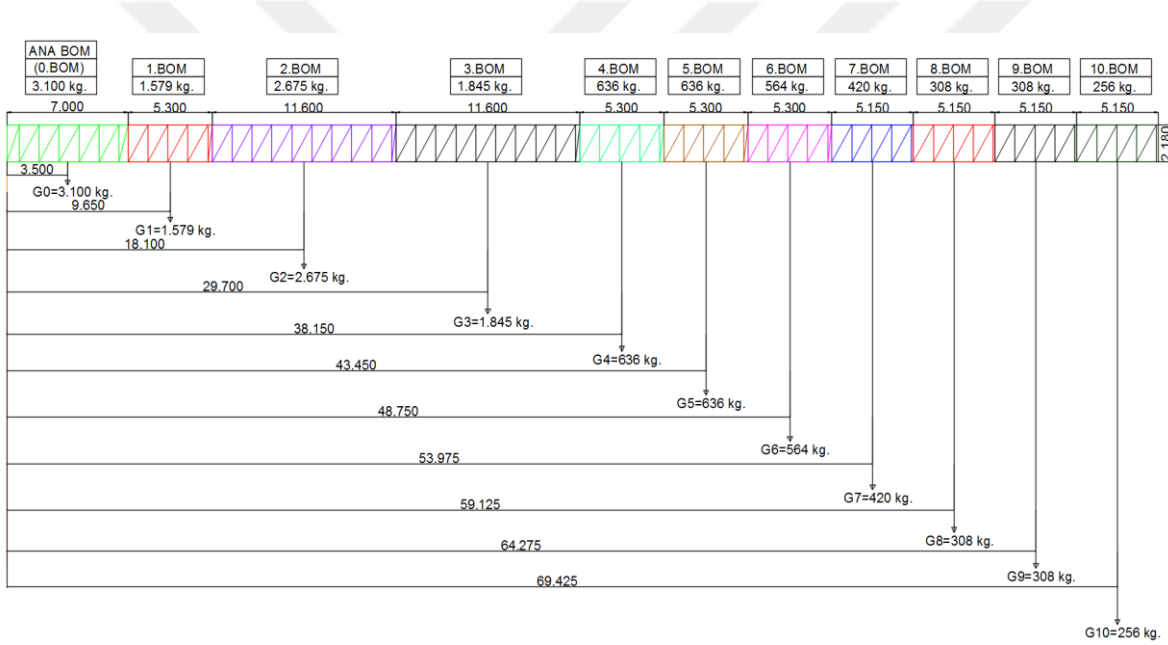
Bom toplam uzunluğu; 7.000 (ana bomdan) + 5.300 + 11.600 + 11.600 + 5.300 + 5.300 + 5.300 + 5.150 + 5.150 + 5.150 + 5.150 = **72.000 mm**

Bom toplam ağırlığı; 3.100 (ana bomdan) + 1.579 + 2.675 + 1.845 + 636 + 636 + 564 + 420 + 308 + 308 + 256 + 680 = **13.000 kg**

Karşı kol toplam uzunluğu; 3.500 (ana bomdan) + 11.900 = **15.400 mm**

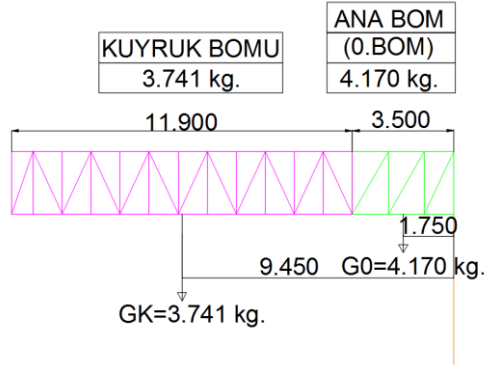
Karşı kol toplam ağırlığı; 4.170 (ana bomdan) + 3.741 = **7.911 kg**

Bomun ağırlık merkezi;



Şekil 3.2. Bloklardan oluşan bomun ağırlık merkezi

$$G = ((3.100 \text{ kg} \times 3.500 \text{ mm}) + (1.579 \text{ kg} \times 9.650 \text{ mm}) + (2.675 \text{ kg} \times 18.100 \text{ mm}) + (1.845 \text{ kg} \times 29.700 \text{ mm}) + (636 \text{ kg} \times 38.150 \text{ mm}) + (636 \text{ kg} \times 43.450 \text{ mm}) + (564 \text{ kg} \times 48.750 \text{ mm}) + (420 \text{ kg} \times 53.975 \text{ mm}) + (308 \text{ kg} \times 59.125 \text{ mm}) + (308 \text{ kg} \times 64.275 \text{ mm}) + (256 \text{ kg} \times 69.425 \text{ mm})) / (3.100 \text{ kg} + 1.579 \text{ kg} + 2.675 \text{ kg} + 1.845 \text{ kg} + 636 \text{ kg} + 636 \text{ kg} + 564 \text{ kg} + 420 \text{ kg} + 308 \text{ kg} + 308 \text{ kg} + 256 \text{ kg}) = \mathbf{23.300 \text{ mm}}$$

Karşı Kolun ağırlık merkezi;**Şekil 3.3.** Bloklardan oluşan karşı kolun ağırlık merkezi

$$G = ((4.170 \text{ kg} \times 1.750 \text{ mm}) + (3.741 \text{ kg} \times 9.450 \text{ mm})) / (4.170 \text{ kg} + 3.741 \text{ kg}) = 5.390 \text{ mm}$$

Bomun kesit alanı;

$$(130^2 - (130 - 28)^2) + 2 \times (130^2 - (130 - 24)^2) = 17.824 \text{ mm}^2$$

Bomun atalet momenti;

(3 kutu profilin Steiner Teoremi ile ağırlık eksenine göre toplam Ix atalet momenti hesaplanacaktır;

$$1) (130^4 / 12 - 102^4 / 12) + (130^2 - 102^2) \times 1.453^2 =$$

$$13.729.194.230 \text{ mm}^4 \text{ (Üçgenin tepesindeki profil için)}$$

$$2) 2 \times ((130^4 / 12 - 106^4 / 12) + (130^2 - 106^2) \times 727^2) =$$

$$6.013.736.896 \text{ mm}^4 \text{ (Üçgenin tabanındaki profiller için)}$$

3) Toplam atalet momenti;

$$I_x = 13.729.194.230 \text{ mm}^4 + 6.013.736.896 \text{ mm}^4 = 19.742.931.130 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/3)$$

$$W = 19.742.931.130 \text{ mm}^4 / (2.180/3) = 27.169.171 \text{ mm}^3$$

Karşı kolun kesit alanı;

$$A = 2 \times (100^2 - (100 - 24)^2) + 2 \times (100^2 - (100 - 16)^2) = 8.448 + 5.888 = 14.336 \text{ mm}^2$$

Kolun atalet momenti;

(4 kutu profilin Steiner Teoremi ile ağırlık eksenine göre toplam I_x atalet momenti hesaplanacaktır;

$$1) 2 \times ((100^4 / 12 - 76^4 / 12) + (100^2 - 76^2) \times 1.090^2) =$$

$$10.048.175.100 \text{ mm}^4 \text{ (Dikdörtgenin tepesindeki profiller için)}$$

$$2) 2 \times ((100^4 / 12 - 84^4 / 12) + (100^2 - 84^2) \times 1.090^2) =$$

$$7.003.901.610 \text{ mm}^4 \text{ (Dikdörtgenin tabanındaki profiller için)}$$

3) Toplam atalet momenti;

$$I_x = 10.048.175.100 \text{ mm}^4 + 7.003.901.610 \text{ mm}^4 = 17.052.076.710 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/2) =$$

$$W = 17.052.076.710 \text{ mm}^4 / (2.180/2) = 15.644.107 \text{ mm}^3$$

Mastın dip kesit alanı;

$$A = 4 \times (140^2 - (140 - 32)^2) = 31.744 \text{ mm}^2$$

Mastın dip atalet momenti;

(4 kutu profilin Steiner Teoremi ile ağırlık eksenine göre toplam I_x atalet momenti hesaplanacaktır;

$$I_x = 4 \times ((140^4 / 12 - 108^4 / 12) + ((140^2 - 108^2) \times 675^2)) = 14.546.063.700 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/2) = 14.546.063.700 \text{ mm}^4 / (1.350/2) = 21.549.724 \text{ mm}^3$$

3.2.2. Bomdaki yükün 71,5 metrede 1.200 kg. olduğu durumdaki hesaplar

- Bom için;

Eğilme momenti;

$$M = 12.000 \text{ N} \times 71.500 \text{ mm} = 858 \times 10^6 \text{ Nmm (yükten)}$$

$$M = 130.000 \text{ N} \times 23.300 \text{ mm} = 3.029 \times 10^6 \text{ Nmm (bomdan)}$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = 3.887 \times 10^6 \text{ Nmm} \quad S = 1,3$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = 1,3 \times 3.887 \times 10^6 \text{ Nmm} = 5.053 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

Kolun atalet momenti; **19.742.931.130 mm⁴** (hesaplanmıştı)

$W = I / (h/3) = \mathbf{27.169.171 \text{ mm}^3}$ (hesaplanmıştı)

$\sigma = M / W = 5.053 \times 10^6 \text{ Nmm} / 27.169.171 \text{ mm}^3 = \mathbf{185,98 \text{ N/mm}^2}$

Kesme kuvveti;

$F = 12.000 \text{ N} + 130.000 \text{ N} = 142.000 \text{ N}$ $S = 1,3$

$F = 142.000 \times 1,3 = \mathbf{184.600 \text{ N}}$

Kolun kesit alanı; $A = \mathbf{17.824 \text{ mm}^2}$ (hesaplanmıştı)

$\tau = F / A = 184.600 \text{ N} / 17.824 \text{ mm}^2 = \mathbf{10,35 \text{ N/mm}^2}$

$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad \mathbf{186,84 \text{ N/mm}^2}$

$S = 430 / 186,84 = 2,30$ (Ç1040 çeliği)

- Karşı kol için;

Eğilme momenti;

$M = 180.000 \text{ N} \times 14.900 \text{ mm} = 2.682 \times 10^6 \text{ Nmm}$ (karşı ağırlıktan)

$M = 79.110 \text{ N} \times 5.390 \text{ mm} = 426 \times 10^6 \text{ Nmm}$ (karşı koldan)

$M_{\text{TOPLAM}} = 3.108 \times 10^6 \text{ Nmm}$ $S = 1,3$

$M_{\text{TOPLAM}} = 1,3 \times 3.108 \times 10^6 \text{ Nmm} = \mathbf{4.041 \times 10^6 \text{ Nmm}}$

Kolun atalet momenti; **17.052.076.710 mm⁴** (hesaplanmıştı)

$W = I / (h/2) = \mathbf{15.644.107 \text{ mm}^3}$ (hesaplanmıştı)

$\sigma = M / W = 4.041 \times 10^6 \text{ Nmm} / 15.644.107 \text{ mm}^3 = \mathbf{258,30 \text{ N/mm}^2}$

Kesme kuvveti;

$F = 180.000 \text{ N} + 79.110 \text{ N} = 259.110 \text{ N}$ $S = 1,3$

$F = 259.110 \times 1,3 = \mathbf{336.843 \text{ N}}$

Kolun kesit alanı; $A = \mathbf{14.336 \text{ mm}^2}$ (hesaplanmıştı)

$\tau = F / A = 336.843 \text{ N} / 14.336 \text{ mm}^2 = \mathbf{23,49 \text{ N/mm}^2}$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad 261,48 \text{ N/mm}^2$$

$$S = 430 / 261,48 = 1,64 \quad (\text{Ç1040 çeliği})$$

- Mast için;

$$M = (1,3 \times 1.200 \text{ kg} \times 71,5 \text{ m}) - (18.000 \text{ kg} \times 14,9 \text{ m}) + (13.000 \text{ kg} \times 23,3 \text{ m}) - (7.911 \text{ kg} \times 5,39 \text{ m})$$

$$M = (1,3 \times 12.000 \text{ N} \times 71.500 \text{ mm}) - (180.000 \text{ N} \times 14.900 \text{ mm}) + (130.000 \text{ N} \times 23.300 \text{ mm}) - (79.110 \text{ N} \times 5.390 \text{ mm}) = 1.036 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mastın atalet momenti; } 14.546.063.700 \text{ mm}^4 \text{ (hesaplanmıştı)}$$

$$W = I / (h/2) = 21.549.724 \text{ mm}^3 \text{ (hesaplanmıştı)}$$

$$\sigma = M / W = 1.036 \times 10^6 \text{ Nmm} / 21.549.724 \text{ mm}^3 = 48,07 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 1,3 \times 12.000 \text{ N} + 130.000 \text{ N} + 180.000 \text{ N} + 79.110 \text{ N} = 404.710 \text{ N}$$

$$\text{Mastın kesit alanı; } A = 31.744 \text{ mm}^2 \text{ (hesaplanmıştı)}$$

$$\sigma_b = F / A = 404.710 \text{ N} / 31.744 \text{ mm}^2 = 12,75 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sigma_e + \sigma_b = 60,82 \text{ N/mm}^2$$

$$S = 355 / 60,82 = 5,83 \quad (\text{St 52 çeliği})$$

3.2.3. Bomdaki yükün 22 metrede 10.000 kg. olduğu durumdaki hesaplar

- Bom için;

Eğilme momenti;

$$M = 100.000 \text{ N} \times 22.000 \text{ mm} = 2.200 \times 10^6 \text{ Nmm (yükten)}$$

$$M = 130.000 \text{ N} \times 23.300 \text{ mm} = 3.029 \times 10^6 \text{ Nmm (bomdan)}$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = 5.229 \times 10^6 \text{ Nmm} \quad S = 1,3$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = 1,3 \times 5.229 \times 10^6 \text{ Nmm} = 6.797 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\text{Kolun atalet momenti; } 19.742.931.130 \text{ mm}^4 \text{ (hesaplanmıştı)}$$

$$W = I / (h/3) = 27.169.171 \text{ mm}^3 \text{ (hesaplanmıştı)}$$

$$\sigma = M / W = 6.797 \times 10^6 \text{ Nmm} / 27.169.171 \text{ mm}^3 = \mathbf{250,20 \text{ N/mm}^2}$$

Kesme kuvveti;

$$F = 100.000 \text{ N} + 130.000 \text{ N} = 230.000 \text{ N} \quad S = 1,3$$

$$F = 230.000 \times 1,3 = \mathbf{299.000 \text{ N}}$$

Kolun kesit alanı; $A = \mathbf{17.824 \text{ mm}^2}$ (hesaplanmıştı)

$$\tau = F / A = 299.000 \text{ N} / 17.824 \text{ mm}^2 = \mathbf{16,77 \text{ N/mm}^2}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad \mathbf{251,88 \text{ N/mm}^2}$$

$$\mathbf{S = 430 / 251,88 = 1,70} \quad (\text{Ç1040 çeliği})$$

- Karşı kol için;

Eğilme momenti;

$$M = 180.000 \text{ N} \times 14.900 \text{ mm} = 2.682 \times 10^6 \text{ Nmm} \text{ (karşı ağırlıktan)}$$

$$M = 79.110 \text{ N} \times 5.390 \text{ mm} = 426 \times 10^6 \text{ Nmm} \text{ (karşı koldan)}$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = 3.108 \times 10^6 \text{ Nmm} \quad S = 1,3$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = 1,3 \times 3.108 \times 10^6 \text{ Nmm} = \mathbf{4.041 \times 10^6 \text{ Nmm}}$$

Kolun atalet momenti; $\mathbf{17.052.076.710 \text{ mm}^4}$ (hesaplanmıştı)

$$W = I / (h/2) = \mathbf{15.644.107 \text{ mm}^3}$$
 (hesaplanmıştı)

$$\sigma = M / W = 4.041 \times 10^6 \text{ Nmm} / 15.644.107 \text{ mm}^3 = \mathbf{258,30 \text{ N/mm}^2}$$

Kesme kuvveti;

$$F = 180.000 \text{ N} + 79.110 \text{ N} = 259.110 \text{ N} \quad S = 1,3$$

$$F = 259.110 \times 1,3 = \mathbf{336.843 \text{ N}}$$

Kolun kesit alanı; $A = \mathbf{14.336 \text{ mm}^2}$ (hesaplanmıştı)

$$\tau = F / A = 336.843 \text{ N} / 14.336 \text{ mm}^2 = \mathbf{23,49 \text{ N/mm}^2}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad \mathbf{261,48 \text{ N/mm}^2}$$

$$S = 430 / 261,48 = 1,64 \quad (\text{Ç1040 çeliği})$$

- Mast için;

$$M = (1,3 \times 10.000 \text{ kg} \times 22 \text{ m}) - (18.000 \text{ kg} \times 14,9 \text{ m}) + (13.000 \text{ kg} \times 23,3 \text{ m}) - (7.911 \text{ kg} \times 5,39 \text{ m})$$

$$M = (1,3 \times 100.000 \text{ N} \times 22.000 \text{ mm}) - (180.000 \text{ N} \times 14.900 \text{ mm}) + (130.000 \text{ N} \times 23.300 \text{ mm}) - (79.110 \text{ N} \times 5.390 \text{ mm}) = 2.780 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_e = M / W = 2.780 \times 10^6 \text{ Nmm} / 21.549.724 \text{ mm}^3 = 129,00 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 1,3 \times 100.000 \text{ N} + 130.000 \text{ N} + 180.000 \text{ N} + 79.110 \text{ N} = 519.110 \text{ N}$$

$$\sigma_b = F / A = 519.110 \text{ N} / 31.744 \text{ mm}^2 = 16,35 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sigma_e + \sigma_b = 145,35 \text{ N/mm}^2$$

$$S = 355 / 145,35 = 2,44 \quad (\text{St 52 çeliği})$$

Çizelge 3.2. Farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki hesaplama sonuçları

Bom daki yük	Bomda yükün yeri	Bom ağırlığı	Bom için emniyet katsayısı	Karşı ağırlık	Karşı kol	Karşı kol	Karşı kol için emni. katsayısı	Mast için emniyet katsayısı
1,2 ton	71,5 m	13 ton	430/186,84 S = 2,30	18 ton	15,4 m	7,911 ton	430/261,48 S = 1,64	355/60,82 S = 5,83
10 ton	22 m	13 ton	430/251,88 S = 1,70	18 ton	15,4 m	7,911 ton	430/261,48 S = 1,64	355/145,35 S = 2,44

3.3. Rüzgar Kuvveti

Cf = Kesme faktörü. **(Mast için)**

$$\text{Aerodinamik katsayı} = 1,35 / 0,14 = 9,6$$

$$\text{ve kesit} = 0,14 / 0,14 = 1 \text{ için;}$$

$$\text{Çizelge 2.3'ten} = \text{Cf} = 1,53$$

Cf = Kesme faktörü. **(Bom için)**

$$\text{Aerodinamik katsayı} = 1,09 / 0,13 = 8,3$$

$$\text{ve kesit} = 0,13 / 0,13 = 1 \text{ için;}$$

Çizelge 2.3'ten = **Cf = 1,50**

Cf = Kesme faktörü. (**Karşı Kol için**)

Aerodinamik katsayı = $1,09 / 0,1 = 10,0$

ve kesit = $0,1 / 0,1 = 1$ için;

Çizelge 2.3'ten = **Cf = 1,55**

Hız kritik değer olan **50 km/h** alınsın.

$50 \text{ km/h} \times 1000 / 3600 = \mathbf{13,88 \text{ m/sn}}$

$p = 0,613 \times 10^{-3} \times 13,88^2 = \mathbf{0,12 \text{ kPa}}$ (formül 2.3'e göre hesap yapılmıştır.)

Mast için; (formül 2.2'ye göre hesap yapılmıştır.)

$A = 27 \times (2,413 + 2,413 + 2 + 2 + 1,35) = 274,75 \text{ m} \times 0,14 \text{ m} = \mathbf{38,46 \text{ m}^2}$

Kuvvet = $F = 38,46 \times 0,12 \times 1,53 = 7,06 \text{ kN} = \mathbf{7.060 \text{ N}}$

Bom için;

$A = 72 \times 2 + 62 \times (2,18 + 2,52) = 435,4 \text{ m} \times 0,13 \text{ m} = \mathbf{56,60 \text{ m}^2}$

Kuvvet = $F = 56,60 \times 0,12 \times 1,50 = 10,18 \text{ kN} = \mathbf{10.180 \text{ N}}$

Karşı kol için;

Yan alan $A = 15,4 \times 2 + 16 \times (2,18 + 2,415) = 104,32 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = \mathbf{10,43 \text{ m}^2}$

Kuvvet = $F = 10,43 \times 0,12 \times 1,55 = 1,94 \text{ kN} = \mathbf{1.940 \text{ N}}$

Arka alan $A = 2 \times (2,18 + 1,09 + 2,43) = 11,4 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = \mathbf{1,14 \text{ m}^2}$

Kuvvet = $F = 1,14 \times 0,12 \times 1,55 = 0,21 \text{ kN} = \mathbf{210 \text{ N}}$

3.4. Mastın devrilme hesapları

Bom ve karşı koldan, mast dibine etkiyen eğilme gerilmeleri hesaplanmıştır.

3.4.1. Kulenin yana devrilme olasılığı;

$M = (7.060 \text{ N} \times 27.000 \text{ mm}) + (10.180 \text{ N} \times 54.000 \text{ mm}) + (1.940 \text{ N} \times 54.000 \text{ mm})$

$M = \mathbf{846 \times 10^6 \text{ Nmm}}$

$$\sigma_e = M / W = 846 \times 10^6 \text{ Nmm} / 21.549.724 \text{ mm}^3 = 39,3 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 7.060 + 10.180 + 1.940 = 19.180 \text{ N}$$

$$\sigma_b = F / A = 19.180 \text{ N} / 31.744 \text{ mm}^2 = 0,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sigma_e + \sigma_b = 39,9 \text{ N/mm}^2$$

$$S = 355 / 39,9 = 8,9 \quad (\text{St 52 çeliği})$$

3.4.2. Kulenin öne devrilme olasılığı;

- Bomdaki yükün 71,5 metrede 1.200 kg. olduğu durumdaki devrilme hesapları;

$$M = (1,3 \times 1.200 \text{ kg} \times 71,5 \text{ m}) - (18.000 \text{ kg} \times 14,9 \text{ m}) + (13.000 \text{ kg} \times 23,3 \text{ m}) - (7.911 \text{ kg} \times 5,39 \text{ m})$$

$$M = (1,3 \times 12.000 \text{ N} \times 71.500 \text{ mm}) - (180.000 \text{ N} \times 14.900 \text{ mm}) + (130.000 \text{ N} \times 23.300 \text{ mm}) - (79.110 \text{ N} \times 5.390 \text{ mm}) = 1.036 \times 10^6 \text{ Nmm} (\text{yük ve konstrüksiyon ağırlığından})$$

$$M = (7.060 \text{ N} \times 27.000 \text{ mm}) + (210 \text{ N} \times 54.000 \text{ mm}) = 202 \times 10^6 \text{ Nmm} (\text{rüzgardan})$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = 1.036 \times 10^6 \text{ Nmm} + 202 \times 10^6 \text{ Nmm} = 1.238 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_e = M / W = 1.238 \times 10^6 \text{ Nmm} / 21.549.724 \text{ mm}^3 = 58 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 1,3 \times 12.000 \text{ N} + 130.000 \text{ N} + 180.000 \text{ N} + 79.110 \text{ N} = 404.710 \text{ N} (\text{yük ve konstrüksiyon ağırlığından})$$

$$F = 7.060 \text{ N} + 210 \text{ N} = 7.270 \text{ N} (\text{rüzgardan})$$

$$F_{\text{TOPLAM}} = 411.980 \text{ N}$$

$$\sigma_b = F / A = 411.980 \text{ N} / 31.744 \text{ mm}^2 = 12,98 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sigma_e + \sigma_b = 71 \text{ N/mm}^2$$

$$S = 355 / 71 = 5 \quad (\text{St 52 çeliği})$$

- Bomdaki yükün 22 metrede 10.000 kg. olduğu durumdaki devrilme hesapları;

$$M = (1,3 \times 10.000 \text{ kg} \times 22 \text{ m}) - (18.000 \text{ kg} \times 14,9 \text{ m}) + (13.000 \text{ kg} \times 23,3 \text{ m}) - (7.911 \text{ kg} \times 5,39 \text{ m})$$

$$M = (1,3 \times 100.000 \text{ N} \times 22.000 \text{ mm}) - (180.000 \text{ N} \times 14.900 \text{ mm}) + (130.000 \text{ N} \times 23.300 \text{ mm}) - (79.110 \text{ N} \times 5.390 \text{ mm}) = 2.780 \times 10^6 \text{ Nmm} (\text{yük ve konstrüksiyon ağırlığından})$$

$$M = (7.060 \text{ N} \times 27.000 \text{ mm}) + (210 \text{ N} \times 54.000 \text{ mm}) = 202 \times 10^6 \text{ Nmm} \text{ (rüzgardan)}$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = 2.780 \times 10^6 \text{ Nmm} + 202 \times 10^6 \text{ Nmm} = 2.990 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_e = M / W = 2.990 \times 10^6 \text{ Nmm} / 21.549.724 \text{ mm}^3 = 139 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 1,3 \times 100.000 \text{ N} + 130.000 \text{ N} + 180.000 \text{ N} + 79.110 \text{ N} = 519.110 \text{ N} \text{ (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)}$$

$$F = 7.060 \text{ N} + 210 \text{ N} = 7.270 \text{ N} \text{ (rüzgardan)}$$

$$F_{\text{TOPLAM}} = 526.380 \text{ N}$$

$$\sigma_b = F / A = 526.380 \text{ N} / 31.744 \text{ mm}^2 = 16,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sigma_e + \sigma_b = 155,6 \text{ N/mm}^2$$

$$S = 355 / 155,6 = 2,27 \quad (\text{St 52 çeliği})$$

Çizelge 3.3. 72 metre bomlu kule vincin farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki hesaplama sonuçları

Bom-daki ağırlık	Bomda yükün konumu	Bom ağırlığı	BOM için emniyet katsayısı	Karşı ağırlık	Karşı kol ağırlığı	Karşı kol için emniyet katsayısı	Mast için emniyet katsayısı
1,2 ton	71,5 m	13 ton	430/186,84 S = 2,30	18 ton	7,911 ton	430/261,48 S = 1,64	355/71,0 S = 5,0
10 ton	22 m	13 ton	430/251,88 S = 1,70	18 ton	7,911 ton	430/261,48 S = 1,64	355/155,6 S = 2,27

3.5. Mastın Burkulma Hesapları

$$l_{kr} = 2 \times 54 = 108 \text{ m} = \underline{\underline{108.000 \text{ mm}}} \text{ (Şekil 2.29'a göre seçim yapılmıştır).}$$

3.5.1. Bomdaki yükün 71,5 metrede 1.200 kg. olduğu durumdaki burkulma hesapları;

$$\text{Mastın dip kesit alanı; } A = 4 \times (140^2 - (140 - 32)^2) = 31.744 \text{ mm}^2$$

Mastın dip atalet momenti; (4 adet kutu profilin Steiner Teoremi ile ağırlık eksenine göre toplam I_x atalet momenti hesaplanacaktır;

$$I_x = 4 \times ((140^4/12 - 108^4/12) + ((140^2 - 108^2) \times 675^2)) = 14.546.063.700 \text{ mm}^4$$

$$i = 676,92 \text{ mm} \text{ (formül 2.15)}$$

$$\text{Narinlik katsayısı; } \lambda = l_{kr} / i = 108.000 \text{ mm} / 676,92 \text{ mm} = \underline{\underline{159,54}} \text{ (formül 2.16)}$$

$\lambda > 120 = 159,54 > 120$ olduğu için Euler Formülü kullanılacaktır. (formül 2.18)

O zaman;

$$\sigma_{kr} = (\pi^2 \times E) / \lambda^2 \dots (\text{kg f/cm}^2)$$

$$\sigma_{kr} = (\pi^2 \times 2,1 \times 10^6 \text{ cm}^2) / (159,54)^2 = \underline{\underline{814,29 \text{ kg f/cm}^2}}$$

Kritik kuvvet ise; $F_{kr} = (\sigma_{kr} \times A) / S \dots (\text{kg f})$ $S = 2,5 \dots 6$ arası

$$F_{kr} = (814,29 \text{ kg f/cm}^2 \times 317,44 \text{ cm}^2) / 3 = 86.162,7 \text{ kg f} = \underline{\underline{861.627 \text{ N}}}$$

Masta basan kuvvet toplamı;

$$F = 180.000 \text{ N} + 79.110 \text{ N} + 130.000 \text{ N} + 12.000 \text{ N} + 270.000/2 \text{ N} = \underline{\underline{536.110 \text{ N}}}$$

$F_{kr} > F$ yani; $861.627 \text{ N} > 536.110 \text{ N}$ olduğu için sistem burkulma açısından bu yüklemde emniyettedir.

$$\underline{\underline{S = 861.627 \text{ N} / 536.110 \text{ N} = 1,61}}$$

3.5.2. Bomdaki yükün 22 metrede 10.000 kg. olduğu durumdaki burkulma hesapları;

$$\text{Mastın dip kesit alanı; } A = 4 \times (140^2 - (140 - 32)^2) = \underline{\underline{31.744 \text{ mm}^2}}$$

Mastın dip atalet momenti; (4 adet kutu profilin Steiner Teoremi ile ağırlık eksenine göre toplam I_x atalet momenti hesaplanacaktır;

$$I_x = 4 \times ((140^4/12 - 108^4/12) + ((140^2 - 108^2) \times 675^2)) = \underline{\underline{14.546.063.700 \text{ mm}^4}}$$

$$i = 676,92 \text{ mm}$$

$$\text{Narinlik katsayısı; } \lambda = l_{kr} / i = 108.000 \text{ mm} / 676,92 \text{ mm} = \underline{\underline{159,54}}$$

$\lambda > 120 = 159,54 > 120$ olduğu için Euler Formülü kullanılacaktır.

O zaman;

$$\sigma_{kr} = (\pi^2 \times E) / \lambda^2 \dots (\text{kg f/cm}^2)$$

$$\sigma_{kr} = (\pi^2 \times 2,1 \times 10^6 \text{ cm}^2) / (159,54)^2 = \underline{\underline{814,29 \text{ kg f/cm}^2}}$$

Kritik kuvvet ise; $F_{kr} = (\sigma_{kr} \times A) / S \dots (\text{kg f})$ $S = 2,5 \dots 6$ arası

$$F_{kr} = (814,29 \text{ kg f/cm}^2 \times 317,44 \text{ cm}^2) / 3 = 86.162,7 \text{ kg f} = \underline{\underline{861.627 \text{ N}}}$$

Masta basan kuvvet toplamı;

$$F = 180.000 \text{ N} + 79.110 \text{ N} + 130.000 \text{ N} + 100.000 \text{ N} + 270.000/2 \text{ N} = \mathbf{624.110 \text{ N}}$$

$F_{kr} > F$ yani; $861.627 \text{ N} > 624.110 \text{ N}$ olduğu için sistem burkulma açısından bu yüklemeye emniyetlidir.

$$\mathbf{S = 861.627 \text{ N} / 624.110 \text{ N} = 1,38}$$

3.6. Temel Taşı Hesapları

3.6.1. Yükün 71,5 metrede 1,2 ton olduğu durum;

$$F_{VİNÇ} = 18 \text{ ton} + 13 \text{ ton} + 1,2 \text{ ton} + 7,911 \text{ ton} + 27,27 \text{ ton} = \mathbf{67,38 \text{ ton}}$$

Yükün 22 metrede 10 ton olduğu durum;

$$F_{VİNÇ} = 18 \text{ ton} + 13 \text{ ton} + 10 \text{ ton} + 7,911 \text{ ton} + 27,27 \text{ ton} = \mathbf{76,18 \text{ ton}}$$

$$M_I = (18 \text{ ton} \times 14,9 \text{ m}) - (13 \text{ ton} \times 23,3 \text{ m}) + (7,911 \text{ ton} \times 5,39 \text{ m})$$

$$M_I = 7,94 \text{ tm (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)}$$

$$M_I = (0,7 \text{ ton} \times 27 \text{ m}) + (0,02 \text{ ton} \times 54 \text{ m}) = 20 \text{ tm (rüzgardan)}$$

$$M_{I \text{ TOPLAM}} = 7,94 + 20 = \mathbf{27,94 \text{ tm}}$$

$$M_{II} = (10 \text{ ton} \times 22 \text{ m}) - (18 \text{ ton} \times 14,9 \text{ m}) + (13 \text{ ton} \times 23,3 \text{ m}) - (7,911 \text{ ton} \times 5,39 \text{ m})$$

$$M_{II} = 212,05 \text{ tm (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)}$$

$$M_{II} = (0,7 \text{ ton} \times 27 \text{ m}) + (0,02 \text{ ton} \times 54 \text{ m}) = 20 \text{ tm (rüzgardan)}$$

$$M_{II \text{ TOPLAM}} = 212,05 + 20 = \mathbf{232,05 \text{ tm}} \quad (\text{Yükün 22 metrede 10 ton olduğu durum})$$

$$M_{III} = (1,2 \text{ ton} \times 71,5 \text{ m}) - (18 \text{ ton} \times 14,9 \text{ m}) + (13 \text{ ton} \times 23,3 \text{ m}) - (7,911 \text{ ton} \times 5,39 \text{ m})$$

$$M_{III} = 77,8 \text{ tm (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)}$$

$$M_{III} = (0,7 \text{ ton} \times 27 \text{ m}) + (0,02 \text{ ton} \times 54 \text{ m}) = 20 \text{ tm (rüzgardan)}$$

$$M_{III \text{ TOPLAM}} = 77,8 + 20 = \mathbf{97,8 \text{ tm}} \quad (\text{Yükün 71,5 metrede 1,2 ton olduğu durum})$$

1) 6 x 6 x 1,5 m ebatlarında beton temel seçilirse; (Çizelge 2.1'den seçim yapılmıştır).

$$G = 1,5 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 2,4 \text{ ton} / \text{m}^3 = \mathbf{129 \text{ ton}}$$

$$F = F_{VİNÇ} + G = 76,18 \text{ ton} + 129 \text{ ton} = \mathbf{205,18 \text{ ton}}$$

$$e_{II} = M_{II} / F = 232,05 \text{ tm} / 205,18 \text{ t} = \mathbf{1,1 \text{ m}}$$

$$e_{em} = 1 / 6 \times a = 1 / 6 \times 6 \text{ m} = \mathbf{1 \text{ m}}$$

$e_{em} > e_{II}$ yani; **1m > 1,1 m olmadığı için seçilen beton ebatları yetersizdir.**

2) 6,5 x 6,5 x 1,5 m ebatlarında beton temel seçilirse; (Çizelge 2.1'den seçim yapılmıştır).

$$G = 1,5 \text{ m} \times 6,5 \text{ m} \times 6,5 \text{ m} \times 2,4 \text{ ton} / \text{m}^3 = \mathbf{152 \text{ ton}}$$

$$F = F_{VİNÇ} + G = 76,18 \text{ ton} + 152 \text{ ton} = \mathbf{228,18 \text{ ton}}$$

$$e_{II} = M_{II} / F = 232,05 \text{ tm} / 228,18 \text{ t} = \mathbf{1 \text{ m}}$$

$$e_{em} = 1 / 6 \times a = 1 / 6 \times 6,5 \text{ m} = \mathbf{1,08 \text{ m}}$$

$e_{em} > e_{II}$ yani; **1,08m > 1 m olduğu için seçilen beton ebatları uygundur.**

Zeminde oluşan gerilmeler;

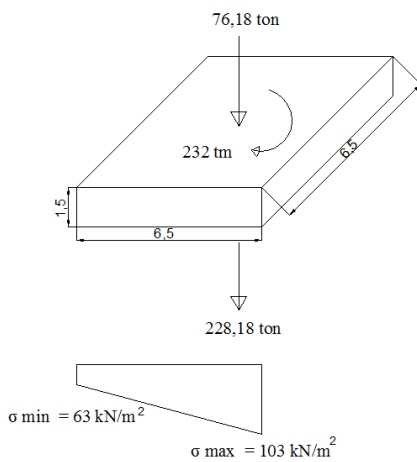
$$\sigma_{\max} = F / a^2 \times (1 + 6 \times e_{II} / a)$$

$$\sigma_{\max} = 228,18 / 42,25 \times (1 + 6 \times 1 / 6,5) = \mathbf{103 \text{ kN/m}^2}$$

$$\sigma_{\min} = \sigma_{\max} / c \times (c - (L - b) / 6)$$

$$c = L / 2 - e_{II} = 6,5 / 2 - 1 = 2,25 \text{ m}$$

$$\sigma_{\min} = 103 / 2,25 \times (2,25 - (6,5 - 1,35) / 6) = \mathbf{63 \text{ kN/m}^2}$$

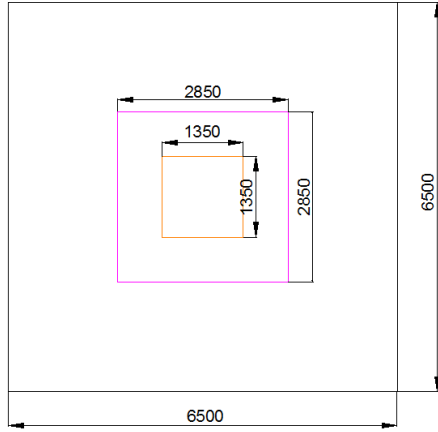


Şekil 3.4. Beton temeldeki gerilmeler

Zımbalama Tahkiki;

Zemin emniyet gerilmesi 250 k N / m^2 olarak düşünölsün.

$$250 \text{ k N / m}^2 = 0,25 \text{ N / m}^2$$



Şekil 3.5. Beton temelın üstten görünümü

$$\text{Zımbalama çevresi; } Z_C = 2 \times (1.350 + 1.350 + 2.850 + 2.850) = 16.800 \text{ mm}$$

$$\text{Zımbalama alanı; } Z_A = Z_C \times d = 16.800 \text{ mm} \times 1.500 \text{ mm} = 252 \times 10^5 \text{ mm}^2 = \mathbf{25,2 \text{ m}^2}$$

Zımbalama hesap kuvveti;

$$F_{pd} = 761.800 \text{ N} \times (1 - ((2,85 \times 2,85) / (6,5 \times 6,5))) = \mathbf{615.345 \text{ N}}$$

Zemin emniyet gerilmesi; $0,25 \text{ N / m}^2$ olan beton için;

$$f_{ctd} = 1,04 \text{ MPa} = 1,04 \text{ N / mm}^2 \text{ alınır.}$$

$$F_{pr} = f_{ctd} \times (l + d) \times d = 1 \times 1,04 \times 2.850 \times 1.500 = \mathbf{4.446.000 \text{ N}}$$

$F_{pr} > F_{pd}$ yani; $4.446.000 \text{ N} > 615.345 \text{ N}$ olduğu için zımbalama yönünden emniyetlidir.

Yaklaşık Donatı Hesabı;

$$M_p = (\sigma_{min} \times d^2 / 2) + (\sigma_{max} - \sigma_{min}) \times d^2 / 3 - (1,5 \times h \times 25 \times d^2 / 2)$$

$$d = (L - b) / 2 = (6,5 - 1,35) / 2 = 2,5 \text{ m}$$

$$M_p = (63 \times 2,5^2 / 2) + (103 - 63) \times 2,5^2 / 3 - (1,5 \times 1,5 \times 25 \times 2,5^2 / 2)$$

$$\mathbf{M_p = 104 \text{ kNm/m}}$$

$$(K_d / \text{donatı aralığı})^2 = (\text{donatı genişliği} / M_p)$$

Donatı aralığı; 200 mm ve donatı genişliği 200 mm olarak belirlenmiştir.

Maksimum donatı aralığı 250 mm dir ve projede 200 mm aralık uygundur.

$$(K_d / 200)^2 = (200/10.400) \dots\dots\dots K_d = 27,7 \text{ bulunur.}$$

$K_d = 27,70$ için $K_s = 0,471$ alınır (Çizelge 2.2'den seçim yapılmıştır).

Donatı tetkik alanı;

$$A_e = 0,471 \times 10.400 / 200 = 25 \text{ cm}^2 = 2.500 \text{ mm}^2$$

1 metrede kullanılacak donatı teli sayısı; $(1.000 \text{ mm} / 200 \text{ mm}) + 1 = 6 \text{ adet}$

$$A_e / s = 2.500 / 6 = 416 \text{ mm}^2$$

$$\pi \times D^2 / 4 = 416 \text{ mm}^2 \text{ ise}$$

$D = 24 \text{ mm}$ bulunur. O zaman 1 metrede **Ø 24 / 20** cm ara ile donatı uygulanacaktır.

3.6.2. Farklı mast yükseklikleri için uygun olan beton temel ebatlarını saptama çalışmaları

Çizelge 3.4. Farklı mast yüksekliklerinde olması gereken temel taşı ebatları ve temeldeki donatı özellikleri

Mast Yüksekliği	BOM Uzunluğu	Karşı Kol Uzunluğu	Temel Taşı Ebatları	Donatı Özellikleri
54 m	72 m	15,4 m	6,5 m x 6,5 m x 1,5 m	Ø24/20 cm ara ile donatı
45 m	72 m	15,4 m	6,5 m x 6,5 m x 1,5 m	Ø20/20 cm ara ile donatı
36 m	72 m	15,4 m	6 m x 6 m x 1,5 m	Ø22/20 cm ara ile donatı
30 m	72 m	15,4 m	6 m x 6 m x 1,5 m	Ø20/20 cm ara ile donatı
25 m	72 m	15,4 m	6 m x 6 m x 1,5 m	Ø20/20 cm ara ile donatı
21 m	72 m	15,4 m	6 m x 6 m x 1,5 m	Ø20/20 cm ara ile donatı

3.6.3. Bom uzunluğu 70 metre olan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen veriler

70 metre bom uzunluğuna ve farklı mast yüksekliklerine sahip kule vinçlere yukarıda izah edildiği şekilde mukavemet, temel taşı ve taş blokları için hesaplamalar yapılmış, sonuçlar aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. 70 metre bomlu kule vincin farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki hesaplama sonuçları

Bom-daki ağırlık	Bomda yükün bulunduğu uzunluk	Bom ağırlığı	Bom için emniyet katsayısı	Karşı ağırlık	Karşı kol ağırlığı	Karşı kol için emniyet katsayısı	Mast için emniyet katsayısı
2 ton	69,5 m	13,860 ton	430/196,85 S = 2,16	18 ton	20,7 ton	430/356,71 S = 1,21	355/33,64 S = 10,5
11,7 ton	25 m	13,860 ton	430/262,43 S = 1,63	18 ton	20,7 ton	430/356,71 S = 1,21	355/92,0 S = 3,85

Çizelge 3.6. 70 metre bomlu kule vincin farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki temel taşı hesaplama sonuçları

Mast Yüksekliği	Bom Uzunluğu	Karşı Kol Uzunluğu	Temel Taşı Ebatları	Donatı Özellikleri
65 m	70 m	16,5 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø26/20 cm ara ile donatı
61,6 m	70 m	16,5 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø24/20 cm ara ile donatı
54 m	70 m	16,5 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø24/20 cm ara ile donatı
45 m	70 m	16,5 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø24/20 cm ara ile donatı
36 m	70 m	16,5 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø22/20 cm ara ile donatı
30 m	70 m	16,5 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø22/20 cm ara ile donatı

3.6.4. Kule vinç dengesi beton temelle sabitleme yerine beton bloklarla sağlanacak olursa gerekli blok ebatları ve ağırlıkları

Kule vinci sabitlemek için donatılı beton temel yerine, beton plakalarda kullanılabilir. 72 metre ve 70 metre bom uzunluğuna sahip farklı vinçlerin devrilmeden kalabilmesi için; vinç ayaklarına konması gereken ağırlıklar, bu ağırlıkları sağlamak için kullanılacak beton plakaların ebatları ve adetleri hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. 72 metre bomlu kule vinci farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki beton plaka hesaplama sonuçları

Mast Yüksekliği	Bom Uzunluğu	Karşı Kol Uzunluğu	Dipte Olması Gereken Ağırlık	Beton Plaka Ebatları(lxbxh)	Beton Plaka Ağırlıkları	Beton Plaka Adetleri
54 m	72 m	15,4 m	152 ton	5,58 m x 0,65 m x 0,77 m	6,5 ton	24 adet
45 m	72 m	15,4 m	152 ton	5,58 m x 0,65 m x 0,77 m	6,5 ton	24 adet
36 m	72 m	15,4 m	128 ton	4,45 m x 0,77 m x 0,77 m	6,4 ton	20 adet
30 m	72 m	15,4 m	128 ton	4,45 m x 0,77 m x 0,77 m	6,4 ton	20 adet
25 m	72 m	15,4 m	128 ton	4,45 m x 0,77 m x 0,77 m	6,4 ton	20 adet
21 m	72 m	15,4 m	128 ton	4,45 m x 0,77 m x 0,77 m	6,4 ton	20 adet

Çizelge 3.8. 70 metre bomlu kule vinci farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki beton plaka hesaplama sonuçları

Mast Yüksekliği	BOM Uzunluğu	Karşı Kol Uzunluğu	Dipte Olması Gereken Ağırlık	Beton Plaka Ebatları(lxbxh)	Beton Plaka Ağırlıkları	Beton Plaka Adetleri
65 m	70 m	16,5 m	153,6 ton	9,1 m x 0,8 m x 0,8 m	13 ton	12 adet
61,6 m	70 m	16,5 m	153,6 ton	9,1 m x 0,8 m x 0,8 m	13 ton	12 adet
54 m	70 m	16,5 m	153,6 ton	9,1 m x 0,8 m x 0,8 m	13 ton	12 adet
54 m	70 m	16,5 m	153,6 ton	9,1 m x 0,8 m x 0,8 m	13 ton	12 adet
36 m	70 m	16,5 m	153,6 ton	9,1 m x 0,8 m x 0,8 m	13 ton	12 adet
30 m	70 m	16,5 m	153,6 ton	9,1 m x 0,8 m x 0,8 m	13 ton	12 adet

3.6.5. Bom uzunluğu 72 metre olan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen veriler

72 metre bom uzunluğuna ve farklı mast yüksekliklerine sahip kule vinçlere yukarıda izah edildiği şekilde mukavemet, temel taşı ve taş blokları için hesaplamalar yapılmış, sonuçlar aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. 72 metre bom uzunluğundaki kule vinçte, farklı uzunluklarda farklı yüklemeler sonucu mukavemet hesapları

	Bom-daki ağırlık	Bomda yükün bulun- duğu uzunluk	Bom ağırlığı	Bom ağır- lığının yeri	Bom için emniyet katsayısı	Karşı ağırlık	Karşı kol uzun- luğu	Karşı kol ağır- lığı	Karşı kol ağır- lığının yeri	Karşı kol için emniyet kat- sayısı
1	1,2 ton	72 m	24,089 ton	36 m	$S = 430/457,36$ $S = \dots$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
2	1,2 ton	72 m	20 ton	36 m	$S = 430/386,76$ $S = 1,12$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
3	1,2 ton	72 m	18 ton	36 m	$S = 430/352,22$ $S = 1,23$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
4	1,2 ton	72 m	15 ton	36 m	$S = 430/300,40$ $S = 1,43$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
5	1,5 ton	72 m	24,089 ton	36 m	$S = 430/467,70$ $S = \dots$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
6	1,5 ton	72 m	18 ton	36 m	$S = 430/361,34$ $S = 1,19$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
7	1,5 ton	72 m	15 ton	36 m	$S = 430/310,70$ $S = 1,38$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
8	3,22 ton	37 m	24,089 ton	36 m	$S = 430/473,10$ $S = \dots$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
9	3,22 ton	37 m	18 ton	36 m	$S = 430/367,93$ $S = 1,17$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
10	3,22 ton	37 m	15 ton	36 m	$S = 430/316,18$ $S = 1,36$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
11	4,816 ton	27 m	24,089 ton	36 m	$S = 430/478,51$ $S = \dots$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
12	4,816 ton	27 m	18 ton	36 m	$S = 430/373,37$ $S = 1,15$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
13	4,816 ton	27 m	15 ton	36 m	$S = 430/321,55$ $S = 1,33$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
14	10 ton	17 m	24,089 ton	36 m	$S = 430/498,12$ $S = \dots$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
15	10 ton	17 m	18 ton	36 m	$S = 430/392,98$ $S = 1,09$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
16	10 ton	17 m	15 ton	36 m	$S = 430/341,18$ $S = 1,26$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
17	10 ton	12 m	24,089 ton	36 m	$S = 430/474,29$ $S = \dots$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
18	10 ton	12 m	18 ton	36 m	$S = 430/369,17$ $S = 1,16$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$
19	10 ton	12 m	15 ton	36 m	$S = 430/317,37$ $S = 1,35$	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 430/254,59$ $S = 1,68$

Çizelge 3.10. 54 metre mast yüksekliğindeki kule vinçte, farklı mesafelerde farklı yüklemeler sonucu mukavemet hesapları

	Bom- daki ağırlık	Bomda yükün konumu	Bom ağırlığı	Bom ağırlığının konumu	Karşı ağırlık	Karşı kol uzun- luğu	Karşı kol ağırlığı	Karşı kol ağırlığının konumu	Mast için emniyet katsayısı
1	1,2 ton	72 m	24,089 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/328,43$ $S = 1,08$
2	1,2 ton	72 m	18 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/224,79$ $S = 1,57$
3	1,2 ton	72 m	15 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/173,73$ $S = 2,04$
4	1,5 ton	72 m	24,089 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/341,54$ $S = 1,04$
5	1,5 ton	72 m	18 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/237,94$ $S = 1,49$
6	1,5 ton	72 m	15 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/186,88$ $S = 1,90$
7	3,22 ton	37 m	24,089 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/349,01$ $S = 1,02$
8	3,22 ton	37 m	18 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/245,37$ $S = 1,44$
9	3,22 ton	37 m	15 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/194,31$ $S = 1,82$
10	4,816 ton	27 m	24,089 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/356,23$ $S = \dots$
11	4,816 ton	27 m	18 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/252,59$ $S = 1,40$
12	4,816 ton	27 m	15 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/201,53$ $S = 1,76$
13	10 ton	17 m	24,089 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/382,47$ $S = \dots$
14	10 ton	17 m	18 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/278,83$ $S = 1,27$
15	10 ton	17 m	15 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/227,76$ $S = 1,56$
16	10 ton	12 m	24,089 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/352,31$ $S = 1,007$
17	10 ton	12 m	18 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/248,66$ $S = 1,42$
18	10 ton	12 m	15 ton	36 m	18 ton	15,4 m	3,445 ton	7,7 m	$S = 355/197,60$ $S = 1,79$

3.7. Mast Ebatlarını Büyütüp, Mast Profilini Küçülterek Yapılan Hesaplamalar

- Mast ebatları 1,35 m x 1,35 m olan ve 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan kule vinç için hesaplamalar yapılmıştır,
- Mast ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve 140 x 140 x 16 profillerden oluşan kule vinç için hesaplamalar yapılmıştır,
- Mast ebatları 2,45 m x 2,45 m olan ve 130 x 130 x 12 profillerden oluşan kule vinç için hesaplamalar yapılmıştır ve karşılaştırmalar aşağıdaki çizelgelerde yapılmıştır.

3.7.1. Bom uzunluğu 72 m, mast ebatları 1,35 m x 1,35 m olan ve 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen veriler

Çizelge 3.11.a. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları

Mast yüksekliği	Bom uzunluğu	Karşı kol uzunluğu	Mast için emniyet katsayısı
54 m	72 m	15,4 m	$S = 355/39,9$ $S = 8,9$

Çizelge 3.11.b. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları

Mast yüksekliği	Bomdaki ağırlık	Bomda yükün konumu	Bom ağırlığı	Karşı ağırlık	Karşı kol ağırlığı	Mast için emniyet katsayısı
54 m	1,2 ton	71,5 m	13 ton	18 ton	7,911 ton	$S = 355/71,0$ $S = 5,0$
54 m	10 ton	22 m	13 ton	18 ton	7,911 ton	$S = 355/155,6$ $S = 2,27$

Çizelge 3.11.c. Temel taşı ve donatı hesap sonuçları

Mast Yüksekliği	Temel Taşı Ebatları	Donatı Özellikleri
54 m	6,5 m x 6,5 m x 1,5 m	Ø24/20 cm ara ile donatı
45 m	6,5 m x 6,5 m x 1,5 m	Ø20/20 cm ara ile donatı
36 m	6 m x 6 m x 1,5 m	Ø22/20 cm ara ile donatı
30 m	6 m x 6 m x 1,5 m	Ø20/20 cm ara ile donatı
25 m	6 m x 6 m x 1,5 m	Ø20/20 cm ara ile donatı
21 m	6 m x 6 m x 1,5 m	Ø20/20 cm ara ile donatı

3.7.2. Bom uzunluğu 70 m, mast ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen veriler

Çizelge 3.12.a. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları

Mast yüksekliği	Bom uzunluğu	Karşı kol uzunluğu	Mast için emniyet katsayısı
61,6 m	70 m	16,5 m	$S = 355/31$ $S = 11,4$
54 m	70 m	16,5 m	$S = 355/26,5$ $S = 13,4$

Çizelge 3.12.b. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları

Mast yüksekliği	Bom-daki ağırlık	Bomda yükün konumu	Bom ağırlığı	Karşı ağırlık	Karşı kol ağırlığı	Mast için emniyet katsayısı
61,6 m	2 ton	69,5 m	13,860 ton	18 ton	20,7 ton	$S = 355/35,67$ $S = 9,90$
61,6 m	11,7 ton	25 m	13,860 ton	18 ton	20,7 ton	$S = 355/93,7$ $S = 3,78$
54 m	2 ton	69,5 m	13,860 ton	18 ton	20,7 ton	$S = 355/33,64$ $S = 10,5$
54 m	11,7 ton	25 m	13,860 ton	18 ton	20,7 ton	$S = 355/92,0$ $S = 3,85$

Çizelge 3.12.c. Temel taşı ve donatı hesap sonuçları

Mast Yüksekliği	Temel Taşı Ebatları	Donatı Özellikleri
65 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø26/20 cm ara ile donatı
61,6 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø24/20 cm ara ile donatı
54 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø24/20 cm ara ile donatı
45 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø24/20 cm ara ile donatı
36 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø22/20 cm ara ile donatı
30 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø22/20 cm ara ile donatı

3.7.3. Bom uzunluğu 70 m, mast ebatları 2,45 x 2,45 m olan ve 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen veriler

Çizelge 3.13.a. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları

Mast yüksekliği	Bom uzunluğu	Karşı kol uzunluğu	Mast için emniyet katsayısı
61,6 m	70 m	16,5 m	$S = 355/40,5$ $S = 8,76$
54 m	70 m	16,5 m	$S = 355/34,8$ $S = 10,2$

Çizelge 3.13.b. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları

Mast yüksekliği	Bom-daki ağırlık	Bomda yükün konumu	Bom ağırlığı	Karşı ağırlık	Karşı kol ağırlığı	Mast için emniyet katsayısı
61,6 m	2 ton	69,5 m	13,860 ton	18 ton	20,7 ton	$S = 355/47,75$ $S = 7,40$
61,6 m	11,7 ton	25 m	13,860 ton	18 ton	20,7 ton	$S = 355/125,3$ $S = 2,83$
54 m	2 ton	69,5 m	13,860 ton	18 ton	20,7 ton	$S = 355/45,50$ $S = 7,80$
54 m	11,7 ton	25 m	13,860 ton	18 ton	20,7 ton	$S = 355/122,9$ $S = 2,89$

Çizelge 3.13.c. Temel taşı ve donatı hesap sonuçları

Mast Yüksekliği	Temel Taşı Ebatları	Donatı Özellikleri
61,6 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø24/20 cm ara ile donatı
54 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø22/20 cm ara ile donatı
45 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø22/20 cm ara ile donatı

3.8. Mast Ebatları ve Mast Profilini Aynı Tutarak, Fakat Profil Et Kalınlığını Değiştirerek Yapılan Hesaplamalar

- Mast ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve 140 x 140 x 14 profillerden oluşan kule vinç için hesaplamalar yapılmıştır,
- Mast ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve 140 x 140 x 12 profillerden oluşan kule vinç için hesaplamalar yapılmıştır,
- Mast ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve 140 x 140 x 10 profillerden oluşan kule vinç için hesaplamalar yapılmıştır ve karşılaştırmalar çizelgelerde yapılmıştır.

Çizelge 3.14.a. Kulenin mukavemet değerleri

	140 x 140 x 16 mm'lik mast profilleri kullanılarak	140 x 140 x 14 mm'lik mast profilleri kullanılarak	140 x 140 x 12 mm'lik mast profilleri kullanılarak	140 x 140 x 10 mm'lik mast profilleri kullanılarak
ALAN (mm ²)	31.744	28.224	24.576	20.800
ATALET MO- MENTİ (mm ⁴)	42.064.143.700	37.401.842.690	32.569.458.690	27.566.933.330
MUK.MOMEN- Tİ (mm ³)	36.577.516	32.523.341	28.321.268	23.971.246

Çizelge 3.14.b. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları

Mast yüksek- liği	BOM uzun- luğu	Karşı kol uzun- luğu	140 x 140 x 16 mm'lik profilli mast için emniyet katsayısı	140 x 140 x 14 mm'lik profilli mast için emniyet katsayısı	140 x 140 x 12 mm'lik profilli mast için emniyet katsayısı	140 x 140 x 10 mm'lik profilli mast için emniyet katsayısı
54 m	70 m	16,5 m	S = 355/26,47 S = 13,41	S = 355/29,82 S = 11,91	S = 355/34,24 S = 10,37	S = 355/40,46 S = 8,77

Çizelge 3.14.c. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları (2 ton yük)

Mast yüksek- liği	Bom- daki ağırlık	Bomda yükün konumu	140 x 140 x 16 mm'lik profilli mast için emniyet katsayısı	140 x 140 x 14 mm'lik profilli mast için emniyet katsayısı	140 x 140 x 12 mm'lik profilli mast için emniyet katsayısı	140 x 140 x 10 mm'lik profilli mast için emniyet katsayısı
54 m	2 ton	69,5 m	S = 355/33,64 S = 10,5	S = 355/37,74 S = 9,41	S = 355/43,34 S = 8,19	S = 355/51,21 S = 6,93

Çizelge 3.14.d. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları (11,7 ton yük)

Mast yüksekliği	Bom-daki ağırlık	Bomda yükün konumu	140 x 140 x 16 mm'lik profilli mast için emniyet katsayısı	140 x 140 x 14 mm'lik profilli mast için emniyet katsayısı	140 x 140 x 12 mm'lik profilli mast için emniyet katsayısı	140 x 140 x 10 mm'lik profilli mast için emniyet katsayısı
54 m	11,7 ton	25 m	355/92,0 S = 3,85	355/103,55 S = 3,43	355/118,91 S = 2,99	355/140,49 S = 2,53

Çizelge 3.14.e. Kulenin burkulma analiz sonuçları (2 ton yük)

Mast yüksekliği	Bom-daki ağırlık	Bomda yükün konumu	140 x 140 x 16 mm'lik profilli mast için burkulma emniyet katsayısı	140 x 140 x 14 mm'lik profilli mast için burkulma emniyet katsayısı	140 x 140 x 12 mm'lik profilli mast için burkulma emniyet katsayısı	140 x 140 x 10 mm'lik profilli mast için burkulma emniyet katsayısı
54 m	2 ton	69,5 m	1.918.584 N/ 800.600 N S = 2,39	1.705.865 N/ 745.600 N S = 2,29	1.485.410 N/ 715.600 N S = 2,08	1.257.230 N/ 685.600 N S = 1,83

Çizelge 3.14.f. Kulenin burkulma analiz sonuçları (11,7 ton yük)

Mast yüksekliği	Bom-daki ağırlık	Bomda yükün konumu	140 x 140 x 16 mm'lik profilli mast için burkulma emniyet katsayısı	140 x 140 x 14 mm'lik profilli mast için burkulma emniyet katsayısı	140 x 140 x 12 mm'lik profilli mast için burkulma emniyet katsayısı	140 x 140 x 10 mm'lik profilli mast için burkulma emniyet katsayısı
54 m	11,7 ton	25 m	S = 1.918.584 N/ 897.600 N S = 2,13	S = 1.705.865 N/ 842.600 N S = 2,02	S = 1.485.410 N/ 812.600 N S = 1,83	S = 1.257.230 N/ 782.600 N S = 1,61

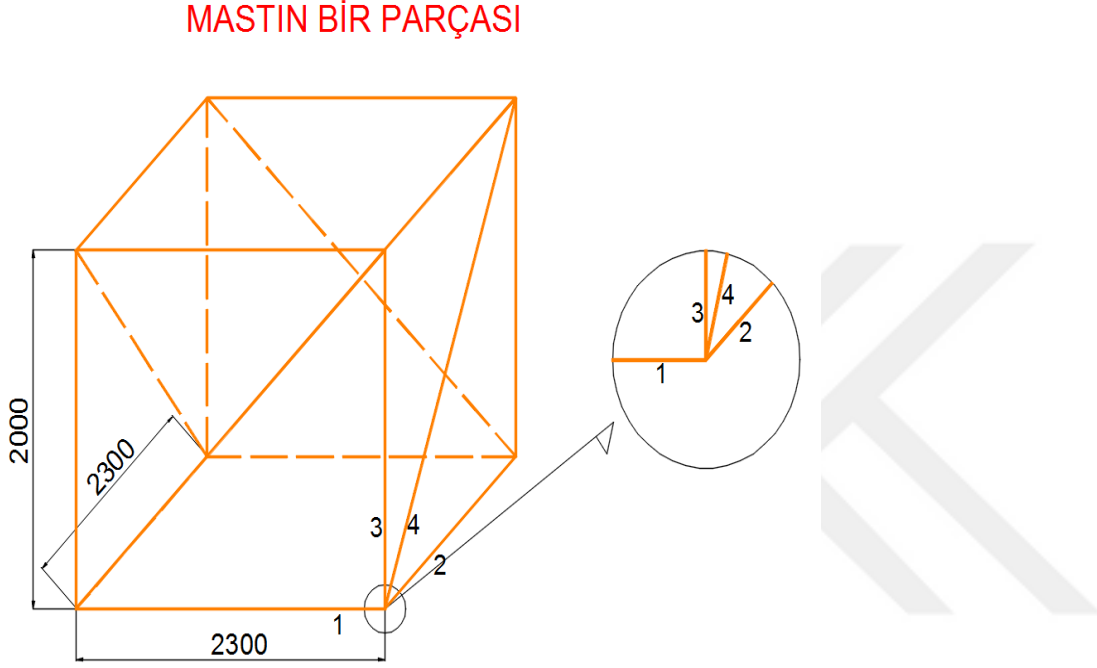
Çizelge 3.14.g. Temel taşı ve donatı hesap sonuçları

Mast Profili	Temel Taşı Ebatları	Donatı Özellikleri
140 x 140 x 16 mm'lik profil	8 m x 8 m x 1 m	Ø24/20 cm ara ile donatı
140 x 140 x 14 mm'lik profil	8 m x 8 m x 1 m	Ø24/20 cm ara ile donatı
140 x 140 x 12 mm'lik profil	8 m x 8 m x 1 m	Ø24/20 cm ara ile donatı
140 x 140 x 10 mm'lik profil	8 m x 8 m x 1 m	Ø24/20 cm ara ile donatı

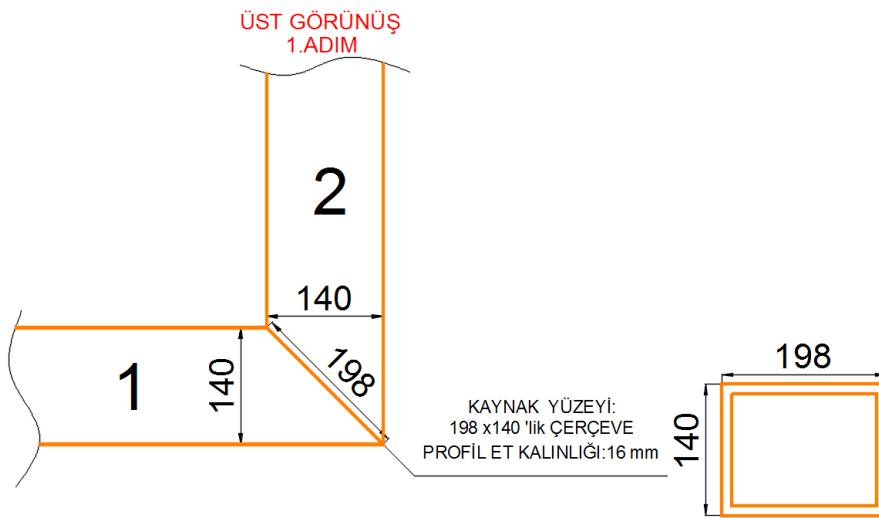
3.9. Yaklaşık Toplam Kaynak Dikişi Uzunluğunun Hesaplanması

Kule vincin mast, bom ve karşı kol konstrüksiyonlarında kullanılan yaklaşık toplam kaynak uzunlukları hesap edilmiştir.

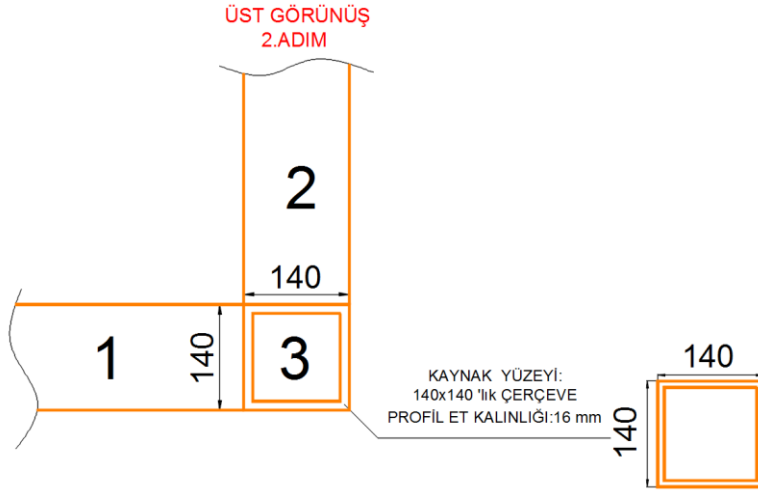
3.9.1. Ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve mastı 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan mast için yaklaşık kaynak dikişi



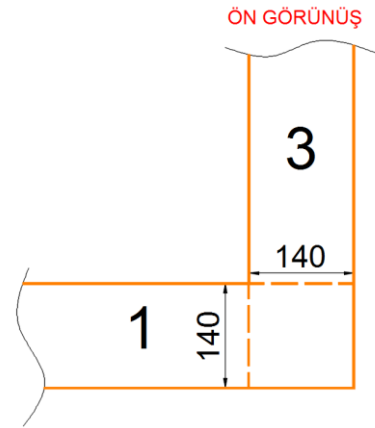
Şekil 3.6. Mast bloğu



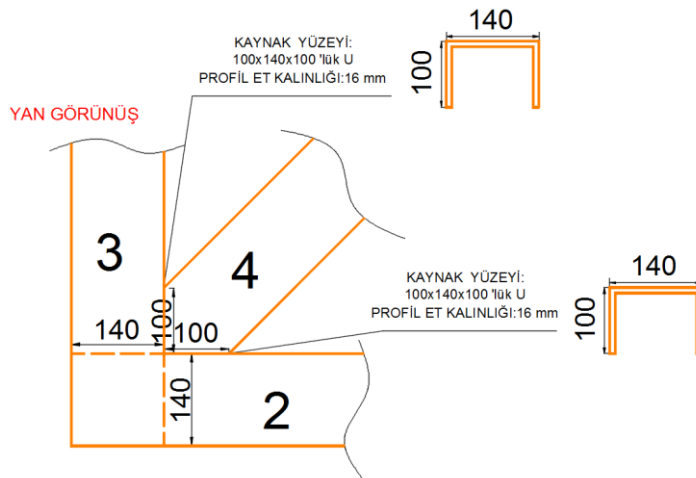
Şekil 3.7. Köşelerden kaynak yapılacak mast bloğu



Şekil 3.8. Köşelerden kaynak yapılacak mast bloğu



Şekil 3.9. Köşelerden kaynak yapılacak mast bloğu



Şekil 3.10. Köşelerden kaynak yapılacak mast bloğu

Bir köşedeki kaynak dikiş uzunluğu=

$$L = (198 \times 2 + 140 \times 2) + (140 \times 4) + (100 + 140 + 100) + (100 + 140 + 100) = \mathbf{1.916 \text{ mm}}$$

Mastın bir parçasında 8 adet köşe vardır.

$$l = 4,1 \text{ m} / 2 = 2,05 \text{ m}$$

$$\text{Mast parçası adeti} = \text{Mast toplam uzunluğu} / 2,05 \text{ m} = 54 \text{ m} / 2,05 \text{ m} = 27 \text{ adet}$$

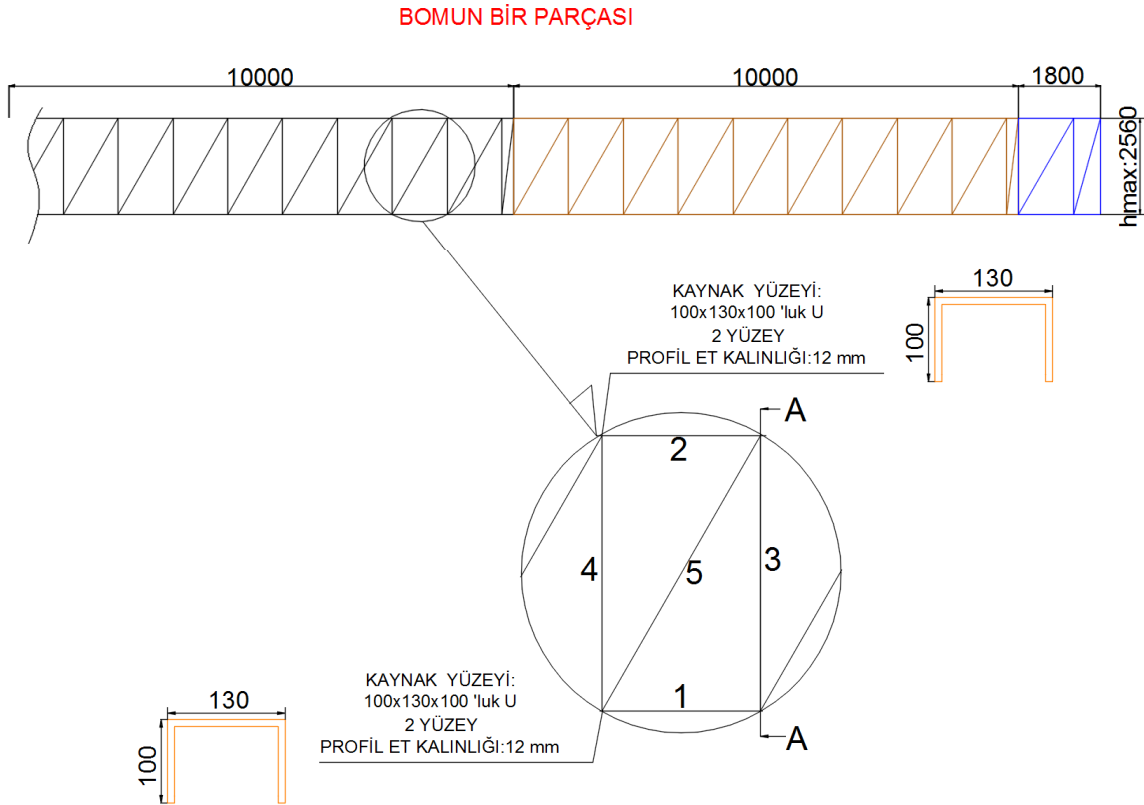
Bunların bir yatay kenarları ortaktır.

O zaman;

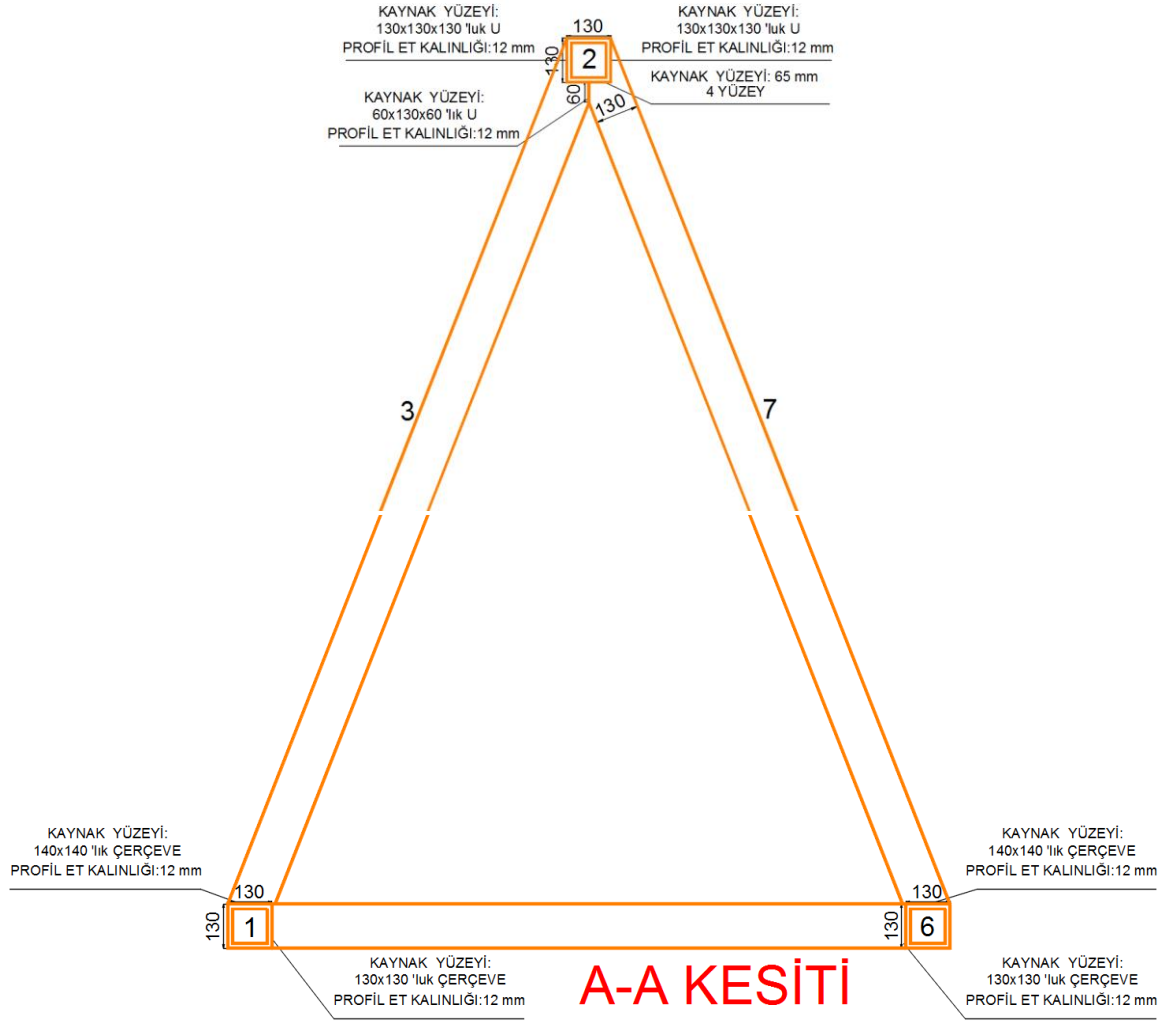
$$L_{\text{top}} = (27 \times 8/2) \times ((198 \times 2 + 140 \times 2) + (140 \times 4)) + (27 \times 8) \times ((100 + 140 + 100) + (100 + 140 + 100))$$

$$L_{\text{top}} = 108 \times 1.236 + 216 \times 680 = \mathbf{280.370 \text{ mm} = 280,4 \text{ m}} \text{ kaynak dikişi gerekmektedir.}$$

3.9.2. Bom için;



Şekil 3.11. Köşelerden kaynak yapılacak bom bloğu



Şekil 3.12. Köşelerden kaynak yapılacak bom bloğu

Bir parçadaki kaynak dikiş uzunluğu=

$$L = (130 \times 3) + (130 \times 3) + (65 \times 4) + (60+130+60) + (140 \times 4) + (130 \times 4) + (140 \times 4) + (130 \times 4) + 2 \times (100+130+100) + 2 \times (100+130+100) = 4.770 \text{ mm}$$

$$l = 5,3 \text{ m} / 2 = 1,75 \text{ m}$$

$$\text{Bom parçası adeti} = \text{Bom toplam uzunluğu} / 1,75 \text{ m} = 70 \text{ m} / 1,75 \text{ m} = 40 \text{ adet}$$

Bunların bir dikey kenarları ortaktır.

$$L_{top} = (40/2) \times ((130 \times 3) + (130 \times 3) + (65 \times 4) + (60+130+60) + (140 \times 4) + (130 \times 4) + (140 \times 4) + (130 \times 4)) + 40 \times (2 \times (100+130+100) + 2 \times (100+130+100))$$

$$L_{top} = 20 \times 3.450 + 40 \times 1.320 = \mathbf{121.800 \text{ mm} = 121,8 \text{ m}}$$
 kaynak dikişi gerekmektedir.

3.9.3. Karşı kol için;

Bir köşedeki kaynak dikiş uzunluğu=

$$L = (142 \times 4) + (100 \times 4) + (70+100+70) + (70+100+70) = \mathbf{1.448 \text{ mm}}$$

Karşı kolun bir parçasında 8 adet köşe vardır

$$l = 11,5 \text{ m} / 5 = 2,3 \text{ m}$$

$$\text{Karşı kol parça adeti} = \text{Karşı kol toplam uzunluğu} / 2,3 \text{ m} = 16,5 / 2,3 = 7 \text{ adet}$$

Bunların bir dikey kenarları ortaktır..

$$L_{top} = (7 \times 8/2) \times ((142 \times 4) + (100 \times 4)) + (7 \times 8) \times ((70+100+70) + (70+100+70))$$

$$L_{top} = 28 \times 968 + 56 \times 480 = \mathbf{53.984 \text{ mm} = 54 \text{ m}}$$
 kaynak dikişi gerekmektedir.

3.10. Kaynak Dikişi Kalınlığı Hesapları

Kule vincin mast, bom ve karşı kol konstrüksiyonlarında kullanılan yaklaşık kaynak dikişi kalınlıkları hesap edilmiştir.

Hesaplarda bomda; 70 metrede 2 ton ve 25 metrede 11,7 ton max.yük olduğu kabul edilmiştir.

Kaynak dikişleri için statik yüklemde müsaade edilen gerilme;

$$\sigma_{Wmüs} = v_1 \cdot v_2 \cdot \sigma_{müs} \quad \sigma_{müs} = R_e / S$$

$$\sigma_{Wmüs} > \sigma_v \quad \text{olmalıdır.}$$

Çizelge 3.15. Kaynak dikişine statik yüklemde gelen katsayı

Katsayı v_1 statik yüklemde;

Dikiş şekli	Gerilme cinsleri	v_1 Katsayısı
Alın dikişi	Çeki	1,0
	Bası	1,0
	Eğilme	1,0
	Kesilme	0,8
Köşe dikişi	Her türlü zorlanma	0,8

Çizelge 3.16. Kaynak dikişinde, kaynakçının ustalığına bağlı olarak hesaba katılan katsayı

Kalite I	$v_2 = 1$	En iyi ve hatasız kaynak için, diplomalı kaynakçı Kaynak kontrol edilir.
Kalite II	$v_2 = 0,8$	Hatasız dikiş, sınav yapmış kaynakçı
Kalite III	$v_2 = 0,5$	Diplomasız kaynakçı, kaynak kontrol edilmez.

Yukarıdaki verilerden; $v_1 = 0,8$; $v_2 = 0,8$ seçilmiştir.

3.10.1. Ebatları 2,45 m x 2,45 m olan ve 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan 54 metre uzunluğundaki mastın konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesaplanması

Mast malzemesi St 52 Çeliğidir.

$v_1 = 0,8$; $v_2 = 0,8$ seçilmiştir. (Çizelge 3.15 ve 3.16'dan seçim yapılmıştır.)

$\sigma_{Wmüs} = 0,8 \times 0,8 \times 355 = 227 \text{ N/mm}^2$ olarak hesaplanmıştır.

3.10.1.1. Kaynak dikiş kalınlığı 10 mm kabul edilirse;

Dikiş alanı;

$$A = 4 \times (150^2 - 130^2) = 22.400 \text{ mm}^2$$

Dikiş atalet momenti;

$$I_x = 4 \times ((150^4/12 - 130^4/12) + ((150^2 - 130^2) \times 1.225^2)) = 33.687.546.670 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/2) = 33.687.546.670 \text{ mm}^4 / (2.450/2) = 27.500.038 \text{ mm}^3$$

- **Bomdaki yükün 25 metrede 11.700 kg. olduğu durumdaki hesaplar;**

Mast yüksekliği 54 m olduğu durum için;

$$M = (1,3 \times 117.000 \text{ N} \times 25.000 \text{ mm}) - (180.000 \text{ N} \times 16.000 \text{ mm}) + (138.600 \text{ N} \times 24.985 \text{ mm}) - (207.000 \text{ N} \times 9.895 \text{ mm}) = 2.337 \times 10^6 \text{ Nmm} \text{ (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)}$$

$$M = (7.940 \text{ N} \times 27.000 \text{ mm}) + (410 \text{ N} \times 54.000 \text{ mm}) = 236,5 \times 10^6 \text{ Nmm} \text{ (rüzgardan)}$$

$$M_{TOPLAM} = 2.337 \times 10^6 \text{ Nmm} + 236,5 \times 10^6 \text{ Nmm} = 2.573,5 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_e = M / W = 2.573,5 \times 10^6 \text{ Nmm} / 27.500.038 \text{ mm}^3 = 94 \text{ N/mm}^2$$

$F = 1,3 \times 117.000 \text{ N} + 138.600 \text{ N} + 180.000 \text{ N} + 207.000 \text{ N} = 677.700 \text{ N}$ (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)

$F = 7.940 \text{ N} + 410 \text{ N} = 8.350 \text{ N}$ (rüzgardan)

$F_{\text{TOPLAM}} = 686.050 \text{ N}$

$\sigma_b = F / A = 686.050 \text{ N} / 22.400 \text{ mm}^2 = 31 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_v = \sigma_e + \sigma_b = 125 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{Wmüs} > \sigma_v$; $227 > 125$ olduğu için kaynak dikişi kalınlığı yeterlidir.

$S = \sigma_{Wmüs} / \sigma_v$

$S = 227/125 = 1,8$

3.10.1.2. Kaynak dikiş kalınlığı 8 mm kabul edilirse;

Dikiş alanı;

$A = 4 \times (146^2 - 130^2) = 17.664 \text{ mm}^2$

Dikiş atalet momenti;

$I_x = 4 \times ((146^4/12 - 130^4/12) + ((146^2 - 130^2) \times 1225^2)) = 26.563.293.950 \text{ mm}^4$

$W = I / (h/2) = 26.563.293.950 \text{ mm}^4 / (2.450/2) = 21.684.322 \text{ mm}^3$

- **Bomdaki yükün 25 metrede 11.700 kg. olduğu durumdaki hesaplar;**

$M = (1,3 \times 117.000 \text{ N} \times 25.000 \text{ mm}) - (180.000 \text{ N} \times 16.000 \text{ mm}) + (138.600 \text{ N} \times 24.985 \text{ mm}) - (207.000 \text{ N} \times 9.895 \text{ mm}) = 2.337 \times 10^6 \text{ Nmm}$ (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)

$M = (7.940 \text{ N} \times 27.000 \text{ mm}) + (410 \text{ N} \times 54.000 \text{ mm}) = 236,5 \times 10^6 \text{ Nmm}$ (rüzgardan)

$M_{\text{TOPLAM}} = 2.337 \times 10^6 \text{ Nmm} + 236,5 \times 10^6 \text{ Nmm} = 2.573,5 \times 10^6 \text{ Nmm}$

$\sigma_e = M / W = 2.573,5 \times 10^6 \text{ Nmm} / 21.684.322 \text{ mm}^3 = 119 \text{ N/mm}^2$

$F = 1,3 \times 117.000 \text{ N} + 138.600 \text{ N} + 180.000 \text{ N} + 207.000 \text{ N} = 677.700 \text{ N}$ (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)

$F = 7.940 \text{ N} + 410 \text{ N} = 8.350 \text{ N}$ (rüzgardan)

$F_{\text{TOPLAM}} = 686.050 \text{ N}$

$$\sigma_b = F / A = 686.050 \text{ N} / 17.664 \text{ mm}^2 = 39 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sigma_e + \sigma_b = 158 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{Wmüs} > \sigma_v$; 227 > 158 olduğu için kaynak dikişi kalınlığı yeterlidir.

$$S = \sigma_{Wmüs} / \sigma_v$$

$$S = 227/158 = 1,43$$

3.10.2. 70 metre uzunluğundaki bomun konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesaplanması

Bom malzemesi Ç1040 Çeliğidir.

$v_1 = 0,8$; $v_2 = 0,8$ seçilmiştir. (Çizelge 3.15 ve 3.16'dan seçim yapılmıştır.)

$$\sigma_{Wmüs} = 0,8 \times 0,8 \times 430 = 275 \text{ N/mm}^2 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

3.10.2.1. Kaynak dikiş kalınlığı 10 mm kabul edilirse;

Dikiş alanı;

$$A = 3 \times (150^2 - 130^2) = 16.800 \text{ mm}^2$$

Dikiş atalet momenti;

$$I_x = 18.935.825.860 \text{ mm}^4 + 8.275.293.807 \text{ mm}^4 = 24.483.720.800 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/3) = 24.483.720.800 \text{ mm}^4 / (2.560/3) = 28.691.860 \text{ mm}^3$$

- Bomdaki yükün 25 metrede 11.700 kg. olduğu durumdaki hesaplar;

$$M = 117.000 \text{ N} \times 25.000 \text{ mm} = 2.925 \times 10^6 \text{ Nmm (yükten)}$$

$$M = 138.600 \text{ N} \times 24.985 \text{ mm} = 3.463 \times 10^6 \text{ Nmm (bomdan)}$$

$$M_{TOPLAM} = 6.388 \times 10^6 \text{ Nmm} \quad S = 1,3$$

$$M_{TOPLAM} = 1,3 \times 6.388 \times 10^6 \text{ Nmm} = 8.305 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = M / W = 8.305 \times 10^6 \text{ Nmm} / 28.691.860 \text{ mm}^3 = 289 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 117.000 \text{ N} + 138.600 \text{ N} = 255.600 \text{ N} \quad S = 1,3$$

$$F = 255.600 \times 1,3 = 332.280 \text{ N}$$

$$\tau = F / A = 332.280 \text{ N} / 16.800 \text{ mm}^2 = 19,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad 291 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{Wmüs} > \sigma_v$; $275 > 291$ olmadığı için kaynak dikişi kalınlığı yetersizdir.

3.10.2.2. Kaynak dikiş kalınlığı 14 mm kabul edilirse;

Dikiş alanı;

$$A = 3 \times (158^2 - 130^2) = 24.192 \text{ mm}^2$$

Dikiş atalet momenti;

$$I_x = 23.470.382.210 \text{ mm}^4 + 11.818.673.660 \text{ mm}^4 = 35.289.055.870 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/3) = 35.289.055.870 \text{ mm}^4 / (2.560/3) = 41.354.362 \text{ mm}^3$$

- Bomdaki yükün 25 metrede 11.700 kg. olduğu durumdaki hesaplar;

$$M = 117.000 \text{ N} \times 25.000 \text{ mm} = 2.925 \times 10^6 \text{ Nmm (yükten)}$$

$$M = 138.600 \text{ N} \times 24.985 \text{ mm} = 3.463 \times 10^6 \text{ Nmm (bomdan)}$$

$$M_{TOPLAM} = 6.388 \times 10^6 \text{ Nmm} \quad S = 1,3$$

$$M_{TOPLAM} = 1,3 \times 6.388 \times 10^6 \text{ Nmm} = 8.305 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = M / W = 8.305 \times 10^6 \text{ Nmm} / 41.354.362 \text{ mm}^3 = 202 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 117.000 \text{ N} + 138.600 \text{ N} = 255.600 \text{ N} \quad S = 1,3$$

$$F = 255.600 \times 1,3 = 332.280 \text{ N}$$

$$\tau = F / A = 332.280 \text{ N} / 24.192 \text{ mm}^2 = 14 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad 204 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{Wmüs} > \sigma_v$; $275 > 204$ olduğu için kaynak dikişi kalınlığı yeterlidir.

$$S = \sigma_{Wmüs} / \sigma_v$$

$$S = 275/204 = 1,34$$

3.10.3. 16,5 metre uzunluğundaki karşı kolun konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesaplanması

Karşı kolun malzemesi Ç1040 Çeliğidir.

$v_1 = 0,8$; $v_2 = 0,8$ seçilmiştir. (Çizelge 3.15 ve 3.16'dan seçim yapılmıştır.)

$\sigma_{Wmüs} = 0,8 \times 0,8 \times 430 = 275 \text{ N/mm}^2$ olarak hesaplanmıştır.

3.10.3.1. Kaynak dikiş kalınlığı 14 mm kabul edilirse;

Dikiş alanı;

$$A = 4 \times (128^2 - 100^2) = 25.536 \text{ mm}^2$$

Dikiş atalet momenti;

$$I_x = 4 \times ((128^4/12 - 100^4/12) + ((128^2 - 100^2) \times 1.270^2)) = 41.243.159.550 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/2) = 41.243.159.550 \text{ mm}^4 / (2.540/2) = 32.474.928 \text{ mm}^3$$

- Karşı koldaki yükün 16 metrede 18.000 kg. olduğu durumdaki hesaplar;

$$M = 180.000 \text{ N} \times 16.000 \text{ mm} = 2.880 \times 10^6 \text{ Nmm (karşı ağırlıktan)}$$

$$M = 207.000 \text{ N} \times 9.895 \text{ mm} = 2.048 \times 10^6 \text{ Nmm (karşı koldan)}$$

$$M_{TOPLAM} = 4.928 \times 10^6 \text{ Nmm} \quad S = 1,3$$

$$M_{TOPLAM} = 1,3 \times 4.928 \times 10^6 \text{ Nmm} = 6.406 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = M / W = 6.406 \times 10^6 \text{ Nmm} / 32.474.928 \text{ mm}^3 = 198 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 180.000 \text{ N} + 207.000 \text{ N} = 387.000 \text{ N} \quad S = 1,3$$

$$F = 387.000 \times 1,3 = 503.100 \text{ N}$$

$$\tau = F / A = 503.100 \text{ N} / 25.536 \text{ mm}^2 = 19,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad 199 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{Wmüs} > \sigma_v$; $275 > 199$ olduğu için kaynak dikiş kalınlığı yeterlidir.

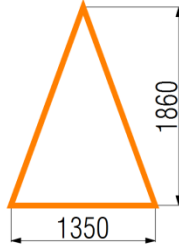
$$S = \sigma_{Wmüs} / \sigma_v$$

$$S = 275/199 = 1,39$$

3.11. Kule Vinçlerin Aynı Yüklemlerde, Aynı Bom Uzunluğunda ve Bom Ebatlarında Fakat Farklı Bom Profilleri Kullanılarak Yapılan Hesap Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Yorumlanması

3.11.1. Bomun en ucundaki hesaplamalar

Bomun en uçtaki ebatları aşağıdaki şekildedir;



Şekil 3.13. Uç bom parçası

Bu kısma etkiyen yükler;

PARÇA NUMARASI	UZUNLUK(mm)	AĞIRLIK(kg)
9.BOM	1800	250

3.11.1.1. Bom profilleri üçgenin alt köşelerinde 50 x 50 x 6 mm ,tepesinde ise 50 x 50 x 8 mm olarak yapılan hesaplar

Bu bölgedeki bom ağırlığı; $250+650= \underline{900 \text{ kg}}$

Bu bölgede bomun kesit alanı; $A = (50^2 - (50-16)^2) + 2 \times (50^2 - (50-12)^2) = 3.456 \text{ mm}^2$

Bu bölgede bomun atalet momenti;

$$I_x = 2.066.943.872 \text{ mm}^4 + 812.546.944 \text{ mm}^4 = 2.879.490.816 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/3) = 2.879.490.816 \text{ mm}^4 / (1.860/3) = 4.644.340 \text{ mm}^3$$

- Yükün bom ucunda 2 ton olduğu durum için

$$M = 20.000 \text{ N} \times 1.400 \text{ mm} = 28 \times 10^6 \text{ Nmm (yükten)}$$

$$M = 9.700 \text{ N} \times 900 \text{ mm} = 8,7 \times 10^6 \text{ Nmm (bomdan)}$$

$$M = 6.500 \text{ N} \times 1.400 \text{ mm} = 9,1 \times 10^6 \text{ Nmm (arabadan)}$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = 45,8 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$S = 1,3$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = 1,3 \times 45,8 \times 10^6 \text{ Nmm} = 60 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$W = 4.644.340 \text{ mm}^3 \text{ (hesaplanmıştı)}$$

$$\sigma = M / W = 60 \times 10^6 \text{ Nmm} / 4.644.340 \text{ mm}^3 = 13,0 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 20.000 \text{ N} + 2.500 \text{ N} + 6.500 \text{ N} = 29.000 \text{ N} \quad S = 1,3$$

$$F = 29.000 \times 1,3 = 37.700 \text{ N}$$

$$\text{Kolun kesit alanı; } A = 3.456 \text{ mm}^2 \text{ (hesaplanmıştı)}$$

$$\tau = F / A = 37.700 \text{ N} / 3.456 \text{ mm}^2 = 11,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad 23,0 \text{ N/mm}^2$$

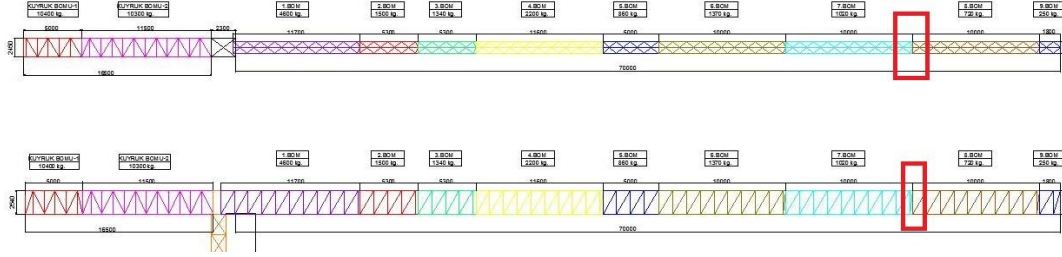
$$S = 430/23,0 = 18,6 \quad (\text{Ç1040 çeliği})$$

Farklı ebatlarda ve et kalınlıklarında profiller kullanılarak mukavemet hesapları yapılmıştır. Hesaplama sonuçları aşağıdaki çizelgede görölmektedir.

Çizelge 3.17. Kule vincin uç bom parçasında farklı profiller kullanılarak hesaplanan emniyet katsayıları

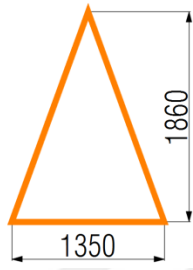
BOM profilleri	Kedi, halatlar ,vb.... ağırlığı	BOM parçası ağırlığı	BOM için emniyet katsayısı
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 12 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 14 mm kullanılarak	650 kg	250 kg	$S = 430/4,6 = 93,4$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 10 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 12 mm kullanılarak	650 kg	250 kg	$S = 430/5,3 = 81,1$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 8 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 10 mm kullanılarak	650 kg	250 kg	$S = 430/6,4 = 67,1$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 100 x 100 x 12 mm, tepesinde ise 100 x 100 x 14 mm kullanılarak	650 kg	250 kg	$S = 430/6,1 = 71,3$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 100 x 100 x 10 mm, tepesinde ise 100 x 100 x 12 mm kullanılarak	650 kg	250 kg	$S = 430/7,0 = 61,4$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 100 x 100 x 8 mm, tepesinde ise 100 x 100 x 10 mm kullanılarak	650 kg	250 kg	$S = 430/8,4 = 51,0$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 60 x 60 x 8 mm, tepesinde ise 60 x 60 x 10 mm kullanılarak	650 kg	250 kg	$S = 430/15,0 = 28,6$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 60 x 60 x 6 mm, tepesinde ise 60 x 60 x 8 mm kullanılarak	650 kg	250 kg	$S = 430/18,8 = 23,9$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 50 x 50 x 6 mm, tepesinde ise 50 x 50 x 8 mm kullanılarak	650 kg	250 kg	$S = 430/23,0 = 18,6$

3.11.2. Bomun 58,2. metresinde (7 ile 8 numaralı bom parçaları arasında) farklı profiller kullanılarak yapılan hesaplar



Şekil 3.14. 7. ve 8. bom parçaları

Bomun bu kısımdaki ebatları aşağıdaki şekildedir;



Şekil 3.15. 8. bom parçası

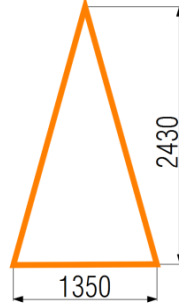
Farklı ebatlarda ve et kalınlıklarında profiller kullanılarak mukavemet hesapları yapılmıştır. Hesaplama sonuçları aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Çizelge 3.18. Kule vincin 7. ve 8.bom parçalarında farklı profiller kullanılarak hesaplanan emniyet katsayıları

BOM profilleri	Bom-daki ağırlık	Kedi, halatlar ,vb.... ağırlığı	BOM parçaları-nın ağırlığı	BOM için emniyet katsayısı
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 12 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 14 mm kullanılarak	2.000 kg	650 kg	970 kg	$S = 430/22,2$ $S = 19,4$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 10 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 12 mm kullanılarak	2.000 kg	650 kg	970 kg	$S = 430/24,8$ $S = 17,3$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 8 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 10 mm kullanılarak	2.000 kg	650 kg	970 kg	$S = 430/31,3$ $S = 13,7$

3.11.3. Bomun 33,2. metresinde (4 ile 5 numaralı bom parçaları arasında) farklı profiller kullanılarak yapılan hesaplar

Bomun bu kısımdaki ebatları aşağıdaki şekildedir;



Şekil 3.16. 5. bom parçası

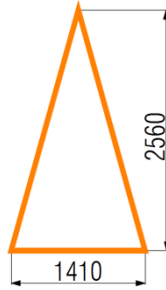
Farklı ebatlarda ve et kalınlıklarında profiller kullanılarak mukavemet hesapları yapılmıştır. Hesaplama sonuçları aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Çizelge 3.19. Kule vincin 4. ve 5.bom parçalarında farklı profiller kullanılarak hesaplanan emniyet katsayıları

BOM profilleri	Bom-daki ağırlık	Kedi, halatlar ,vb.... ağırlığı	BOM parçaları- nın ağırlığı	BOM için emniyet katsayısı
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 12 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 14 mm kullanılarak	2.000 kg	650 kg	4.220 kg	S = 430/71,2 S = 6,02
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 10 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 12 mm kullanılarak	2.000 kg	650 kg	4.220 kg	S = 430/82,3 S = 5,2
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 8 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 10 mm kullanılarak	2.000 kg	650 kg	4.220 kg	S = 430/98,2 S = 4,3
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 12 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 14 mm kullanılarak	6.700 kg	650 kg	4.220 kg	S = 430/53,0 S = 8,1
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 10 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 12 mm kullanılarak	6.700 kg	650 kg	4.220 kg	S = 430/61,0 S = 7,0
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 8 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 10 mm kullanılarak	6.700 kg	650 kg	4.220 kg	S = 430/73,0 S = 5,8

3.11.4. Bom dip kesitinde farklı profiller kullanılarak yapılan hesaplar

Bomun dip kesiti ebatları aşağıdaki şekildedir;



Şekil 3.17. Bom dip parçası

Farklı ebatlarda ve et kalınlıklarında profiller kullanılarak mukavemet hesapları yapılmıştır. Hesaplama sonuçları aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Çizelge 3.20. Kule vincin dip kısmında farklı profiller kullanılarak hesaplanan emniyet katsayıları

BOM profilleri	Bom- daki ağırlık	Kedi, halatlar , vb.... ağırlığı	BOM parçaları -nın ağırlığı	BOM için emniyet katsayısı
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 12 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 14 mm kullanılarak	2.000 kg	650 kg	4.220 kg	$S = \frac{430}{228,7}$ $S = 1,88$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 10 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 12 mm kullanılarak	2.000 kg	650 kg	4.220 kg	$S = \frac{430}{252,2}$ $S = 1,70$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 8 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 10 mm kullanılarak	2.000 kg	650 kg	4.220 kg	$S = \frac{430}{301,0}$ $S = 1,42$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 12 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 14 mm kullanılarak	11.700 kg	650 kg	4.220 kg	$S = \frac{430}{283,3}$ $S = 1,52$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 10 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 12 mm kullanılarak	11.700 kg	650 kg	4.220 kg	$S = \frac{430}{311,2}$ $S = 1,38$
BOM profilleri üçgenin alt köşelerinde 130 x 130 x 8 mm, tepesinde ise 130 x 130 x 10 mm kullanılarak	11.700 kg	650 kg	4.220 kg	$S = \frac{430}{372,0}$ $S = 1,15$

3.12. 67,3 metre Bom Uzunluğundaki Kule Vincin Hesaplarının Yapılması

3.12.1. Bom ağırlığı

Çizelge 3.21. Bom bloklarının ebatları, ağırlıkları ve profilleri

PARÇA NUMARASI	UZUNLUK (mm)	ORJİNAL AĞIRLIĞI (kg)	BOM PARÇASI KESİTİ	KULLANILAN PROFİLLER
KABİN ÖNÜ ANA BOM	7.485	4.182	w:1,13 metre, h:2,26 metrelik üçgen kesit.	130 x 130 x 12 mm
1.BOM	5.300	1.579	w:1,13 metre, h:2,26 metrelik üçgen kesit.	130 x 130 x 12 mm
2.BOM	11.600	2.675	w:1,13 metre, h:2,26 metrelik üçgen kesit.	130 x 130 x 12 mm
3.BOM	11.600	1.845	w:1,13 metre, h:2,26 metrelik üçgen kesit.	100 x 100 x 12 mm
4.BOM	5.300	636	w:1,13 metre, h:1,80 metrelik üçgen kesit.	100 x 100 x 7 mm
5.BOM	5.300	636	w:1,13 metre, h:1,80 metrelik üçgen kesit.	100 x 100 x 7 mm
6.BOM	5.300	564	w:1,13 metre, h:1,80 metrelik üçgen kesit.	100 x 100 x 7 mm
7.BOM	5.150	420	w:1,13 metre, h:1,45 metrelik üçgen kesit.	100 x 100 x 7 mm
8.BOM	5.150	308	w:1,13 metre, h:1,45 metrelik üçgen kesit.	80 x 80 x 5 mm
9.BOM	5.150	256	w:1,13 metre, h:1,45 metrelik üçgen kesit.	80 x 80 x 5 mm

Ayrıca, bom uç kısmındaki aperiğin (araba,halatlar,kanca...) ağırlıkları; 650 kg dir.

Ana bom, toplamda **11.900 mm uzunluğunda olup, bunun 7.485 mm'lik kısmı operatör kabini ön tarafında olup, üçgen kesitli kafestir.

1.600 mm'lik kısmı kabin ve 2.545 mm'lik kısmı ise kuyruk bomu tarafındadır. Bu kısımların kesitleri ise dikdörtgendir.

Bom toplam uzunluğu;

$$7.485+5.300+11.600+11.600+5.300+5.300+5.300+5.150+5.150+5.150 = \underline{\underline{67.335 \text{ mm}}}$$

Bom toplam ağırlığı;

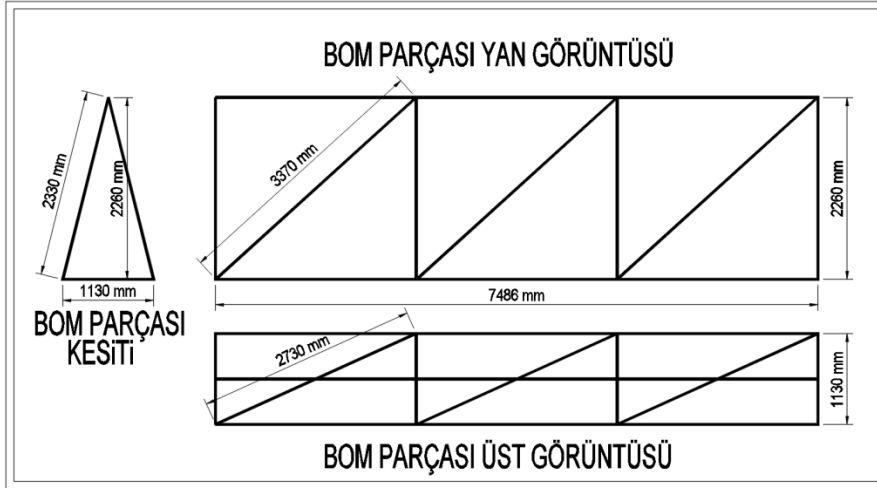
$$4.182+1.579+2.675+1.845+636+636+564+420+308+256= \underline{\underline{13.101 \text{ kg}}}$$

3.12.2. Bom parçalarının ağırlıklarının yaklaşık olarak elle hesaplanması

Blok ölçülerinden kullanılan profiller bulunmuştur. Profil ve kaynak dikişi ağırlıkları yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Her blok için ayrı ayrı yapılan hesaplamalar bu bölümde anlatılmıştır.

➤ Kabin önü ana bom

a) Profil ağırlıkları



Şekil 3.18. Ana bom parçasının ebatları

7,485 m x 3 = **22,455 metre** 130 x 130 x 12 profil

7,485/2,5= 3 tane bölme var. Bu bölmelerdeki profiller;

(3+1) x 2 x 2,33 m= **18,6 metre** 130 x 130 x 12 profil

(3+1) x 1,13 m = **4,5 metre** 130 x 130 x 12 profil

3 x 2 x 3,37 m = **20,2 metre** 130 x 130 x 12 profil

3 x 2,73 m = **8,2 metre** 130 x 130 x 12 profil

Toplamda; **74 metre** 130 x 130 x 12 profil var.

Karbon çeliğinin yoğunluğu **7.810 kg/m³**

130 x 130 x 12 profilin alanı; $(130^2 - (130 - 24)^2) = 5.664 \text{ mm}^2 = 0,5664 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

1 metresi; $1 \times 0,5664 \times 10^{-2} = 0,5664 \times 10^{-2} \text{ m}^3$

1 metresinin kütlesi; $7.810 \times 0,5664 \times 10^{-2} = 44,23 \text{ kg}$

Toplam; $74 \times 44,23 = \mathbf{3.270,8 \text{ kg}}$

b) Kaynak dikişi ağırlığı

Bir köşedeki kaynak dikiş uzunluğu=

$$L = (130 \times 3) + (130 \times 3) + (65 \times 4) + (60 + 130 + 60) + (140 \times 4) + (130 \times 4) + (140 \times 4) + (130 \times 4) + 2 \times (100 + 130 + 100) + 2 \times (100 + 130 + 100) = \mathbf{4.770 \text{ mm}}$$

Bir bom parçasında 6 adet köşe vardır.

Bom parçasındaki bölme adeti; Bom parçası toplam uzunluğu/ 2,5 m = 7,486 m/ 2,5 m = 3 adet

Bunların bir yatay kenarları ortaktır.

$$L_{top} = 3 \times ((130 \times 3) + (130 \times 3) + (65 \times 4) + (60+130+60) + (140 \times 4) + (130 \times 4) + (140 \times 4) + (130 \times 4)) + 3 \times (2 \times (100+130+100) + 2 \times (100+130+100))$$

$$L_{top} = 3 \times 3.450 + 3 \times 1.320 = \mathbf{14.310 \text{ mm} = 14,3 \text{ metre}}$$
 kaynak dikişi gerekmektedir.

Kaynak dikiş kalınlığının **14 mm** olması gerektiği hesaplanmıştı. Bu kalınlıktaki köşe kaynağının ağırlığı 1.685 gram/metre kaynak ağırlığı olduğu görülmektedir. (Çizelge 3.6'dan hesaplanmıştır.)

$$14,3 \text{ metre} \times 1,685 \text{ kg} = \mathbf{24 \text{ kg}}$$
 kaynak dikişi vardır.

$$\text{Toplamda} = \text{Profil ağırlıkları} + \text{kaynak dikişi ağırlığı} = 3.270,8 + 24 = \mathbf{3.294,8 \text{ kg}}$$

Aynı şekilde diğer parçaların ağırlıklarında hesaplanmıştır.

➤ **Birinci bom parçası**

a) Profil ağırlıkları

Toplamda; **53,1 metre** 130 x 130 x 12 profil var.

$$1 \text{ metresinin kütlesi} = 44,23 \text{ kg}$$

$$\text{Toplam; } 53,1 \times 44,23 = \mathbf{2.348,6 \text{ kg}}$$

b) Kaynak dikişi ağırlığı

$$9,6 \text{ metre} \times 1,685 \text{ kg} = \mathbf{16,2 \text{ kg}}$$
 kaynak dikişi vardır.

$$\text{Toplamda} = \text{Profil ağırlıkları} + \text{kaynak dikişi ağırlığı} = 2.348,6 + 16,2 = \mathbf{2.364,8 \text{ kg}}$$

➤ **İkinci bom parçası**

$$\text{Toplamda} = \text{Profil ağırlıkları} + \text{kaynak dikişi ağırlığı} = 4.495 + 32 = \mathbf{4.527 \text{ kg}}$$

➤ **Üçüncü bom parçası**

$$\text{Toplamda} = \text{Profil ağırlıkları} + \text{kaynak dikişi ağırlığı} = 3.356 + 20,5 = \mathbf{3.376,5 \text{ kg}}$$

➤ **Dördüncü bom parçası**

$$\text{Toplamda} = \text{Profil ağırlıkları} + \text{kaynak dikişi ağırlığı} = 996,7 + 7,2 = \mathbf{1.003,9 \text{ kg}}$$

➤ **Beşinci bom parçası**

Toplamda = Profil ağırlıkları+ kaynak dikişi ağırlığı = 996,7+7,2 = **1.003,9 kg**

➤ **Altıncı bom parçası**

Toplamda = Profil ağırlıkları+ kaynak dikişi ağırlığı = 996,7+7,2 = **1.003,9 kg**

➤ **Yedinci bom parçası**

Toplamda = Profil ağırlıkları+ kaynak dikişi ağırlığı = 919,6+7,2 = **926,8 kg**

➤ **Sekizinci bom parçası**

Toplamda = Profil ağırlıkları+ kaynak dikişi ağırlığı = 530+5,5 = **535,5 kg**

➤ **Dokuzuncu bom parçası**

Toplamda = Profil ağırlıkları+ kaynak dikişi ağırlığı = 530+5,5 = **535,5 kg**

3.12.3. Karşı kol ağırlığı

Çizelge 3.22. Karşı kol bloklarının ebatları, ağırlıkları ve profilleri

PARÇA NUMARASI	UZUNLUK (mm)	ORJİNAL AĞIRLIĞI (kg)	BOM PARÇASI KESİTİ	KULLANILAN PROFİLLER
KABİN ARKASI ANA BOM	2.545	1.896	w:1,13 metre, h:2,26 metrelik dikdörtgen kesit.	100 x 100 x 7 mm
KUYRUK BOMU	12.230	1.900	---	Farklı tür profiller ve borular

Karşı kol toplam uzunluğu; 2.545+12.230= **14.775 mm**

Karşı kol toplam ağırlığı; 1.896+1.900= **3.796 kg**

3.12.4. Karşı kol parçalarının ağırlıklarının yaklaşık olarak elle hesaplanması

➤ **Kabin arkası ana bom**

a) Profil Ağırlıkları

2,545 m x 4 = **10,18 metre** 100 x 100 x 7 profil

2,545/2,5= 1 tane bölme var. Bu bölmelerdeki profiller;

(1+1) x 2 x 2,26 m= **9 metre** 100 x 100 x 7 profil

(1+1) x 2 x 1,13 m = **4,5 metre** 100 x 100 x 7 profil

1 x 2 x 3,4 m = **6,8 metre** 100 x 100 x 7 profil

1 x 2 x 2,78 m = **5,6 metre** 100 x 100 x 7 profil

Toplamda; **36,1 metre** 100 x 100 x 7 profil var.

1 metresinin kütlesi= 20,3 kg

Toplam; 33,9 x 20,3= **732,8 kg**

b) Kaynak dikişi ağırlığı

Bir köşedeki kaynak dikiş uzunluğu=

$$L = (100 \times 3) + (100 \times 3) + (50 \times 4) + (60+100+60) + (110 \times 4) + (100 \times 4) + (110 \times 4) + (100 \times 4) + 2 \times (100+130+100) + 2 \times (100+130+100) = \mathbf{4.020 \text{ mm}}$$

Bir parçada 8 adet köşe vardır.

Bom parçasındaki bölme adeti; Bom parçası toplam uzunluğu/ 2,5 m = 2,545 m/ 2,5 m = 1 adet

Bunların bir yatay kenarları ortaktır.

$$L_{\text{top}} = 1 \times ((100 \times 3) + (100 \times 3) + (50 \times 4) + (60+100+60) + (130 \times 4) + (100 \times 4) + (130 \times 4) + (100 \times 4)) + 1 \times (2 \times (100+100+100) + 2 \times (100+100+100)) \times (8/6)$$

$L_{\text{top}} = \mathbf{5.400 \text{ mm} = 5,4 \text{ m}}$ kaynak dikişi gerekmektedir.

Kaynak dikiş kalınlığının **10 mm** olması gerektiği hesaplanmıştır. Bu kalınlıktaki köşe kaynağının ağırlığı 890 gram/metredir. (Çizelge 3.6'dan hesaplanmıştır.)

5,4 metre x 0,89 kg = **4,8 kg** kaynak dikişi vardır.

Toplamda = Profil ağırlıkları+ kaynak dikişi ağırlığı = 732,8+4,8 = **737,6 kg**.

➤ **Kuyruk bomu**

Profil ağırlıkları

-27,280 m 300'lük NPU profil x 54,25 kg/m = **1.479,94 kg**

-3,570 m 100 x 100 x 7 profil x 19,4 kg/m = **69,26 kg**

-0,120 m 100 x 100 x 5 profil x 14,4 kg/m = **1,73 kg**

-17,600 m 60 x 60 x 5 profil x 8,13 kg/m = **143,09 kg**

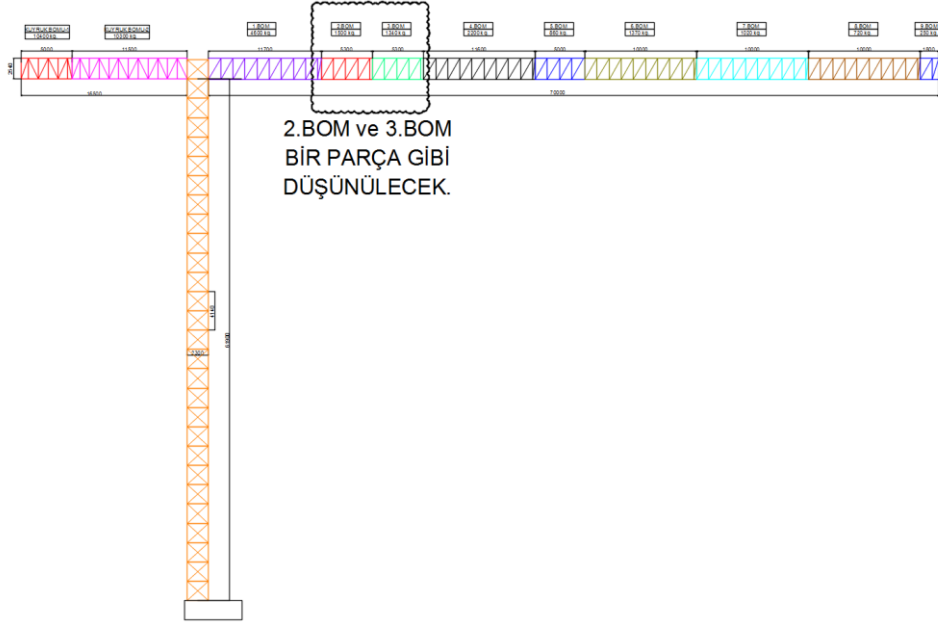
-17,012 m Ø68 x 5'lik boru x 8,77 kg/m = **149,20 kg**

Toplam = **1.843,22 kg**

3.13. Örnek Kule Vincin Bom Ağırlığını ve Ebatlarını Azaltma Deneme Hesapları

3.13.1. 2. ve 3. bom parçalarını tek parça gibi düşünerek,ara cıvata ve flanş bağlantılarını yok saymak

Hesap yapılacak kule vinçte bom, 8 adet bom bloğundan oluşmaktadır. Blokların ağırlıkları ve uzunlukları aşağıdaki çizelgede görüldüğü gibidir. Bom konstrüksiyon ağırlığından tasarruf yapmak için bazı blokların tek parça imal edilmesi düşünülmüştür.



Şekil 3.19. Bomda 2. ve 3. blok parçalarının birleştirilmesi durumu

Çizelge 3.23. Bom ve karşı kol parçalarının uzunluk ve ağırlıkları

PARÇA NUMARASI	UZUNLUK(mm)	AĞIRLIK(kg)
1.BOM	11.700	4.600
2.BOM	5.300+5.300= 10.600	1.500+1.340-160= 2.680
3.BOM	11.600	2.200
4.BOM	5.000	860
5.BOM	10.000	1.370
6.BOM	10.000	1.020
7.BOM	10.000	720
8.BOM	1.800	250
KUYRUK BOMU-1	5.000	10.400
KUYRUK BOMU-2	11.500	10.300

3.13.2. 2. ve 3. bom parçalarını tek parça gibi düşünerek,ara cıvata ve flanş bağlantılarını yok sayarak yapılan hesaplar sonucu elde edilen veriler

İki bom parçasının, bir bom parçası gibi üretilmesi durumunda, yapıya uygulanan mukavemet hesabı sonuçları aşağıdaki çizelgelerde özetlenmiştir.

Çizelge 3.24.a. Farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki hesaplama sonuçları

Bomdaki ağırlık	Bomda yükün konumu	Bom ağırlığı	Bom ağırlığının konumu	Bom için emniyet katsayısı	Mast için emniyet katsayısı
2 ton	69,5 m	13,7 ton	25,1 m	430/197,91 S = 2,17	355/26,13 S = 13,59
11,7 ton	25 m	13,7 ton	25,1 m	430/261,48 S = 1,65	355/84,56 S = 4,20

Çizelge 3.24.b. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları

Mast Yüksekliği	Bom uzunluğu	Karşı kol uzunluğu	Mast için emniyet katsayısı
61,6 m	70 m	16,5 m	S = 355/31 S = 11,4
54 m	70 m	16,5 m	S = 355/26,47 S = 13,4

Çizelge 3.24.c. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları

Mast Yüksekliği	Bomdaki ağırlık	Bomda yükün konumu	Karşı ağırlık	Mast için emniyet katsayısı
61,6 m	2 ton	69,5 m	18 ton	S = 355/34,6 S = 10,26
61,6 m	11,7 ton	25 m	18 ton	S = 355/93,12 S = 3,81
54 m	2 ton	69,5 m	18 ton	S = 355/32,87 S = 10,8
54 m	11,7 ton	25 m	18 ton	S = 355/91,47 S = 3,88

3.14. 1.Bom Parçası Kaldırılıp, Uzunluğunu 8.Bom Parçasına İlave Ederek Oluşturulan Yeni Bomun Yük Diyagramının Oluşturulması (Kritik Kesitteki Profiller; 130 x 130 x 12 mm Ebatlarındadır.)

Çizelge 3.25. Bom bloklarının ebatları, ağırlıkları ve profilleri

PARÇA NUMARASI	UZUNLUK(m m)	ORJİNAL AĞIRLIĞI (kg)	BOM PARÇASI KESİTİ	KULLANILAN PROFİLLER
KABİN ÖNÜ ANA BOM	7.485 (A)	4.182	w:1,13 metre, h:2,26 metrelik üçgen kesit.	130 x 130 x 12 mm
1.BOM (İPTAL EDİLEN PARÇA)	5.300	1.579	w:1,13 metre, h:2,26 metrelik üçgen kesit.	130 x 130 x 12 mm
2.BOM	11.600 (B)	2.675	w:1,13 metre, h:2,26 metrelik üçgen kesit.	130 x 130 x 12 mm
3.BOM	11.600 (C)	1.845	w:1,13 metre, h:2,26 metrelik üçgen kesit.	100 x 100 x 12 mm
4.BOM	5.300 (D)	636	w:1,13 metre, h:1,80 metrelik üçgen kesit.	100 x 100 x 7 mm
5.BOM	5.300 (E)	636	w:1,13 metre, h:1,80 metrelik üçgen kesit.	100 x 100 x 7 mm
6.BOM	5.300 (F)	564	w:1,13 metre, h:1,80 metrelik üçgen kesit.	100 x 100 x 7 mm
7.BOM	5.150 (G)	420	w:1,13 metre, h:1,45 metrelik üçgen kesit.	100 x 100 x 7 mm
8.BOM (İLAVE EDİLEN PARÇA)	5.150+5.300= 10.450 (H)	308+317= 625	w:1,13 metre, h:1,45 metrelik üçgen kesit.	80 x 80 x 5 mm
9.BOM	5.150 (I)	256	w:1,13 metre, h:1,45 metrelik üçgen kesit.	80 x 80 x 5 mm

Bom toplam uzunluğu;

$$7.485+11.600+11.600+5.300+5.300+5.300+5.150+10.450+5.150 = \underline{\underline{67.335 \text{ mm}}}$$

Bom toplam ağırlığı;

$$4.182+2.675+1.845+636+636+564+420+625+256= \underline{\underline{11.840 \text{ kg}}}$$

Ağırlık merkezi;

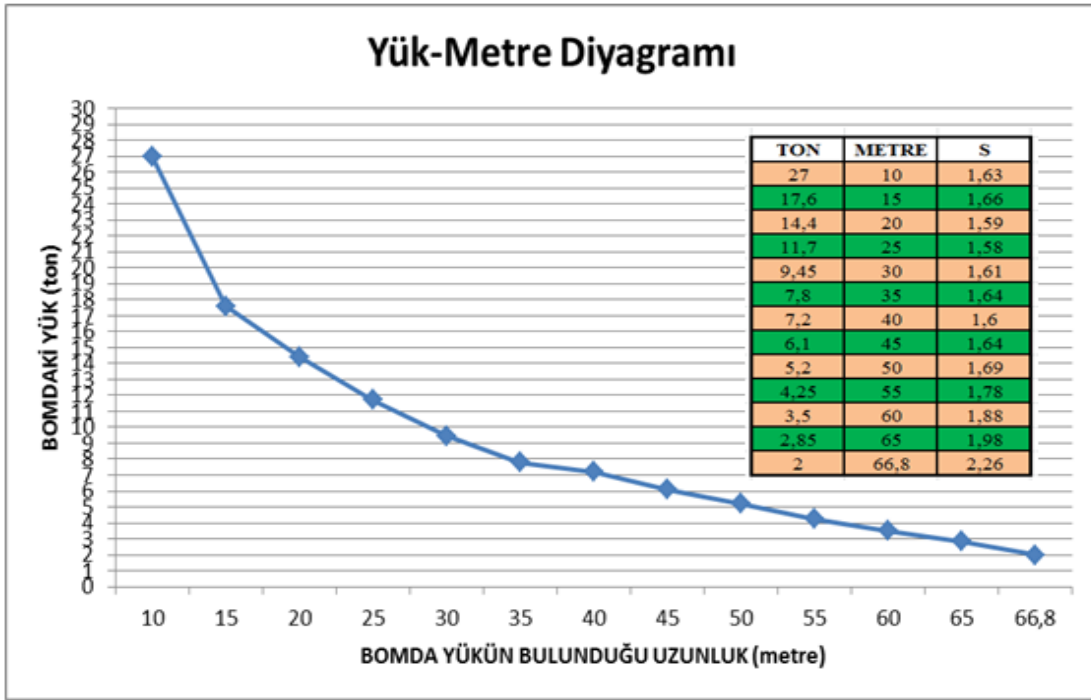
$$G = ((4.182 \text{ kg} \times (A/2) \text{ mm}) + (2.675 \text{ kg} \times (A+B/2) \text{ mm}) + (1.845 \text{ kg} \times (A+B+C/2) \text{ mm}) + (636 \text{ kg} \times (A+B+C+D/2) \text{ mm}) + (636 \text{ kg} \times (A+B+C+D+E/2) \text{ mm}) + (564 \text{ kg} \times (A+B+C+D+E+F/2) \text{ mm}) + (420 \text{ kg} \times (A+B+C+D+E+F+G/2) \text{ mm}) + (625 \text{ kg} \times (A+B+C+D+E+F+G+H/2) \text{ mm}) + (256 \text{ kg} \times (A+B+C+D+E+F+G+H+I/2) \text{ mm}) /$$

$$(4.182 \text{ kg}+1.579 \text{ kg}+1.875 \text{ kg}+636 \text{ kg}+636 \text{ kg}+564 \text{ kg}+420 \text{ kg}+694 \text{ kg}+308 \text{ kg}+256 \text{ kg}) = \underline{\underline{20.313 \text{ mm}}}$$

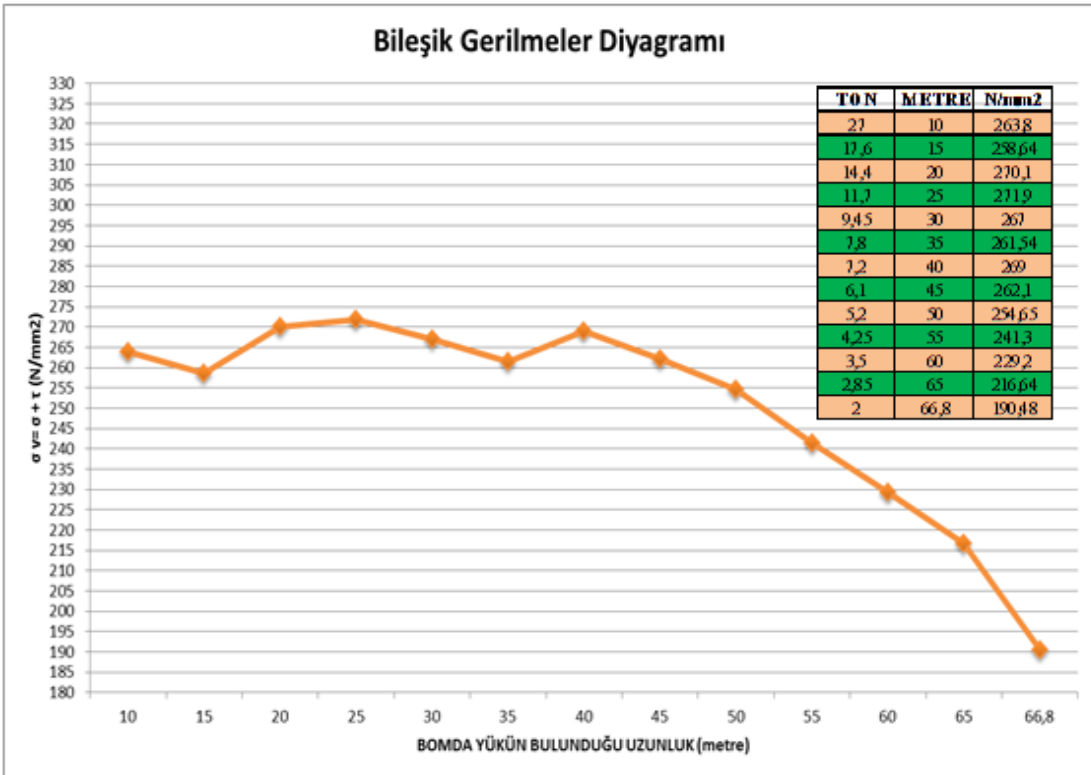
Çizelge 3.26. Bomda farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki hesaplama sonuçları

	Bomdaki ağırlık	Bomda yükün bulunduğu uzunluk	Bom ağırlığı	BOM ağırlık merkezi	BOM için emniyet katsayısı
1	2 ton	66,8 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/190,48$ $S = 2,26$
2	2,2 ton	65 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/195,24$ $S = 2,20$
3	2,85 ton	65 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/216,64$ $S = 1,98$
4	3,5 ton	60 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/229,2$ $S = 1,88$
5	4,25 ton	55 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/241,3$ $S = 1,78$
6	5,2 ton	50 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/254,65$ $S = 1,69$
7	6,1 ton	45 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/262,1$ $S = 1,64$
8	7,2 ton	40 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/269$ $S = 1,60$
9	7,8 ton	35 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/261,54$ $S = 1,64$
10	9,45 ton	30 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/267$ $S = 1,61$
11	11,7 ton	25 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/271,9$ $S = 1,58$
12	14,4 ton	20 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/270,1$ $S = 1,59$
13	17,6 ton	15 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/258,64$ $S = 1,66$
14	21,3 ton	10 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/234$ $S = 1,84$
15	25 ton	10 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/253,33$ $S = 1,70$
16	27 ton	10 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/263,8$ $S = 1,63$

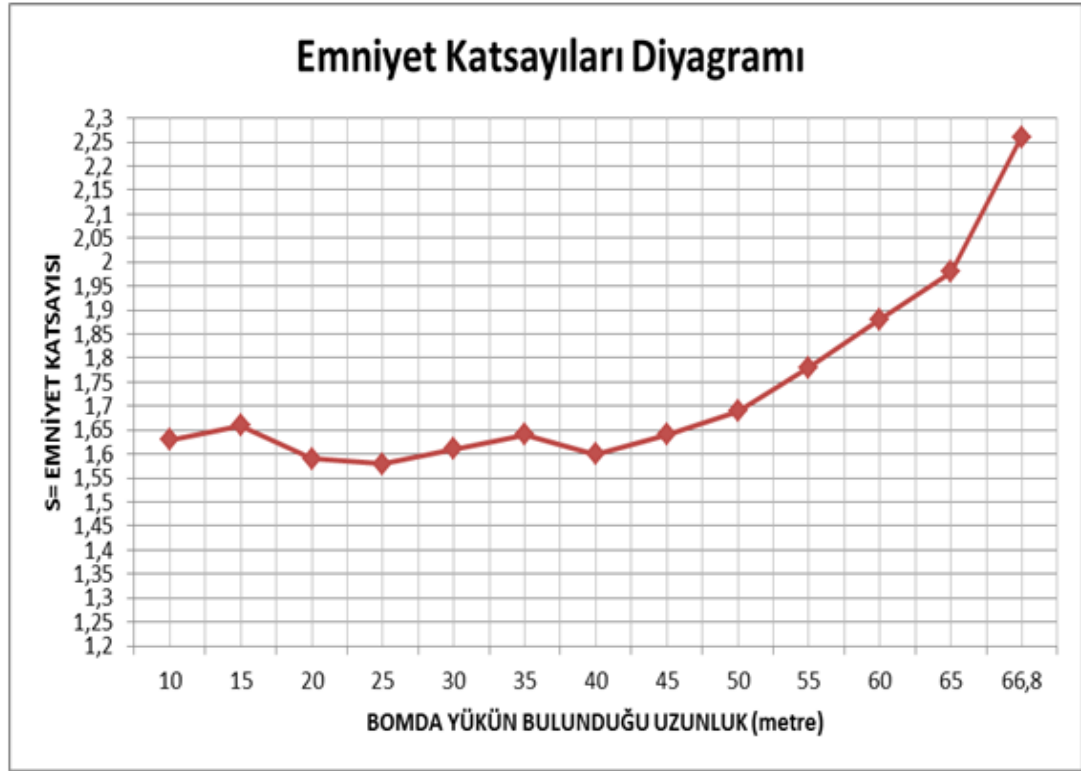
Aşağıdaki şekillerde bomda farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklemeler sonucu oluşan gerilmeler ve emniyet katsayıları görülmektedir. Her bir yükleme ve yük konumu için ayrı ayrı mukavemet hesaplamaları yapılmıştır. Bu diyagramlar sayesinde bomda yüklemenin değerinin, masta yaklaştıkça artacağı ve yüklemelerin bomun kaçınıcı metresinde maksimum ne kadar ağırlıkta olacağı belirlenebilmektedir. Yani, bomdaki farklı uzunluklar için taşınabilecek maksimum yüklerin sınırları belirtilmektedir.



Şekil 3.20. Bomda farklı mesafelerde, farklı yüklerdeki yük-metre diyagramı



Şekil 3.21. Bomda farklı mesafelerde, farklı yüklerdeki bileşik gerilmeler diyagramı



Şekil 3.22. Bomda farklı mesafelerde, farklı yüklerdeki emniyet katsayıları diyagramı

Birleşik gerilmeler ve emniyet katsayıları diyagramlarının lineer şekilde olması öngörülmüştür, fakat hesaplamalar sonucu çizilen diyagramlarda kırılmaların olduğu görülmektedir. Bu kırılmaların olduğu yük-metre değerleri; 35 metrede 7,8 ton olduğu durum, 15 metrede 17,6 ton olduğu durum ve 10 metrede 21,3 ton olduğu durumdur.

Bunun sebebi; bu mesafeler için katalog değerlerinin öngördüğü maksimum taşıma kapasitesinin düşük tutulmasıdır. Diyagramlar gösteriyor ki; bu mesafelerdeki maksimum taşıma yükü artırılabilir.

Buradan yola çıkarak 10 metre mesafede 21,3 ton yerine 25 ton ve 27 ton yüklemelerde uygulanmış ve mukavemet hesapları yapılmıştır. Bu uzunluk için katalog değerinden yaklaşık olarak 6 ton daha fazla yük kaldırılabilceği ve emniyette kalındığı hesaplanmıştır.

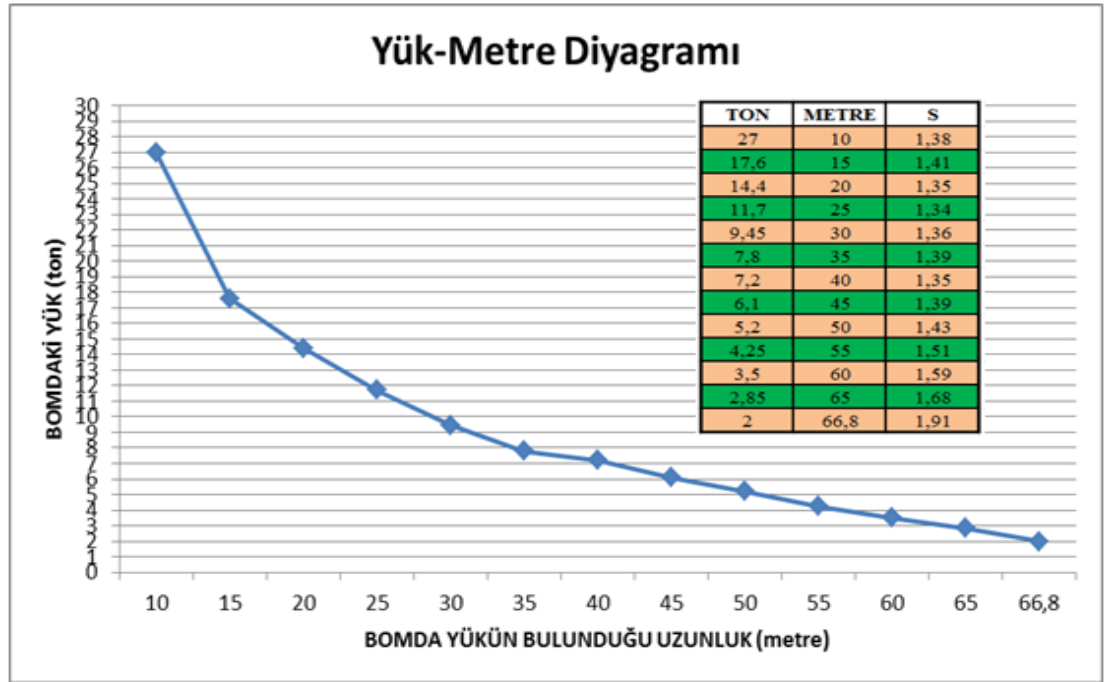
3.15. 1.Bom Parçası Kaldırılıp, Uzunluğunu 8.Bom Parçasına İlave Ederek Oluşturulan Yeni Bomun Yük Diyagramının Oluşturulması

(Kritik Kesitteki Profiller; 130 x 130 x 10 mm Ebatlarındadır.)

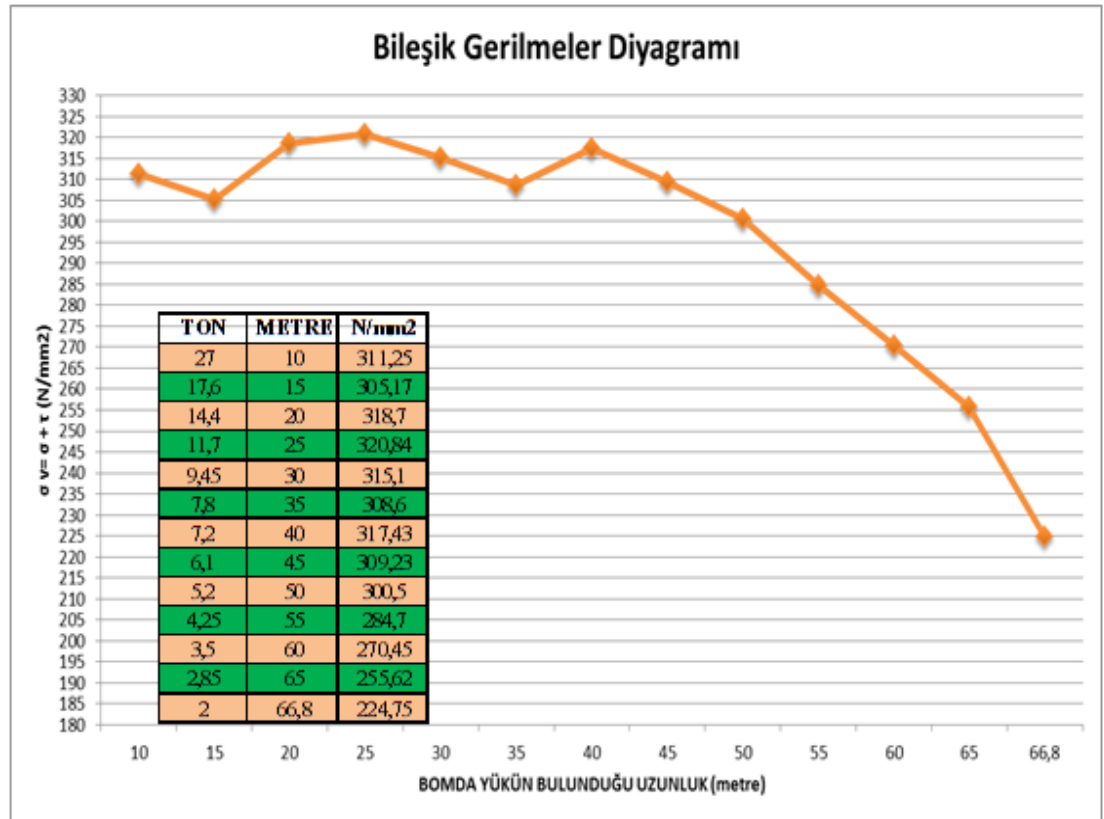
Çizelge 3.27. Bomda farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklerdeki hesaplama sonuçları

	Bomdaki ağırlık	Bomda yükün bulunduğu uzunluk	Bom ağırlığı	BOM ağırlık merkezi	BOM için emniyet katsayısı
1	2 ton	66,8 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/224,75$ $S = 1,91$
2	2,2 ton	65 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/230,37$ $S = 1,87$
3	2,85 ton	65 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/255,62$ $S = 1,68$
4	3,5 ton	60 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/270,45$ $S = 1,59$
5	4,25 ton	55 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/284,7$ $S = 1,51$
6	5,2 ton	50 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/300,5$ $S = 1,43$
7	6,1 ton	45 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/309,23$ $S = 1,39$
8	7,2 ton	40 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/317,43$ $S = 1,35$
9	7,8 ton	35 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/308,6$ $S = 1,39$
10	9,45 ton	30 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/315,1$ $S = 1,36$
11	11,7 ton	25 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/320,84$ $S = 1,34$
12	14,4 ton	20 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/318,7$ $S = 1,35$
13	17,6 ton	15 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/305,17$ $S = 1,41$
14	21,3 ton	10 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/276,1$ $S = 1,56$
15	25 ton	10 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/298,9$ $S = 1,44$
16	27 ton	10 m	11,84 ton	20,3 m	$S = 430/311,25$ $S = 1,38$

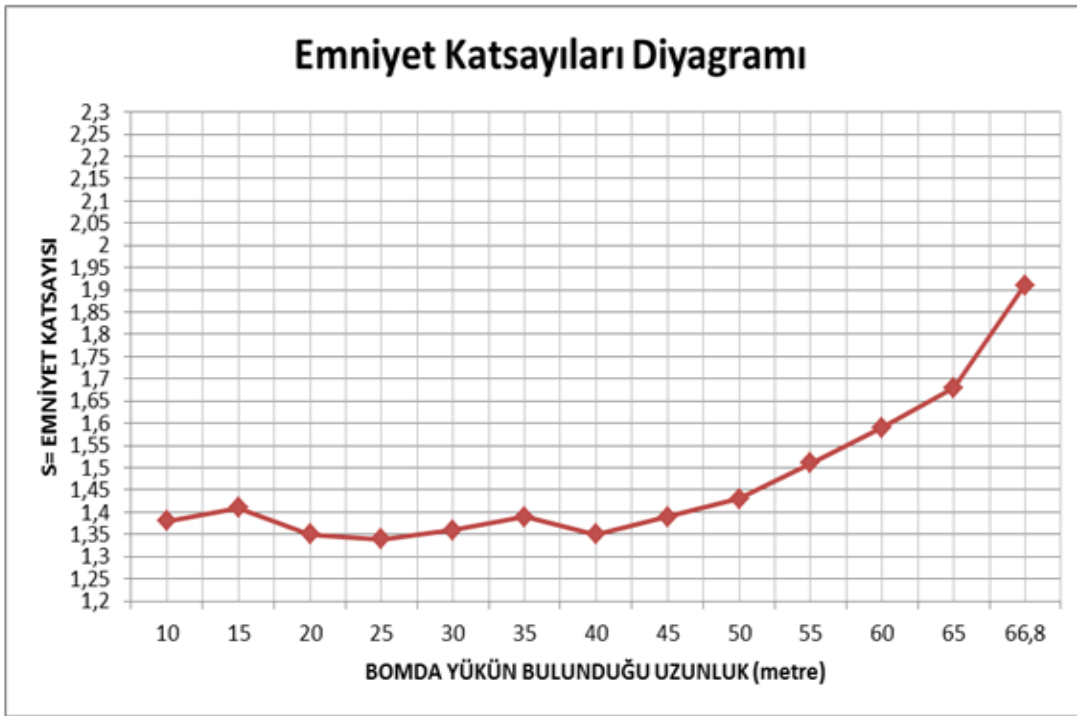
Aşağıdaki şekillerde bomda farklı ağırlıklarda ve farklı mesafelerde yüklemeler sonucu oluşan gerilmeler ve emniyet katsayıları görülmektedir. 130 x 130 x 12 mm profilli bomun diyagramlarının oluşturulması için yapılan mukavemet hesapları her bir yükleme ve yük konumu yapılmıştır. Bu diyagramlar sayesinde yüklemelerin bomun kaçınıcı metresinde maksimum ne kadar ağırlıkta olacağı belirlenebilmektedir.



Şekil 3.23. Bomda farklı mesafelerde, farklı yüklerdeki yük-metre diyagramı



Şekil 3.24. Bomda farklı mesafelerde, farklı yüklerdeki bileşik gerilmeler diyagramı



Şekil 3.25. Bomda farklı mesafelerde, farklı yüklerdeki emniyet katsayıları diyagramı

130 x 130 x 12 mm profilli bomun diyagramları gibi, burada da hesaplamalar sonucu çizilen diyagramlarda kırılmaların olduğu görülmektedir. Bu kırılmaların olduğu yük-metre değerleri; 35 metrede 7,8 ton olduğu durum, 15 metrede 17,6 ton olduğu durum ve 10 metrede 21,3 ton olduğu durumdur. Bunun sebebi; bu mesafeler için katalog değerlerinin öngördüğü maksimum taşıma kapasitesinin düşük tutulmasıdır. Diyagramlar gösteriyor ki; bu mesafelerdeki maksimum taşıma yükü artırılabilir.

3.16. 67,3 Metre Bom Uzunluğundaki Kule Vincin Mast ve Temel Taşı Hesapları (Normal ve Redüksiyonlu Mast Kullanılması Durumunda)

Mast ebatları tüm yapı yüksekliğinde aynı kalmaktadır. Bazı kule vinçlerde ebatlar belli bir yükseklikten sonra, bir redüksiyon parçası kullanılarak düşürülebilir. Bunun sebebi yapı konstrüksiyonundan ve ağırlıktan tasarruf sağlamaktır. Böylece kullanılan profillerden, bağlama elemanlarından, malzemeden ve maliyetten tasarruf sağlanmış olur. Ayrıca rüzgar yüküne maruz kalan mast yan yüzey alanı azaltılmış olur ve devrilme riski azalmış olur.

Böyle bir mast kullanımında dezavantaj olarak, redüksiyon sonrasında daralan kesitte de gerilmelerin risk oluşturabileceğidir. Redüksiyonlu mast için mukavemet hesapları yapılırken kritik kesit olarak hem normal mastlar gibi dip kısım hem de redüksiyon sonrası daralan kısım alınmalıdır. Aşağıda bu yöndeki hesaplamalar yapılmıştır ve normal mast ile sonuçlar karşılanmıştır.

3.16.1. 2,30 x 2,30 m ebatlarında, 140 x 140 x 16 ‘lık kutu profillerden oluşan mast için :

Mastın dip kesit alanı;

140 x 140 x 16 kutu profiller kullanılmıştır.

$$A = 4 \times (140^2 - (140 - 32)^2) = 31.744 \text{ mm}^2$$

Mastın dip atalet momenti;

$$I_x = 4 \times ((140^4/12 - 108^4/12) + ((140^2 - 108^2) \times 1.150^2)) = 42.064.143.700 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/2) = 42.064.143.700 \text{ mm}^4 / (2.300/2) = 36.577.516 \text{ mm}^3$$

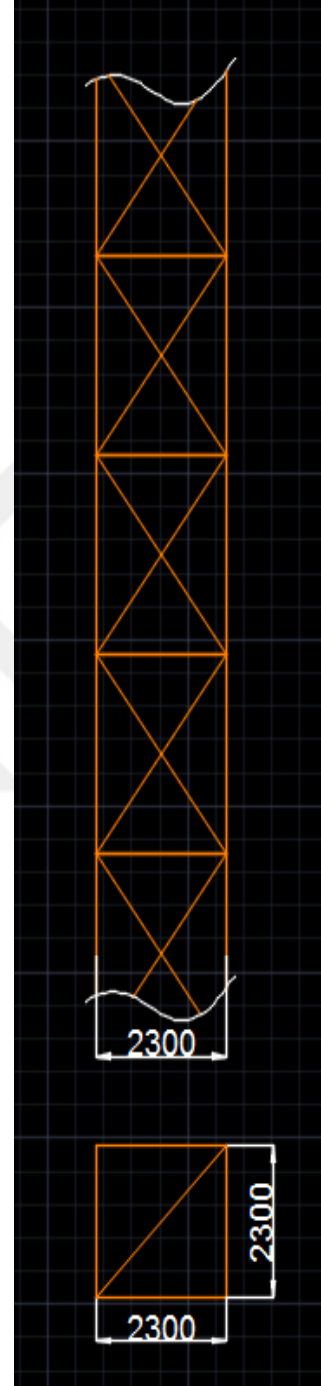
Rüzgar kuvvetinin yapıya etkisi;

Hız kritik değer olan **50 km/h** alınsın.

$$50 \text{ km/h} \times 1.000 / 3.600 = 13,88 \text{ m/sn}$$

$$p = 0,613 \times 10^{-3} \times 13,88^2 = 0,12 \text{ kPa}$$

(formül 2.3’e göre hesap yapılmıştır.)

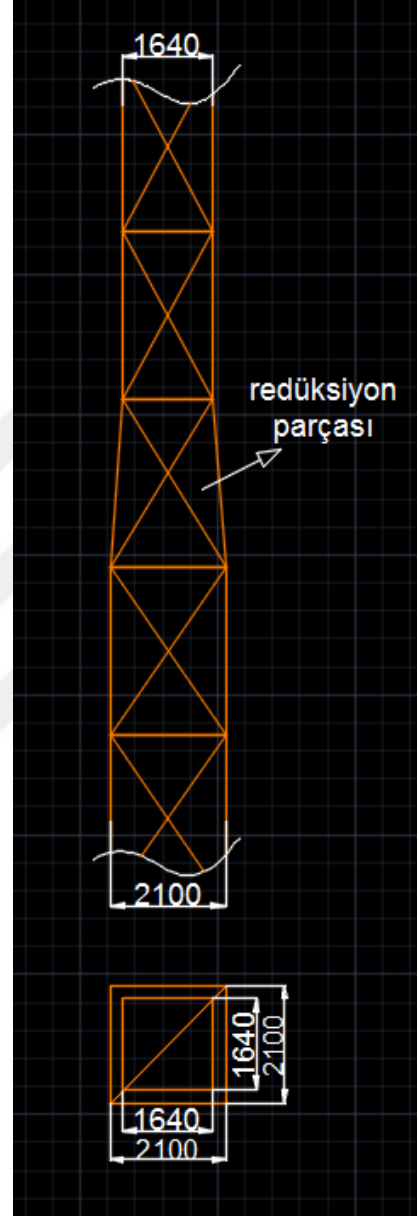


Şekil 3.26. Mast

3.16.2. 1,64 x 1,64 m ebatlarından >>> 2,10 x 2,10 m ebatlarına redüksiyon geçişli, 130 x 130 x 16 'lık kutu profillerden oluşan mast için :

Kullanılan MAST parçası isimleri :

- ✓ 1,64 x 1,64 metre ebatlarında, **11,8** metrelik MAST bloğu : **K1**
- ✓ 1,64 x 1,64 metre ebatlarında, **8,85** metrelik MAST bloğu : **K2**
- ✓ 1,64 x 1,64 metre ebatlarında, **5,9** metrelik MAST bloğu : **K3**
- ✓ 1,64 x 1,64 metre ebatlarında, **2,95** metrelik MAST bloğu : **K4**
- ✓ 1,64 x 1,64 metre ebatlarından 2,10 x 2,10 metre ebatlarına, **10,65** metrelik redüksiyon MAST bloğu : **O1**
- ✓ 2,10 x 2,10 metre ebatlarında, **11,8** metrelik MAST bloğu : **B1**
- ✓ 2,10 x 2,10 metre ebatlarında, **8,85** metrelik MAST bloğu : **B2**
- ✓ 2,10 x 2,10 metre ebatlarında, **5,9** metrelik MAST bloğu : **B3**
- ✓ 2,10 x 2,10 metre ebatlarında, **2,95** metrelik MAST bloğu : **B4**



Şekil 3.27. Redüksiyon geçişli mast

Aşağıdaki çizelgelerde farklı yüksekliklerdeki redüksiyon geçişli mastların oluşturulmasında kullanılan mast blokları görülmektedir. Bu mast bloklarının ebatları, uzunlukları, ağırlıkları ve blokların birleşmesi sonucu oluşan mastların ağırlıkları detaylı olarak gösterilmiştir.

a) 50 metrelik mast :

Çizelge 3.28. Mastı oluşturmak için; 3 adet K1, 1 adet K3, 3 adet K4 parçası kullanılmıştır.

K1	K1	K1	K3	K4	K4	K4	TOPLAM
1,64 x 1,64 metre	1,64 x 1,64 metre	1,64 x 1,64 metre	1,64 x 1,64 metre	1,64 x 1,64 metre	1,64 x 1,64 metre	1,64 x 1,64 metre	
11,8 metre	11,8 metre	11,8 metre	5,9 metre	2,95 metre	2,95 metre	2,95 metre	50 metre
4.500 kg	4.500 kg	4.500 kg	2.250 kg	1.125 kg	1.125 kg	1.125 kg	19.125 kg

b) 54 metrelik mast :

Çizelge 3.29. Mastı oluşturmak için; 2 adet K1, 1 adet O1, 1 adet B1, 1 adet B2 parçası kullanılmıştır.

K1	K1	O1	B1	B2	TOPLAM
1,64 x 1,64 metre	1,64 x 1,64 metre	redüksiyon parçası	2,10 x 2,10 metre	2,10 x 2,10 metre	
11,8 metre	11,8 metre	10,65 metre	11,8 metre	8,85 metre	54 metre
4.500 kg	4.500 kg	5.120 kg	5.740 kg	4.300 kg	24.160 kg

c) 57 metrelik mast :

Çizelge 3.30. Mastı oluşturmak için; 2 adet K1, 1 adet O1, 2 adet B1 parçası kullanılmıştır.

K1	K1	O1	B1	B1	TOPLAM
1,64 x 1,64 metre	1,64 x 1,64 metre	redüksiyon parçası	2,10 x 2,10 metre	2,10 x 2,10 metre	
11,8 metre	11,8 metre	10,65 metre	11,8 metre	11,8 metre	57 metre
4.500 kg	4.500 kg	5.120 kg	5.740 kg	5.740 kg	25.600 kg

d) 61 metrelik mast :

Çizelge 3.31. Mastı oluşturmak için; 2 adet K1, 1 adet O1, 2 adet B1, 1 adet B4 parçası kullanılmıştır.

K1	K1	O1	B1	B1	B4	TOPLAM
1,64 x 1,64 metre	1,64 x 1,64 metre	redüksiyon parçası	2,10 x 2,10 metre	2,10 x 2,10 metre	2,10 x 2,10 metre	
11,8 metre	11,8 metre	10,65 metre	11,8 metre	11,8 metre	2,95 metre	61 metre
4.500 kg	4.500 kg	5.120 kg	5.740 kg	5.740 kg	1.435 kg	27.035 kg

e) 64 metrelik mast :

Çizelge 3.32. Mastı oluşturmak için; 2 adet K1, 1 adet O1, 2 adet B1, 1 adet B3 parçası kullanılmıştır.

K1	K1	O1	B1	B1	B3	TOPLAM
1,64 x 1,64 metre	1,64 x 1,64 metre	redüksiyon parçası	2,10 x 2,10 metre	2,10 x 2,10 metre	2,10 x 2,10 metre	
11,8 metre	11,8 metre	10,65 metre	11,8 metre	11,8 metre	5,9 metre	64 metre
4.500 kg	4.500 kg	5.120 kg	5.740 kg	5.740 kg	2.870 kg	28.470 kg

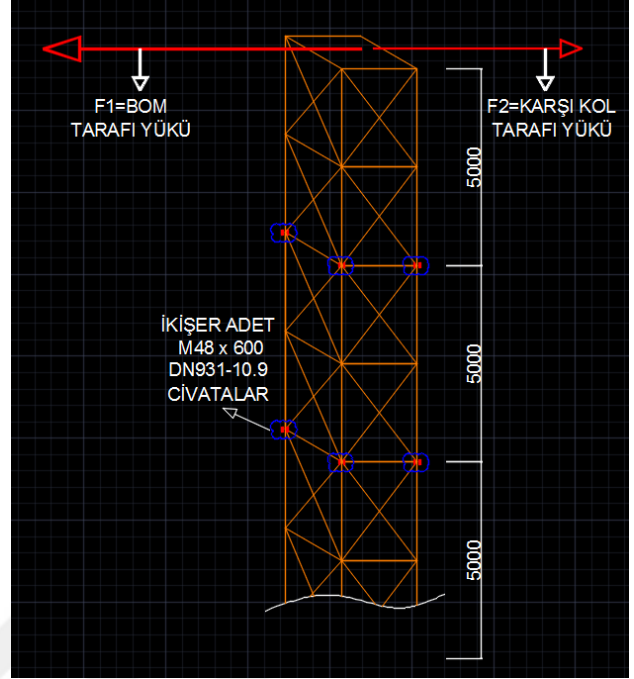
f) 70 metrelik mast :

Çizelge 3.33. Mastı oluşturmak için; 2 adet K1, 1 adet O1, 3 adet B1 parçası kullanılmıştır.

K1	K1	O1	B1	B1	B1	TOPLAM
1,64 x 1,64 metre	1,64 x 1,64 metre	redüksiyon parçası	2,10 x 2,10 metre	2,10 x 2,10 metre	2,10 x 2,10 metre	
11,8 metre	11,8 metre	10,65 metre	11,8 metre	11,8 metre	11,8 metre	70 metre
4.500 kg	4.500 kg	5.120 kg	5.740 kg	5.740 kg	5.740 kg	31.340 kg

3.17. Cıvata Mukavemet Hesapları

70 metre bom uzunluğunda, 25 metrede 11,7 ton yük olan, karşı ağırlığı 18 ton olan, 54 metre yüksekliğinde ve 2,30 metre x 2,30 metre ebatlarında mastı olan kule vincin mast bağlama cıvataları yükleme esnasında eğilme ve çekme kuvvetlerine maruz kalmaktadır.



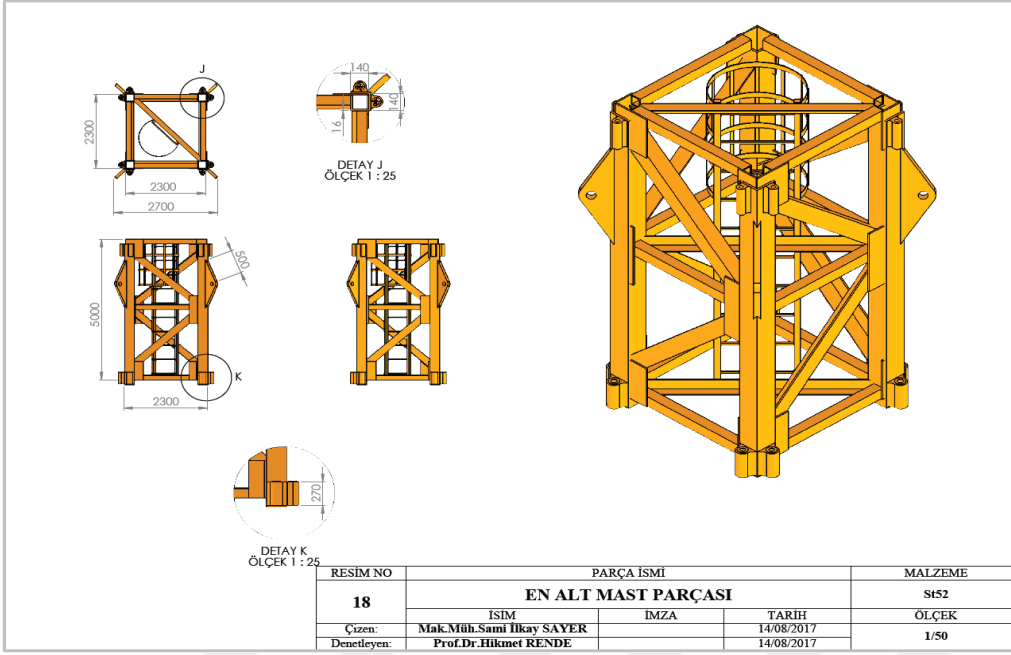
Şekil 3.28. Kule vinçte cıvataların yerleri

Mast bloklarının birbirine montajı için her iki mast köşesi arasında ikişer adet cıvata kullanılmıştır.

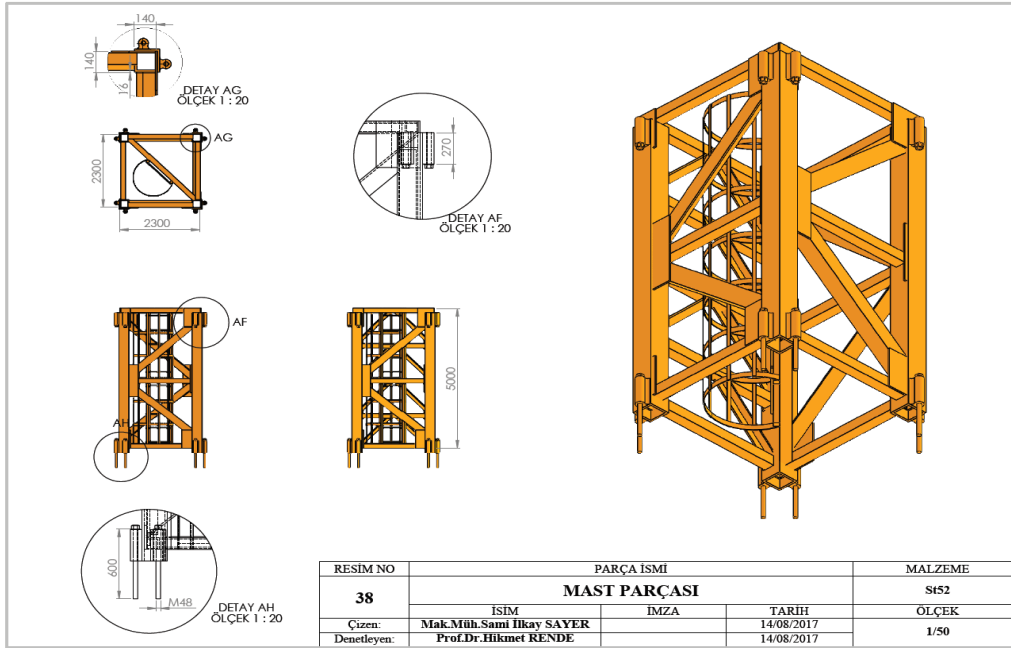
İki mast bloğu birbirine 4 köşesinden sabitlenmektedir. Bundan dolayı, her iki mast bloğu birbirine 8 adet cıvata bağlantısıyla sabitlenmektedir.

Masta gelen yükleri bu cıvatalar karşıladığı için, cıvata bağlantılarında yüksek kalite sınıfı cıvataların seçilmesi önerilir. Bağlantılarda;

- DIN 931-10.9 ya da,
- DIN 931-12.9 sınıf cıvatalarının kullanılması tavsiye edilmektedir.



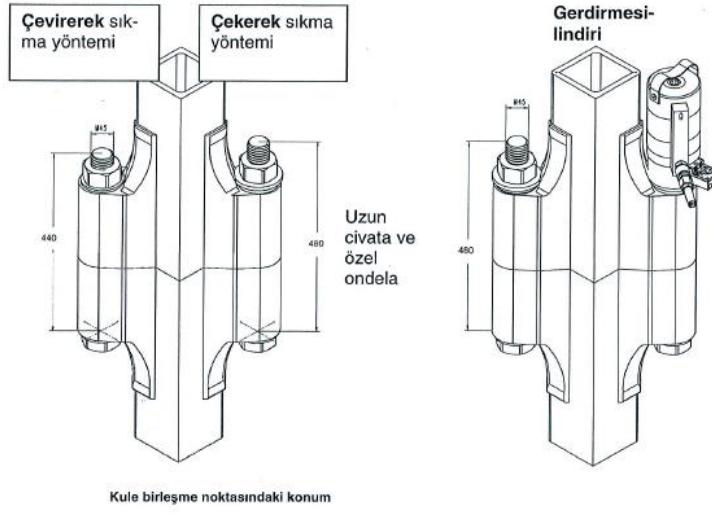
Şekil 3.29.a. Mast bloğu köşelerindeki cıvata bağlantıları



Şekil 3.29.b. Mast bloğu köşelerindeki cıvata bağlantıları

M48 x 600 DIN 931-10.9 'luk cıvatanın akma ve çekme mukavemeti sınır değerleri diğerinden daha küçük olduğu için, bu cıvatanın mast montajında kullanıldığı düşünülerek hesaplamalar bu doğrultuda yapılmıştır.

Kule bağlantılarında çekerek sıkma yöntemi



Çekerek sıkma yöntemi kule bağlantılarında da uygulanabilir. Bu yöntemin avantajı sürtünme katsayısından bağımsız olmasının dışında uygulamanın basitliğidir. Bu yöntemde bir desteğe ve karşı destek anahtarına ihtiyaç yoktur; bu da montajın oldukça çabuk gerçekleştirilmesini sağlar.

Kule bağlantılarını çekerek sıkabilmek için daha uzun civatalara ve gerdirmesi-lindiri destek alabileceği özel rondelalara ihtiyaç vardır.

Şekil 3.30. Mast bloğu köşelerindeki civataları çekerek sıkma yöntemi (Liebherr 2012. Kule Vinç İşletme Kılavuzu, 120 K.1)

Çizelge 3.34. Civatalardaki ön gerilme değerleri (Liebherr 2012. Kule Vinç İşletme Kılavuzu, 120 K.1)

Sıkma momenti yöntemiyle sıkma						
Mukavemet sınırı					Mukavemet sınırı	
10.9					12.9	
ISO 7412 DIN 6914		ISO 4014 ISO 4017 ISO 4762 DIN 931 DIN 933 DIN 912			ISO 4014 ISO 4017 ISO 4762 DIN 931 DIN 933 DIN 912	
Sıkma momenti		Sıkma momenti			Sıkma momenti	
kp · m	N · m	kp · m	N · m	kp · m	N · m	
M12	9,8	96,0	7,4	73,0		
M14			13,0	127,0		
M16	24,7	242,0	19,1	187,0		
M18			26,0	255,0		
M20	48,3	474,0	37,0	363,0		
M22	66,0	647,0	51,1	501,0		
M24	83,0	814,0	64,0	628,0		
M27	123,0	1.206	100,0	981,0		
M30			136,3	1.342		
M33			187,0	1.834	230,8	2.264
M36			239,0	2.344	296,1	2.904
M39			310,4	3.044	383,6	3.762
M42			383,4	3.760	476,3	4.670
M45			479,1	4.693	594,8	5.833
M48			576,3	5.655	717,8	7.039
M56			900,0	8.830		

Hidrolik gerdirme yöntemiyle sıkma						
Mukavemet sınırı				Mukavemet sınırı		
10.9				12.9		
ISO 4014 ISO 4017 ISO 4762 DIN 931 DIN 933 DIN 912		ISO 4014 ISO 4017 ISO 4762 DIN 931 DIN 933 DIN 912		ISO 4014 ISO 4017 ISO 4762 DIN 931 DIN 933 DIN 912		
Gerdirme kuvveti kN	Basınç bar	Çekme silindiri tipi Id.	Gerdirme kuvveti kN	Basınç bar	Çekme silindiri tipi Id.	
M12						
M14						
M16						
M18						
M20						
M22						
M24	291	1017 0475				
M27	381	1017 0476				
M30	460	1017 0477				
M33	570	1017 0478				
M36	669	1017 1752	761			1017 1752
M39	800	1017 1753	910			1017 1753
M42	920	1017 0480				
M45	1075	1017 1754	1222			1017 1754
M48						
M56						

Tabela 1

3.17.1. Kulenin öne devrilme olasılığı;

- **Bomdaki yükün 25 metrede 11.700 kg. olduğu durumdaki devrilme hesapları;**
- Mast yüksekliği 54 m olduğu durum için;

$$M = (1,3 \times 117.000 \text{ N} \times 25.000 \text{ mm}) - (180.000 \text{ N} \times 16.000 \text{ mm}) + (138.600 \text{ N} \times 24.985 \text{ mm}) - (207.000 \text{ N} \times 9.895 \text{ mm}) = \mathbf{2.337 \times 10^6 \text{ Nmm}} \text{ (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)}$$

$$M = (8.083 \text{ N} \times 27.000 \text{ mm}) + (410 \text{ N} \times 54.000 \text{ mm}) = \mathbf{240 \times 10^6 \text{ Nmm}} \text{ (rüzgardan)}$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = 2.337 \times 10^6 \text{ Nmm} + 240 \times 10^6 \text{ Nmm} = \mathbf{2.577 \times 10^6 \text{ Nmm}}$$

$$F = 1,3 \times 117.000 \text{ N} + 138.600 \text{ N} - 180.000 \text{ N} - 207.000 \text{ N} = \mathbf{-96.300 \text{ N}} \text{ (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)}$$

$$F = 8.083 \text{ N} + 410 \text{ N} = \mathbf{8.493 \text{ N}} \text{ (rüzgardan)}$$

$$F_{\text{TOPLAM}} = \mathbf{104.793 \text{ N}}$$

Mast birleşik yüklemenin etkisinde kalırken cıvatalarda eğilme ve çekme kuvvetlerine maruz kalır.

$$F_{\text{maks}} = F_V + F_{SA} \quad (3.1)$$

$$F_{\text{TOPLAM İŞLETME}} = \mathbf{104.793 \text{ N}}$$

$F_{\text{CIVATA}} = F_A$, iş = $104.793 \text{ N} / 2 = \mathbf{52.397 \text{ N}}$ (8 adet cıvatanın ön dördü basmaya maruz kalırken, arka dördü çekmeye maruz kalacaktır.)

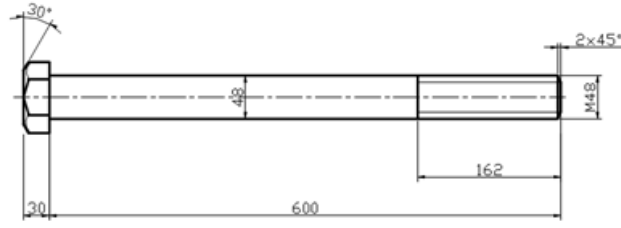
$$F_{SA} = n \cdot \phi_K \cdot F_A \quad (3.2)$$

$$n = 540 \text{ mm} \times 100 / 600 \text{ mm} = 90 = \mathbf{\%90}$$

$$\phi_K = c_s / (c_s + c_p) \quad (3.3)$$

$$c_s = E \times \Sigma(A_s / l_s) \quad (3.4)$$

$$c_s = E / ((0,4.d_1/A_1) + ((l_k-l_s)/A_2) + (l_s/A_1) + (0,4.d_1/A_1))$$



Şekil 3.31. Kule vinçte seçilen cıvatanın ölçüleri

Burada;

- $l_k = 540$ mm,
- $l_s = 440$ mm,
- $d_1 = 48$ mm,
- $d_3 = 41,86$ mm (tablodan),
- $A_1 = 1.810$ mm²,
- $A_3 = 1.376$ mm²

Cıvataya gelen işletme kuvveti;

$$c_s = (2,1 \times 10^5) / ((0,4 \times 48/1.810) + ((540-440)/1.376) + (440/1.810) + (0,4 \times 48/1.810))$$

$$c_s = \mathbf{6,2 \times 10^5 \text{ N/mm}}$$

$$c_p = E \times A_4 / l_s \quad (3.5)$$

Burada;

- $A_4 = \pi \times (50^2 - 48^2) / 4 = 154$ mm²

$$c_p = (2,1 \times 10^5 \times 154) / 100 = \mathbf{3,2 \times 10^5 \text{ N/mm}}$$

$$\Phi_K = c_s / (c_s + c_p) = 6,2 \times 10^5 / (3,2 \times 10^5 + 6,2 \times 10^5) = \mathbf{0,66}$$

$$F_{SA} = n \cdot \Phi_K \cdot F_A \quad (3.6)$$

$$F_{SA} = 0,9 \times 0,66 \times 52.397 = \mathbf{31.124 \text{ N}}$$

Ön gerilme kuvveti;

$T_A = \mathbf{5.655 \text{ N.m}}$ (Çizelge 3.34'ten okunmuştur).

$$T_A = F_v \cdot [(d_2 / 2) \cdot \tan(\alpha + \dot{\rho}) + I_{Kk} \cdot r_m] \quad (3.7)$$

Burada;

- $d_2 = 44,752$ mm (tablodan),
- $\alpha = 2,037^0$ (tablodan),
- $\dot{\rho} = \arctan(I_{Kk}) = 8,5^0$,
- $I_{Kk}, I_{Gk} = 0,15$ (tablodan),

$$-r_m = (s_w + d_B)/4$$

$$-s_w = 75 \text{ mm (tablodan)}, \quad -d_B = 50 \text{ mm},$$

$$-r_m = (75 + 50) / 4 = 31,25 \text{ mm}$$

$$5.655 \text{ N.m} = F_v \times [(44,752/2) \times \tan(2,037^\circ + 8,5^\circ) + 0,15 \times 31,25]$$

Buradan;

$$F_v = \mathbf{639.012 \text{ N}}$$

Ön gerilme kuvvet kaybı;

$$\Delta F_v = F_z = f_z \cdot \phi_K \cdot 1/\delta_p \quad (3.8)$$

Burada;

$$- f_z = 16 \times 10^{-3} \text{ mm (tablodan)}, \quad - \phi_K = 0,66,$$

$$- \delta_p = 1/c_p = (1 / 3,2 \times 10^5) \text{ N/mm}$$

$$\Delta F_v = 16 \times 10^{-3} \times 0,66 \times (1 / 3,2 \times 10^5)$$

Buradan;

$$\Delta F_v = \mathbf{3.379 \text{ N}}$$

Sonuç olarak;

$$F_{\text{maks}} = F_v + \Delta F_v + F_{SA} \quad (3.9)$$

$$F_{\text{maks}} = 639.012 \text{ N} + 3.379 \text{ N} + 31.124 \text{ N} = \mathbf{673.515 \text{ N}}$$

4 civataya gelen çekme gerilmesi;

$$\sigma_\varphi = F_{\text{maks}} / A$$

$$\sigma_\varphi = 673.515 \text{ N} / (4 \times 1.376) \text{ mm}^2 = \mathbf{122,37 \text{ N/mm}^2}$$

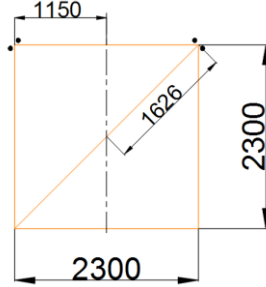
Eğilme gerilmesi;

$$\sigma_e = M_{\text{TOPLAM}} / W$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = \mathbf{2.577 \times 10^6 \text{ Nmm}}$$

Civataların atalet momenti;

4 civatanın Steiner Teoremi ile ağırlık eksenine göre toplam I_y atalet momenti hesaplanacaktır;



Şekil 3.32. Masttaki civataların yerleri

$$I_y = 4 \times ((\pi \times r^4/4) + (\pi \times r^2 \times y^2)) \quad -r = D_3/2 = 41,86/2 = \mathbf{20,93 \text{ mm}}$$

$$I_y = 4 \times ((\pi \times 20,93^4/4) + (\pi \times 20,93^2 \times 1.626^2)) = \mathbf{14.554.838.550 \text{ mm}^4}$$

$$W_e = I / (h/2) = 14.554.838.550 \text{ mm}^4 / 1.626 = \mathbf{8.951.315 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_e = 2.577 \times 10^6 / 8.951.315 = \mathbf{287,90 \text{ N/mm}^2}$$

Vidada sürtünme momentinden dolayı burulma gerilmesi;

$$\tau = M / W_b$$

$$M(T_A) = \mathbf{5.655 \text{ N.m}} \text{ (Tablodan okunmuştur.)}$$

$$\tau = 5.655 \times 10^3 / ((\pi \times 41,86^3) / 16) = \mathbf{392,65 \text{ N/mm}^2}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad \mathbf{794,25 \text{ N/mm}^2}$$

M48 x 600 DIN 931-10.9 'luk civatanın akma değeri 900 N/mm^2 'dir.

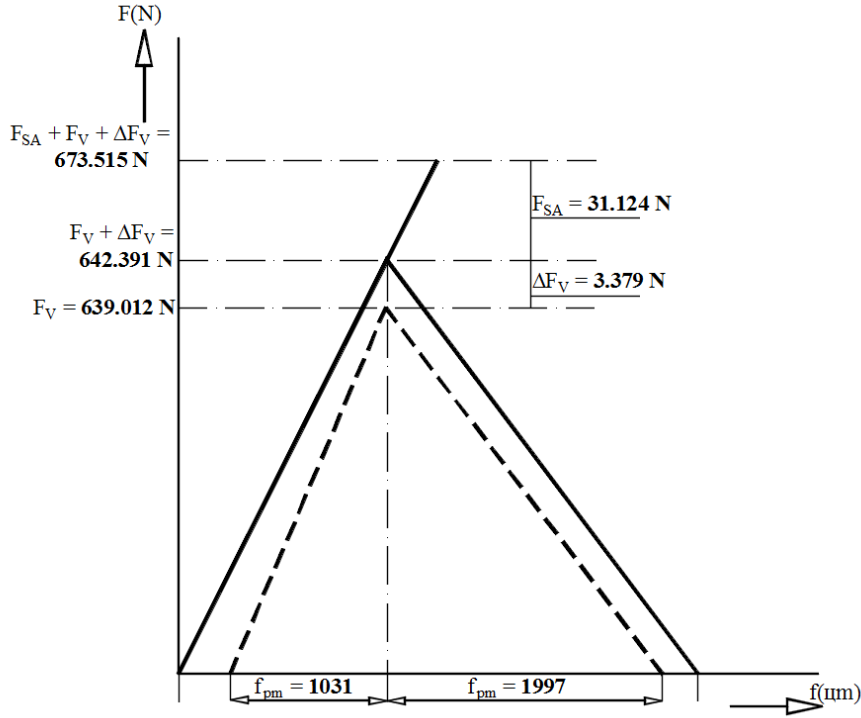
$794,25 \text{ N/mm}^2 < 0,9 \times 900 \text{ N/mm}^2$ olduğu için cıvata bağlantıları emniyettedir.

$$\mathbf{S = 900/794,25 = 1,13}$$

3.17.2. Kuvvet-deformasyon diyagramı;

$$-f_{sm} = (F_v / c_s) = 639.012 \text{ N} / 6,2 \times 10^5 \text{ N/mm} = \mathbf{1,031 \text{ mm}}$$

$$-f_{pm} = (F_v / c_p) = 639.012 \text{ N} / 3,2 \times 10^5 \text{ N/mm} = \mathbf{1,997 \text{ mm}}$$



M48 x 600 DIN 931-10.9 'luk civatanın bomda 25 metrede 11,7 ton yükleme olduğu durumdaki kuvvet-deformasyon diyagramı.

3.17.3. Civataların çapını küçülterek yapılan hesaplamalar

- M45 x 600 DIN 931-10.9 'luk civatalar kullanılarak yapılan hesaplar;

$$\mathbf{S = 900/807,41 = 1,11}$$

- M42 x 600 DIN 931-10.9 'luk civatalar kullanılarak yapılan hesaplar;

$$\mathbf{S = 900/848,41 = 1,06}$$

3.18. Sonlu Elemanlar Yöntemi (Finite Element Method-FEM)

İncelenecek sistem sonlu sayıda küçük elemanlara ayrılarak çözümlene yapıldığı için, bu yöntemlere sonlu elemanlar yöntemleri denir. Metot 1943'lere dayanmaktadır. İlk çalışmalar Hrennikoff (1941) ve Mc Henry (1943) tarafından geliştirilen yarı analitik analiz metotlarıdır (Özdemir 2009). Sonlu elemanlar metodu, fizik ve mühendislik problemlerine çözüm arayan nümerik çözüm yoludur. Özellikle katı cisimlerin mekaniği, ısı transferi, akışkanlar mekaniği, titreşim, elektromanyetik analizler gibi karmaşık mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılan bir metottur.

Aslında, fiziksel bir sistemin matematiğe dönüştürülmesidir. Sistem, alt parçalara ayrılabilen bir modeldir. Bu modelin uygulanabilir sınır şartları ve malzeme özellikleri vardır. Kompleks, düzensiz geometrideki, karmaşık malzeme özellikli sistemler, sonlu elemanlar metoduyla incelenebilirler.

Bu yöntem; özellikle sanayi, savunma sanayi, inşaat, otomotiv, uçak, beyaz eşya ve hatta tıp sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Gerilme ve şekil değiştirme analizinden ısı akımı, hidrolik, manyetik akı, sızma birçok uygulamalara sahiptir. Sistemi küçük parçalara (meshlere) ayrılarak ve bu meshlerin arasında bağ kurarak, yüklerin, gerilmelerin, yer değiştirmelerin sistem içerisindeki değişimi hassas olarak hesaplanır. Mesh sayısı arttıkça ve ebatları küçüldükçe çözümün hassasiyeti de artar.

Sonlu elemanlar metoduyla ve CAD programlarının gelişmesiyle birlikte, önceden pahalı deneysel usüllerle incelenebilen birçok sistemin hesapları ve incelemeleri kolaylaşmıştır. Hatta sistemin tasarımı esnasında, mühendislik, mukavemet, termal, vb... hesaplarının kısa sürede yapılması ve böylece ideal tasarımın kısa sürede gerçekleşmesi mümkünleşmiştir. Sonlu Elemanlar Yöntemi ile çözüm yapan bir çok paket program bulunmaktadır. Bu programların başlıcaları aşağıda özetlenmiştir. Ansys bunlardan en yaygın kullanılanlardan biridir. Ansys, Ansys-Workbench, Nastran, Abaqus, Marc, Pam-Stamp, Solidworks Simulation başlıca analiz programlarıdır.

Hesaplamalar için önce geometrik yapı oluşturulur, Sonlu elemanlar metodundaki, sistemin (yapının) ayrıldığı küçük parçaların her birine mesh denir. Meshlerin köşelerine düğüm (node) denir. Hesaplar düğüm noktaları baz alınarak yapılır.



Geometrik model, Sonlu eleman modeli ve sonuçların gösterildiği nodal sonuçlar.

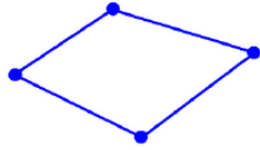
Şekil 3.33. Sayısal yöntemlerle çözümleme basamakları (Çayıroğlu).

Sonlu eleman modeli tek boyutlu (cizgi şeklinde modelleme), iki boyutlu (düzlem şeklinde modelleme) ve üç boyutlu (katı model) olabilir. Modellemenin şekline göre eleman tipi atanır (Çayıroğlu). Eleman tipleri şu şekildedir;

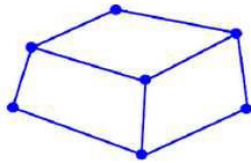
1-boyutlu çizgisel eleman



2-boyutlu düzlemsel eleman



3-boyutlu katı eleman



Eleman tipi ve ebatı seçiminde; büyüklüğünü oluştururken, parçanın hesaplamalarında ne derece hassas sonuç isteneceği göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer gereksiz şekilde küçük elemanlı ağ yapısı örülürse, gereksiz fazla hesaplama yapılacaktır. Bu da hem bilgisayarın performansını etkiler, hem de gereksiz zaman alır. Sadece gerilmelerin yoğun olduğu bölgelerde, ince yapılarda, sivri uçlarda, vs... mesh yapısının küçük yapılması daha doğrudur.

Analiz yapılırken;

- Yapı oluşturulur,

- Yapı meshlenir,
- Yapının sabitlemeleri tanımlanır,
- Yapıya gelecek yüklemeler tanımlanır,
- Program çözülür.

Düğümmler üzerinde denklemler oluşturulur. Sistemin ve problemin karmaşıklığına, büyüklüğüne göre denklem sayısı da artar. Oluşan denklem takımını manuel olarak çözmek oldukça zordur. Bilgisayara ihtiyaç vardır.

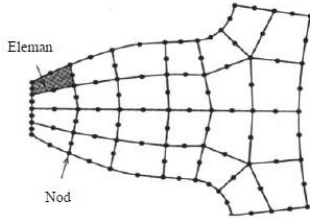
Oluşturulacak eleman yapısı, düğüm yapısı ve mesh (ağ) yapısı doğru ve iyi olursa, hesap sonuçları da o derece hassas ve doğru sonuç verir (Çayiroğlu). Sonlu elemanlar metodu, temel olarak şu matris formuna dönüştürülür;

$$[K] \cdot [D] = [R]$$

[D] = Büyüklük alanının nodlardaki bilinmeyen değerleri temsil eden vektör, (gerilme, moment, kuvvet, vs...)

[R] = Bilinen yük vektörü, (sınır koşulları; dışarıdan gelen yükler, vs...)

[K] = Bilinen sabitler (rijitlik) matrisidir. (sistemin yapısı; katı, sıvı, gaz, vs...)



Şekil 3.34. Bir sonlu eleman modelinde nod noktaları ve elemanlar (Çayiroğlu).

Vektör matrisleri sütun şeklindedir. D matrisinin çözümlenmesi için dışarıdan etkiyen sınır koşulları (R matrisi) ve sistem yapısı ile büyüklüğü (K matrisi) bilinmelidir (Çayiroğlu).

3.18.1. Sonlu elemanların faydaları

Mühendislik hesapları için prototip model üretmeye ve testlerin yapılmasına gerek yoktur. Ayrıca her olası değişiklikte yeniden prototip üretimi, tadilatı, test tekrarı, vb... işlemler de yoktur. Maliyet ve işçilik ve sürede önemli bir tasarruf oluşturmaktadır.

Tek bir sonlu elemanlar yöntemi programıyla çok sayıda test yapmak mümkündür. Özellikle pahalı ve kompleks makinalar üreten sanayilerde (savunma, uçak, uzay, otomotiv, gemi inşaat sanayileri) bu yöntem çok önemlidir. Örneğin, bir füzenin maliyeti, prototipinin maliyeti ve test maliyetleri baz alınırsa programın önemi anlaşılmaktadır. Sistemin analizlerinin yapılabileceği gibi, sistem elemanlarının çeşitli analizleri de yapılabilmektedir.

3.18.2. Ansys ve Ansys Workbench

3.18.2.1. Ansys 13 yazılımı

ANSYS programıyla parça ve montajlar üzerinde statik analizlerin yanı sıra doğrusal ve doğrusal olmayan burkulma analizleri de yapılabilir. ANSYS programı mekanik simülasyonlarda çok düşük toleranslarda bile etkili sonuçlar verir. Nesneye uygulanan kuvvet sonucunda oluşan şekil değişimleri ve gerilme dağılımları simülasyonların sonunda anlık olarak görüntülenebilir. Yüksek mühendislik seviyedeki analizleri hızlı, güvenilir ve pratik bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

3.18.2.2. Ansys Workbench programı ve özellikleri

ANSYS programının kullanıcılara sunduğu Workbench platformu ile tek ekranda pek çok mühendislik çalışmasına erişilebilir. Çok fizikli analizlerde kullanıcılara yol gösteren yapıya sahip olan ANSYS Workbench, ileri seviye parametre yönetimi ile simülasyona bağlı ürün geliştirme için oldukça etkili bir programdır.

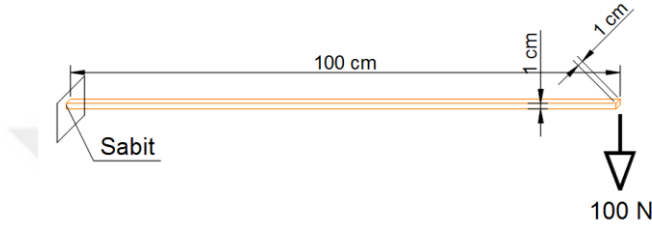
ANSYS Workbench parametrik CAD sistemlerini eşsiz bir otomasyon ve performans ile simülasyon teknolojilerini entegre eden bir platformdur. ANSYS Workbench'in gücü yılların bilgi birikimi ile arkasında duran ANSYS çözücü algoritmalarından gelir. Ayrıca ANSYS Workbench'in amacı sanal ortamda ürünün verifikasyonunu ve iyileştirmesini sağlamaktır.

3.19. Kule Vincin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi

Kule vincin sonlu elemanlar yöntemiyle analizini yapmadan önce, programın doğruluğunu ispatlamak açısından daha sade örneklerin analizleri yapılmıştır. Manuel yapılan hesaplamalar ile analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma çizelgeleri ve yorumları, bulgular ve tartışmalar bölümünde yapılmıştır.

3.19.1. Programın sağlamasının yapılması

- 1 metre uzunluğunda, 10 mm x 10 mm ebatlarında bir çubuğun bir ucundan sabitlenmesi, diğer ucundan 100 N yük uygulanması



Şekil 3.35. Çubuk profil

3.19.1.1. Elle yapılan analitik hesaplar:

Çubuğun kesit alanı;

$$A = 10^2 = 100 \text{ mm}^2$$

Çubuğun atalet momenti;

$$10^4/12 = 833,33 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/2) = 833,33 \text{ mm}^4 / (10/2) = 166,67 \text{ mm}^3$$

Eğilme momenti;

$$M = 100 \text{ N} \times 1.000 \text{ mm} = 100 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = M / W = 100 \times 10^3 \text{ Nmm} / 166,67 \text{ mm}^3 = 599,98 \text{ N/mm}^2$$

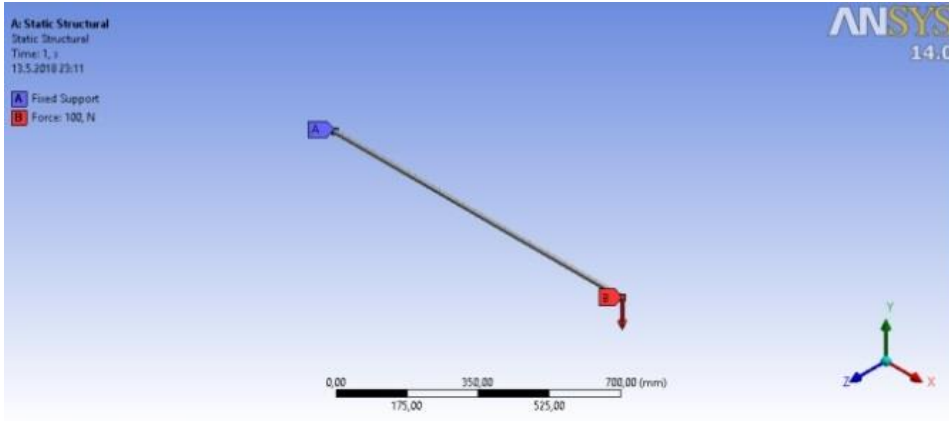
Kesme kuvveti;

$$F = 1000 \text{ N}$$

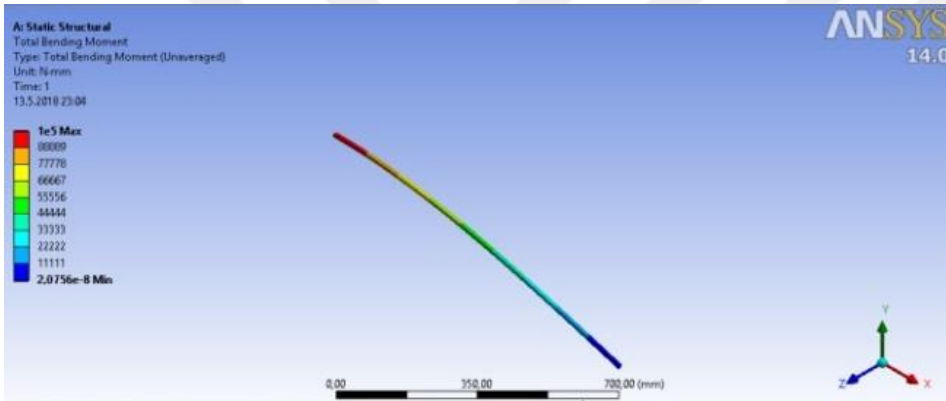
$$\tau = F / A = 100 \text{ N} / 100 \text{ mm}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 600 \text{ N/mm}^2$$

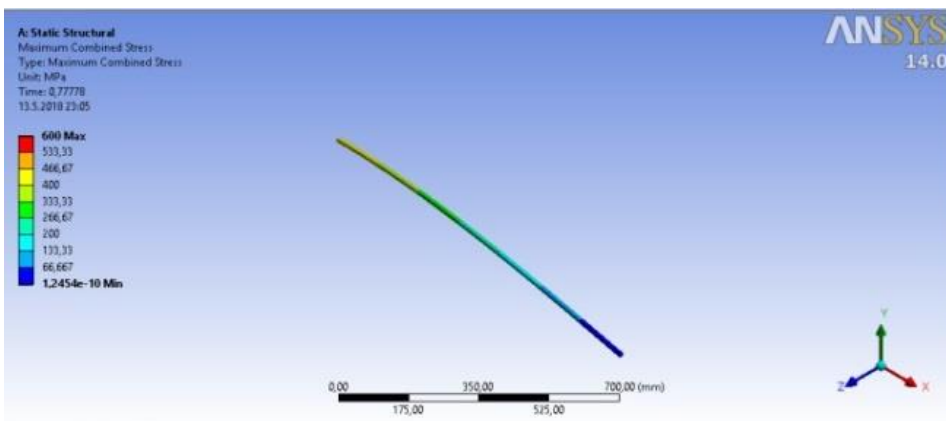
3.19.1.2. Sonlu elemanlar metoduyla çözümleme:



Şekil 3.36. Çubuk sınır şartları oluşturulmuştur

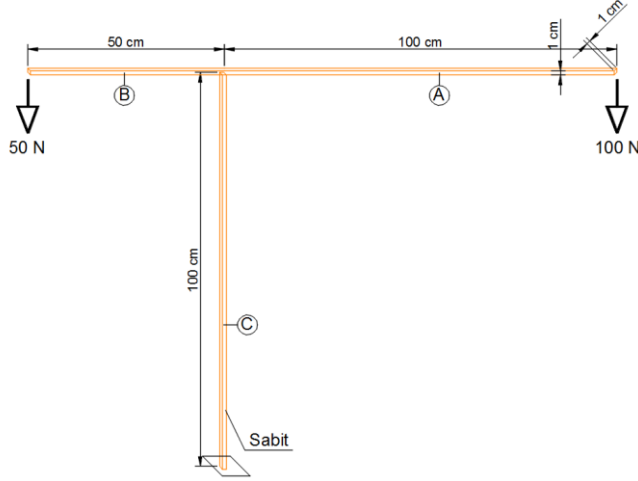


Şekil 3.37. Eğilme momenti, $M = 100 \times 10^3$ Nmm olarak hesaplanmıştır



Şekil 3.38. Birleşik gerilme, $\sigma = 600$ N/mm² olarak hesaplanmıştır

- 1 metre yüksekliğinde, dip kısmından sabitlenmiş çubuk üzerinde 1,5 metre uzunluğunda, 10 mm x 10 mm ebatlarında bir çubuğa iki ucundan farklı yükler uygulanması (protatip kule vinç)



Şekil 3.39. Protatip kule vinç

3.19.1.3. Elle yapılan analitik hesaplar:

Çubuğun kesit alanı;

$$A = 100^2 = 100 \text{ mm}^2$$

Çubuğun atalet momenti;

$$10^4/12 = 833,33 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/2) = 833,33 \text{ mm}^4 / (10/2) = 166,67 \text{ mm}^3$$

- A çubuğu (bom) kritik kesitinde oluşan eğilme momenti;

$$M = 100 \text{ N} \times 1.000 \text{ mm} = 100 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = M / W = 100 \times 10^3 \text{ Nmm} / 166,67 \text{ mm}^3 = 599,98 \text{ N/mm}^2$$

A çubuğu (bom) kritik kesitinde oluşan kesme kuvveti;

$$F = 100 \text{ N}$$

$$\tau = F / A = 100 \text{ N} / 100 \text{ mm}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 600 \text{ N/mm}^2$$

- B çubuğu (karşı kol) kritik kesitinde oluşan eğilme momenti;

$$M = 50 \text{ N} \times 500 \text{ mm} = 25 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = M / W = 25 \times 10^3 \text{ Nmm} / 166,67 \text{ mm}^3 = 150 \text{ N/mm}^2$$

B çubuğu (karşı kol) kritik kesitinde oluşan kesme kuvveti;

$$F = 50 \text{ N}$$

$$\tau = F / A = 50 \text{ N} / 100 \text{ mm}^2 = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 150 \text{ N/mm}^2$$

- C çubuğu (mast) kritik kesitinde oluşan eğilme momenti;

$$M = (100 \text{ N} \times 1.000 \text{ mm}) - (50 \text{ N} \times 500 \text{ mm}) = 75 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_e = M / W = 75 \times 10^3 \text{ Nmm} / 166,67 \text{ mm}^3 = 449,9 \text{ N/mm}^2$$

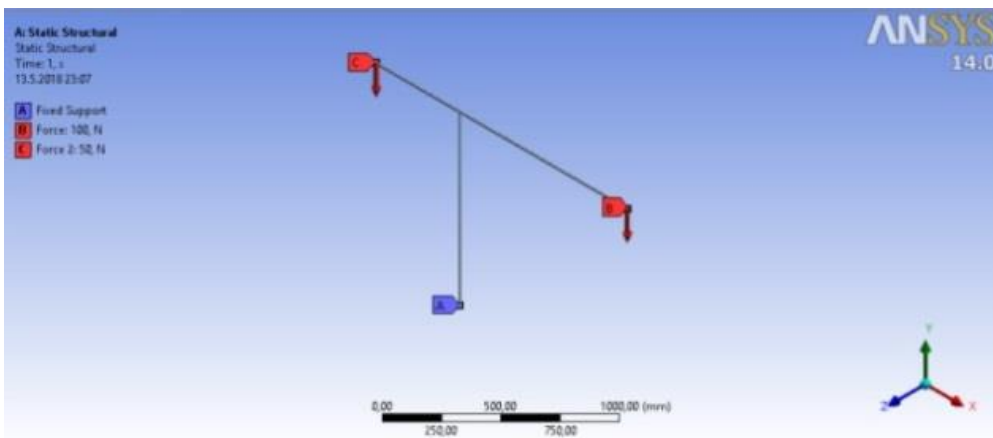
C çubuğu (mast) kritik kesitinde oluşan basma kuvveti;

$$F = 100 \text{ N} + 50 \text{ N} = 150 \text{ N}$$

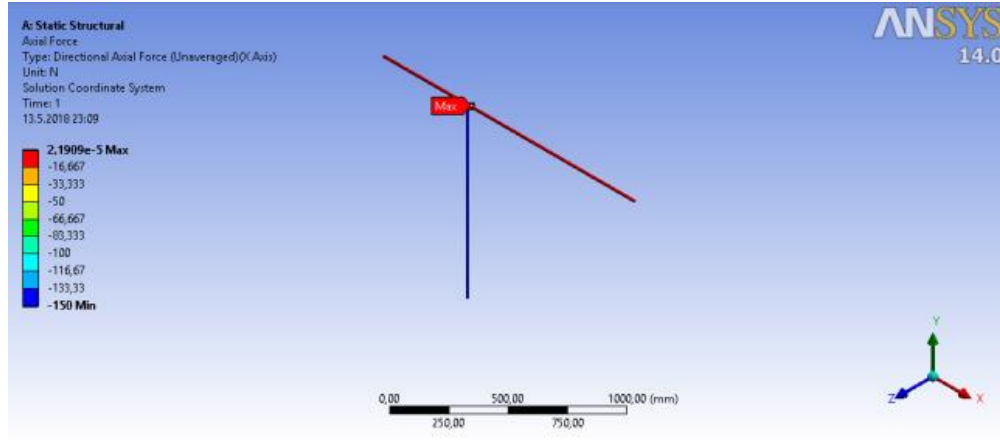
$$\sigma_b = F / A = 150 \text{ N} / 100 \text{ mm}^2 = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sigma_e + \sigma_b = 450 \text{ N/mm}^2$$

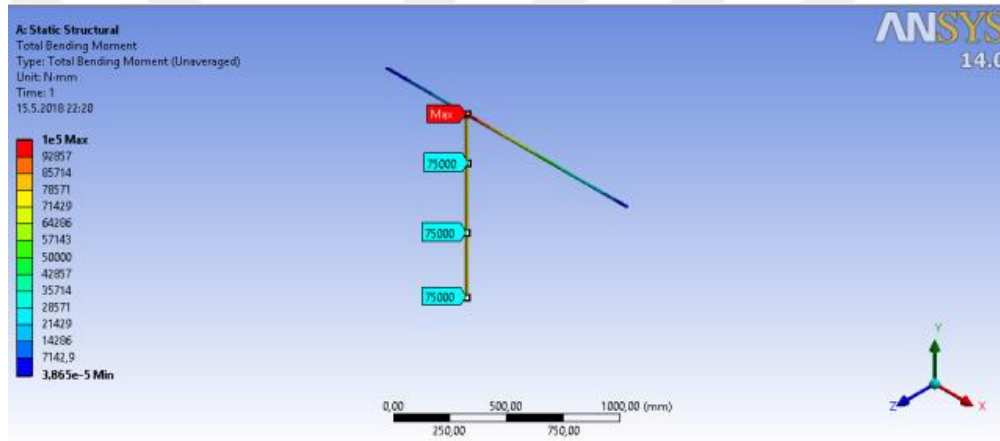
3.19.1.4. Sonlu elemanlar metoduyla çözümleme:



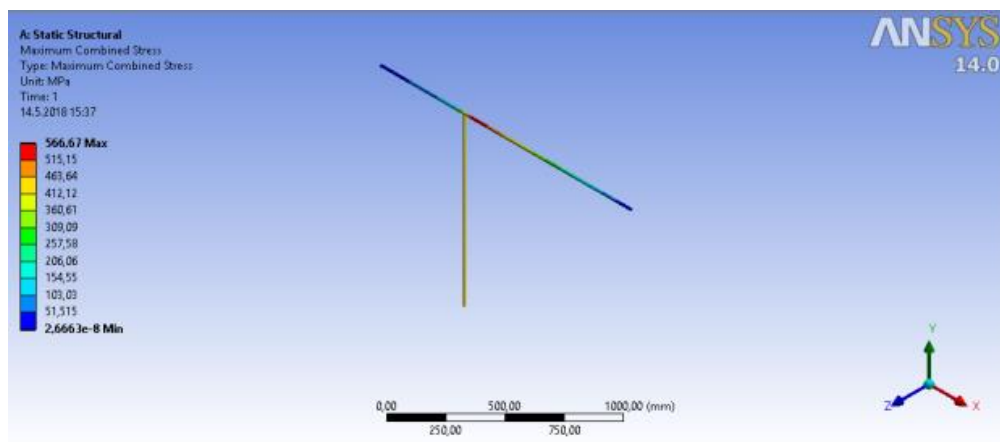
Şekil 3.40. Yapı oluşturulmuş, mesh yapı örülmüş, sınır şartları oluşturulmuştur



Şekil 3.41. Kuvvetleri; a çubuğunda $F = 100$ N, b çubuğunda $F = 50$ N, c çubuğunda $F = 150$ N olarak hesaplanmıştır

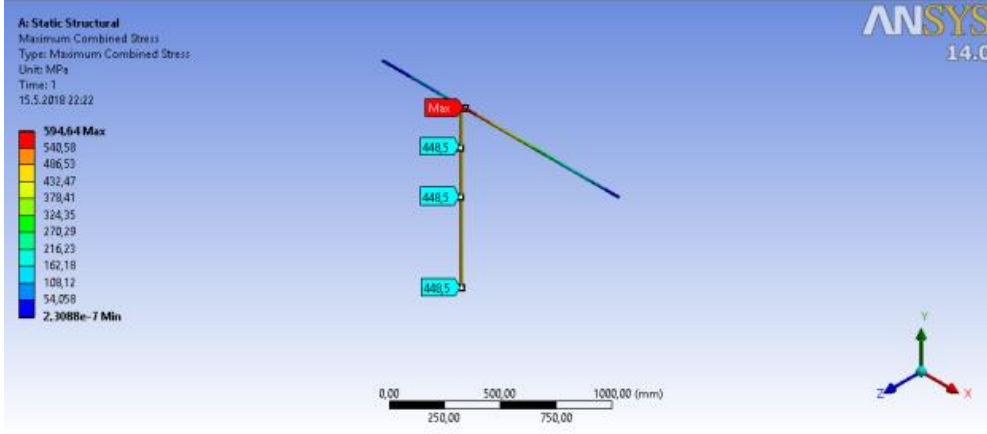


Şekil 3.42. Eğilme momentleri; a çubuğunda $M = 100 \times 10^3$ Nmm, b çubuğunda $M = 25 \times 10^3$ Nmm, c çubuğunda $M = 75 \times 10^3$ Nmm olarak hesaplanmıştır



Şekil 3.43. Birleşik gerilme (a çubuğunda) , $\sigma = 567$ N/mm² olarak hesaplanmıştır

Analitik hesaplanan maksimum gerilme ile sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan analizler arasında farklılık olduğu gözlemlenmiş, akabinde mesh yapıları küçültülerek tekrar çözümü yapılmıştır.



Şekil 3.44. Kritik kesitlerde oluşan birleşik gerilmeler; a çubuğunda $\sigma = 595 \text{ N/mm}^2$, b çubuğunda $\sigma = 150 \text{ N/mm}^2$, c çubuğunda $\sigma = 449 \text{ N/mm}^2$ olarak hesaplanmıştır

3.19.2. Kule vincin oluşturulması ve analizi

3.19.2.1. Sistemin genel özellikleri

Tasarım sırasında mümkün olduğunca standart parçalar kullanılmıştır. Tasarım sırasında gerilme değerlerine göre bazı düzenlemeler yapılmıştır. Sistem mümkün olduğunca hafifletilmiştir.

3.19.2.2. Modelin oluşturulması

Yapı koordinatlar girilerek oluşturulan noktaların çubuklarla birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Profiller oluşturulmuştur.. Katı yapı oluşturulmuştur.

3.19.2.3. Sistemin statik analizi

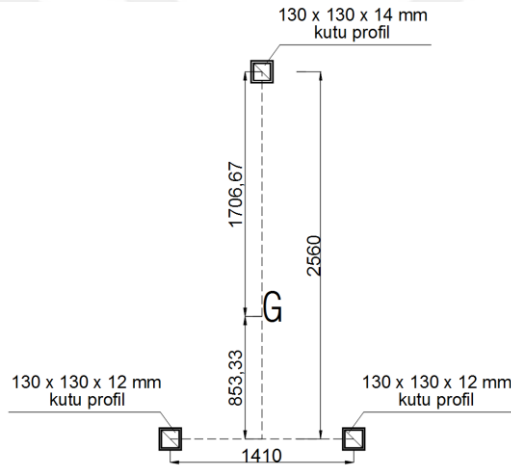
Yapı mesh işlemi yapılarak küçük parçalara bölünmüştür. Düğüm noktaları oluşturulmuştur. Mast tabanından sabitleme yapılmıştır. Bomun taşıdığı yük, karşı taşın ağırlığı, profillerin ve kabinin ağırlıkları, rüzgar kuvveti tanımlanmıştır. Daha sonra çözdürme işlemi yapılmıştır.

3.19.2.4. Modelin hesaplamalarının analitik olarak yapılması

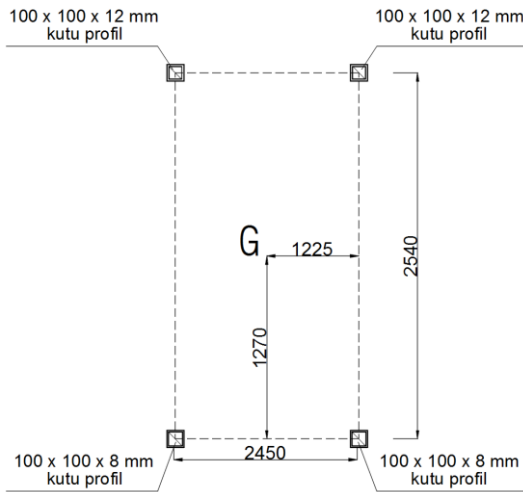
Verilenler;

- 1) Bom uzunluğu; 70 m= 70.000 mm

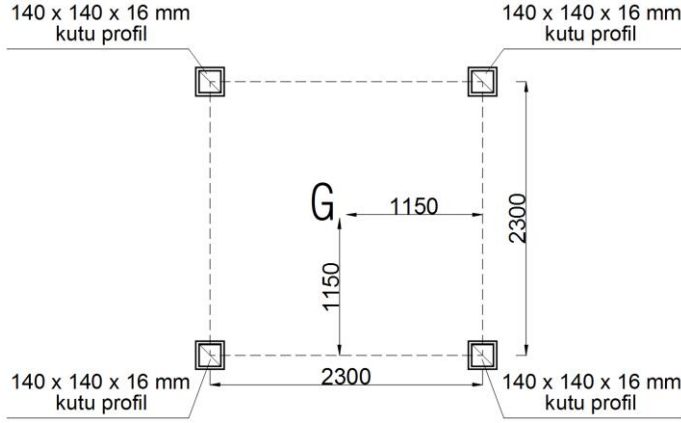
- 2) Bom ağırlığı; 13.860 kg= 138.600 N
- 3) Bomun ağırlık merkezi; 24.985 mm
- 4) Karşı kol uzunluğu; 15,4 m= 15.400 mm
- 5) Karşı kol ağırlığı; 18.730 kg= 187.300 N
- 6) Karşı kolun ağırlık merkezi; 9.235 mm
- 7) Karşı ağırlık; 18 ton = 180.000 N
- 8) BOM ucundaki ağırlık; 2 ton = 20.000 N
- 9) Bomda 25 metredeki ağırlık; 11,7 ton = 117.000 N



Şekil 3.45. Bomda kritik kesit



Şekil 3.46. Karşı kolda kritik kesit



Şekil 3.47. Mastta kritik kesit

Bomun kesit alanı; $A = (130^2 - (130 - 28)^2) + 2 \times (130^2 - (130 - 24)^2) = 17.824 \text{ mm}^2$

Bomun atalet momenti;

$$I_x = 18.935.825.860 \text{ mm}^4 + 8.275.293.807 \text{ mm}^4 = 27.211.119.670 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/3) = 27.211.119.670 \text{ mm}^4 / (2.560/3) = 31.888.030 \text{ mm}^3$$

Karşı kolun kesit alanı; $A = 2 \times (100^2 - (100 - 24)^2) + 2 \times (100^2 - (100 - 16)^2) = 8.448 + 5.888 = 14.336 \text{ mm}^2$

Kolun atalet momenti;

$$I_x = 1.363.688.550 \text{ mm}^4 + 9.505.124.010 \text{ mm}^4 = 23.142.009.510 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/2) = 23.142.009.510 \text{ mm}^4 / (2.540/2) = 18.222.054 \text{ mm}^3$$

Mastın dip kesit alanı; $A = 4 \times (140^2 - (140 - 32)^2) = 31.744 \text{ mm}^2$

Mastın dip atalet momenti;

$$I_x = 4 \times ((140^4/12 - 108^4/12) + ((140^2 - 108^2) \times 1.150^2)) = 42.064.143.700 \text{ mm}^4$$

$$W = I / (h/2) = 42.064.143.700 \text{ mm}^4 / (2.300/2) = 36.577.516 \text{ mm}^3$$

Rüzgar kuvvetinin yapıya etkisi;

Hız kritik değer olan **50 km/h** alınsın.

$$50 \text{ km/h} \times 1.000 / 3.600 = 13,88 \text{ m/sn}$$

$$P = 0,613 \times 10^{-3} \times 13,88^2 = 0,12 \text{ kPa (formül 2.3'e göre hesap yapılmıştır.)}$$

Mast için (54 m); (formül 2.2'ye göre hesap yapılmıştır.)

$$A = 14,5 \times (4,7 + 4,7 + 4,14 + 4,14 + 2,3) = 289,7 \text{ m} \times 0,14 \text{ m} = \mathbf{40,6 \text{ m}^2}$$

$$\text{Kuvvet} = F = 40,6 \times 0,12 \times 1,66 = 8,08 \text{ kN} = \mathbf{8.083 \text{ N}}$$

Bom için;

$$A = 70 \times 2 + 60 \times (2,56 + 2,48) = 442,4 \text{ m} \times 0,13 \text{ m} = \mathbf{57,50 \text{ m}^2}$$

$$\text{Kuvvet} = F = 57,50 \times 0,12 \times 1,56 = 10,76 \text{ kN} = \mathbf{10.760 \text{ N}}$$

Karşı kol için;

$$\text{Yan alan } A = 15,4 \times 2 + 14,9 \times (2,54 + 2,45) = 105,15 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = \mathbf{10,51 \text{ m}^2}$$

$$\text{Kuvvet} = F = 10,51 \times 0,12 \times 2,00 = 2,52 \text{ kN} = \mathbf{2.520 \text{ N}}$$

$$\text{Arka alan } A = 2 \times (2,54 + 2,45 + 3,53) = 17,04 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = \mathbf{1,70 \text{ m}^2}$$

$$\text{Kuvvet} = F = 1,70 \times 0,12 \times 2,00 = 0,41 \text{ kN} = \mathbf{410 \text{ N}}$$

- **Bomdaki yükün 69,5 metrede 2.000 kg. olduğu durumdaki, rüzgar kuvveti dahil hesaplar;**

$$1) \text{Yükün etkidiği mesafe; } 69,5 \text{ m} = 69.500 \text{ mm}$$

$$2) \text{Karşı yükün etkidiği mesafe; } 15,4 - 2,8 = 12,6 \text{ m} = 12.600 \text{ mm}$$

$$3) \text{Karşı ağırlık; } 18 \text{ ton} = 180.000 \text{ N}$$

- **Bom için;**

Eğilme momenti;

$$M = 20.000 \text{ N} \times 69.500 \text{ mm} = 1.390 \times 10^6 \text{ Nmm (yükten)}$$

$$M = 138.600 \text{ N} \times 24.985 \text{ mm} = 3.463 \times 10^6 \text{ Nmm (bomdan)}$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = \mathbf{4.853 \times 10^6 \text{ Nmm}}$$

$$\text{Kolun atalet momenti; } I_x = \mathbf{27.211.119.670 \text{ mm}^4} \text{ (hesaplanmıştı)}$$

$$W = I / (h/3) = \mathbf{31.888.030 \text{ mm}^3} \text{ (hesaplanmıştı)}$$

$$\sigma = M / W = 4.853 \times 10^6 \text{ Nmm} / 31.888.030 \text{ mm}^3 = \mathbf{152,18 \text{ N/mm}^2}$$

Kesme kuvveti;

$$F = 20.000 \text{ N} + 138.600 \text{ N} = \mathbf{158.600 \text{ N}}$$

Kolun kesit alanı; $A = \mathbf{17.824 \text{ mm}^2}$ (hesaplanmıştı)

$$\tau = F / A = 158.600 \text{ N} / 17.824 \text{ mm}^2 = \mathbf{8,89 \text{ N/mm}^2}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad \mathbf{152,95 \text{ N/mm}^2}$$

$$\mathbf{S = 430/152,95 = 2,81} \quad (\text{Ç1040 çeliği})$$

- Karşı ağırlık kolu için;

Eğilme momenti;

$$M = 180.000 \text{ N} \times 12.600 \text{ mm} = 2.268 \times 10^6 \text{ Nmm} \text{ (karşı ağırlıktan)}$$

$$M = 187.300 \text{ N} \times 9.235 \text{ mm} = 1.729,7 \times 10^6 \text{ Nmm} \text{ (karşı koldan)}$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = \mathbf{3.997,7 \times 10^6 \text{ Nmm}}$$

Kolun atalet momenti; $I_x = \mathbf{23.142.009.510 \text{ mm}^4}$ (hesaplanmıştı)

$$W = I / (h/2) = \mathbf{18.222.054 \text{ mm}^3}$$
 (hesaplanmıştı)

$$\sigma = M / W = 3.997,7 \times 10^6 \text{ Nmm} / 18.222.054 \text{ mm}^3 = \mathbf{219,38 \text{ N/mm}^2}$$

Kesme kuvveti;

$$F = 180.000 \text{ N} + 187.300 \text{ N} = \mathbf{367.300 \text{ N}}$$

Kolun kesit alanı; $A = \mathbf{14.336 \text{ mm}^2}$ (hesaplanmıştı)

$$\tau = F / A = 367.300 \text{ N} / 14.336 \text{ mm}^2 = \mathbf{25,62 \text{ N/mm}^2}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad \mathbf{223,82 \text{ N/mm}^2}$$

$$\mathbf{S = 430/223,82 = 1,92} \quad (\text{Ç1040 çeliği})$$

- **Mast için;**

$$M = (20.000 \text{ N} \times 69.500 \text{ mm}) - (180.000 \text{ N} \times 12.600 \text{ mm}) + (138.600 \text{ N} \times 24.985 \text{ mm}) - (187.300 \text{ N} \times 9.235 \text{ mm}) = \mathbf{855,2 \times 10^6 \text{ Nmm}}$$
 (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)

$$M = (8.083 \text{ N} \times 27.000 \text{ mm}) + (410 \text{ N} \times 54.000 \text{ mm}) = \mathbf{240 \times 10^6 \text{ Nmm}}$$
 (rüzgardan)

$$M_{\text{TOPLAM}} = 855,2 \times 10^6 \text{ Nmm} + 240 \times 10^6 \text{ Nmm} = \mathbf{1.095,2 \times 10^6 \text{ Nmm}}$$

$$\sigma_e = M / W = 1.095,2 \times 10^6 \text{ Nmm} / 36.577.516 \text{ mm}^3 = \mathbf{29,94 \text{ N/mm}^2}$$

$$F = 20.000 \text{ N} + 138.600 \text{ N} + 180.000 \text{ N} + 187.300 \text{ N} = \mathbf{525.900 \text{ N}}$$
 (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)

$$F = 8.083 \text{ N} + 410 \text{ N} = \mathbf{8.493 \text{ N}}$$
 (rüzgardan)

$$F_{\text{TOPLAM}} = \mathbf{534.393 \text{ N}}$$

$$\sigma_b = F / A = 534.393 \text{ N} / 31.744 \text{ mm}^2 = \mathbf{16,8 \text{ N/mm}^2}$$

$$\sigma_v = \sigma_e + \sigma_b = \mathbf{46,74 \text{ N/mm}^2}$$

$$\mathbf{S = 355/46,74 = 7,59}$$
 (St 52 çeliği)

- **Bomdaki yükün 25 metrede 11.700 kg. olduğu durumdaki, rüzgar kuvveti dahil hesaplar;**

1) Yükün etkidiği mesafe; 25 m = 25.000 mm

2) Karşı yükün etkidiği mesafe; 15,4 – 2,8 = 12,6 m = 12.600 mm

3) Karşı ağırlık; 18 ton = 180.000 N

- **Bom için;**

Eğilme momenti;

$$M = 117.000 \text{ N} \times 25.000 \text{ mm} = 2.925 \times 10^6 \text{ Nmm}$$
 (yükten)

$$M = 138.600 \text{ N} \times 24.985 \text{ mm} = 3.463 \times 10^6 \text{ Nmm}$$
 (bomdan)

$$M_{\text{TOPLAM}} = \mathbf{6.388 \times 10^6 \text{ Nmm}}$$

Kolun atalet momenti; $I_x = \mathbf{27.211.119.670 \text{ mm}^4}$ (hesaplanmıştı)

$$W = I / (h/3) = \mathbf{31.888.030 \text{ mm}^3}$$
 (hesaplanmıştı)

$$\sigma = M / W = 6.388 \times 10^6 \text{ Nmm} / 31.888.030 \text{ mm}^3 = \mathbf{200,32 \text{ N/mm}^2}$$

Kesme kuvveti;

$$F = 117.000 \text{ N} + 138.600 \text{ N} = \mathbf{255.600 \text{ N}}$$

Kolun kesit alanı; $A = \mathbf{17.824 \text{ mm}^2}$ (hesaplanmıştı)

$$\tau = F / A = 255.600 \text{ N} / 17.824 \text{ mm}^2 = \mathbf{14,34 \text{ N/mm}^2}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad \mathbf{201,85 \text{ N/mm}^2}$$

$$\mathbf{S = 430/201,85 = 2,13} \quad (\text{Ç1040 çeliği})$$

- **Mast için;**

$$M = (117.000 \text{ N} \times 25.000 \text{ mm}) - (180.000 \text{ N} \times 12.600 \text{ mm}) + (138.600 \text{ N} \times 24.985 \text{ mm}) - (187.300 \text{ N} \times 9.235 \text{ mm}) = \mathbf{2.390,2 \times 10^6 \text{ Nmm}} \text{ (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)}$$

$$M = (8.083 \text{ N} \times 27.000 \text{ mm}) + (410 \text{ N} \times 54.000 \text{ mm}) = \mathbf{240 \times 10^6 \text{ Nmm}} \text{ (rüzgardan)}$$

$$M_{\text{TOPLAM}} = 2.390,2 \times 10^6 \text{ Nmm} + 240 \times 10^6 \text{ Nmm} = \mathbf{2.630,2 \times 10^6 \text{ Nmm}}$$

$$\sigma_e = M / W = 2.630,2 \times 10^6 \text{ Nmm} / 36.577.516 \text{ mm}^3 = \mathbf{71,9 \text{ N/mm}^2}$$

$$F = 117.000 \text{ N} + 138.600 \text{ N} + 180.000 \text{ N} + 187.300 \text{ N} = \mathbf{622.900 \text{ N}} \text{ (yük ve konstrüksiyon ağırlığından)}$$

$$F = 8.083 \text{ N} + 410 \text{ N} = \mathbf{8.493 \text{ N}} \text{ (rüzgardan)}$$

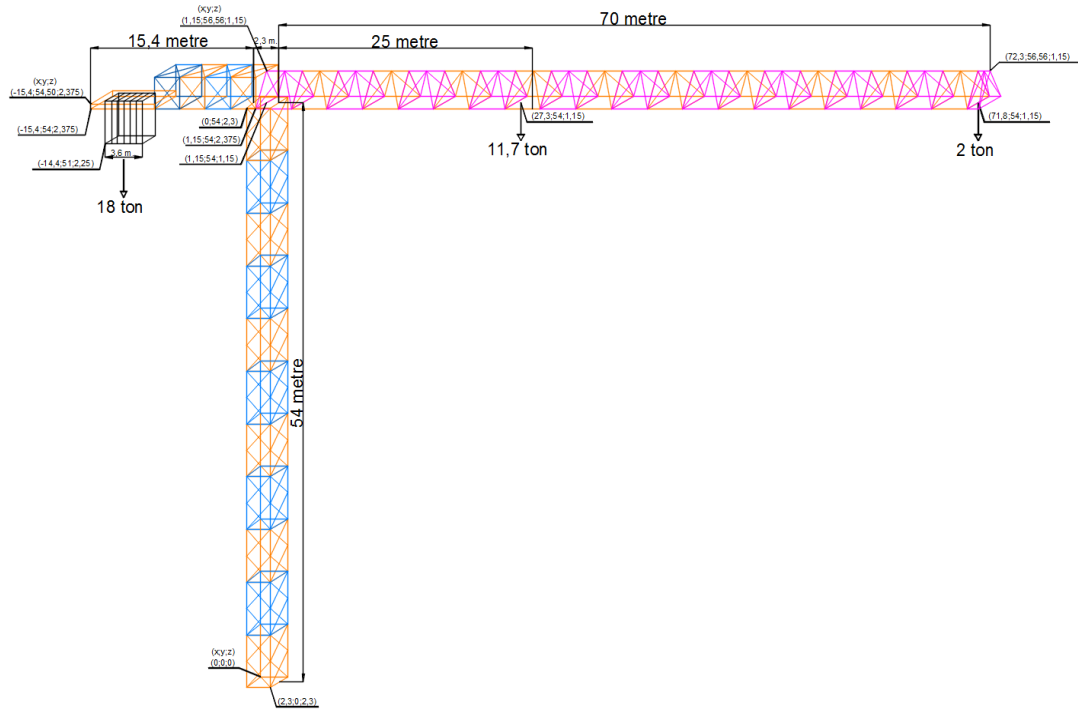
$$F_{\text{TOPLAM}} = \mathbf{631.393 \text{ N}}$$

$$\sigma_b = F / A = 631.393 \text{ N} / 31.744 \text{ mm}^2 = \mathbf{19,8 \text{ N/mm}^2}$$

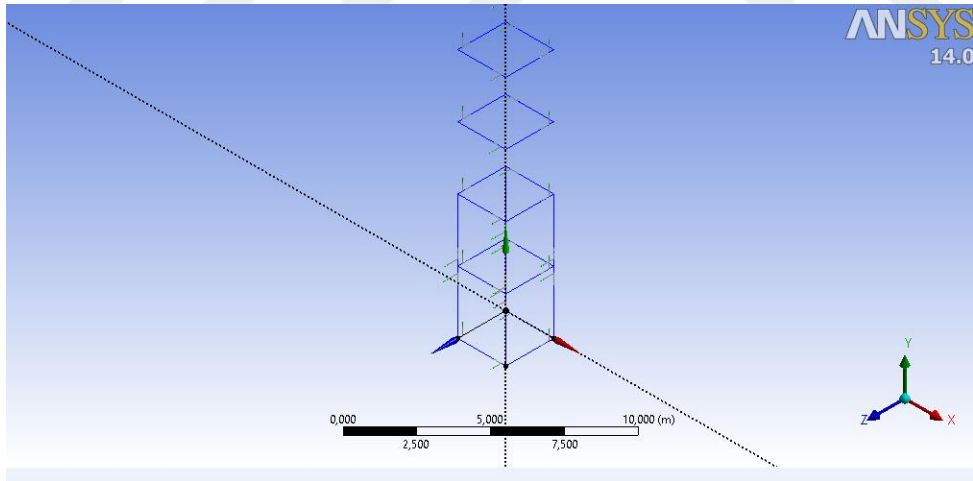
$$\sigma_v = \sigma_e + \sigma_b = \mathbf{91,7 \text{ N/mm}^2}$$

$$\mathbf{S = 355/91,7 = 3,87} \quad (\text{St 52 çeliği})$$

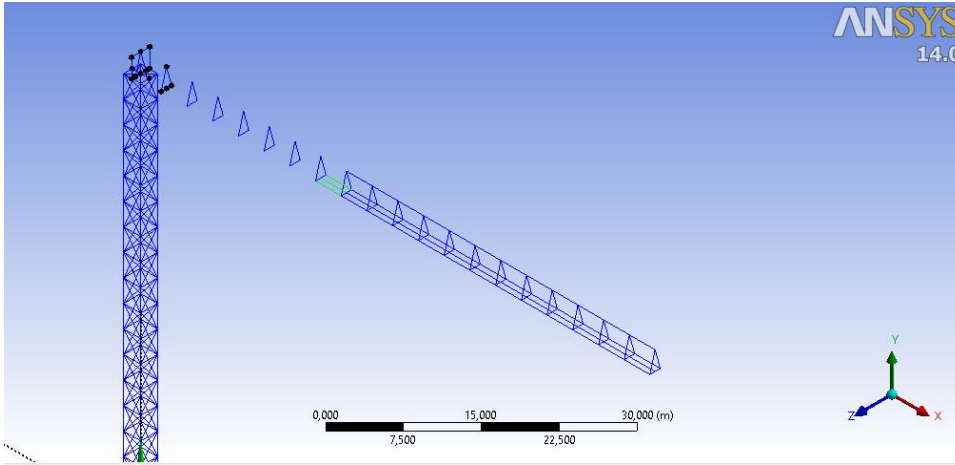
3.19.3. Sistemin matematiksel modellenmesi



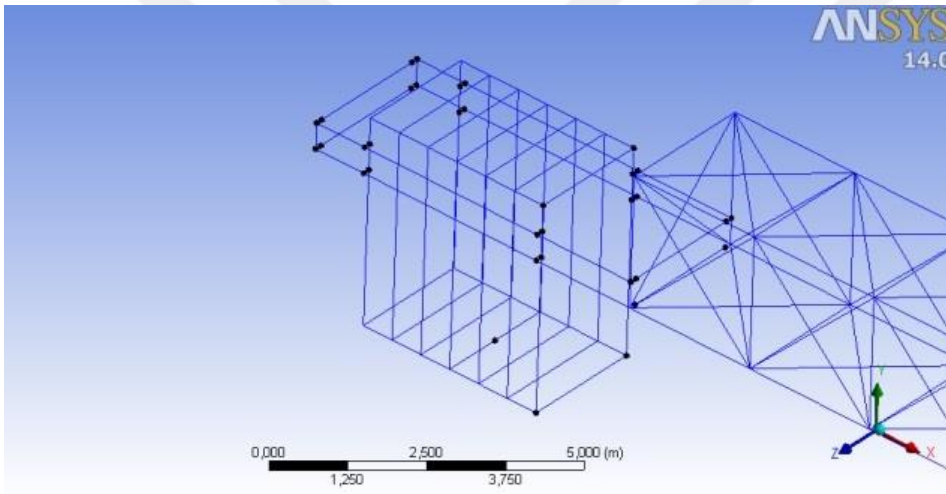
Şekil 3.48. Kule vincin koordinatları



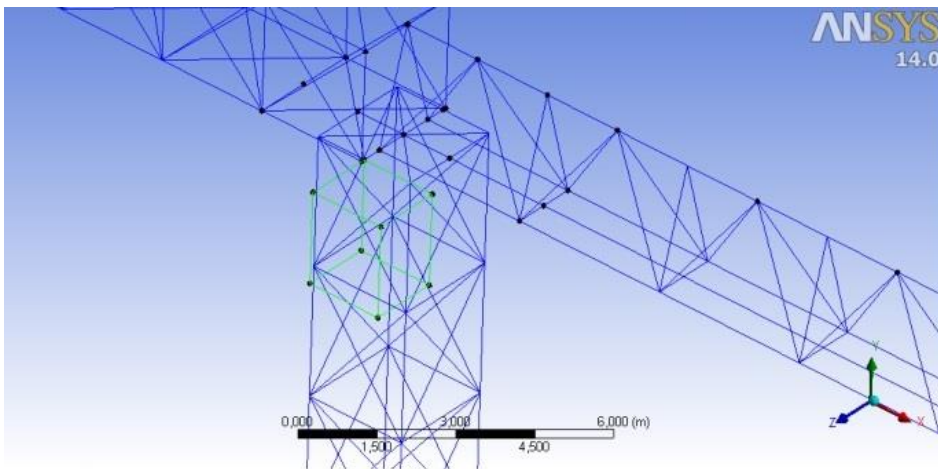
Şekil 3.49. Mast blokları şablonu



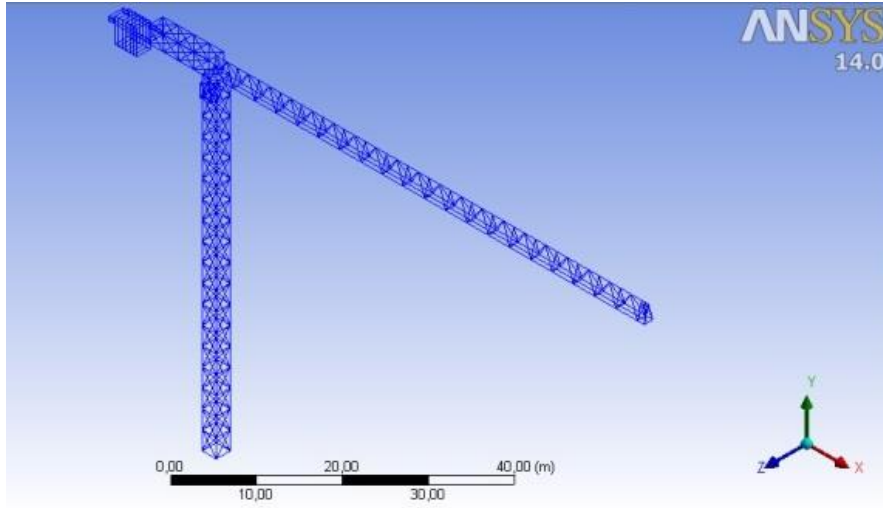
Şekil 3.50. Bom blokları şablonu



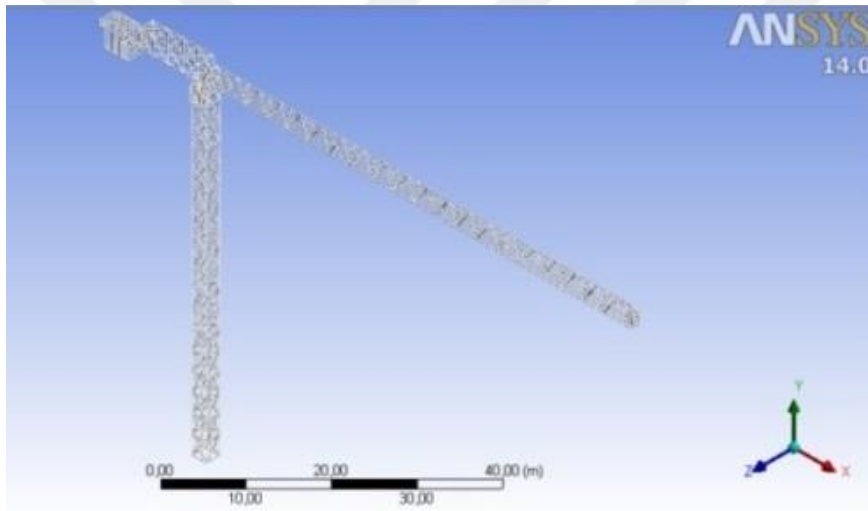
Şekil 3.51. Karşı ağırlık tasarımı



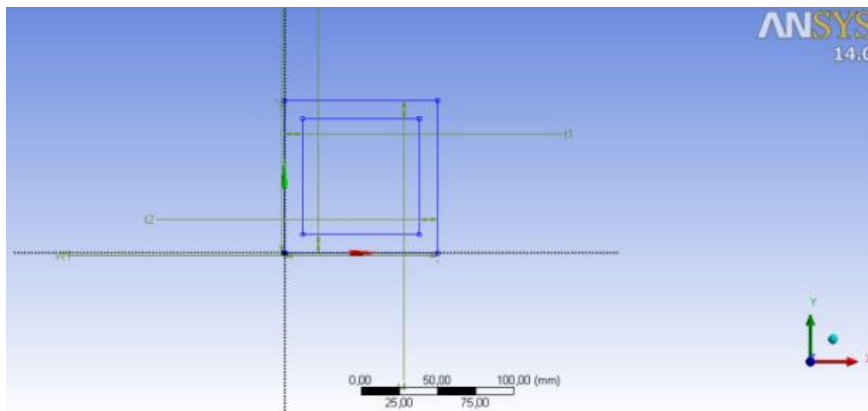
Şekil 3.52. Operatör kabini koordinatları



Şekil 3.53. Kule vinç şablonu



Şekil 3.54. Oluşturulan kule vinç



Şekil 3.55. Kule vinç tasarımında kullanılan farklı kutu profillerden bir örnek

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kule Vinçlerin Aynı Yüklemede, Aynı Bom Uzunluğunda Fakat Farklı Mast Ebatları ve Mast Profilleri Kullanılarak Yapılan Hesap Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Yorumlanması

Çizelge 4.1.a. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları

Mast yüksekliği	Bom uzunluğu	Karşı kol uzunluğu	2,30 x 2,30 m ebatlarında, 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan mast için emniyet katsayısı	2,45 x 2,45 m ebatlarında, 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan mast için emniyet katsayısı
61,6 m	70 m	16,5 m	$S = 355/31$ $S = 11,4$	$S = 355/40,5$ $S = 8,76$
54 m	70 m	16,5 m	$S = 355/26,5$ $S = 13,4$	$S = 355/34,8$ $S = 10,2$

Çizelge 4.1.b. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları

Mast yüksekliği	Bom-daki ağırlık	Bomda yükün konumu	Karşı ağırlık	2,30 x 2,30 m ebatlarında, 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan mast için emniyet katsayısı	2,45 x 2,45 m ebatlarında, 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan mast için emniyet katsayısı
61,6 m	2 ton	69,5 m	18 ton	$S = 355/35,67$ $S = 9,90$	$S = 355/47,75$ $S = 7,40$
61,6 m	11,7 ton	25 m	18 ton	$S = 355/93,7$ $S = 3,78$	$S = 355/125,3$ $S = 2,83$
54 m	2 ton	69,5 m	18 ton	$S = 355/33,64$ $S = 10,5$	$S = 355/45,50$ $S = 7,80$
54 m	11,7 ton	25 m	18 ton	$S = 355/92,0$ $S = 3,85$	$S = 355/122,9$ $S = 2,89$

Yukarıdaki verilerden ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan mastın dip kesitinde oluşan gerilmelerin, ebatları 2,45 m x 2,45 m olan ve 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan mastın dip kesitinde oluşan gerilmelere nazaran daha az olduğu, dolayısıyla emniyet katsayısının daha büyük olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Buradan yola çıkılarak, mast ebatlarını daha dar tutup mastı oluşturan profilleri daha büyük ve et kalınlığı fazla alınca daha mukavemetli sonuç elde edilmektedir.

4.2. Yaklaşık Toplam Kaynak Dikişi Uzunluğunun ve Kaynak Dikişi Kalınlığının Hesaplama Sonuçlarının Karşılaştırılması

- Mast ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve mastı 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan kule vinç için yaklaşık kaynak dikişi hesapları yapılmıştır,
- Mast ebatları 2,45 m x 2,45 m olan ve mastı 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan kule vinç için yaklaşık kaynak dikişi hesapları yapılmıştır,
- 70 metrelik bom için yaklaşık kaynak dikişi hesapları yapılmıştır,
- Karşı kol için yaklaşık kaynak dikişi hesapları yapılmıştır ve karşılaştırmalar aşağıdaki çizelgelerde yapılmıştır.

4.2.1. Kaynak dikişi uzunluğu hesap sonuçları

Çizelge 4.2. Farklı mast ebatlarındaki kule vinçlerde kullanılan toplam kaynak dikişi uzunlukları

Parça	54 m yüksekliğinde mast (2,30 m x 2,30m)	54 m yüksekliğinde mast (2,45 m x 2,45m)	70 m uzunluğun da bom	16,5 m uzunluğunda karşı kol
Yaklaşık kaynak dikişi uzunluğu	280,4 m	184,7 m	121,8 m	54 m

4.2.2. Kaynak dikişi kalınlığı hesap sonuçları

Çizelge 4.3. Bomdaki yükün 25 metrede 11.700 kg. olduğu durumdaki hesaplar

	Kaynak dikiş kalınlığı 8 mm	Kaynak dikiş kalınlığı 10 mm	Kaynak dikiş kalınlığı 14 mm
1)Ebatları 2,45 m x 2,45 m olan ve 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan 54 metre uzunluğundaki mastın konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesap sonuçları	$S = 227/158$ $S = 1,43$	$S = 227/125$ $S = 1,8$	
2)Ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan 54 metre uzunluğundaki mastın konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesap sonuçları	$S = 227/154,3$ $S = 1,47$	$S = 227/121,6$ $S = 1,84$	
3)70 metre uzunluğundaki bomun konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesap sonuçları(Üçgenin tepesindeki profil 130 x 130 x 14 mm,üçgenin tabanındaki profiller 130 x 130 x 12 mm)		$S = 275/291$ $S = 0,94$	$S = 275/204$ $S = 1,34$
4)16,5 metre uzunluğundaki karşı kolun konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesap sonuçları(Dikdörtgenin üst köşe profilleri 100 x 100 x 12 mm,dikdörtgenin alt köşe profilleri 100 x 100 x 8 mm)(Karşı ağırlık 18 ton)		$S = 275/290$ $S = 0,94$	$S = 275/199$ $S = 1,39$

Çizelge 4.4. Bomdaki yükün 69,5 metrede 2.000 kg. olduğu durumdaki hesaplar

	Kaynak dikiş kalınlığı 8 mm	Kaynak dikiş kalınlığı 10 mm	Kaynak dikiş kalınlığı 14 mm
1)Ebatları 2,45 m x 2,45 m olan ve 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan 54 metre uzunluğundaki mastın konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesap sonuçları	S = 227/58,3 S = 3,8	S = 227/46 S = 4,9	
2)Ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan 54 metre uzunluğundaki mastın konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesap sonuçları	S = 227/56,1 S = 4,0	S = 227/44,3 S = 5,1	
3)70 metre uzunluğundaki bomun konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesap sonuçları(Üçgenin tepesindeki profil 130 x 130 x 14 mm,üçgenin tabanındaki profiller 130 x 130 x 12 mm)		S = 275/219 S = 1,25	S = 275/257 S = 1,75
4)16,5 metre uzunluğundaki karşı kolun konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi kalınlığının hesap sonuçları(Dikdörtgenin üst köşe profilleri 100 x 100 x 12 mm,dikdörtgenin alt köşe profilleri 100 x 100 x 8 mm)(Karşı ağırlık 18 ton)		S = 275/290 S = 0,94	S = 275/199 S = 1,39

Çizelgelerden anlaşılıyor ki; Masttaki kaynak dikiş kalınlığının 8 ila 10 mm olması uygunken, bom ve karşı kol için ise 10 ila 14 mm kalınlıkta kaynak dikişi gerekmektedir.

4.3. Yapıda Kullanılan Profil Ebatlarını, Et Kalınlıklarını Azaltarak Hesaplamaların Yapılması ve Sonuçların Karşılaştırılması

Kule vinçlerde kafes ebatlarının ya da profil ebatlarının, bağlama elemanlarının standartlara bağlı kalarak değiştirilmesiyle, kullanılan malzemeden, ağırlıktan ve maliyetten tasarruf sağlanabileceği hesaplamalarla gösterilmiştir.

Bomun en uç kısmındaki parçaya etkiyen kuvvet; 2.000 kg yük,araba,tertibat,vb... ağırlığı ve kendi ağırlığından oluşmaktadır.

Parça üzerinde eğilmeden ve kesme kuvvetinden ötürü oluşan bileşke gerilmenin küçük çıktığı ,dolayısıyla emniyet katsayısının farklı profiller denenmesine karşın büyük değerler olduğu görülmektedir.

Buradan yola çıkarak; Bomun uç parçasının fazla yük taşımadığı ,sadece kedinin uçta ileri hareketini sağlayacak karkas yapı oluşturduğu, bunun için bu bölgedeki profil ebatlarının ve profil et kalınlığının küçük ebatlarda seçilmesi mümkündür.

Ayrıca bomun farklı bölgelerindeki profil ebatlarının daha küçük ebatlarda ve profil et kalınlığının daha ince seçilmesi mümkündür.

4.3.1. Aynı yüklemede, aynı bom uzunluğunda fakat farklı mast ebatları ve mast profilleri kullanılarak yapılan hesap sonuçlarının karşılaştırılması ve yorumlanması

Hesaplanan verilerden ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan mastın dip kesitinde oluşan gerilmelerin, ebatları 2,45 m x 2,45 m olan ve 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan mastın dip kesitinde oluşan gerilmelere nazaran daha az olduğu ,dolayısıyla emniyet katsayısının daha büyük olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Buradan yola çıkılarak, mast ebatlarını daha dar tutup mastı oluşturan profilleri daha büyük ve et kalınlığı fazla alınca daha mukavemetli sonuç elde edilmektedir.

4.3.1.1. Toplam mast ağırlığı açısından kıyaslama;

54 metre Mast yüksekliği için;

- 2,30 x 2,30 m ebatlarında,140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan mastın toplam ağırlık hesabı;

Mast bloklarının yüksekliği 4,14 metredir.

Toplam; $54/4,14 = 14$ adet Mast parçası vardır.

Bir parçadaki profil uzunluğu; $28 \times (2,30 \times 4) + 14 \times (4,14 \times 4) + 14 \times (4,75 \times 4) = 755,4$ metre

$$140 \times 140 \times 16 \text{ profilin alanı; } (140^2 - (140 - 32)^2) = 7.936 \text{ mm}^2 = 0,7936 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ metresi; } 1 \times 0,7936 \times 10^{-2} = 0,7936 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ metresinin kütlesi; } 7.810 \times 0,7936 \times 10^{-2} = 61 \text{ kg}$$

$$\text{Toplam; } 755,4 \times 61 = 46.081 \text{ kg} = 46,08 \text{ ton}$$

• **2,45 x 2,45 m ebatlarında, 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan mastın toplam ağırlık hesabı;**

Mast bloklarının yüksekliği 5,8 metredir.

$$\text{Toplam; } 54/5,8 = 11 \text{ adet Mast parçası vardır.}$$

Bir parçadaki profil uzunluğu; $22 \times (2,45 \times 4) + 11 \times (5,8 \times 4) + 11 \times (6,5 \times 4) = 756,8$ metre

$$130 \times 130 \times 12 \text{ profilin alanı; } (130^2 - (130 - 24)^2) = 5.664 \text{ mm}^2 = 0,5664 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ metresi; } 1 \times 0,5664 \times 10^{-2} = 0,5664 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ metresinin kütlesi; } 7.810 \times 0,5664 \times 10^{-2} = 46 \text{ kg}$$

$$\text{Toplam; } 756,8 \times 46 = 34.820 \text{ kg} = 34,82 \text{ ton}$$

Çizelge 4.5. Farklı ebatlarda mastların profil ağırlıkları

Parça	54 m yüksekliğinde mast (2,30 m x 2,30m)/ 140 x 140 x 16 mm profil	54 m yüksekliğinde mast (2,45 m x 2,45m)/ 130 x 130 x 12 mm profil
Yaklaşık profil ağırlığı	46,08 ton	34,82 ton

4.3.1.2. Toplam kaynak dikişi uzunluğu ve kaynak dikişi genişliği açısından kıyaslama;

• **2,30 x 2,30 m ebatlarında, 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan mastın toplam kaynak dikişi uzunluğu hesabı;**

Bir köşedeki kaynak dikiş uzunluğu=

$$L = (198 \times 2 + 140 \times 2) + (140 \times 4) + (100 + 140 + 100) + (100 + 140 + 100) = 1.916 \text{ mm}$$

Mastın bir parçasında 8 adet köşe vardır.

$$l = 4,1 \text{ m} / 2 = 2,05 \text{ m}$$

$$\text{Mast parçası adeti} = \text{Mast toplam uzunluğu} / 2,05 \text{ m} = 54 \text{ m} / 2,05 \text{ m} = 27 \text{ adet}$$

Bunların bir yatay kenarları ortaktır.

$$L_{\text{top}} = (27 \times 8/2) \times ((198 \times 2 + 140 \times 2) + (140 \times 4)) + (27 \times 8) \times ((100 + 140 + 100) + (100 + 140 + 100))$$

$$L_{\text{top}} = 108 \times 1.236 + 216 \times 680 = \mathbf{280.370 \text{ mm} = 280,4 \text{ m}}$$
 kaynak dikişi gerekmektedir.

• **2,45 x 2,45 m ebatlarında, 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan mastın toplam kaynak dikişi uzunluğu hesabı;**

Bir köşedeki kaynak dikiş uzunluğu=

$$L = (185 \times 2 + 130 \times 2) + (130 \times 4) + (95 + 130 + 95) + (95 + 130 + 95) = \mathbf{1.790 \text{ mm}}$$

Mastın bir parçasında 8 adet köşe vardır.

$$l = 5,8 \text{ m} / 2 = 2,9 \text{ m}$$

$$\text{Mast parçası adeti} = \text{Mast toplam uzunluğu} / 2,9 \text{ m} = 54 \text{ m} / 2,9 \text{ m} = 19 \text{ adet}$$

Bunların bir yatay kenarları ortaktır.

$$L_{\text{top}} = (19 \times 8/2) \times ((185 \times 2 + 130 \times 2) + (130 \times 4)) + (19 \times 8) \times ((95 + 130 + 95) + (95 + 130 + 95))$$

$$L_{\text{top}} = 76 \times 1.150 + 152 \times 640 = \mathbf{184.680 \text{ mm} = 184,7 \text{ m}}$$
 kaynak dikişi gerekmektedir.

Çizelge 4.6. Farklı ebatlarda mastların kaynak dikişi uzunlukları

Parça	54 m yüksekliğinde mast (2,30 m x 2,30m) / 140 x 140 x 16 mm profil	54 m yüksekliğinde mast (2,45 m x 2,45m) / 130 x 130 x 12 mm profil
Yaklaşık kaynak dikişi uzunluğu	280,4 m	184,7 m

Ayrıca; Her iki mast içinde 8 mm kaynak dikiş kalınlığının yeterli olduğu ön sayfalarda detaylı olarak hesaplanmıştır.

4.3.1.3. Toplam maliyet açısından kıyaslama;

- 2,30 x 2,30 m ebatlarında, 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan mastın toplam maliyet hesabı;

a) Profil maliyeti;

Çizelge 4.7. Mastın profil maliyeti

	Alan (m ²)	ağırlık (kg/m)	toplam uzunluk (m)	toplam ağırlık (kg)	metre fiyatı (TL/m)	toplam fiyat (TL)
140 x 140 x 16 kutu profil	0,7936 x 10 ⁻²	61	755,4	46.081	126,27	95.384,36
TOPLAM						95.384,36
% 18 KDV						17.169,18
GENEL TOPLAM						112.553,54

b) Elektrot maliyeti;

1 m kaynak yapmak için gerekli elektrod sayısı;

$$n = \frac{P}{P_0} \quad n = \frac{10^3 \cdot C \cdot e^2}{5 \cdot d^2 \cdot l} \quad (4.1)$$

Burada;

e = Kaynak yapılacak profilin et kalınlığı.

d = Elektrot çapı.

l = Kaynak dikişi uzunluğu.

C= Kaynak ağzının şekline göre değişen bir katsayıdır. Çeşitli şekillere göre C değeri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Formülünden görüldüğü üzere elektrot hesabında kaynak dikişi kalınlığının önemi yoktur. Lakin, elektrot çapının ve parçaların et kalınlığının önemi vardır.

Çizelge 4.8. Kaynak ağzının şekline göre değişen katsayı

Hazırlık	Kaynak ağzı açısı					Dikiş		
	$\alpha = 50^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 70^\circ$	$\alpha = 80^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	İç bükey	Düz	Dış bükey
							10 e ²	
	4,3 e ²	5,4 e ²	6,6 e ²	7,8 e ²	9,4 e ²			
	4,5 e ²	5,8 e ²	7 e ²	8,5 e ²	10 e ²			
	2 e ²	2,6 e ²	3,2 e ²	3,8 e ²	4,5 e ²			
	2,3 e ²	2,9 e ²	3,5 e ²	4,2 e ²	5 e ²			
	3 e ²	3,7 e ²	4,5 e ²	5,4 e ²	6,4 e ²			
	1,6 e ²	1,9 e ²	2,3 e ²	2,7 e ²	3,2 e ²			
						2,5 h ²	4 h ²	5 h ²
						2,5 hh'	4 hh'	5 hh'
	4,3 e ² ilâ 4,5 e ²	5,4 e ² ilâ 5,8 e ²	6,6 e ² ilâ 7 e ²	7,8 e ² ilâ 8,5 e ²	9,4 e ² ilâ 10 e ²			
	2,3 e ²	2,9 e ²	3,5 e ²	4,2 e ²	5 e ²			

Ayrıca maliyet hesaplarında randıman faktörünün dikkat nazara alınması gerekir ki bu çok sayıda etmene göre değişir. Örneğin;

—yapılan işin türü,

—kaynak yönetimi,

—işçilik niteliği,

—işin yapıldığı yer : atölye ya da şantiye (tersane) vb...Aşağıdaki tabloda , işin türüne göre **p katsayısı** için rakamlar verilmiştir :

Çizelge 4.9. Kaynakta işin türüne göre p katsayısı

İşin türü	ρ atölye		ρ tersane	
	çalışma		çalışma	
	çırakla	çıraksız	çırakla	çıraksız
Hafif doğrama	% 50-60	% 25-40	% 40-50	%15-25
Ağır doğrama	% 60-80	% 40-60	% 20-35	
Makina bankoları	% 70-80	% 50-60		
Kazancılık	% 65-75	% 45-55		

$$e = 16 \text{ mm} = 0,016 \text{ m}$$

$$d = 2,5 \text{ mm} = 0,0025 \text{ m}$$

$$l = 280,4 \text{ m}$$

$$C = 6,6$$

$$n = \frac{10^3 \cdot C \cdot e^2}{5 \cdot d^2 \cdot l} \quad (\text{formül 4.1'e göre hesaplar yapılmıştır.})$$

$$n = (10^3 \times 6,6 \times 0,016^2) / (5 \times 0,0025^2 \times 280,4) = 193 \text{ adet}$$

$$\%70 \text{ randımanla} = 193 \times 100 / 70 = 276 \text{ adet elektrot gerekmektedir.}$$

1 paket kaynak elektrodu = 17 TL+KDV olup, pakette 100 adet elektrot vardır.

O zaman elektrot maliyeti = 47 TL+KDV = **56 TL**

c) Sarf malzeme ve işçilik maliyeti;

1 saatte ergiyen elektrod sayısı

$$T = \frac{45 \cdot C e^2}{d^{1,5}}$$

1 m kaynak yapmak için gerekli süre (sn) olup , $\frac{3600}{T}$ bir saatte yapılan kaynak uzunluğudur.

1 m kaynak yapmak için gerekli elektrod sayısı olduğuna göre bir saatte ergiyen elektrod sayısı:

$$\begin{aligned} N &= n \cdot \frac{3600}{T} \\ &= \frac{C \cdot e^2}{2,25 d^2} \cdot \frac{3600}{45 C \cdot e^2} \cdot d^{1,5} = \frac{36}{\sqrt{d}} \text{ olur.} \end{aligned}$$

Buradan , bir saatte ergiyen elektrod sayısının kaynak genişliğine değil , sadece elektrod çapına bağlı olduğu görülür.

Elektrodun çalışma koşulları ve elektrodun cinsine bağlı k kullanılma katsayısı hesaba katıldığında

$$N = k \cdot \frac{36}{\sqrt{d}} \text{ olur.}$$

k , % 60 ile 80 arasında değişir.

$$d = 2,5 \text{ mm} = 0,0025 \text{ m için}$$

1 metre kaynak dikişi yapabilmek için gereken süre=

$$N = (100/80) \times 36 / \sqrt{0,0025} = 900 \text{ saniye} = \mathbf{15 \text{ dakika.}}$$

O zaman 1 kaynak işçisi saatte ortalama 4 metre kaynak dikişi yapabilmektedir.

Bir kaynak işçisinin saatlik ücreti; 25 TL+KDV olarak ve günde ortalama 8 saat çalıştığı düşünülürse;

Kaynak işçisi günde; $4 \times 8 = 32$ metre kaynak yapabilir.

$l = 280,4$ metre dikiş için; $280,4 \text{ m} / 4 \text{ m} = 70$ saat çalışmalıdır.

İşçi maliyeti = $20 \times 70 = 1.400$ TL+KDV= 1.650 TL

Emniyet için sarf malzeme,nakliye,montaj...fiyatı ve işçilik ücreti olarak;malzeme fiyatının % 40'ı öngörülür.

Burada malzeme fiyatı;

Malzeme fiyatı= 112.553,54 TL(profil fiyatı)+56 TL(elektrot fiyatı) = 112.609,54 TL

Emniyet için sarf malzeme,nakliye,montaj...fiyatı ve işçilik ücreti = 112.609,54 x 40 / 100 = 45.045 TL

Özetlenirse; 2,30 x 2,30 m ebatlarında,140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan mastın toplam maliyeti;

-Profil ve elektrot maliyeti = 112.609,54 TL

- Sarf malzeme,nakliye,montaj... fiyatı ve işçilik ücreti = 45.045,00 TL

TOPLAM = 157.654,54 TL

• 2,45 x 2,45 m ebatlarında,130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan mastın toplam maliyet hesabı;

a) Profil maliyeti;

Çizelge 4.10. Mastın profil maliyeti

	Alan (m ²)	ağırlık (kg/m)	toplam uzunluk (m)	toplam ağırlık (kg)	metre fiyatı (TL/m)	toplam fiyat (TL)
130 x 130 x 12 kutu profil	0,5664 x 10 ⁻²	46	756,8	34.820	95,22	72.062,50
TOPLAM						72.062,50
% 18 KDV						12.971,25
GENEL TOPLAM						85.033,75

b) Elektrot maliyeti;

1 m kaynak yapmak için gerekli elektrod sayısı;

$$e = 12 \text{ mm} = 0,012 \text{ m}$$

$$d = 2,5 \text{ mm} = 0,0025 \text{ m}$$

$$l = 184,7 \text{ m}$$

$$C = 6,6 \text{ (Çizelge 4.24'ten seçim yapılmıştır.)}$$

$$n = (10^3 \times 6,6 \times 0,012^2) / (5 \times 0,0025^2 \times 184,7) = 164 \text{ adet (formül 4.1'e göre hesaplar yapılmıştır.)}$$

$$\%70 \text{ randımanla} = 164 \times 100 / 70 = 234 \text{ adet elektrot gerekmektedir.}$$

$$1 \text{ paket kaynak elektrodu} = 17 \text{ TL+KDV olup, pakette 100 adet elektrot vardır.}$$

$$\text{O zaman elektrot maliyeti} = 40 \text{ TL+KDV} = \mathbf{47 \text{ TL}}$$

c) Sarf malzeme ve işçilik maliyeti;

$$d = 2,5 \text{ mm} = 0,0025 \text{ m için}$$

1 metre kaynak dikişi yapabilmek için gereken süre=

$$N = (100/80) \times 36 / \sqrt{0,0025} = 900 \text{ saniye} = \mathbf{15 \text{ dakika.}}$$

O zaman 1 kaynak işçisi saatte ortalama 4 metre kaynak dikişi yapabilmektedir.

Bir kaynak işçisinin saatlik ücreti; 25 TL+KDV olarak ve günde ortalama 8 saat çalıştığı düşünülürse;

Kaynak işçisi günde; $4 \times 8 = 32$ metre kaynak yapabilir.

$$l = 184,7 \text{ metre dikiş için; } 184,7 \text{ m} / 4 \text{ m} = 47 \text{ saat çalışmalıdır.}$$

$$\text{İşçi maliyeti} = 20 \times 47 = 940 \text{ TL+KDV} = 1.110 \text{ TL}$$

Emniyet için sarf malzeme,nakliye,montaj...fiyatı ve işçilik ücreti olarak;malzeme fiyatının % 40'ı öngörülür.

Burada malzeme fiyatı;

$$\text{Malzeme fiyatı} = 112.553,54 \text{ TL(profil fiyatı)} + 56 \text{ TL(elektrot fiyatı)} = 85.033,75 \text{ TL}$$

Emniyet için sarf malzeme,nakliye,montaj...fiyatı ve işçilik ücreti = 85.033,75 x 40 / 100 = 34.015 TL

Özetlenirse; 2,45 x 2,45 m ebatlarında,130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan Mastın toplam maliyeti;

-Profil ve elektrot maliyeti	=	85.033,75 TL
- Sarf malzeme,nakliye,montaj...fiyatı ve işçilik ücreti	=	34.015,00 TL
TOPLAM	=	119.048,75 TL

Kıyaslama ve yorumlama;

Çizelge 4.11.a. Mukavemet analizi sonuçları

Mast yüksekliği	Bomdaki ağırlık	Bomda yükün konumu	Karşı ağırlık	2,30 x 2,30 m ebatlarında, 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan mast için emniyet katsayısı	2,45 x 2,45 m ebatlarında, 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan mast için emniyet katsayısı
54 m	2 ton	69,5 m	18 ton	S = 355/33,64 S = 10,5	S = 355/45,50 S = 7,80
54 m	11,7 ton	25 m	18 ton	S = 355/92,0 S = 3,85	S = 355/122,9 S = 2,89

Çizelge 4.11.b. Farklı mast ebatlarındaki kule vinçlerde kaynak dikişi uzunlukları

Parça	54 m yüksekliğinde mast (2,30 m x 2,30m)	54 m yüksekliğinde mast (2,45 m x 2,45m)	70 m uzunluğun da bom	16,5 m uzunluğunda karşı kol
Yaklaşık kaynak dikişi uzunluğu	280,4 m	184,7 m	121,8 m	54 m

Çizelge 4.11.c. Ağırlık, kaynak dikişi uzunluğu hesaplarının ve maliyet analizi sonuçları

54 m yüksekliğinde mast	Toplam ağırlık	Toplam kaynak uzunluğu	Malzeme maliyeti	Sarf malzeme, nakliye, montaj... maliyeti, işçilik fiyatı	Toplam maliyet
(2,30 m x 2,30m) 140 x 140 x 16 mm profil	46.081 kg	280,4 m/ Dikiş kalınlığı= 8 mm	112.609,54 TL	45.045,00 TL	157.654, 54 TL
(2,45 m x 2,45m) 130 x 130 x 12 mm profil	34.820 kg	184,7 m/ Dikiş kalınlığı= 8 mm	85.033,75 TL	34.015,00 TL	119.048, 75 TL

Yukarıdaki verilerden ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan Mastın dip kesitinde oluşan gerilmelerin, ebatları 2,45 m x 2,45 m olan ve 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan mastın dip kesitinde oluşan gerilmelere nazaran daha az olduğu, dolayısıyla emniyet katsayısının daha büyük olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Buradan yola çıkılarak, mast ebatlarını daha dar tutup mastı oluşturan profilleri daha büyük ve et kalınlığı fazla alınca daha mukavemetli sonuç elde edilmektedir.

Fakat ebatları 2,45 m x 2,45 m olan ve 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan mast toplam ağırlık yönünden diğer Masta göre yaklaşık 10 ton daha hafiftir. Ayrıca, bu mastın konstrüksiyonunda gereken kaynak dikişi uzunluğu yaklaşık 100 metre daha azdır. En önemlisi ise bu mastın maliyeti diğerine nazaran yaklaşık 40.000 TL daha azdır.

Bu özelliklerden ötürü kule vinç tasarımında; 2,45 m x 2,45 m ebatlarındaki 130 x 130 x 12 mm profillerden oluşan mastı kullanmak 2,30 m x 2,30 m ebatlarındaki 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan masta göre daha doğru bir mühendislik yaklaşımı olur.

4.4. Örnek Bir Kule Vincin Bom Ağırlığını ve Ebatlarını Azaltma Deneme Hesapları

Bomdaki 2. ve 3. bom parçalarını birleştirip tek parça gibi düşünersek; aradaki cıvata-flanş bağlantıları olmayacağı için Bom ağırlığında azalma olacaktır. Bu azalma hem ağırlıktan tasarruf hem de maliyetten tasarruf anlamındadır. Yeni oluşan sistemin bom ağırlık merkezi saptanmış ve hesaplar yapılmıştır. Emniyet katsayılarında ufak değerlerde artma olduğu gözlenmiştir. Nihayetinde bu parçaların birleştirilmesinin avantajlı olduğu ıspatlanmıştır.

4.5. Bom Parçalarının Bir Kısımını Yekpare İmal Ederek Sayısını Azaltarak Ağırlıktan Tasarruf Etmek

Bazı bom parçalarını yekpare üreterek aralarındaki flanş, pim, vs... bağlantılarından tasarruf sağlanabileceği düşünülmüştür.

Örneğin; 5 adet 10 metrelik, 5 adet 5 metrelik toplamda 10 adet bom parçasının birleşmesiyle oluşan 75 metrelik bir bom kolu için; bazı bom parçalarının birleşik üretildiği, nihayetinde 6 adet 10 metrelik, 3 adet 5 metrelik, toplamda 75 metre yeni bom oluşturulmuştur ve hesaplamalar bu doğrultuda yapılmıştır.

Farklı denemeler sonrası sonuç şu şöyledir;

Bom ağırlığında **yaklaşık 1,25 tonluk** bir azalma olacaktır. Bu azalma hem ağırlıktan tasarruf hem de maliyetten tasarruf anlamındadır. Nihayetinde bu yeni bomun mühendislik olarak daha da avantajlı olduğu ıspatlanmıştır.

4.6. Redüksiyonlu Mast Kullanmak

Bu yöndeki hesaplamalar yapılmıştır ve normal mast ile sonuçlar karşılanmıştır.

Redüksiyonlu mast kullanılarak, ağırlıktan ve konstrüksiyondan tasarruf sağlanabilir ama mast dip kesit ebatlarının küçülmesi ile, bu bölgeye gelen gerilmeler artış göstermekte ve emniyet katsayıları azalmaktadır.

4.6.1. Bom uzunluğu 67,3 metre, mast ebatları 2,30 m x 2,30 m olan ve 140 x 140 x 16 mm profillerden oluşan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen mast mukavemet verileri

Çizelge 4.12.a. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları

Mast yüksekliği	Bom uzunluğu	Karşı kol uzunluğu	Mast için emniyet katsayısı
50 m	67,3 m	14,8 m	$S = 355/20,64$ $S = 17,20$
70 m	67,3 m	14,8 m	$S = 355/31,42$ $S = 11,30$

Çizelge 4.12.b. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları

Mast yüksekliği	Bomdaki ağırlık	Bomda yükün konumu	Karşı ağırlık	Mast için emniyet katsayısı
50 m	11,7 ton	25 m	20 ton	$S = 355/107,10$ $S = 3,31$
54 m	11,7 ton	25 m	20 ton	$S = 355/108,07$ $S = 3,28$
57 m	11,7 ton	25 m	20 ton	$S = 355/108,64$ $S = 3,27$
61 m	11,7 ton	25 m	20 ton	$S = 355/109,62$ $S = 3,24$
64 m	11,7 ton	25 m	20 ton	$S = 355/110,51$ $S = 3,21$
70 m	11,7 ton	25 m	20 ton	$S = 355/112,17$ $S = 3,16$

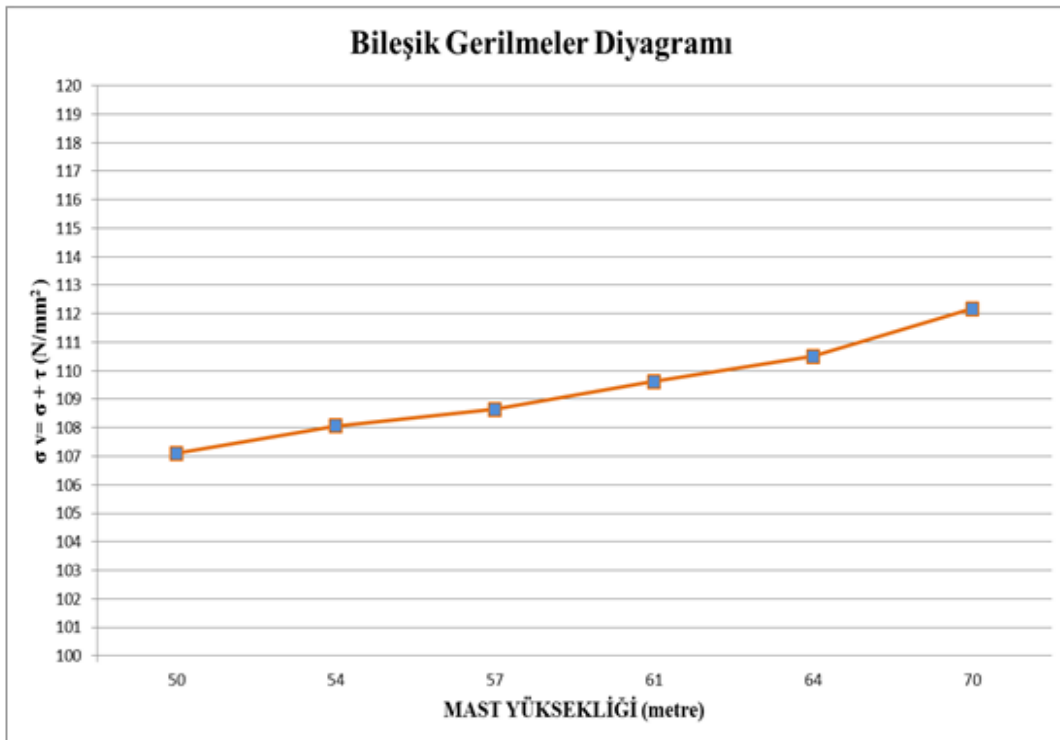
Çizelge 4.12.c. Kulenin burkulma analiz sonuçları

Mast yüksekliği	Bomdaki ağırlık	Bomda yükün konumu	140 x 140 x 16 mm'lik profilli mast için burkulma emniyet katsayısı
70 m	2 ton	66,8 m	$S = 1.482.656 \text{ N} / 666.360 \text{ N}$ $S = 2,23$
70 m	11,7 ton	25 m	$S = 1.482.656 \text{ N} / 763.360 \text{ N}$ $S = 1,94$

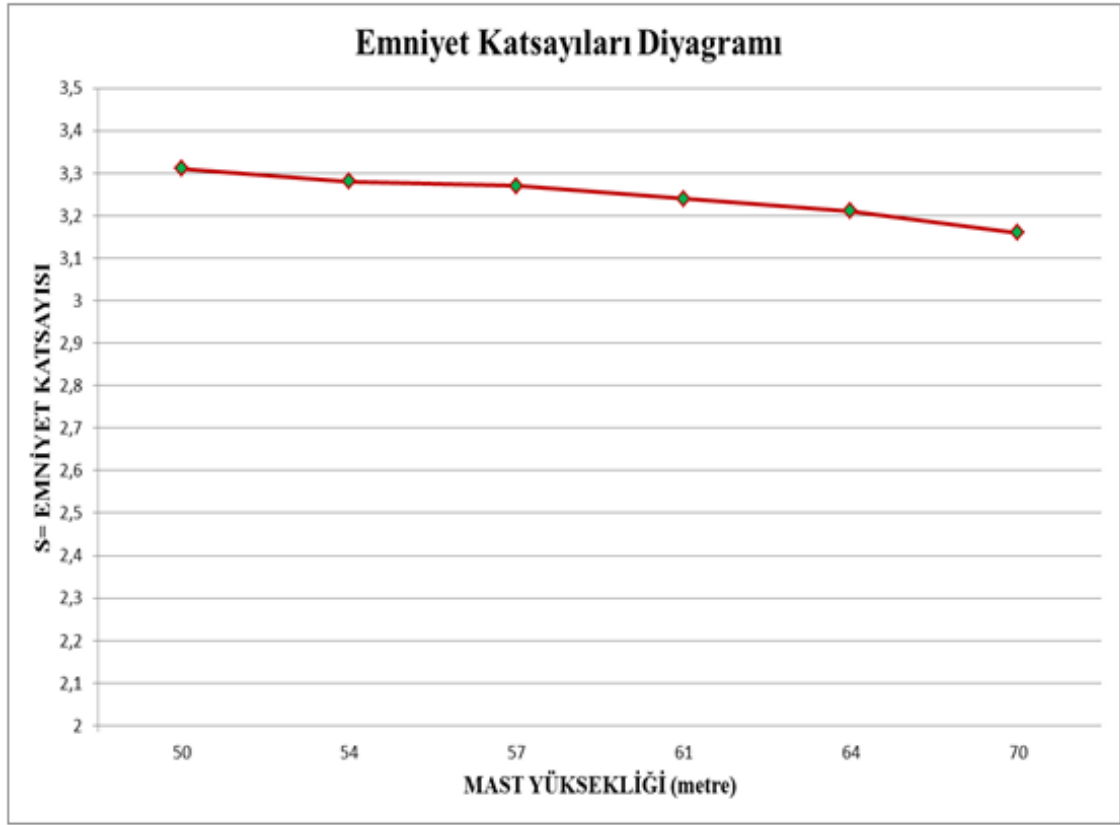
Çizelge 4.12.d. Temel taşı ve donatı hesap sonuçları

Mast Yüksekliği	Temel Taşı Ebatları	Donatı Özellikleri
70 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø22/20 cm ara ile donatı

Aşağıdaki çizelgelerde bomda 25 metrede 11,7 ton yük olunca, 50, 54, 57, 61, 64, 70 metre yüksekliğindeki mastta oluşan gerilmeler ve emniyet katsayıları görülmektedir. Mastların dip kesiti 2,30 m x 2,30 m ebatlarındadır. Mast yüksekliği arttıkça, gerilmelerde de artış olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Bomda 25 metrede 11,7 ton yük olduğu durumda, farklı yüksekliklerdeki mastlarda oluşan bileşik gerilmeler diyagramı



Şekil 4.2. Bomda 25 metrede 11,7 ton yük olduğu durumda, farklı yüksekliklerdeki mastlarda oluşan emniyet katsayıları diyagramı

4.6.2. Bom uzunluğu 67,3 m, mast ebatları;

1,64 x 1,64 m ebatlarından >>> 2,10 x 2,10 m ebatlarına redüksiyon geçişli olan ve 130 x 130 x 16 mm profillerden oluşan kule vinç için yapılan hesaplar sonucu elde edilen mast mukavemet verileri

Çizelge 4.13.a. Kulenin yana devrilme hesaplama sonuçları

Mast yüksekliği / Mast dip ebatları	Bom uzunluğu	Karşı kol uzunluğu	Mast için emniyet katsayısı
50 m (1,64 m x 1,64 m)	67,3 m	14,8 m	$S = 355/22,32$ $S = 15,90$
70 m (2,10 m x 2,10 m)	67,3 m	14,8 m	$S = 355/34,28$ $S = 10,36$

Çizelge 4.13.b. Kulenin öne-arkaya devrilme hesaplama sonuçları

Mast yüksekliği / Mast dip ebatları	Bomdaki ağırlık	Bomda yükün konumu	Karşı ağırlık	Mast için emniyet katsayısı
50 m (1,64 m x 1,64 m)	11,7 ton	25 m	20 ton	$S = 355/153,90$ $S = 2,31$
54 m (2,10 m x 2,10 m)	11,7 ton	25 m	20 ton	$S = 355/125,29$ $S = 2,83$
57 m (2,10 m x 2,10 m)	11,7 ton	25 m	20 ton	$S = 355/125,81$ $S = 2,82$
61 m (2,10 m x 2,10 m)	11,7 ton	25 m	20 ton	$S = 355/126,68$ $S = 2,80$
64 m (2,10 m x 2,10 m)	11,7 ton	25 m	20 ton	$S = 355/127,47$ $S = 2,78$
70 m (2,10 m x 2,10 m)	11,7 ton	25 m	20 ton	$S = 355/128,96$ $S = 2,75$
70 m(23,8 m olan üst kısım için) (1,64 m x 1,64 m)	11,7 ton	25 m	20 ton	$S = 355/149,58$ $S = 2,37$

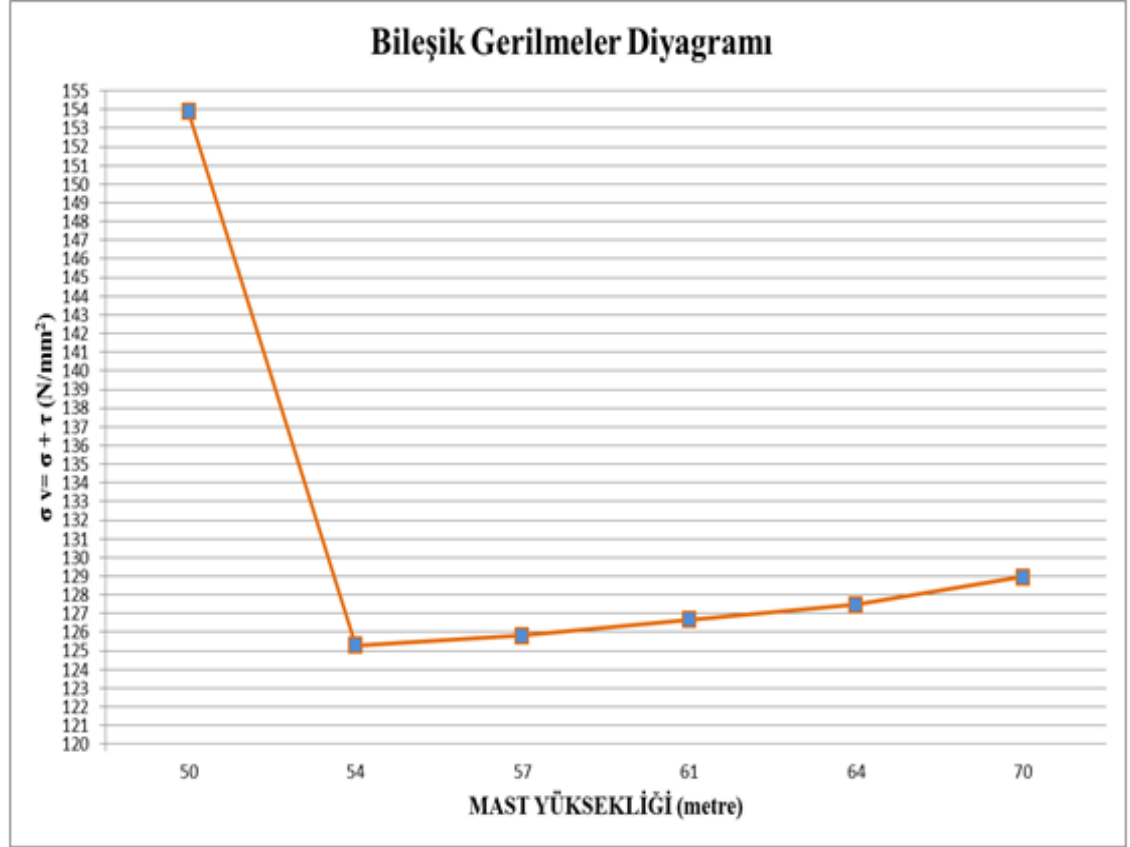
Çizelge 4.13.c. Kulenin burkulma analiz sonuçları

Mast yüksekliği / Mast dip ebatları	Bomdaki ağırlık	Bomda yükün konumu	130 x 130 x 16 mm'lik profilli mast için burkulma emniyet katsayısı
50 m (1,64 m x 1,64 m)	2 ton	66,8 m	$S = 1.360.206 \text{ N} / 471.985 \text{ N}$ $S = 2,88$
50 m (1,64 m x 1,64 m)	11,7 ton	25 m	$S = 1.360.206 \text{ N} / 568.985 \text{ N}$ $S = 2,39$
70 m (2,10 m x 2,10 m)	2 ton	66,8 m	$S = 1.136.408 \text{ N} / 533.060 \text{ N}$ $S = 2,13$
70 m (2,10 m x 2,10 m)	11,7 ton	25 m	$S = 1.136.408 \text{ N} / 630.060 \text{ N}$ $S = 1,80$

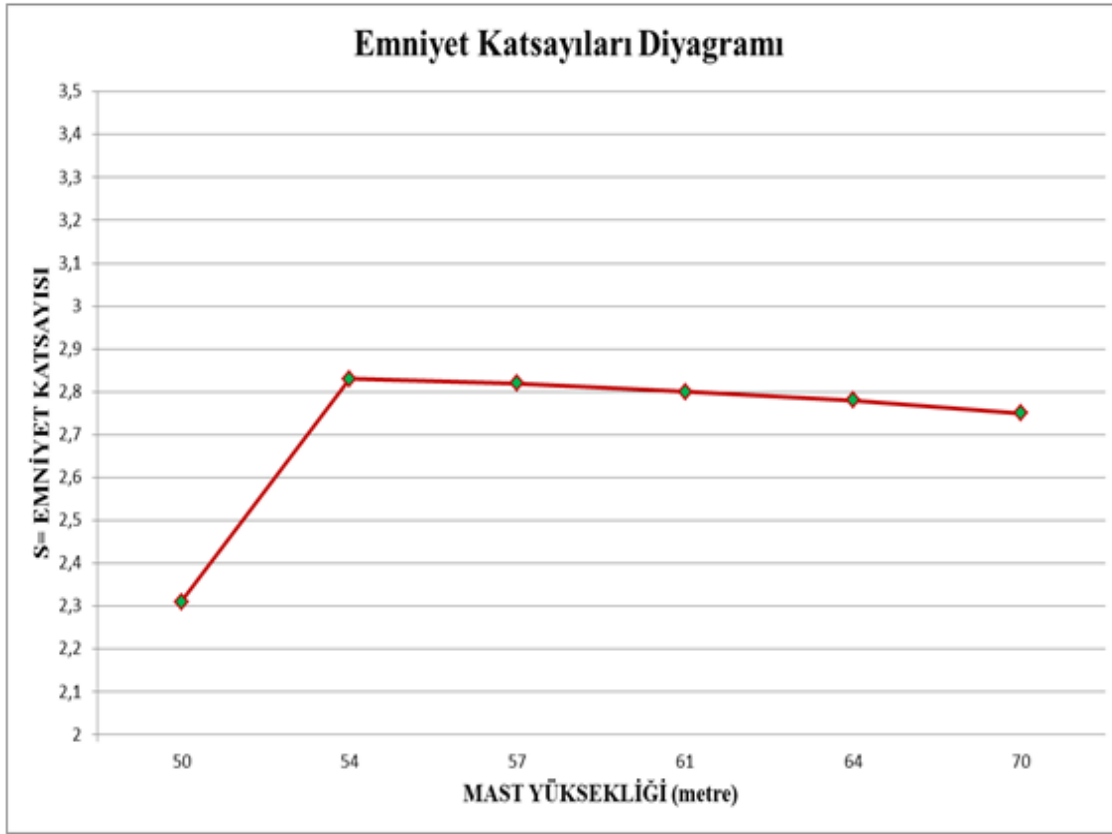
Çizelge 4.13.d. Temel taşı ve donatı hesap sonuçları

Mast Yüksekliği	Temel Taşı Ebatları	Donatı Özellikleri
70 m	8 m x 8 m x 1 m	Ø20/20 cm ara ile donatı

Aşağıdaki çizelgelerde bomda 25 metrede 11,7 ton yük olunca, 50, 54, 57, 61, 64, 70 metre yüksekliğindeki redüksiyon geçişli mastta oluşan gerilmeler ve emniyet katsayıları görülmektedir. Gerilmelerin 50 metrelik mastta yüksek çıkmasının sebebi, mast dip kesitinin 1,64 m x 1,64 m olmasıdır. Diğer mastların dip kesitinin 2,10 m x 2,10 m olduğu için gerilmeler daha düşüktür ve mast yüksekliği arttıkça, gerilmelerde de artış olduğu görülmektedir.



Şekil 4.3. Bomda 25 metrede 11,7 ton yük olduğu durumda, farklı yüksekliklerdeki redüksiyonlu mastlarda oluşan bileşik gerilmeler diyagramı



Şekil 4.4. Bomda 25 metrede 11,7 ton yük olduğu durumda, farklı yüksekliklerdeki redüksiyonlu mastlarda oluşan emniyet katsayıları diyagramı

4.7. Cıvata Bağlantılarında Kullanılan Cıvataların Çapını Küçültmek

Bağlantıda;

- M48 x 600 DIN 931-10.9 ya da,
- M48 x 600 DIN 931-12.9 cıvataları kullanılmaktadır.

M48 x 600 DIN 931-10.9 'luk cıvatanın akma ve çekme mukavemeti sınır değerleri diğerinden daha küçük olduğu için, bu cıvatanın Mast montajında kullanıldığı düşünülerek hesaplamalar bu doğrultuda yapılmıştır.

Daha sonra M45 x 600 DIN 931-10.9 ve M42 x 600 DIN 931-10.9 tüm yapılan hesaplamalar sonucunda bu cıvatalarda oluşan gerilmelerin, müsaade edilen gerilmeden daha küçük olduğu görülmüştür.

4.8. Bilgisayar Destekli Tasarım ve Analiz Programları

Kule vinç imalat ve montaj teknik resimleri manuel çizilecek olursa günlerce sürerdi. Sonuç gösterdi ki; bir katı modellemede yahut teknik resimlerde Solidwoks gibi bilgisayar destekli modelleme yönteminin gerek zaman olarak, gerek pratiklik ve kolaylık bakımından faydası büyüktür.

Sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan hesaplar için prototip model üretmeye ve testlerin yapılmasına gerek yoktur. Ayrıca her olası değişiklikte yeniden prototip üretimi, tadilatı, test tekrarı ,vb... işlemler de yoktur. Maliyet ve işçilik ve sürede önemli bir tasarruf oluşturmaktadır.

4.8.1. Analitik hesaplamaların ve sonlu elemanlar yöntemiyle analiz sonuçlarının karşılaştırması, çözümlemelerin doğruluk sağlamalarının yapılması

Kule vincin sonlu elemanlar yöntemi ile analizini yapmadan önce, programın doğruluğunu ispatlamak açısından daha sade örneklerin analizleri yapılmıştır. Analitik yapılan hesaplamalar ile analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma çizelgeleri aşağıda mevcuttur.

4.8.1.1. 1 metre uzunluğunda, 10 mm x 10 mm ebatlarında bir çubuğun bir ucundan sabitlenmesi, diğer ucundan 100 N yük uygulanması

1 metre uzunluğunda çubuk profil bir ucundan duvara sabitlenmiş, diğer ucundan kuvvet uygulanmıştır. Mukavemet hesaplamaları workbench programında ve manuel olarak yapılmıştır. Hesapların aynı olduğu aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Çubuğun kritik kesitine gelen kesme kuvveti, eğilme momenti ve bu yüklemelerin doğrultusunda oluşan gerilmeler her iki hesapta da aynı bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Çubuktaki çözümlemelerin karşılaştırılması

	analitik hesap	sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan çözüm
kesme kuvveti	100 N	100 N
eğilme momenti	100×10^3 Nmm	100×10^3 Nmm
birleşik gerilme	600 N/mm^2	600 N/mm^2

Sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan çözümlemeler ile analitik olarak yapılan mukavemet hesapları arasında %100 sapma olduğu görülmüştür.

4.8.1.2. 1 metre yüksekliğinde, dip kısmından sabitlenmiş çubuk üzerinde 1,5 metre uzunluğunda, 10 mm x 10 mm ebatlarında bir çubuğa iki ucundan farklı yükler uygulanması (protatip kule vinç)

1 metre yüksekliğinde, dip kısmından sabitlenmiş çubuk üzerinde 1,5 metre uzunluğunda çubuğa iki ucundan farklı yükler uygulanmıştır. Mukavemet hesaplamaları workbench programında ve manuel olarak yapılmıştır. Hesapların aynı olduğu aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Çubukların kritik kesitlerine gelen kuvvetler, momentler ve bu yüklemelerin doğrultusunda oluşan gerilmeler her iki hesapta da aynı bulunmuştur.

Çizelge 4.15. Protatip kule vinç çözümlemelerin karşılaştırılması

	eğilme momenti		birleşik gerilme	
	analitik hesap	sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan çözüm	analitik hesap	sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan çözüm
A çubuğunda	$100 \times 10^3 \text{ Nmm}$	$100 \times 10^3 \text{ Nmm}$	595 N/mm^2	600 N/mm^2
B çubuğunda	$25 \times 10^3 \text{ Nmm}$	$25 \times 10^3 \text{ Nmm}$	150 N/mm^2	150 N/mm^2
C çubuğunda	$75 \times 10^3 \text{ Nmm}$	$75 \times 10^3 \text{ Nmm}$	450 N/mm^2	449 N/mm^2

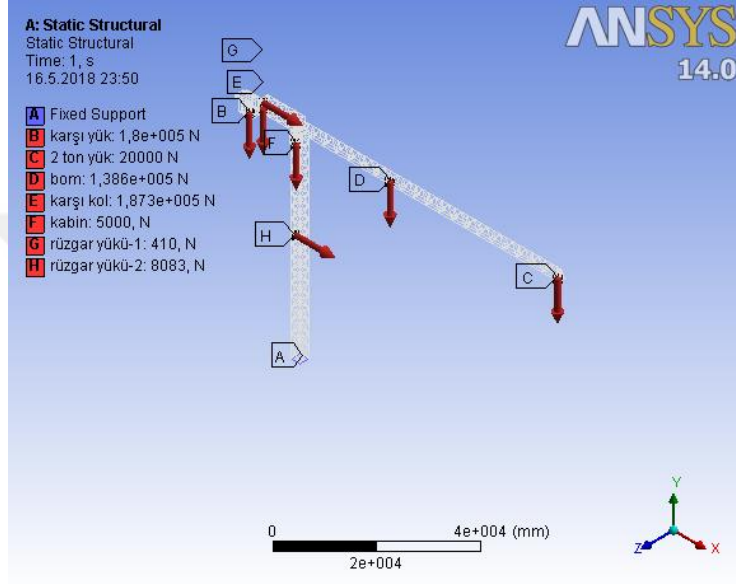
Sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan çözümlemeler ile analitik olarak yapılan mukavemet hesapları arasında %99,7 sapma olduğu görülmüştür.

4.8.3. Kule vinç modelinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan analizi

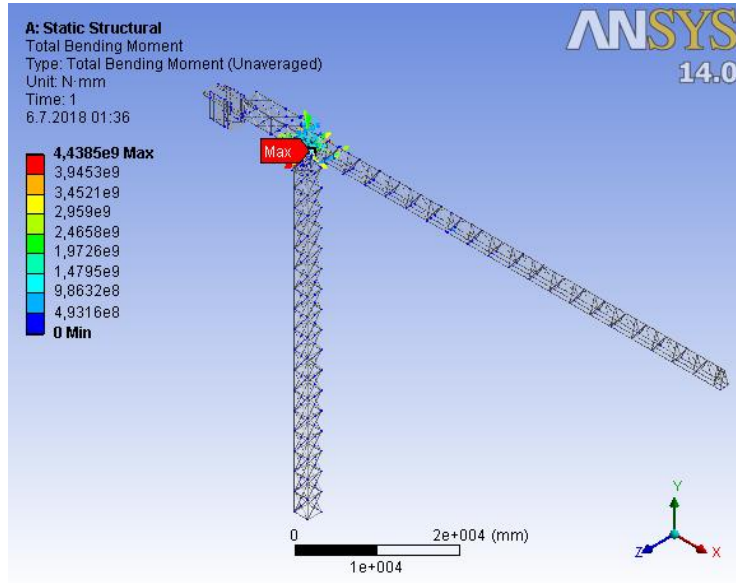
Kule vinç modeli, profil yapısı ve mesh yapısı hesaplamalar bölümünde anlatıldığı şekilde yapılmıştır. Kule vince yük (70 metrede 2 ton ve 25 metrede 11,7 ton), karşı ağırlık, konstrüksiyon yükleri, rüzgar kuvvetleri uygulanmıştır. Kule vinç mast dibinden beton temele sabitlendirilmiştir. Mukavemet hesaplamaları sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak ve analitik olarak yapılmıştır. Bom, karşı kol ve mast için yapılan manuel mukavemet hesapları hesaplamalar bölümünde mevcuttur. Workbench analizleri de yapılmıştır. Analiz sonuçlarında oluşan gerilmeler aşağıdaki şekillerde görüldüğü gibidir.

4.8.3.1. 70 metrede 2 ton yükleme olduğu durumdaki analiz sonuçları

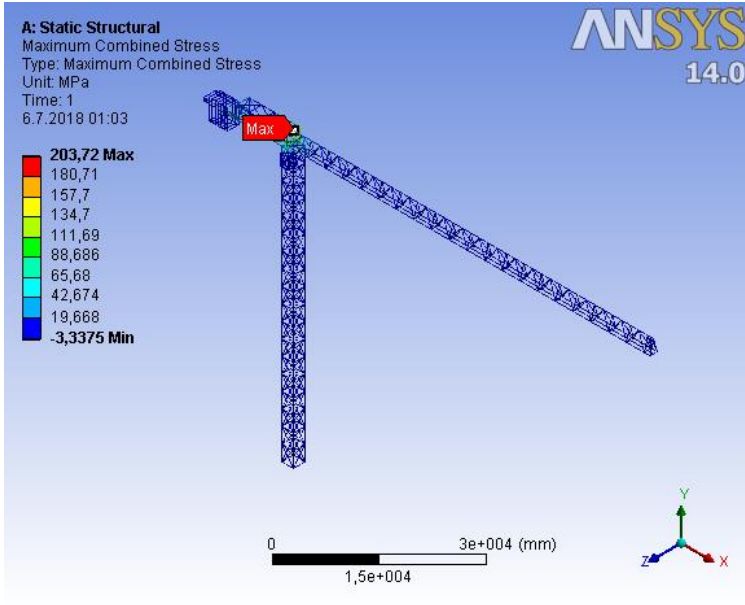
Kule vince 70 metrede 2 ton yük uygulanmıştır. Modele etkiyen yükler ve mast dibindeki sabitleme Şekil 4.5'te görüldüğü gibidir. Modelde maksimum eğilme momenti ve maksimum gerilmeler bom dibinde oluşmuştur. Eğilme momentlerinin değerleri Şekil 4.6'da görüldüğü gibidir. Oluşan birleşik gerilmeler ise Şekil 4.7'de görüldüğü gibidir. Yükleme sonucu modelde oluşan yer değiştirmeler Şekil 4.8'de görüldüğü gibidir.



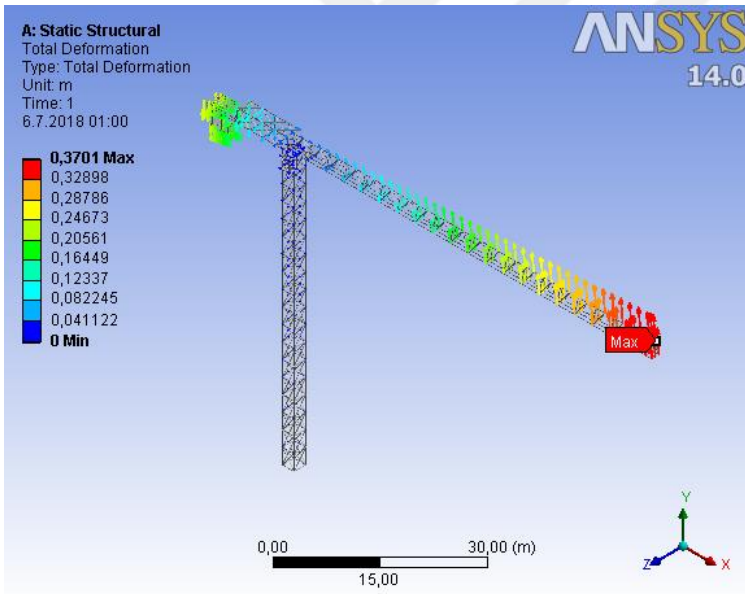
Şekil 4.5. Yapı oluşturulmuş, mesh yapı örülmüş, sınır şartları oluşturulmuştur



Şekil 4.6. Maksimum eğilme momenti; $M = 4.438,5 \times 10^6$ Nmm hesaplanmıştır



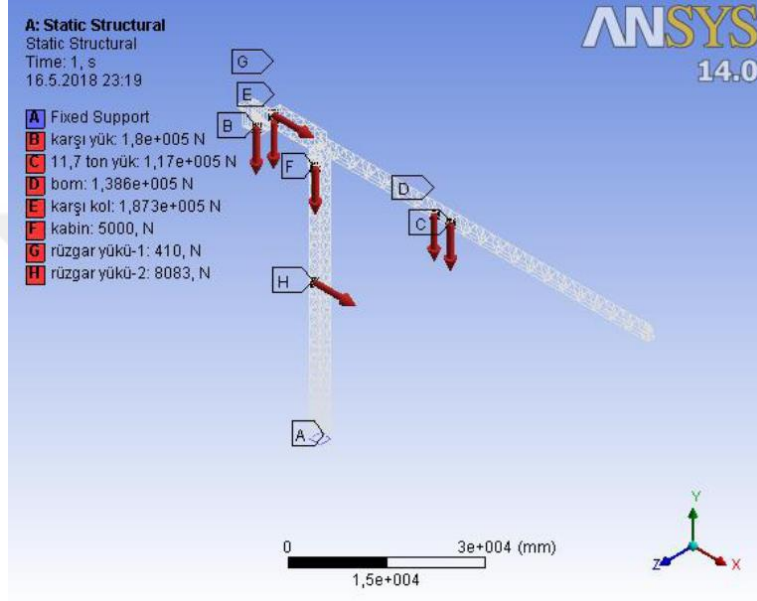
Şekil 4.7. Kritik kesitlerde oluşan birleşik gerilmeler; maksimum (bom dip kesitinde) $\sigma = 204,1 \text{ N/mm}^2$, mastta ise $\sigma = 42,057 \text{ N/mm}^2$ olarak hesaplanmıştır



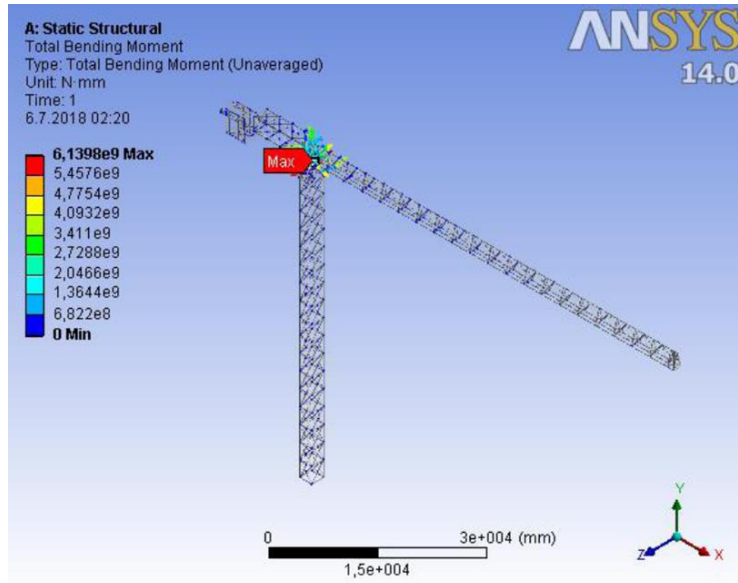
Şekil 4.8. Maksimum yer değiştirme; **0,370 metre** (bom ucu) olarak belirlenmiştir

4.8.3.2. 25 metrede 11,7 ton yükleme olduğu durumundaki analiz sonuçları

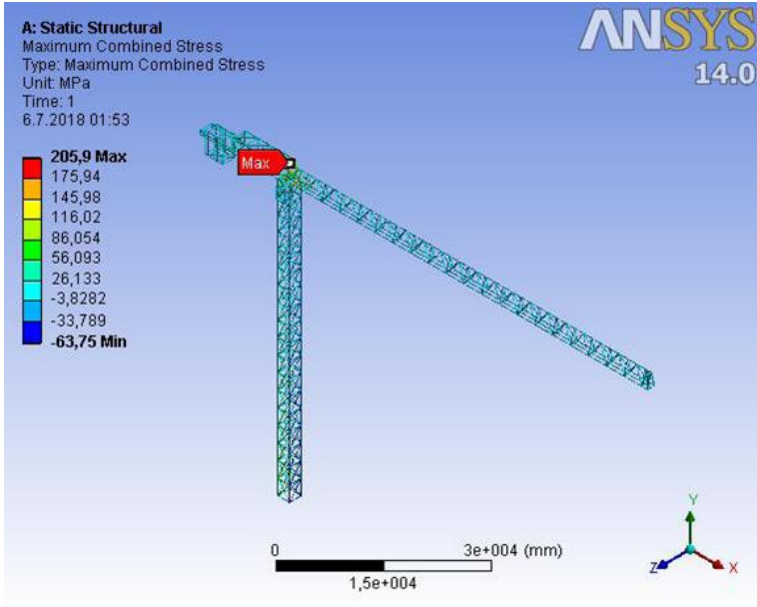
Kule vince 25 metrede 11,7 ton yük uygulanmıştır. Modele etkiyen yükler ve mast dibindeki sabitleme Şekil 4.9'da görüldüğü gibidir. Modelde maksimum eğilme momenti ve maksimum gerilmeler bom dibinde oluşmuştur. Eğilme momentlerinin değerleri Şekil 4.10'da görüldüğü gibidir. Oluşan birleşik gerilmeler ise Şekil 4.11'de görüldüğü gibidir. Yükleme sonucu modelde oluşan yer değiştirmeler Şekil 4.12'de görüldüğü gibidir.



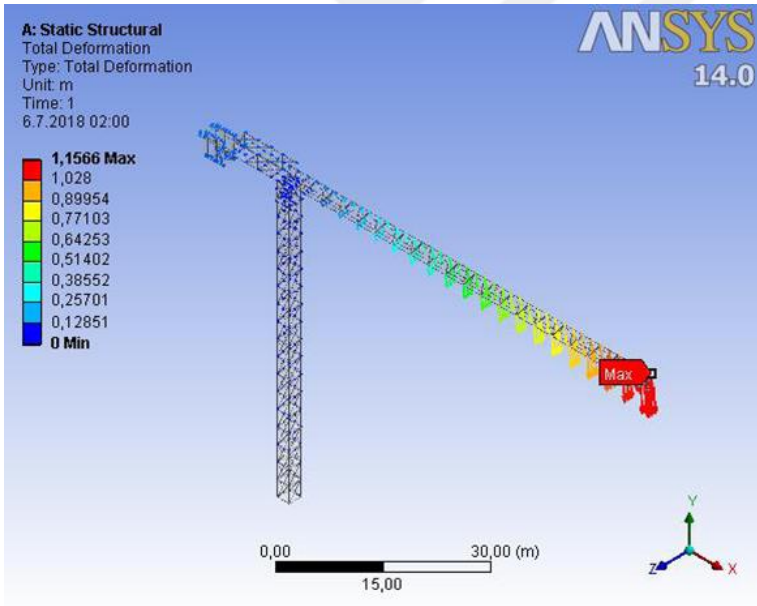
Şekil 4.9. Yapı oluşturulmuş, mesh yapı örülmüş, sınır şartları oluşturulmuştur



Şekil 4.10. Maksimum eğilme momenti; $M = 6.139 \times 10^6$ Nmm hesaplanmıştır



Şekil 4.11. Kritik kesitlerde oluşan birleşik gerilmeler; maksimum (bom dip kesitinde) $\sigma = 205,9 \text{ N/mm}^2$, mastta ise $\sigma = 86,135 \text{ N/mm}^2$ olarak hesaplanmıştır



Şekil 4.12. Maksimum yer değiştirme; **1,156 metre** (bom ucu) olarak belirlenmiştir

4.8.3.3. Kule vincin bilgisayar ortamında modellenmesi ve sonlu elemanlar metoduyla yapılan analizi ile analitik hesaplama sonuçlarının karşılaştırılması

Kule vincin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak ve analitik olarak yapılan mukavemet hesaplamalarının sonuçları aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Bomun, karşı kolun, mastın kritik kesitine gelen kuvvetler, momentler ve bu yüklemelerin doğrultusunda oluşan gerilmeler her iki hesapta da yaklaşık olarak aynı bulunmuştur.

Ayrıca yüklemeler sonucu modelde oluşan yer değiştirmelerde çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Kule vinç çözümlerinin karşılaştırılması

	70 metrede 2 ton yük			25 metrede 11,7 ton yük		
	manuel hesap	ansys workbench çözümü	hesaplama-lardaki uyumluluk yüzdesi	manuel hesap	ansys workbench çözümü	hesaplama-lardaki uyumluluk yüzdesi
Maksimum eğilme momenti	4.853 x 10 ⁶ Nmm	4.438,5 x 10 ⁶ Nmm	%91,4	6.388 x 10 ⁶ Nmm	6.139 x 10 ⁶ Nmm	%96
Bom + karşı kol kritik kesitindeki birleşik gerilme	223,82 N/mm ²	204,1 N/mm ²	%91,1	223,82 N/mm ²	205,9 N/mm ²	%91,9
Mast kritik kesitindeki birleşik gerilme	46,74 N/mm ²	42,057 N/mm ²	%89,9	91,7 N/mm ²	86,135 N/mm ²	%93,9
Bomun maksimum yer değiştirmesi	-----	0,370 metre		-----	1,156 metre	

Sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan çözümler ile analitik olarak yapılan mukavemet hesapları arasında %92,3 sapma olduğu görülmüştür.



5. SONUÇLAR

➤ Çalışmada, kule vinçler ve kule vinç kısımları hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca kule vinçler ve elemanlarıyla alakalı TS, EN, DIN, FEM Standartları incelenmiştir. Vinç gövdesinde (mastta), bomda, karşı kolda ne tür profillerin kullanılabileceği, standartlar doğrultusunda kabin, motor, fren sistemleri, kanca, halat, tambur, vs... tasarımı ve seçimi açıklanmıştır. Kule vinçlere gelen iklim yüklerinin (rüzgar yükü, kar yükü, sıcaklık değişimleri) tasarıma etkileri irdelenmiştir. Bazı hesap adımları sıralanmıştır.

➤ **Mast, bom, karşı koldaki kafes sistemlerin profilleri;** kutu profillerden, ikişer adet L-profillerin köşelerinden kaynatılarak oluşturulan kutu profillerden, mukavemeti artırmak için, içine çelik çubuk veya plaka kaynatılarak oluşturulan kutu profillerden yahut I-profillerden oluşturulabilir.

Atalet momentinin yüksek olmasından dolayı kutu profillerin kullanılması tavsiye edilir. Yüksek kapasiteli kule vinçlerde ise, ataleti daha da artırmak için kutu profil içine çelik çubuk veya plaka kaynatılarak güçlendirilebilir. Bu durumda da malzemede, ağırlıkta ve maliyette artış söz konusudur.

➤ **TS 498 numaralı standarta göre; rüzgâr hızının 50 km/saati aştığında** çalışma durdurulmalıdır. Rüzgâr hızının 72 km/saati aştığında ise rüzgâr frenleri (kule dönüş motor frenleri) açılmalı, kule vinç serbest dönüşe bırakılmalıdır.

Kullanılan vincin modeline bağlı olarak değişmekle birlikte mastın 40 metresinden itibaren her 20 metresinde bir vinci salınımı azaltmak ve mastı kuvvetlendirmek için yapının uygun yerlerine vinç-bina bağlantı kirişlerinin montajının yapılması tavsiye edilir. Farklı kule vinçlere ve yapı ile olan konumlarına göre vinç-bina bağlantı kirişlerinin ve bina geçiş köprülerinin türü, adeti ve konumu farklılık gösterir.

Operatörün kule vinci acil tahliyesi, bina-vinç arası çalışan geçişleri istendiği taktirde bu ankraj üzerine korkuluklarıyla yapılan bina geçiş köprüleri üzerinden yapılmaktadır.

➤ **Kullanılan motorlar;** yürütme motoru, kaldırma motoru ve döndürme motoru olarak sınıflandırılır. Yürütme motoru, arabanın bom üzerinde ileri-geri hareketini sağlayan motorlardır. EN 14439 standartlarına göre tasarlanan kule vinçlerde, elektrik motor güçleri; bom uzunluğuna ve yükün ağırlığına göre değişmektedir (3 ila 18,5 kW arasında). Kaldırma motoru halat tamburunu çeviren ve yükün aşağı-yukarı hareketini sağlayan motorlardır. Güçleri; mast yüksekliğine ve yükün ağırlığına göre değişmektedir. (14 ila 110 kW arasında). Döndürme motoru mast üstündeki yapıyı (bom, karşı kol, kabin,vs...) döndürmeyi sağlayan motorlardır. Güçleri; bom ve karşı kol uzunluklarına, konstrüksiyon ağırlıklarına, denge taşları ve yükün ağırlığına göre değişmektedir. (5 ila 30 kW arasında).

➤ **Kule vinçlerde frenleme sistemi;** bomdaki yükü durdurmak, bir sabit yükseklikte tutmak, kumandadan el çekildiği zaman yükü askıda tutmak sağlamak için kullanılır. Vinçlerde, frenler her zaman devrede olmak zorundadır. Tahrik motoru çalıştığı andan itibaren fren açılır ve hareket başlar. Tahrik motorunun elektriği herhangi bir sebeple kesilirse, fren sistemi kendiliğinden devreye girer ve böylece olası kazaların önüne geçilmiş olur.

Kule vinçlerde kullanılan fren sistemlerinin bakımları periyodik yapılmalıdır. Bu periyotlar; günlük, haftalık, aylık (1.500 km veya 1.000 mil bakımı), altı aylık (7.500 km veya 5.000 mil) bakımlar olarak yapılmalıdır. Ayrıca arıza durumlarında, potansiyel risk görüldüğünde anlık bakımlar yapılmalıdır. Bakımlar sırasında genelde; balata aşınmalarının seviyesi ölçülür. Hidrolik kaçak kontrolü, elektrik devresi, diyotların kontrolü, fren ayar kontrolü, kumanda ile start-stop kontrolleri yapılmaktadır. Fren sistemi hesaplarının, DIN 15431 ve 15434 normlarındaki hesaplar doğrultusunda yapılması önerilir.

➤ **Halatlarda** çekme mukavemetine bağlı olarak, kullanılacak halat çapının doğru belirlenmesi halatın ömrünü uzatır. Çelik tellerin çapları 0,2 ila 2,4 mm arasında değişiklik gösterir. Kule vinçlerde kullanılan halat çapları yükün durumuna göre 9 mm ila 40 mm arasında değişir. Tel halatlar TS 1918 ve TS EN 12385 normlarında standartlaştırılmış hâldedir. Halat ömrünü belirleyen başlıca etkenler; kullanım koşulları, halat tipi, tellerin ve halatın üretim biçimi, yağlama, korozyon, tel çapı kalınlığı olarak sıralanabilir. Vinç halatları, ISO 4309 standardına göre, aşağıda sıralanan kriterlerden biri olduğunda değiştirilmelidir:

- Bir halat telinin kırılması,
- Kırılan tel yuvalarının ortaya çıkması,
- Maksimum müsaade edilen kırılan tel sayısına ulaşılması,
- Spiral şeklindeki deformasyonların halat çapının 1/3'ünden fazla olması,
- Sepet şeklinde deformasyon oluşması,
- Halattan, saç iğnesi şeklinde dışarı tel veya tel gruplarının çıkması,
- Aynı anda ortaya çıkan korozyon, aşınma ile beraber halat çapının nominal çapına göre %15 oranında küçülmesi,
- Kırılma veya ezilmeler,
- Tiftiklenmeler veya kalıcı deformasyonlar olması.

➤ **Kule vinçlerde halat tamburları;** kaldırılacak yüke, sarılacak halat çapına, niteliğine, sargı sayısına uygun tasarlanmalıdır. İki yanında flanşları vardır. Tamburlar yivli ya da yivsiz yapılabilir. Kule vinçlerde genelde yivli tamburlar önerilir. Yivlerle sarılan halatın çapı birbiriyle orantılı olmalıdır. Yoksa halatlar iyi sarılmadığı için; halat ömrü kısalmış ve kötü sarılma olur. Malzeme olarak, çelik döküm, kır döküm ya da kaynaklı olarak çelik saçtan imal edilebilirler. Tamburlar, kendilerine takılacak halatın boyutu ile orantılı bir çapa sahip olmalıdır. Kule vinçlerde kullanılan tamburların çapları; 45-80 cm. arasında değişir.

➤ Kule vinçlerde yükün ebatı, büyüklüğü ve diğer fiziksel özellikleri kancanın tipini, işlevini ve özelliklerini belirler. Kancaların ebatları DIN 15401 standardında belirtilmiştir. Kanca seçiminde, yükün kolay tutulması ve bırakılması, yükün kaymaması, yüklerin emniyetle tutulması gibi parametreler önem ihtiva etmektedir.

➤ Kule vinçlerde bom, mast, karşı kol gibi ana elemanların kafes ebatlarının ya da profil ebatlarının değiştirilmesiyle, kullanılan malzemeden, ağırlıktan ve maliyetten tasarruf sağlanabileceği hesaplamalarla gösterilmiştir.

➤ Cıvata bağlantılarında, tüm yapılan hesaplamalar sonucunda oluşan gerilmelerin, müsaade edilen gerilmeden daha küçük olduğu görülmüştür.

➤ Ayrıca mühendislik alanında, tasarım ve analiz yapan bilgisayar programları ile zamandan önemli bir tasarruf sağlanmıştır. Karmaşık hesaplamalar daha kolay ve doğru yapılabilmektedir.

Kule vinç imalat ve montaj teknik resimleri manuel çizilecek olursa günlerce sürerdi. Sonuç gösterdi ki; bir katı modellemede yahut teknik resimlerde Solidwoks gibi bilgisayar destekli modelleme yönteminin gerek zaman olarak, gerek pratiklik ve kolaylık bakımından faydası büyüktür.

Kule vincin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak ve analitik olarak hesaplamaları yapılmıştır ve karşılaştırılmıştır. Bomun, karşı kolun, mastın kritik kesitine gelen kuvvetler, momentler ve bu yüklemelerin doğrultusunda oluşan gerilmeler her iki hesapta da yaklaşık olarak aynı bulunmuştur. Ayrıca yüklemeler sonucu modelde oluşan yer değiştirmelerde gösterilmiştir.

Sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan hesaplar için prototip model üretmeye ve testlerin yapılmasına gerek yoktur. Ayrıca her olası değişiklikte yeniden prototip üretimi, tadilatı, test tekrarı ,vb... işlemler de yoktur. Maliyet ve işçilik ve sürede önemli bir tasarruf oluşturmaktadır.

Tasarlanacak tüm kule vinçlerin standartlar dahilinde tasarlanması ve başta kule vinç kaynaklı iş kazalarının **YAŞANMAMASI** temennisiyle!...

6. KAYNAKLAR

- Bilir, E. Kule Vinçlerde Devrilme Nedenleri ve Önlenmesi. [https:// www. isgturkiye. com/konu/kule-vinclerde-devrilme-nedenleri-ve-onlenmesi. 2237/](https://www.isgturkiye.com/konu/kule-vinclerde-devrilme-nedenleri-ve-onlenmesi.2237/) [Son erişim tarihi: 03.05.2018].
- Çavuş, A., Taçgın, E. Temmuz 2016. Türkiye’de İnşaat Sektöründeki İş Kazalarının Sınıflandırılarak Nedenlerinin İncelenmesi. Akademik Platform, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Çayıroğlu, İ. Bilgisayar Destekli Tasarım ve Analiz (Ansys). Ders notu, Karabük Üniversitesi. [http://www.ibrahimcayiroglu.com/Sayfalar/Ders_Bilgisayar Destek li Tasarim.aspx](http://www.ibrahimcayiroglu.com/Sayfalar/Ders_Bilgisayar_Destekli_Tasarim.aspx), pdf. [Son erişim tarihi: 15.05.2018].
- Çoktu, K., Seçil, C., Taçgın, E. 10.01.2013. Kaldırma Araçlarında İSG. [http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/IG18kaldirma_aracilarinda_isg. pdf](http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/IG18kaldirma_aracilarinda_isg.pdf). [Son erişim tarihi: 04.05.2018].
- Deliktaş, O. 2010. Kuleli İnşaat Kreninin Tasarımı ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- DIN 15401. 11.1982. Kancalar, Germany.
- DIN 15431. 04.1980. Fren Kasnaklarının Ebatları, Germany.
- DIN 15434. 01.1989. Güç İletimi Mühendisliği; Frenler için İlkeler, Hesaplama Esasları, Germany.
- Ercan, A., Taçgın, E. 2010. Türkiye’de Yapı Sektöründe İşçi Sağlığı ve Güvenliğinin Değerlendirilmesi, Politeknik Dergisi-Cilt: 13, Sayı:1, İstanbul.
- FEM (Federation Europeenne de la Manutention) 1.007. 11.2003. Recommendations to Maintain Tower Cranes in Safe Conditions. (Thorough Inspection), Germany.
- Gerdemeli, İ., İmrak, C.E. Mekanik Fren Konstrüksiyonları. Transport Tekniği. Bölüm-7. <https://tr.scribd.com/document/52294098/mekanik-fren> [Son erişim tarihi: 10.05.2018].
- LIEBHERR. 04.2013. Tower Cranes Technical Data Handbook, Germany.
- LIEBHERR. 2012. Kule Vinç İşletme Kılavuzu, 120 K.1, Germany.
- Makina Emniyeti Yönetmeliği. Mart 2009. 2006/42/AT. Sanayi ve Ticaret Yönetmeliği, Ankara.
- MEGEP. 2007. Vinç Arabası. Motorlu Araçlar Teknolojisi, Ankara.
- MEGEP. 2011. Vinçler. Motorlu Araçlar Teknolojisi, Ankara.

- Nazlıoğlu, A. 2014. İnşaat Sektöründe Kullanılan Kule Vinçler ile Yapılan Çalışmalarda Karşılaşılan Risklerin Tespiti ve Korunma Yolları. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi / Araştırma, Ankara.
- Occupational Safety and Health Branch Labour Department. Ekim 2011. Code of Practice for Safe Use of Tower Cranes. <https://www.labour.gov.hk/eng/public/os/B/crane.pdf> [Son erişim tarihi: 04.05.2018].
- Özdemir, N. Ö. 2009. Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Yorulma Mekanikliği ve Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Rende, H. Kasım 2009. Makine Elemanları Hesap ve Konstrüksiyon. Ders Kitabı, Cilt-1, 3.Baskı, Ankara.
- Rende, H. 1997. Makine Elemanları Hesap ve Konstrüksiyon. Ders Kitabı, Cilt-2, İstanbul.
- Rende, H. 2000. Soru-Yanıt Şeklinde Makine Elemanları, Metin Soruları ve Yanıtları, Problemler ve Çözümleri, Konstrüksiyon Hataları ve Örnekleri. Ders Kitabı, İstanbul.
- Rende, H. 2002. Teknik Resim Temel Bilgiler. Ders Kitabı, Ankara.
- Temel İnşaatı Sunumu. Tekil Temeller. <http://insaat.balikesir.edu.tr/dokumanlar/tins/4.pdf> [Son erişim tarihi: 12.05.2018].
- TS 498. 11.1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Ankara.
- TS 1918. 01.1995. Genel Amaçlar için Çelik Telli Halatlar, Ankara.
- TS ISO 4309. 08.2015. Vinçler-Tel Halatlar-Muayene ve Hizmet Dışı Bırakmak için Uygulama Kuralları, Ankara.
- TS 10116. 02.2015. Kaldırma ve Tasıma Makinaları-Vinçler-Muayene ve Deney Metotları, Ankara.
- TS EN 12385. 04.2005. Çelik Tel Halatlar – Güvenlik, Ankara.
- TS EN 14439. 06.2007. Krenler (Vinçler) - Güvenlik - Kule Vinçler, Ankara.
- Urul, H. 2013. Yapı İşyerlerinde Kullanılan Vinçlerle Yapılan Çalışmalarda Alınması Gereken İş Sağlığı ve Güvenliği Önlemleri, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı. İş Müfettişi Yardımcılığı Etüdü, İstanbul.
- Uzuner, B. A. 2013. Temel Mühendisliğine Giriş, Trabzon.

ÖZGEÇMİŞ

Sami İlkay SAYER

s__ilkay@hotmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2012-.....	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 2006-2011	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Antalya