

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KULELİ İNŞAAT KRENİNİN TASARIMI, ANALİZİ,
SIMULINK/SIMMECHANICS MODELİ VE ANİMASYONU**

UMUT ŞAHİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONSTRÜKSİYON PROGRAMI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ.DR MUHARREM E. BOĞOÇLU**

İSTANBUL, 2015

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KULELİ İNŞAAT KRENİNİN TASARIMI, ANALİZİ,
SIMULINK/SIMMECHANICS MODELİ VE ANİMASYONU**

Umut ŞAHİN tarafından hazırlanan tez çalışması 04.12.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü KONSTRÜKSİYON Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Muharrem E. BOĞOÇLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Muharrem E. BOĞOÇLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Serpil KURT
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ferhat DİKMEN
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Yrd. Doç.Dr. Muharrem E. BOĞOÇLU 'na, Sayın Yrd. Doç.Dr. İsmail GERDEMELİ 'ne, Sayın Ekrem TÜFEKÇİ'ye ve İTÜ Makine Fakültesi Transport Tekniği Bölümü'nün değerli mensupları hocalarına, ayrıca eğitim ve öğretim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan annem, babam ve kardeşime teşekkürü bir borç bilirim.

Aralık, 2015

Umut ŞAHİN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1 Literatür özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	1
1.3 Hipotez.....	2
BÖLÜM 2	3
KRENLER	3
BÖLÜM 3	4
KAFES SİSTEMLER	4
3.1 Giriş	4
3.2 Kafes Sisteminin Kuleli İnşaat Krenlerinde Uygulanması	11
BÖLÜM 4	13
KULE İNŞAAT KRENİNİN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ	13
4.1 Kuleli İnşaat Kreni Tanımı	13
4.2 Teknik Özellikler	15
BÖLÜM 5	16

SONLU ELEMENLAR METODU	16
5.1 Sonlu Elemanlar Metodunun Kısa Tarihi	16
5.2 Uygulama Alanları.....	17
5.3 Problemlerde Uygulanması.....	18
5.4 Sonlu Elemanlar Yöntemi Eleman Tipleri.....	18
5.5 Ansys Sonlu Elemanlar Paket Programı	19
BÖLÜM 6	21
KULELİ İNŞAAT KRENİNİN MUKAVEMET HESAPLARI	21
6.1 Krenin Maruz Kaldığı Kuvvetler	21
6.1.1 Zati Ağırlıklar	21
6.1.2 Krenin Zati Ağırlığı	21
6.1.3 Kanca Ağırlığı.....	22
6.1.3.1 Dinamik Yükler.....	22
6.2 Kuleli İnşaat Kreninin FEM Şartnamesine Göre Mukavemet Hesabı.....	22
6.2.1 Boom Kısımındaki Kritik Noktalarda Gerilme Kontrolü	25
6.2.1.1 Yük Uçtayken	25
6.2.1.2 Yük B noktasındayken;.....	27
6.2.2 Sehim Hesabı	28
6.2.3 Boom Gergi Laması Kontrolü	34
BÖLÜM 7	35
KULELİ İNŞAAT KRENİNİN MODELLENMESİ	35
7.1 Giriş	35
7.2 Mast Kısımının Modellenmesi.....	36
7.3 Döner Kulenin Modellenmesi.....	36
7.4 Boom Kısımının Modellenmesi	37
7.5 Denge Boomunun Modellenmesi	38
BÖLÜM 8	39
KULELİ İNŞAAT KRENİNİN MESHLENMESİ.....	39
8.1 Krenin Meshlenmesi	40
8.1.1 Boom Meshlenmesi	41
8.1.2 Döner Kulenin Meshlenmesi	41
8.1.3 Sabit Kulenin Meshlenmesi	42
8.1.4 Sabit Kule Taban Kısımının Meshlenmesi	43
8.2 Kule Kren Bağlantılarının Tanıtılması	43
8.3 Analiz Tipi	44
8.4 Analiz Sırasında Dikkat Edilen Hususlar	44
8.5 Analiz Sonuç İsteği	45
8.6 Sınır Koşullarının Atanması	45
8.7 Yüklerin Konumları ve Yönleri	46
8.8 Bulgular	47
8.9 Kren’de Oluşan Gerilmeler.....	47
8.9.1 Boom Kısımında Oluşan Gerilmeler	47
BÖLÜM 9	49

KULELİ İNŞAAT KRENİNİN MATLAB MODELİ.....	49
9.1 Giriş	49
9.2 Simmechanics'e Giriş	50
9.2.1 Simmechanics Blokları	51
9.3 Krenin Matlab Ortamına Aktarımı	52
9.3.1 Taban Kısımının Simmechanics Modeli.....	55
9.3.2 Döner Tabla Kısımının Simmechanics Modeli.....	56
9.3.3 Tepe ve BoomKısımının Simmechanics Modeli	57
BÖLÜM 10	59
KULELİ İNŞAAT KRENİNİN HALAT KISMININ DİNAMİK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ.....	59
10.1 Giriş	59
10.2 Salınım Açısının Ölçülmesi	59
10.2.1 Halat Uzunluğunun Salınım Açısına Etkisi	61
10.2.1.1 10 Metrelik Halat Salınım Açısı	61
10.2.1.2 30 Metrelik Halat Salınım Açısı	62
10.2.1.3 50 Metrelik Halat Salınım Açısı	63
10.2.2 Yüken Ağırlığının Halat Salınımına Etkisi.....	64
10.2.2.1 2 Ton Ağırlıklı Yüken Halat Salınımına Etkisi	64
10.2.2.2 0.5 Ton Ağırlıklı Yüken Halat Salınımına Etkisi	65
10.2.2.3 4 Ton Ağırlıklı Yüken Halat Salınımına Etkisi	65
10.2.3 Araba Yükenin Ağırlığının Halat Salınımına Etkisi.....	67
10.2.3.1 250 Kg Ağırlıklı Araba Yükenin Halat Salınımına Etkisi	67
BÖLÜM 11	70
KULELİ İNŞAAT KRENİNİN DEPREM ETKİSİNDEYKEN BOOM KISMININ DİNAMİK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ.....	70
11.1 Giriş	70
11.2 Karşı Ağırlığın Boom İvmelenmesine Etkisi.....	72
11.2.1 19 Ton Karşı Ağırlığın Boom İvmesine Etkisi	72
11.2.2 10 Ton Karşı Ağırlığın Boom İvmesine Etkisi	73
11.2.3 30 Ton Karşı Ağırlığın Boom İvmesine Etkisi	73
11.3 Mast Ağırlığın Boom İvmesine Etkisi	74
11.3.1 16,3 Ton Mast Ağırlığın Boom İvmesine Etkisi.....	74
11.3.2 10 Ton Mast Ağırlığın Boom İvmesine Etkisi.....	75
11.3.3 25 Ton Mast Ağırlığın Boom İvmesine Etkisi.....	76
11.4 Arabaya Kuvvetinin Boom İvmelenmesine Etkisi	77
11.4.1 1000 N' luk Araba Kuvvetinin Boom İvmesine Etkisi.....	77
11.4.2 250 N' luk Araba Kuvvetinin Boom İvmesine Etkisi.....	78
11.4.3 2500 N' luk Kuvvetin Boom İvmesine Etkisi.....	79
11.4.4 Kuvvet Uygulanmayan Arabanın Boom İvmesine Etkisi.....	79
BÖLÜM 12	81
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	81
KAYNAKLAR	83

ÖZGEÇMİŞ	84
----------------	----

SİMGE LİSTESİ

a	Boom üst profilinin boom merkezine uzaklığı
e	Boom alt profilinin boom merkezine uzaklığı
Q_1	Boom ağırlığı
y	Çökme miktarı
k	Darbe katsayısı
Q_2	Denge Boom ağırlığı
σ_E	Elastiklik limiti [N/mm^2]
S_{lama}	Gergi laması kuvveti
σ_a	Maksimum gerilme değerleri [N/mm^2]
d	Pim veya perno çapı [mm]
ψ	Titreşim katsayısı
γ_c	Ömür faktörü
I_y	Y-eksenindeki atalet momenti [mm^4]
g	Yerçekimi ivmesi [m/s^2]

KISALTMA LİSTESİ

FEM	Federation Europeenne De La Manutention
SEM	Sonlu Elemanlar Metodu

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Baz eleman	6
Şekil 3.2 Basit kafes sistem	6
Şekil 3.3 Birleşik kafes sistemin üç çubuk ile (a) ve bir çubuk ve bir mafsal ile (b) birleştirilmesi	7
Şekil 3.4 Uyumlu bağlı (a) ve uyumsuz bağlı (b) birleşik kafes sistemi	7
Şekil 3.5 Düğüm metoduna göre çözüm sırası	8
Şekil 3.6 Düğüm metoduna göre çözüm sırası	9
Şekil 3.7 Kesim metoduna göre çözüm	9
Şekil 3.8 Kesim metoduna iki kesimli çözüm	10
Şekil 3.9 İndis gerilme metoduna göre çözüm	10
Şekil 3.10 Basit uzay kafes sistemi	11
Şekil 3.11 Karmaşık uzay kafes sistemi	11
Şekil 3.12 Kuleli inşaat kreni	12
Şekil 4.1 Kuleli inşaat kreni komponentleri	14
Şekil 4.2 Krenin serbestlik dereceleri	14
Şekil 5.1 Bir boyutlu eleman	18
Şekil 5.2 Üçgen tipi sonlu eleman örneği	19
Şekil 5.3 İki boyutlu değişik dörtgen geometri biçimli sonlu elemanlar	19
Şekil 6.1 Kuleli inşaat kreni genel ölçüleri	22
Şekil 6.2 Kren tipine uygun darbe faktörü seçimi	23
Şekil 6.3 Yük uç kısımda asılıyken boom	25
Şekil 6.5 Boom sehim gösterimi	28
Şekil 6.6 Boom kesiti	31
Şekil 7.1 Kuleli inşaat kreni	35
Şekil 7.2 Mast modülü	36
Şekil 7.3 Döner kule	37
Şekil 7.4 Boom	38
Şekil 7.5 Denge boomu	38
Şekil 8.1 Ansys ortamındaki inşaat kule kreni	39
Şekil 8.2 Meshlenmiş inşaat kule kreni	40
Şekil 8.3 Meshlenmiş boom modeli	41
Şekil 8.4 Meshlenmiş döner kule	42
Şekil 8.5 Meshlenmiş sabit kule	42
Şekil 8.6 Meshlenmiş sabit kule tabanı	43
Şekil 8.7 Tepe kısmındaki perno bağlantıları	44

Şekil 8.8	Krenin sabitletmesi	46
Şekil 8.9	Krene etkiyen yükler	46
Şekil 8.10	Krendeki von misses gerilmeleri	47
Şekil 8.11	Boom kısmında oluşan gerilmeler	48
Şekil 9.1	Matlab simulink ortamındaki inşaat kule kreni	49
Şekil 9.2 3	Boyutlu parçanın simmechanics eklentisiyle fonksiyonların ve modelinin oluşturulması.....	50
Şekil 9.3	Krenin matlab ortamına aktarımı.....	52
Şekil 9.4	Kule krenin bağlantı fonksiyonları	53
Şekil 9.5	Simulink ortamındaki kule kreni	53
Şekil 9.6	Kızağın sabitletmesi.....	54
Şekil 9.7	Kızak kısmının simmechanics modeli	54
Şekil 9.8	Kızak kısmının simulink modeli.....	55
Şekil 9.9	Taban kısmının simmechanics modeli	55
Şekil 9.10	Döner tabla kısmının simmechanics modeli.....	56
Şekil 9.11	Döner tablanın simulink modeli	56
Şekil 9.12	Joint actuator blokları	57
Şekil 9.13	Tepe ve boom kısmının simmechanics modeli.....	58
Şekil 9.14	Tepe ve boom kısmının simulink modeli	58
Şekil 10.1	Halat kısmının simmechanics modeli.....	60
Şekil 10.2	Joint sensor	60
Şekil 10.3	Halat kısmına joint sensor eklenmesi	61
Şekil 10.4	10 metre halatlı simulink modeli	61
Şekil 10.5	10 metrelik halat salınım açısı- zaman grafiği.....	62
Şekil 10.6	30 metrelik halat salınım açısı- zaman grafiği.....	62
Şekil 10.7	50 metrelik halat salınım açısı- zaman grafiği.....	63
Şekil 10.8	Halat salınım açısı-zaman grafiği	63
Şekil 10.9	2 Ton ağırlıklı yükün halat salınım açısı-zaman grafiği.....	64
Şekil 10.10	0,5 Ton ağırlıklı yükün halat salınım açısı-zaman grafiği.....	65
Şekil 10.11	4 Ton ağırlıklı yükün halat salınım açısı-zaman grafiği.....	66
Şekil 10.12	Değişken ağırlık yüklü halat salınım açısı-zaman grafiği	66
Şekil 10.13	250 kg araba ağırlık yüklü halat salınım açısı-zaman grafiği.....	67
Şekil 10.14	50 kg araba ağırlık yüklü halat salınım açısı-zaman grafiği.....	68
Şekil 10.15	1000 kg araba ağırlık yüklü halat salınım açısı-zaman grafiği.....	68
Şekil 10.16	Değişken ağırlıklı araba yüklerinin halat salınım açısı-zaman grafiği	69
Şekil 11.1	Deprem etkisindeki simmechanics modeli	71
Şekil 11.2	19 ton karşı ağırlıklı krenin boom ivme-zaman grafiği	72
Şekil 11.3	10 ton karşı ağırlıklı krenin boom ivme-zaman grafiği	73
Şekil 11.4	30 ton karşı ağırlıklı krenin boom ivme-zaman grafiği	73
Şekil 11.5	Karşı ağırlık etkisinin boom ivmesine etkisi	74
Şekil 11.6	16,3 mast ağırlığının boom ivmesine etkisi	75
Şekil 11.7	10 ton mast ağırlığının boom ivmesine etkisi.....	75
Şekil 11.8	25 ton mast ağırlığının boom ivmesine etkisi.....	76
Şekil 11.9	Mast ağırlık değişiminin boom ivmesine etkisi.....	77
Şekil 11.10	1000 N' luk araba kuvvetinin boom ivmesine etkisi.....	78
Şekil 11.11	250 N' luk araba kuvvetinin boom ivmesine etkisi	78
Şekil 11.12	2500 N' luk araba kuvvetinin boom ivmesine etkisi.....	79
Şekil 11.13	Kuvvet uygulanmayan arabanın boom ivmesine etkisi	80
Şekil 11.14	Araba kuvvetinin boom ivmelenmesine etkisi	80

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 6.1 Ömür Faktörü	23
Çizelge 6.2 Ömür faktörü A.37-A.42-A.52 çelikleri için gerilme değerleri	23
Çizelge 8.1 S.E.M ve Analitik sonuçların karşılaştırılması.....	48

KULELİ İNŞAAT KRENİNİN TASARIMI, ANALİZİ, SİMULINK/SİMMECHANİCS MODELİ VE ANİMASYONU

Umut ŞAHİN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Dr. Muharrem E. BOĞOÇLU

Gün gittikçe önem kazanan inşaat sektöründe, yapılar büyüdükçe, bu yapıların daha hızlı inşası için krenlerin kullanımı bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu sektörde inşaat malzemelerinin kaldırılması ve taşınması sırasında kule krenlerden yararlanılmaktadır. Krenlerin inşaat malzemelerini kaldırırken hasar görmemeleri için mukavemet hesapları yapılmakta, daha sonra bu hesaplar sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmaktadır. Bu çalışmanın üçüncü bölümünde kafes sistemlerden bahsedilmiştir ve kule inşaat krenlerinde uygulanması üzerinde durulmuştur. Dördüncü bölümde kule krenin teknik detaylarından bahsedilmiştir ve maksimum dönme yarıçapı ve kaldırabileceği maksimum yük verilmiştir. Beşinci bölümde sonlu elemanlardan bahsedilip, neden kule krenin analizinde kullanıldığı bilgisi verilmiştir. Altıncı bölümde krenin FEM standartlarına göre maruz kaldığı yüklerden bahsedilip, bu yüklerin oluşturduğu sehim ve gerilmeler analitik olarak hesaplanmıştır ve emniyetli olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yedinci bölümde krenin modellenmesi anlatılarak, kullanılan profil kesitlerinden ve montaj halinden bahsedilmiştir. Sekizinci bölümde Ansys programı kullanılarak krenin tehlikeli noktaları için Von Mises gerilmeleri elde edilmiştir ve analitik sonuçlarla karşılaştırılıp sonuçların tutarlılığı irdelenmiştir. Dokuzuncu bölümde Simmechanics bloklarından bahsedilip, Solidworks programında çizilen krenin Matlab Simmechanics kısmına aktarılması anlatılmıştır. Onuncu bölümde krenin dinamik davranışları incelenmiştir ve krenlerde yük taşırken istenmeyen halat salınım açısının halat uzunluğu, yük ağırlığı, araba yükünün ağırlığı parametrelere göre değişimi Simmechanics’ de incelenmiştir. Onbirinci bölümde ise krenin deprem anındaki

en tehlikeli bölgelerinden biri olan boom kısmının ivmelenmesinin, karşı ağırlık, mast ağırlığı ve kuvvet etkileyen araba gibi parametrelere göre değişimi yine Simmechanics’de incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat Kule Kreni, Ansys, Simmechanics, Matlab, Halat, Deprem,

ABSTRACT

DESIGN, ANALYSIS SIMULINK/SIMMECHANICS MODEL AND ANIMATION OF THE TOWER CRANE

Umut ŞAHİN

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Ass.Prof. Dr. Muharrem E. BOĞOÇLU

In heavy industries, as the size of the buildings increases, usage of cranes has been mandatory in an effort to build quicker these buildings. In heavy industries tower crane are used to lift and carry heavy materials. In order to prevent damage of the cranes during lifting heavy loads, strength calculations of the cranes are being investigated and are comparing with the results that are being obtained from finite element analysis. In the third chapter, the literature about cage systems has been described and it has been given detailed information about application of the systems on tower cranes. In the fourth chapter the technical specification of the tower crane has been described and the lifting height and the lifting payload has been given. In fifth chapter it has been given information in short about Finite Element Methods and Ansys software and it has described why we use Ansys the application of the systems on tower cranes. In sixth chapter according to FEM standards were subjected to load of the crane referenced, this load of deflection and stresses are calculated analytically and have been checked whether it is safe. In the seventh chapter, modelling and assembly of the crane is explained and the profile that is used has been given. In the eighth chapter, by using ANSYS program were obtained for von Mises stresses in the dangerous points of the crane and the consistency of the results have been analysed and compared with the analytical results. In the ninth chapter, blocks of Simmechanics have been described and the crane which is drawn in Solidworks is described to be transferred to Simmechanics section of Matlab. In the tenth Chapter, the dynamic behaviour of the crane and cranes has been investigated in unwanted oscillation when the angle of load-carrying rope; the rope length load weight, load weight of the car change according to the parameters has been investigated in Simmechanics. In the eleventh chapter, while an earthquake, one of the most dangerous areas of the crane is boom acceleration so that boom acceleration has been investigated

in Simmechanics the counterweight, mast weight and force acting on car change according to the parameters.

Keywords: The Tower Crane, Ansys, Simmechanics, Matlab, Rope, Boom

1.1 Literatür özeti

Tasarıma başlamadan önce, seçilen konuda gerçeğe yakın veriler elde etmek için Kren üretimi yapan sitelere bakılmıştır ve Liebherr 154 EC-H modeli seçilmiştir ve tasarım yapılırken bu modelin verilerine uyulmaya çalışılmıştır. 3D çizilen krenin standartlara uygunluğunu sağlamak için F.E.M., (1998). 1.001 sayılı standartlardaki veriler kullanılmıştır. Krenin dinamik davranışını irdelemek için önceden yapılan çalışmalar Sciencedirect, Scopus, Springer vb. hakemli dergilerde incelenmiştir. İncelemeler sonucunda Simmechanics programının uygunluğu belirlenip, bu programla ilgili bilgiler <http://www.mathworks.com> sitesinden elde edilerek krene uygulanmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada İnşaat Kule Kreninin tasarımı, statik ve dinamik analizi hedeflenmiştir. Statik analiz kısmında krenin en tehlikeli kısımlarından biri olan boom kısmının gerilemeleri ve sehim hesaplamalarının emniyetliliği sorgulanmak istenmiştir ve statik analizden emniyetli çıkan krenin dinamik davranışlarının elde edilmesi planlanmıştır. Elde edilen veriler ışığında tasarımın optimizasyonu için öneriler sunmakta tezin amacı olarak belirlenmiştir.

1.3 Hipotez

Analizlerden elde edilen veriler sonucunda, dinamik davranışı incelenen krenin, istenmeyen yüksek halat salınım açılarının; halat boyu, araba kütlesi ve taşınan yükün kütlesinden etkilendiği, deprem anında krendeki boomun ivmesinin ise; karşı ağırlık, mast ağırlığı ve arabaya uygulanan kuvvet sonucunda değişebildiği gözlenmiştir. Bu parametrelerinin günlük hayatta, gerçek krenlerde uygulandığında yaklaşık değerlerde veriler alınacağı hipotezi ortaya atılabilir.

BÖLÜM 2

KRENLER

Krenler, genellikle şantiyelerde, tersanelerde, inşaat sahalarında ve ağır yüklerin kaldırılması ve nakledilmesi gereken yerlerde sabit ya da hareketli bir taşıyıcı üzerinde ağır yüklerin yatayda ve düşeyde taşınmasını sağlayan makinelerdir. Krenlerin birçok tipi bulunmaktadır. Bunların sıklıkla kullanılanları; Portal Krenler, Köprü Vinçleri, Jib Krenler ve Kule Vinçleridir.

Ağır yüklerin taşınmasında kullanılan krenler, yükleri bir yerden başka bir yere taşımada en uygun çözümü sunarlar. Vinçler yükleri sadece kaldıran ve tek yöne çeken basit kaldırma makineleri, krenler ise üzerinde vinç donanımı da bulunan, öteleme ve dönme hareketini yapacak düzeneklere sahip, yükleri istenilen her yöne taşıyabilen kaldırma makineleridir. Krenler, günümüzde inşaat sektöründen denizcilik sektörüne kadar ağır yüklerin taşınmasında oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Bu doğrultuda, farklı kullanım alanları için birçok değişik tipte ve kapasitede tasarlanıp imal edilmektedirler. Ağır malzemelerin kullanımından kaçınmak ve bunlar olmadan iş görmek mümkün değildir. Bu çalışmada, inşaat kule kreninin hakkında bilgi verilerek, sistemin modellenmesi, statik ve dinamik davranışlarının irdelenmesi hedeflenmiştir. [1]

BÖLÜM 3

KAFES SİSTEMLER

3.1 Giriş

Bir dam veya köprü çatısı, uçak kanatları çatısı, vinç kolu, petrol kuyusu kuleleri, bazı fabrika aksamı, yüksek voltaj elektrik direkleri, birçok rijit doğru parçası çubukların üçgenler teşkil edecek tarzda birleştirilmeleri ile meydana getirilirler. Böyle çubuklarla meydana getirilen bir kafes, mesela bir vinç kolu, tek parça bir kirişten daha hafif ve sağlam olur. Kafes sistemler Düzlem Kafes Sistemler ve Uzak Kafes Sistemler olmak üzere iki gruba ayrılır.

Düzlemsel Kafes Sistemler

Kafes sisteminin çubukları genellikle 3 boyutlu uzayda yer alır. Buna Uzak Kafes Sistemi denir. Bir kafes sisteminin çubuklarının eksenlerinin hepsi aynı düzlem içinde bulunuyorsa bu Düzlem Kafes Sistemi 'dir. Düzlem Kafes Sisteminde, aynı düzlem içinde, birbirine uçlarından mafsallanmış çubuklar oynak olmayan bir sistem teşkil etmektedir.

Kafes sisteminde iki ya da daha çok çubuğun birleştiği noktaya "Düğüm" denir. Bir düğüm gerçekte çubukların köşe parçası ile perçinlenerek meydana gelir ise de çubuklarda meydana gelen eksenel kuvvetler çok büyük olup çubuktaki momentler ihmal edilebilecek kadar küçük olduğundan düğümler sürtünmesiz mafsallı kabul edilirler. Bütün kuvvetlerin bu mafsaldaki pürüzsüz mile uygulandığı düşünülür. Ayrıca çubukların ağırlıkları da çubuk eksenel kuvvetleri yanında küçük olduğundan çubuklar, ağırlıksız çubuklar olarak, moment meydana getirmezler. Bütün çubuk kuvvetleri eksenel

kuvvetlerdir. Böyle bir çubuğun eksenel kuvveti iki türlü olur. Bütün kuvvetlerin bu mafsaldaki pürüzsüz mile uygulandığı düşünülür. Ayrıca çubukların ağırlıkları da çubuk eksenel kuvvetleri yanında küçük olduğundan çubuklar, ağırlıksız çubuklar olarak, moment meydana getirmezler. Bütün çubuk kuvvetleri eksenel kuvvetlerdir. Böyle bir çubuğun eksenel kuvveti iki türlü olur.

- Çubuk herhangi bir noktasından kesildiğinde atılan kısmın kalan kısma etkisi çubuğu uzamaya zorluyorsa çubuk çekmeye çalışıyor denir.
- Eğer kısalmaya zorluyorsa çubuk basmaya çalışıyor denir.

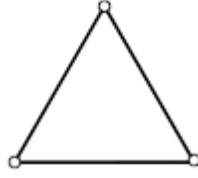
Bir çubuk için yapılan hesapta çubuk kuvveti çekme olarak kabul edilip sonuç negatif çıkarsa, o çubuğun basmaya çalıştığı anlaşılır. Bütün bunlara göre kafes sistemi için yapılan kabulleri şöyle özetleyebiliriz;

- Kafes sistemler doğru parçalarının birleştirilmesi ile elde edilirler.
- Çubukların eksenleri bir noktada kesişir. Bu noktaya "Düğüm" denir ve çubukların eksenleri aynı düzlem içindedir. (Kafes düzlemi)
- Çubuklar, düğüm noktalarında birbirine sürtünmesiz mafsalla birleştirilir.
- Bütün dış kuvvetler düğümlere uygulanır ve bu kuvvetler kafes düzlemi içindedir.
- Her çubuk ancak iki ucundan iki düğüme mafsalladır.

Düzlem Kafes Sistemi kendi içerisinde üç gruba ayrılır, bunlar, Basit, Birleşik ve Karmaşık Kafes Sistemleri'dir.

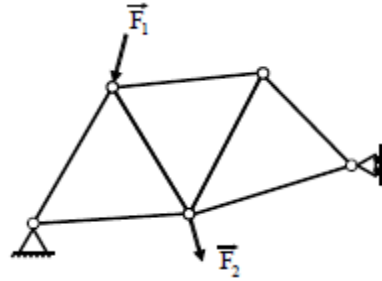
Basit Kafes Sistemler

Rijit çerçeve (Baz eleman): En az sayıda çubuk ve düğüm noktası ile elde edilen ve düğüm noktalarının birbirlerine göre yer değiştirmeleri sıfır olan kafes sisteme baz eleman denir.



Şekil 3.1 Baz eleman

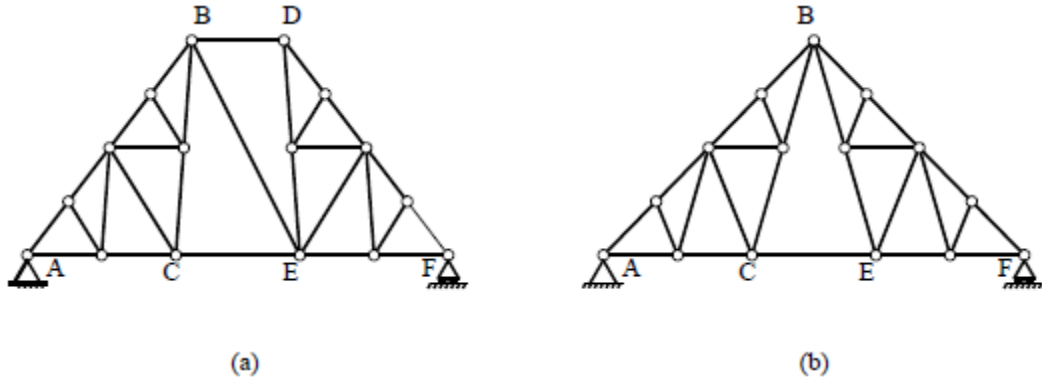
Rijit çerçeveye her bir adımda iki çubuk ve bir düğüm noktası ilave edilerek elde edilen kafes sistemlere basit kafes sistemler denir.



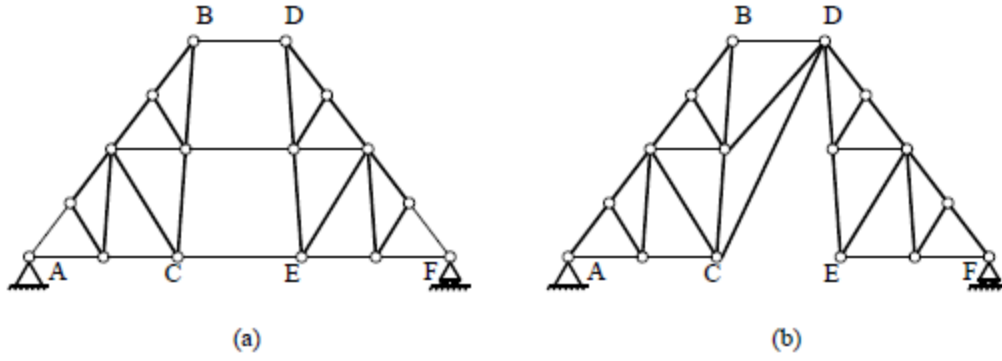
Şekil 3.2 Basit kafes sistem

Birleşik Kafes Sistemler

Şekil 3-3 'deki gibi birden fazla basit kafes kirişin üç çubuk, veya bir çubuk ve bir mafsall ile birleştirilmesine bileşik kafes sistemler denir. Şekil 3-4 'deki gibi, bileşik kafeslerde üç çubuk birbirlerine paralel olacak şekilde bağlanırsa uyumlu bağlı, bir noktada kesişecek şekilde olursa uyumsuz bağlı kafes sistem oluşur.



Şekil 3.3 Birleşik kafes sistemin üç çubuk ile (a) ve bir çubuk ve bir mafsal ile (b) birleştirilmesi



Şekil 3.4 Uyumlu bağlı (a) ve uyumsuz bağlı (b) birleşik kafes sistemi

Karmaşık Kafes Sistemler

Karmaşık Kafes Sistemlerde, bilinen bir kurala göre çubuk bağlantısı yapılmamaktadır. Basit ya da bileşik kafesle, bir sistem kurulduktan sonra bir veya birkaç çubuğun yerinin değiştirilerek karmaşık kafes sisteme geçilebilir.

Düzlem Kafes Sistemler Rijitliği

Bir kafes sistemi içerisindeki çubuklara etkiyen tüm kuvvetlerin toplamı sıfıra eşdeğer olduğundan kafes sistemi rijit olur. Düzlem kafes sisteminde, çubuk sayıları n ile düğüm sayıları k arasında;

$$n = 2k - 3 \quad (3.1)$$

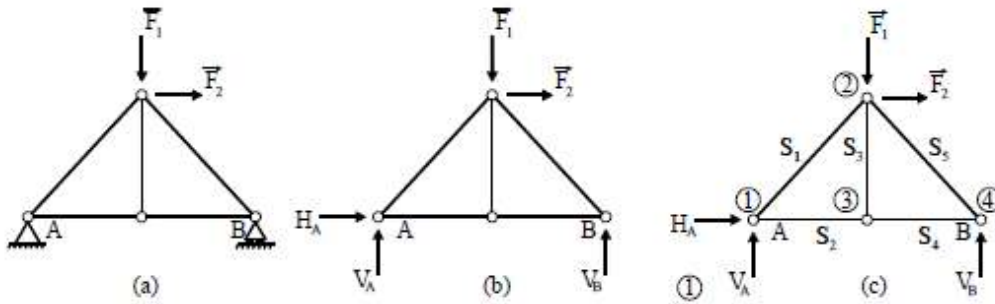
bağıntısı vardır. Düzlem kafes sistemindeki durum denklem (3.2) gibi ise çubuk sayısı eksik anlamına gelir. Bu ise sistemin rijit olmaması anlamına gelir.

$$n < 2k - 3 \quad (3.2)$$

Kafes sistemlerinde sıkça kullanılan "Sistemin Analizi" terimi, kafes sistemi oluşturan çubuk kuvvetlerinin hesaplanmasına denir. Kafes sistemin analizi birkaç metotla yapılabilir.

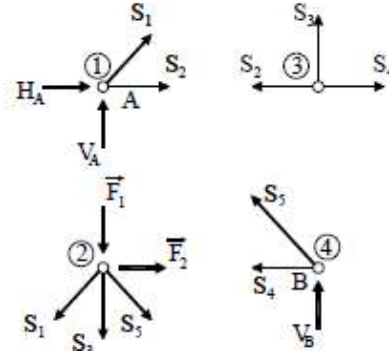
Düğüm Methodu

Düğüm metodunda, kafes sistemdeki, mesnet tepkilerinin koordinatları bulunduğundan sonra, öncelikle, çubuklardaki bütün kuvvetlerin çekmeye çalıştığı farz edilerek kuvvetler mesnetlere konur. Daha sonra, çubuklara önceden verilmiş numaralarla çubuk kuvvetlerini $S_1, S_2, \dots, S_n$ olarak gösterilir. Denge denklemi gereği, her çubuğun iki uç düğüme uygulanmış tam zıt iki kuvvet konur. Bu yöntemde, az sayıda çubuğun bağlandığı mesnet düğümleri için denge denklemleri yazılır. Daha önceden bulunan " r " mesnet koordinatı için n tane bilinmeyen yazılır. Düğümlerdeki bilinmeyenler için " $k - 1$ " düğüm için yazılan denklemlerle çözülür.



Şekil 3.5 Düğüm metoduna göre çözüm sırası

Düğüm metodunda çözüm sırası özetlenecek olursa; Öncelikle, iki çubuğun kesiştiği bir düğümden başlanır. Düğüm noktasından başlanılarak bu noktanın serbest cisim diyagramı çizilir. Serbest cisim diyagramı çizilen bu düğüm için denge denklemleri kullanılarak çubuk kuvvetleri bulunur. Şekil 3-6 'da düğüm metoduna göre çözüm aşamaları gösterilmiştir.

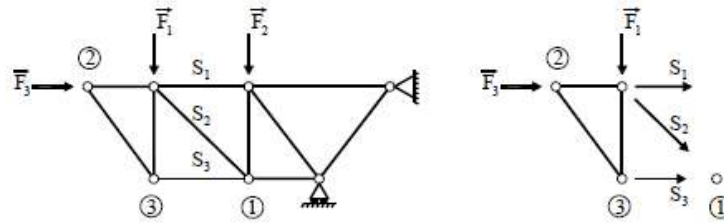


Şekil 3.6 Düğüm metoduna göre çözüm sırası

Kafes sisteminde, önceden bulunan düğümün ardından seçilecek düğüm noktasında da yine bilinmeyen çubuk sayısı en fazla iki olacak şekilde seçilir. Daha öncede anlatıldığı üzere, düğüm noktasında bilinmeyen çubuk kuvvetleri çekme kuvvetleri olarak alınır. Bu kuvvetler düğüm noktasından dışarıya doğru olur ve işareti (+) 'dır. Çubuk basınç çubuğu ise işareti (-) olur. Bulunan her kuvvet, komşu düğüm kuvvetlerinin çözümünde, bu kuvvetlerin işaretleri de dikkate alınarak istenen düğüm noktasına bilinen kuvvet olarak etkililirler.

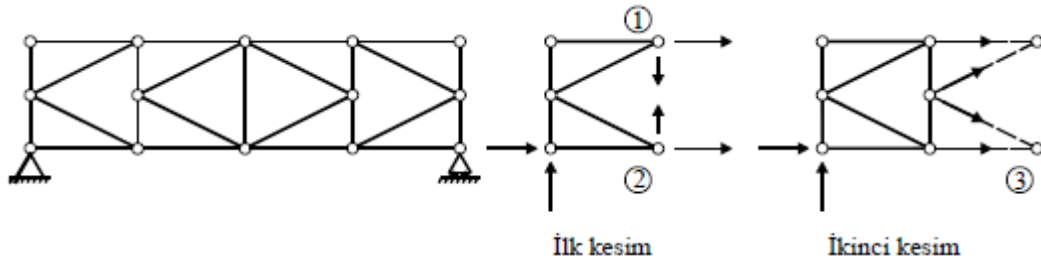
Kesme Metodu

Kesme Metodunda, bir Düzlem Kafes Sisteminde mesnet tepkileri hesaplanmış olsun. En fazla üç çubuğu içine alan bir kesim yapılarak çubuk kuvvetleri hesaplanır. Kesilen her çubuğa, önce çekmeye çalışan çubuk kuvvetleri konularak, çubuğun diğer kısmı atılır. Çubuğun kalan kısmı, rijit bir cisim gibi kabul edilerek, çubuk kuvvetleri hesaplanır.



Şekil 3.7 Kesim metoduna göre çözüm

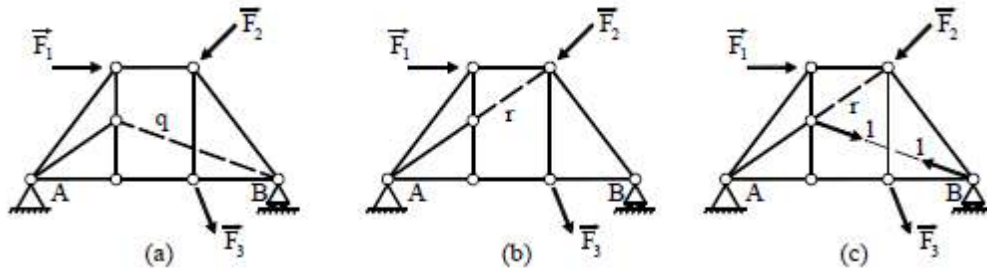
Bir kafes sisteminde, kafesin yapının çözümü için kesilen çubuk sayısı üçten az olması durumunda, çubuk denklemlerindeki bilinmeyenler çözülemeyeceği için, sistemde ikinci bir kesim yapılmalıdır. Şekil 3-8 'de bu durum gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Kesim metoduna iki kesimli çözüm

İndis Gerilme Metodu

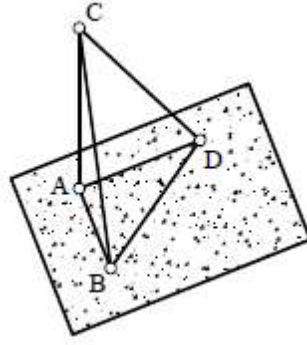
Düğüm metoduyla kafes sistemin çözümü, yatayda aynı açıyla eğik olan çubuk sistemine sahip paralel kirişlerde çok pratik bir yoldur. Yatayda paralel olan eğik çubukların olması durumunda, çubukların hepsinde $\text{Cosec}\alpha$ ve $\text{Cotg}\alpha$ çarpanı bulunur. Düşey çubuklarda ise bir trigonometrik ilişki bulunmamaktadır. İndis Gerilme Metodunda, trigonometrik oranın başındaki sayı o çubuğa indis olarak yazılır ve bir eğik çubuk için I_e , indis gerilmesi olarak yazılırsa, bu o çubuktaki gerilme kuvvetinin düşey bileşeni demektir. O çubuktaki gerçek kuvvet ise $S_e = I_e * \text{Cosec}\alpha$ olarak bulunur.



Şekil 3.9 İndis gerilme metoduna göre çözüm

Uzay Kafes Sistemler

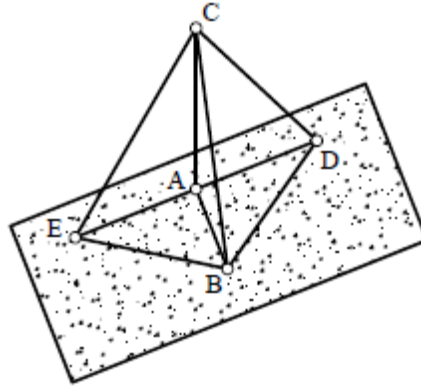
Uzay kafes sistemler, çubukların üç boyutlu bir biçim oluşturacak şekilde uçlarından birbirlerine mafsallı olarak bağlanmasıyla elde edilen kafes sistemlere denir. Şekil 3-10 'da basit Uzay Kafes Sistemi görülmektedir.



Şekil 3.10 Basit uzay kafes sistemi

Şekil 3-11 'de görülen uzay kafes sistemlerde, altı çubuk ve dört düğüm noktası ile baz eleman oluşturulur. Uzay kafes sisteminde, bir düğüm noktasında üç çubuk bağlandığından üç adet kuvvet denge denklemi yazılarak tüm çubuk kuvvetleri bulunur. Uzay kafes sistemlerde hiperstatiklik derecesi denklem (3.11) 'deki gibidir. [2]

$$h = m + r - 3.n \quad (3.11)$$



Şekil 3.11 Karmaşık uzay kafes sistemi

3.2 Kafes Sisteminin Kuleli İnşaat Krenlerinde Uygulanması

Kule krenler insan gücünün kaldıramayacağı ağırlıkta ve boyutta parçaların kaldırılması ve taşınması işlemlerinde kullanıldıkları için mukavemet dayanımları ön planda tutulmaktadır. Bir krenin yüke karşı mukavemeti tüm parçalarının hesap ve sonlu elemanlar yöntemi sonucunda elde edilen verilere göre belirlenen ölçülerde ve kesitlerde olmalıdırlar.

Krenin en önemli kısmı olan Boom, krenin üzerinde çalışma yükünün taşındığı kısımdır. Kren üzerinde bulunan araba vasıtasıyla çalışma yükü düşey yönde kaldırılabilmekte, yatay yönde ise raya dik doğrultuda taşınabilmektedir. Kren üzerinde taşınan yükler, krende dikey ve yatay yönde yüksek gerilemelerin oluşmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla krenin tasarımında, krenin rüzgâr, düşey ve yatay yüklere karşı mukavemeti en ön planda tutularak yapılmalıdır.



Şekil 3.12 Kuleli inşaat kreni

Kafes yapıdaki krenler yapısı itibariyle daha hafif, yüzey alanları az olduğu için rüzgâr etkisi düşük olmaktadır. Diğer yandan, tasarım ve imalat süreci daha zor ve uzun olur. Şekil 3-12’de kafes yapılı kule kren görülmektedir.

KULE İNŞAAT KRENİNİN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

4.1 Kuleli İnşaat Kreni Tanımı

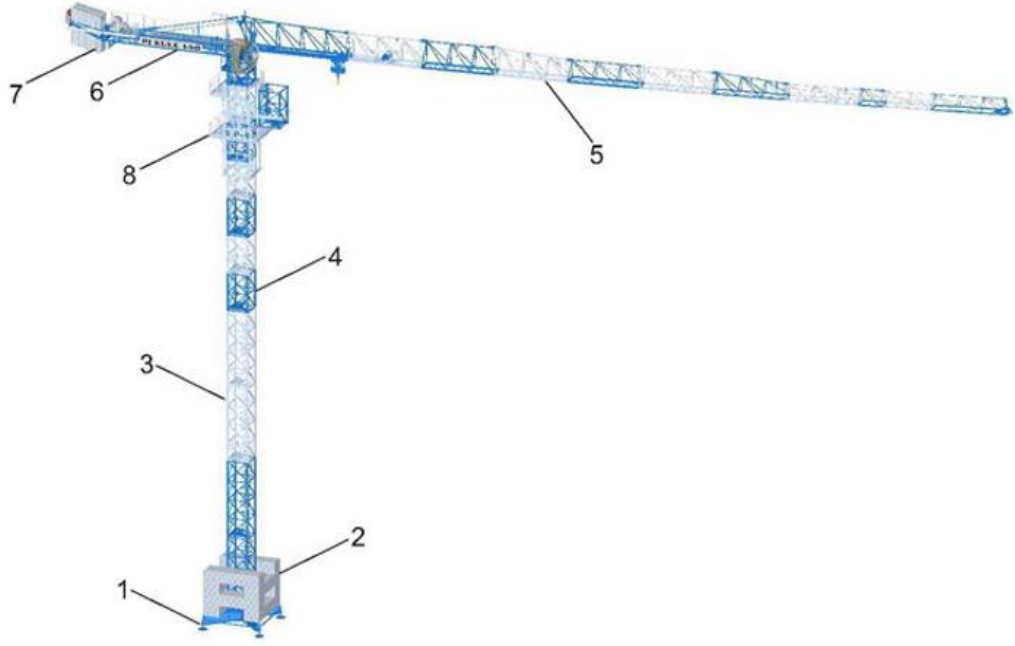
Kuleli İnşaat Krenleri genellikle şantiyelerde sabit ya da hareketli bir taşıyıcı üzerinde ağır yüklerin yatayda ve düşeyde taşınmasını sağlayan çelik yapıli bir makinedir. Kule gibi yükselen bir gövdesi olduğundan bu şekilde isimlendirilmiştir.

Bu krenlerin çalışma sahaları özellikle yüksekliğı fazla olan yerlerdir. Genel olarak yapı işlerinde kullanılmaktadır.

Kule krenleri kullanım alanlarına göre çeşitlilik göstermektedir. Tepe kuleli tepe kulesiz, kendi kendini kurabilen tipleri vardır. Tepe kuleli ve tepe kulesiz krenlerin hidrolik tırmanma sistemi kullanarak kendi kendini kurabilen sistemleri vardır.

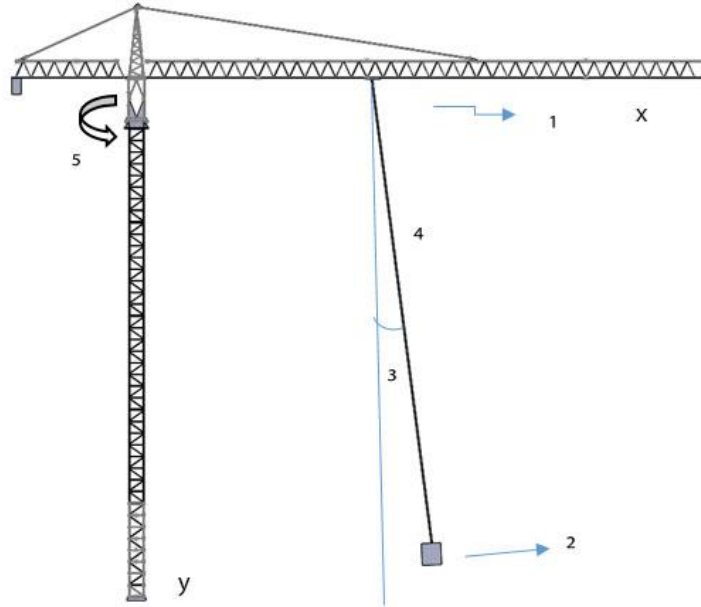
Kendi Kendine Yükslebilen Kule Kren: Sabit yükseklikte durabildikleri gibi bina yükseldikçe onunla birlikta yükslebilmektedir. Yapıya belirli aralıklarla atılan bağlantı elemanları ile sabitlenir. Kule kreni yükseltilmek istendiğinde gövde üzerinde bulunan tırmanma kafesi ile yapıya modüler olan kule elemanları eklenerek bu işlem gerçekleştirilir.

Kule Kreni oluşturan komponentlerin arasında; Ayak kompleksi (1) , ayak denge taşları(2) , mastlar (3,4) , boom kompleksi (5), denge boomu(6), karşı ağırlık (7) ve tırmanma kafesi (8) bulunmaktadır.



Şekil 4.1 Kuleli inşaat kreni bileşenleri

Kule krenler düşey ve yatay hareketleri sayesinde genel anlamda her türlü yükün yerini değiştirebilen makineleridir. Bu makineler genellikle inşaat alanlarında yüklerin zeminden inşaatın en yüksek noktasına kadar her türlü naklini sağlar. Boom uzunlukları yatay ve dikeyde 80 metre, yük kapasiteleri de 12 ton a kadar değişir.



Şekil 4.2 Krenin serbestlik dereceleri

Kule inşaat krenini toplam 5 serbestlik derecesine sahiptir, Şekilde görüldüğü gibi 1 numaralı serbestlik derecesinde araba , motorun çevirdiği halat sarılı tambur sayesinde x doğrultusu yönünde hareket edebilmektedir. 4 numaralı serbestlik derecesinde ise yük parçası ise halatın boyunun değişimi sayesinde aşağı yukarı hareket etmektedir ayrıca bu kısımdaki bağlantı döner başlı olduğundan yük z doğrultusunda 2 numaralı hareketi sağlamaktadır, bu kısımda yük arabaya halat vasıtasıyla bağlanmaktadır ve araba ve yükün atalet kuvvetlerinden kaynaklanan tepki kuvvetlerinden dolayı oluşan salınım açısı nedeniyle 3 numaralı serbestlik derecesi oluşmaktadır. 5 numaralı harekette ise döner tabla pinyon dişliler sayesinde 360 ° dönebilmektedir. Krenin dinamik davranışları incelenirken bu serbestlik derecelerinden faydalınacaktır.

4.2 Teknik Özellikler

Bu çalışmada Liebherr 154 EC-H numaralı krenin tasarım verilerine uyulmaya çalışarak model tasarımı yapılmıştır.

Teknik Özellikler

Kren Tipi	: Kuleli İnşaat Kreni
En Uçtan Maksimum Kaldırma Kapasitesi	: 1.950 kg
Maksimum Yarıçap	: 60.000 mm
Kaldırma Yüksekliği	: 50.000 mm
Kule Dönüş Motor Gücü	: 7,5 kw
Maksimum Kaldırma Kapasitesi	: 10.000 kg
Araba Yürüyüş Hızı	: 0- 100 m/dak
Kule Yürüyüş Hızı	: 0- 25 m/dak
Kule Yürüyüş Motor Gücü	: 7,5 kw

SONLU ELEMANLAR METODU

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

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

5.1 Sonlu Elemanlar Metodunun Kısa Tarihi

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

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

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

5.2 Uygulama Alanları

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

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

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

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

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

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

5.3 Problemlerde Uygulanması

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

5.4 Sonlu Elemanlar Yöntemi Eleman Tipleri

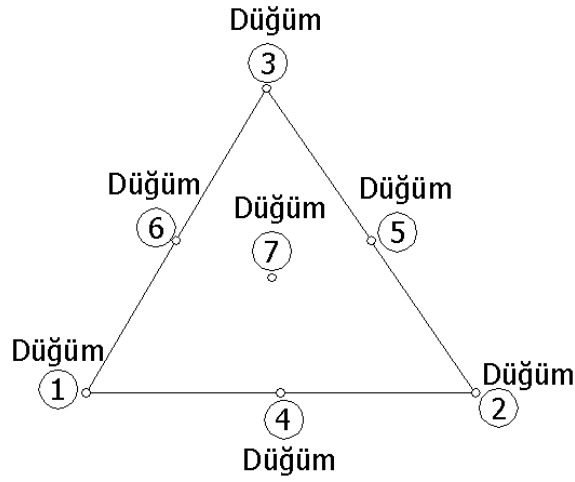
Analizi yapılacak bir parçada doğru sonuçlar alınabilmesi için en uygun bir şekilde sonlu elemanlara bölünmelidir. Sonlu elemanlara bölme işleminde sürekli ortamın boyutuna ve parçanın geometrisine en uygun elemanın şekli seçilmelidir. Seçilen sonlu elemanlar bir, iki veya üç boyutlu olabilirler. Genelde,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

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



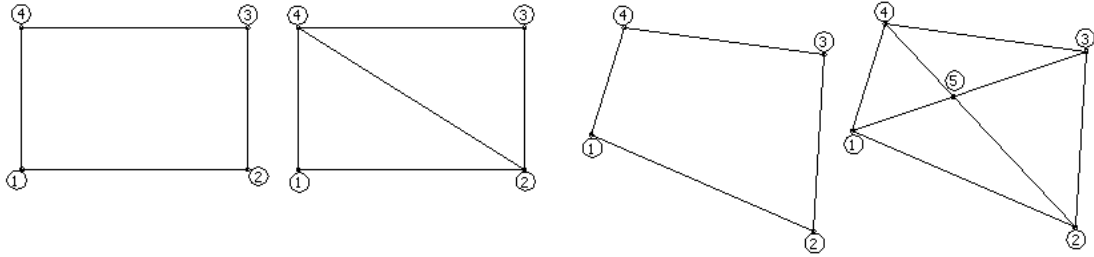
Şekil 5.1 Bir boyutlu eleman

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



Şekil 5.2 Üçgen tipi sonlu eleman örneği

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



Şekil 5.3 İki boyutlu değişik dörtgen geometri biçimli sonlu elemanlar

5.5 Ansys Sonlu Elemanlar Paket Programı

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

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

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

BÖLÜM 6

KULELİ İNŞAAT KRENİNİN MUKAVEMET HESAPLARI

Kren mukavemet hesapları FEM standartlarına uygun olarak yapılmaktadır. Hesaplamalar sırasında krenin maruz kaldığı kuvvetler temel alınarak yapılmaktadır. Bu bölümde öncelikle krenin çalışması esnasında etkiyen kuvvetlere değinilecektir. Daha sonra ise krenin mukavemet hesapları anlatılacaktır.

6.1 Krenin Maruz Kaldığı Kuvvetler

Kren sistemi yükleme esnasında iç ve dış yüklere maruz kalmaktadır. Kren üzerine çalışma ve durma halinde etkiyen yükler, krenin kendi ağırlığı, taşınan yük, kren ve arabanın hareketi sırasında doğan dinamik yükler olarak sayılabilir.

6.1.1 Zati Ağırlıklar

Kren tasarımında ilk göz önüne alınması gereken kren parçalarının kendi ağırlıklarıdır, çünkü her koşulda etki etmektedirler. Bunlar, krenin zati ağırlığı, araba ağırlığı ve kanca ağırlıklarıdır. Araba ve kanca ağırlıkları, boom boyunca hareket etmektedir.

6.1.2 Krenin Zati Ağırlığı

Krenin zati ağırlığı kreni oluşturan parçalardan kaynaklanmaktadır. Bu ağırlık krenin boştayken sehim yapmasına neden olur.

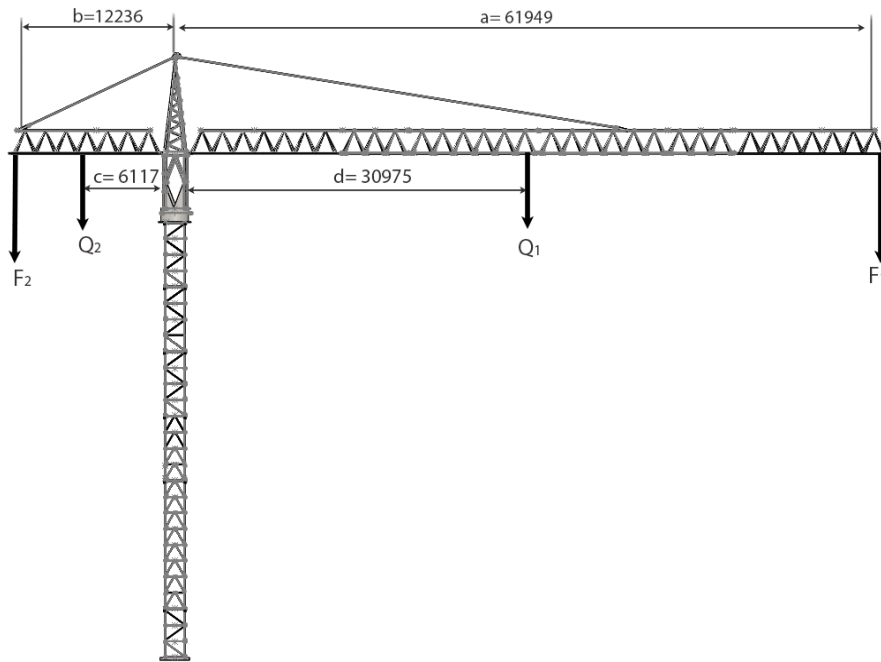
6.1.3 Kanca Ağırlığı

Yükün taşınmasını sağlayan kanca halatlar vasıtasıyla arabaya bağlanmaktadır. Hesaplamalar sırasında kanca yükü dikkate alınmaktadır.

6.1.3.1 Dinamik Yükler

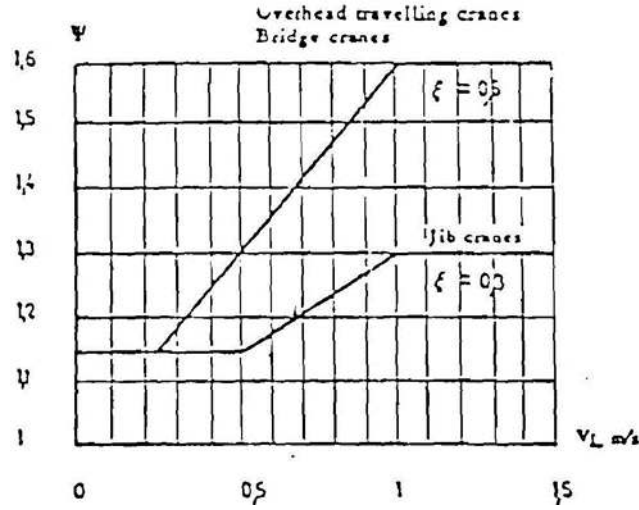
Dinamik yükler ivmelenme ve frenleme sırasında oluşan yüklerdir. Bu yükler, hareket eden cismin kütlesi ile ivmenin çarpımıyla ($F = m.a$) bulunabilir. Bu yük sadece krenin hareket yönünde uygulanmaktadır. Krenin zati ağırlığından kaynaklanan yükün yanı sıra arabanın taşıdığı yüklerin arabanın frenlenmesi esnasında oluşan atalet kuvvetleri, kren boyunca etmektedir.

6.2 Kuleli İnşaat Kreninin FEM Şartnamesine Göre Mukavemet Hesabı



Şekil 6.1 Kuleli inşaat kreni genel ölçüleri

Kren elemanların hesabında darbe faktörlerinin tespiti için F.E.M 1001 3. Baskı 1987.10.01'deki Şekilde verilen grafik kullanılmalıdır.



Şekil 6.2 Kren tipine uygun darbe faktörü seçimi

Şekil 6-2 ‘ de verilen grafiğe göre titreşim katsayısı $\psi = 1,3$ alındı.

Çizelge 6.1 Ömür Faktörü

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

Ömür faktörü ise FEM Çizelge 2.3.4.‘den A4 grubu için Çizelgede $\gamma_c = 1,08$ olarak seçilmiştir.

FEM normu Çizelge 3.2.1.1. ‘e göre A.37-A.42-A.52 çeliklerinin σ_E ve σ_A değerleri için çizelgedeki değerler kullanılmıştır.

Çizelge 6.2 Ömür faktörü A.37-A.42-A.52 çelikleri için gerilme değerleri

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

σ_E değeri 240 N/mm^2 den büyük olan A Grade gemi inşa sacları için emniyet katsayıları aşağıdaki gibi seçildi:

Birinci Hal için: $\gamma_c = 1,5$

İkinci Hal için: $\gamma_c = 1,33$

Üçüncü Hal için: $\gamma_c = 1,1$ alınarak bulunacak σ_a 'larla hesaplanacaktır.

Verilenler

Boom Ağırlığı $Q_1 = 12204 \text{ kg}$

Boom Uzunluğu $r = 61949 \text{ mm}$

Karşı Ağırlık $F_2 = 19100 \text{ kg}$

Kaldırma Kapasitesi $F_1 = 1920 \text{ kg}$

Denge Boom Ağırlığı $Q_2 = 2320 \text{ kg}$

Denge Boom Uzunluğu $p = 12236 \text{ mm}$

Kren grubuna göre ömür faktörü $\gamma_c = 1,08$

Darbe faktörü ile ömür faktörünün çarpımı büyütme faktörünü verir.

$$k = \psi \cdot \gamma_c = 1,08 \cdot 1,3 = 1,404$$

Boom Kısına Etkiyen Yükler

Boom çalışma şartlarında hem statik hem de dinamik yüklere maruz kalmaktadır. FEM normlarına göre statik yükleri önceden belirlenen büyütme faktörüne çarparak dinamik yüke dönüştürüldü.

Statik halde;

Çalışma Yüğü: $StYük = 1920 \text{ kg}$

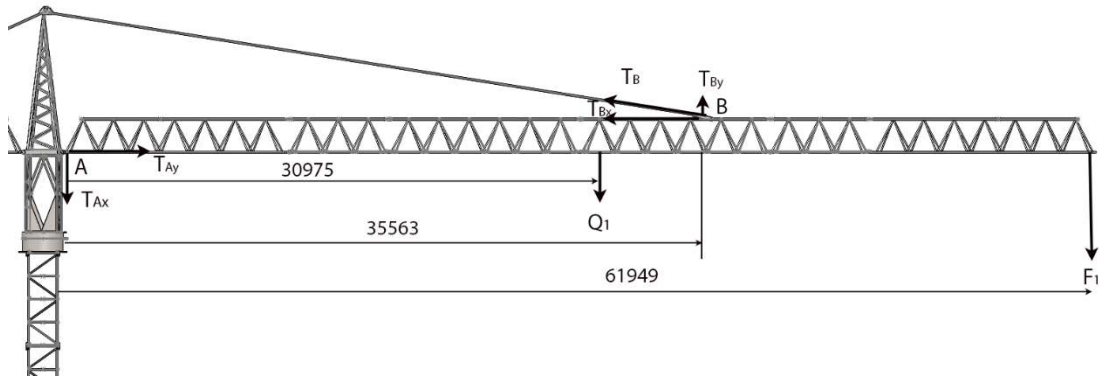
Dinamik halde;

Çalışma Yüğü: $Yük = k \cdot StYük = 2695 \text{ kg}$

6.2.1 Boom Kısımındaki Kritik Noktalarda Gerilme Kontrolü

Tehlikeli noktalar B ve C (en uç) noktaları olduğundan mukavemet şartları bu noktalara göre yapılacaktır.

6.2.1.1 Yük Uçtayken



Şekil 6.3 Yük uç kısmında asılıyken boom

Boom ucuna etkiyen yük;

$$F_1 = -2695 \text{ kg}$$

Yük uçtayken basit statik denklemlerden A ve B tepki kuvvetleri bulunur.

A noktası pimle bağlantılı olduğu için bu nokta M_A momenti taşımayacaktır.

A noktası için moment eşitliğinden;

$$Q_1 \cdot 30975 + F_1 \cdot 61949 = T_{By} \cdot 35563$$

$$12204 \cdot 30975 + 2695 \cdot 61949 = T_{By} \cdot 35563$$

$$T_{By} = 15324 \text{ kg}$$

A noktası için kuvvet eşitliğinden;

$$\sum F_y = 0$$

$$T_{Ay} + Q_1 + F_1 = T_{By}$$

$$T_{Ay} + 12204 + 2695 = 15324 \text{ kg}$$

$$T_{Ay} = 425 \text{ kg}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$T_B = \frac{T_{By}}{\sin(14,4^\circ)} = \frac{15324}{\sin(14,4^\circ)} = 61618 \text{ kg}$$

$$T_{Bx} = T_B \cdot \cos(14,4^\circ) = 61618 \cdot \cos(14,4^\circ) = -59638 \text{ kg}$$

$$T_{Bx} = 59638 \text{ kg}$$

1.Bölge için

$$F_{k1} = -T_{Ay} - qz_1 = -425 - 0,197 \cdot z_1 = -7430 \text{ kg}$$

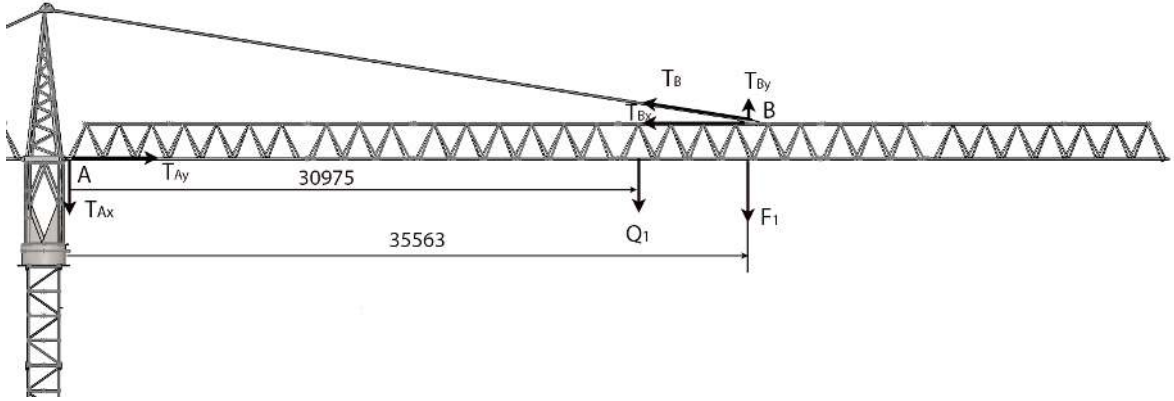
$$M_{e1} = -T_{Ay} \cdot z_1 - \frac{qz_1^2}{2} = -425 \cdot 35,56 - \frac{0,197 \cdot 35,56^2}{2} = -139689 \text{ kg.m}$$

2.Bölge için

$$F_{k2} = -T_{Ay} - q(z_1 + z_2) + T_{By} = -425 - 0,197 \cdot 61,94 + 15324 = 2695 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_{e1} &= -T_{Ay} \cdot (z_1 + z_2) - \frac{q(z_1 + z_2)^2}{2} + T_{By} \cdot z_2 \\ &= -425 \cdot 61,49 - \frac{0,197 \cdot 61,94^2}{2} + 15324 \cdot 26,36 = -0,603 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

6.2.1.2 Yük B noktasındayken;



Şekil 6.4 Yük B noktasında asılıyken boom

$$Q_1 \cdot 30,975 = (T_{By} - F) \cdot 35,563$$

$$12204 \cdot 30,975 = (T_{By} - 2695) \cdot 35,563$$

$$T_{By} = 13324 \text{ kg}$$

$$T_{By} = F_1 + Q_1 + F_{Ay}$$

$$13324 = 2695 + 12204 + T_{Ay}$$

$$T_{Ay} = 1575 \text{ kg}$$

$$T_B = \frac{T_{By}}{\sin(14,4^\circ)} = \frac{13324}{\sin(14,4^\circ)} = 53576 \text{ kg}$$

$$T_{Bx} = T_B \cdot \cos(14,4^\circ) = 53576 \cdot \cos(14,4^\circ) = -51893 \text{ kg}$$

$$T_{Bx} = 51893 \text{ kg}$$

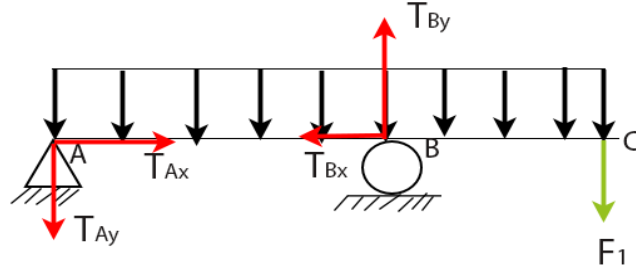
1.Bölge için

$$F_{k1} = -T_{Ay} - qz_1 = 1575 - 0,197 \cdot 35,563 = -5430,9 \text{ kg}$$

$$M_{e1} = -T_{Ay} \cdot z_1 - \frac{q z_1^2}{2} = 1575 \cdot 35,56 - \frac{0,197 \cdot 35,56^2}{2} = -68563 \text{ kg.m}$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda yük uçtayken, oluşan momentin en büyük değerinin B noktasında olduğu tespit edilmiştir. Kritik nokta olarak burası ele alınacaktır ve emniyetli olup olmadığı kontrol edilecektir.

6.2.2 Şehim Hesabı



Şekil 6.4 Boom şehim gösterimi

A-B aralığı

$$T_{Ay} \cdot x + M + \frac{q \cdot x^2}{2} = 0$$

$$-M = T_{Ay} \cdot x + \frac{q \cdot x^2}{2}$$

$$E \cdot I \cdot y'' = T_{Ay} \cdot x + \frac{q \cdot x^2}{2}$$

$$E \cdot I \cdot y' = \frac{T_{Ay} \cdot x^2}{2} + \frac{q \cdot x^3}{6} + c_1$$

$$E \cdot I \cdot y = \frac{T_{Ay} \cdot x^3}{6} + \frac{q \cdot x^4}{24} + c_1 \cdot x + c_2$$

$$X=0 \rightarrow E \cdot I \cdot y_A = 0 \quad C_2 = 0$$

$$X=L \rightarrow E \cdot I \cdot y_B = 0$$

$$L=35,56 \text{ m}$$

$$\frac{T_{Ay} \cdot L^3}{6} + \frac{q \cdot L^4}{24} + c_1 \cdot L = 0$$

$$c_1 = -\frac{T_{Ay} \cdot L^2}{6} - \frac{q \cdot L^3}{24}$$

Denklemden yerine konulursa;

$$E \cdot I \cdot y^l = \frac{T_{Ay} \cdot x^2}{2} + \frac{q \cdot x^3}{6} - \frac{T_{Ay} \cdot L^2}{6} - \frac{q \cdot L^3}{24}$$

$$y^l = \frac{1}{E \cdot I} \left[\frac{T_{Ay} \cdot L^2}{2} + \frac{q \cdot L^3}{6} - \frac{T_{Ay} \cdot L^2}{6} - \frac{q \cdot L^3}{24} \right]$$

$$y^l = \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left[\frac{T_{Ay} \cdot L^2}{3} + \frac{q \cdot L^3}{8} \right]$$

$$y^l = \frac{\frac{4196 \cdot 35,56^2}{3} + \frac{1932,5 \cdot 35,56^3}{8}}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,0125} = 0,0050$$

B-C aralığı

$$M + T_{Ay} \cdot x + \frac{q \cdot x^2}{2} - T_{By} \cdot (x - L) = 0$$

$$-M = T_{Ay} \cdot x + \frac{q \cdot x^2}{2} - T_{By} \cdot (x - L)$$

$$E \cdot I \cdot y^u = T_{Ay} \cdot x + \frac{q \cdot x^2}{2} - T_{By} \cdot x + T_{By} \cdot L$$

$$E \cdot I \cdot y^l = \frac{T_{Ay} \cdot x^2}{2} + \frac{q \cdot x^3}{6} - \frac{T_{By} \cdot x^2}{2} + T_{By} \cdot L \cdot x + c_1$$

$$E \cdot I \cdot y = \frac{T_{Ay} \cdot x^3}{6} + \frac{q \cdot x^4}{24} - \frac{T_{By} \cdot x^3}{6} + \frac{T_{By} \cdot L \cdot x^2}{2} + c_1 \cdot x + c_2$$

$$X=L \rightarrow y_B^l = 0,0050$$

$$y_B^l = \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,0125} \left[\frac{4169 \cdot 35,56^2}{2} + \frac{1932 \cdot 35,56^3}{6} - \frac{150328 \cdot 35,56^2}{2} + 150328 \cdot 35,56^2 + c_1 \right]$$

$$c_1 = -99660864 \text{ N.m}^2$$

$$E \cdot I \cdot y_B = \frac{T_{Ay} \cdot x^3}{6} + \frac{q \cdot x^4}{24} - \frac{T_{By} \cdot x^3}{6} + \frac{T_{By} \cdot L \cdot x^2}{2} + c_1 \cdot x + c_2$$

$$y_B(L) = 0$$

$$0 = \frac{4169 \cdot 35,56^3}{6} + \frac{1932,5 \cdot 35,56^4}{24} - \frac{150328 \cdot 35,56^3}{6} + \frac{150328 \cdot 35,56^3}{2} + (-99660864) \cdot 35,56 + c_2$$

$$c_2 = 1130722520 \text{ N.mm}^3$$

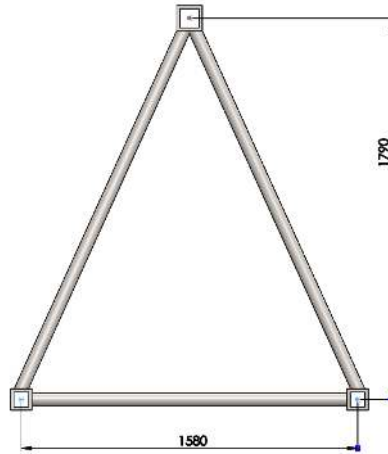
$$y = \frac{1}{E \cdot L} \left[\frac{T_{Ay} \cdot x^3}{6} + \frac{q \cdot x^4}{24} - \frac{T_{By} \cdot x^3}{6} + \frac{T_{By} \cdot L \cdot x^2}{2} - 99660864 \cdot x + 1130722520 \right]$$

Maksimum çökme C noktasında olacağından bu bölgede çökme kontrolü yapılacaktır. [3]

$$y_c = \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,0125} \left[\frac{4169 \cdot 61,49^3}{6} + \frac{1932 \cdot 61,94^4}{24} - \frac{150328 \cdot 61,94^3}{6} + \frac{150328 \cdot 35,56 \cdot 61,94^2}{2} - 99660864 \cdot 61,4 + 1130722520 \right]$$

$$y_c = 0,259 \text{ m}$$

Boom Kontrolü



Şekil 6.5 Boom kesiti

Şekilden yararlanarak boom üst kısmındaki ve boom alt kısmındaki profillerde yük boom ucundayken ve yük B noktasındayken gerilme kontrolleri yapılacaktır.

Üst profil kesit alanı;

$$F_{\bar{U}} = 12.12 - 9.9 = 63 \text{ cm}^2$$

Alt Profil kesit alanı;

$$F_A = 10.10 - 7.7 = 51 \text{ cm}^2$$

$$x_g = 75,4 \text{ cm}$$

$$y_g = \frac{(12.12 - 9.9).179}{(12.12 - 9.9) + 2 \cdot (10.10 - 7.7)} = 68,3 \text{ cm}$$

$$I_y = \left(\frac{b \cdot h^3 - (b - 2 \cdot t) \cdot (h - 2 \cdot t)^3}{12} + (b \cdot h - (b - 2t)(h - 2 \cdot t)) \cdot a^2 \right) + 2 \left(\frac{c \cdot k^3 - (c - 2 \cdot t) \cdot (k - 2 \cdot t)^3}{12} + (c \cdot k - (c - 2t)(k - 2 \cdot t)) \cdot e^2 \right)$$

$$I_y = \left(\frac{12 \cdot 12^3 - 9 \cdot 9^3}{12} + (12.12 - 9.9) \cdot 110,7^2 \right) + 2 \left(\frac{10 \cdot 10^3 - 7 \cdot 7^3}{12} + (10.10 - 7.7) \cdot 68,3^2 \right)$$

$$I_y = 1250299 \text{ cm}^4$$

Yük Uçtayken B noktasındaki profillerde oluşan maksimum gerilmeler

$$M_{e1} = -13968900 \text{ kg.cm}$$

T_{Bx} çeki kuvvetinden dolayı oluşan moment

$$M_{e2} = 59638 \cdot 110,7 = 6601926,6 \text{ kg.cm}$$

$$\sum M = -13968900 + 6601926,6 = -7366974 \text{ kg.cm}$$

A noktası için

$$\sigma_A = \frac{\sum M}{I_y} \cdot (-a)$$

$$\sigma_A = \frac{-7366974}{1250299} \cdot (-110,7)$$

$$\sigma_A = 652 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_A = 63,98 \text{ MPa}$$

B ve C noktaları için

$$\sigma_{B,C} = \frac{\sum M}{I_y} \cdot (+e)$$

$$\sigma_A = \frac{-7366974}{1250299} \cdot (+68,3)$$

$$\sigma_A = 402 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_A = 39,43 \text{ MPa}$$

Yük B noktasındayken, B noktasındaki profillerde oluşan maksimum gerilmeler

$$M_{e1} = -6856300 \text{ kg.cm}$$

T_{Bx} çeki kuvvetinden dolayı oluşan moment

$$M_{e2} = 51893 \cdot 110,7 = 5744555 \text{ kg.cm}$$

$$\sum M = -6856300 + 5744555 = -1111745 \text{ kg.cm}$$

A noktası için

$$\sigma_A = \frac{\sum M}{I_y} \cdot (-a)$$

$$\sigma_A = \frac{-1111745}{1250299} \cdot (-110,7)$$

$$\sigma_A = 98,43 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_A = 9,65 \text{ MPa}$$

B ve C noktaları için

$$\sigma_{B,C} = \frac{\sum M}{I_y} \cdot (+e)$$

$$\sigma_A = \frac{-1111745}{1250299} \cdot (+68,3)$$

$$\sigma_A = 60,73 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\sigma_A = 5,95 MPa$$

6.2.3 Boom Gergi Laması Kontrolü

$$F_{kesit} = 120.120 - 90.90 = 6300 mm^2$$

Gergi laması üzerindeki kuvvet bulunmuştu.

$$S_{lama} = 61298 kg$$

$$\sigma_{lama\ 1} = \frac{S_{lama\ 1}}{F_{kesit}} kg/cm^2$$

$$\sigma_{lama\ 1} = \frac{59638 \cdot 9,81}{(120.120 - 90.90)} = 92,86 N/mm^2$$

$$\sigma_{lama\ 1} = 92,86 MPa$$

Pim iki yerinde zorlanmaya maruz kaldığından, bir kesitte $59638/2 = 29819$ kg

Pimin boyutları

50x185x113 dür.

Kayma gerilmesi

$$\tau_{pim\ k} = \frac{S_{lama\ 1}/2}{\pi \cdot d^2/4} kg/cm^2$$

$$\tau_{pim\ k} = \frac{29819 \cdot 9,81}{\pi \cdot 50^2/4} = 148,98 N/mm^2$$

$$\tau_{pim\ k} = 148,98 MPa$$

KULELİ İNŞAAT KRENİNİN MODELLENMESİ

7.1 Giriş

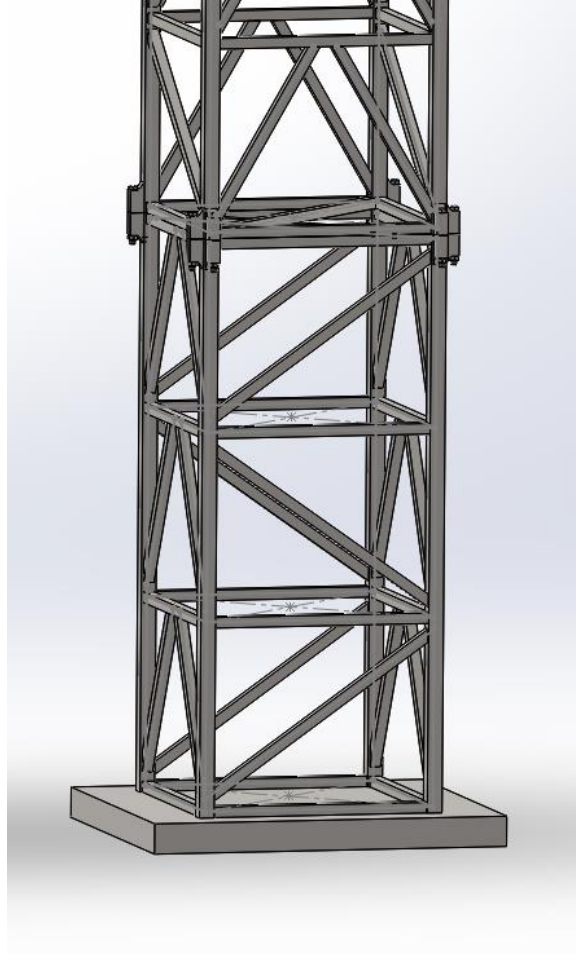
Tasarım yapılırken Liebherr 154 EC-H İnşaat Kule Kreni'nin tasarım verilerine uyulmaya çalışılmıştır. Bu sayede bir sonraki aşamalarda bilgisayar ortamında elde edilen verilerle, kren üzerinde elde edilen verilerin karşılaştırılması hedeflenmiştir.



Şekil 7.1 Kuleli inşaat kreni

7.2 Mast Kısımının Modellenmesi

Mast kısmı, yaklaşık 5 m yüksekliğindeki modüllerin cıvata somun bağlantılarıyla bir araya gelmesiyle oluşturulmuştur ve toplam yüksekliği 50 m 'dir. Mast kısmı profillerden oluşturulmuştur ve bu profiller 100 mm x 100 mm dir ve et kalınlıkları 15 mm dir.

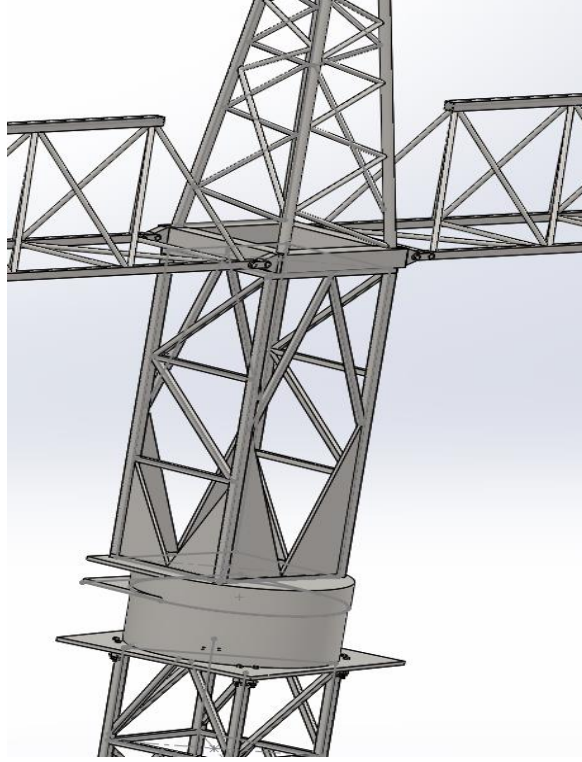


Şekil 7.2 Mast modülü

7.3 Döner Kulenin Modellenmesi

Döner kule tasarlanırken basitleştirilmelere gidilmiştir. Normal kullanımda dişliler sayesinde tepe kısmı dönme hareketini yaparken, bu çizimde bu dönme hareketini montaj yapılırken verilen ilişkilerle sağlanmıştır. Ayrıca tepe kısmı pimlerle boom ve denge booma bağlanmıştır.

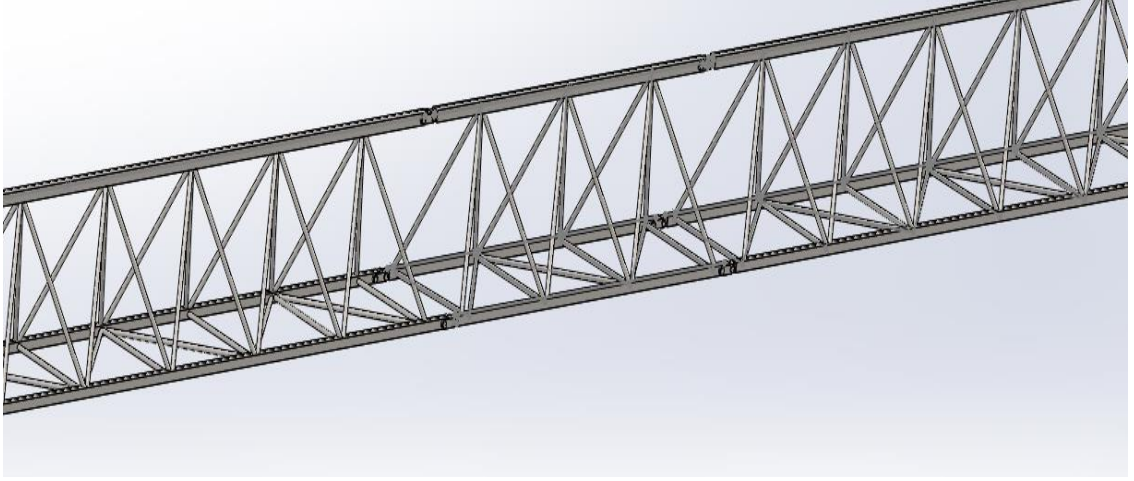
Bu kısımda pim kullanılması nereden ağırlıklardan dolayı oluşan momentlerin bu pimler tarafından karşılanmasıdır. 3D Boyutlu çizimde pimli bağlantıların doğru ilişkilendirilmesi gerektirmektedir aksi takdirde analiz kısımlarında ciddi sıkıntılar yaratabilir.



Şekil 7.3 Döner kule

7.4 Boom Kısımının Modellenmesi

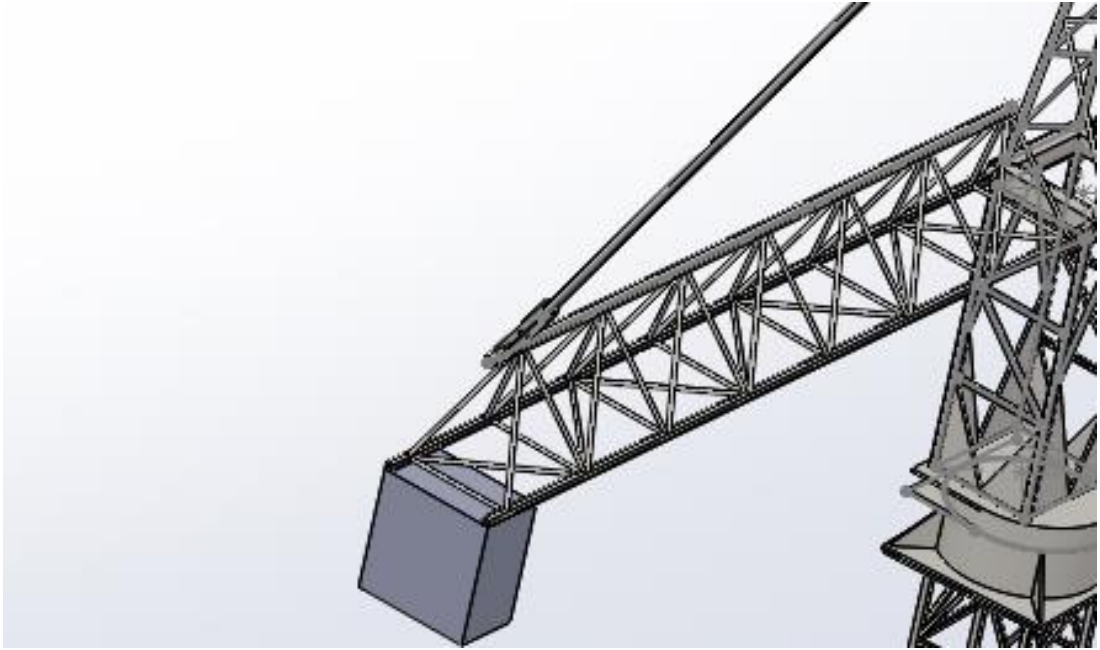
Boom kısmı, yaklaşık 10 m uzunluğundaki boom modüllerin pim bağlantılarıyla bir araya gelmesiyle oluşturulmuştur. Boom kısmı altta iki ve üstte bir adet olmak üzere 3 ana taşıyıcı profilden oluşmaktadır. Bu kısım moment ve kuvvetleri taşımaktadır. Bu profiller, yanıl yüzeylerden çapı 60 mm olan dairesel kesitli içi boş profillerle birleştirilmiştir. Bu yanıl profillerin birleşimlerin aynı profil üzerinde tek bir noktada olmasına dikkat edilmiştir. Bu sayede yanıl profillerin moment taşımaması sağlanmıştır.



Şekil 7.4 Boom

7.5 Denge Boomunun Modellenmesi

Denge Boom uzunluğu 12,23 m alınmıştır ve çiziminde boom kısmındaki profillerinin ölçüleri kullanılmıştır ve uç kısmına da karşı ağırlık çizilmiştir. Tepe kısmına pimler vasıtasıyla montajı gerçekleştirilmiştir.

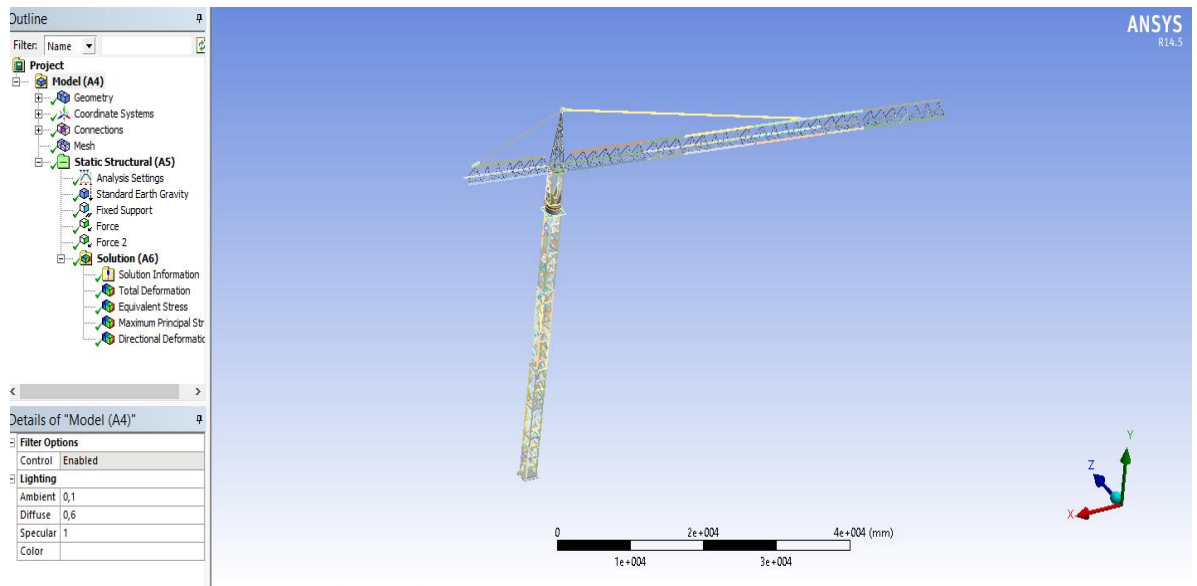


Şekil 7.5 Denge boomu

BÖLÜM 8

KULELİ İNŞAAT KRENİNİN MESHLENMESİ

Solidworks ortamında çizilen 3D Kren, parasolid dosyası uzantısı şeklinde kaydedilip Ansys Workbench ortamına aktarılmıştır. Modelde çok sayıda parça olduğu için analiz süresin uzun olacağından, Solidworks ortamında çizim yapılırken rulman, kaynak yarıçapları, dişli kutusu gibi tehlikeli noktalardaki hesaplamaları etkilemeyecek unsurlar çizime katılmamıştır. Böylece analiz yapılırken ciddi bir süre kazancı olmuştur. Şekil 8.1 'deki Workbench sayfasında gerekli sabitlemeler ve yüklemeler yapıldıktan sonra analiz yapılmıştır ve analitik hesapta en tehlikeli yer olan halat ile boom kısmının pimle bağlantılı olduğu nokta için gerilmeler elde edilmiştir. Bu gerilmeler daha sonra analitik hesaplara karşılaştırılmış, sonuçların yakınlığı irdelenmiştir.



Şekil 8.1 Ansys ortamındaki inşaat kule kreni

Malzemenin Atanması

Krende kullanılan parçaların malzemesi St37 yapı çeliğidir. Kullanılan çeliğin malzeme özellikleri aşağıdaki gibi programa girilmiştir.

Yoğunluk: 7850 kg/m³

Elastiklik Modülü: 200 GPa

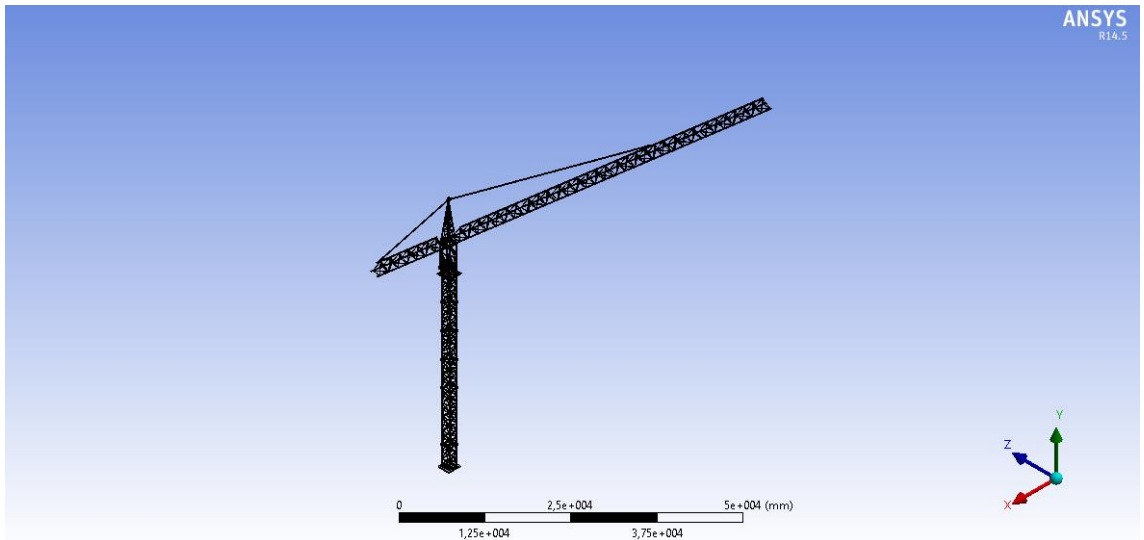
Poisson Oranı: 0.3

8.1 Krenin Meshlenmesi

Kütüphane kısmında St37-2 malzemesi atandıktan sonra mesh kısmına geçilmiştir. Bu kısımda mesh boyutu default olarak ayarlanmıştır. Çok hassas analizle karşılaştırıldığında değişim oranı ihmal edilebilecek sınırlar içinde kalmıştır. Bu işlem sonucunda elde toplam eleman ve toplam düğüm sayısı şu şekildedir:

Toplam Düğüm Sayısı: 3054210

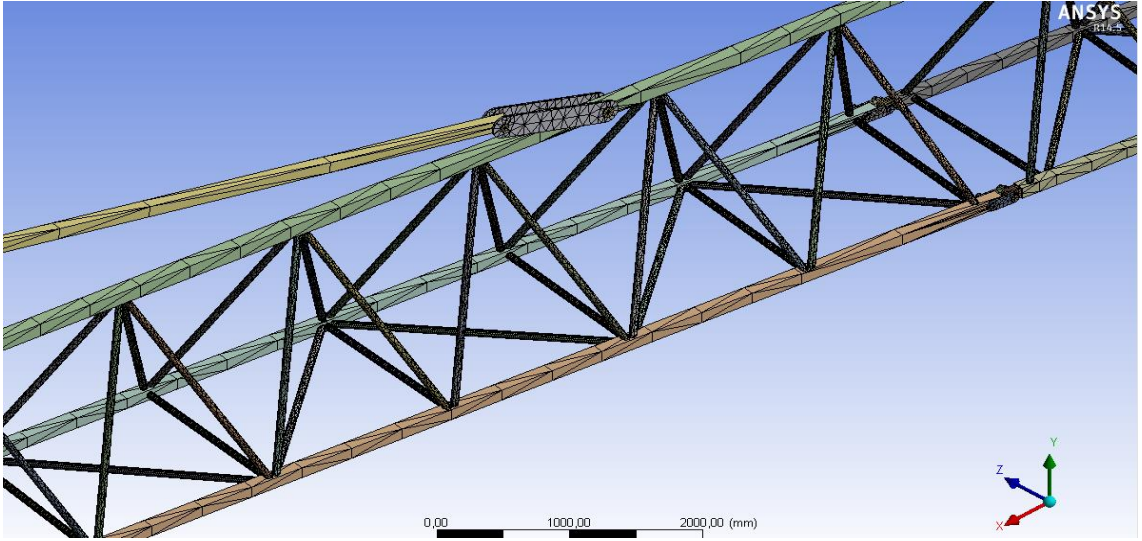
Toplam Eleman Sayısı: 1027273



Şekil 8.2 Meshlenmiş inşaat kule kreni

8.1.1 Boom Meshlenmesi

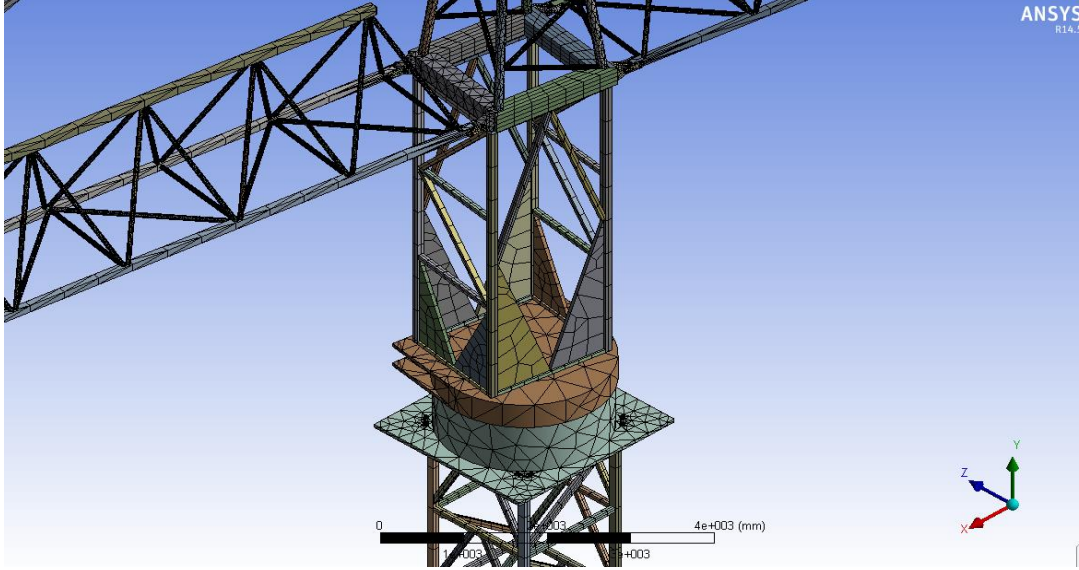
Boom kısmı üstte bir ve altta da 2 olmak üzere üç profilden oluşmaktadır. Bu üç profil kuvvet ve moment taşımaktadır. Çubuk adı verdiğimiz, profiller arasında bağlantı sağlayan bu silindirik profiller ortak bir noktada birleştikleri için moment taşımayacaklardır. Meshleme yapılırken bu çubuklar, diğer profillere göre mesh boyutu daha küçük boyutlarda olacaktır.



Şekil 8.3 Meshlenmiş boom modeli

8.1.2 Döner Kulenin Meshlenmesi

Boom kısmında pim ve bağlantı noktası sayısı fazla olduğundan mesh boyutları daha küçük tutulmuştu, döner kulede ise bu bağlantı sayısı az olduğundan ve tehlikeli gerilme noktalarının hesabına bu kısımda bakılmayacağından bu bölgede mesh sayısı daha büyük tutuldu.



Şekil 8.4 Meshlenmiş döner kule

8.1.3 Sabit Kulenin Meshlenmesi

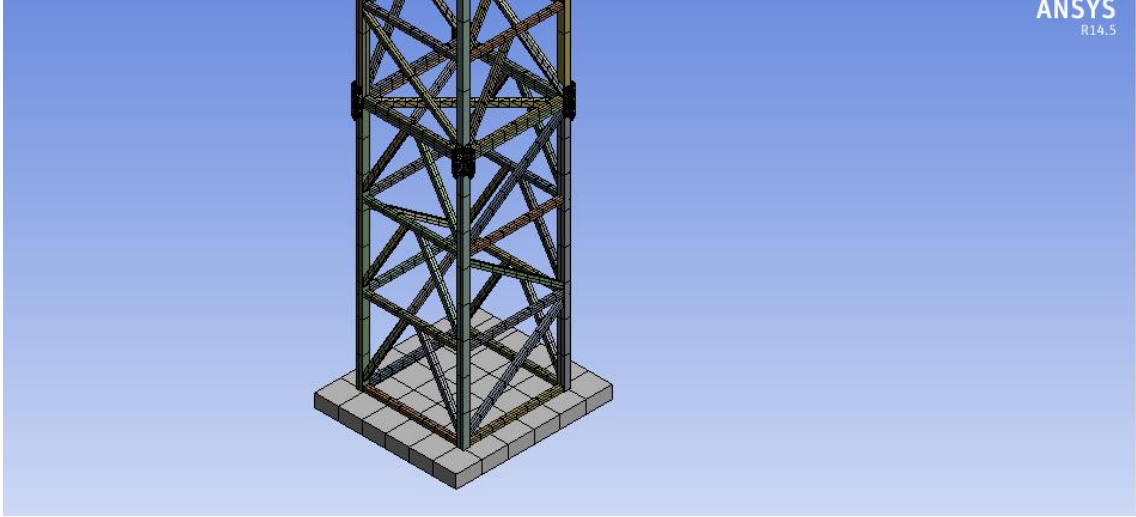
Boom ve kontrpua kısmında mesh boyutunun çok küçük ve eleman sayısının çok fazla olmasından dolayı, analiz süresini kısaltmak amacı ile sabit kulede mesh boyutu nispeten daha büyük oluşturuldu. Bu şekilde sabit kulenin modelinin olabildiğince az eleman kullanılarak yapılması sağlandı. Sabit kulede kullanılan bağlantılar da cıvata bağlantıları olduğundan bu kısımlarda mesh boyutu daha küçük seçildi.



Şekil 8.5 Meshlenmiş sabit kule

8.1.4 Sabit Kule Taban Kısımının Meshlenmesi

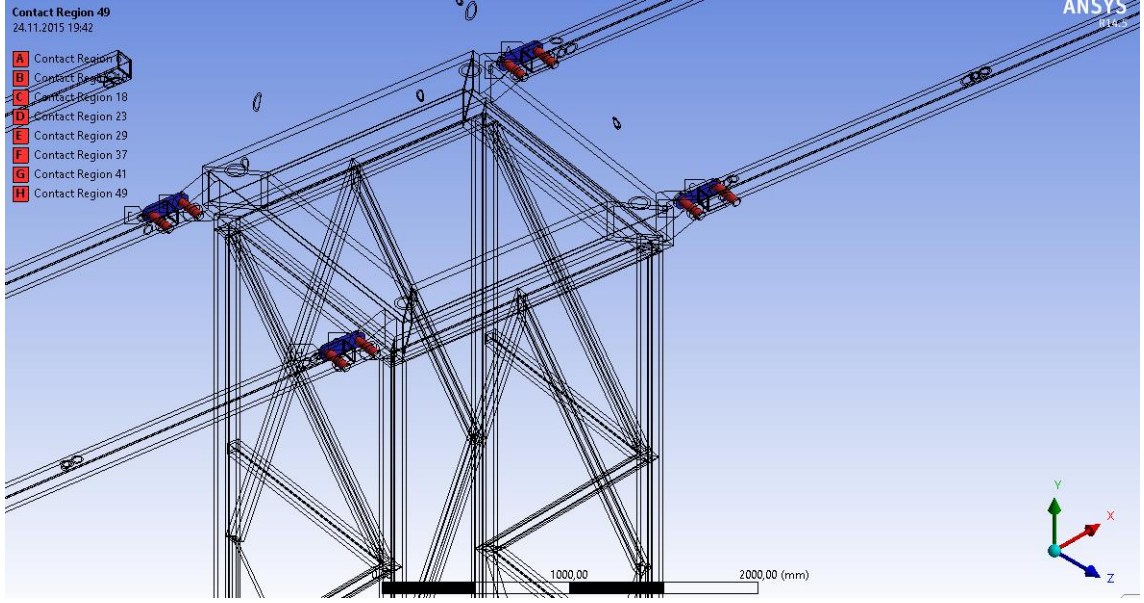
Kule krenleri sabit veya kızaklar üzerinde hareket halinde zeminle bağlantısı sağlanır. Bu uygulamada taban kısmı sabit olarak alınmıştır ve sabitleme kısmı bu kısımda yapılacaktır. Bu kısımdaki gerilemeler kritik bölgeler dâhilinde olmadığı için bu bölgede mesh boyutları şekildeki gibi büyük seçilmiştir.



Şekil 8.6 Meshlenmiş sabit kule tabanı

8.2 Kule Kren Bağlantılarının Tanıtılması

Analize geçmeden önce Solidworks'de çizilen 3D Krenin bağlantılarının doğru tanımlanması gerekmektedir, özellikle pimli bağlantılarda, pimlerin dönme momenti taşıyacakları iyi bilinmelidir. Çizim esnasında mast kısımları modüler olarak cıvatalarla bağlantısı yapılmıştır. Mast kısımlarında dönme hareketi beklenmediğinden bu kısımda sıkıntı yoktur, fakat pimli bağlantılarda pimin dönmesini etkileyecek herhangi bir paralellik veya herhangi bir bağlantı bu kısmı ankastreye dönüştürecektir ve Ansys de yüksek ve yanlış değerler elde edilecektir. Bu yüzden 3D çizim yapılırken bağlantı tanımlamalarının iyi yapılması gerektiği unutulmamalıdır.



Şekil 8.7 Tepe kısmındaki perno bağlantıları

8.3 Analiz Tipi

Statik analizler, mühendisler tarafından en sık kullanılan analizlerdir. Yüklerin anlık olarak uygulandığı varsayılır. Lineer statik analizlerde, uygulanan yüklerin dengelenmesi için, yüklenmiş yapıda iç gerilemeler oluşur. Statik analizlerde malzemeler, Hook kanununda olduğu gibi lineer olarak davranırlar.

Sonlu elemanlar programların çoğu statik analizler için aşağıdaki ilişkiyi kullanmaktadır.

$$[K] \{U\} = \{R\}$$

Bu denklemde $[K]$ sertlik matrisi, $\{U\}$ birim yer değiştirme vektörü, $\{R\}$ ise uygulanan yük vektörüdür.

8.4 Analiz Sırasında Dikkat Edilen Hususlar

Krenin tümüyle, gerekli mukavemete sahip ve stabil olduğunu söyleyebilmek için aşağıdaki eşitliklerin sağlanması gerekmektedir:

Kuvvetlerin eşitliği:

$$S = r \cdot S_n$$

Momentlerin eşitliği:

$$M = r \cdot M_n$$

Gerilme eşitliği:

$$\sigma = r \cdot k \cdot \sigma_n$$

S, uygulanan yüklerin sonucunda oluşan kuvvettir. M, uygulanan yüklerin oluşturduğu moment, σ ise bu yüklerin oluşturduğu gerilmedir. r çalışma koşullarına bağlı bir katsayı, k homojenlik katsayısı, S_n izin verilen kuvvet, M_n izin verilen moment. σ_n ise izin verilen gerilme olup, kullanılan malzemenin minimum akma gerilmesidir.

Uygulanan yükler, olası aşırı yüklemeler göz önünde bulundurularak, bir aşırı yükleme faktörü ile çarpılarak belirlenir. Aşırı yükleme faktörü, krenin çalışma koşulları ve mekanizmasına bağlıdır.

Çalışma koşulları faktörü,

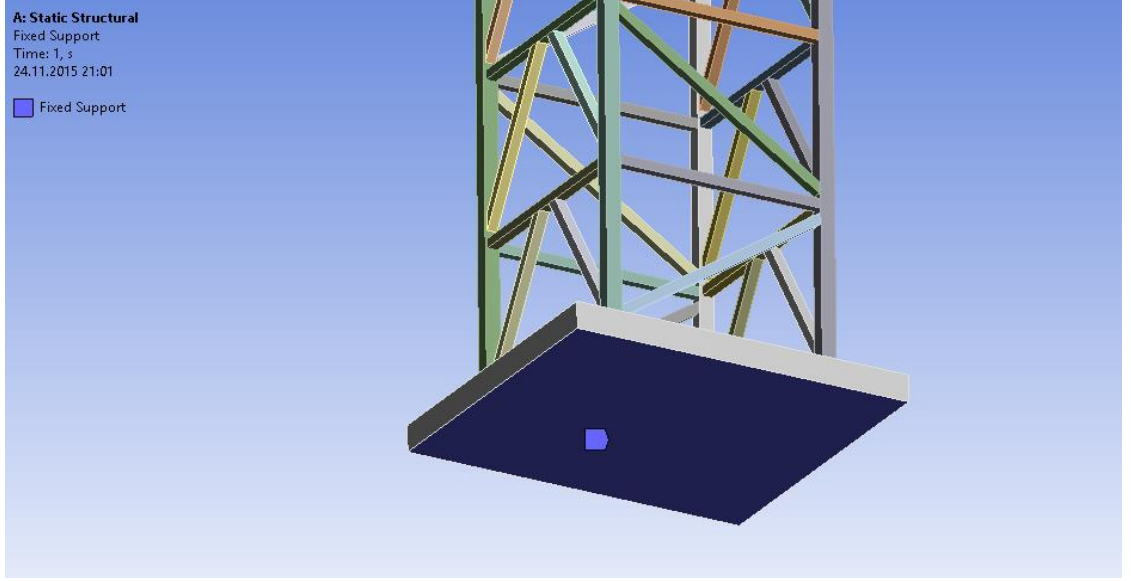
$r = r_1 \cdot r_2 \cdot r_3$ denklemi ile belirlenir. Bu denklemden r_1 kren-önem faktörü (crane-importance factor), r_2 hasar belirleme faktörü (damage-localization factor), r_3 ise konstrüksiyon hatası faktörüdür.

8.5 Analiz Sonuç İsteği

Bu çalışmadaki asıl amaç, Ansys’de kritik bölgelerden elde edilen gerilmeleri, analitik olarak hesaplanan değerlerle karşılaştırmaktır. Bu doğrultuda Ansys’de Von- Mises gerilme hesabı yapılmıştır.

8.6 Sınır Koşullarının Atanması

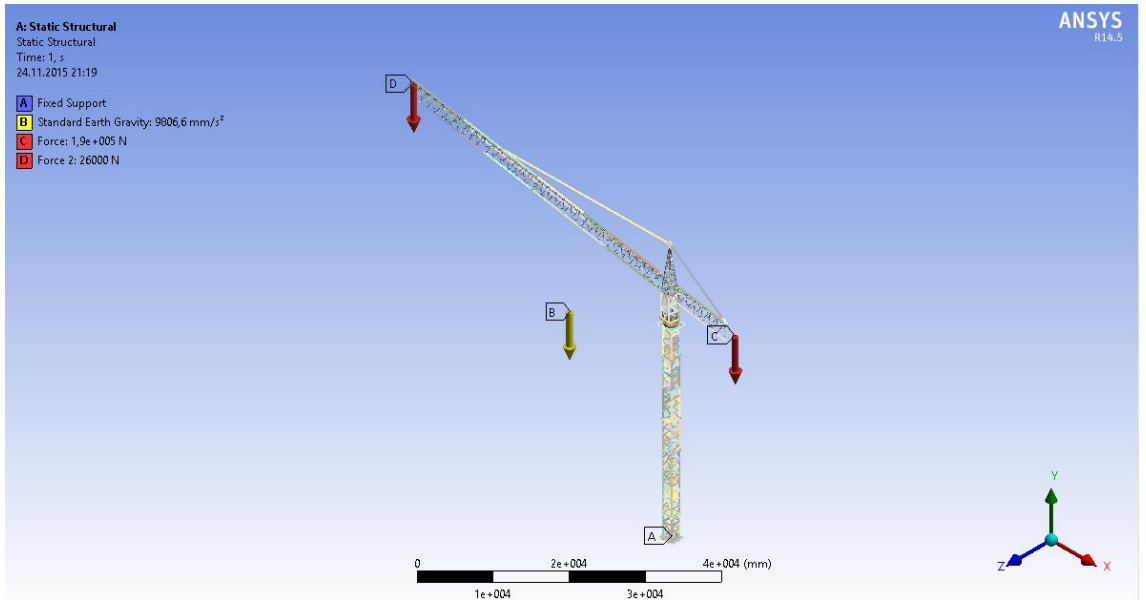
Bu safhada her bir modelin gerçek uygulamalarda sahip olduğu serbestlik dereceleri ve kısıtları programa tanıtılmıştır. Sınır koşulları, krenin çalışma koşulları göz önüne alınarak seçilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi taban kısmı alt kısımdan tüm serbestlik derecelerinde kısıtlanmıştır.



Şekil 8.8 Krenin sabitlenmesi

8.7 Yüklerin Konumları ve Yönleri

Kren üzerinde etkiyen yükler, krenin kendi ağırlığı, arabanın ağırlığı, frenleme kuvveti, karşı ağırlıktır. Ansys’de, analitik hesaplamalarda yapıldığı gibi frenleme vb. dinamik etkileri, FEM standartlarında olduğu gibi dinamik katsayıyla çarpılarak sisteme dâhil edilmiştir. Karşı ağırlığın yarattığı kuvvet de denge boom kısmına eklenmiştir.



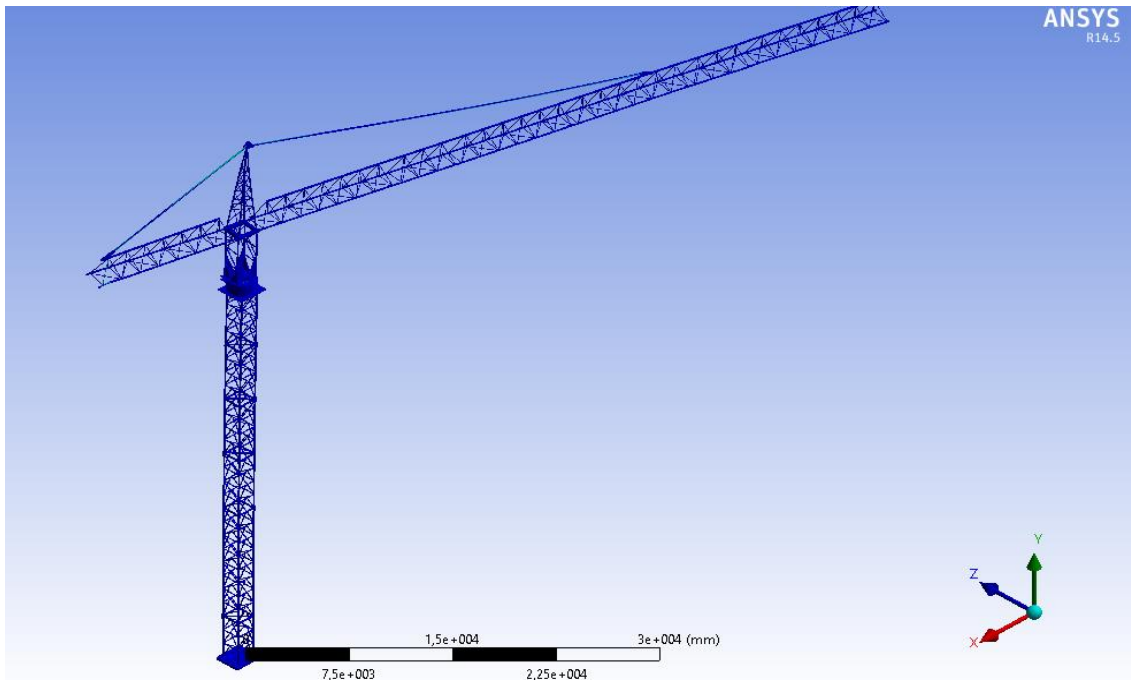
Şekil 8.9 Krene etkiyen yükler

8.8 Bulgular

Bu çalışmada daha önce uygulanan yüklerin kren parçalarındaki gerilmeleri incelenmiştir. Gerilmeler Von-Misses (MPa) cinsinden elde edilmiştir.

8.9 Kren’de Oluşan Gerilmeler

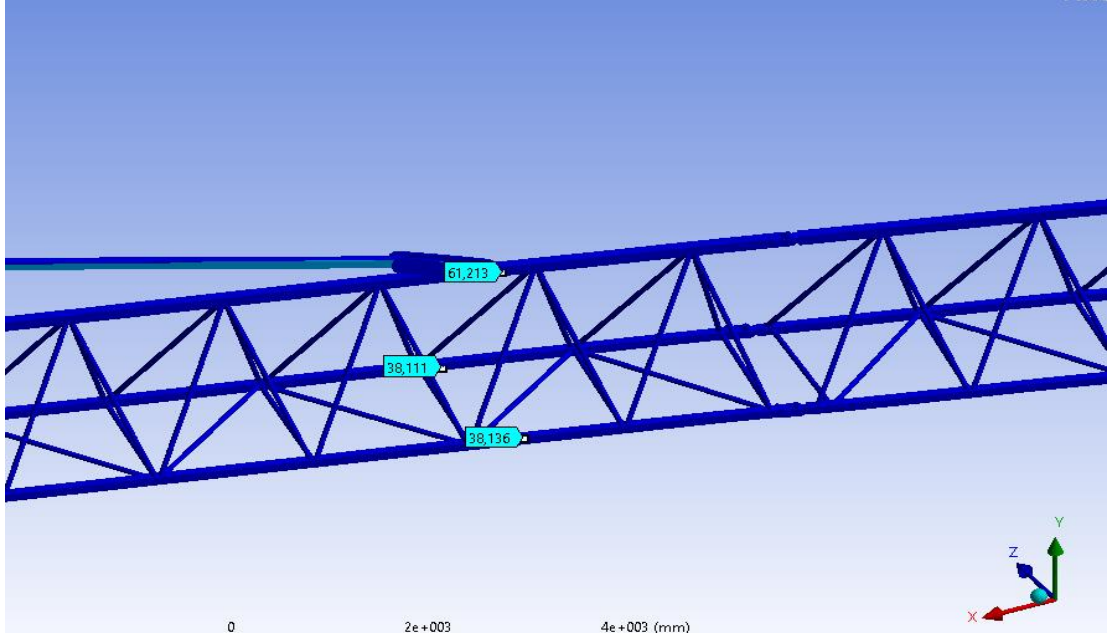
Kafes sistemlerinde, boom kısmı modüler şekilde birleştirildiği için kuvvet akışları düzenli olmaktadır. Bu kuvvet akışları kafes sistemlerinde hem çekmeye hem de basmaya maruz bırakmaktadır. Krenin en fazla gerilmeye maruz kaldığı durum, arabanın en uç noktadayken yarattığı gerilmedir. Bu kısımda boomun halatla bağlandığı noktadaki alt ve üst profildeki gerilmeleri üzerinde durulacaktır.



Şekil 8.10 Krendeki von misses gerilmeleri

8.9.1 Boom Kısımında Oluşan Gerilmeler

Booma etkiyen yük, boom kısmının üst profilinde çekme gerilmesi yaratırken, alt profilde basma gerilmesi yaratmaktadır.



Şekil 8.11 Boom kısmında oluşan gerilmeler

Şekil 8-11 de görüldüğü gibi Üst profilde 61,21 MPa değeri ölçülürken, alt profiller için 38,2 MPa değeri ölçülmüştür. Bu değerler St37-2 yapı çelikleri için akma değeri olan 160 MPa'ı aşmamaktadır ve emniyet katsayısının yüksek olmasını sağlamaktadır bu da sistemimizin emniyetli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 8.1 S.E.M ve Analitik sonuçların karşılaştırılması

	<u>Alt Profil</u>	<u>Üst Profil</u>
Analitik Yöntem	39,43 MPa	63,98 MPa
ANSYS	38,2 MPa	61,21 MPa

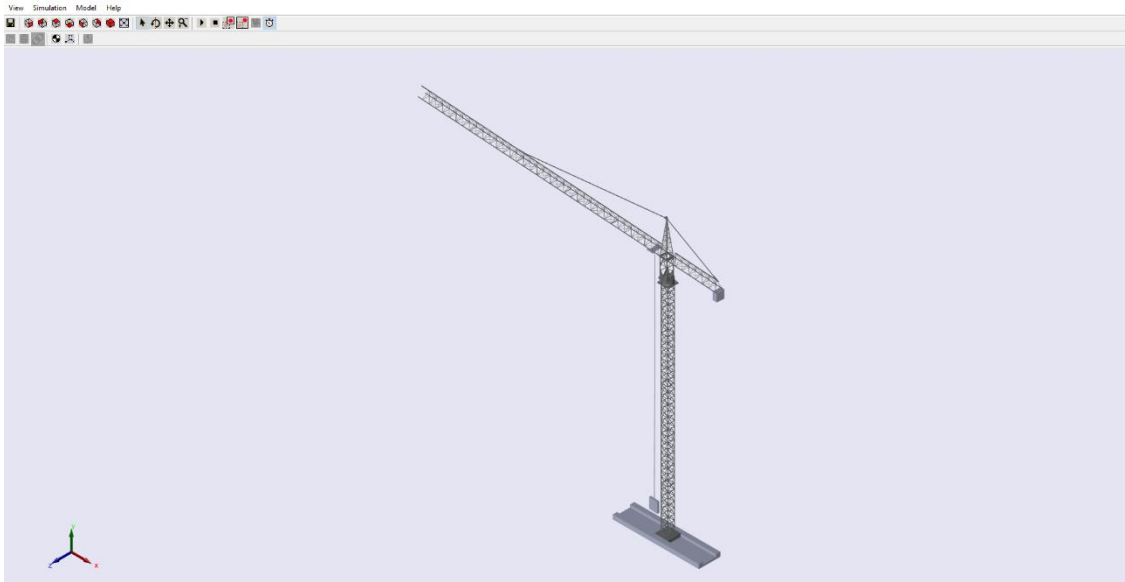
Elde edilen veriler sonucunda sonuçların kabul edilebilir hata oranlarında teyit edildiği gözlemlenmiştir.

BÖLÜM 9

KULELİ İNŞAAT KRENİNİN MATLAB MODELİ

9.1 Giriş

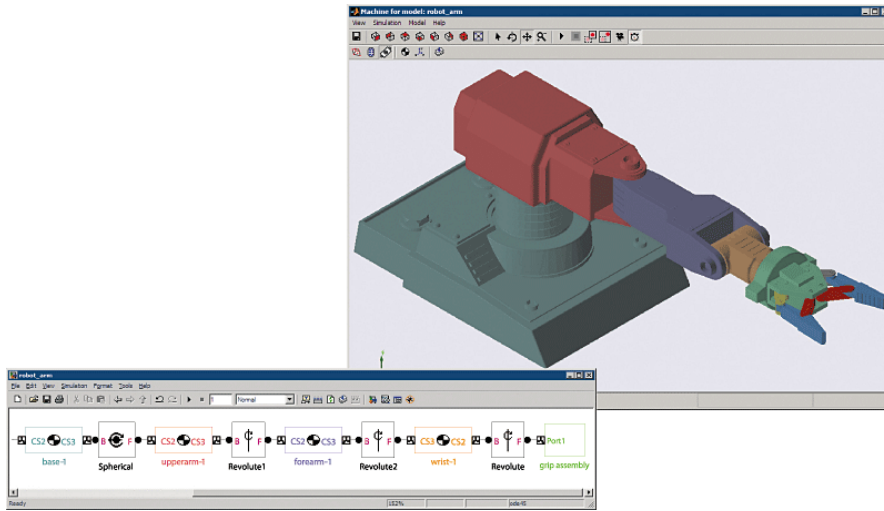
Solidworks ortamında çizilen krenin dinamik davranışlarının incelenmesi için Matlab programı kullanılmıştır. Solisworks ‘den Matlab ortamına aktarım için Matlab’ in Simmechancis eklentisi kullanılmıştır. Bu eklenti sayesinde krenin üç boyutlu dosyaları, kütle, eylemsizlik, kısıtlar ve üç boyutlu geometrileri dâhil olmak üzere bütün halinde aktarılmıştır, böylece yeniden tasarım yapmaya gerek kalmamaktadır. Aktarılan bu parametrelerle istenilen veriler girilerek sistemin dinamik davranışı incelenmiştir.



Şekil 9.1 Matlab simulink ortamındaki inşaat kule kreni

9.2 Simmechanics'e Giriş

SimMechanics mekanik sistemlerin üç boyutlu modellenmesini sağlayan bir simülasyon paketidir. Simulink ortamında çalışan bu paket, geniş kapsamlı fonksiyon kitaplığıyla Simulink ortamını çoklu gövdeli mekanik modelleme olanağıyla genişletmektedir.



Şekil 9.2 3 Boyutlu parçanın simmechanics eklentisiyle fonksiyonların ve modelinin oluşturulması

Yaratılan modellerin otomatik olarak 3 boyutlu şekli görülebilmekte ve benzetim sırasında hareketler izlenebilmektedir. Çeşitli CAD yazılımlarındaki üç boyutlu dosyaları, kütle, eylemsizlik, kısıtlar ve üç boyutlu geometrileri dahil olmak üzere bütün halinde okuyabilmekte olup, böylece yeniden tasarım yapmaya gerek kalmamaktadır.

SimMechanics, Simulink altında çalıştığı için, MATLAB ve Simulink yazılımlarının tüm olanaklarını bütünleşik olarak kullanma şansı vermektedir. Örneğin, SimMechanics ile tasarlanan mekanik sistemin, hidrolik, elektriksel, pnömatik modellerle de birleştirilmesi hatta denetleme sisteminin de yapıya eklenmesi Simulink sayesinde mümkün olmaktadır.

Tasarlanan modelin, otomatik olarak C koduna dönüştürülebilmesi de mümkündür. Bu özellik, simülatör tasarımında veya gerçek zamanlı benzetimlerde çok yararlı olmaktadır.

[5]

9.2.1 Simmechanics Blokları

Machine Environment: Bu blok, hesaplanacak şema için çevre şartlarını tanımlar. Her Simmechanics modeli ground bloğuyla bağlı en az bir tane machine environment bloğu içermek zorundadır.

Ground Bloğu: Ground bloğu, sabitlenmiş bir noktanın sınırsız sayıda kütleyle sahip olmasını sağlar. Yine en az bir machine environment bloğuyla birlikte kullanılmak zorundadır.

Body Bloğu: Bu blok, aralarına serbestlik derecesi eklenmiş tüm sabit rijit kütlelerin yerine kullanılmaktadır. Body Blokları, sıfırdan farklı kütle, atalet, pozisyon, yön ve koordinat sistemleriyle birbirlerine birbirlerine bağlanmaktadır.

Weld Bloğu: Bu blok, Body bloklarının birbirlerine bağlanmasında kullanılır ve serbestlik derecesi sağlanmasında kullanılır. Weld bloğu, hareketin yönünü ve tipini de tayin eder.

Revolute Bloğu: Bağlantı noktalarında dönme serbestisini sağlar bu blok.

Body Actuator Bloğu: Bu blok, genelleştirilmiş bir kuvvet sinyali yollayarak herhangi bir body bloğunu tahrik eder. Girdileri kuvvet ve moment şeklindedir.

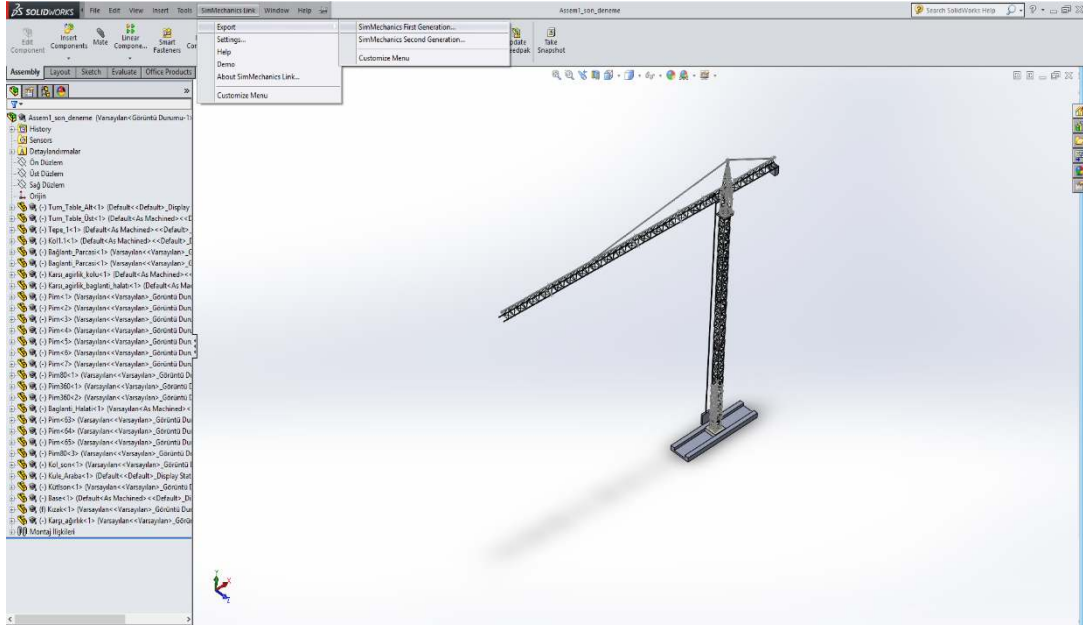
Constant Bloğu: Bu blok, gerçek veya karmaşık sabit değerler girilmesini sağlar.

Body Sensor Bloğu: Bu blok, body bloklarına bağlanır ve bağlandığı bloktaki ağırlık merkezinin konum, hız, açısal hız, ivme ve açısal ivme gibi değerlerinin ölçülmesinde kullanılır.

Scope: Bu blok, istenilen parametrelerin grafiksel olarak elde edilmesini ve bu grafiklerin üzerinden istenilen verilerin okunmasını sağlar.

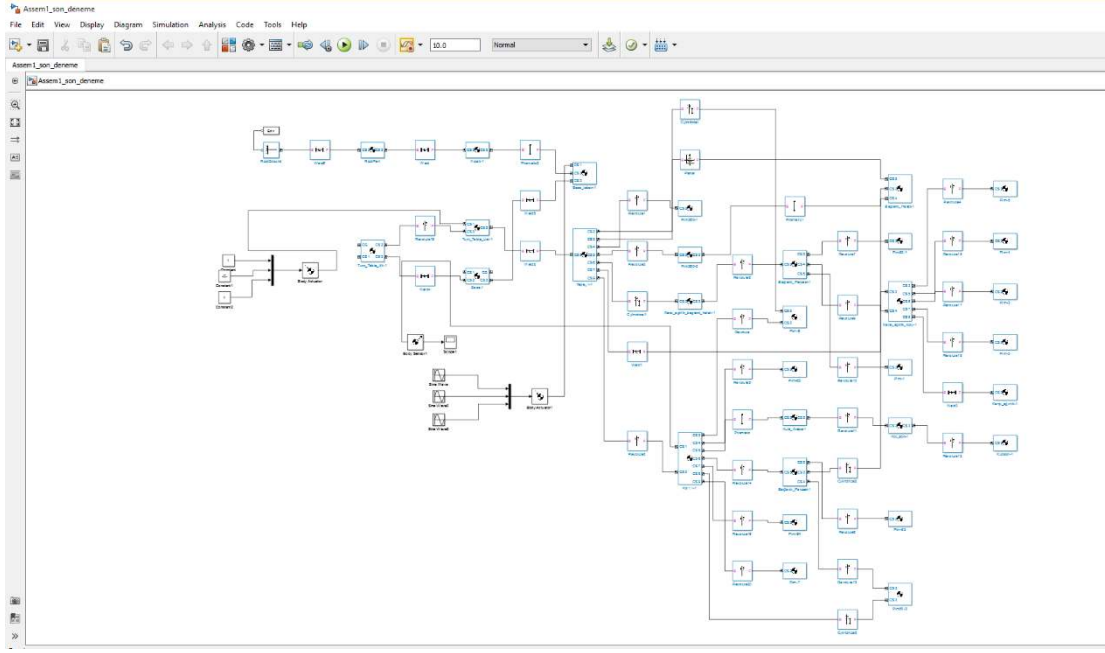
9.3 Krenin Matlab Ortamına Aktarımı

Solidworks programında oluşturulan kren, Simmechanics eklentisi kullanılarak Matlab Simulink ortamına aktarılmıştır. Aktarım yapılırken First Generation Simulink modülü tercih edilmiştir.



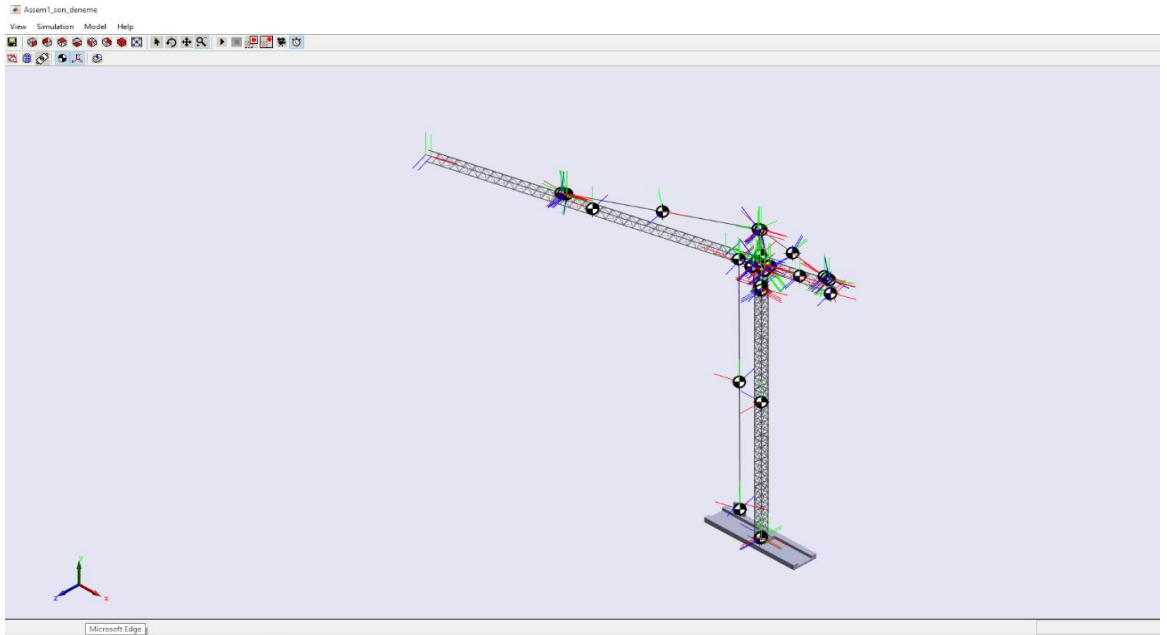
Şekil 9.3 Krenin matlab ortamına aktarımı

Simmechanics modülü sayesinde Solidworks’de çizililen dosyalar. STL uzantılı dosyalara dönüştürülmüştür. Matlab komut satırında. mech_import (‘Dosya_adı. xml’) yazılarak girilip tamam denildiğinde Şekil 9-3’ de olduğu gibi 3 boyutlu çizimin datalarını ve fonksiyonel olarak birbirleriyle olan bağlantıları vermektedir.

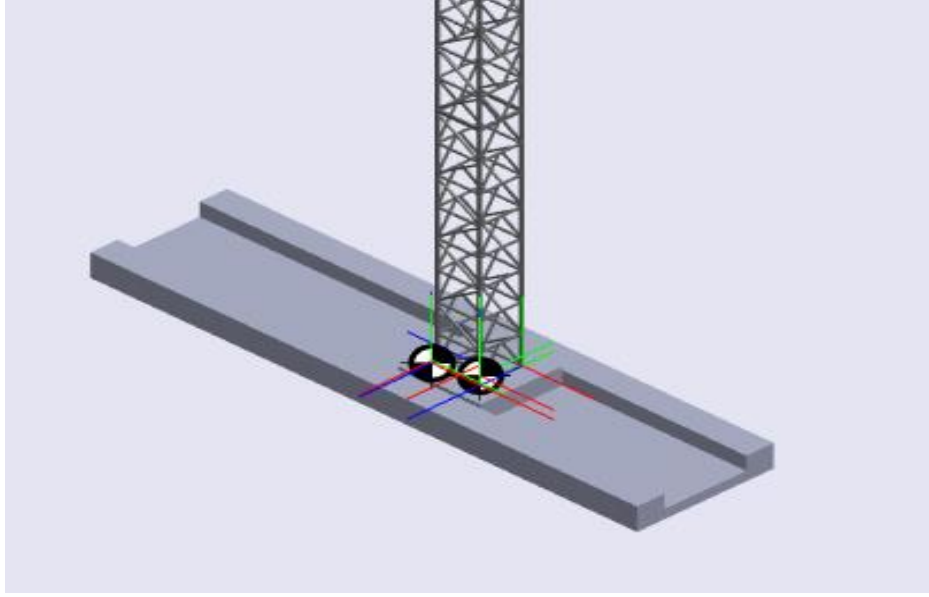


Şekil 9.4 Kule krenin bağlantı fonksiyonları

Simmechanics ortamında elde edilen bu bağlantılar krenin sahip olduğu tüm ilişkilerinin fonksiyonel bloklar şeklinde elde edilmesidir. Bu fonksiyonlar sayesinde sistemdeki parametrelerle istenilen şekilde oynanabilir ve istenilen değerler elde edilebilir. Bu blokların bir başka katkısı da Matlab Simulation’ da 3 boyutlu modellenmesini sağlamasıdır. Çalıştır komutu verdiğimiz zaman, Simulation kısmında şekilde görüldüğü gibi 3 boyutlu halini bize verecektir.



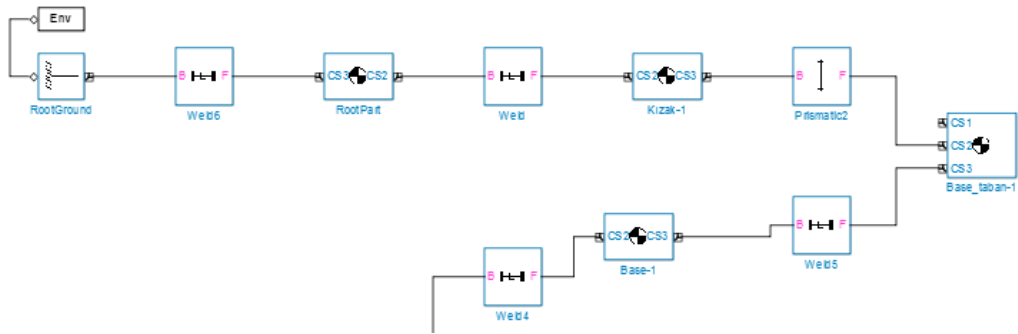
Şekil 9.5 Simulink ortamındaki kule kreni



Şekil 9.8 Kızak kısmının simulink modeli

9.3.1 Taban Kısımının Simmechanics Modeli

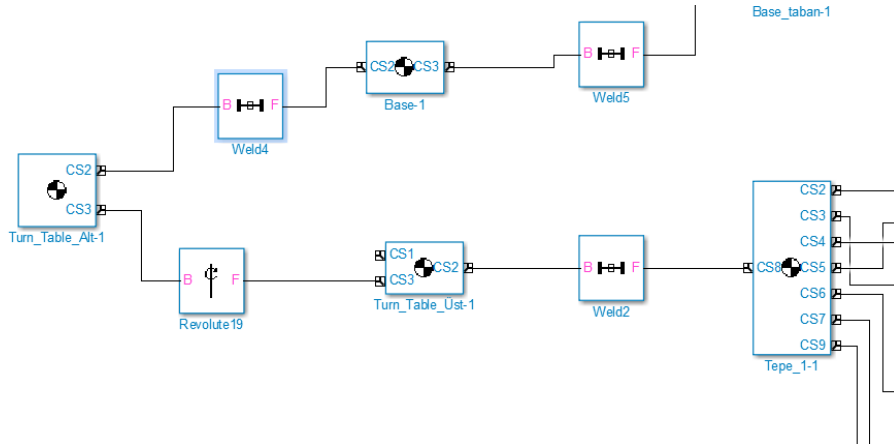
Çevre şartlarının oluşması için Kızak-1 kısmı sabitlenmişti, kızıağın üzerinde x yönünde gidip gelme hareketini yapacak Base_taban-1 adlı kütle yerleştirilmiştir ve bu iki kütle arasında Prismatic2 bağlantısı oluşturulmuştur. Base_taban-1 adlı kütlede, boyu yaklaşık 50 m olan Base-1 kısmına weld bağlantısı ile bağlanmıştır.



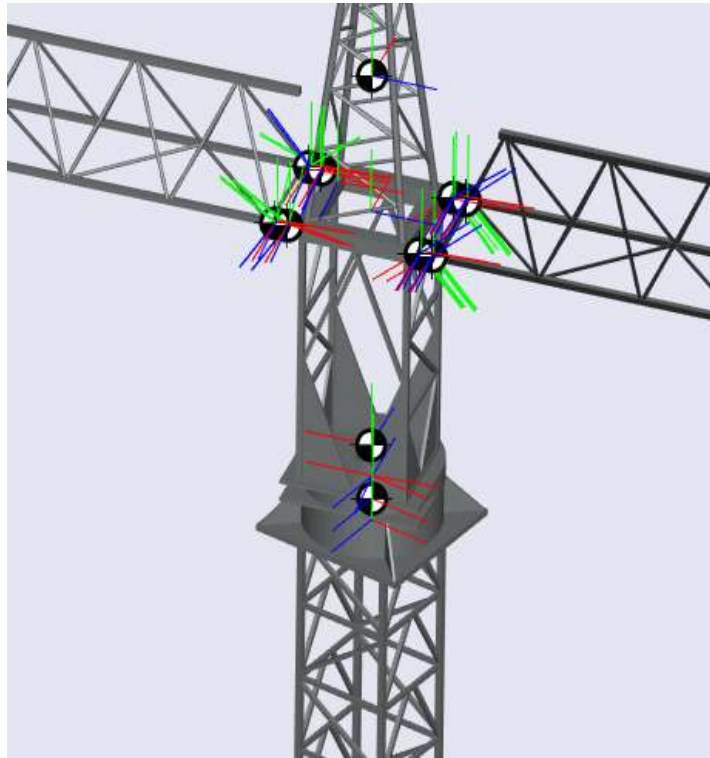
Şekil 9.9 Taban kısmının simmechanics modeli

9.3.2 Döner Tabla Kısımının Simmechanics Modeli

Döner tabla kısmı modellenirken Tepe kısmının 360 derece dönebilmesini sağlayacak şekilde Solidworks'de tasarlanmıştır. Bu sebeple Solidworkworks'den Simmechanics'e aktarım yapılırken Şekil 9.10'da da görüldüğü üzere Revolute 19 adlı blok, bu bağlantının sonucudur. Bu kısma şekilde gösterildiği üzere joint actuator bloğu eklenerek tork veya açısal hız vb. parametreler eklenerek istenilen dönme hareketi bu bölgede sağlanabilir.

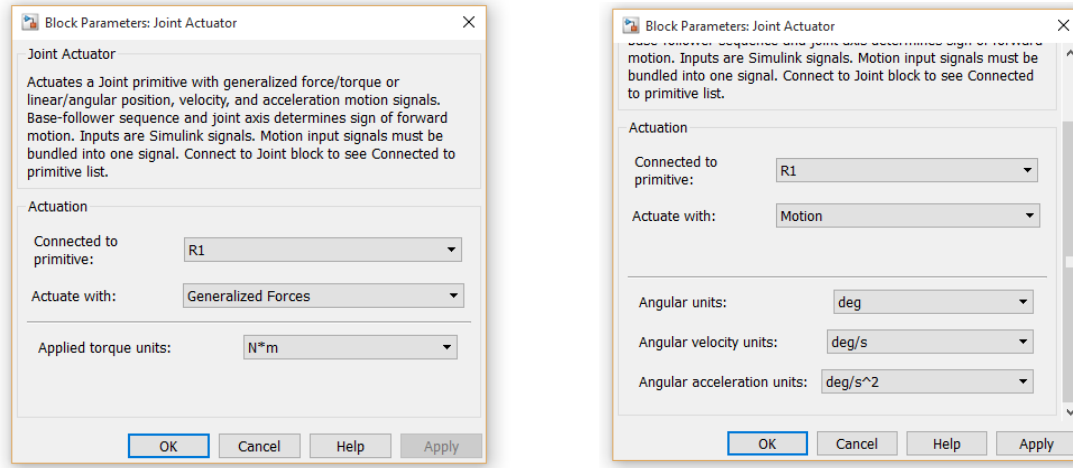


Şekil 9.10 Döner tabla kısmının simmechanics modeli



Şekil 9.11 Döner tablanın simulink modeli

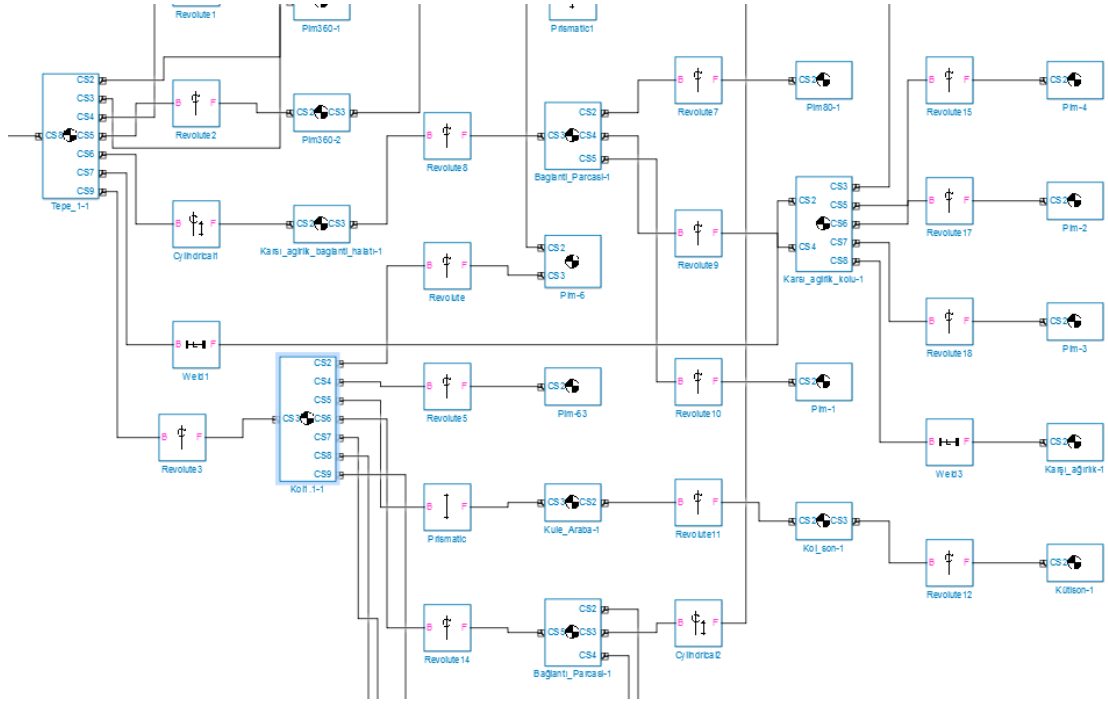
Döner Tabla kısmı modellenirken tepe kısmının 360 derece dönebilmesini sağlayacak şekilde Solidworks'de tasarlanmıştır. Bu sebeple Solidworkworks'den Simmechanics'e aktarım yapılırken Şekil de de görüldüğü üzere Revolute 19 adlı blok, bu bağlantının sonucudur. Bu kısma şekilde gösterildiği üzere joint actuator bloğu eklenerek tork veya açısal hız vb. parametreler eklenerek istenilen dönme hareketi bu bölgede sağlanabilir.



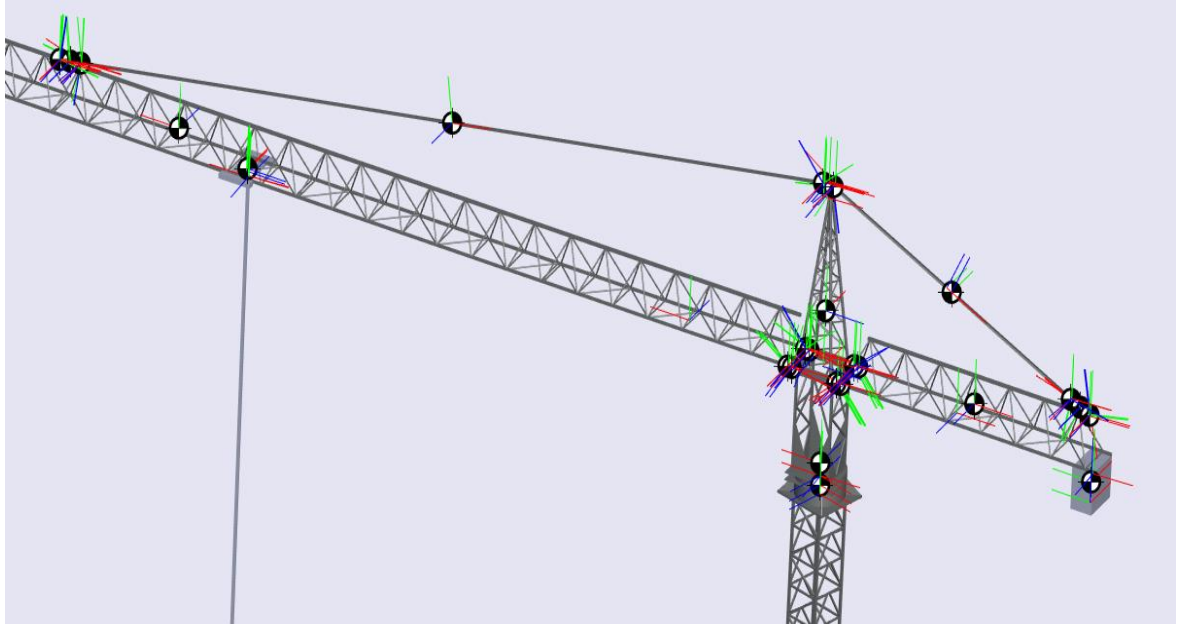
Şekil 9.12 Joint actuator blokları

9.3.3 Tepe ve BoomKısımının Simmechanics Modeli

Tepe kısmı, karşı ağırlık kolu ve boom kısımlarına pimler vasıtasıyla bağlıdır. bu noktadaki pimler moment taşıyacaklarından dönme hareketi yapacaklardır. bu nedenle simmechanics kısmında bu noktalar revolute kısımlarıyla birbirlerine bağlanmıştır.



Şekil 9.13 Tepe ve boom kısmının simmechanics modeli



Şekil 9.14 Tepe ve boom kısmının simulink modeli

KULELİ İNŞAAT KRENİNİN HALAT KISMININ DİNAMİK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

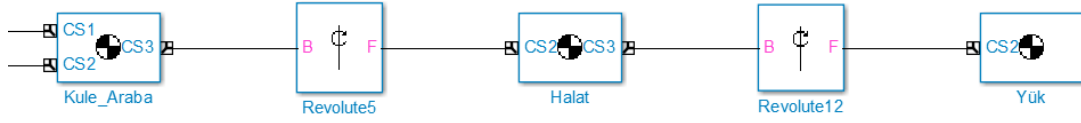
10.1 Giriş

Krende hareketin olması için ivmelenme gerekmektedir ve bu ivmelenme sonucunda halat kısmında istenmeyen salınımlar olmaktadır. Daha yüksek hızlarda bu salınım açısı artmaktadır ve yükü boşaltma sırasında zorlanmalara ve hasarlara yol açmaktadır. Salınım hareketinin bitmesini bekleyip boşaltma yapmakta daha fazla süre gerektirmektedir. İstenmeyen bu yük salınımı boşaltma verimliliğinin azalmasına, yük hasarlarına ve ciddi hasarlara yol açmaktadır. Bu yüzden uzman bir operatör tarafından doğru konumda indirme işleminin yapılması gerekmektedir. Salınım açısının iyi ayarlanmaması sonucunda artan yüklerle birlikte meydana gelen savrulmalar, operatör ve işçiler için ciddi güvenlik açığı yaratacaktır.

Matlab Simmechanics ortamında fonksiyonları elde edilen krenin, halat kısmının salınımlarını azaltmak için değişik parametrelere tepkisi ölçülecektir ve bu parametrelerin sonucunda elde edilen veriler sonucunda tasarımın optimizasyonu için tavsiyeler verilecektir. Bu parametreler; halat uzunluğu, arabanın ağırlığı ve yük ağırlığı. Bu üç parametrenin değişiminin etkileri ayrı ayrı incelenecektir. [4]

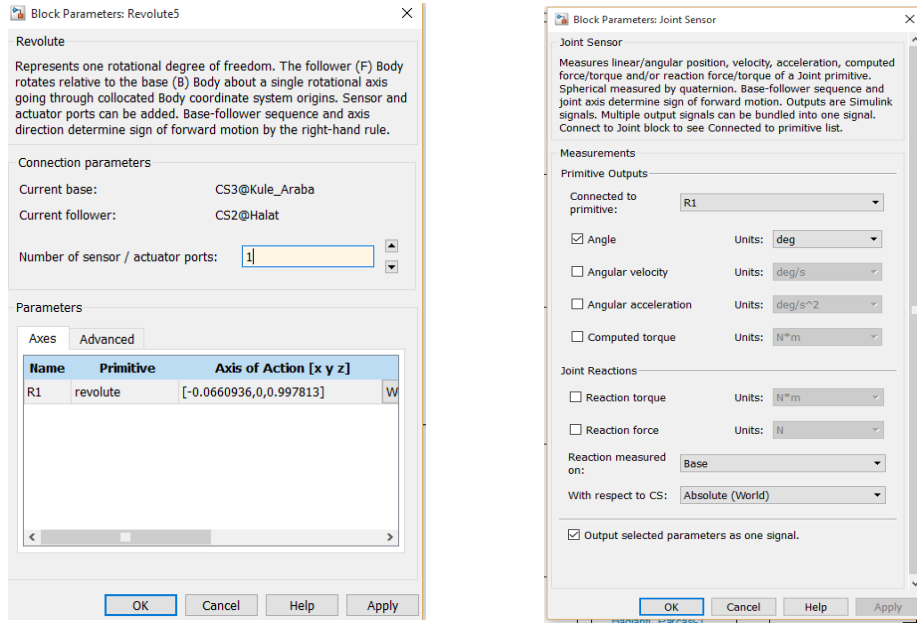
10.2 Salınım Açısının Ölçülmesi

Salınımın ölçüleceği kısım Simmechanics ‘ de şekildeki gibi elde edilmiştir. Bu kısımdaki ölçüm kule araba ve halat blokları arasındaki Revolute5 kısmında olacaktır.



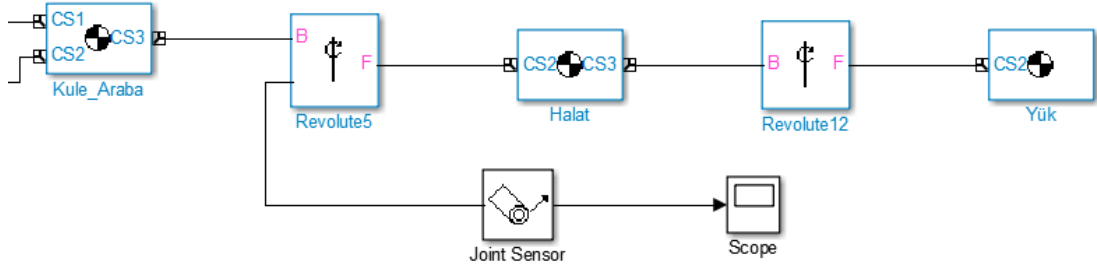
Şekil 10.1 Halat kısmının simmechanics modeli

Ölçümün yapılabilmesi için Revolute5 şeklindeki gibi kısmına bir port eklenmesi gerekmektedir ve bu porta buradaki açığı ölçebilecek şeklindeki gibi bir joint sensor eklenmesi gerekmektedir.



Şekil 10.2 Joint sensor

Gerekli eklemeler ve düzenlemeler yaptıktan sonra şeklindeki gibi model oluşturulmuştur. Diğer değişken parametrelerde de aynı modelleme yapılacaktır ve böylece istenilen parametrelerin sistem üzerindeki etkileri gözlenmiş olacaktır.



Şekil 10.3 Halat kısmına joint sensor eklenmesi

10.2.1 Halat Uzunluğunun Salınım Açısına Etkisi

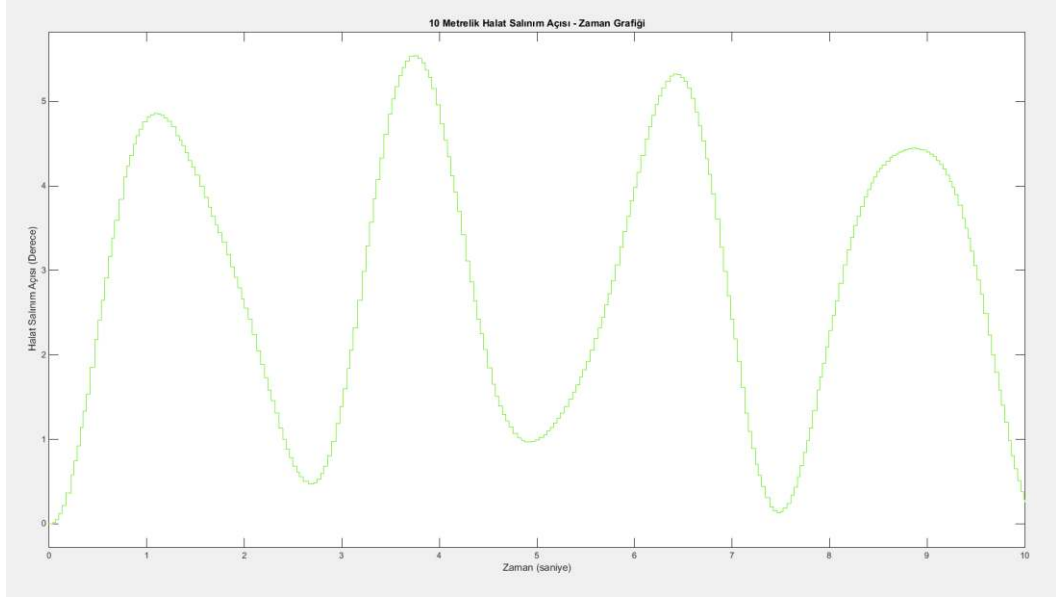
Halat uzunluğu da salınım açısını etkileyen faktörlerden biridir. Bu çalışmada halat uzunluğunun normal boyu 50 m alınmıştır. Karşılaştırma için halat uzunluğu sırasıyla 10m, 30 m, 50 m alınacaktır. Bu parametreler Solidworks'de değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanmadan tekrar Simmechanics kısmına aktarılacaktır.

10.2.1.1 10 Metrelik Halat Salınım Açısı

Solidworks'de halat uzunluğu değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanmadan Simmechanics kısmına aktarılmıştır. Maksimum halat salınım açısı şekilde 5,54 ° dir.



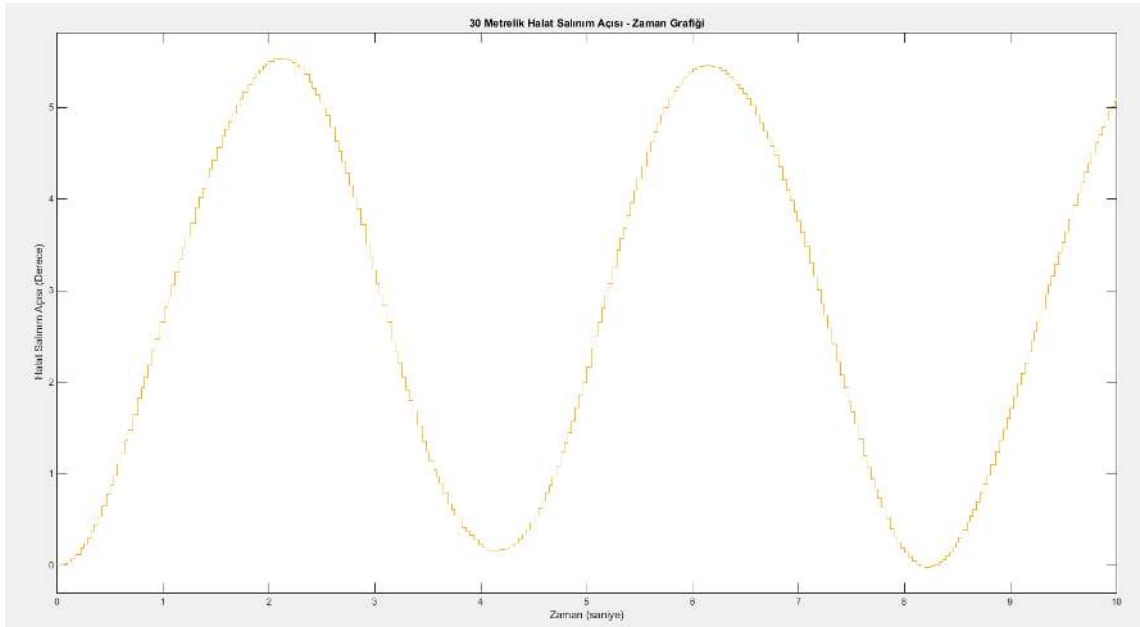
Şekil 10.4 10 metre halatlı simulink modeli



Şekil 10.5 10 metrelik halat salınım açısı- zaman grafiği

10.2.1.2 30 Metrelik Halat Salınım Açısı

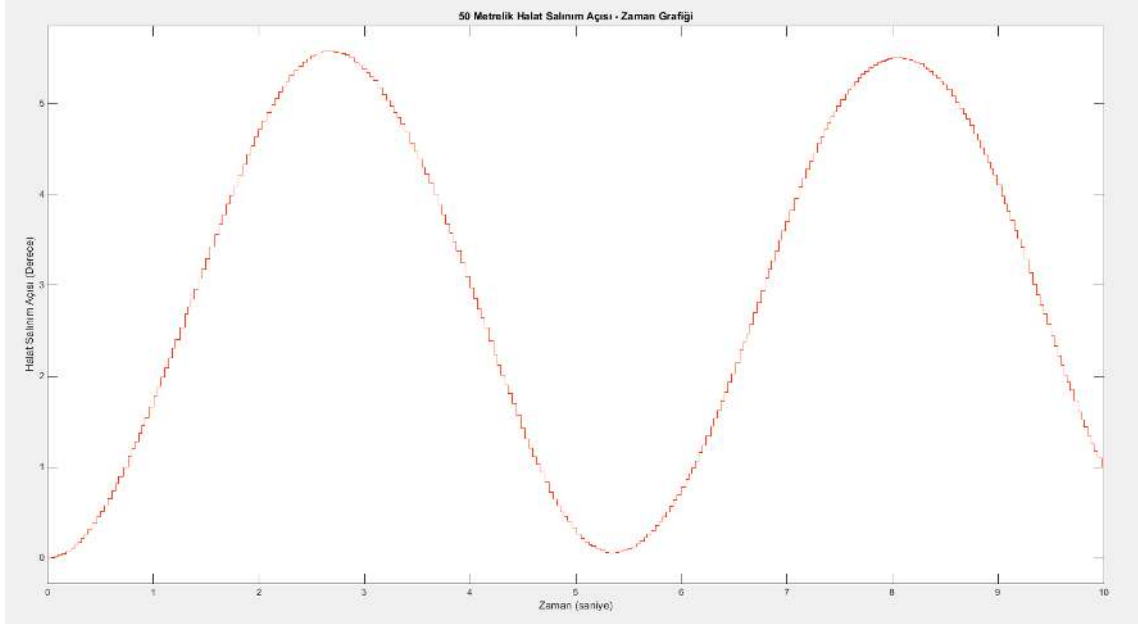
Solidworks'de halat uzunluğu değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanmadan Simmechanics kısmına aktarılmıştır. Maksimum halat salınım açısı şekilde 5,53 ° dir.



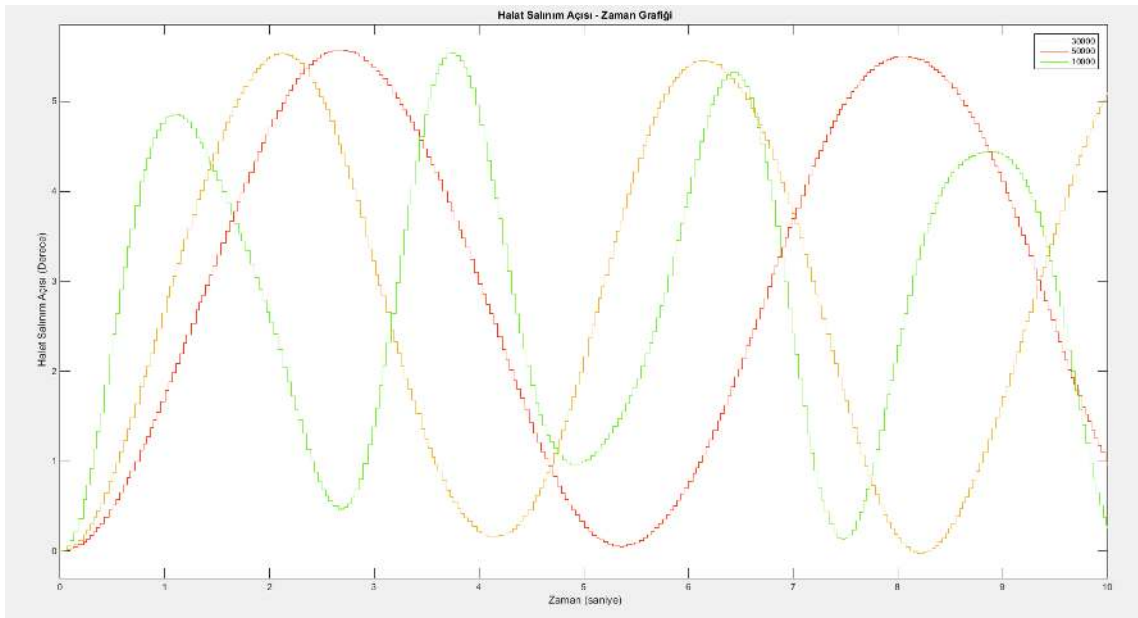
Şekil 10.6 30 metrelik halat salınım açısı- zaman grafiği

10.2.1.3 50 Metrelik Halat Salınım Açısı

Solidworks'de halat uzunluğu değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanmadan Simmechanics kısmına aktarılmıştır. Maksimum halat salınım açısı şekilde $5,57^\circ$ dir.



Şekil 10.7 50 metrelik halat salınım açısı- zaman grafiği



Şekil 10.8 Halat salınım açısı-zaman grafiği

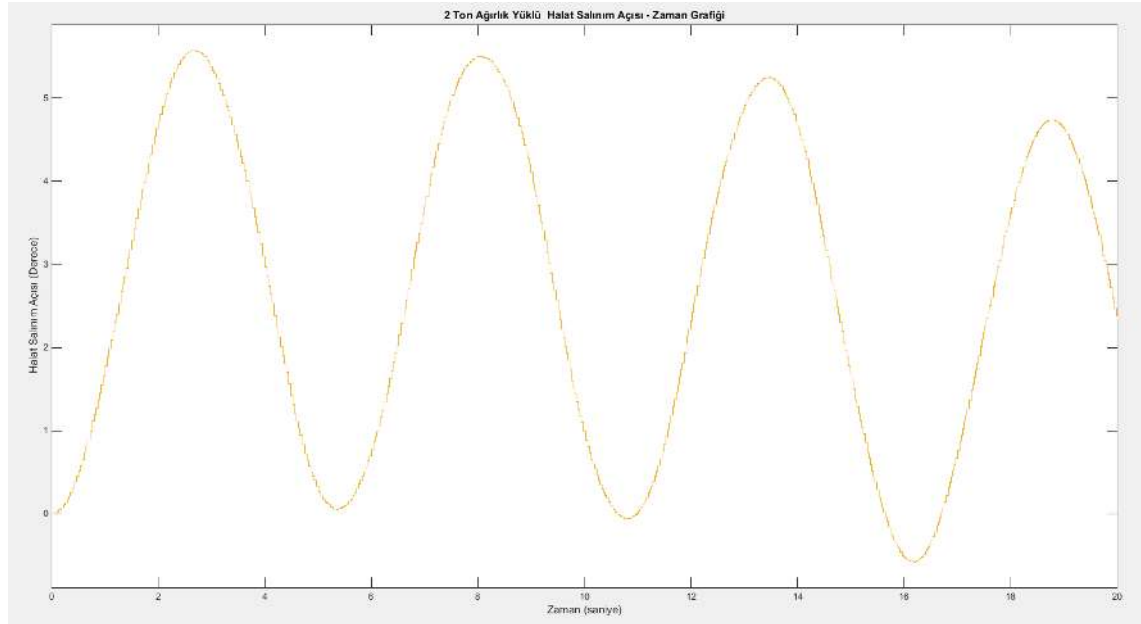
Sonuç olarak şekilde de görüleceği gibi halat uzunluğunun, maksimum salınım açısına etkisi çok sınırlı kalmıştır fakat halat uzunluğu kısaldıkça salınım hareketinin sıklığı artmaktadır. Bu da istenmeyen bir durumdur ve tasarım yapılırken halat uzunluğunun da dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

10.2.2 Yükün Ağırlığının Halat Salınımına Etkisi

Yük ağırlığının da salınım açısını etkileyen faktörlerden biridir. Bu çalışmada yük ağırlığı normal olarak 2 ton alınmıştır. Karşılaştırma için yük ağırlığı sırasıyla 0,5 ton, 4 ton alınacaktır. Bu parametreler Simmechanics 'de değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmayacaktır.

10.2.2.1 2 Ton Ağırlıklı Yükün Halat Salınımına Etkisi

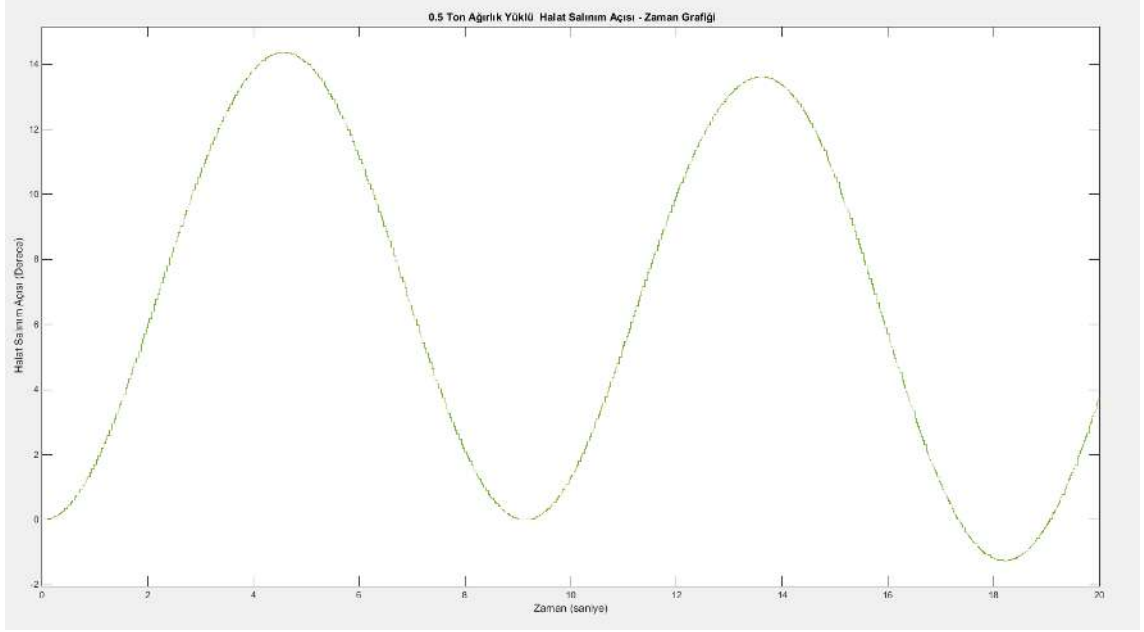
Simmechanics'de yükün ağırlığı değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum halat salınım açısı şekilde 5,57 ° dir.



Şekil 10.9 2 Ton ağırlıklı yükün halat salınım açısı-zaman grafiği

10.2.2.2 0.5 Ton Ağırlıklı Yükün Halat Salınımına Etkisi

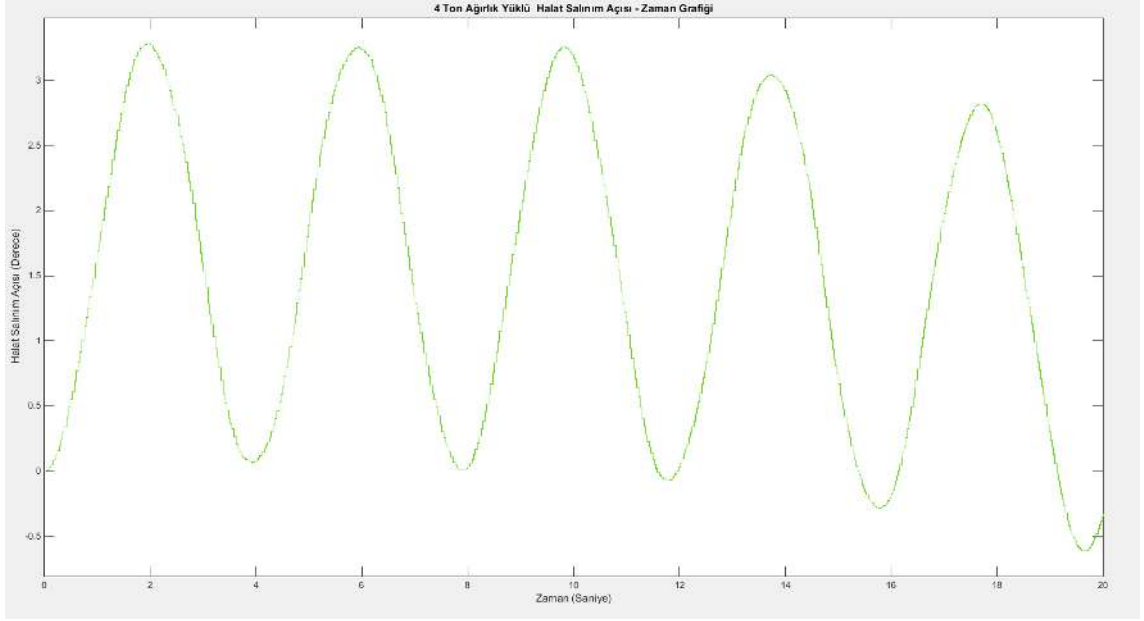
Simmechanics’de yükün ağırlığı değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum halat salınım açısı şekilde 14,3 ° dir.



Şekil 10.10 0,5 Ton ağırlıklı yükün halat salınım açısı-zaman grafiği

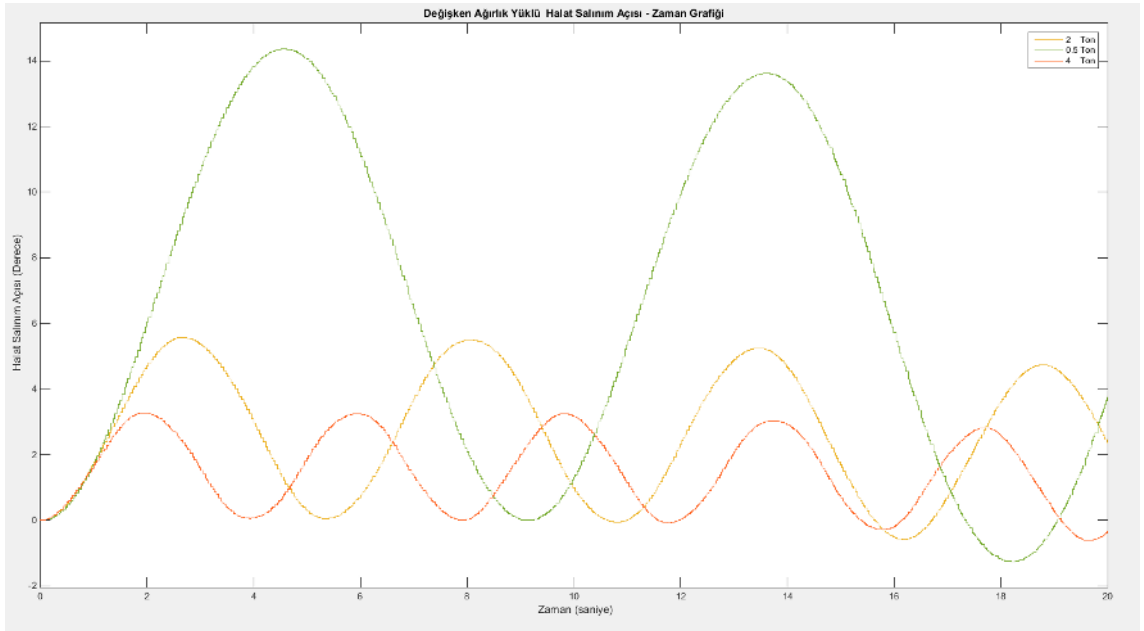
10.2.2.3 4 Ton Ağırlıklı Yükün Halat Salınımına Etkisi

Simmechanics’de yükün ağırlığı değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum halat salınım açısı şekilde 3,27 ° dir.



Şekil 10.11 4 Ton ağırlıklı yükün halat salınım açısı-zaman grafiği

Sonuç olarak şekilde de görüleceği üzere yükün ağırlığının, salınım açısına etkisi fazladır ve salınım hareketinin sıklığını da etkilemektedir. Tasarım yapılırken mukavemet emniyet şartları dâhilinde yükün artırılması salınım açısını azaltacaktır.



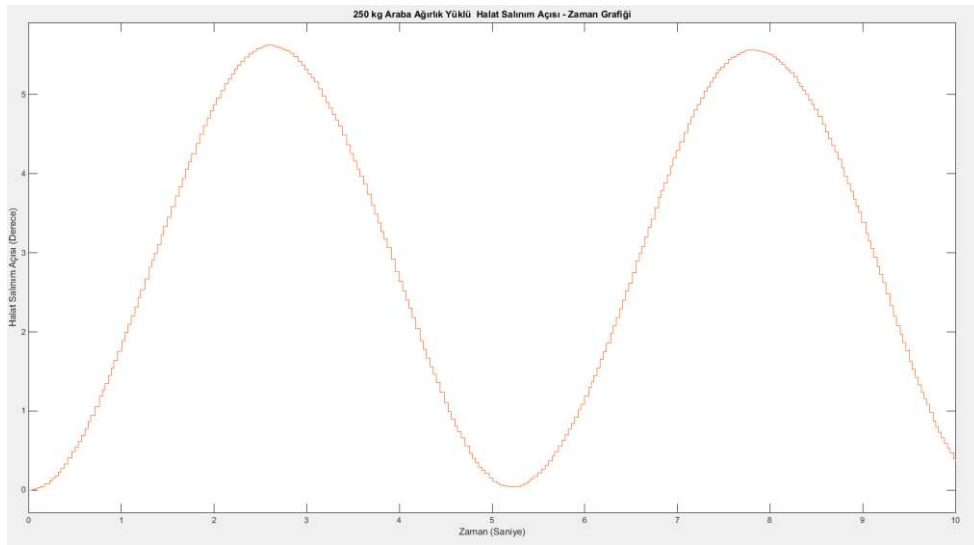
Şekil 10.12 Değişken ağırlık yüklü halat salınım açısı-zaman grafiği

10.2.3 Araba Yükünün Ağırlığının Halat Salınımına Etkisi

Araba yk ağırlığının da salınım açısını etkileyen faktörlerden biridir. Bu çalışmada araba yük ağırlığı normal olarak 250 kg alınmıştır. Karşılaştırma için yük ağırlığı sırasıyla 50 kg ve 1000 kg alınacaktır. Bu parametreler Simmechanics 'de değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmayacaktır.

10.2.3.1 250 Kg Ağırlıklı Araba Yükünün Halat Salınımına Etkisi

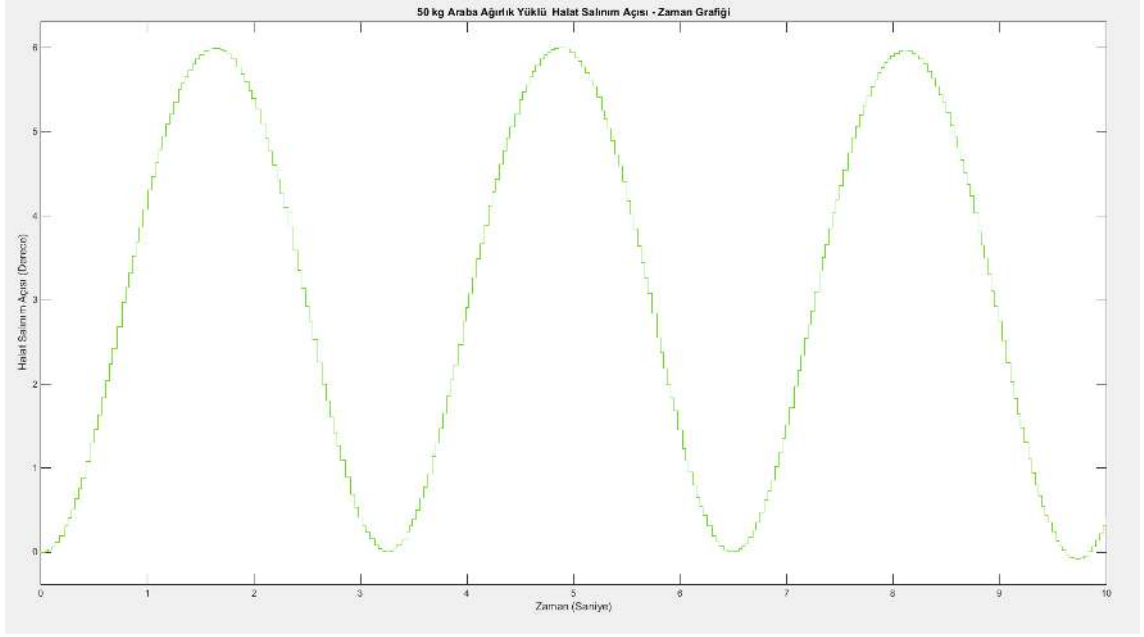
Simmechanics'de araba ağırlık yükün ağırlığı değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum halat salınım açısı şekilde 5.62 ° dir.



şekil 10.13 250 kg araba ağırlık yüklü halat salınım açısı-zaman grafiği

50 Kg Ağırlıklı Araba Yükünün Halat Salınımına Etkisi

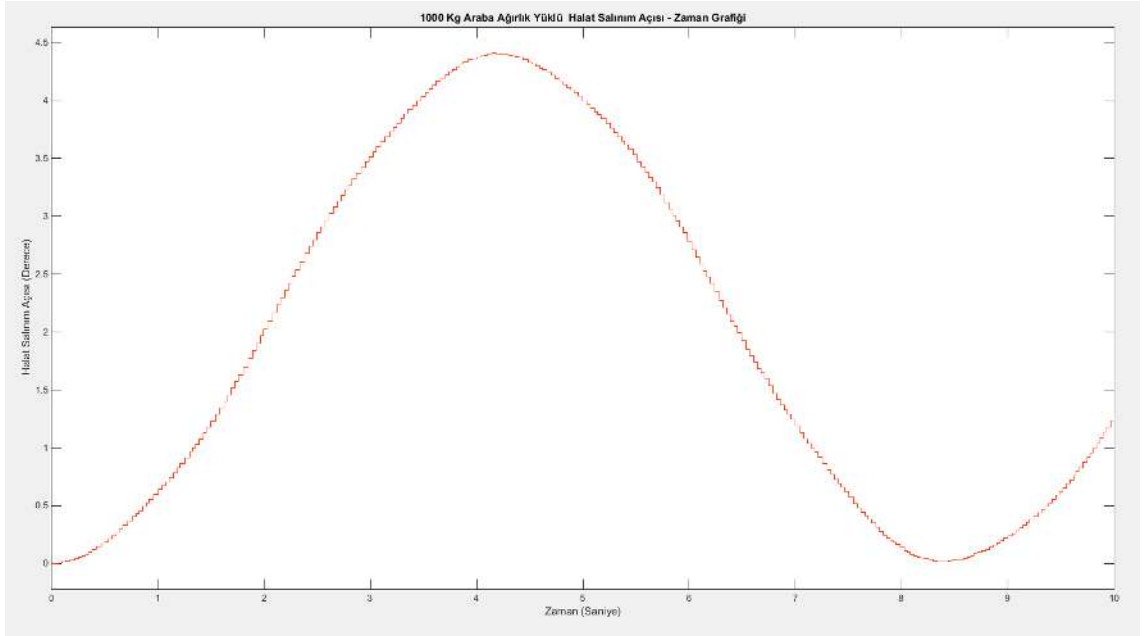
Simmechanics'de araba ağırlık yükün ağırlığı değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum halat salınım açısı şekilde 5.99° dur.



Şekil 10.14 50 kg araba ağırlık yüklü halat salınım açısı-zaman grafiği

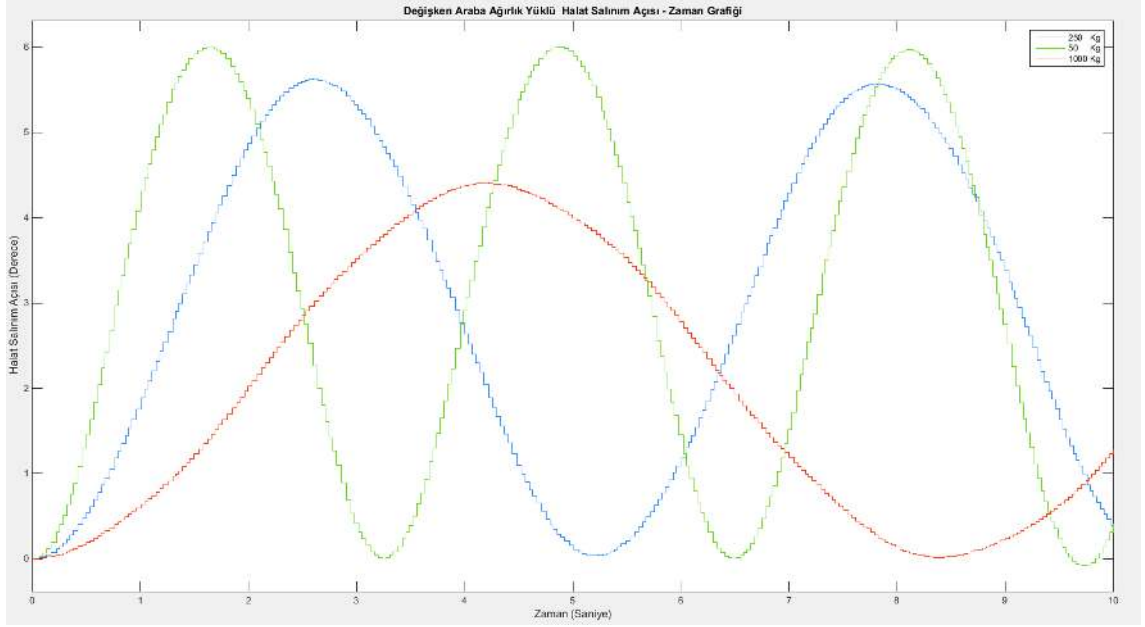
1000 Kg Ağırlıklı Araba Yükünün Halat Salınımına Etkisi

Simmechanics’de araba ağırlık yükün ağırlığı değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum halat salınım açısı şekilde $4,41^\circ$ dir.



Şekil 10.15 1000 kg araba ağırlık yüklü halat salınım açısı-zaman grafiği

Sonuç olarak şekilde de görüleceği üzere araba yükün ağırlığının, salınım açısına etkisi vardır ve salınım hareketinin sıklığını da etkilemektedir. Tasarım yapılırken mukavemet emniyet şartları dâhilinde araba yükünün artırılması salınım açısını azaltacaktır.



Şekil 10.16 Değişken ağırlıklı araba yüklerinin halat salınım açısı-zaman grafiği

KULELİ İNŞAAT KRENİNİN DEPREM ETKİSİNDEYKEN BOOM KISMININ DİNAMİK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

11.1 Giriş

İnşaat kule krenleri geçici olarak kurulumu yapılan yapılardır, sahip oldukları yapı itibariyle deprem etkilerine açık bir durumdadır. Gökdelen tarzı uzun yapılara benzemesi, deprem etkileri incelenirken basit kabullerle deprem etkisinin irdelenmesini kolaylaştırıcı bir etken olarak görülse de, boom kısmına sahip olması ve bu boomun ivmelenmeye müsait olması ciddi bir tehdit olarak görülmektedir. Deprem anında ilk ayrılan parçalardan birinin de boom olması bu görüşü destekler niteliktedir. Bu çalışmada deprem dalgası şeklinde üç eksenle etkileyen sinüs dalgaları yaratılıp, taban kısmına uygulanacaktır ve boom kısmının ivmelenme değerleri ölçülecektir. Deprem anındaki bu ivmelenmeleri etkileyen parametrelerin ve şiddetlerinin belirlenmesi için karşı ağırlık, mast ağırlığı ve araba hızlarının etkisi bu çalışmada irdelenip, önerilerde bulunulacaktır.

İnşaat kule krenleri, zemin kısmına iki şekilde bağlanabilir, bunlar mast kısmı hareketsiz olacak şekilde serbestlik hareketi olmadan sadece tepe kısmının dönme ve arabanın ileri geri hareketi yapması serbestisine sahip sistemler, diğer bağlantı şekli ise mast kısmının kılavuz raylar üzerinde tek bir doğrultuda gidip gelmesidir. Bu çalışmada depremin yarattığı ivmelenmeyi daha rahat gözlemleyebilmek için kılavuz raylı sistem seçilmiştir ve tasarımda ona göre uyarlanmıştır.

Simmechanics Sistem Girdileri

Tepe kısmının döndürme momenti = 100000 N.m

Araba ilerleme kuvveti = 1000 N.m

X doğrultusunda girilen sinüs denklemleri:

$$X_1(t) = 1000 \cdot \sin(0,05t) + 20$$

$$X_2(t) = 1000 \cdot \sin(5t)$$

Y doğrultusunda girilen sinüs denklemleri:

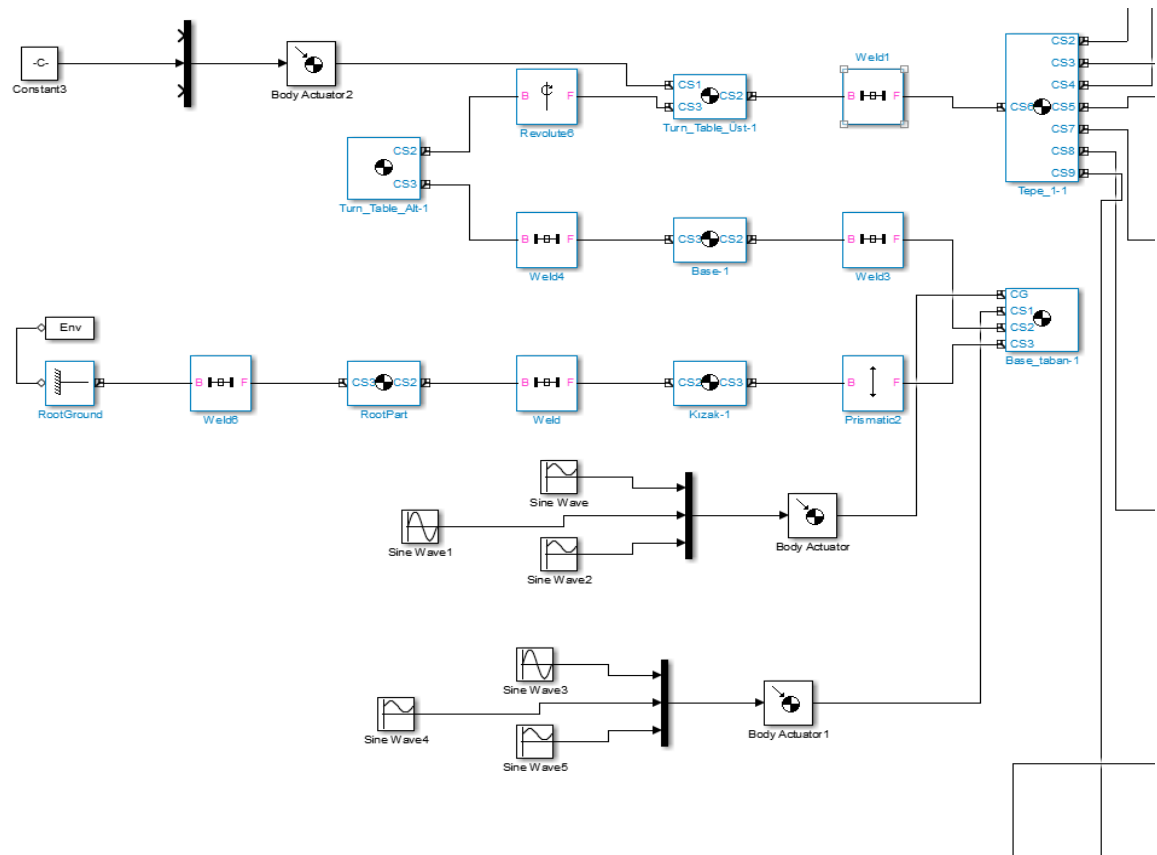
$$Y_1(t) = 10 \cdot \sin(2t)$$

$$Y_2(t) = 5 \cdot \sin(t) - 50$$

Z doğrultusunda girilen sinüs denklemleri:

$$Z_1(t) = \sin(t)$$

$$Z_2(t) = 100 \cdot \sin(0.05t) + 5$$



Şekil 11.1 Deprem etkisindeki simmechanics modeli

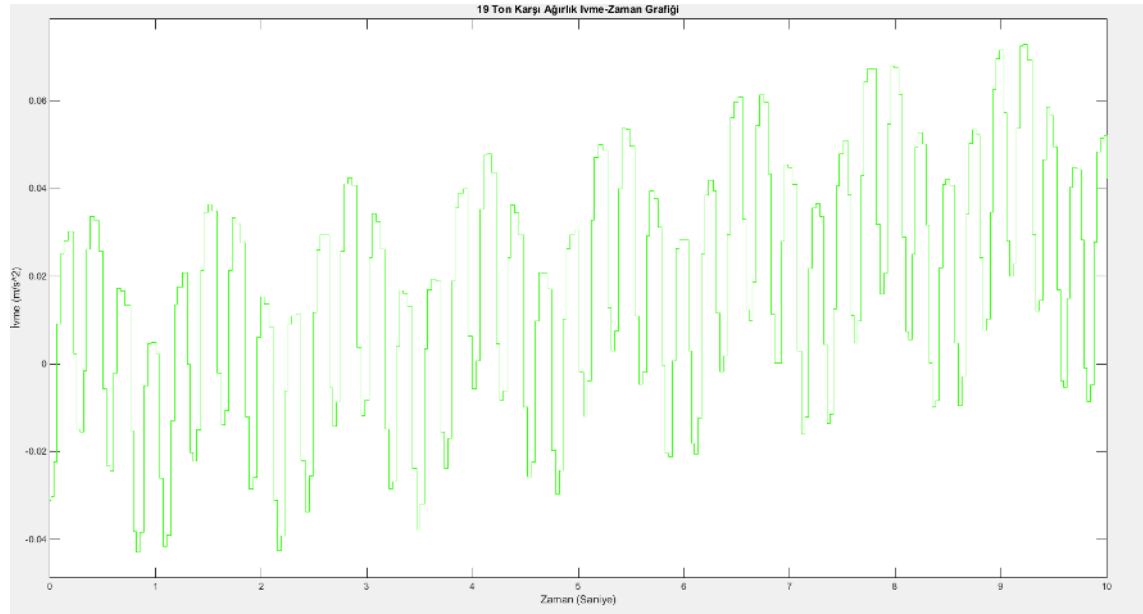
Şekil 11.1’de sistem verilerinin girdilerinin bloklar halinde gösterimi verilmiştir. Bu kısımda Turn_Table_Üst-1 denilen kısım boom kısmının dönmesini sağlayan tabladır, gerçek kullanımda bu kısımda dişli çarklar sayesinde dönme gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada bu kısma body actuator eklenip moment değeri girilerek bu kısımda dönme sağlanmıştır. Base_taban-1 kısmında ise yine body actuatorler eklenmiştir ve bu sefer moment yerine üç eksenle sinüs dalgaları kuvvet şeklinde girilmiştir.

11.2 Karşı Ağırlığın Boom İvmelenmesine Etkisi

Deprem anında boom üç eksenle de ivmelenmeye sahip olabilir, bunların ayrı ayrı ölçülmesi mümkündür, bu çalışmada deprem anında boomun ayrılmasını sağlayan $\ddot{x}$ ivmesi ölçülecektir ve diğer ivmelenmeler ihmal edilecektir. Bu çalışmada karşı ağırlık 19 t alınmıştır, karşılaştırma için 10 t ve 30 t alınacaktır. Bu parametreler Simmechanics’de değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmayacaktır.

11.2.1 19 Ton Karşı Ağırlığın Boom İvmesine Etkisi

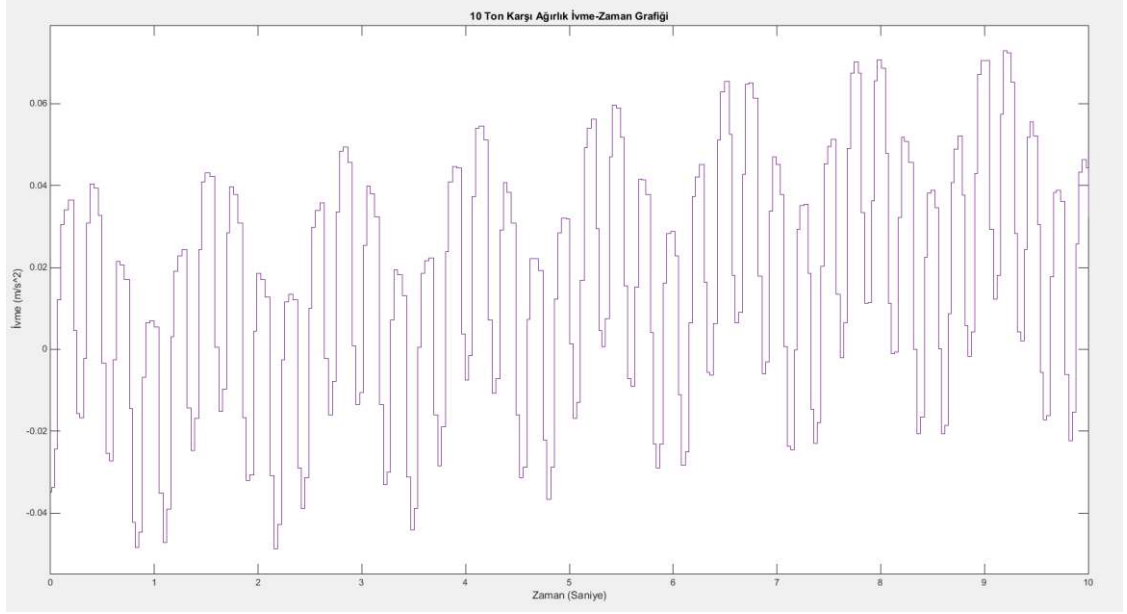
Simmechanics’de yükün ağırlığı değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum ivme değeri $0,072 \text{ m/s}^2$ dir.



Şekil 11.2 19 ton karşı ağırlıklı krenin boom ivme-zaman grafiği

11.2.2 10 Ton Karşı Ağırlığın Boom İvmesine Etkisi

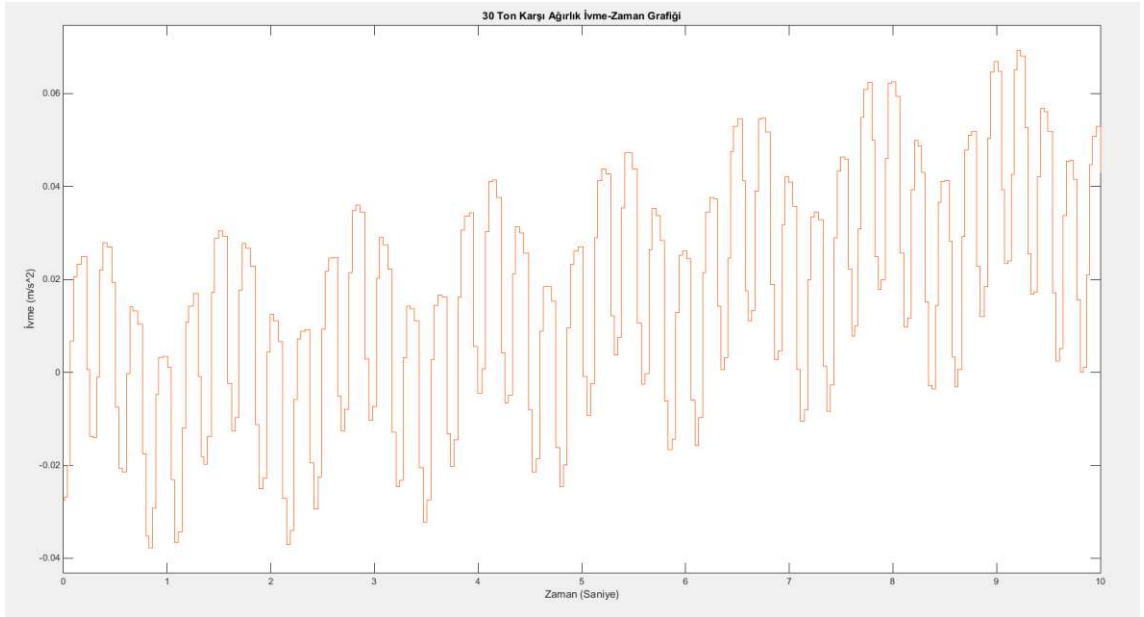
Simmechanics’de yükün ağırlığı değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum ivme değeri $0,077 \text{ m/s}^2$ dir.



Şekil 11.3 10 ton karşı ağırlıklı krenin boom ivme-zaman grafiği

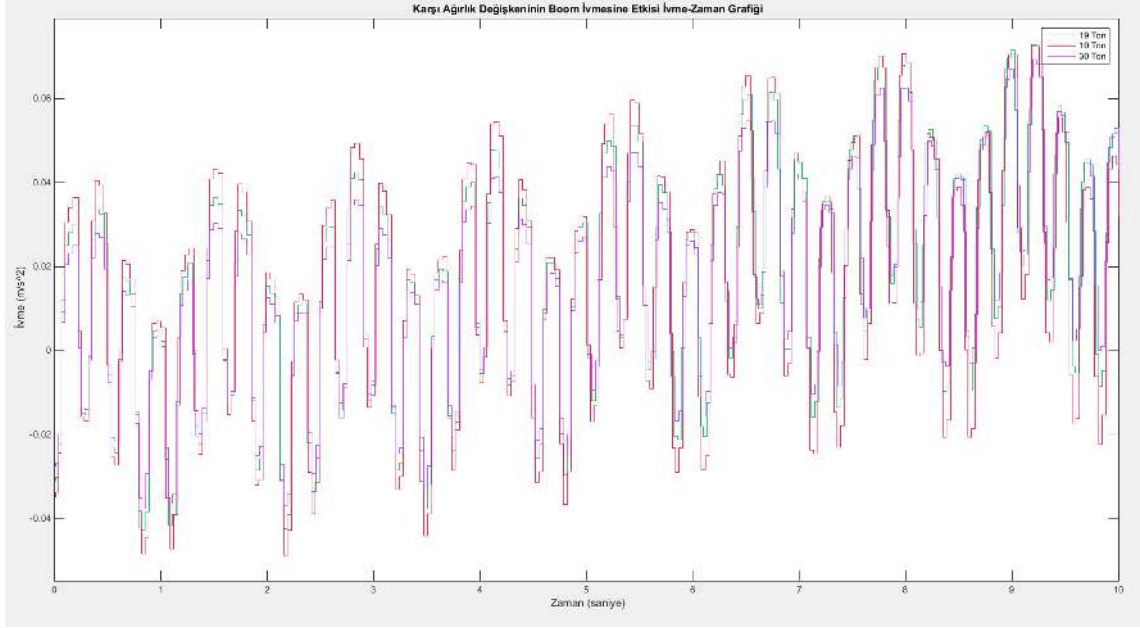
11.2.3 30 Ton Karşı Ağırlığın Boom İvmesine Etkisi

Simmechanics’de yükün ağırlığı değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum ivme değeri $0,069 \text{ m/s}^2$ dir.



Şekil 11.4 30 ton karşı ağırlıklı krenin boom ivme-zaman grafiği

Sonuç olarak, Şekil 11.5’de görüleceği üzere maksimum ivme değerleri çok değişmemiştir fakat karşı ağırlık miktarı arttıkça toplam genlik miktarının azaldığı tespit edilmiştir, bu da bir deprem anında boom kısmının daha az ivmeleneceğini ve bağlantı yerlerinden ayrılma ihtimalini düşüreceği sonucu çıkarmamızı sağlamaktadır. Tasarım yapılırken mukavemet şartları dâhilinde karşı ağırlığın kütlesinin de dikkate alınması gerekmektedir.



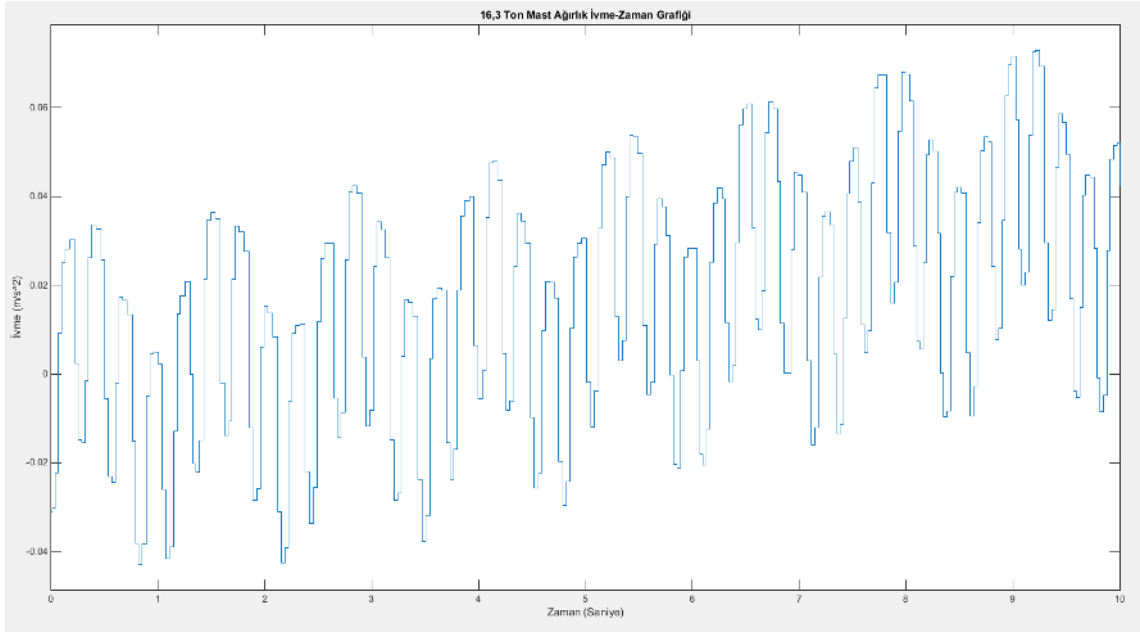
Şekil 11.5 Karşı ağırlık etkisinin boom ivmesine etkisi

11.3 Mast Ağırlığının Boom İvmesine Etkisi

Bu çalışmada mast ağırlık 16,3 t alınmıştır, karşılaştırma için 10 t ve 30 t alınacaktır. Bu parametreler Simmechanics’de değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmayacaktır.

11.3.1 16,3 Ton Mast Ağırlığının Boom İvmesine Etkisi

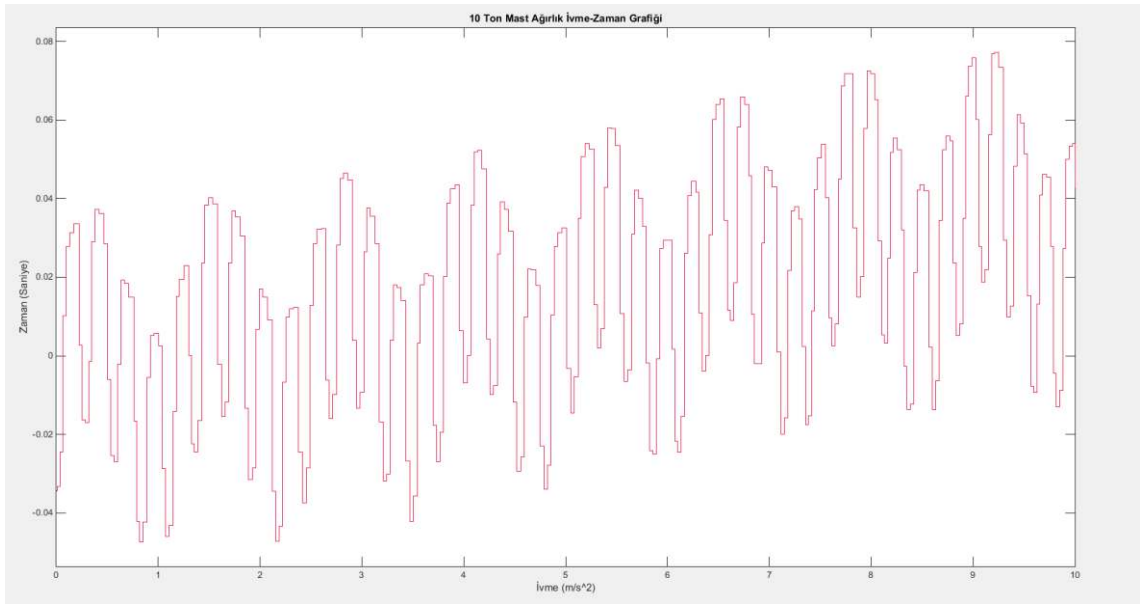
Simmechanics’de mast yükün ağırlığı değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum ivme değeri $0,072 \text{ m/s}^2$ dir.



Şekil 11.6 16,3 mast ağırlığının boom ivmesine etkisi

11.3.2 10 Ton Mast Ağırlığının Boom İvmesine Etkisi

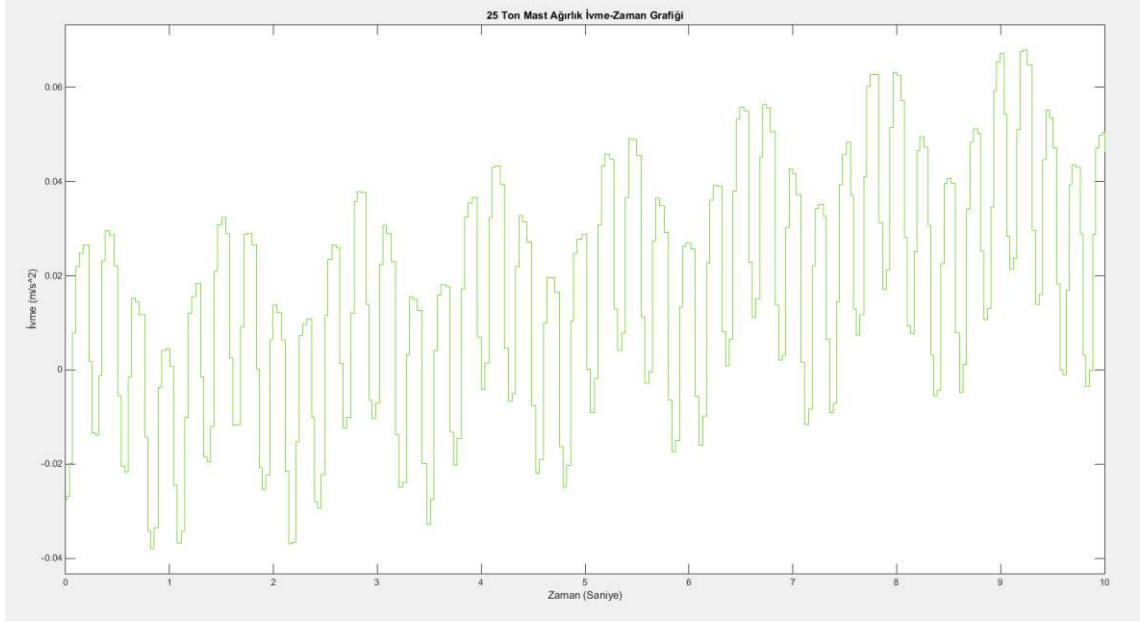
Simmechanics’de mast yükün ağırlığı değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum ivme değeri $0,076 \text{ m/s}^2$ dir.



Şekil 11.7 10 ton mast ağırlığının boom ivmesine etkisi

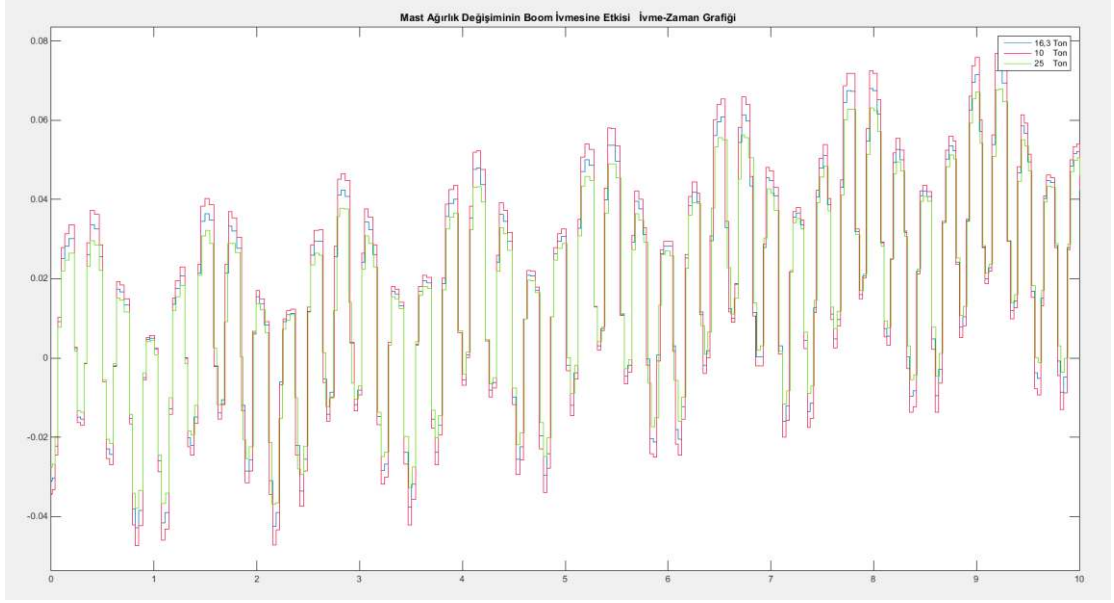
11.3.3 25 Ton Mast Ağırlığının Boom İvmesine Etkisi

Simmechanics’de Mast yükün ağırlığı değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum ivme değeri $0,067 \text{ m/s}^2$ dir.



Şekil 11.8 25 ton mast ağırlığının boom ivmesine etkisi

Sonuç olarak, Şekilde 11.9’da görüleceği üzere maksimum ivme değerleri çok değişmemiştir fakat mast ağırlık miktarı arttıkça toplam genlik miktarının azaldığı tespit edilmiştir, bu da bir deprem anında boom kısmının daha az ivmeleneceğini ve bağlantı yerlerinden ayrılma ihtimalini düşüreceği sonucu çıkarmamızı sağlamaktadır. Tasarım yapılırken mukavemet şartları dâhilinde mast ağırlığının kütlesinin de dikkate alınması gerekmektedir.



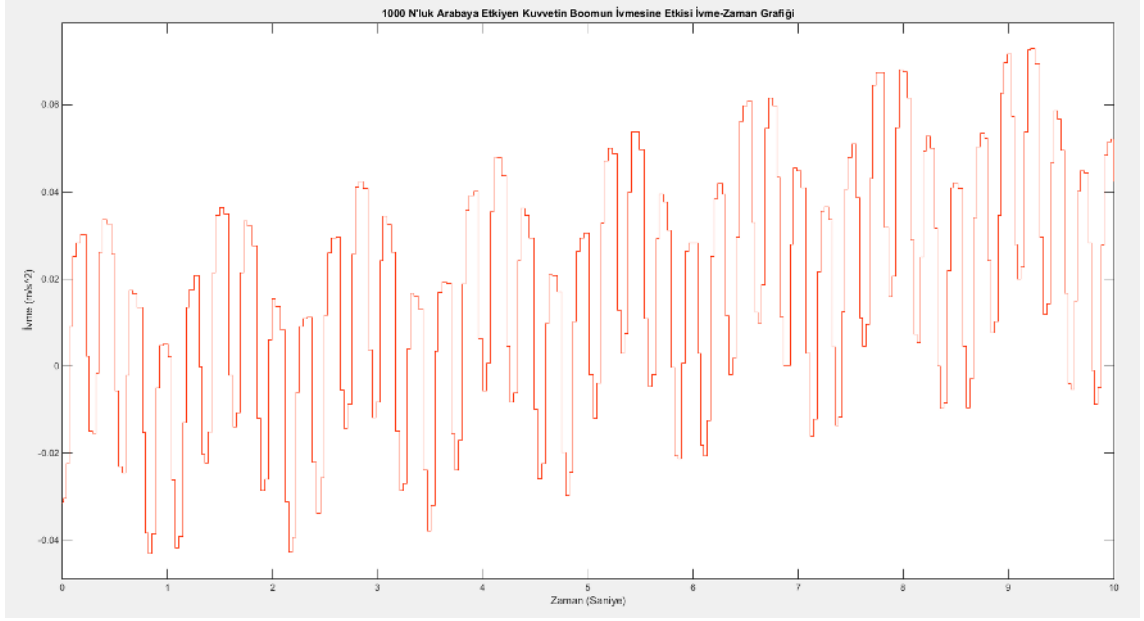
Şekil 11.9 Mast ağırlık değişiminin boom ivmesine etkisi

11.4 Arabaya Kuvvetinin Boom İvmelenmesine Etkisi

Bu çalışmada arabaya kuvveti 1000 N alınmıştır, karşılaştırma için 250 N ve 2000 N alınacaktır. Bu parametreler Simmechanics 'de değiştirilip, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmayacaktır.

11.4.1 1000 N' luk Araba Kuvvetinin Boom İvmesine Etkisi

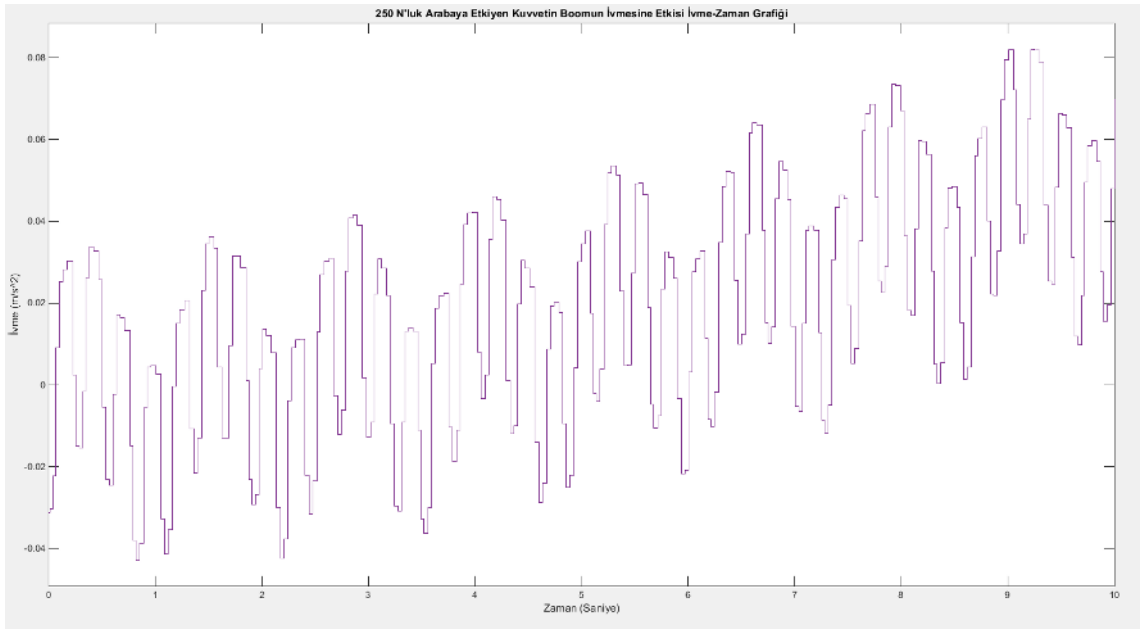
Simmechanics'de arabaya etkiyen kuvvet 1000 N alınmıştır, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum ivme değeri $0,072 \text{ m/s}^2$ dir.



Şekil 11.10 1000 N'luk araba kuvvetinin boom ivmesine etkisi

11.4.2 250 N' luk Araba Kuvvetinin Boom İvmesine Etkisi

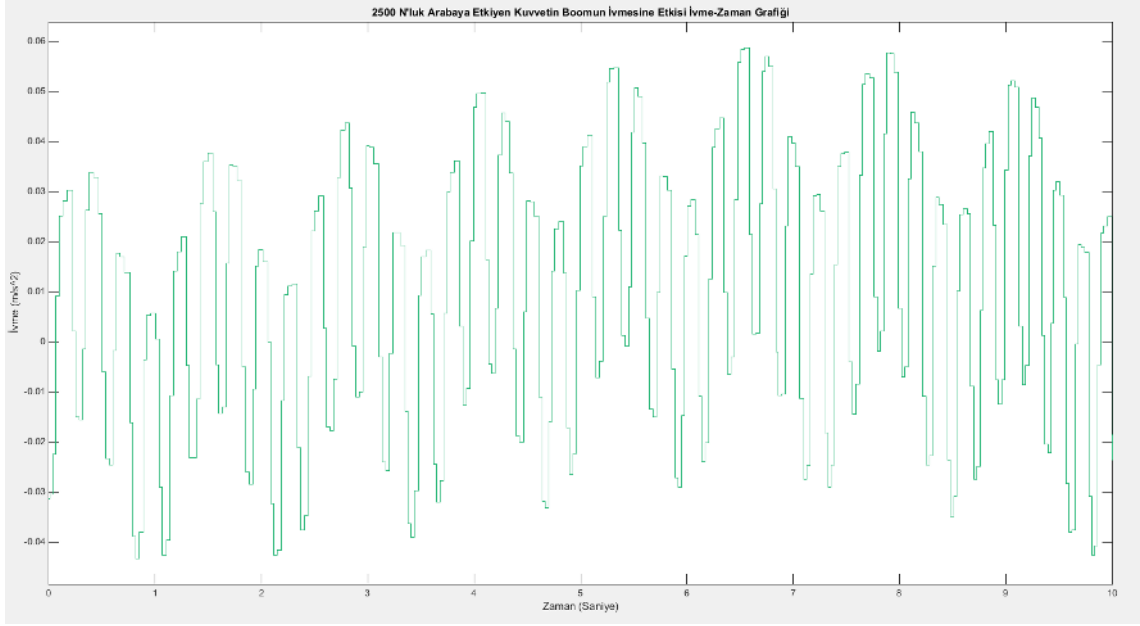
Simmechanics'de arabaya etkiyen kuvvet 250 N alınmıştır, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum ivme değeri $0,082 \text{ m/s}^2$ dir.



Şekil 11.11 250 N'luk araba kuvvetinin boom ivmesine etkisi

11.4.3 2500 N' luk Kuvvetin Boom İvmesine Etkisi

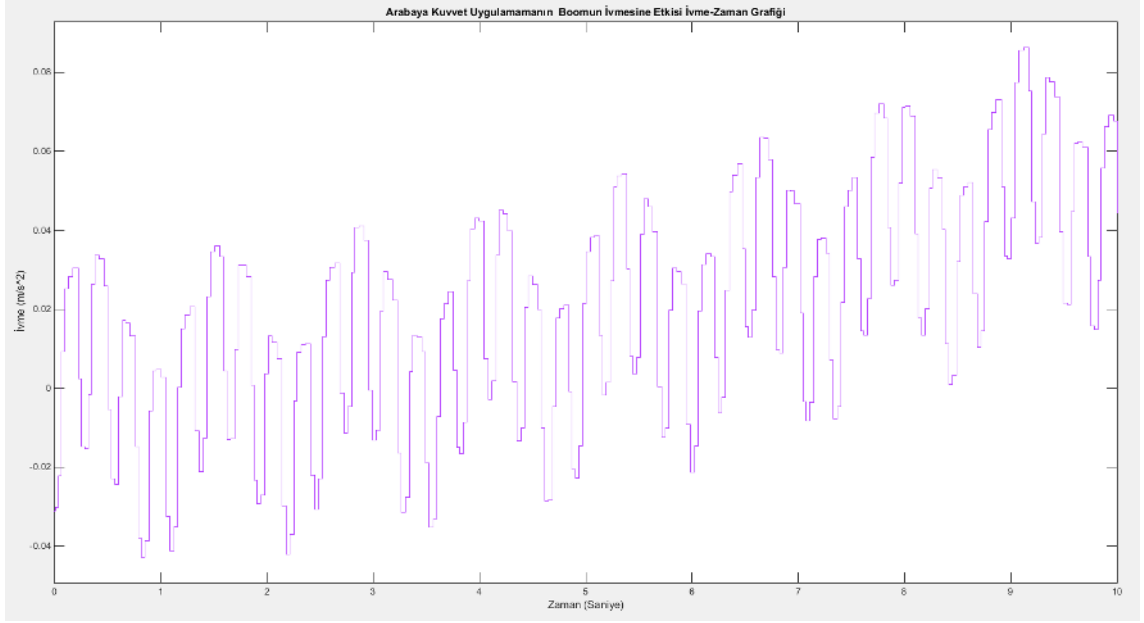
Simmechanics'de arabaya etkiyen kuvvet 2500 N alınmıştır, diğer ölçülerle ve kütlelerle oynanılmamıştır. Maksimum ivme değeri $0,058 \text{ m/s}^2$ dir.



Şekil 11.12 2500 N'luk araba kuvvetinin boom ivmesine etkisi

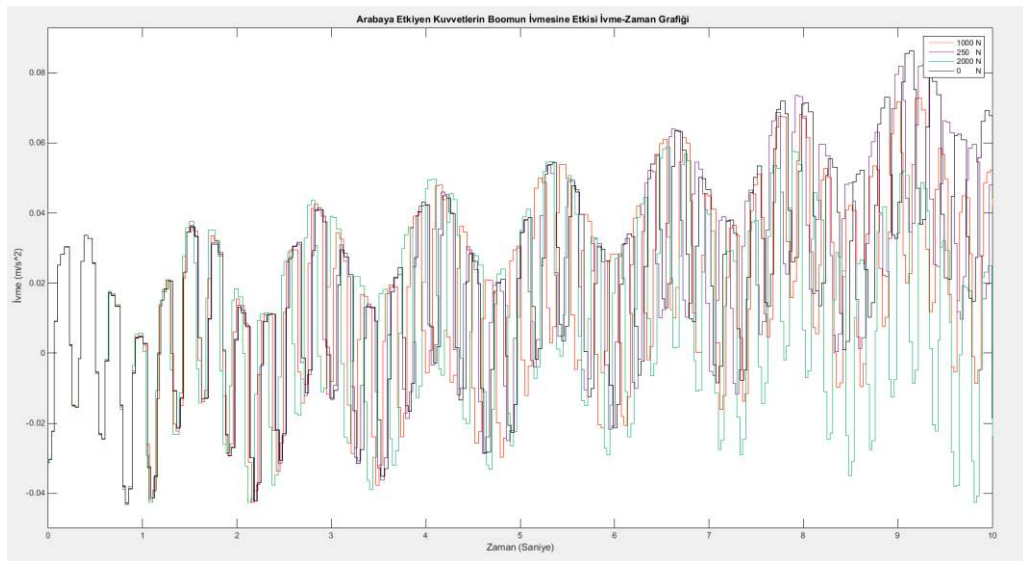
11.4.4 Kuvvet Uygulanmayan Arabanın Boom İvmesine Etkisi

Simmechanics'de arabayı hareket ettiren, hız ve ivme sağlayan body actuator kısmı iptal edilmiştir ve arabanın deprem anında çalışmaması durumundaki ivmesi gözlenmiştir. Maksimum ivme değeri $0,086 \text{ m/s}^2$ dir.



Şekil 11.13 Kuvvet uygulanmayan arabanın boom ivmesine etkisi

Sonuç olarak, şekil 11.14’de görüleceği üzere maksimum ivme değerleri değişmiştir ve bu da tasarım yapılırken araba hızının ve ivmesinin dikkate alınması gerektiği sonucu çıkarmaktadır. Bu grafikten çıkabilecek bir diğer sonuç ise arabanın bir deprem anında hareket etmemek yerine hareketli olması boom ivmelenmesini düşüreceğinden, ayrılma ihtimalini de azaltacaktır. Bu tespit de deprem anında kullanılabilirlik açısından önemlidir.



Şekil 11.14 Araba kuvvetinin boom ivmelenmesine etkisi

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kuleli inşaat kreninin mukavemet hesapları FEM standartlarına uygun olarak analitik mukavemet hesaplama yöntemiyle yapıldı. Yapılan hesaplamaların emniyet şartlarını sağlaması nedeniyle krenin üç boyutlu modeli Solidworks ortamında tasarlandı. Bu model daha sonra Ansys ortamına aktarılarak meshlendi ve gerekli sınırlamalar ve yüklemeler yapıldıktan sonra analiz edildi. Elde edilen sonuçlarla, analitik hesapla elde edilen sonuçlar tabloda karşılaştırıldı ve değer farklılıkların kabul edilen sınırlar dâhilinde olduğu ve emniyet gerilmesinden (160 MPa) daha düşük olduğu gözlemlendi.

SEM' le yapılan analizleri sonucunda, kren elemanlarının bağlantı noktalarında özellikle pimli bağlantılarda gerçek olamayacak kadar yüksek değerlerde olduğu gözlenmiştir, noktasal gerilmeler bu çalışmada ihmal edilmiştir.

Dinamik analiz kısmındaysa Simmechanics programı kullanılmıştır, Solidworks ortamından aktarılan verilerle Simmechanics de bloklar ve fonksiyonlar elde edilmiştir ve gözlenmek istenen bölgeler ve değerler için kuvvet veya moment değerleri girilip, derece cinsinden açı veya ivme değerleri ölçülmüştür.

Krenin iki davranış şekli incelenmiştir bu çalışmada, birincisi yük taşıırken salınımaya yol açan halat açısının dinamik davranışı, ikincisi ise bir deprem anında krenin en tehlikeli bölümü olan boom kısmının ivmesinin dinamik davranışı irdelenmiş ve öneriler sunulmuştur.

Halat açısını etkileyen parametreler olarak halat uzunluğu, araba ağırlığı ve yükün ağırlığı parametreleri kullanılmıştır ve dinamik etkileri gözlenmiştir. Sonuç olarak;

- Şekil 10-8’de, halat uzunluğunun artmasının halat salınım açısını 4° arttırdığı halat periyodunuysa yaklaşık 2 sn arttırdığı gözlenmiştir.
- Şekil 10-12’de, araba ağırlığının artmasının salınım açısını 11° azalttığı ve periyodunuysa yaklaşık 5 sn azalttığı gözlenmiştir.
- Şekil 10-16’da yükün ağırlığının artmasının salınım açısını $1,58^{\circ}$ azalttığı ve periyodunuysa yaklaşık 5,5 sn arttırdığı gözlenmiştir.

Deprem anında boom ivmesini etkileyen parametreler olarak karşı ağırlık, arabaya uygulanan kuvvet, mast ağırlığı parametreleri kullanılmıştır ve dinamik etkileri gözlenmiştir. Sonuç olarak;

- Şekil 11-5’de karşı ağırlığın artması boom ivmesini $0,007 \text{ m/s}^2$ azalttığı ve periyot miktarında ciddi bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir..
- Şekil 11-14’de arabaya uygulanan kuvvetin artmasının boom ivmesini $0,028 \text{ m/s}^2$ dikkate değer biçimde azalttığı ve periyot miktarındaysa yaklaşık 0,2 sn lik öne alma gözlemlenmiştir.
- Şekil 11-9’da mast ağırlığının artması boom ivmesini $0,009 \text{ m/s}^2$ azalttığı ve frekans miktarında ciddi bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir.

Kuleli inşaat kreninin tasarımı yapılırken mukavemet emniyet değerleri içinde bu sonuçlardan faydanılması hem zaman ve maliyet kazancı sağlayacaktır hem de deprem gibi felaketlerde ciddi hasarlar olmasını engelleyecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Deliktaş, O., (2009).Kuleli İnşaat Kreninin Tasarımı ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] Fetvacı, M. C., 1999. Sonlu Elemanlar Metodu ile Modellemede Temel Prensipler, Mühendis ve Makina, Mart 1999
- [3] Eren, İ., 2010. Mukavemet Dersi Notları, YTÜ, İstanbul.
- [4] Jaafar I.H vd. Mohamed Z. vd Jamian J.J vd Abidin A.F.Z vd Kassim A.M vd Ghani Z. (2013) ‘‘Dynamic Behavior of a Nonlinear Gantry Crane System’’, The 4th International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI 2013)
- [5] Mathworks, <http://www.mathworks.com> 01.07.2015

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Umut ŞAHİN
Doğum Tarihi ve Yeri : 11/02/1990 Eyüp
Yabancı Dili : İngilizce ve Almanca
E-posta : umutshn096@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Makina Mühendisliği	Y.T.Ü	2013
Lise	Sayısal	Otakçılar Y.D.A Lise	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2013 -	İ.T.Ü	Araştırma Görevlisi

YAYINLARI

Bildiri

1. Atay S., İmrak C.E., Targıt S., Şahin U., (2014) “ Belirli Yükleme Koşulları Altında Kılavuz Ray Bağlantı Elemanlarına Etkiyen Kuvvetlerin Tespiti” 2014 Asansör Sempozyumu, 25-27 Eylül 2014, İzmir