

**BÜYÜK ÖLÇEKLİ PORTALDAN HAREKETLİ CNC
KONTROLLÜ FREZE TEZGÂHININ YAPISAL
TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI**

Ersan GÖNÜL



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜK ÖLÇEKLİ PORTALDAN HAREKETLİ CNC KONTROLLÜ FREZE
TEZGÂHININ YAPISAL TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI**

Ersan GÖNÜL

Prof. Dr. Muhsin KILIÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2012

TEZ ONAYI

Ersan GÖNÜL tarafından hazırlanan ”Büyük ölçekli portaldan hareketli CNC kontrollü freze tezgahının yapısal tasarımı ve prototip imalatı” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman :Prof. Dr. Muhsin KILIÇ

Başkan:Prof. Dr. Muhsin KILIÇ

İmza

Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye :Yrd. Doç. Dr. Fatih KARPAT

İmza

Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye :Yrd. Doç. Dr. Zeliha KAMIŞ KOCABIÇAK

İmza

Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Kadir ARSLAN

Enstitü Müdürü

..../..../2012

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

..../..../2012

İmza

Ersan GÖNÜL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BÜYÜK ÖLÇEKLİ PORTALDAN HAREKETLİ CNC KONTROLLÜ FREZE TEZGÂHININ YAPISAL TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI

Ersan GÖNÜL

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Muhsin KILIÇ

Büyük ölçekli portaldan hareketli CNC kontrollü freze tezgahının yapısal tasarımı ve prototip üretimi gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Montaj projeleri hazırlandıktan sonra gerekli ekipmanların seçimi yapılmış ve buna bağlı temini gerçekleştirilmiştir. Bu makinelerin dünyadaki benzerlerinde ana gövdeyi oluşturan dökme demir makine parçaları ağırlık olarak tüm makinenin yaklaşık %40 'ını oluşturmaktadır. Üretilen prototip makinede bu oran daha artırılmıştır. Proje kapsamında kavramsal tasarım ve spesifikasyonlar belirlendikten sonra makinenin CAD modelleri hazırlanmıştır. Yapısal analizler sonucu hazırlanan CAD modellerinde gerekli iyileştirmeler yapılarak tasarımlar iyileştirilmiştir. Bu analizler makinadan beklenen rijitlik ve hassasiyet kriterleri sağlanana kadar tekrarlanmıştır. Bilgisayar destekli analiz ve bilgisayar destekli tasarım işlemleri modeller üzerinde tekrarlanarak üretilebilecek en ideal model oluşturulmuştur. Tasarım çalışmalarının tamamlanmasından sonra makine aksamının CAD modeli döküm için kullanılan yazılıma aktarılarak döküm için gerekli hazırlıklar yapılmıştır. Daha sonra bu modeller döküm tekniği ile üretilmiştir ve sonuçlar üzerinde tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayar Destekli Tasarım, bilgisayar destekli analiz. CNC, döküm, freze tezgahı.

2012, xi+80 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

STRUCTURAL DESIGN AND PROTOTYPE PRODUCTION OF A CNC CONTROLLED LARGE-SCALE MILLING MACHINE WITH MOVING PORTAL

Ersan GÖNÜL

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Muhsin KILIÇ

The aim of this thesis is the structural design and prototype production of a CNC controlled large-scale milling machine with moving portal. After preparing assembly projects, the equipments needed decided on and this milling machine center was ordered and bought. This type of machines in the market consists approximately 40% of their total weight of the main components made up from the cast iron. However, the machine produced in this project is to contain much higher ratio of cast iron material in its main components. The project is to initialize from conceptual design and defining the technical specifications. And with the lead of this information, the CAD models of the components were drawn. Improvements were applied to CAD designs of the components with the outputs of these calculations. The aim of the calculations was to maintain a high precision machine with high rigidity. Computer-aided desings and computer-aided analysis were repeated several times in order to optimize the machine components. Following the design processes, all the necessary components were controlled for micro and macro porosity problems after casting with a casting and solidification simulation software. Finaly, these machine components were produced with casting.

Key Words: Computer-aided desing, computer-aided analysis. CNC, casting, milling machine.

2012, xi+80 pages.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Günümüzde çok karmaşık üretim şekilleri mevcut olup, ürünlerin kullanıcıya en kısa sürede ulaşması çok önemlidir. Dolayısı ile mühendislik problemlerinin çözümünü bilgisayar aracılığı ile yapmak oldukça yaygınlaşmıştır. Klasik yöntemlerle çözümü imkânsız hale gelen modellerde bilgisayar desteği devreye girerek ürünün hem daha kısa sürede hem de en doğru şekilde ortaya çıkması sağlanmıştır.

Bilgisayar desteği ile belki yıllarca süren üretim, birkaç aya indirilmiştir. Dolayısı ile daha farklı üretim biçimleri denenerek eskiden günümüze süre gelmiş üretim yöntemlerinden daha farklı üretim yöntemleri kullanarak ürünler oluşturulmaya başlanmıştır.

Çalışmada, genel olarak bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli analiz kullanılarak portaldan hareketli CNC kontrollü bir freze tezgâhının yapısal tasarımı ve prototip üretimi hedeflenmiştir. Klasik yöntemlerle günümüzde üretilen büyük ölçekli CNC kontrollü freze tezgâhının üretimi döküm yöntemiyle gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bilgisayar destekli tasarım ve analizler bu yolda projenin gerçekleşmesine ışık tutmuştur.

Döküm yöntemi ile üretilen büyük ölçekli portaldan hareketli CNC kontrollü freze tezgâhının üretimi sayesinde bu tür tezgâhların üretiminde yeni adımlar atılmıştır.

Çalışmamda bana yol gösteren ve büyük katkıları olan, desteğini, sabrını ve ilgisini hiç esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Muhsin KILIÇ başta olmak üzere, Yrd. Doç. Dr. Fatih KARPAT hocama ve projenin gerçekleşmesini sağlayan İĞREK MAKİNA' ya teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından 00594.ST2.2010-1 kodlu ve aynı isimli proje olarak SANTEZ programı kapsamında desteklenmiştir. T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1.GİRİŞ.....	1
2.ÇALIŞMANIN AMACI.....	2
3.KAYNAK ÖZETLERİ VE CNC TEZGAHLARIN TARİHÇESİ.....	3
3.1 Kaynak Özetleri.....	3
3.2 CNC Tezgahların Tarihçesi.....	8
4. METERYAL VE YÖNTEM.....	9
4.1 Bilgisayar Destekli Tasarım ve Analiz Nedir?.....	9
4.1.1 Modelleme.....	10
4.1.1.1 Fiziksel parçanın bilgisayarda matematiksel modelinin oluşturulması.....	10
4.1.1.2 Modelin boyutuna karar verilmesi.....	10
4.1.1.3 Modelin simetriklik yapısının incelemesi, analiz işlemi için modelin gözden geçirmesi.....	10
4.1.2 Sınır Şartlarının Belirlenmesi.....	11
4.1.2.1 Modelin sonlu elemanlara ayrılması.....	11
4.1.2.2 Sonlu eleman yakınsama veya lokal sonlu eleman.....	11
4.1.3 Çözüm.....	12
4.2 Sonlu Elemanlar Metodu.....	14
4.3 Titreşim analizi.....	16
4.4 Topoloji analizi.....	17

5.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	20
5.1 Tasarım ve Analiz Aşaması.....	20
5.1.1 Yan duvarın oluşturulması ve analizleri.....	21
5.1.1.1 Yan duvar çalışması-birinci inceleme.....	21
5.1.1.2 Yan duvar çalışması-ikinci inceleme.....	26
5.1.1.3 Yan duvar çalışması-üçüncü inceleme.....	28
5.1.1.4 Yan duvar çalışması-dördüncü inceleme.....	31
5.1.2 Dikdörtgen tablanın oluşturulması ve analizleri.....	35
5.1.2.1 Tablanın tasarımı ve analiz koşullarının belirlenmesi.....	35
5.1.2.2 Dökülecek dikdörtgen tablanın ilk tasarımı ve analiz sonuçları.....	39
5.1.2.3 Dökülecek dikdörtgen tablanın ikinci tasarımı ve analiz sonuçları....	41
5.1.3 Portalın oluşturulması ve analizleri.....	44
5.1.3 CAD modelleri üzerinde tartışma ve sonuçlar.....	48
5.2 Döküm.....	52
5.2.1 Giriş.....	52
5.2.2 Döküm prosesleri.....	53
5.2.3 Kum kalıba döküm işleminde aşamalar.....	55
5.2.4 Döküm aşamaları ile ilgili pratik örnek.....	56
5.2.5 Döküm görüntüleri.....	59
5.3 Makine Ana Aksam ve Yardımcı Sistemlerin Seçimi ve Özellikleri.....	64
5.3.1 Makine ana aksam ve yardımcı sistemleri.....	64
5.3.2 Makine montajı ve görüntüleri.....	74
6.SONUÇ	75
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	80

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

Mpa

Megapascal

%

Yüzde

Kisaltmalar

Açıklama

BDT

Bilgisayar Destekli Tasarım

BDA

Bilgisayar Destekli Analiz

mm

milimetre

CNC

Computer Numerical Control

ROM

Read Only Memory

SEM

Sonlu Elemanlar Yöntemi

N

Newton

Hz

Hertz

M.Ö.

Milattan Önce

Ni

Nikel

Cu

Bakır

°C

Santigrad Derece

Kg

Kilogram

SiO₂

Silisyum Dioksit

µm

Mikrometre

cm

Santimetre

CO₂

Karbon Dioksit

CPU

Central Processing Unit

MCU

Microcontroller

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1.	9
Şekil 4.2.	9
Şekil 4.3.	10
Şekil 4.4.	11
Şekil 4.5.	12
Şekil 4.6.	12
Şekil 4.7.	13
Şekil 4.8.	13
Şekil 4.9.	15
Şekil 4.10.	16
Şekil 4.11.	17
Şekil 4.12.	18
Şekil 4.13.	19
Şekil 5.1	20
Şekil 5.2.	21
Şekil 5.3.	21
Şekil 5.4.	22
Şekil 5.5.	22
Şekil 5.6.	23
Şekil 5.7.	24
Şekil 5.8.	24
Şekil 5.9.	25
Şekil 5.10.	25
Şekil 5.11.	26

Şekil 5.12.	.....	26
Şekil 5.13.	.....	27
Şekil 5.14.	.....	27
Şekil 5.15.	.....	28
Şekil 5.16.	.....	29
Şekil 5.17.	.....	29
Şekil 5.18.	.....	30
Şekil 5.19.	.....	31
Şekil 5.20.	.....	32
Şekil 5.21.	.....	33
Şekil 5.22.	.....	33
Şekil 5.23.	.....	34
Şekil 5.24.	.....	34
Şekil 5.25.	.....	35
Şekil 5.26.	.....	36
Şekil 5.27.	.....	37
Şekil 5.28.	.....	39
Şekil 5.29.	.....	40
Şekil 5.30.	.....	40
Şekil 5.31.	.....	41
Şekil 5.32.	.....	41
Şekil 5.33.	.....	42
Şekil 5.34.	.....	42
Şekil 5.35.	.....	43
Şekil 5.36.	.....	44
Şekil 5.37.	.....	45

Şekil 5.38.	.....	46
Şekil 5.39.	.....	46
Şekil 5.40.	.....	47
Şekil 5.41.	.....	47
Şekil 5.42.	.....	48
Şekil 5.43.	.....	48
Şekil 5.44.	.....	49
Şekil 5.45.	.....	49
Şekil 5.46.	.....	50
Şekil 5.47.	.....	50
Şekil 5.48.	.....	51
Şekil 5.49.	.....	51
Şekil 5.50.	.....	54
Şekil 5.51.	.....	55
Şekil 5.52.	.....	56
Şekil 5.53.	.....	57
Şekil 5.54.	.....	57
Şekil 5.55.	.....	57
Şekil 5.56.	.....	58
Şekil 5.57.	.....	58
Şekil 5.58.	.....	58
Şekil 5.59.	.....	59
Şekil 5.60.	.....	59
Şekil 5.61.	.....	59
Şekil 5.62.	.....	60
Şekil 5.63.	.....	60

Şekil 5.64.	.....	61
Şekil 5.65.	.....	61
Şekil 5.66.	.....	62
Şekil 5.67.	.....	62
Şekil 5.68.	.....	63
Şekil 5.69.	.....	74
Şekil 5.70.	.....	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 5.1.	30
Çizelge 5.2.	43
Çizelge 5.3.	47
Çizelge 5.4.	49
Çizelge 5.5.	50
Çizelge 5.6.	51
Çizelge 5.7.	64
Çizelge 5.8.	65
Çizelge 5.9.	66
Çizelge 5.10.	67
Çizelge 5.11.	68
Çizelge 5.12.	69
Çizelge 5.13.	70
Çizelge 5.14.	70
Çizelge 5.15.	71
Çizelge 5.16.	71
Çizelge 5.17.	72
Çizelge 5.18.	72
Çizelge 5.19.	73
Çizelge 5.20.	73

1. GİRİŞ

Bilgisayarlı Nümerik Kontrol de (Computer Numerical Control) temel düşünce takım tezgâhlarının sayı, harf vb. sembollerden meydana gelen ve belirli bir mantığa göre kodlanmış komutlar yardımıyla işletilmesi ve tezgâh kontrol ünitesinin (MCU) parça programını edebilen sistemdir.

Bilgisayarlı Nümerik Kontrol de tezgah kontrol ünitesinin kompütürize edilmesi sonucu programların muhafaza edilebilmelerinin yanında parça üretiminin her aşamasında programı durdurma, programda gerekli olabilecek değişiklikleri yapabilme, programa kalınan yerden tekrar devam edebilme ve programı son şekliyle hafızada saklamak mümkündür. Bu nedenle programın kontrol ünitesine birkez yüklenmesi yeterlidir. Programların tezgaha transferleri delikli kağıt şeritler (Punched Tapes) , Manyetik Bantlar (Magnetic Tapes) vb. veri taşıyıcılar aracılığıyla gerçekleştirilir.

Günümüzde tarım ve diğer insan iş gücü gereksinimini azaltmak ve seri imalata yani fabrikasyona geçebilmek için makineler ve bu makineler için takım tezgâhları tasarlanmıştır. Diğer makina sanayi ve otomotiv sanayinden sonra tarım makineleri imalatında da kullanılmaya gereksinim duyulmuştur. Bu tasarımcıların amacı başta da değindiğimiz gibi insan gücünü daha hızlı, güvenilir ve verimli aletlerle değiştirmek olmuştur. Uzun yıllar bu tezgahlarda köklü bir değişiklikler olmamıştır. Ama sürekli bir gelişme kaydedilmiştir. Çağımız bilgisayar teknolojisine bürünmesi, metal kesme işlerinde bir çağ açmış olmaktadır. Bu olay genellikle "Bilgisayar Destekli Nümerik Kontrol" olarak isimlendirilir. Kısa adlandırılması ise CNC' dir. Bu tür takım tezgahları diğer sanayi kollarından sonrada tarım makineleri sanayine sıçramış ve üreticileri bu tezgahlara yatırıma sevk etmiştir. Bu sayede tarım makineleri sanayi Avrupa standartlarına yaklaşma eğilimi göstermiş ve imalatta seri, hatasız üretime başlanmıştır.

Bu çalışmada günümüzde büyük öneme sahip olan CNC tezgâhın 3 boyutlu tasarımı ve analizi ele alınmıştır. (Anonim 2006)

2. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmada bir CNC tezgâhın ana konstrüksiyonun bilgisayar destekli tasarım - analizini yapılması ve çıkan sonuçlar doğrultusunda CNC konstrüksiyonunu oluşturan parçaların döküm ile üretilmesi amaçlanmıştır. Büyük ölçekli portaldan hareketli CNC kontrollü freze tezgahı üretiminin tasarımdan üretime tüm süreçlerin gerekli hesaplamalarının yapılmasıyla, tasarım doğrulama, sistem elemanlarının montajı ve prototip makina imalatının gerçekleştirilmesi ve bu tezgâhın döküm ağırlıklı bir tezgah olması hedeflenmiştir.

Çalışmada tasarım için Catia V5 R20 kullanılmış olup, analiz işlemlerinde ANSYS v12 kullanılmıştır. Analizde ise sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak işlemlere devam edilmiştir. Yapılan analiz işlemleri aşağıdaki gibidir:

- Statik Analiz
- Modal Analizi
- Topoloji Analizi

Yapılan işlemler yeterli sonuçlar bulununcaya kadar tekrarlanmıştır. Bu tekrar, modelin oluşturulmasından, uygun tasarımı elde edinceye kadar yapılan işlemlerin tümünü kapsamaktadır. Bu işlemler sonucunda yapılan analizlerle model doğrulanmış olup, analiz sonuçlarına göre yorumlar getirilmiştir. Bunlarla birlikte her bir tasarımda ideal döküm ağırlığı tutturulmaya çalışılmıştır.

Tasarım çalışmalarının tamamlanmasından sonra makine aksamının CAD modeli döküm için kullanılan yazılıma aktarılarak döküm için gerekli hazırlıklar yapılmıştır. Oluşturulacak prototip makinede döküm oranı benzerlerine nazaran daha da arttırılmıştır, örnek olarak benzerlerinden farklı olarak portal köprü dökme demirden üretilmesi planlanmıştır.

3. KAYNAK ÖZETLERİ VE CNC TEZGÂHLARIN TARİHÇESİ

3.1 Kaynak Özetleri

Büyük ölçekli portaldan hareketli CNC freze tezgâhları, başta otomotiv sektörü olmak üzere kalıp endüstrisi, rüzgar ve hidrolik türbinlerin üretiminde, enerji endüstrisinde, kara, deniz ve hava taşıt endüstrileri gibi farklı alanlarındaki yüksek hassasiyet gerektiren ve büyük hacme sahip parçaların işlenmesi için kullanılmaktadır. Bu tezgâhların üreticileri tezgahın beklenen verimin ve doğruluğun getirdiği katı gereksinimleri sağlamak için portalın yapısına güvenmektedirler. Pazardaki çoğu tezgâh ta benzer olarak, sağlamlık ve denge için sabit, rijit ve çift kolonlu portal yapısına sahiptir. Pazarın geri kalan kısmını ise hareketli rijit ve çift kolonlu tezgahlar oluşturmaktadır.

Shafie S. ve ark.(1997), büyük ölçekli portaldan hareketli universal bir işleme merkezinin statik ve dinamik testleri üzerine çalıştı. Örnekleme frekans aralıkları zamana ve eksen uzunluğuna balı olarak belirlendi. Laser interferometre ile ölçülen ham dinamik cevap verileri pozisyon verilerine dönüştürüldü. Dinamik ölçümler statik testlerde elde edilemeyen hataların tespiti için gerçekleştirildi.

Bu tezgahlarda hassasiyet ve performansı tezgah bileşenlerinin yapısının statik ve dinamik rijitliği sağlamaktadır. Statik rijitlik kesme esnasında takım ve iş parçası arasındaki yer değiştirmeyi etkilerken dinamik rijitlik takımın titreşmesini ve maksimum talaş kaldırma oranını etkilemektedir. Bu nedenle, bu tezgâhların tasarımcılar farklı portal yapılar için takım ve iş parçasının hareketleri ve tezgâh ile takımın frekans cevabını karşılaştırmak tezgahın kesme performansını tespit edebilmektedirler. (Kushnir E, 2004)

Bu tezgâhların köprü yapısı portal krenlerin yapısıyla benzerlikler içerdiğinden bu alanda yapılmış statik analiz çalışmalarından faydalanılabilecektir. Krenlerde oluşan statik ve dinamik yük altında meydana gelen gerilme ve sehimlerin analizi çok sayıda çalışmada incelenmiştir. (Erdik ve ark. 2006, Alkin ve ark., 2005; Oguamanam ve ark., 1998; Erden, 2002; Baker, 1971; Buffington, 1985; Demokritov, 1974; Oguamanam, ve ark., 2001; Celiktas, 1998).

Çalışma bir yapının sonlu elemanlar yardımı ile analizlerini içermektedir. Bu analizler çeşitli durumlara göre tekrarlanmış olup, en ideal yapıyı oluşturmaya ışık tutmuştur. Literatürde yine metal işleme makinalarına ilişkin sonlu elemanlarla yapılmış olan çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan biride Prof Dr. Oliver de Weck ve Dr. Il Yong Kim'in çalışmasıdır. Bu çalışmada bir dikey işleme tezgahının sonlu elemanlar analizinin nasıl yapılacağından bahsedilmiştir.

Üretilecek olan parçanın büyük olması tüm hesapların yapılmasını beraberinde getirmektedir. Bu hesaplardan biride topoloji optimizasyonudur. Yine sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılacak olan topoloji optimizasyonu ile maksimum mukavemet koşullarını sağlayacak ve bu maksimum mukavemet koşullarında daha düşük malzeme ile çalışılacak durumun tespit edilmesi sağlanacaktır. Sonlu elemanlar yöntemi ile yapılacak olan topoloji optimizasyonunun konstrüksiyonlara yönelik çalışmaları literatürde mevcuttur.

Yıldız A. Ark. (2007) sonlu elemanlar yöntemini kullanarak topoloji optimizasyonu ile bir motor bağlantı elemanının analiz ve tasarımlarını yapmışlardır. Bu analiz ve tasarımların ardından hafifletilmiş ve rijitlik açısından iyi durumda olan modeli gerçekleştirmişlerdir. Başlangıç şartlarına göre motor bağlantı elemanının kütlesi azaltılmış olup performans ve imalat açısından en etkin ve ekonomik yapısal model oluşturulmuştur.

Bu çalışmada klasik mühendislik yöntemi ile tasarlanarak kuma dökülen yaklaşık brüt 5 ton ağırlığında bir çelik dökümün bilgisayar destekli mühendislik teknikleri ile yeniden tasarlanması, dökülmesi ve katılaştırılma süreçleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Kayıkçı (2008) 'nın elde ettiği sonuçlar klasik mühendislik teknikleri ile dökülen parçanın kalıplama tasarımından kaynaklanan hatalara bağlı olarak iç bölgelerinde çekme boşluğu oluştuğunu buna karşılık bilgisayar destekli mühendislik teknikleri ile kalıplama tasarımı yapılarak dökülen aynı parçanın bu tür kusurlar içermediğini göstermiştir.

Döküm parça üretimi çok aşamalı bir süreçtir ve bu süreçlerin ilki parçanın kendi geometrisini ve kullanılacak alaşımın özelliklerini tasarlamaktır. Bundan sonraki aşama sıvı döküm alaşımının kalıp boşluğuna düzgün ve tam bir şekilde doldurulabilmesini ve

katılma sırasında boşluksuz bir döküm elde edilmesini sağlayan yolluk ve besleyici sisteminin tasarlanmasıdır. Parçanın yolluk ve besleyicileri ile bütünleştirilmiş olan tasarımı kısaca kalıplama tasarımı olarak tanımlanmaktadır. İdeal bir kalıplama tasarımında uyulması gereken en önemli iki kriter ise dökümün kalitesi (mikro ve makro yapısının tamlığı) ve dökümün % verimi ((parça ağırlığı/toplam döküm ağırlığı)x100) dir (Campbell (1991); Gwyn(1999)). Bu kriterler üretim maliyeti ve kalite ekseninde dökümhane mühendislerini en az metal kullanımı ile (minimum yolluk ve besleyici ağırlığı ile) en yüksek kalitede döküm üretmeye zorlamaktadır. Özellikle klasik mühendislik yöntemleri ile kalıplama tasarımı yapılan dökümlerde döküm kusurları yüzünden büyük ölçüde maliyet artışı ve hurda riskleri oluşmaktadır [Kayıkçı (2004)]. Buna karşılık bilgisayar destekli mühendislik teknikleri ile tasarlanan dökümlerde muhtemel kalite sorunlarının henüz tasarım aşamasında tahmin edilebildiği ve yukarıda değinilen risklerin azaltılabildiği görüşü yaygınlaşmaktadır [Kayıkçı ve Akar (2008)]. Kayıkçı (2008) tarafından yapılan çalışmada büyük kütleli bir çelik döküm parçanın üretiminde kullanılan klasik ve bilgisayar destekli mühendislik teknikleri ile yapılan tasarımlar ve üretilen dökümlerin kalitesinin karşılaştırılması araştırılmıştır.

Ağır ve sürekli değişen yük tipine sahip makine parçalarında olduğu gibi bu tezgahın da başlangıç tasarımında sonlu elemanlar metodunu kullanarak yorulma analizlerini gerçekleştirmek önemli bir gereksinimdir. Çok geniş bir literatüre sahip yorulma konusunda özellikle statik analizde olduğu gibi portal krenlerin yorulması üzerine yapılan çalışmalardan yararlanmak mümkündür. (Kopnov 1999; Liu, Xing,2005, Ariaei ve ark.2009)

Patwari A. Ark. (2009) dikey bir işleme merkezinin modal analizini gerçekleştirebilmek için Catia programında bir sonlu elemanlar modeli geliştirmişlerdir. İşleme merkezi için yapılan model analizler ABAQUS programında yapılmıştır. Analizler ile takım ile iş parçası arasındaki arzu edilmeyen titreşimlerin anlaşılabilmesi için shaft, takım tutucu gibi parçaların doğal frekansları ve titreşim modları elde edilerek değerlendirilmiştir.

Kirilin Yu.V., Eremin N.V.(2009), tarafından portaldan hareketli bir freze tezgahının dinamik karakteristiğini hesaplayabilmek için Ansys programını kullanarak taşıyıcı

sistem için bir sonlu eleman modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmada özellikle takım tutucusunun konumunun titreşim kararlılığına etkisi yapılan analizlerle incelenmiştir.

Wang W. (2009), de bir dikey CNC tezgahın sonlu elemanlar modelini Ansys programında geliştirmiştir. Bu model yardımıyla tezgahın dinamik karakteristiğini ortaya çıkarmak için doğal frekans ve titreşim model analizlerini gerçekleştirmiştir. İlk analiz sonuçlarını ele alarak kolon sayısının birden ikiye çıkarılması gibi yapısal değişikliklere giderek bazı iyileştirmeler ortaya koymuştur.

Çalışmalarda statik analizin yanı sıra özellikle son zamanlarda bu tip tezgâhların dinamik karakteristiğini ortaya çıkarmak için yapılan çalışmalar görülmektedir. (Shafie S. ve ark.1997, Kirilin Yu.V., Eremin N.V. (2009), Patwari A. Ark., 2009; Wang W. 2009; Yang X.ve ark 2009, Si G. Ark. 2010).

Si G. Ark. (2010) bir non lineer sonlu elemanlar programı kullanılarak birçok eksenli köprülü bir iş merkezinin dinamik modeli geliştirilmiştir. Dinamik simülasyon HHT yenileme algoritması sayesinde elde edilmiştir. Esnek ve rijit gövde yapıları karşılaştırılarak elastik deformasyonun pozisyon hatası üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen simülasyon sonuçlarından pozisyon hatasının ve hızdaki değişimlerin tezgahın doğal titreşim karakteristiği ve sürücü motora çok yakından bağlı olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Referanslar:

1. Kushnir E., Solid Structures for Machining Centers, Machine Design, August 2004.
2. Weiwei W., Finite Element Analysis of Dynamic Characteristic for the XK717 CNC Milling Machine, icmtma, , 2009 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, Vol. 2, pp.803-805,2009.
3. Erdik A., İmrak C.E., Gerdemeli İ., Finite Element Modeling and Nonlinear Stress Analysis of Portal Crane, 12. International Conference on Machine Design and Production Vol.1, 5- 8 Eylül 2006, Kuşadası, s.591-598.
4. Alkın, C., İmrak, C.E., Kocabaş, H. Solid Modeling and Finite Element Analysis of an Overhead Crane Bridge, Acta Polytechnica, Vol. 45, pp. 61-67,2005.
5. Erden, A.. Computer Automated Access to the F.E.M. rules” for Crane Design, Anadolu University Journal of Science and Technology, Vol. 1, pp. 115-130, 2002.

6. Buffington, K.E. Application and Maintenance of Radio Controlled Overhead Travelling Cranes”, Iron and Steel Engineer, Vol.62, pp. 36, 1985.
7. Oguamanam, D.C.D., Hansen, J.S., Heppler, G.R. Dynamic of a Three-dimensional Overhead Crane System, Journal of Sound and Vibration, Vol.242, p. 411 – 426,2001.
8. Celiktaş, M. Calculation of Rotation Angles at the Wheels Produced by Deflection Using Finite Element Method and the Determination of Motion Resistance in Bridge Cranes, J. of Mechanical Design, Vol.120, 1998.
9. Kopnov, V., Fatigue Life Prediction of The Metalwork of a Travelling Gantry Crane, Engineering Failure Analysis, Volume 6, Issue 3, 1, Pages 131-141, June 1999
10. Liu H., Xing K., Assessment of Fatigue Reliability of Steel Crane Structures in Service Based on Damage Cumulative model Fourth International Conference on Advances in Steel Structures, Pages 1121-1126, 2005.
11. Ariaei A., Ziaei-Rad S., Ghayour M., Vibration Analysis of Beams with Open and Breathing Cracks Subjected to Moving Masses, Journal of Sound and Vibration, Volume 326, Issues 3-5, Pages 709-724, October 2009.
12. Campbell, J., Castings, Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, England, 1991.
13. Kayıkcı, R. ve Akar, N., “Farklı Kesit Kalınlıklarına Sahip Büyük Hacimli Bir Çelik Dökümün Simülasyon Teknikleri ile Tasarlanması”, Politeknik Dergisi, 10-4, 214-227, 2007.
14. Kayıkcı, R., Büyük Kütleli bir Çelik Parçanın Dökümünde Klasik ve Bilgisayar Destekli Mühendislik Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Cilt 23, No 2, 2008.
15. Camelia Bretotean Pınca, Gelu Ovidiu Tırnan, Ana Josan, “ Application of finite element method to an overhead crane bridge”Romania,2009.
16. Wen-Hsiang Lai,” Modeling of Cutting Forces in End Milling Operations”, Lawrence,2000.
17. Tuğrul Özel, Taylan Altan, “Process Simulation Using Finitite Element Method — Prediction of Cutting Forces, Tool Stresses and Temperatures in High-Speed Flat End Milling”Department of Industrial and Manufacturing Engineering, Cleveland State University, Cleveland, USA,1999.

18. Daeyoon Jung, Hae Chang Gea, ‘‘Topology Optimization of Nonlinear Structures’’, New Jersey, USA,2003.
19. Tobias Larsson, ‘‘Material and Fatigue Properties of Old Metal Bridges’’, Luleå University of Technology,2006.
20. Yıldız,A., Kaya N., F. Öztürk F., Taşıt elemanlarının optimum topoloji yaklaşımı ile tasarımı, 516 pp., 23-28, 2003.
21. Zhang,H., Han, Y., Chen, F., Wen,J., Finite Element Analysis and Topology Optimization of the Clamping Unit in a Two-Platen Injection Machine, Applied Mechanics and Materials, Vol:117-119,1535-1542, 2011

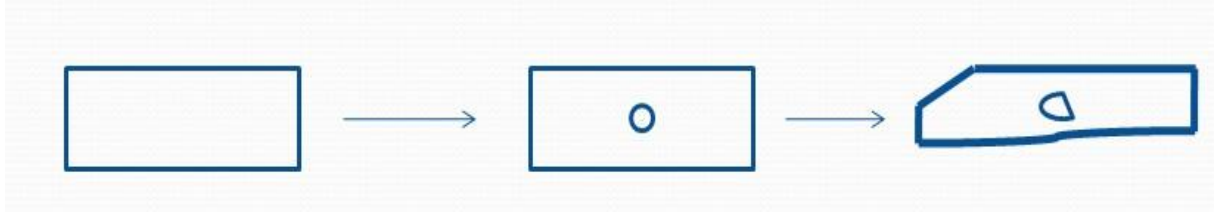
3.2 CNC Tezgahların Tarihçesi

Nümerik kontrol fikri II. Dünya savaşının sonlarında A. B. D. hava kuvvetlerinin ihtiyacı olan kompleks uçak parçalarının üretimi için ortaya atılmıştır. Çünkü bu tür parçaların o günkü mevcut imalat tezgâhları ile üretilmesi mümkün değildi. Bunun gerçekleştirilmesi için PARSONS CORPORATION ve MIT (Massachusetts Institute of Technology) ortak çalışmalara başladı. 1952 yılında ilk olarak bir CINCINNATI-HYDROTEL freze tezgahını Nümerik Kontrol ile teçhiz ederek bu alandaki ilk başarılı çalışmayı gerçekleştirdiler. Bu tarihten itibaren pek çok takım tezgahı imalatçısı Nümerik Kontrollü tezgah imalatına başladı. İlk önceleri NC takım tezgahlarında vakumlu tüpler, elektrik röleleri, komplike kontrol ara yüzleri kullanılıyordu. Ancak bunların sık sık tamirleri hatta yenilenmeleri gerekiyordu. Daha sonraları NC takım tezgahlarında daha kullanışlı olan minyatür elektronik tüp ve yekpare devreler kullanılmaya başlandı. Bilgisayar teknolojisinde ki hızlı gelişmeler Nümerik Kontrollü sistemleride etkilemiştir. Artık günümüzde NC tezgahlarda daha ileri düzeyde geliştirilmiş olan entegre devre elemanları, ucuz ve güvenilir olan donanımlar kullanılmıştır. ROM (Read Only Memory) teknolojisinin kullanılmaya başlanmasıyla da programların hafızada saklanmaları mümkün oldu. Sonuç olarak bu sistemli gelişmeler CNC' nin (Computer Numerical Control) doğmasına öncülük etmiştir. CNC daha sonra torna, matkap vb. takım tezgâhlarında yaygın olarak kullanılmaya başlandı.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

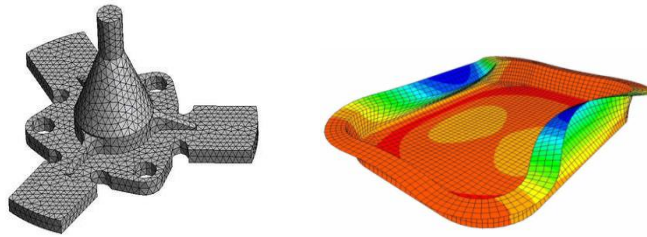
4.1 Bilgisayar Destekli Tasarım ve Analiz Nedir?

Birçok mühendislik probleminin çözümü formüller kullanılarak, analitik yöntemlerle elde edilebilir. Basit veya basitleştirilmiş tasarımlarda, analitik yöntemler kullanışlıdır ve iyi sonuç verirler fakat problemin karmaşık bir yapıda olması, sistemin analitik olarak ifade edilmesini zorlaştırır. Dolayısı ile bu durumda, sonlu elemanlar yöntemi devreye girmektedir. Sonlu elemanlar yöntemini kısaca tanımlayacak olursak; incelenecek sonsuz büyüklükteki çizimlerin, yüzeylerin, malzemenin, uygun sayıda sonlu elemana bölünmesiyle hesabı kolaylaştırma esasına dayanan pratik çözüm yöntemine '*sonlu elemanlar yöntemi*' denir.



Şekil 4.1. Modelin karışık duruma gelmesi

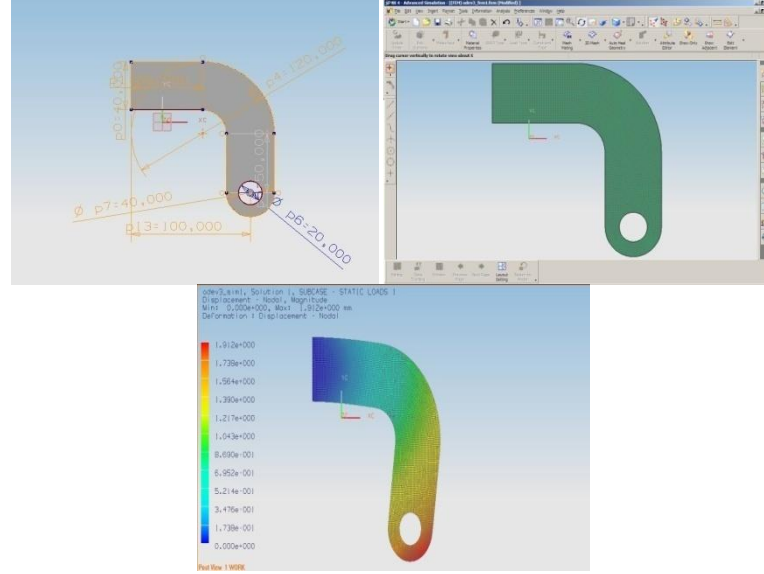
Prensip olarak model sonlu sayıda elemana ayrılmaktadır. Bu elemanlar ise birbirlerine düğüm noktaları ile bağlanırlar. Çözüm hassasiyeti, eleman sayısı ile birlikte değişir. Araştırma ve geliştirmeye açık olan SEM yazılımları, günümüzde ise birçok alanda kullanılmaktadır.



Şekil 4.2. Sonlu elemanlara ayrılmış modeller

Bir ürün için bilgisayar destekli tasarım ve analiz süreci kısaca şu şekilde gerçekleşir;

- Modelleme
- Çözüm
- Sonuçların incelenmesi



Şekil 4.3. Modelleme, çözüm ve sonuçların incelenmesi aşamaları

4.1.1 Modelleme

Modelleme işleminde aşamalar aşağıdaki gibidir;

4.1.1.1 Fiziksel parçanın bilgisayarda matematiksel modelini oluşturması

Tasarlanan parçanın matematiksel modelinin oluşturulması gerekmektedir. Oluşturulan model uygun şekilde tasarlanmalıdır. Aksi takdirde ileriki aşamalar için hem süreç açısından, hem de doğru bir tasarım açısından sıkıntı çıkabilir.

4.1.1.2 Modelin boyutuna karar vermesi

Modellenecek ve bilgisayar ortamına aktarılacak parçanın kaç boyutlu olacağına karar verilmelidir. Bu, işlemlerimiz için zaman kazandıracaktır.

- Tek boyutlu
- İki boyutlu
- Üç boyutlu

4.1.1.3 Modelin simetriklik yapısının incelemesi, analiz işlemi için modelin gözden geçirmesi

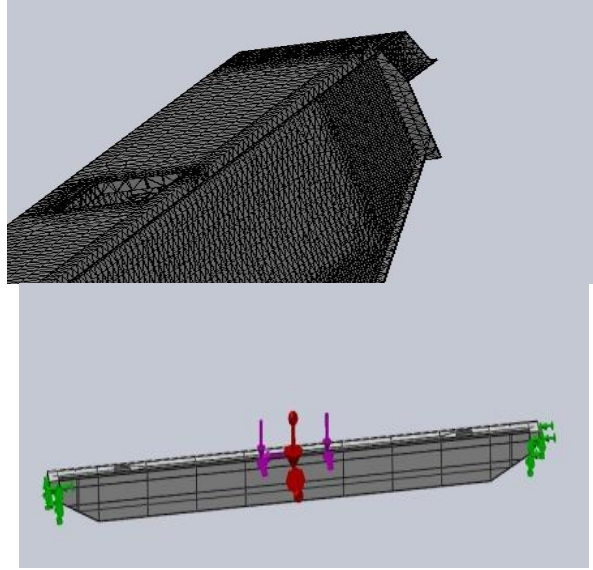
Bu aşamada modellenen parçanın, simetrik olup olmadığına bakılır. Simetrik parçaların belirli bölümleri analiz işlemine tabi tutularak sonuca ulaşılabileceğinden, işlem süresi kısalmaktadır.

4.1.2 Sınır şartlarının belirlenmesi

Analiz işleminin yapılması için, tasarlanan parçanın gerçek koşullarda hangi etkilere maruz kaldığı önemlidir. Bu bilgiler ne kadar doğru ise, gerçeğe daha yakın sonuçlara ulaşmamızı sağlar.

4.1.2.1 Modelin sonlu elemanlara ayırması

Geometrisi oluşturulan parça elemanlara ayrılarak, sonlu sayıda elemandan oluşan modeli elde edilir. Bu modele, sonlu elemanlar modeli adı verilir. Elemanlar birbirlerine düğüm noktaları ile bağlanırlar. Her düğüm noktasının serbestlik derecesi vardır. Üç boyutlu bir problemde, bir düğüm noktasının üç öteleme ve üç dönme olmak üzere 6 serbestlik derecesi vardır. Düğüm noktası sayısı ve eleman sayısı arttıkça çözümün doğruluğu artar. Ancak çözüm zamanı ve bilgisayarda çözüm için daha fazla belleğe ihtiyaç duyulur. Bu nedenle eleman sayısının, uygun değerde tutulması gerekir. Gerekenden fazla eleman kullanılması, çözümün hassasiyetine fazla katkısı yoktur.



Şekil 4.4. Sonlu elemanlara ayrılmış model ve modele uygulanan sınır şartları ve yükler

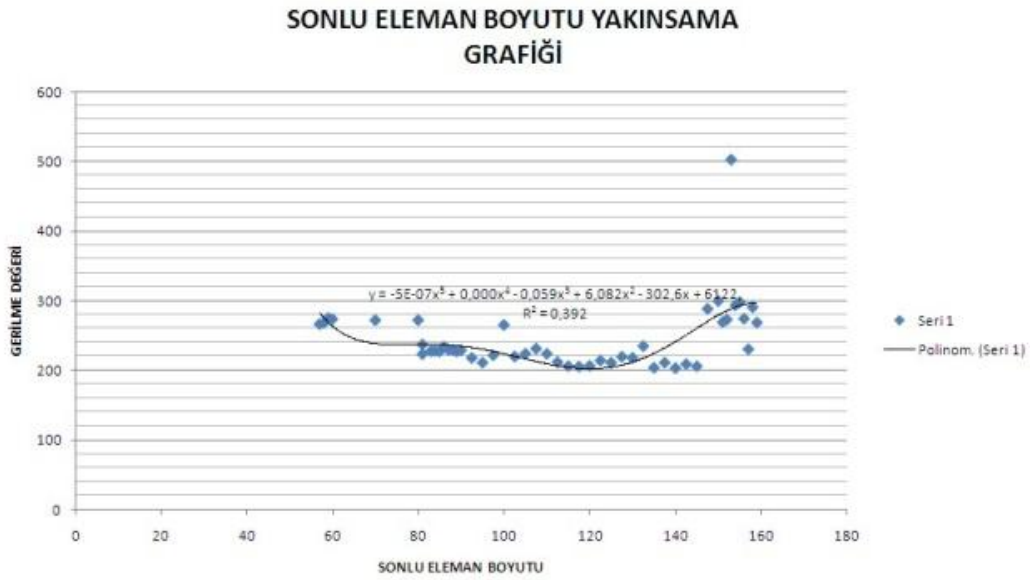
4.1.2.2 Sonlu eleman yakınsama veya lokal sonlu eleman

Analiz sonuçlarının gerçeğe daha yakın olmasında eleman boyutu önemli faktörlerden birisidir. Bu sebepten dolayı eleman boyutu uygun değerlerde olmalıdır. Elemanın büyük seçilmesi durumunda, gerçek değerden daha uzak sonuçlar elde edilebileceği gibi, elemanın çok küçük seçilmesi ile de sonuçlar çok uzun sürelerde elde edilebilir.

Belirli bir boyuttan sonra sonlu eleman boyutunu küçültmek sonuç hassasiyetini arttırmaz. Bu nedenle, uygun eleman boyutunu belirlemek için, mesh (sonlu eleman) yakınsama işlemi yapılmalıdır.



Şekil 4.5 – Farklı boyutlar sonlu elemanlara ayrılmış model



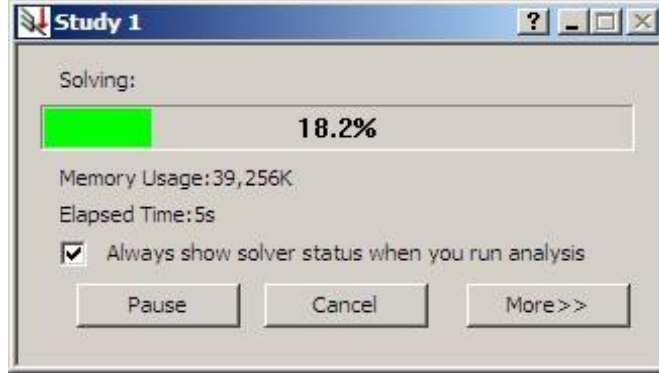
Şekil 4.6 . Sonlu eleman boyutuyla gerilme değerinin değişimi

4.1.3 Çözüm

Önceki işlemlerin tamamlanması ile çözüm işlemine geçilir. Çözüm süresi aşağıdaki özelliklere bağlı olarak değişir.

- Eleman sayısı
- Düğüm noktası sayısı
- Analiz tipi
- Modelin geometrisi

- Bilgisayar özelliği



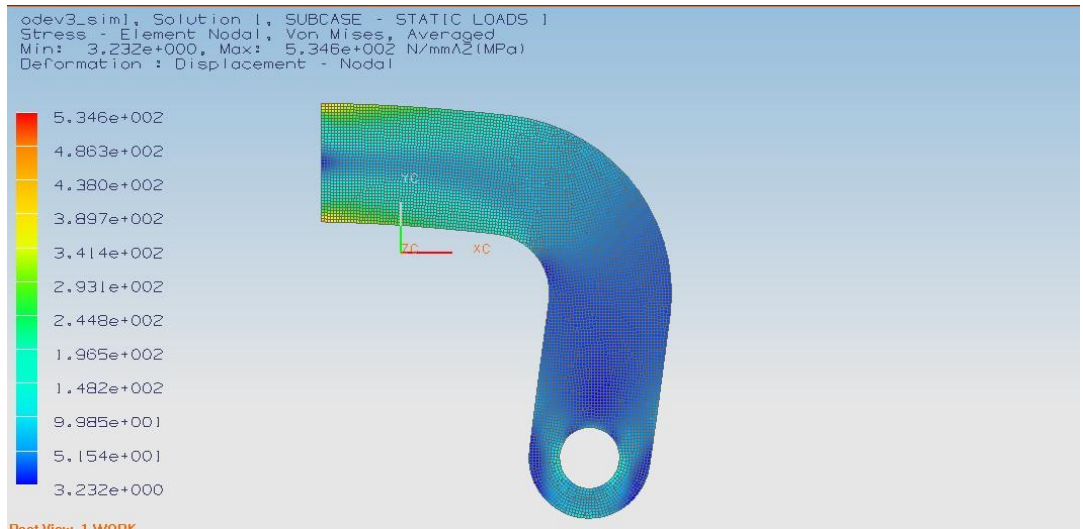
Şekil 4.7. Çözüm işlemi

4.1.3.1 Sonuçların İncelenmesi

Çözümünden sonra sonuçlar incelenmelidir. Genel olarak sonuçlar;

- Sayısal değerler,
- Renk dağılımı,
- Grafik,
- Animasyon olarak elde edilebilir.

Sonuçlar incelendikten sonra yorumların yapılması gereklidir. Bu yorumlar, tasarımın uygun olup olmadığı, uygun değilse nasıl uygun hale getirilmesi gerektiği veya tasarımın nasıl daha iyi hale getirilebileceği ile ilgilidir.



Şekil 4.8. Elde edilen sonuçlar

Örneğin bir statik analiz için yapılan işlemler aşağıdaki gibidir.

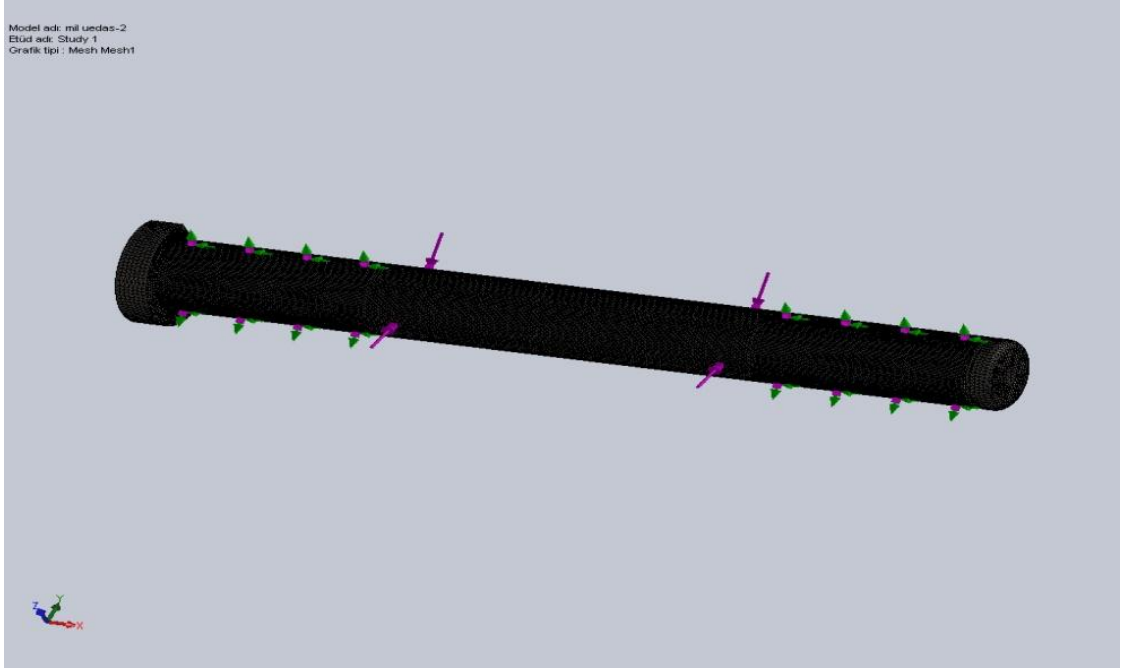
- Modelin oluşturulması,
- Modelin analize uygun hale getirilmesi,
- Modelde malzeme atanması,
- Modelin sonlu elemanlara ayrılması,
 - Eleman seçimi,
 - Mesh yakınsama,
 - Lokal mesh,
 - Sınır şartlarının girilmesi,
 - Analiz işlemi başlatma,
 - Sonuçların izlenmesi ve değerlendirilmesi,
 - İstenilen sonuç elde edilinceye kadar, model oluşturma ve analiz işlemlerine devam edilmesi (Gönül, E ve ark. 2011).

4.2 Sonlu Elemanlar Metodu

Sonlu elemanlar metodu matematikçilerden ziyade daha çok mühendisler tarafından geliştirilmiştir. Metod ilk olarak gerilme analizi problemlerine uygulanmıştır. Tüm bu uygulamalarda bir büyüklük alanının hesaplanması istenmektedir. Gerilme analizinde bu değer deplasman alanı veya gerilme alanı; ısı analizinde sıcaklık alanı veya ısı akısı; akışkan problemlerinde ise akım fonksiyonu veya hız potansiyel fonksiyonudur. Hesaplanan büyüklük alanının almış olduğu en büyük değer veya en büyük gradyen pratikte özel bir öneme sahiptir.

Sonlu elemanlar metodunda yapı, davranışı daha önce belirlenmiş olan bir çok elemana bölünür. Elemanlar “nod” adı verilen noktalarda tekrar birleştirilirler. Bu şekilde cebrik bir denklem takımı elde edilir. Gerilme analizinde bu denklemler nodlardaki denge denklemleridir. İncelenen probleme bağlı olarak bu şekilde yüzlerce hatta binlerce

denklem elde edilir. Bu denklem takımının çözümü ise bilgisayar kullanımını zorunlu kılmaktadır.

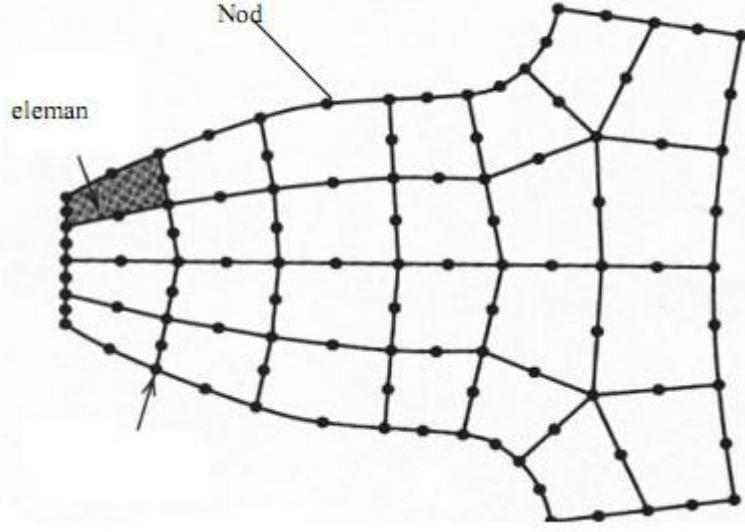


Şekil 4.9. Sonlu elemanlara ayrılmış model

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

$$[K].[D]=[R]$$

şeklindedir. Burada $[D]$ büyüklük alanının nodlardaki bilinmeyen değerlerini temsil eden vektör, $[R]$ bilinen yük vektörü ve $[K]$ ise bilinen sabitler matrisidir. Gerilme analizinde $[K]$ rijitlik matrisi olarak bilinmektedir (Ergin ve ark. 2000).

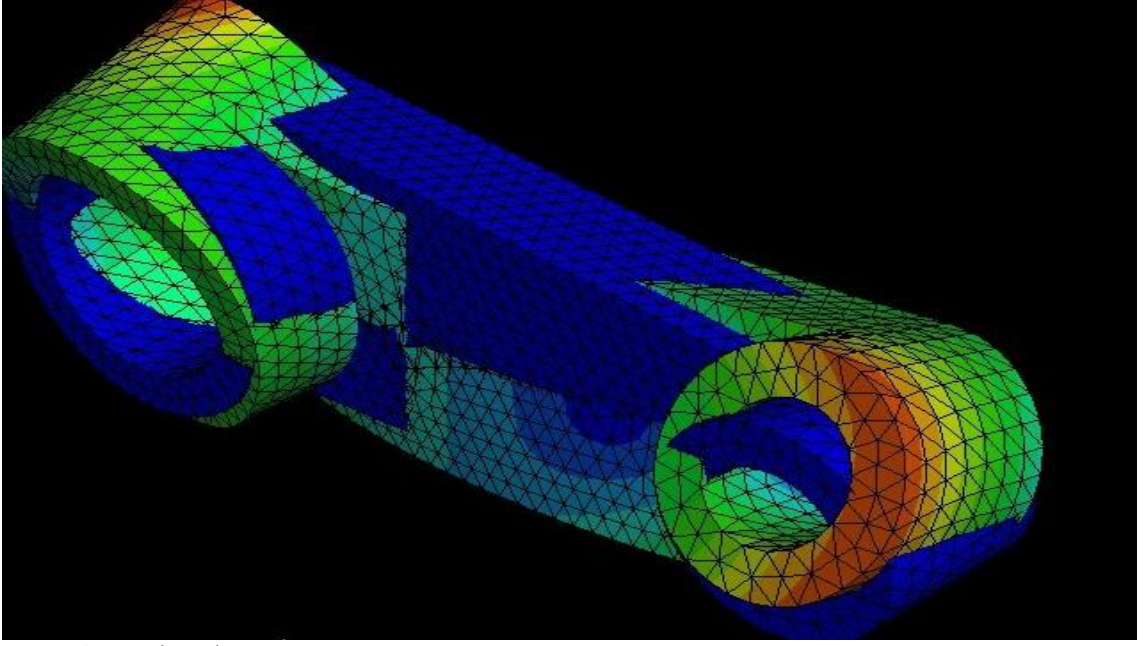


Şekil 4.10.Örnek sonlu eleman ve nodlar (Ergin ve ark. 2000).

4.3 Titreşim analizi

Makinalarda ve özellikle konstrüksiyonlarda zaman zaman nereden kaynaklandığı bilinmeyen titreşimlere rastlanır. Bu titreşimler kimi zaman sadece izleyende rahatsızlığa neden olur ama bazen de bir makinanın arızalanması veya bir konstrüksiyonun çökmesine kadar giden ciddi sonuçlar doğurabilir. (Meşeli,2011)

Doğadaki her cisim, "Doğal Titreşim Frekansı" olarak adlandırılan, sonsuz sayıda titreşim frekansı ve şekline sahiptir. Bu frekansların hesaplanması ve şeklinin bilinmesi, titreşim kaynaklı mühendislik problemlerinin çözülmesinde temel önemi taşımaktadır. Basit cisimlerin doğal frekans ve şekillerini analitik olarak hesaplamak mümkündür. Ancak karmaşık şekillerin hesabı nümerik yöntemlerle mümkündür. Sonlu elemanlar yöntemi ve bilgisayar hesap kapasitelerindeki gelişmeler, karmaşık yapıların, ancak idealleştirme yapılarak hesaplanabilen doğal frekans ve şekillerini daha doğru ve anlaşılır hesaplanmasına imkân tanımışlardır.

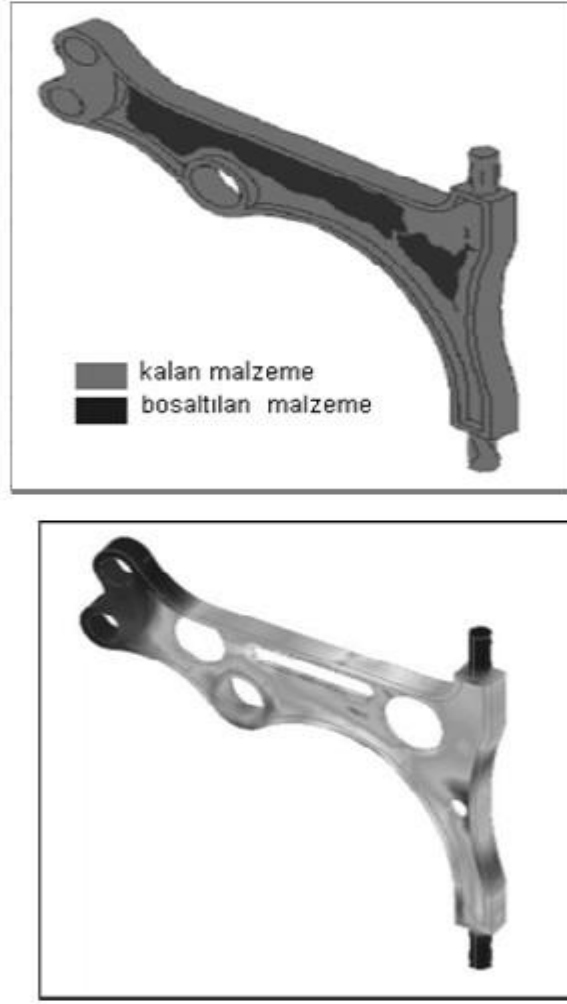


Şekil 4.11.Titreşim analizi

Doğal titreşim analizinin yapılması ile yapının doğal titreşim frekansları bulunmuş olur. Yapıya uygulanan periyodik bir kuvvetin frekansı, bu doğal frekanslardan herhangi birisi civarında ise, bu frekans uyarılmış olur ve yapı bu doğal frekans ve şekli ile titreşmeye başlar. Eğer uyarıcı kuvvetin frekansı ile yapının doğal frekansı çakışır ise "rezonans" olayı meydana gelir. Rezonans istenmiyorsa, ya uyarıcı kuvvetin frekansının, ya da yapının frekansının değiştirilmesi gerekecektir (Anonim, 2012).

4.4 Topoloji optimizasyonu

Kendisinden istenilen işi yerine getirebilecek optimum parçaları tasarlamak için optimizasyon yöntemleri kullanılır. Şekil optimizasyonu ve yapısal optimizasyon tasarım çalışmalarında sıkça kullanılan yöntemlerdir. Yapısal optimizasyon yöntemleri, şekil optimizasyonundan farklı olarak tasarımcıya tasarımın başlangıç aşamasında yardımcı olur ve tasarımcının ideal tasarıma ulaşmasını sağlar. Sağladığı en büyük fayda tasarımcını tasarımın ilk aşamasında en uygun yapıyı tasarlaması ve daha sonraki aşamalarda şekil optimizasyonu ile optimum tasarıma ulaşılmasıdır. Şekil optimizasyonu tasarımın başında belirlenen optimum yapı kullanılarak yapılır. Optimum olmayan bir yapı üzerinden şekil optimizasyonu yapıldığında optimum tasarıma ulaşılamaz.

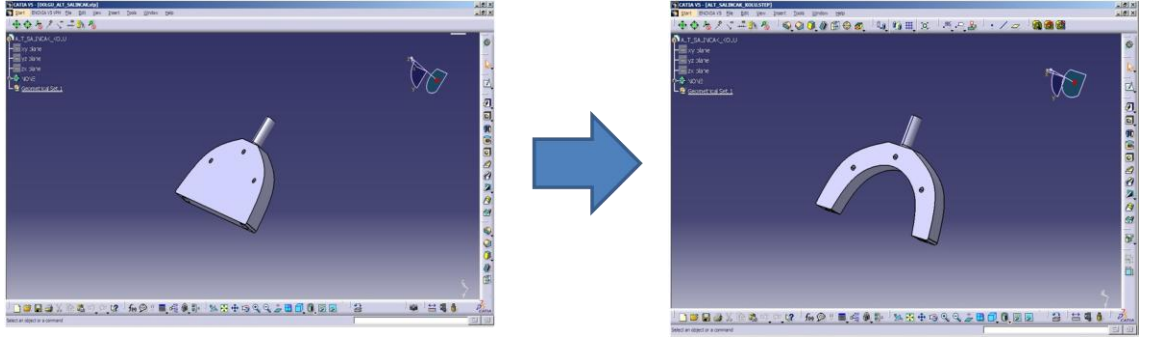


Şekil 4.12.Salıncak kolunun topoloji analizi (Yıldız ve ark. 2003)

Topoloji optimizasyonu yapısal optimizasyon yöntemlerinden birisidir. Topoloji optimizasyonu, optimizasyonu yapılacak parçanın dış boyutlarında herhangi bir değişiklik olmaksızın, parçanın rijitliğini artıracak şekilde belirli bölgelerden malzeme boşaltılması olarak tanımlanır. Topoloji optimizasyonun amacı, rijitliği maksimum yapan ya da doğal frekansı maksimum yapan en iyi malzeme dağılımını bulmaktır. Topoloji optimizasyonu problemlerinin çözümünde homojenleştirme ve yoğunluk metodu kullanılır. (Yıldız,A., Kaya N., F. Öztürk F.,2003)

Topoloji optimizasyonu yeni bir tasarımın temel krokisini belirlemek için kullanılır. Bu işlem; deliklerin şekli, sayısı, yeri hakkında ve bu deliklerin alana bağlantıları hakkında fikir edinmeyi içerir. Temel amaç minimum malzemeyle maksimum rijitliğe sahip parçalar üretmektir. Aynı yükler ve gerilmeler altında optimizasyon işlemi sonucunda boşaltılmış parçanın, kullanılan malzeme azaldığından maliyeti düşmekte ayrıca

mekanik bir sistemi oluşturan birçok parçada bu işlem gerçekleştirildiğinde toplam kütlede ciddi bir azalma sağlanmaktadır.



Şekil 4.13. İlk tasarım ve topoloji optimizasyonu sonucundaki tasarım

Topoloji optimizasyonundan elde edilen sonuçtan yararlanılarak yeni tasarım oluşturur. Yeni tasarımın kalitesi sanal simülasyon ve fiziksel prototiple yapılan testlerle kontrol edilir. Yeni tasarımda kütle azalır, maksimum gerilme azalır ve rijitlik artmaktadır. İlk tasarıma göre son tasarımda %45 gerilme ve %10 kütle azalmalar elde edilebilmektedir.

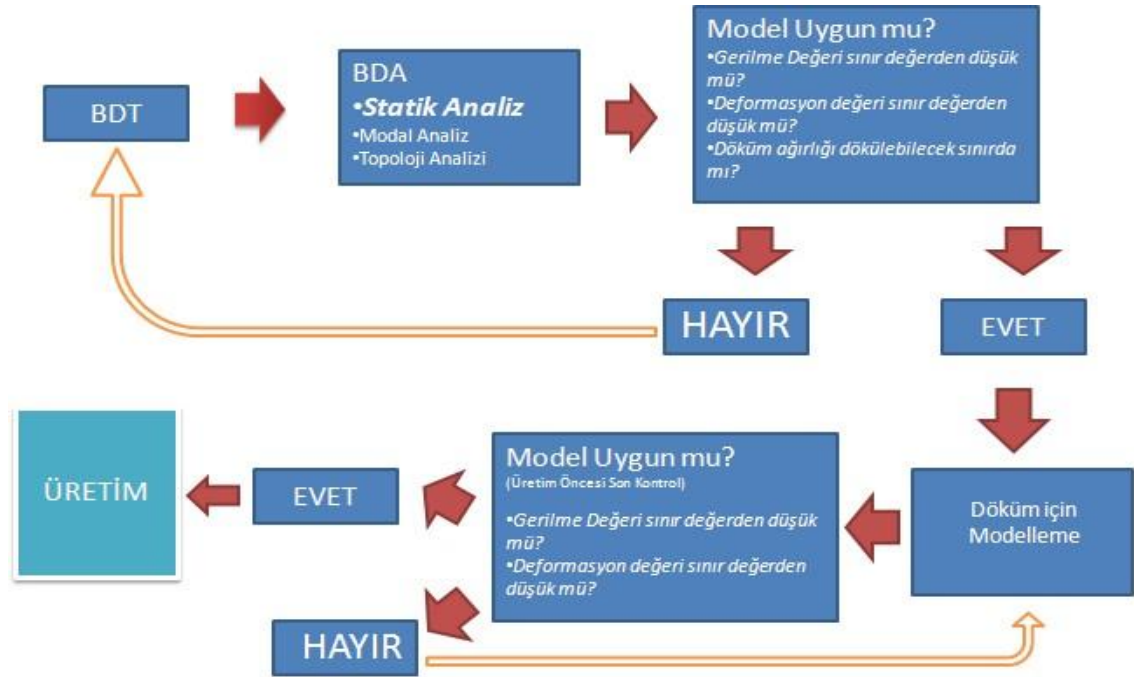
5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu kısımda yapılan çalışmalar tek tek açıklanacaktır. Bu çalışmalar genel olarak ‘‘Tasarım-Analiz ve Üretim Aşaması’’ olmak üzere iki ana kısımda incelenmiştir.

5.1 Tasarım ve Analiz Aşaması

Bu kısım frezenin döküm için modelini oluşturmak amacıyla sırasıyla yapılan tasarım ve analiz işlemlerini kapsamaktadır. Analiz işlemleri esnasında normal olarak sınır gerilme değeri 240 MPa alınabilirdi fakat bu durum ideal koşullar için geçerlidir. Yorulmanın etkisi, üretimde karşılaşılabilecek işçilik hataları gibi etmenler nedeniyle bu sınır şartları düşürülmüştür. Dolayısı ile analiz işlemlerinde sınır olarak toplam yer değiştirme 0,2 mm, maksimum gerilme 80 MPa ve toplam bir seferde dökülebilecek maksimum ağırlık (firmanın maksimum kapasitesi) ise 20000 kg olarak alınmıştır.

Burada ilk olarak yan duvar üzerinde bir çalışma yapılmıştır. Yan duvar, frezenin kafasını taşıyan konsolun yürüdüğü duvardır.

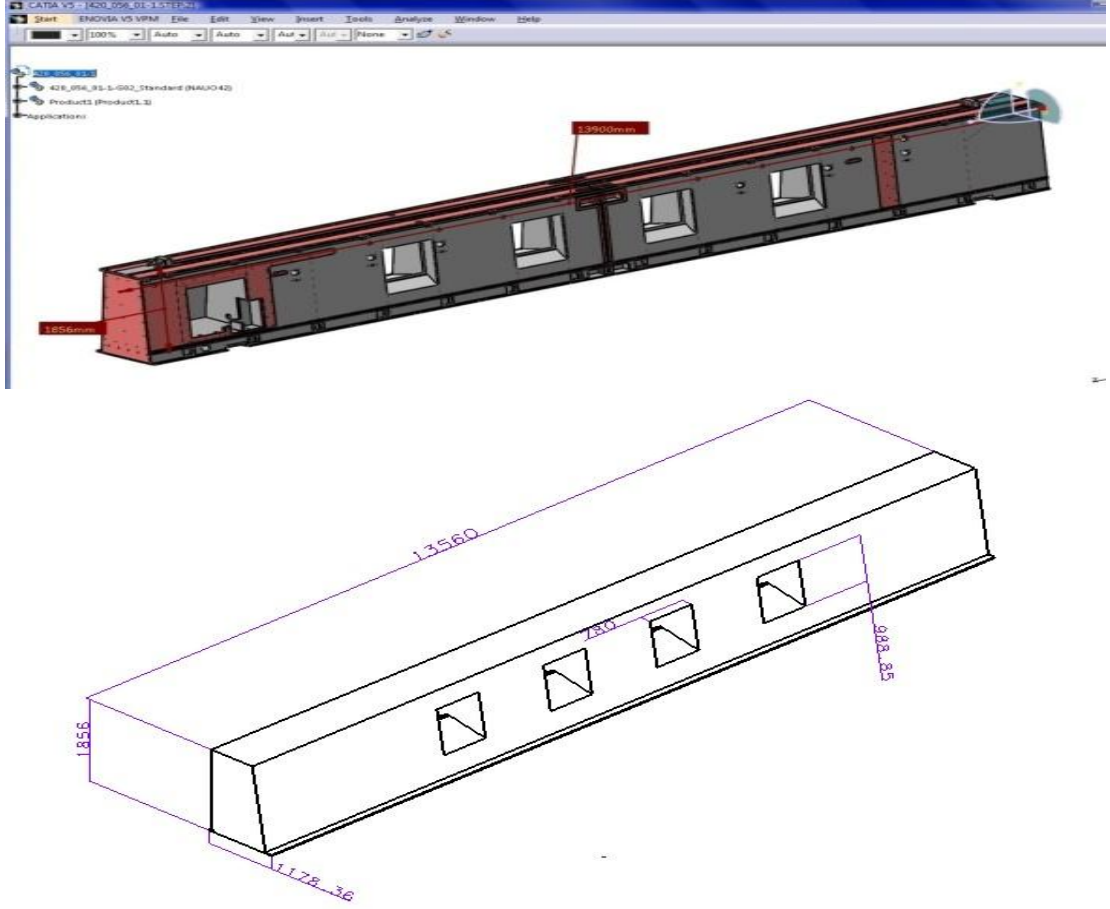


Şekil 5.1. BDT ve BDA aşamaları

Bu çalışma kapsamında ilk olarak yan duvarın iki parça halinde dökülmesi durumu düşünülmüştür. Parça halinde dökülmesi içinse daha önceden tasarlanmış olan saç modelin tek bir döküm modeline dönüştürülmesi gereklidir.

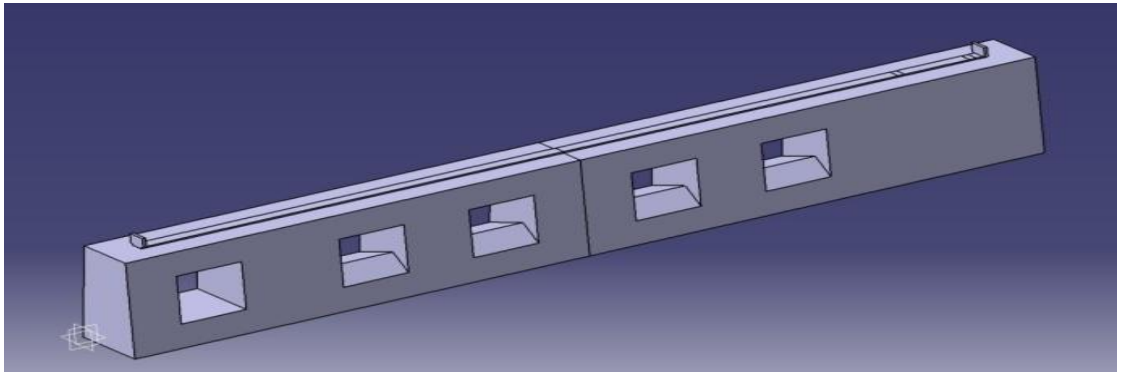
5.1.1 Yan duvarın oluşturulması ve analizleri

5.1.1.1 Yan duvar çalışması-Birinci inceleme



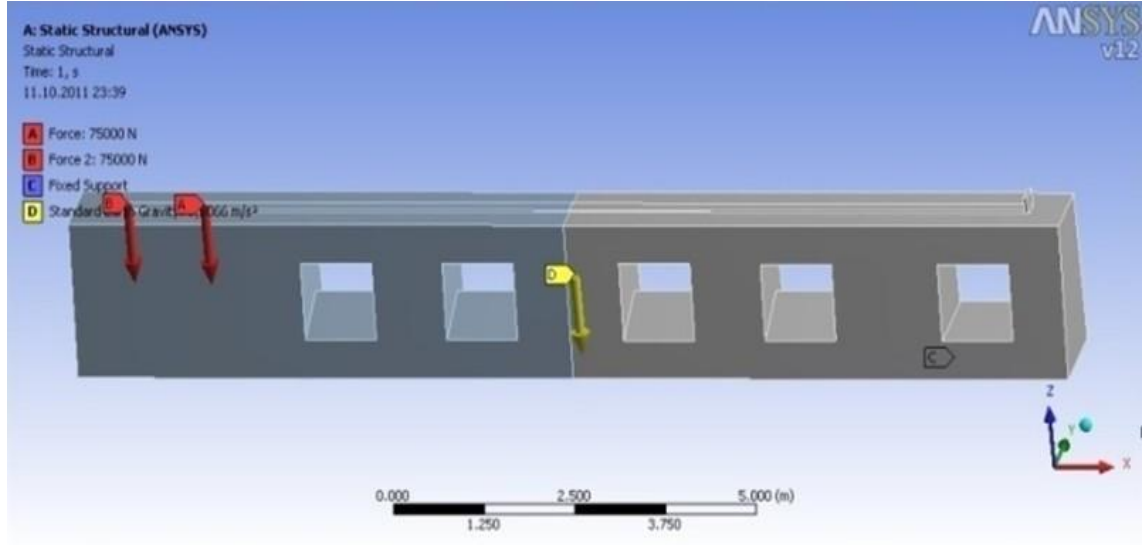
Şekil 5.2.Refeans yan duvar modeli ve yan duvarın genel ölçüleri

İlk olarak önceden hazırlanmış olan sac model referans alınarak döküm için modelin yaklaşık olarak tasarımı oluşturulmuştur. Bu model yan duvarların genel hatlarını içermektedir. Şekil 5.2. de referans model ve yan duvarın genel ölçüleri görülmektedir. Şekil 5.3. de ise yapılan ilk modelleme çalışması belirtilmiştir.



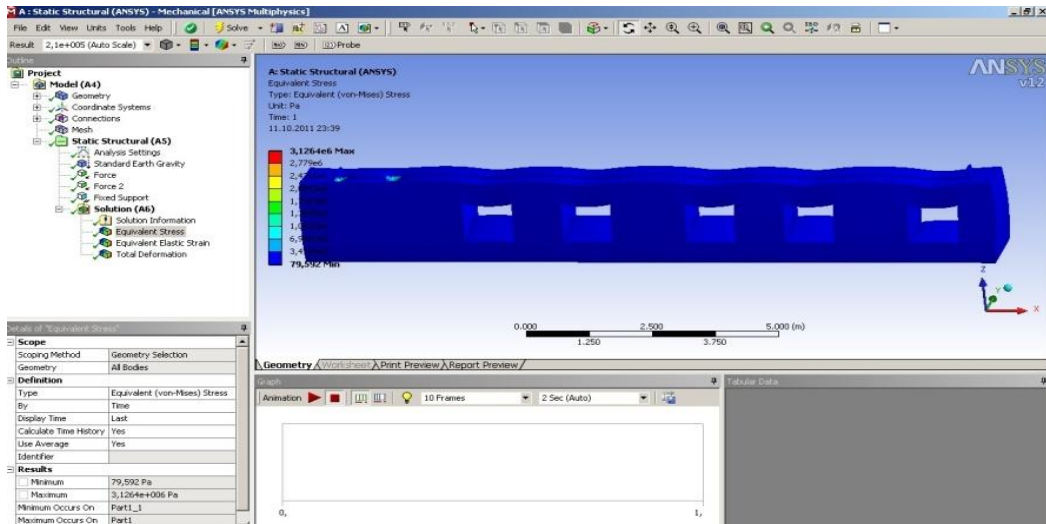
Şekil 5.3. İğrek Makine Yan Duvar Sac Tasarımı ve Yeni Tasarım

Ardından analizlere geçilmiştir. Bu analizler için sınır şartları arabanın başta olduğu durum, arabanın sonda olduğu durum ve birde ortada olduğu durum için belirlenmiştir. Arabada 4 kuvvet ileticinin olacağı düşünülmüştür (iki kuvvet iletici bir yan duvarda olmak üzere) ve arabanın yükü önce dörde bölünmüştür ve her bir yan duvar için 2 kuvvet ileticinin yük bindireceği varsayımı yapılmıştır.(Arabanın genel ağırlığı yaklaşık 30 ton olarak alındı.)



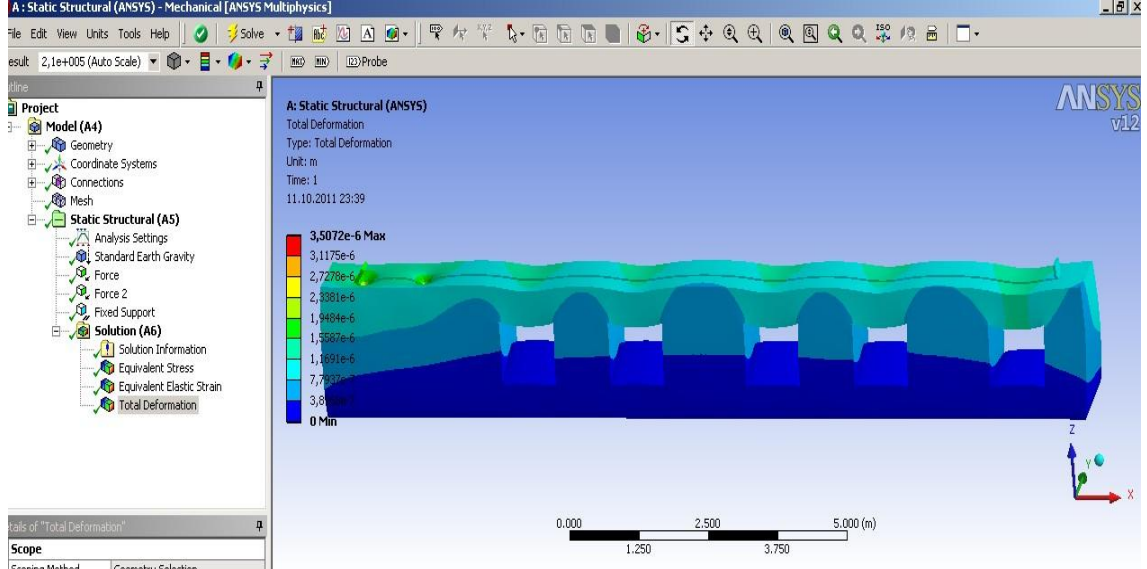
Şekil 5.4. İlk Model İçin Sınır Şartları

Şekil 5.4’te görüldüğü gibi tek bir kuvvet 75000 N alınmıştır ve tek bir konsola toplam 150000 N kuvvet geldiği varsayılmıştır.



Şekil 5.5. İlk Modelin Statik Analiz Değişimi

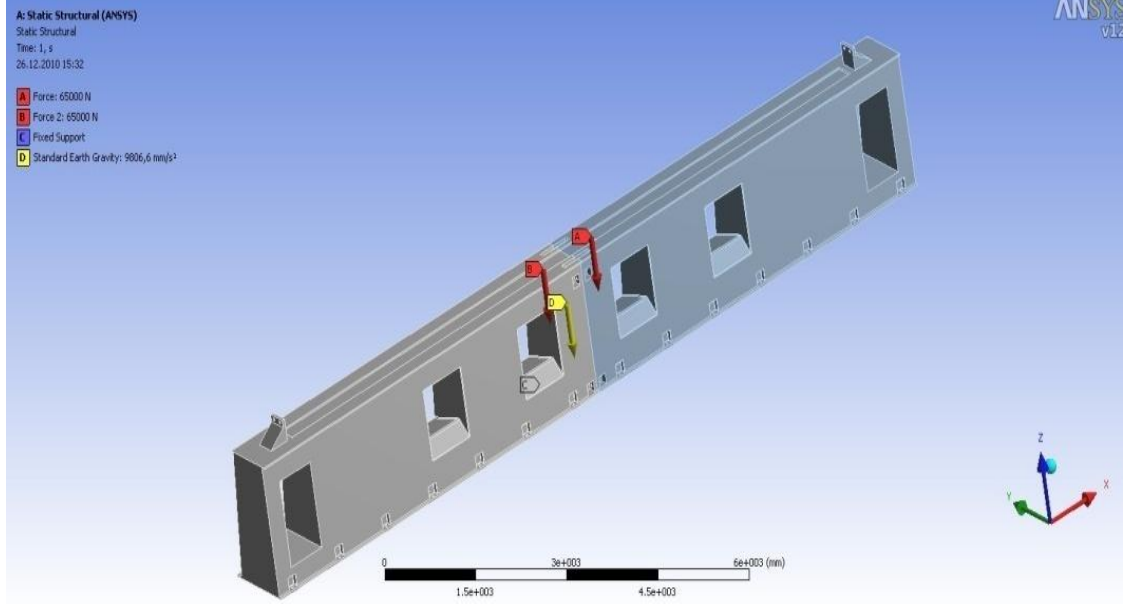
İlk model sonucunda maksimum gerilmenin meydana geldiği yani yan duvarın hemen başında toplam 3 MPa lık bir gerilmeye olduğu görülmüştür ve modelin tahmin edilenden çok daha dayanıklı olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 5.6. İlk modelin deformasyon sonuçları

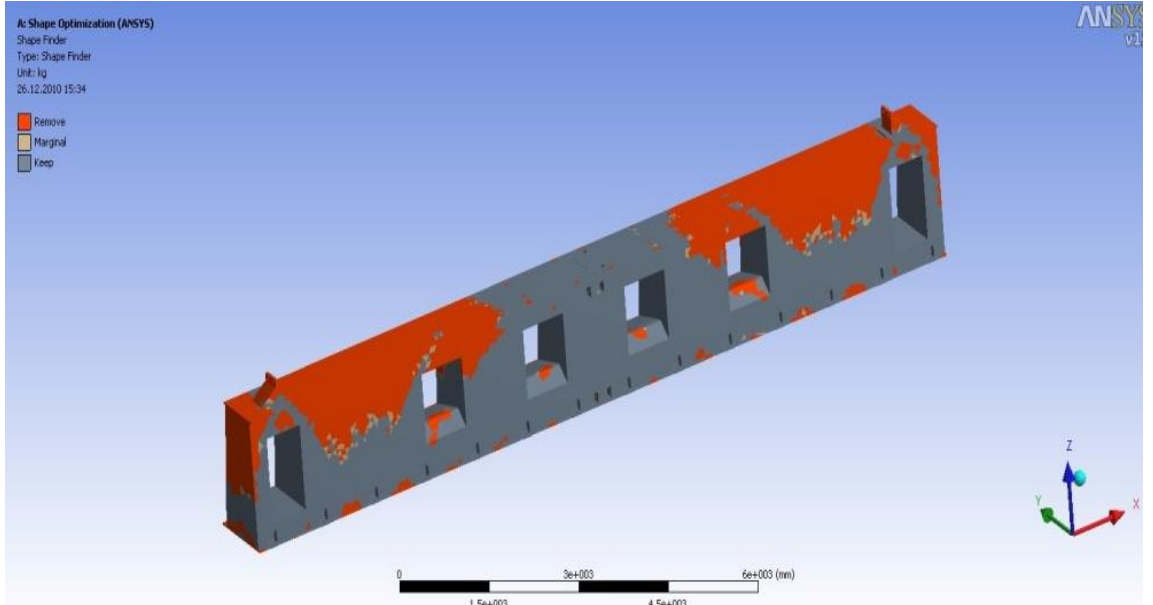
Yine ilk modelde 0,0035 mm'lik bir toplam yer değiştirmenin meydana geldiği görülmüştür. Tabii ki bu modelin gereğinden fazla dayanıklı olduğu ve fazla malzemenin döküleceği anlaşılmıştır.

Bunun üzerine yeni bir model tasarımına gidilmesi kararlaştırılmıştır. Bu model tasarımını belirlemek için ön bir çalışma olarak topoloji analizi gerçekleştirilmiştir. Topoloji optimizasyonunun temel mantığı, optimizasyonu yapılacak parçanın dış boyutlarında herhangi bir değişiklik olmaksızın, parçanın rijitliğini artıracak şekilde belirli bölgelerden malzeme boşaltılması esasına dayanır. Topoloji optimizasyonun amacı, komplansı minimum (rijitliği maksimum) yapan ya da doğal frekansı maksimum yapan en iyi malzeme dağılımını bulmaktır. (Yıldız,A., Kaya N., F. Öztürk F.,2003)

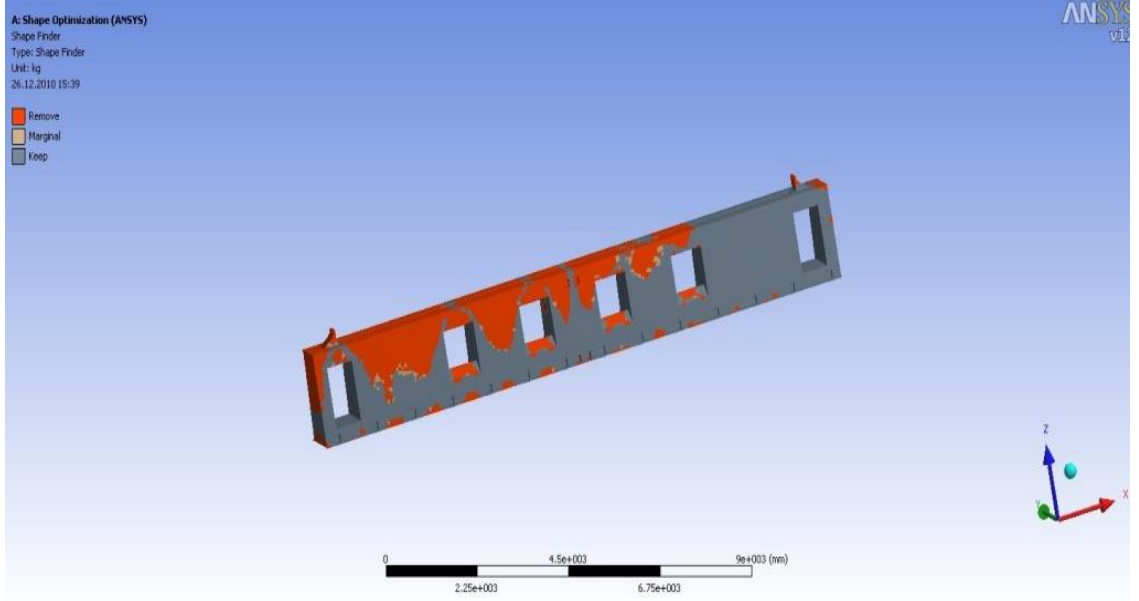


Şekil 5.7. Topoloji optimizasyonu için sınır şartları

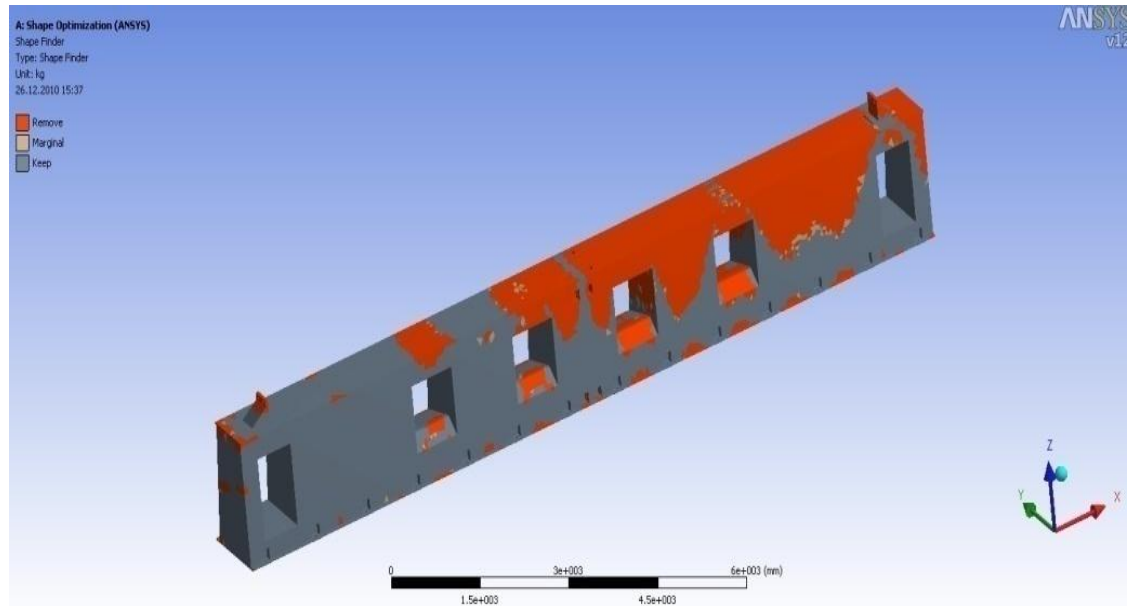
Bu analizi yapmadan önce model üzerinde bir takım değişiklikler yapılmıştır. Bu değişiklikler hem model için biraz daha şekilsel oldu hem de montaja olanak sağlayacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.8. Kuvvetin ortada olması durumundaki topoloji optimizasyonu sonucu



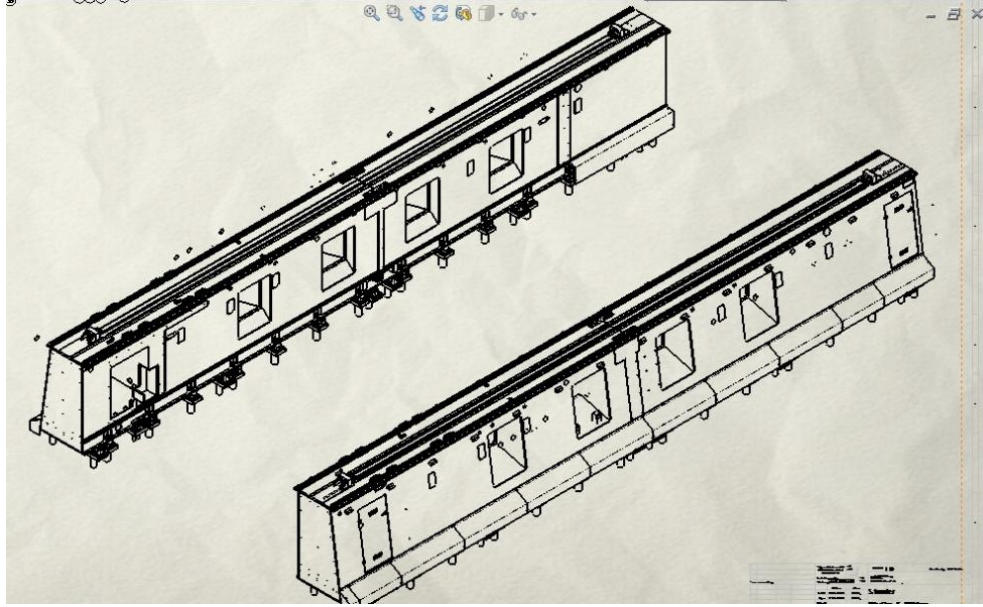
Şekil 5.9. Kuvvetin başta olması sonucundaki topoloji optimizasyonu sonucu



Şekil 5.10. Kuvvetin sonda olması durumundaki topoloji optimizasyonu sonucu

Şekillerden de görüldüğü gibi topoloji optimizasyonu sonucunda boşaltmaların fazlasıyla yapılması gerektiği görülmüştür. Bu boşaltmaların ise modelin ortasına kadar ulaşması gerektiği anlaşılmıştır. Tabi ki modelin dış kısmı aynı kalması gerektiğinden iç kısımdan oyularak ve çeşitli atma modelleri kullanılarak boşaltmalar yapılması kararlaştırılmıştır.

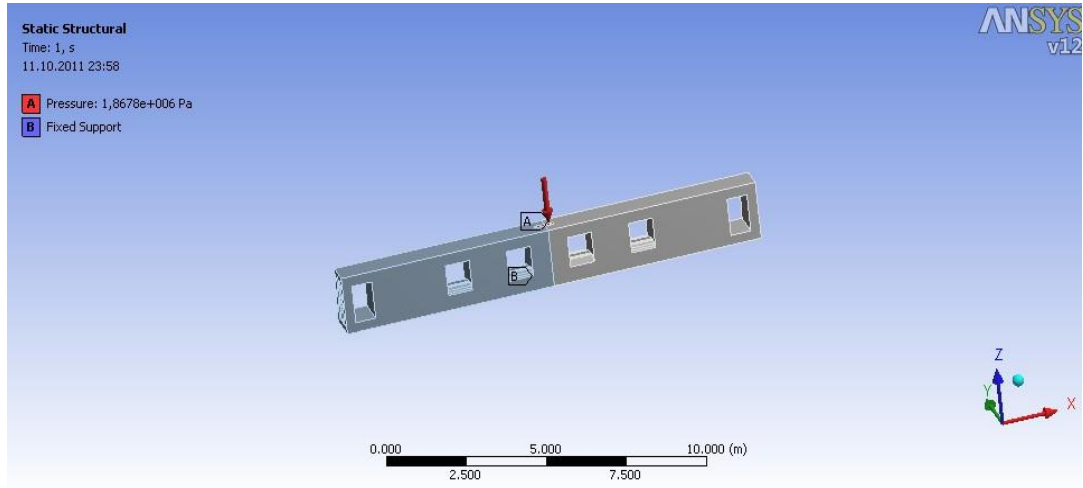
Bu işlemlerden sonra düşünülen genel tasarım modeli ise güncellenmiştir. Tabla ise iki parçadan oluşacaktır.



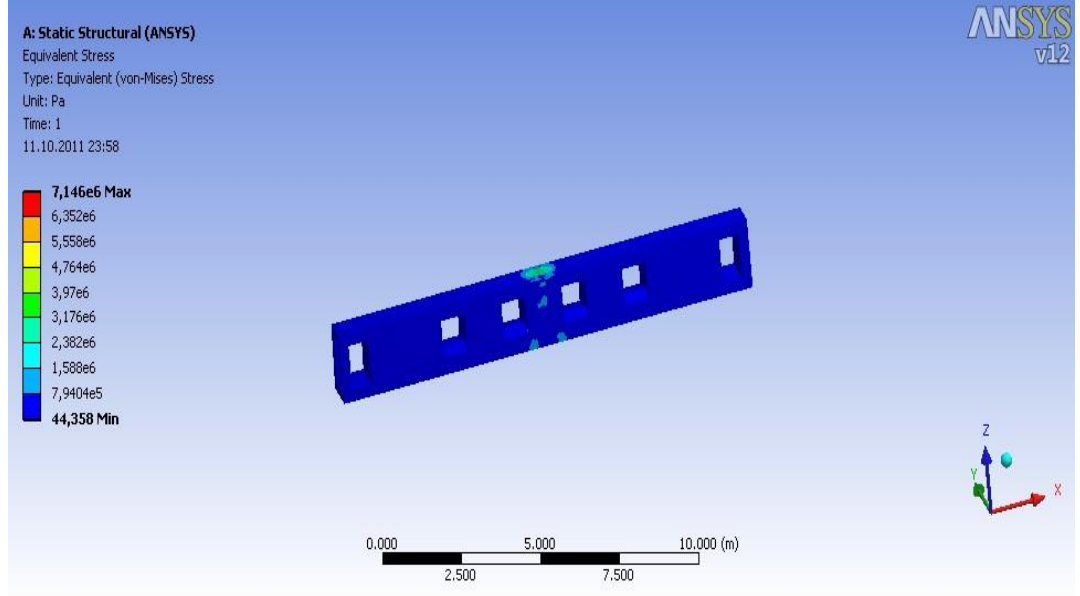
Şekil 5.11. CNC güncellenmiş yan duvar genel görünüşü

5.1.1.2 Yan Duvar Çalışması-İkinci İnceleme

Bu çalışmada hem dükümün kapasitesini düşürmek hem de daha hafif bir yan duvar imal edebilmek için yan duvarların içi boşaltılmıştır. Amaç daha hafif ve daha dayanıklı bir imalattır.

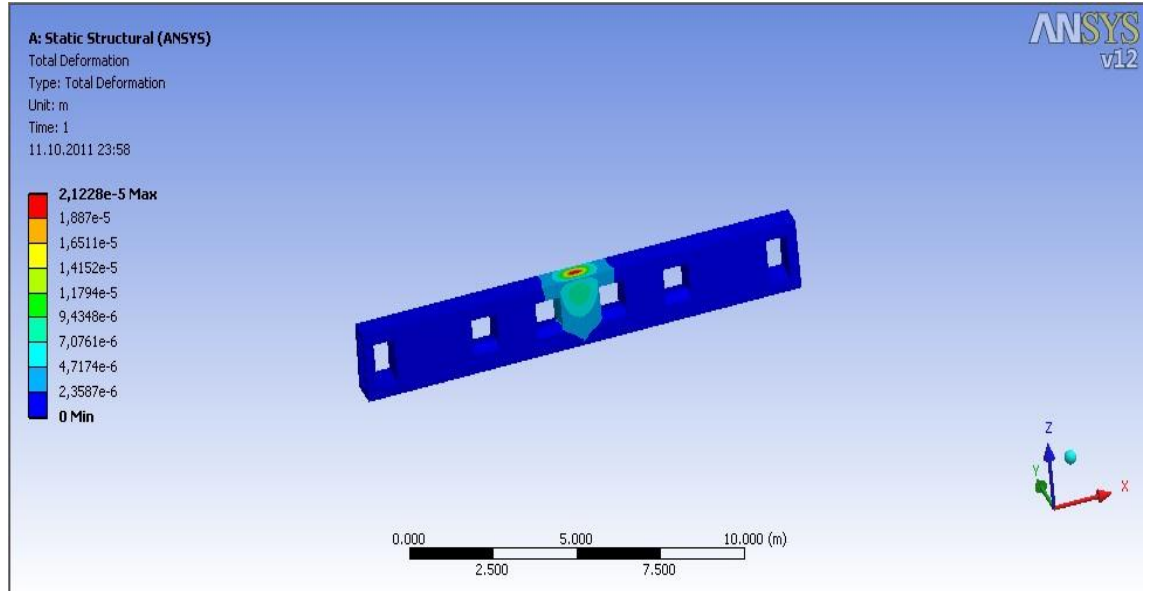


Şekil 5.12. Yan duvarların boşaltılması



Şekil 5.13. İçi boşaltılmış ilk modelin analiz sonuçları

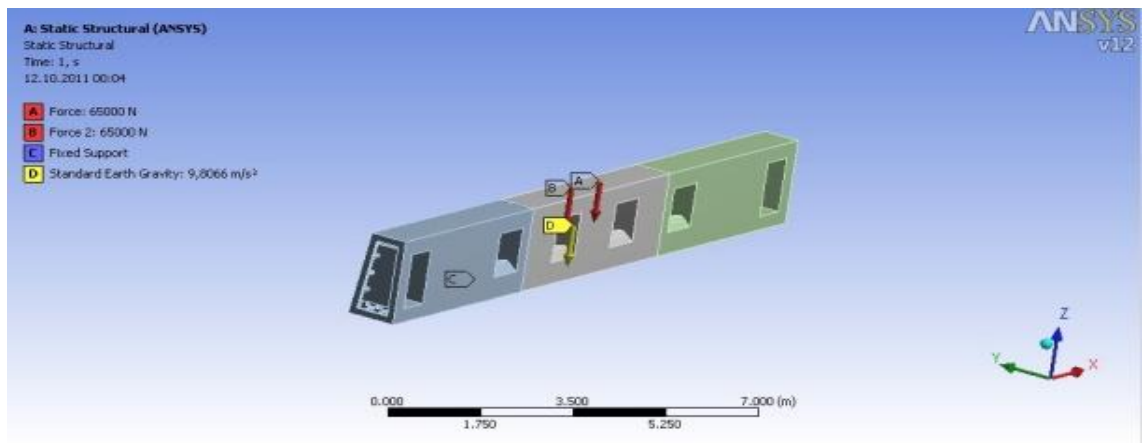
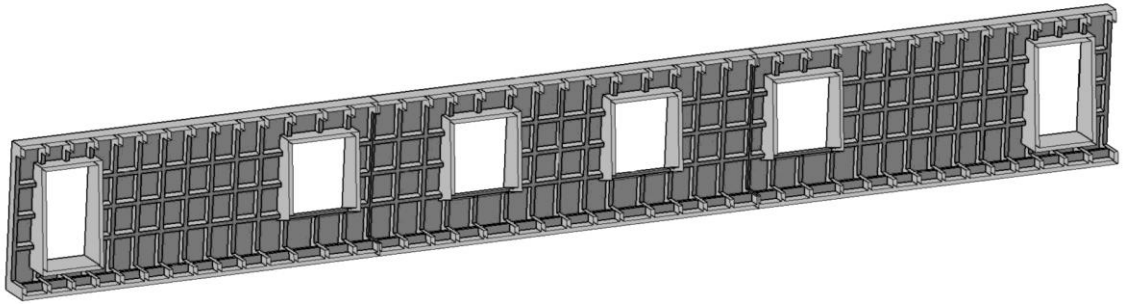
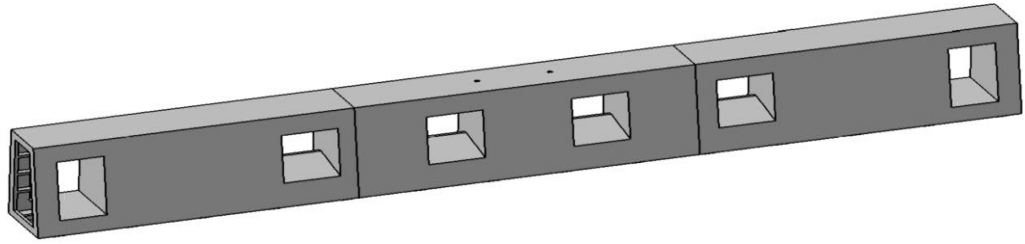
Bu modelin ise analiz sonucu portal tam olarak yan duvarların ortasında olduğunda 7,1 MPa olarak çıktığı görülmüştür. Toplam yer değiştirme ise yine aynı yerde 0,02 mm olarak bulunmuştur. Yine modelin analiz sonuçları kritik sınırlara çok uzaktır ve yer değiştirme ise düşük seviyelerde kalmıştır.



Şekil 5.14. İçi boşaltılmış İlk modelin yer değiştirme analizi

5.1.1.3 Yan duvar çalışması-Üçüncü inceleme

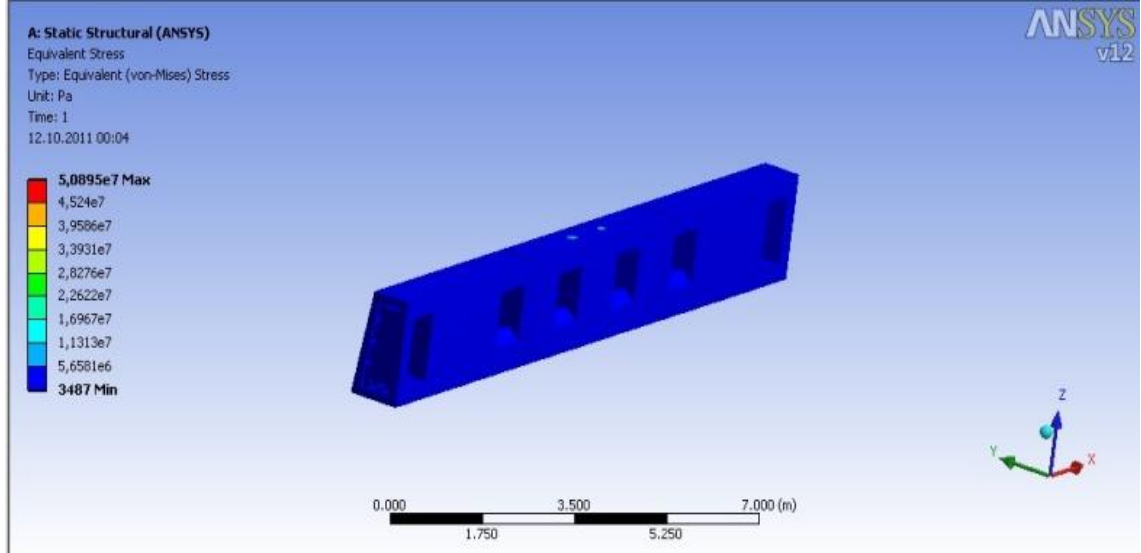
Bu seferki yan duvar ise döküm kolaylığı açısından 3 parçada tasarlanmıştır ve her bir parçanın ise içi (çeşitli atmalarla model desteklenmek üzere)boşaltılmıştır. Boşaltılan bu parçanın dayanımını artırma amacı ile içine döküme uygun olarak atmalar atılmıştır. Bu atmalar modelde hem dikine hem de paraleldir.



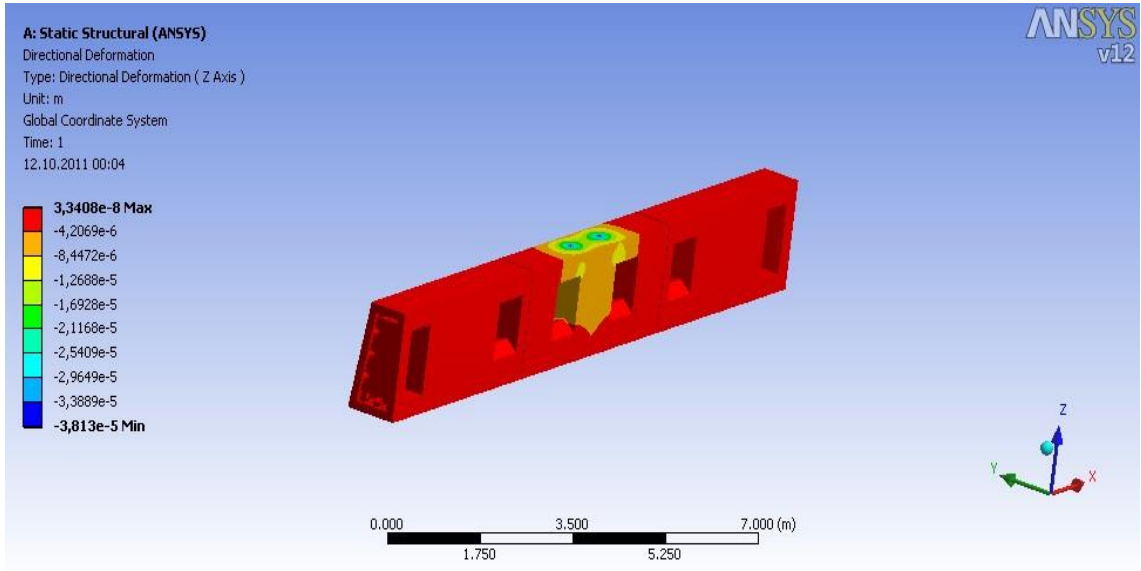
Şekil 5.15. Parça olarak çalışılacak yan duvarın ilk tasarımı ve sınır şartları görünümü

Yeni modelin sınır şartları bir önceki analiz koşulları ile aynı olup değiştirilmemiştir. Buna göre yine arabanın tek bir yan duvara iki kuvvet iletici vasıtasıyla tutunduğu

varsayılmıştır. Her bir kuvvet ileticiden 65000 N’luk bir kuvvet uygulandığı varsayılmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi yan duvarın tam ortasında 50 Mpa’lık bir maksimum gerilme oluşmuştur.

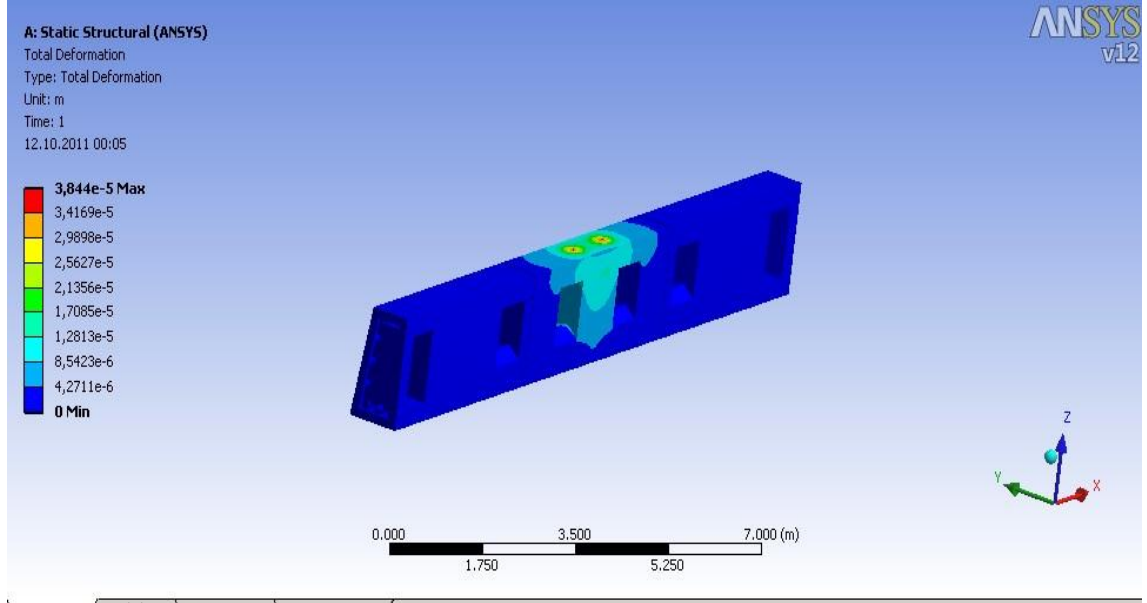


Şekil 5.16. Üç parça modelin sınır şartları



Şekil 5.17. Üç parça modelin z yönündeki deformasyon analizi sonucu

Z yönündeki deformasyon analizi sonucuna göre 0,0000334 mm’lik bir yer değiştirme çıkmıştır. Genel deformasyon analizinde ise 0,0384 mm’lik bir yer değiştirme olmuştur.

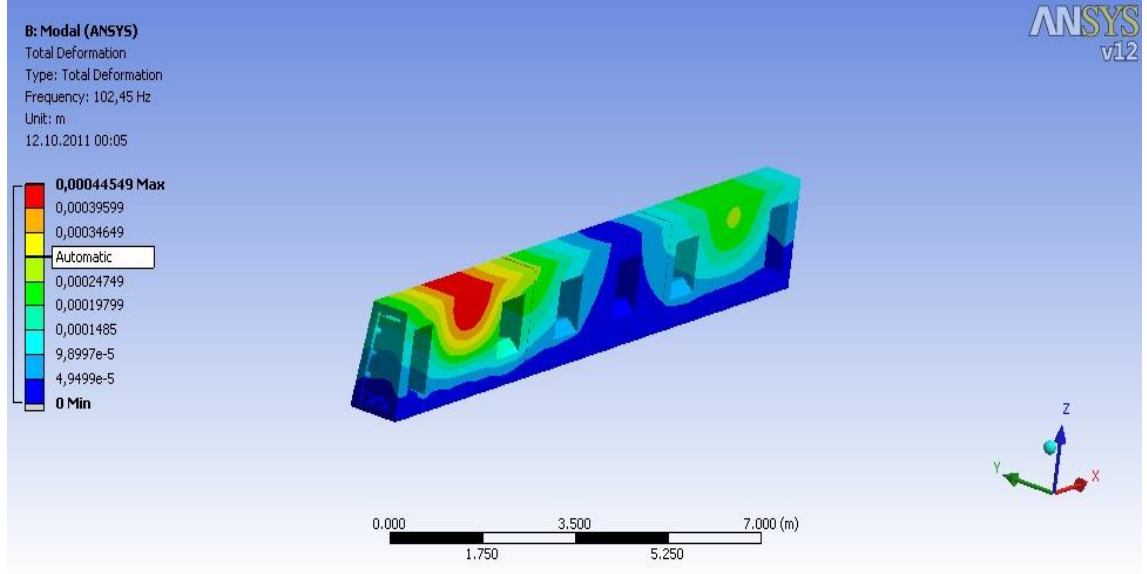


Şekil 5.18. Üç parça modelin toplam deformasyon analizi sonucu

Üç parça tasarımı yapılan yan duvarın modal analiz işlemi yapılmıştır. Modal analiz sonucunda aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

Çizelge 5.1. Yan duvarın frekans analiz sonuçları

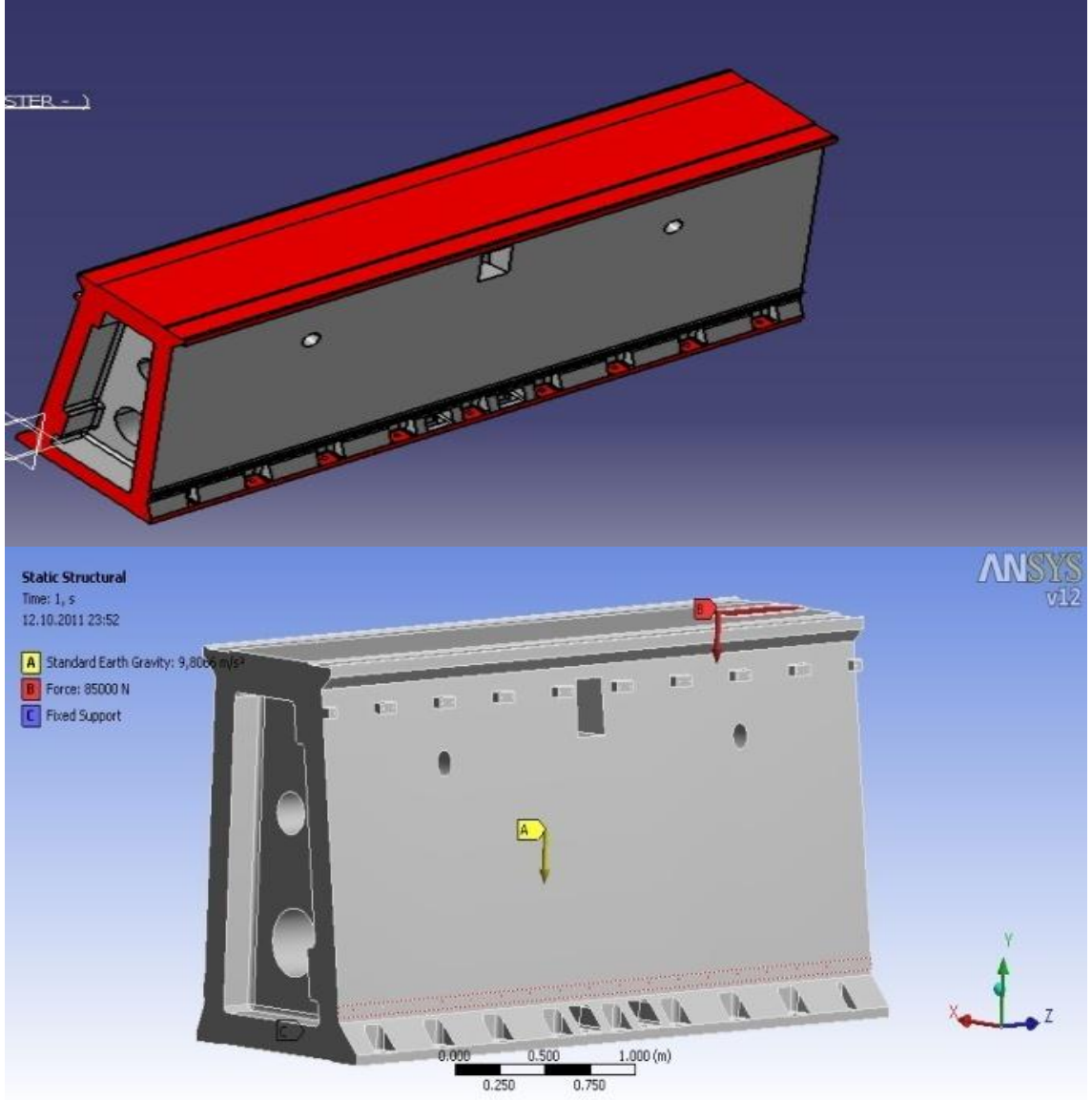
1. frekans	102 Hz
2. frekans	102 Hz
3. frekans.	125 Hz
4. frekans	102 Hz
5. frekans	125 Hz
6. frekans	154 Hz
7. frekans	177 Hz
8. frekans	192 Hz



Şekil 5.19. Birinci frekans analizi sonucu

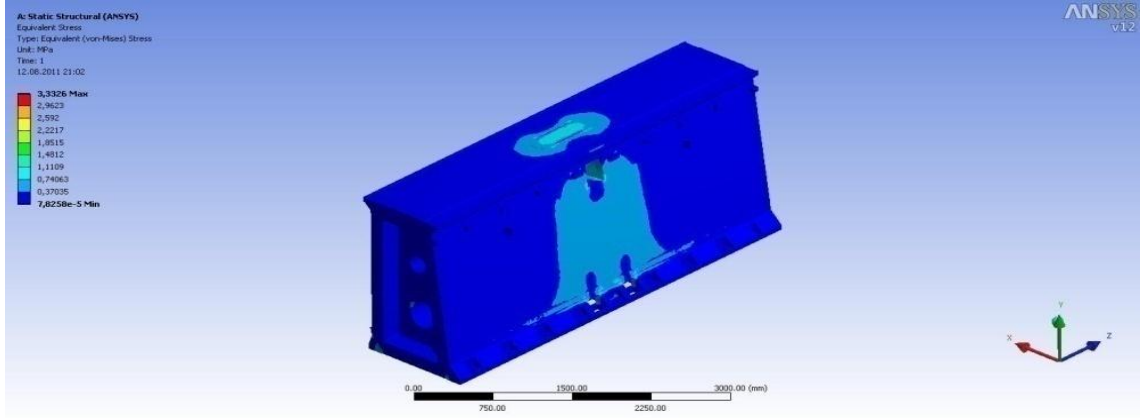
5.1.1.4 Yan duvar çalışması-Dördüncü inceleme

Yapılan çalışmalardan sonra elde edilen sonuçlar döküm için yeterli olmuştur. Tabi ki modelin döküm işlemine uygun hale gelmesi gerekmektedir. Bunun için son model güncellenmiştir. Tasarlanan son modelde detaylara önem verilmiş olup tek yan duvarı oluşturulacak 3 parçanın da aynı olmasına karar verilmiştir. Sınır şartları değiştirilmemiştir.

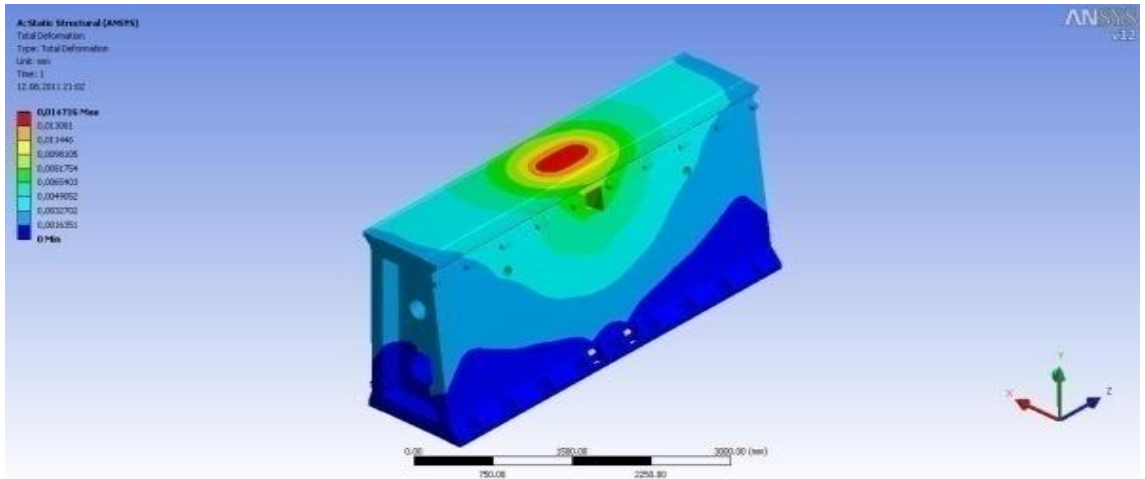
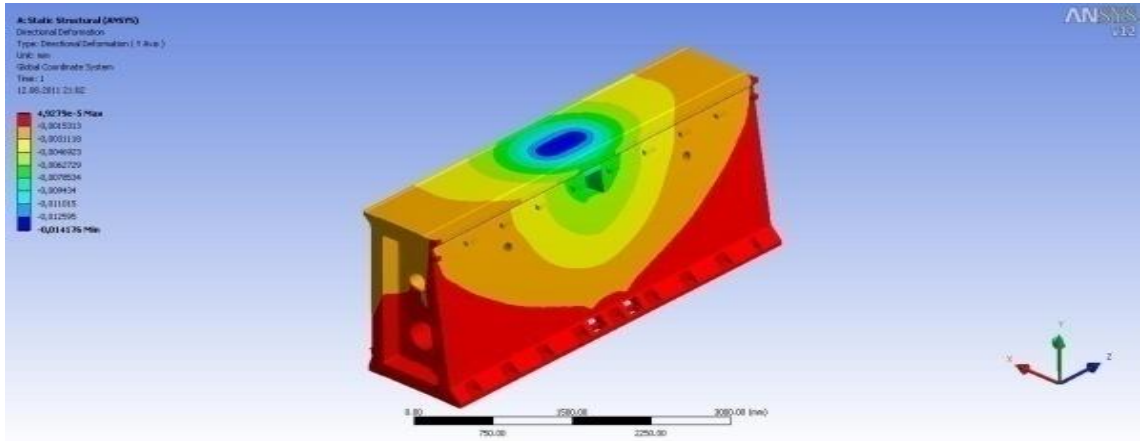


Şekil 5.20. Genel tasarım ve sınır şartları

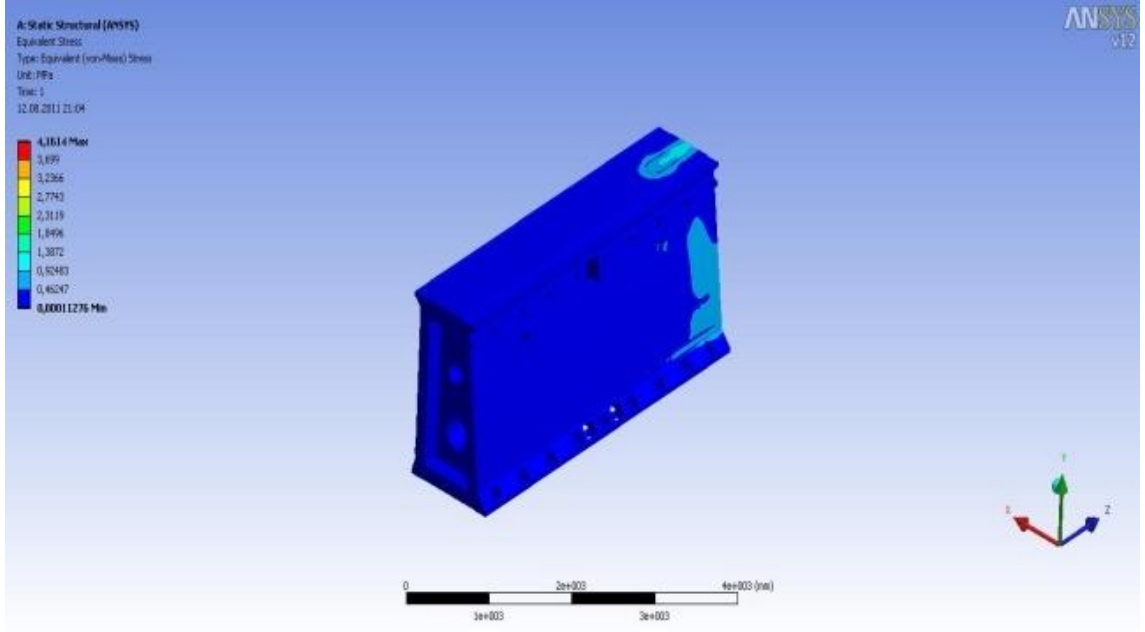
Analiz işlemi sonucunda herhangi bir kritik noktanın olmadığı görülmüştür. Tasarlanan yeni modelde 3,3 Mpa gibi bir değer ile karşılaşılmış olup bu değer çeliğin akma gerilmesinden çok daha düşüktür.



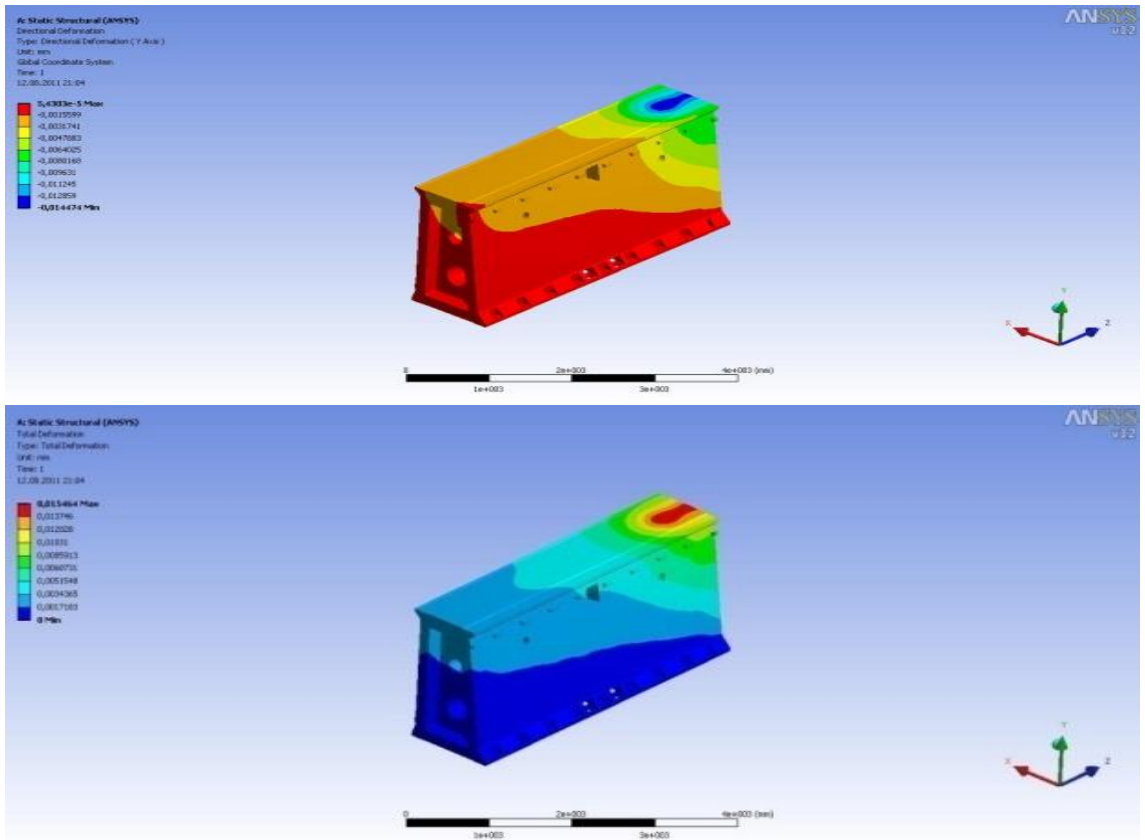
Şekil 5.21. Kuvvetin yan duvarın ortasından uygulanması durumundaki gerilme sonucu Yapılan deformasyon analizinde yine uygun değerlere ulaşılmıştır. Bileşke y eksenli deformasyonu 0,00005 mm gibi bir değer bulunmuş olup bileşke deformasyonda ise 0.014 mm değerinde bir yer değiştirme bulunmuştur.



Şekil 5.22. Kuvvetin yan duvarın ortasından uygulanması durumundaki y eksenli ve bileşke deformasyon sonucu



Şekil 5.23. Kuvvetin yan duvarın kenarından uygulanması durumundaki gerilme sonucu

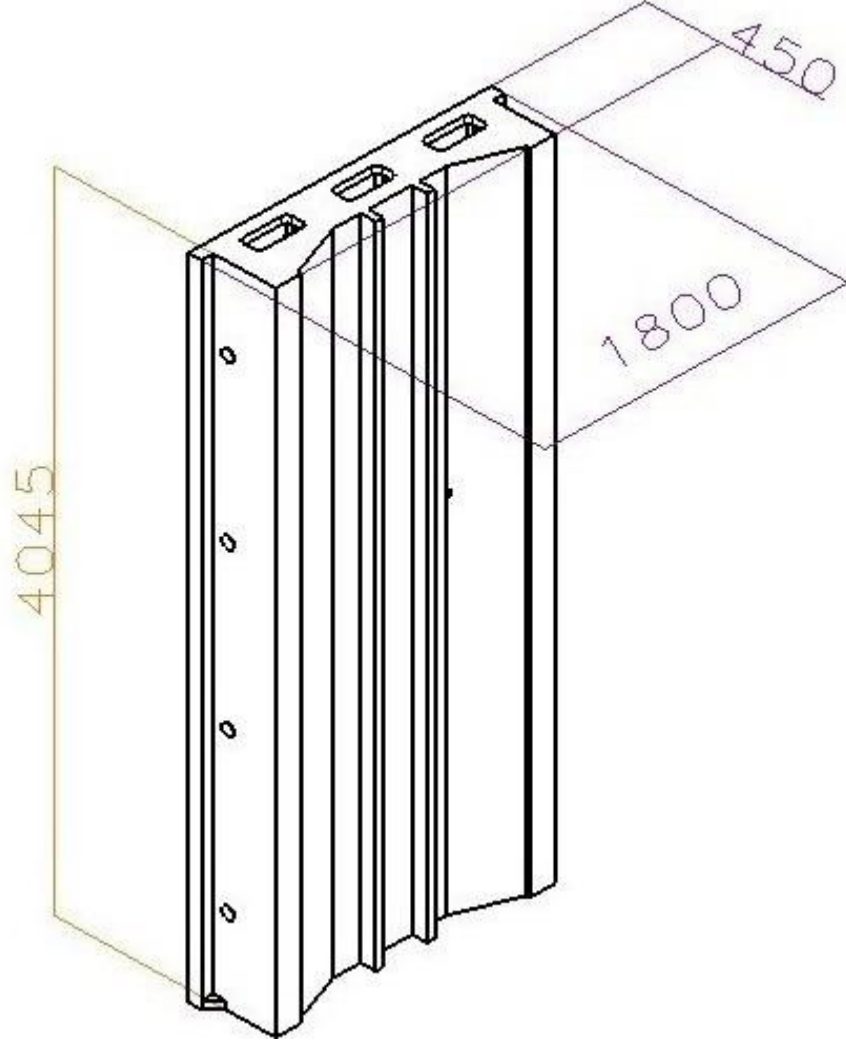


Şekil 5.24. Kuvvetin yan duvarın kenarından uygulanması durumundaki y eksen ve bileşke deformasyon sonucu

5.1.2 Dikdörtgen tablanın oluşturulması ve analizleri

5.1.2.1 Tablanın tasarım ve analiz koşullarının belirlenmesi

Başlangıçta belirli bir toleransı sağlamak üzere tablanın yer değiştirme analizi yapılmıştır. Bunun için yeni bir deneme modeli üzerinde durulmuştur. Bu modele göre sonucun ne şekilde olacağı üzerinde çalışma yapılmıştır.



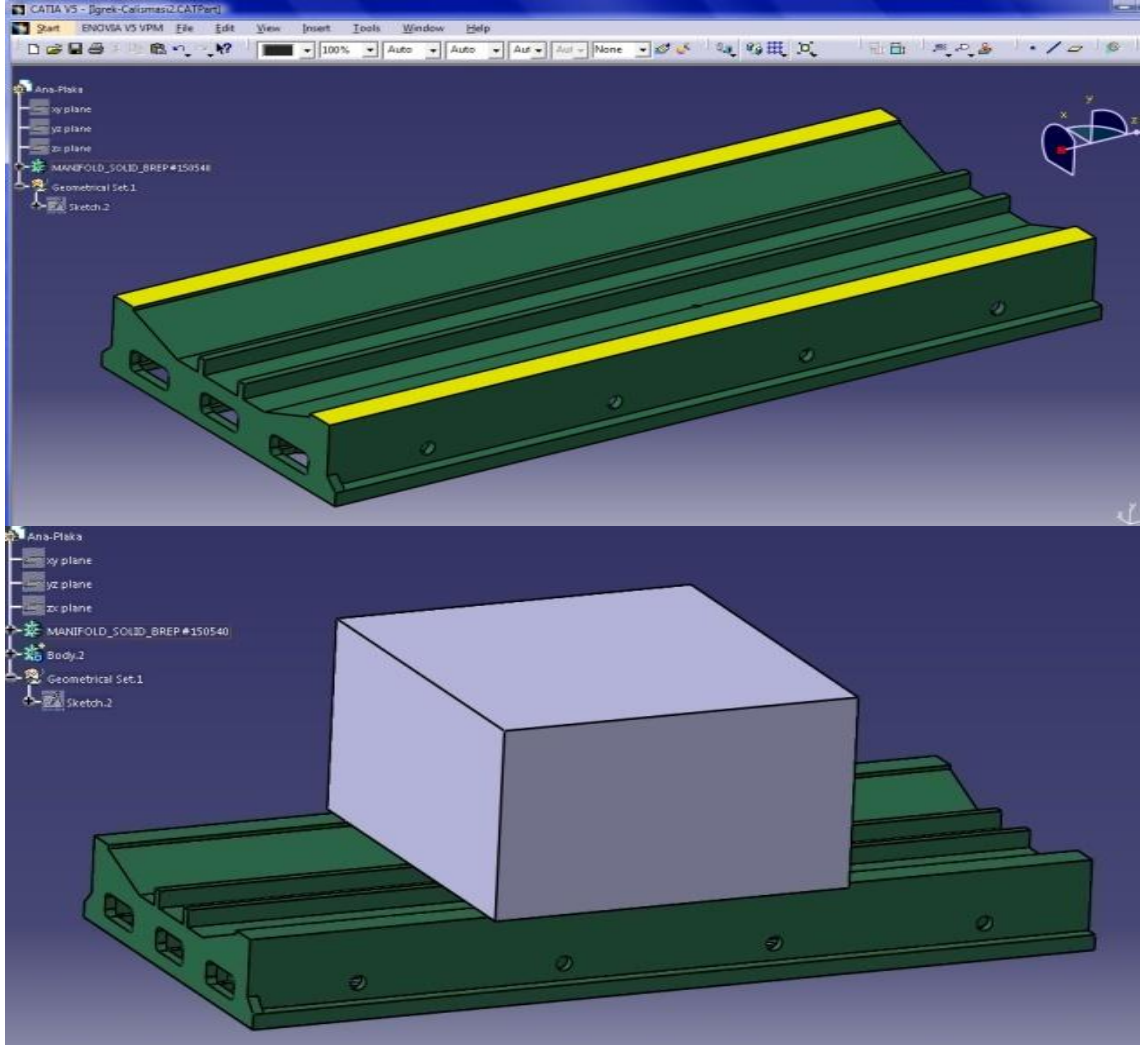
Şekil 5.25. İlk tasarlanan tablanın genel ölçüleri

Buna göre kullanılan veriler, sınır şartları ve tasarlanan model aşağıdadır;

- 1) Vidalı melle hareket sağlanan kızak sisteminin analizi
- 2) Dikdörtgen prizma yükün taban ölçüleri 1660x1700mm
- 3) Yükün ağırlığı 15 ton

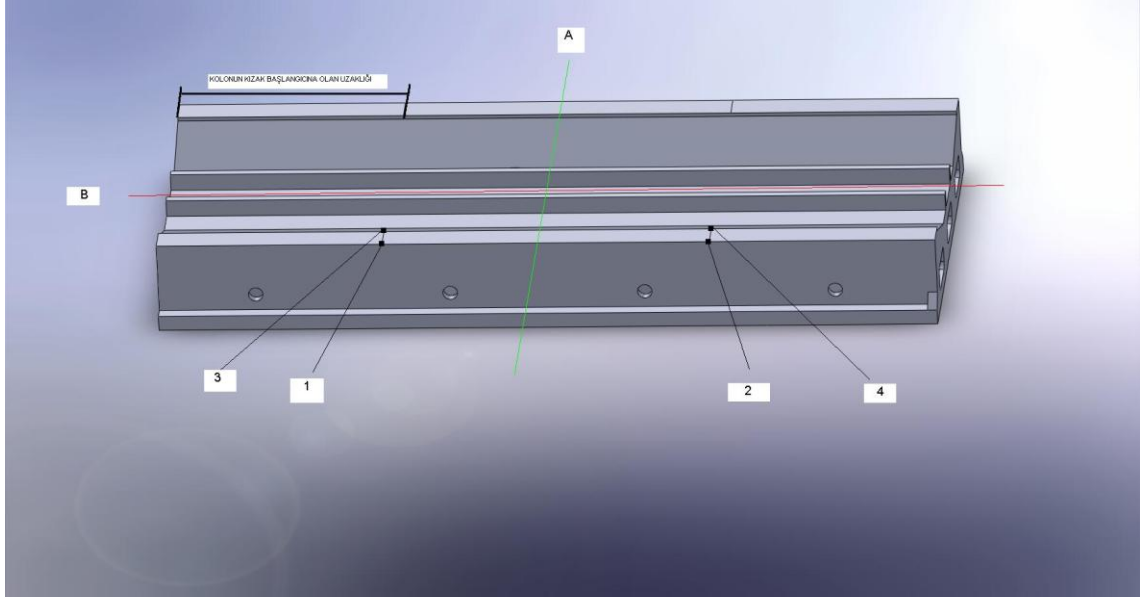
4) Malzeme gray cast iron (Ansys içinden tanımlandı.)

5) Resimler ve tasarım dosyası



Şekil 5.26. Tabla genel model görünüşü

Bu seferki analizde tablada meydana gelen toplam yer değiştirme üzerinde daha çok durulmuştur. Kalıp ve ya işlenecek malzeme için değiştirme ise toplam 3 nokta düşünülmüştür. Bu noktalar ilk olarak yükün başlangıcının kızağın başlangıcında durması (1. Analiz), ikincisi kızağın başlangıcı ile kızağın ortası arasındaki orta noktada yükün ağırlık merkezinin olması (2. Analiz) ve üçüncüsü yükün merkezinin kızağın ortasında durma halidir (3. Analiz). Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde aşağıdaki resimde belirtilen durumlardan yararlanılmıştır.



Şekil 5.27.Yük hareketinin sınır şartları olarak belirlenmesi

Analizler tamamlandıktan sonra A ve B simetri çizgileri kabul edilerek değerlendirme yapılmıştır. Bu ve diğer kabullerin açıklaması şöyledir:

- 1) Kızak A çizgisine göre simetrik olarak kabul edilmiştir. Dolayısı ile bu değer tablolarda [“Kolonun kızak başlangıcına olan uzaklığı”, X] ile gösterilmiş olup, bu değer 1172,5 mm’ ye kadar, 0 mm’ den başlayarak alınmıştır. Analiz işlemi kolonun her 100 mm ilerlemesi durumuna göre yapılmıştır. Böylece 13 adet analiz işlemi gerçekleştirilmiştir.
- 2) Kızak B çizgisine göre simetrik olarak kabul edilmiştir. Dolayısı ile kızıağın her iki durumunda da analizlerin aynı olduğu düşünülmüştür. (Verilen şartlara göre kızıağın her iki tarafına da eşit yük paylaşımı var.)
- 3) Analiz sonrası işlemlerde noktasal olarak 1, 2, 3 ve 4 numaralı noktaların y eksenindeki yer değiştirmelerine bakılmıştır. Dolayısı ile tablolarda;
 - a. ÖN: 1 ve 2 numaralı noktalar arasında y eksenindeki çökmelerinin farkı olarak alınmıştır. (1 numaralı noktanın y eksenindeki yer değiştirmesi - 2 numaralı noktanın y eksenindeki yer değiştirmesi = ÖN) (mm)
 - b. ARKA: 3 ve 4 numaralı noktalar arasında y eksenindeki çökmelerinin farkı olarak alınmıştır. (3 numaralı noktanın y eksenindeki yer değiştirmesi - 4 numaralı noktanın y eksenindeki yer değiştirmesi = ARKA) (mm)

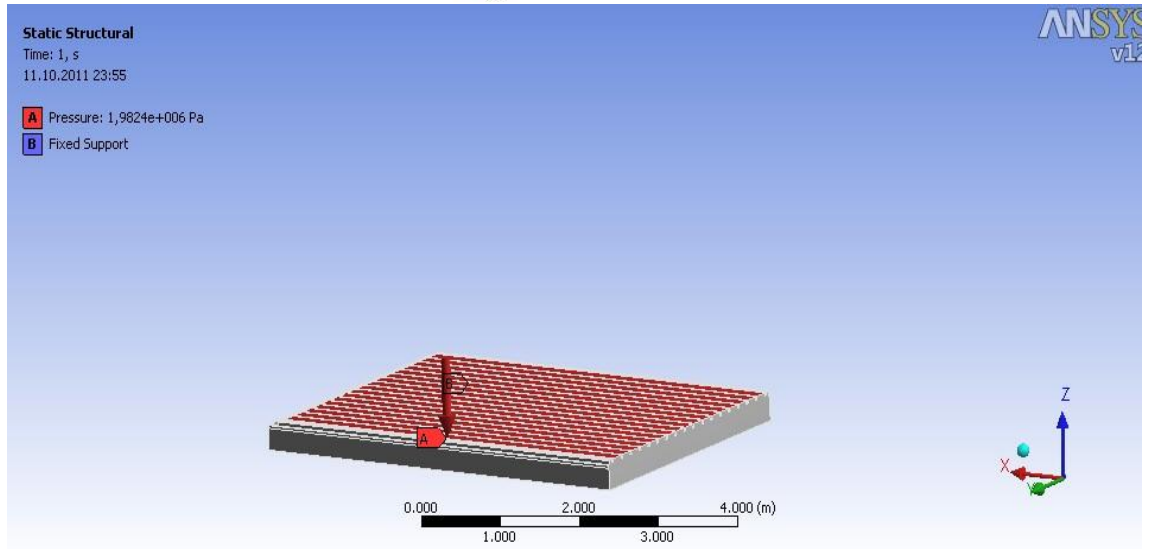
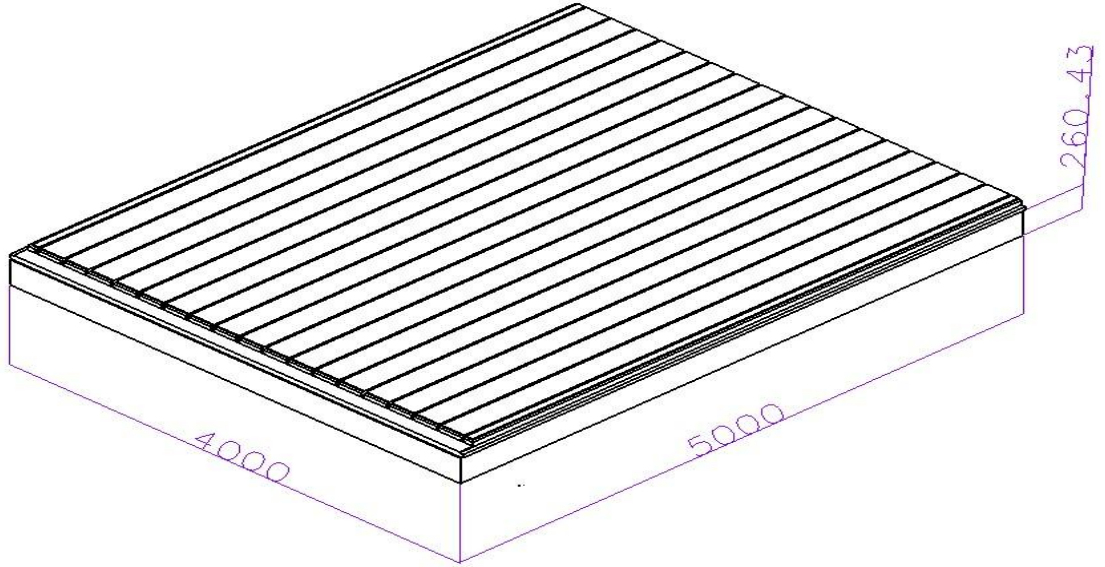
- 4) Kızağın bulunduğu durumdaki analizinde y eksenindeki en büyük yer değiştirme YMAX olarak adlandırılmıştır. (mm)
- 5) Kızağın bulunduğu durumdaki analizindeki en büyük meydana gelen gerilme STRESS olarak adlandırılmıştır. (MPa)
- 6) Kızağın yapılan analizinde çıkan total yer değiştirme TOTAL olarak adlandırılmıştır. (mm)
- 7) Analizde kullanılan malzeme 'gray cast iron' olarak alınmıştır. Diğer bilgiler verilen verilerden derlenmiştir.
- 8) Tüm uzunluklar mm ve tüm gerilmeler MPa olarak alınmıştır.

Sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- 1) Maksimum y eksenindeki yer değiştirme farkı ARKA olarak adlandırılan noktaların farkında görülmüştür. Bu değer X=600'de 0,0055605 mm' dir.
- 2) Maksimum toplam yer değiştirme X= 1172,5 'de 0,0090315 mm olarak görülmüştür.
- 3) Maksimum YMAX X=1172,5 de 0,0087016 mm olarak görülmüştür.
- 4) Maksimum STRESS X=1172,5 de 3,5618 MPa olarak görülmüştür.
- 5) Analizler sonucunda en büyük gerilme, yük ortadayken meydana gelmiş olup, 3,5 MPa civarında olduğu ve aynı noktada toplam deformasyonun 0,00903 mm civarında olduğu görülmüştür. Buda tasarlanan freze için toleransın iyi olması anlamına gelmektedir. Bu çalışma baz alınarak tekrar tabla tasarımını iyileştirme çalışmaları devam edilmiştir.

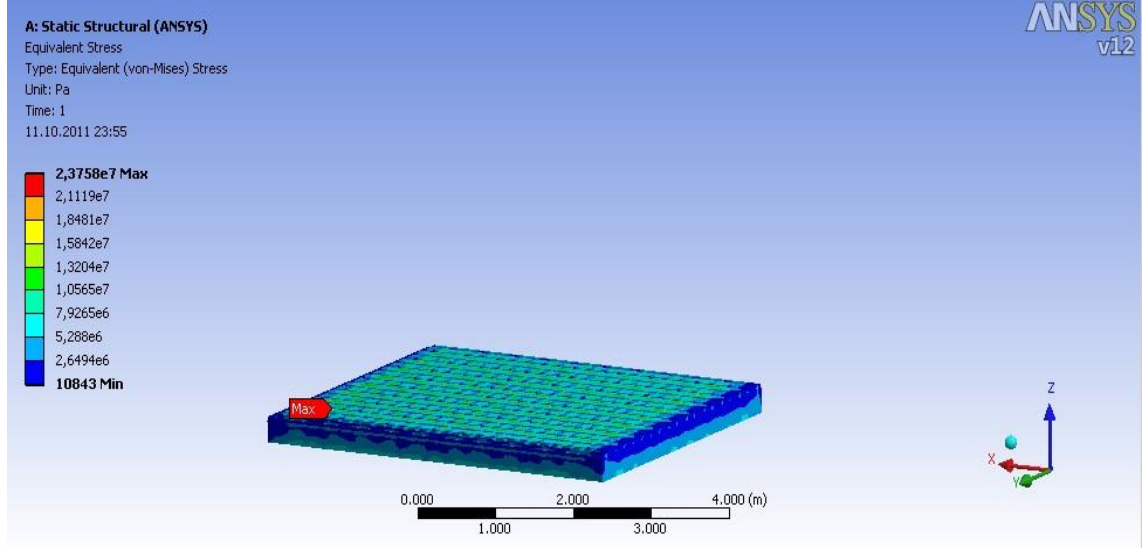
5.1.2.2 Dökülecek dikdörtgen tablanın ilk tasarımı ve analiz sonuçları

Tüm bu işlemlerden sonra sıra tablanın ilk modelinin tasarlanmasına gelmiştir. İlk model aşağıdaki şekilde görüldüğü gibidir.



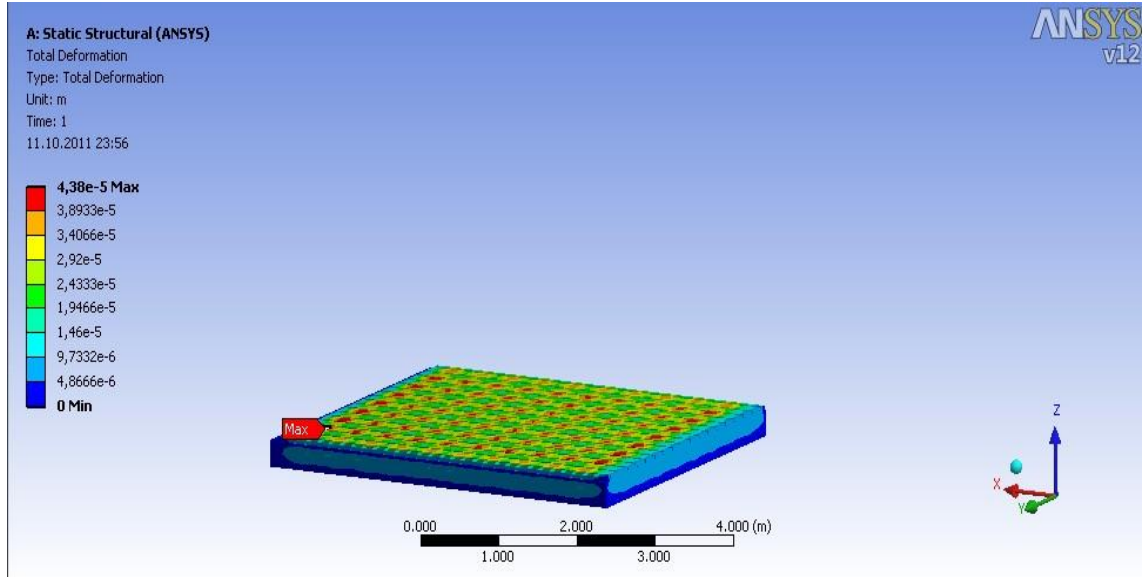
Şekil 5.28. İlk tabla modeli ve sınır şartları

Sınır şartları tablaya etki eden basınç olarak belirlenmiştir. Firma ile yapılan görüşme sonucunda basıncın yaklaşık olarak 198000 Pa olması kararlaştırılmıştır.



Şekil 5.29. İlk tablanın analiz sonuçları

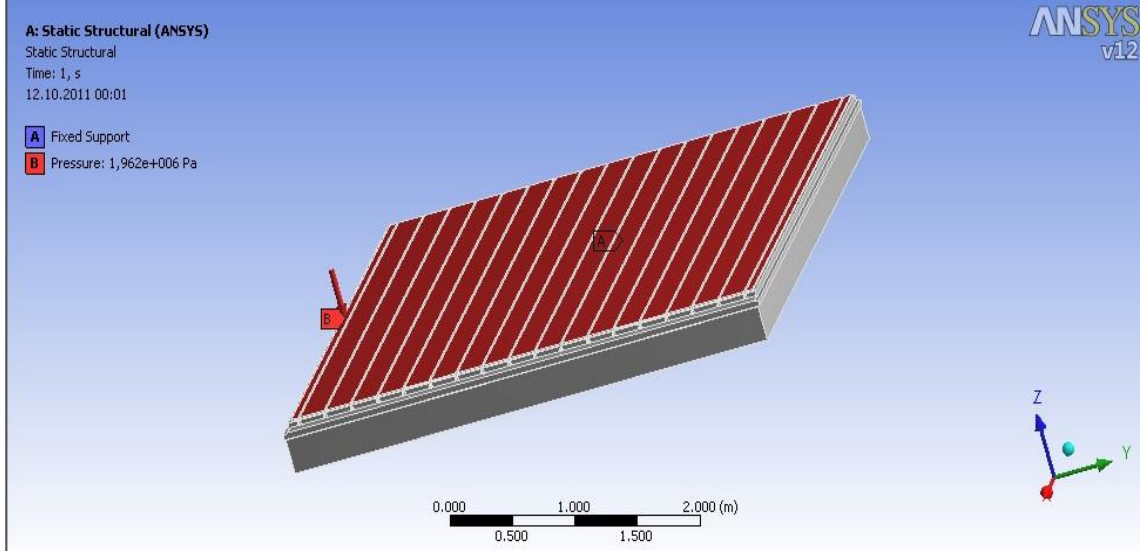
Tabla açıklandığı gibi sınır şartlarına maruz kaldığında yaklaşık olarak tablanın üstünde yayılı olmak üzere 23 Mpa lık bir gerilme etkisinde olduğu görülmüştür. Yine aynı sınır şartlarında yaklaşık olarak 0,04 mm'lik bir yer değiştirme olacağı belirlenmiştir.



Şekil 5.30. İlk tablanın yer değiştirme sonuçları

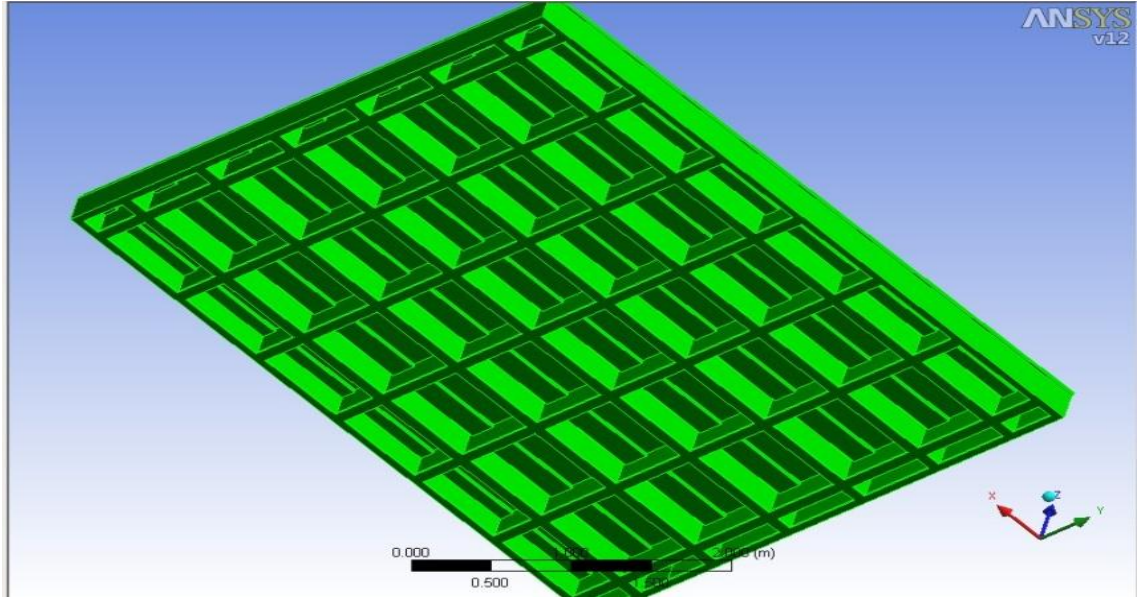
5.1.2.3 Dökülecek dikdörtgen tablanın ikinci tasarımı ve analiz sonuçları

Model tasarlanırken atma sayısı azaltılmıştır ve daha hafif bir model üzerinde çalışılmıştır.



Şekil 5.31. Tablanın hafifletilmiş modeli ve analizi için sınır şartları

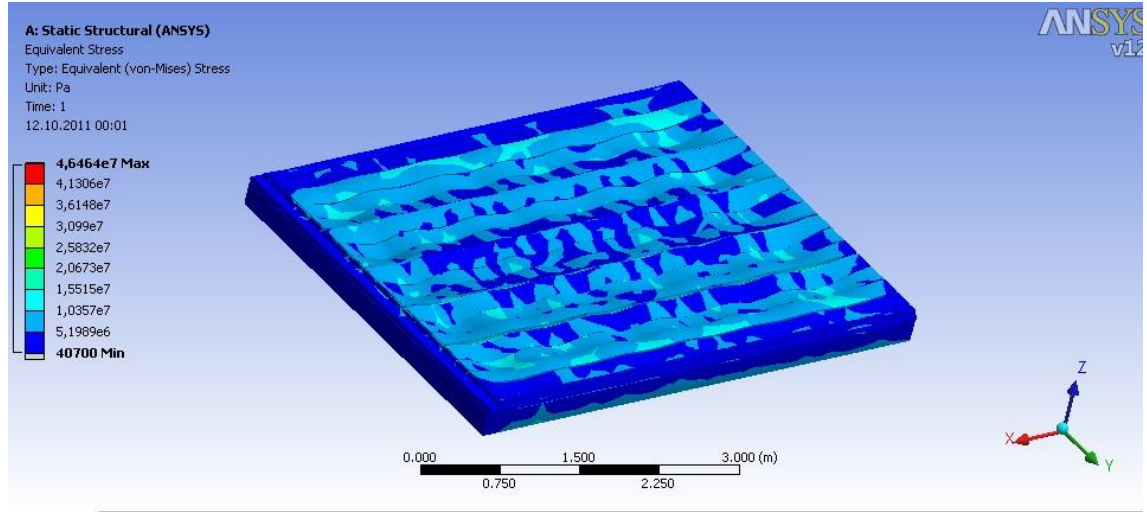
Analizde yine bir önceki tablada ki sınır şartları kullanılmıştır.



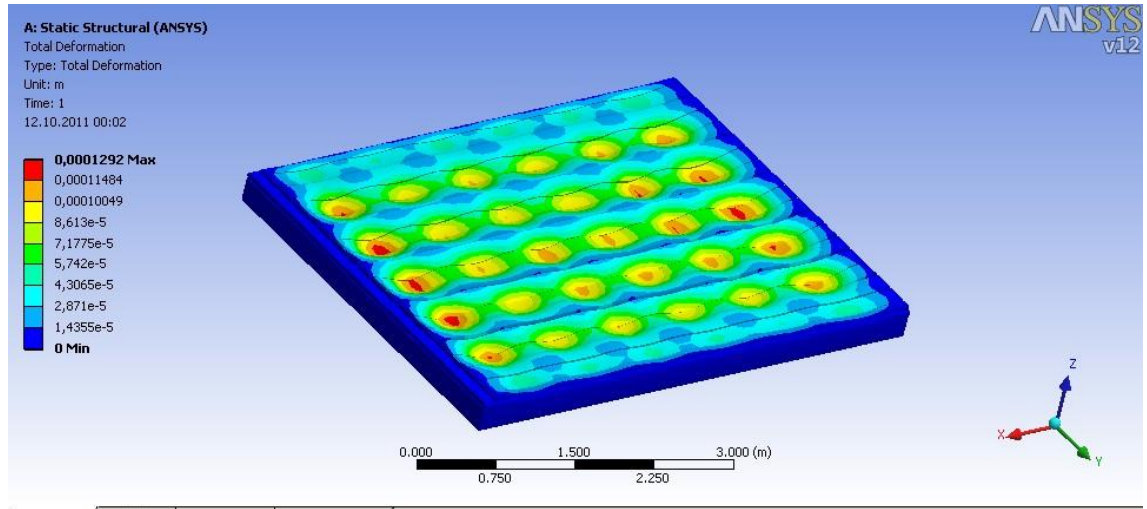
Şekil 5.32. Tablanın hafifletilmiş modelinin alttan görünüşü

Bu modelin analizi sonucunda maksimum gerilme tablanın üstünde yayılı olarak 46,7 MPa olarak bulunmuş olup yer değiştirme ise 0,12 mm yükselmiştir. Sonuçlara bakılırsa yapılan hafifletme çalışmaları sonucunda gerilemeye dayanım düşmüştür fakat hala

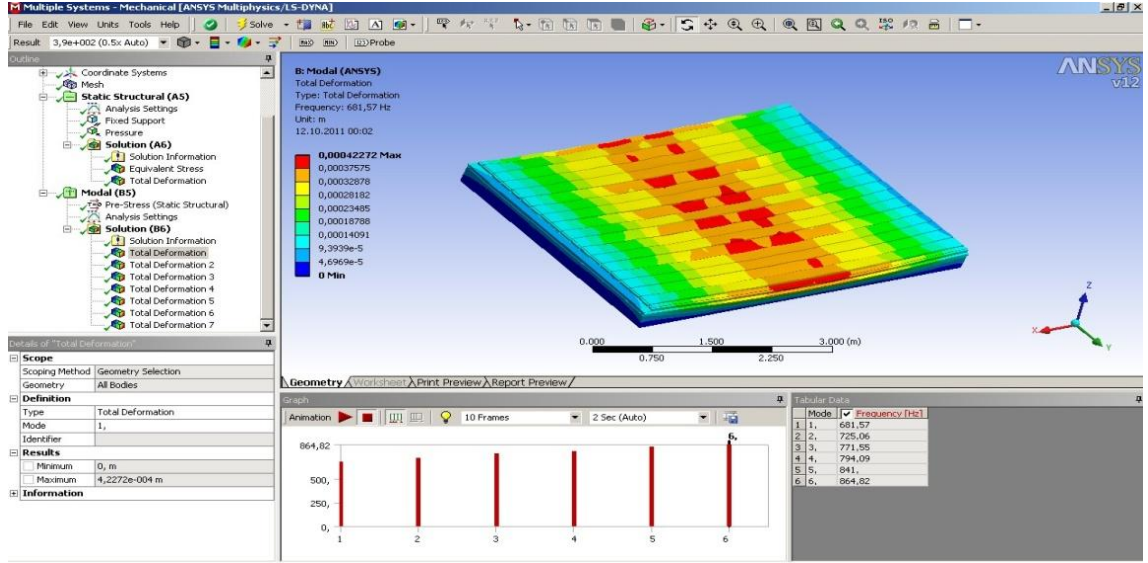
çeliğin kritik noktasına uzaktır. Bununla beraber yer değiştirmenin de artmasına rağmen düşük değerlerde olduğu görülmüştür.



şekil 5.33. Tablanın hafifletilmiş modelinin analiz sonucu



şekil 5.34. Tablanın hafifletilmiş modelinin yer değiştirme sonucu



Şekil 5.35. Tablannın frekans analizi sonucundaki yer değiştirme analizi

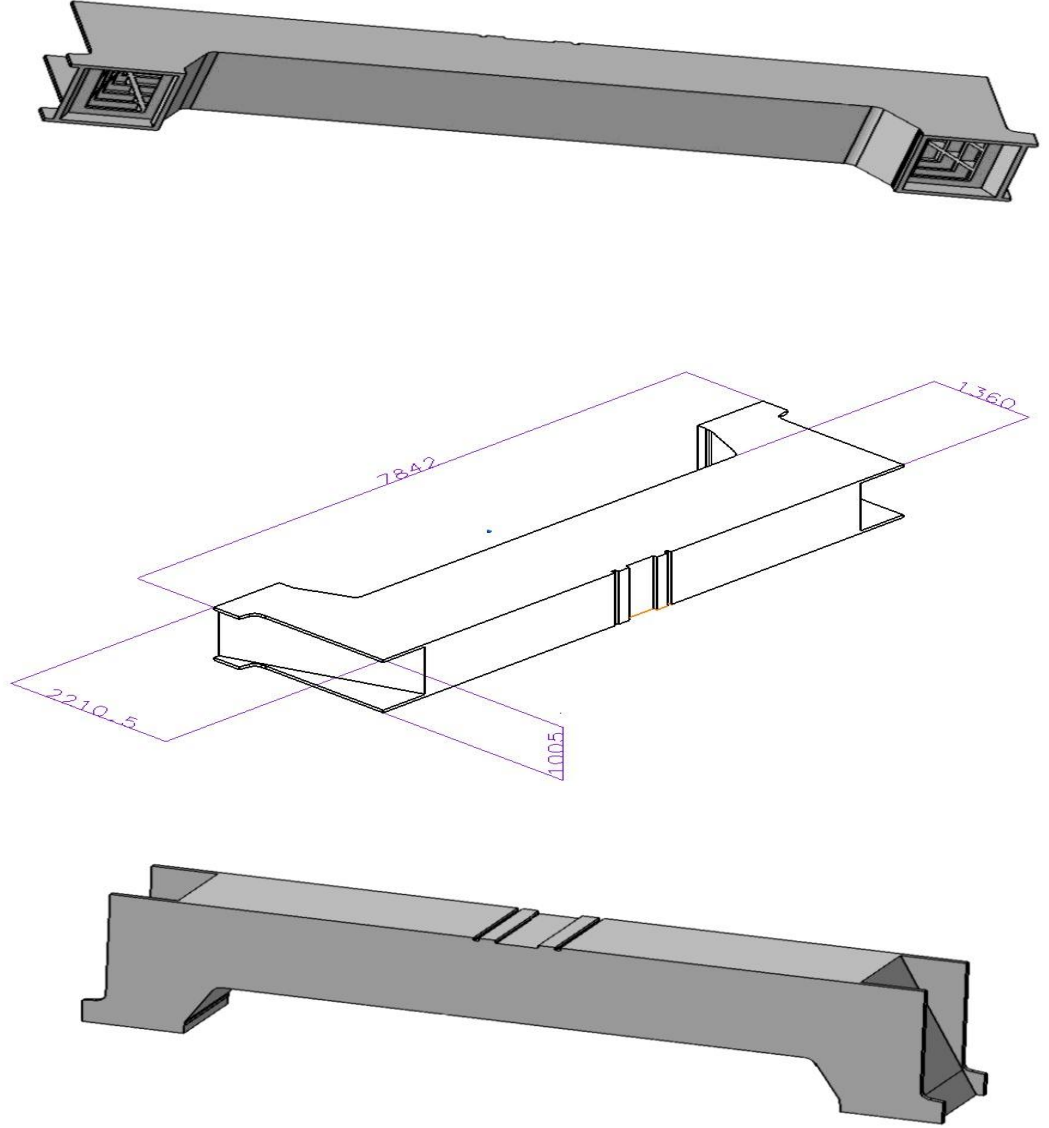
Hafifletilmiş son modele bir de modal analiz uygulanmıştır. Model analiz sonucunda ise tablannın ilk doğal frekansı 681 Hz de meydana geleceği görülmüştür. Sırası ile 6 durum aşağıdadır;

Çizelge 5.2. Tablannın frekans analiz sonuçları

1. frekans	681 Hz
2. frekans	725 Hz
3. frekans	771 Hz
4. frekans	794 Hz
5. frekans	841 Hz.
6. frekans	864 Hz

5.1.3 Portalın oluşturulması ve analizleri

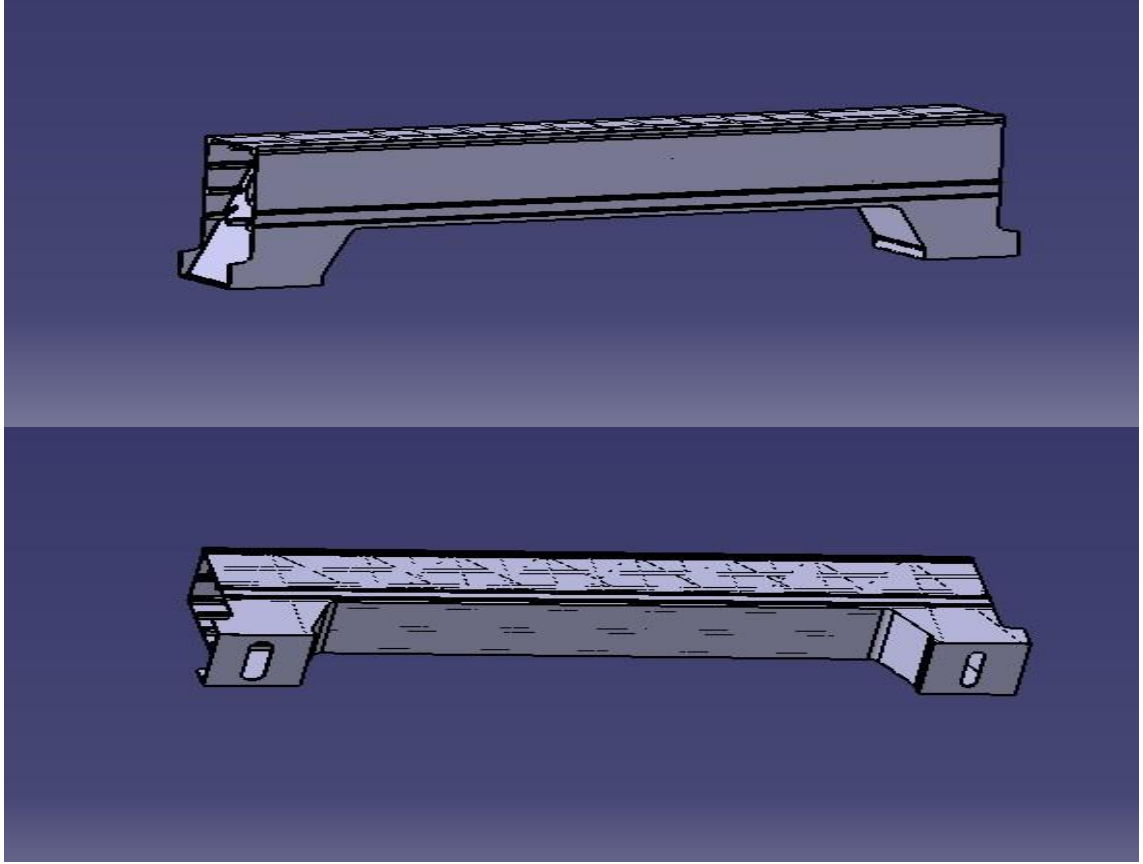
Portal olarak bahsedilen kısım, talaş kaldırıcı takımın bulunduğu ve onu hareket ettiren ana gövdedir. Portalın ilk tasarımından alınan görüntü aşağıdaki gibidir.



Şekil 5.36. Portalın ilk tasarım görüntüleri ve genel ölçüleri

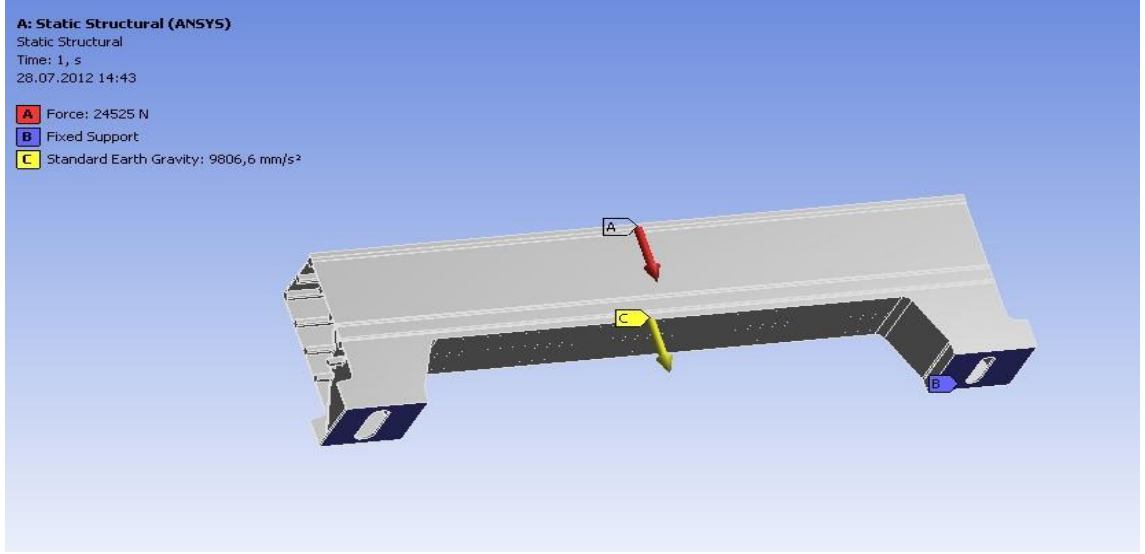
Portalın hafif olması adına, içi boş olarak tasarlanmıştır. Böylece rijitlik açısından hem daha dayanıklı bir konstrüksiyon elde edilmiş olup hem de daha hafif bir yapı

oluşturulmuştur. Bu tasarım açısından uygun bir model olup, hemen ardından döküme ve dökümden sonra kullanıma hazır olacak şekilde tekrara tasarlanmıştır.



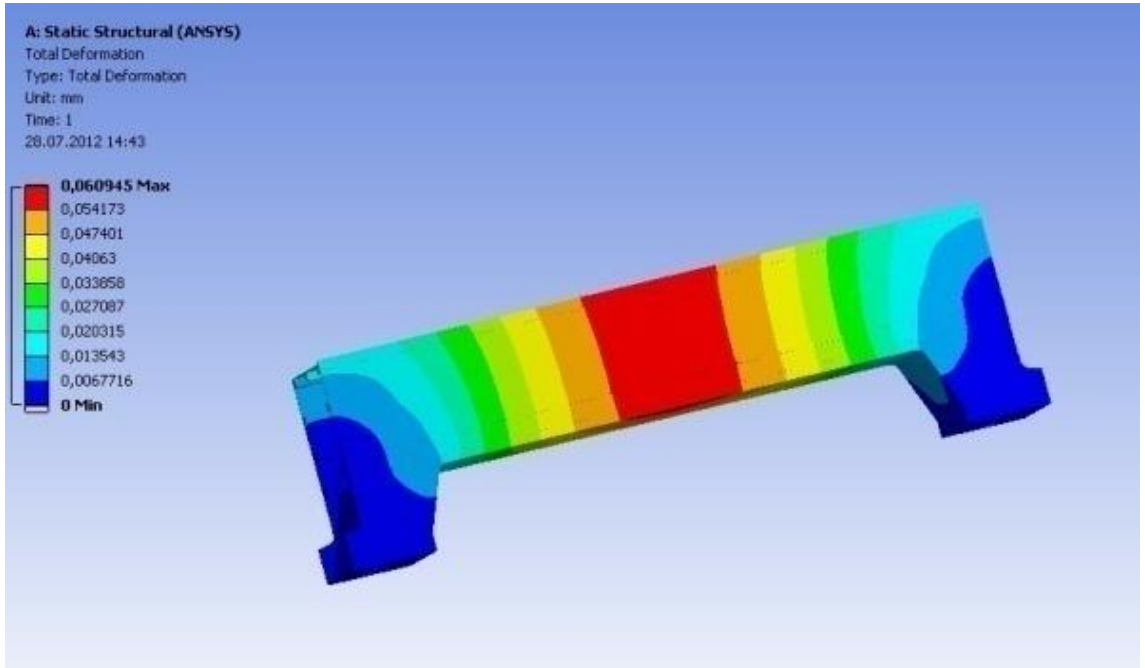
şekil 5.37. Portalın döküme uygun hale getirilmesi

Böylelikle portalın ilk tasarımı tamamlanmıştır. Bundan sonra analiz işlemine geçilecektir. Analiz işleminde hesaba katılan sınır şartları kafanın portala uygulayacağı kuvvet (24525 N), yerçekimi kuvveti ve mesnet noktaları olarak alınmıştır. Kuvvet aşağıda kırmızı olarak gösterilen ok olup, yer çekimi kuvveti ise sarı ok ile belirtilmiştir. Mesnet yerleri portalın ayakları alınmıştır.

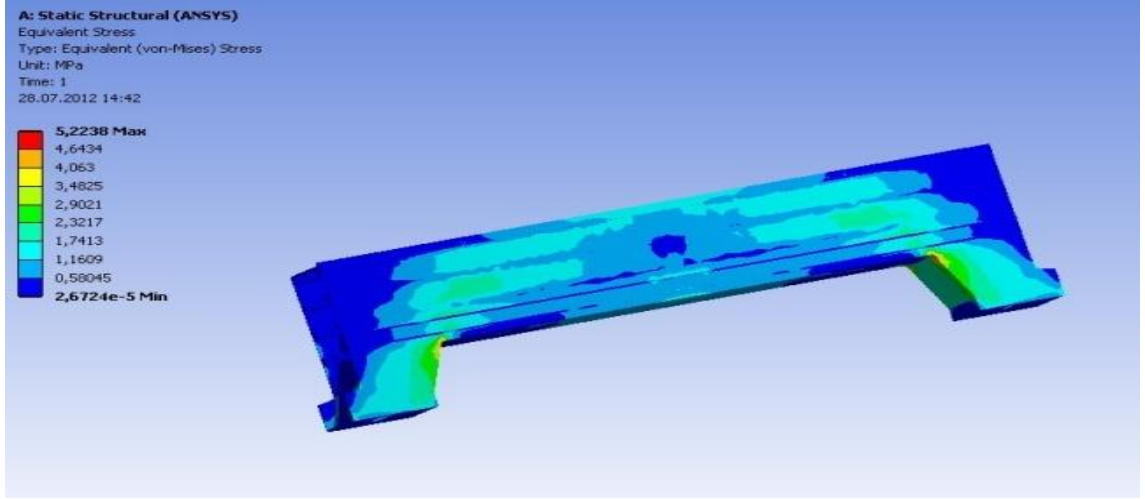


Şekil 5.38. Portalın sınır şartları görüntüsü

Analiz sonucunda 5,2 MPa 'lık bir gerilme ve 0,06 mm. bir yer değıştirme bulunmuştur. Gerilmenin maksimum olduğu bölge portalın ayaklarında olmuştur. Yine maksimum yer değıştirmenin olduğu bölge portalın ortasındadır.



Şekil 5.39. Portalın toplam yer değıştirme analizi sonuçları

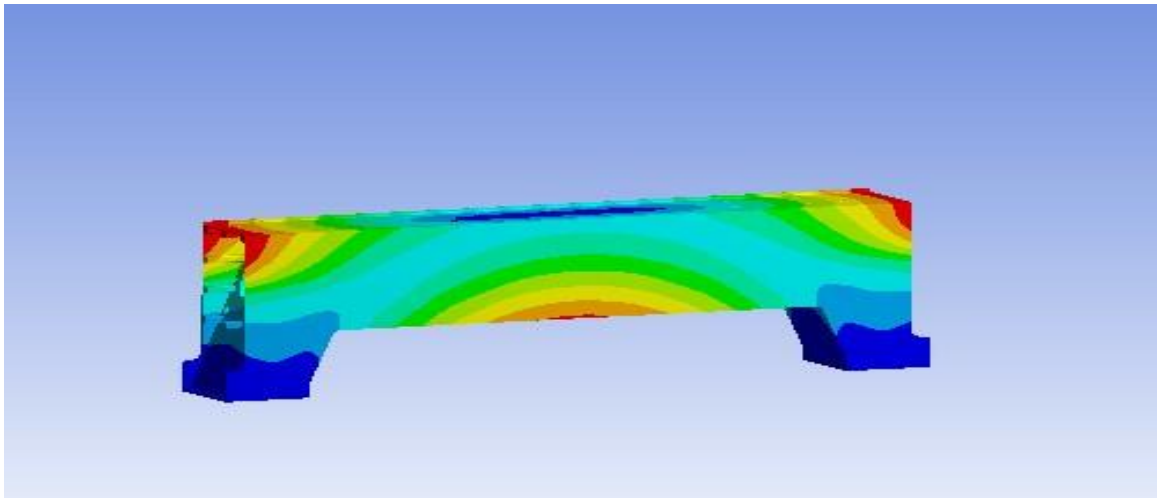


Şekil 5.40. Portalın gerilme analizi sonuçları

Hafifletilmiş son modele daha öncede olduğu gibi modal analiz uygulanmıştır. Model analiz sonucunda ise tablanın ilk doğal frekansı 46 Hz de meydana geleceği görülmüştür. Sırası ile 6 durum aşağıdadır;

Çizelge 5.3. Portalın frekans analiz sonuçları

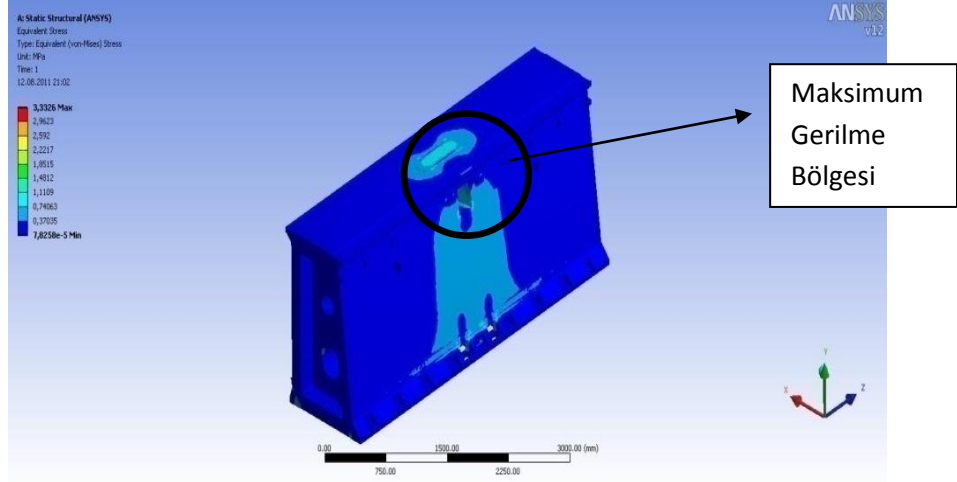
1. frekans	46Hz
2. frekans	78 Hz
3. frekans	87 Hz
4. frekans	89 Hz
5. frekans	103 Hz.
6. frekans	136 Hz



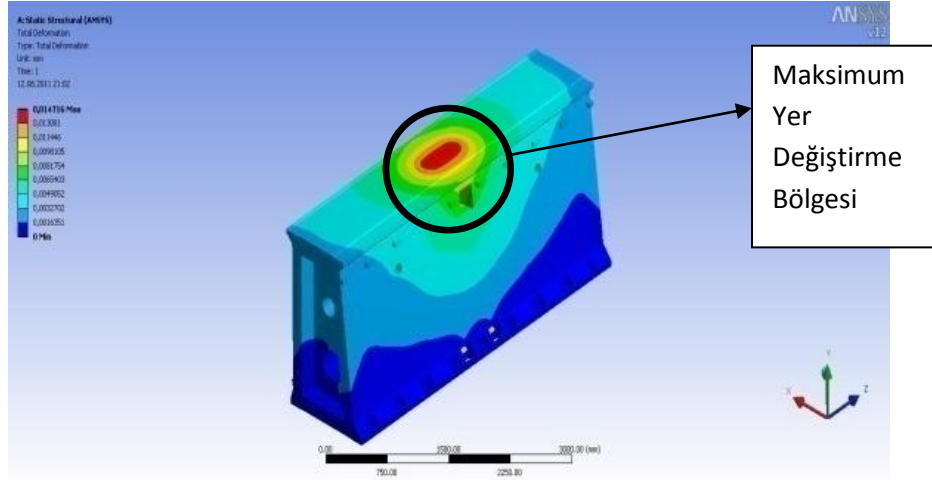
Şekil 5.41 Portalın frekans analizi sonucu(103 Hz)

5.1.4 CAD modelleri üzerinde tartışma ve sonuçlar

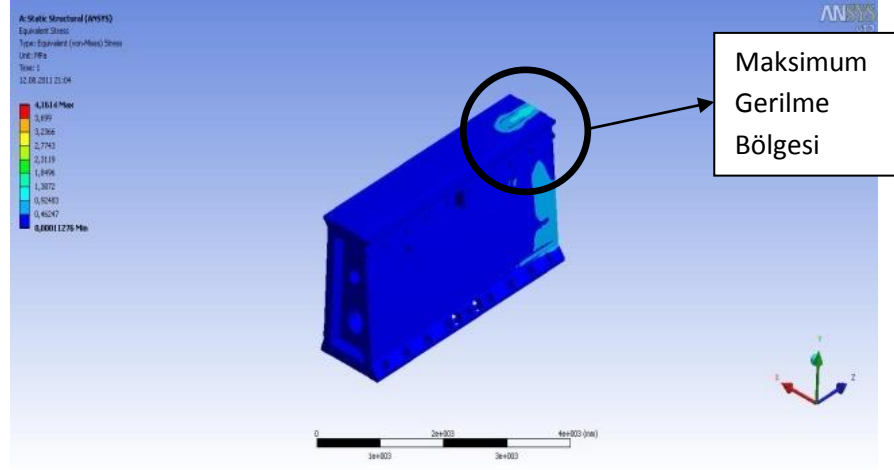
Proje sonunda tasarlanan ve incelenen modellerin tümü üretime hazır hale getirilmiştir. Aşağıda dökülecek olan her modelin analiz sonuçları görülmektedir.



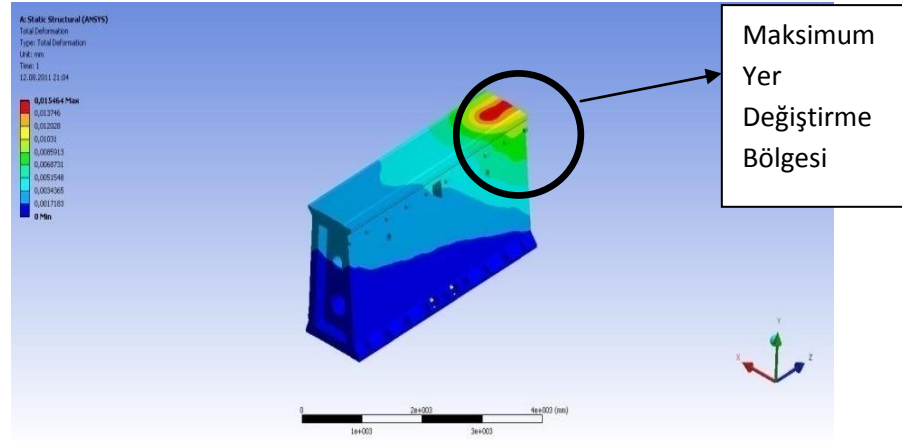
Şekil 5.42. Yan duvarın döküme hazır halinin kuvvetin yan duvarın ortasından etkimesi durumunda analiz sonucu, Maksimum Von-Mises gerilmesi 3,34 MPa



Şekil 5.43. Yan duvarın döküme hazır halinin kuvvetin yan duvarın ortasından etkimesi durumunda analiz sonucu, Toplam yer değiştirme sonucu 0,014 mm



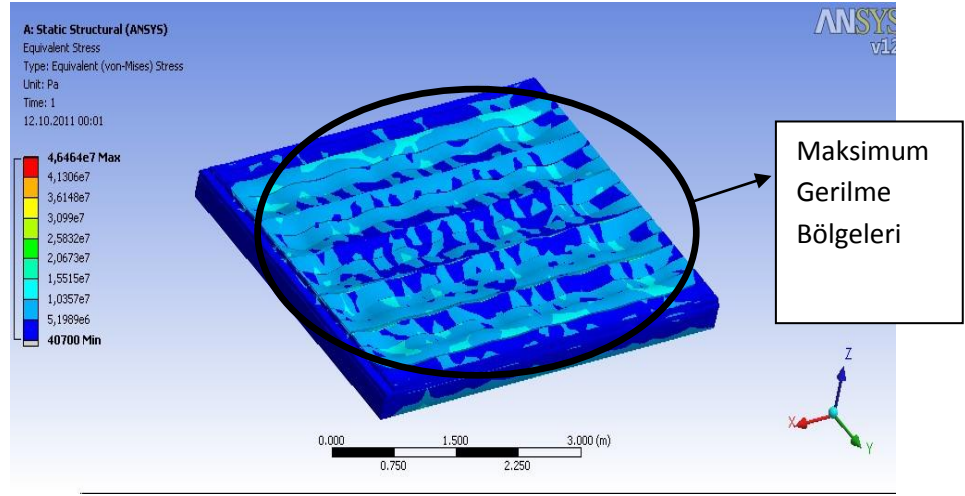
Şekil 5.44. Yan duvarın döküme hazır halinin kuvvetin yan duvarın kenarından etkimesi durumunda analiz sonucu, Maksimum Von-Mises gerilmesi 4,16 MPa



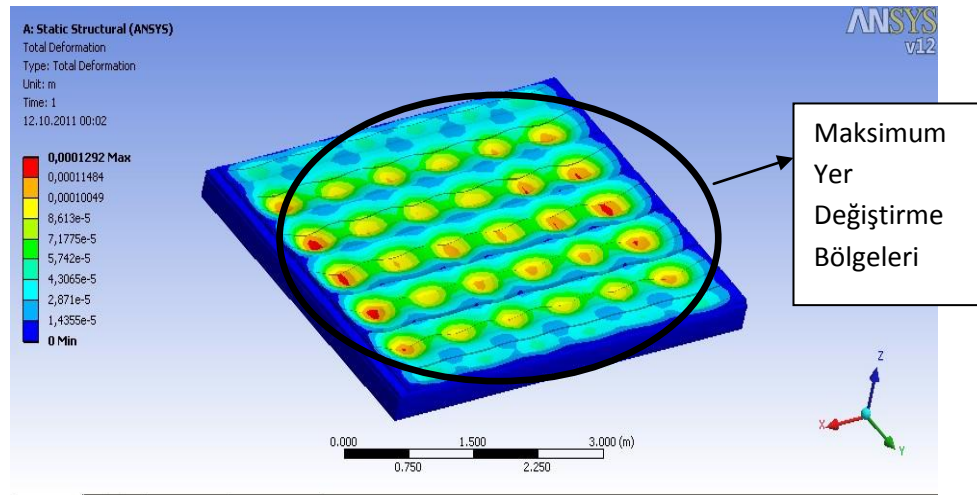
Şekil 5.45. Yan duvarın döküme hazır halinin kuvvetin yan duvarın kenarından etkimesi durumunda analiz sonucu, Toplam yer değiştirme sonucu 0,015 mm

Çizelge 5.4. Yan duvar analiz sonuçları(Sınırlar: 80 MPa, 0,2 mm, tek parça 20000 kg)

YAN DUVAR ANALİZ SONUÇLARI					
SIRA	GERİLME SONUÇLARI (MPa)	DEFORMASYON ANALİZİ SONUÇLARI (mm)	TOPLAM DÖKÜM AĞIRLIĞI (kg)	ÜRETİM ŞEKLİ (Adet)	DÖKÜM DURUMU
Birinci Tasarım	3	0,0035	202706	2	Hazır Değil
İkinci Tasarım	7,1	0,02	45245	2	Hazır Değil
Üçüncü Tasarım	50	0,0384	39174	3	Hazır Değil
Dördüncü Tasarım	3,3	0,014	50358	3	Hazır



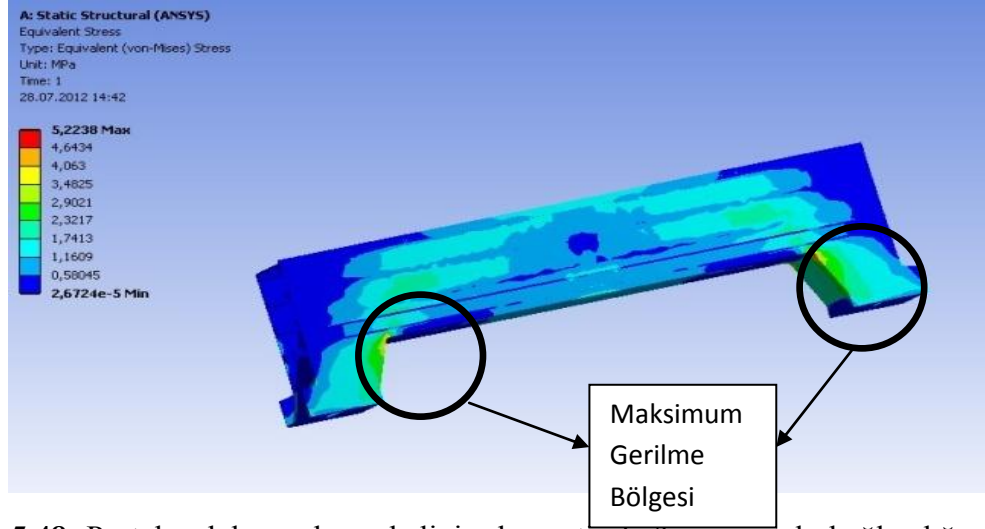
Şekil 5.46. Tablanın döküme hazır halinin kuvvetin yayılı olarak tablanın üzerine etkimesi durumunda analiz sonucu, Maksimum Von-Mises gerilmesi 4,64 MPa



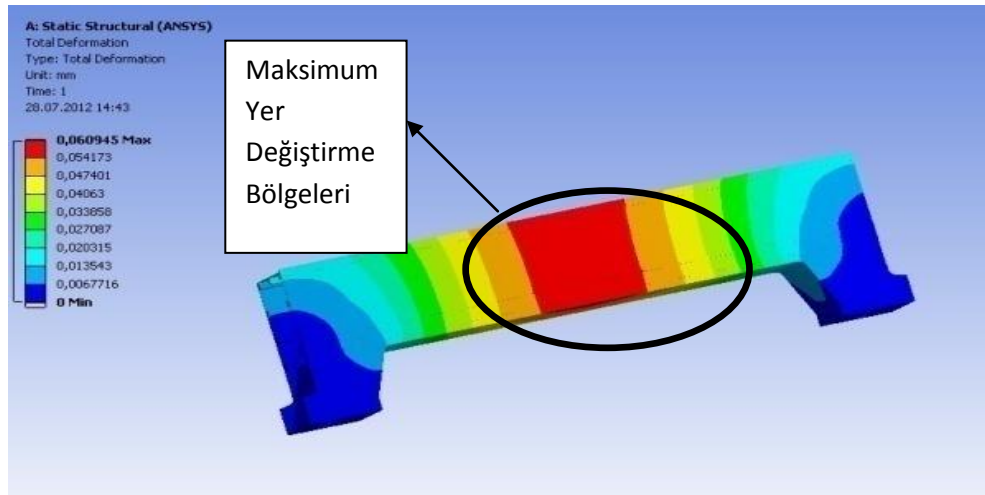
Şekil 5.47. Tablanın döküme hazır halinin, kuvvetin yayılı olarak tablanın üzerine etkimesi durumunda analiz sonucu, Toplam yer değiştirme sonucu 0,0129 mm

Çizelge 5.5. Tabla analiz sonuçları (Sınırlar: 80 MPa, 0,2 mm, tek parça 20000 kg)

TABLA ANALİZ SONUÇLARI					
SIRA	GERİLME SONUÇLARI (MPa)	DEFORMASYON ANALİZİ SONUÇLARI (mm)	TOPLAM DÖKÜM AĞIRLIĞI (kg)	ÜRETİM ŞEKLİ (Adet)	DÖKÜM DURUMU
Deneme Tasarımı	3,5	0,009	6081	1	Hazır Değil
İkinci Tasarım	23	0,04	34246	2	Hazır Değil
Üçüncü Tasarım	46,7	0,12	30096	2	Hazır



Şekil 5.48. Portalın döküme hazır halinin, kuvvetin kafanın portala bağlandığı montaj yerlerinden etkimesi durumunda analiz sonucu, Maksimum Von-Mises gerilmesi 5,22 MPa



Şekil 5.49. Portalın döküme hazır halinin, kuvvetin kafanın portala bağlandığı montaj yerlerinden etkimesi durumunda analiz sonucu, Toplam yer değiştirme sonucu 0,06 mm

Çizelge 5.6. Portal analiz sonuçları (Sınırlar: 80 MPa, 0,2 mm, tek parça 20000 kg)

PORTAL ANALİZ SONUÇLARI					
SIRA	GERİLME SONUÇLARI (MPa)	DEFORMASYON ANALİZİ SONUÇLARI (mm)	TOPLAM DÖKÜM AĞIRLIĞI (kg)	ÜRETİM ŞEKLİ (Adet)	DÖKÜM DURUMU
Birinci Tasarım	Uygun Ağırlık Bulunduğu için analiz yapılmadan döküm için tasarıma geçildi.		19173	2	Hazır Değil
İkinci Tasarım	5,2	0,06	14779	2	Hazır

5.2 Döküm

5.2.1 Giriş

Tüm tasarım ve analiz işlemlerinin tamamlanması ve modellerin belirlenmesinin ardından üretime geçilmiştir. Bu kısımda bu modellerin üretim yöntemleri ile ilgili olarak bilgi verilecek ve üretilen konstrüksiyonlar gösterilecektir.

Döküm işleminde, katı bir malzeme uygun bir sıcaklığa ısıtılarak ergitilir ve istenen kimyasal bileşimi elde etmek için çeşitli işlemlere tabi tutulur. Genellikle metal olan ergimiş bu malzeme daha sonra bir boşluğa dökülür. Dökülen metal bu boşluğun şeklini alarak katılaşır. Bu boşluk imal edilmek istenen parçanın şekline ve kaba ölçüsüne sahip bir boşluk olabilir. Kalıp denilen bu boşluğu, ergitilebilen herhangi bir metalle doldurup içinde katılaşmasını sağlayarak basit veya karmaşık şekiller imal edilebilir. Böylece arzu edilen çalışma şartlarına uygun, en iyi özellik ve görünümle her türlü parçalar elde edilebilir. Döküm işlemiyle parçaların iç ve dış şekillerini aynı anda elde etmek mümkündür. Diğer imalat yöntemleriyle yapılması çok zor ve pahalı olan çok büyük ve karmaşık parçalar uygun döküm teknikleri kullanılarak ekonomik şekilde üretilebilir.

Hemen hemen bütün malzemeler istenen son şekil ve ölçüye uygun olarak dökülüp ilave işlemler ve malzeme kaybı azaltılabilmeleri yanında proses metal parçaların imalatında önem arz eder. En çok dökülen metaller; demir, çelik, alüminyum, pirinç, bronz, magnezyum ve bazı çinko alaşımlarıdır. Döküm parametrelerinin uygun bir şekilde kontrolü ile tamamen üniform özellikte parçalar elde edilebilir. Yukarıda sayılan malzemelerden demir, düşük büzülmesi, iyi akıcılığı, mukavemeti, rijitliği ve kolay kontrolü nedeniyle döküm için en uygun malzemedir.

Dövme gibi diğer şekillendirme işlemleri ile mukayese edildiğinde, dökümün en büyük dezavantajı düşük sünelik ve mukavemetinin yanında dökülen malzemede boşluklar bulunma ihtimalidir. Dökümle imal edilen parçalar çok çeşitlilik arzeder. Bir fermuar dişi gibi boyutları birkaç milimetre ve birkaç gram ağırlıktaki parçalardan 10 metre veya daha fazla boyutlu ve 300 ton ağırlığa kadar çok büyük gemi pervanesi gibi parçalar rahatlıkla dökülebilir. Karmaşık şekilli, içi boş veya boşluklu kesite sahip parçalar, düzensiz eğri yüzeye sahip parçalar (ince sac metalden yapılanlar hariç), çok büyük ve

işlenmesi zor olan metalden yapılacak parçaların belli avantajlar ve belli kolaylıklarla dökülmesi işlemin önemli avantajlarından (Karamış, M., B., 2005).

5.2.2 Döküm prosesleri

Mühendislikte ve özellikle makina yapımında kullanılan malzemelerin döküm prosesiyle şekillendirilmesi için çeşitli yöntemler kullanılır. Yöntem seçimi parçanın kaliteli ve en ekonomik şekilde imalini sağlayacak şekilde yapılmalıdır. Burada parçanın şekli ve boyutu önemli bir faktördür. Dizayn sırasında döküm yöntemi bilinmeli ve o yöntemin özellikleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Dökümde önemli bir husus parçanın son şekil ve ölçüsünde veya ona yakın şekilde imal edilebilmesidir. Çok değişik şekilli parçalar birçok farklı metal veya alaşımdan dökülebilir.

Döküm yöntemleri kısaca aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Sürekli döküm
- Kum kalıba döküm
 - Yaş kum kalıba döküm
 - Kuru kum kalıba döküm
 - CO₂ yöntemi
- Kabuk kalıba döküm
- Sürekli kalıba döküm
- Kokil kalıba döküm
- Alçı kalıba döküm
- Hassas (Investment) döküm
- Diğer özel döküm yöntemleri

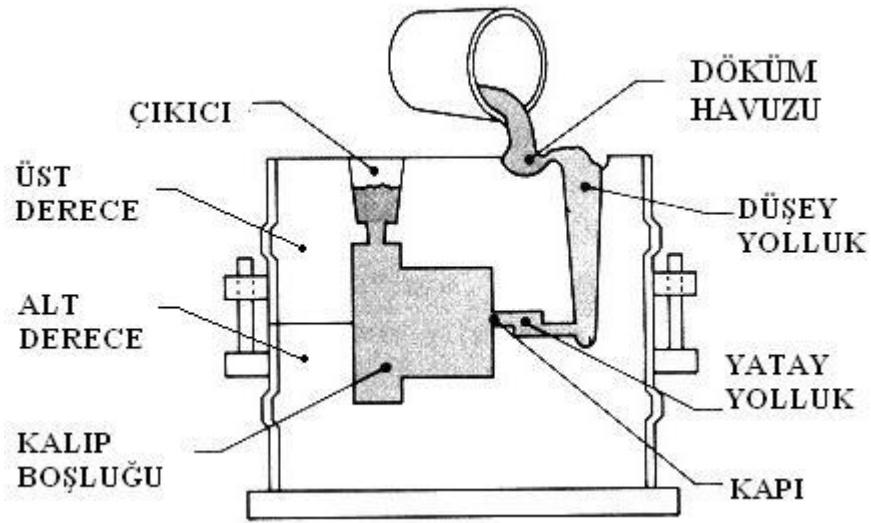
Projenin tasarım ve analiz aşamasından sonra üretimi kum kalıp yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

Kum kalıba döküm en çok kullanılan yöntemdir. Çok farklı büyüklükteki parçalara uygulanışı ve kalıplama maliyetinin az oluşu, tercih nedenlerinin başında gelir. Kum kalıba döküm yöntemi kullanılan kalıbın cinsine göre değişik guruplara ayrılabilir, bunların başlıcaları: yaş kum kalıba döküm, kuru kum kalıba döküm, tamamen maçaların bir araya getirilmesiyle oluşturulan maça kalıba döküm, kabuk kalıba(shell

mold) döküm, gaz sertleştirici silikat yöntemi olarak bilinen <CO> yöntemi ile hazırlanan kalıba döküm ve, kum, organik bağlayıcı ve katalizör karışımından oluşturulan ve sıvı reçinelerin polimerizasyonu ile havada sertleşen <air set> kalıplara döküm kalıplara döküm yöntemleridir.

Proje kapsamında gerçekleştirilen kum kalıba döküm yöntemi yaş kum kalıba döküm yöntemidir. Kum kalıba döküm daha ziyade yaş kum ile hazırlanan kalıplarla gerçekleştirilir. Yaş kum: SiO₂ tanecikleri, kil, su ve diğer ilavelerin meydana getirdiği plastik bir karışımdır. 'Yaş' terimi ihtiva ettiği nem yüzünden verilmiş olup kuru kum karışımından olan farkını belirtmektedir. Yaş kum kalıbın başlıca avantajları, büyük fleksibilitesi yanında kil, su ve diğer ilavelerin (pülverize kömür, dekstrin, odun talaşı vb.) tazelenmesi ile defalarca kullanılabilmesi ve en ucuz kalıplama yöntemidir. Yaş kum kalıba döküm yöntemi, kalıbın daha yüksek mukavemet ve erozyon direncine sahip olması gerektiği durumlarda (ince, uzun girintili ve çıkıntılı parçalar, karışık şekilli ve iri dökümler vb.) ve daha yüksek boyut hassasiyeti ve yüzey kalitesinin olması istendiğinde kullanılmaz.

Yaş kum kalıba döküm, dökümhanelerde en yaygın kullanılan döküm yöntemidir. Bu yöntemde erimiş metal yeniden kullanılabilir, sıkıştırılmış bir kum kalıba dökülür ve katılaşıncaya kadar kalıp içinde tutulur. Katılaştıktan sonrada kalıp bozularak parça dışarı çıkarılır.



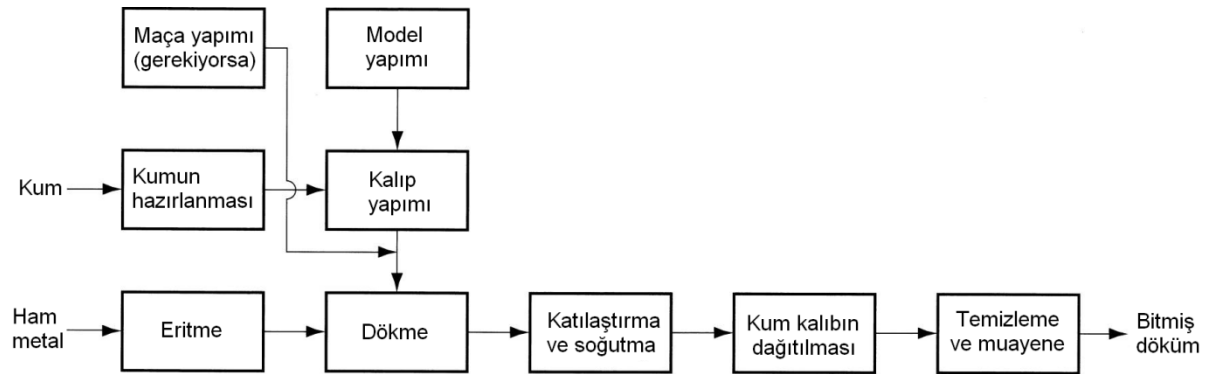
Şekil 5.50. Yaş kalıba döküm prosesi (Ay, 2012)

Yaş kum kalıba döküm yönteminde kalıp malzemesi; kum tanecikleri, kil, su ve diğer katkıların bir karışımıdır. Kum tanecikleri kalıp malzemesinin esasını, kil ile su ile birleşerek kumların bir arada tutulması için bir bağlayıcı vazifesi görür. Kalıplama, küçük parçalar için tezgâh üzerinde, iri parçalar için yerde kum havuzlarında yapılır. Elde edilen parçanın kalitesi belli ölçüde kalıpcı ustasının becerisi ile belirlenir. Saatte 60 kalıptan fazla üretilmesi gerektiğinde makinalı kalıplamaya geçmek zorunlu olur ve bu durumda işlemler mekanik olarak yapıldığından kalıpcıların deneyimli olmasına gerek yoktur (Karamış, M., B., 2005).

5.2.3 Kum kalıba döküm işleminde genel aşamalar

Kum kalıba döküm işlemindeki aşamalar genel olarak aşağıda sıralanmıştır:

- Erimiş metal kum kalıba dökülür.
- Metalin katılaşmasına yeterli süre beklenir.
- Dökümü çıkarmak için kalıp dağıtılır.
- Döküm temizlenir ve muayene edilir.
- Yolluk ve besleyici sistemi ayrılır.
- Metalurjik özelliklerini iyileştirmek için bazen döküme ısıl işlem gerekir (Karamış, M., B., 2005).



Şekil 5.51. Kum kalıba döküm aşamaları (Gülmez, 2012)

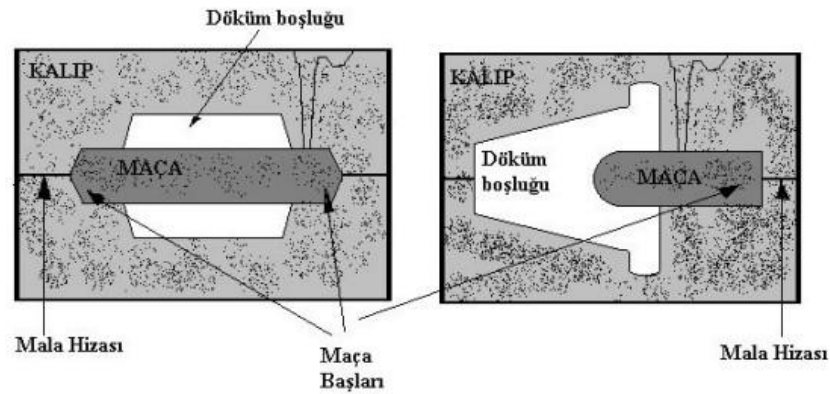
5.2.4 Döküm aşamaları ile ilgili pratik örnek

Dökümü yapılacak parçanın modelinin boşluğunun kumda oluşturulması ve bu boşluğun sıvı alaşım ile doldurulmasıdır. Alaşım katılaşıp soğuduktan sonra etrafındaki kum kalıp bozularak döküm parça dışarı alınır. Kum kalıba döküm aşamaları aşağıda belirtilmiştir.

- Model yapımı
- Maça yapımı
- Kalıplama
- Ergitme ve döküm

Model: Model, dökümü yapılacak şeklin uygun bir malzemeden hazırlanmış birebir ölçekli kopyasıdır. Sıvı metal tarafından doldurulacak olan boşluğu elde etmek için kullanılır. Modelin doğru tasarımı kaliteli bir üretimin ilk adımınıdır.

Maçalar: Dökümlerde delik veya boş çıkması istenen yerlerde maça denilen kum kütleleri kullanılır. Maçalar kalıp içinde önceden hazırlanmış olan boşluklara kalıbın döküm için kapatılmasından önce yerleştirilirler ve dökümden sonra döküm içinden boşaltılırlar. Maçalar çoğunlukla kum(silis, olivin, kromit ve zirkon) esaslı malzemelerden ve bazen de metal ve seramik benzeri malzemelerden yapılabilirler.



Şekil 5.52. Maça (Çolak, 2012)

Kalıplama: Kum, bağlayıcı (kil) su ve diğer katkı maddelerinden oluşan karışımın elle veya makineyle hazırlanmasının ardından, dökülecek parçanın kum içerisinde negatif bir boşluğunu meydana getirme işlemidir.



Şekil 5.53. Kalıplama (Çolak, 2012)



Şekil 5.54. Kalıplama (Çolak, 2012)



Şekil 5.55. Kalıplama adımları (Çolak, 2012)



Üst derece çıkartılır



Model kumdan çıkartılır

Şekil 5.56. Kalıplama adımları (Çolak, 2012)



Modelin çıkartılması sırasında model boşluğunda var olan kum kalıntıları temizlenir



Kalıp boşluğuna grafit püskürtülerek ısıtılır. Böylece kalıp boşluğu sertleştirilmiş olur

Şekil 5.57. Kalıplama adımları (Çolak, 2012)



Üst derece tekrar dikkatlice yerleştirilir

Şekil 5.58. Kalıplama adımları (Çolak, 2012)

Ergitme ve döküm: Kimyasal olarak hazırlanmış metalin hazırlanan kalıba dökülme işlemidir. (Çolak, M., 2012)



Pota içerisindeki eritilmiş metal

Şekil 5.59. Döküm aşaması (Çolak, 2012)



Soğuma sonrasında üst derece çıkartılarak Döküm üzerinde kalan yolluk ve çıkıcı kısımlar kesilir.

Eritilmiş metal üst derece üzerinde var olan yolluk içerisine dökülür

Şekil 5.60. Döküm aşaması (Çolak, 2012)

5.2.5 Döküm görüntüleri

Genel olarak CAD modellerinin üretimi ve üretim sonuçlarını aşağıda resimlerle görülmektedir.



Şekil 5.61. Dökülecek olan parçanın modeli



Şekil 5.62.Dökülen ilk parça (Konsol, Yan duvarlar)



Şekil 5.63.Dökülmüş yan duvarlar



Şekil 5.64.Dökülmüş yan duvarlar



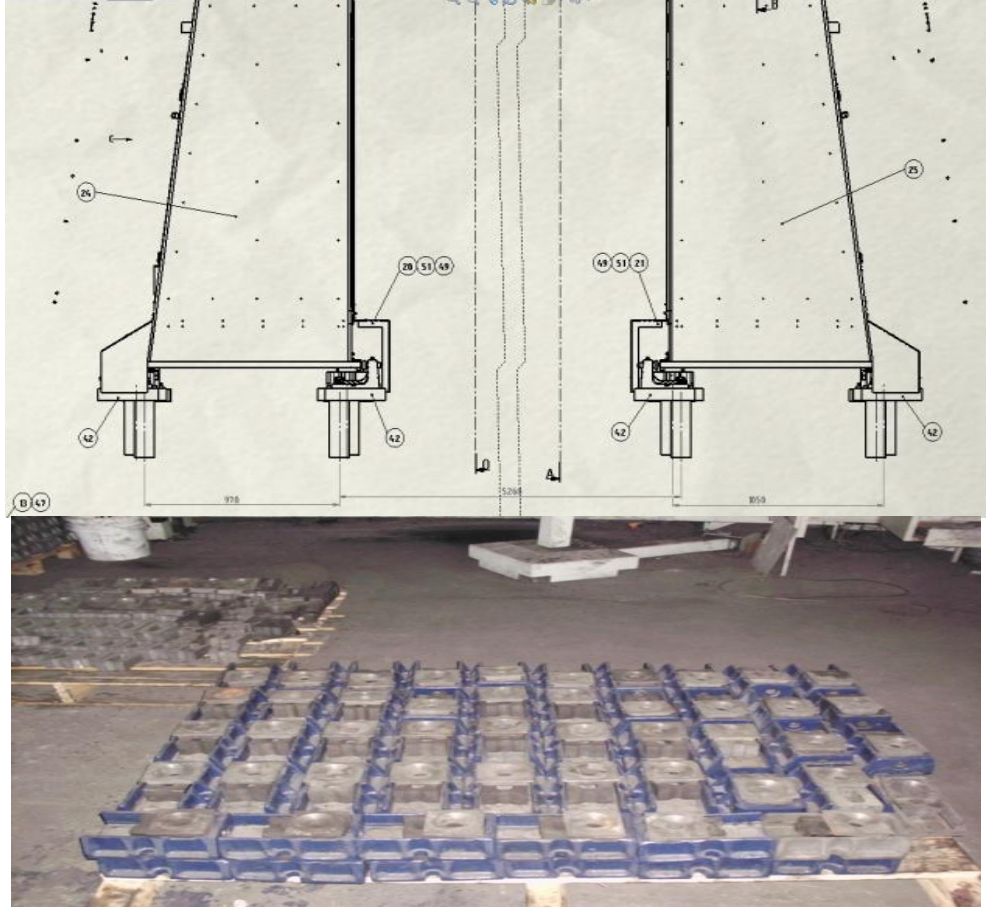
Şekil 5.65.Dökülmüş yan duvarlar(3'lü grup)



Şekil 5.66.Dökülen yan duvar ayakları



Şekil 5.67.Dökülmüş olan ayak parçaları



Şekil 5.68. Ayakların tasarımdaki görünüşü ve montajlanmış ayaklar

5.3 Makine Ana Aksam ve Yardımcı Sistemlerin Seçimi ve Özellikleri

Bu kısımda üretimi yapılacak olan makinanın seçilmiş olan ana aksam ve yardımcı aksamlar açıklanacak olup, genel olarak montaj modelleri ve montajlanmış modelin bilgisayar destekli son görüntüsüne yer verilmiştir.

5.3.1 Makine ana aksam ve yardımcı sistemleri

Seçiminden sonra alımı yapılmış olan ana aksam ve yardımcı aksamlar aşağıdaki tablolarda özellikleri ile belirtilmiştir.

Çizelge 5.7. Makinanın montajında kullanılan donanımlar

	MAKİNE-DONANIM ADI	KULLANIM YERİ
1	Ana Motorlar ve tahrik sistemleri	Prototip İmalatında makina aksamı
2	Z ekseninde hareketli freze kafası(Spindel)	Prototip İmalatında makina aksamı
3	Muhtelif Patenli rulman(Schneeberger)	Prototip İmalatında makina aksamı
5	Kontrol Ünitesi	Prototip İmalatında makina aksamı
6	Strafor Model Malzemesi	Prototip İmalatında makina aksamı döküm üretimi kalıp imalatı
7	Elektrik Tesisatı	Prototip İmalatında makina aksamı sarf malzemesi
8	Hidrolik ve soğutma tesisatı	Prototip İmalatında makina aksamı
9	Kesici takım Seti	Prototip İmalatında makina aksamı sarf malzemesi

Çizelge 5.8. Birinci takım ana motorlar ve tahrik sistemi özellikleri

AC-SERVOMOTOR
Motor tipi: Senkron motor
Faz sayısı: 3
Frekans : 50 Hz
Soğutma tipi: Doğal soğutma
Tork: 70 Nm
Hız: 3000 dev/dk
Çalışma Voltajı: 400 V
Çalışma Akımı: 25 A
Titreşim şiddeti derecesi: A
Mil Çapı: 38 mm
Enkoder Tipi: Artırımlı enkoder
AC-SERVOMOTOR
Motor tipi: Senkron motor
Faz sayısı: 3
Frekans : 50 Hz
Soğutma tipi: Doğal soğutma
Tork: 70 Nm
Hız: 3000 dev/dk
Çalışma Voltajı: 400 V
Çalışma Akımı: 25 A
Titreşim şiddeti derecesi: A
Mil Çapı: 38 mm
Enkoder Tipi: Mutlak enkoder
PLANET REDÜKTÖR
Çevrim oranı: 22
Maksimum hızlanma Momenti: 3100 Nm
Nominal Dönme Momenti: 1570 Nm
Maksimum Dönüş Hızı: 4500 d/dk
Nominal Dönme Hızı: 2500 d/dk
Maksimum eksen kuvveti: 10050 N
Maksimum eğilme momenti: 3280 Nm
Maksimum Yükte Verim: % 94
Standart adaptör plaka ile maksimum ağırlık: 34 kg
Maksimum Çalışma Gürültüsü 66 dB
Uygun çevre sıcaklık aralığı: -15 °C -- +40 °C
İzin verilen maksimum çalışma sıcaklığı: +90 °C
Minimum Ömür: 20000 saat

Çizelge 5.9. İkinci takım ana motorlar ve tahrik sistemi özellikleri

AC-SERVOMOTOR
Motor tipi: Senkron motor
Faz sayısı: 3
Frekans : 50 Hz
Soğutma tipi: Doğal soğutma
Tork: 70 Nm
Hız: 3000 dev/dk
Çalışma Voltajı: 400 V
Çalışma Akımı: 25 A
Titreşim şiddeti derecesi: A
Mil Çapı: 38 mm
Enkoder Tipi: Artırımlı enkoder
PLANET REDÜKTÖR
Çevrim oranı: 22
Maksimum hızlanma Momenti: 3100 Nm
Nominal Dönme Momenti: 1570 Nm
Maksimum Dönüş Hızı: 4500 d/dk
Nominal Dönme Hızı: 2500 d/dk
Maksimum eksen kuvveti: 10050 N
Maksimum eğilme momenti: 3280 Nm
Maksimum Yükte Verim: % 94
Standart adaptör plaka ile maksimum ağırlık: 34 kg
Maksimum Çalışma Gürültüsü 66 dB
Uygun çevre sıcaklık aralığı: -15 °C -- +40 °C
İzin verilen maksimum çalışma sıcaklığı: +90 °C
Minimum Ömür: 20000 saat

Çizelge 5.10.Üçüncü takım ana motorlar ve tahrik sistemi özellikleri

AC-SERVOMOTOR
Motor tipi: Senkron motor
Faz Sayısı: 3
Frekans: 50 Hz
Soğutma tipi: Doğal soğutma
Tork: 27 Nm
Hız: 4500 dev/dk
Çalışma Voltajı: 400 V
Çalışma Akımı: 12 A
Titreşim şiddeti derecesi: R
Mil Çapı: 38 mm
Enkoder Tipi: Mutlak enkoder
YAĞLAMA PARÇASI
Modül: 5 mm, diş sayısı=17. Tespit ekseni ile kremayerin yanına monte edilecektir.
KREMAYER DİŞLİ
Diş tipi: Helisel
Modül: 5 mm
Uzunluk: 500 mm
Kalite: 5 - DIN 3962/63/67
Taksimat hatası: 12 µm
Yükseklik Toleransı: 0/-0,02mm
PINYON DİŞLİ
Diş tipi: Helisel
Modül: 5 mm
Diş sayısı: 17

Çizelge 5.11.Dördüncü takım ana motorlar ve tahrik sistemi özellikleri

AC-SERVOMOTOR
Motor tipi: Senkron motor
Faz Sayısı: 3
Frekans : 50 Hz
Soğutma tipi: Doğal soğutma
Tork: 27 Nm
Hız: 4500 dev/dk
Çalışma Voltajı: 400 V
Çalışma Akımı: 12 A
Titreşim şiddeti derecesi: R
Mil Çapı: 38 mm
Enkoder Tipi: Artırımlı enkoder
YAĞLAMA PARÇASI
Modül: 5 mm, diş sayısı=17. Tespit ekseni ile kremayerin yanına monte edilecektir.
KREMAYER DİŞLİ
Diş tipi: Helisel
Modül: 5 mm
Uzunluk: 1000 mm
Kalite: 5 - DIN 3962/63/67
Taksimat hatası: 12 µm
Yükseklik Toleransı: 0/-0,02mm

Çizelge 5.12.Beşinci takım ana motorlar ve tahrik sistemi özellikleri

AC-SERVOMOTOR	
Motor tipi:	Senkron motor
Faz sayısı:	3
Frekans :	50 Hz
Soğutma tipi:	Doğal soğutma
Tork:	70 Nm
Hız:	3000 dev/dk
Çalışma Voltajı:	400 V
Çalışma Akımı:	25 A
Titreşim şiddeti derecesi:	A
Mil Çapı:	38 mm
Enkoder Tipi:	Artırılmış enkoder
KREMAYER DİŞLİ	
Diş tipi:	Helisel
Modül:	5 mm
Uzunluk:	1000 mm
Kalite:	5 - DIN 3962/63/67
Taksimat hatası:	12 µm
Yükseklik Toleransı:	0/-0,02mm
PINYON DİŞLİ	
Diş tipi:	Helisel
Modül:	5 mm
Diş sayısı:	17

Çizelge 5.13. Freze kafası özellikleri

Kaç eksen var? Eksen konfigürasyonu? (Normal eksen / PLC eksen)	5 Senkronize Hareketli Eksen 3x linear eksen 2x rotasyonel kafa hareketi
Eksen Kurs boyları:	X = 13.800mm
	Y = 5.000mm
	Z = 2.000mm
	A = ± 100`
	C = ± 360`
Şanzıman	Her eksende iki adet redüktör ve kremiyer dişli sistemi ile hareket sağlanacaktır.
Takım magazine	İlerde eklemek üzere kontrolde uygun input/outputlar olmalı (30-60 takım, sıralı takım değiştirici)
Hareketli Palet	Yok
Eksenlerde kullanılacak encoder tipi (rotary / lineer cetvet)	HH Lineer ölçüm cetvelleri (X,Y,Z'de LB382 ler) A ve C'de ENDAT-RCN226,
Tahmini Giriş ve çıkış miktarı	5 eksen tezgah, pnömatis, hidrolik ve soğutma sistemleri mevcut. Bu gerekliliklere uygun PLC altyapısına göre giriş çıkış sayısı.

Çizelge 5.14. Elektriksel donanım özellikleri

Tezgah standart besleme gerilimi	380V 50Hz
Tezgah girişinde regülatör / trafo	Var
Tezgahın standart kumanda gerilimi	24V
Hazırda emniyet rolesi tertibatı	Var
Termik, sigorta ve kontaktör bilgileri ve durumları	Tarafımızdan kurulacaktır.
Fan / yağlama motorları bilgileri	Her bir eksene ait bir Fan bir Yağlama motoru mevcut olacaktır.
Switchlerin durumları	Her ekseninde pozisyonlama limit switchleri

Çizelge 5.15. Kumanda edilecek encoder ve motor bilgileri

Motor tip\devir\tork ve güçleri	Tümü Siemens Motorlar, Kontrol 611D Serisi sürücüler ile uyumlu olmalı
X eksen	4 adet 1FT6108-8AF71-3EG1 / 2000rpm / 14,7KW
Y eksen	2 adet 1FT6102-8AH71-4EG3 / 4500rpm / 12,7KW
Z eksen	1 adet 1FT6086-8WH71-4EG1 / 4500rpm / 22,1KW
A eksen	1FW6130-0PA05-0KC2 / 150rpm / 3KW
C eksen	1FW6160-0WA15-2JC2 / 65rpm / 14,6KW
Spindle	HSK 100 A / 5000rpm / 344Nm / 45KW

Çizelge 5.16. Seçilen cam ölçme cetvelleri ve kabloları özellikleri(X Eksen –sağ)

X Eksen -sağ	
Ölçme Uzunluğu: 14240 mm	
Enkoder tipi: Artırmalı lineer enkoder	
Ölçüm adımları: 0,1µm	
Yatay montaj mümkün olmalıdır.	
Sinyal	1 Vpp
Sinyal Periyodu	40µm
Kesim Frekansı	≥250kHz
Maksimum hız	120 m/dakika
Güç Desteği	5V
Elektrik Bağlantısı	Ayrılabilir kablo ile
Gerekli taşıma kuvveti	≤15 N
Titreşim	≤300m/s ²
Şok	≤300m/s ²
İvme	60m/s ²
Çalışma sıcaklığı	0°C to 50°C

Çizelge 5.17. Seçilen cam ölçme cetvelleri ve kabloları özellikleri(X Eksen –sol)

X Eksen -sol	
Ölçme Uzunluğu: 14240 mm	
Enkoder tipi: Artırımlı lineer enkoder	
Ölçüm adımları: 0,1µm	
Yatay montaj mümkün olmalıdır.	
Sinyal	1 Vpp
Sinyal Periyodu	40µm
Kesim Frekansı	≥250kHz
Maksimum hız	120 m/dakika
Güç Desteği	5V
Elektrik Bağlantısı	Ayrılabilir kablo ile
Gerekli taşıma kuvveti	≤15 N
Titreşim	≤300m/s ²
Şok	≤300m/s ²
İvme	60m/s ²
Çalışma sıcaklığı	0°C to 50°C

Çizelge 5.18. Seçilen cam ölçme cetvelleri ve kabloları özellikleri(Y Eksen –sol)

Y Eksen	
Ölçme Uzunluğu = 5240 mm	
Enkoder tipi: Artırımlı lineer enkoder	
Ölçüm adımları: 0,1µm	
Yatay montaj mümkün olmalıdır.	
Sinyal	1 Vpp
Sinyal Periyodu	40µm
Kesim Frekansı	≥250kHz
Maksimum hız	120 m/dakika
Güç Desteği	5V
Elektrik Bağlantısı	Ayrılabilir kablo ile
Gerekli taşıma kuvveti	≤15 N
Titreşim	≤300m/s ²
Şok	≤300m/s ²
İvme	60m/s ²
Çalışma sıcaklığı	0°C to 50°C

Çizelge 5.19. Seçilen cam ölçme cetvelleri ve kabloları özellikleri(Z Ekseni)

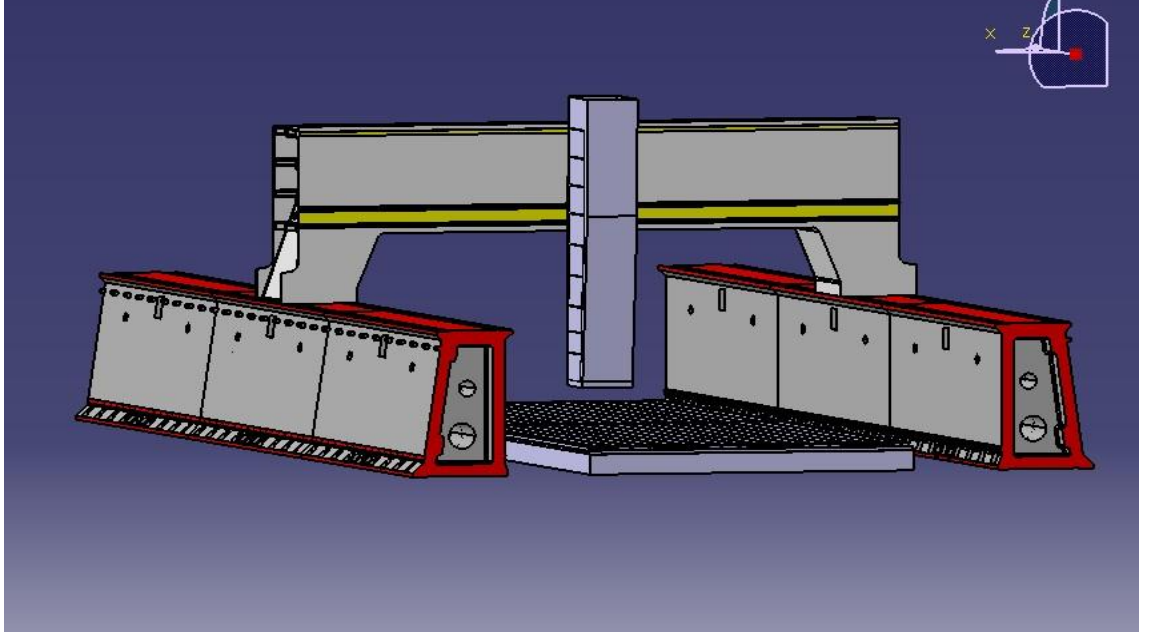
Z Ekseni	
Ölçme Uzunluğu = 5240 mm	
Enkoder tipi: Artırmalı lineer enkoder	
Ölçüm adımları: 0,1µm	
Yatay montaj mümkün olmalıdır.	
Sinyal	□ 1 Vpp
Sinyal Periyodu	40µm
Kesim Frekansı	≥250kHz
Maksimum hız	120 m/dakika
Güç Desteği	5V
Elektrik Bağlantısı	Ayrılabilir kablo ile
Gerekli taşıma kuvveti	≤15 N
Titreşim	≤300m/s ²
Şok	≤300m/s ²
İvme	60m/s ²
Çalışma sıcaklığı	0°C to 50°C

Çizelge 5.20. Patentli Rulman Özellikleri

Teknik özellikler				
Ekseni	X EKSENİ			
Genişlik(mm)	65			
Uzunluk(mm)	17999			
Maksimum Hız	3 m/s			
Maksimum İvme	150 m/s ²			
Çalışma Sıcaklığı	-10 °C - +80 °C arası			
Yük kapasiteleri (N)	C Dinamik		Co Statik	
	207000		382000	
Moment yük kapasitesi (Nm)	Dinamik Burulma Momenti	Dinamik Eksenel Moment	Statik Burulma Momenti	Dinamik Eksenel Moment
	7300	4590	13500	8470

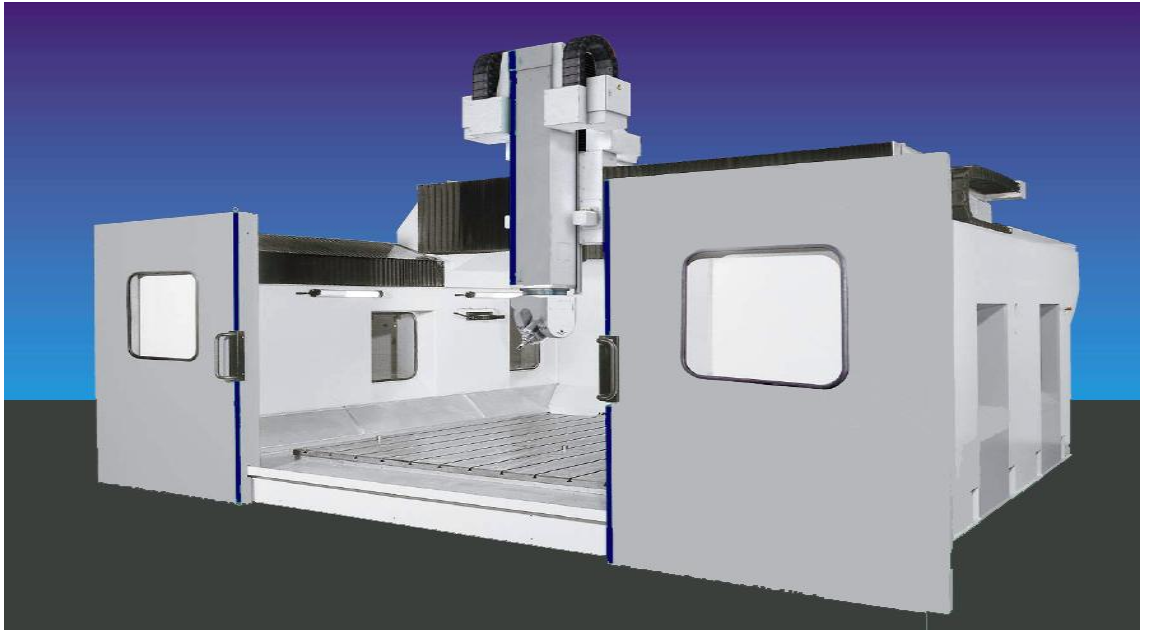
5.3.2 Makine montajı ve görüntüleri

İlk olarak makinenin konstrüksiyonun montajı gerçekleştirilmiştir. Bu montajda yan duvar, tabla ve portal bulunmaktadır. En son döküm modelleri kullanılarak bu montaj gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.69. Ana konstrüksiyonun montajı

Ana konstrüksiyon, ana aksam ve yardımcı aksamlar kullanılarak meydana gelecek makine görüşü ise aşağıdaki gibi olacaktır.



Şekil 5.70. Ana konstrüksiyon, ana aksam ve yardımcı aksamların montaj görüntüsü

6. SONUÇ

Yapılmış olan projede büyük ölçekli portaldan hareketli CNC kontrollü freze tezgahının yapısal tasarımı ve prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu inceleme klasik yöntemler yerine, bilgisayar desteği kullanılarak yapılmıştır ve daha kısa sürede sonuçlar elde edilebilmiştir. Tabi bu süreyi daha da kısaltmak mümkündür. Bunun sağlanması için programda çeşitli ayarlamaların yapılması gerekmektedir. Bunlardan en önemlilerinden biriside sonlu eleman sayısı ile ilgilidir. Örnek olarak ideal bir sonlu eleman sayısından sonra program yakınsama olarak aynı sonuçları verecektir ve eleman sayısını ne kadar artırırsak arttırılabilir sonuçlarda değişiklik olmayacaktır. Bu durumda ise belirli bir eleman sayısından sonra eleman sayısını daha da arttırmanın bir anlamı yoktur çünkü artan eleman sayısı CPU zamanını arttıracak olup gereksiz bir kullanım ortaya çıkacaktır.

Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli analizin kullanılması makinenin üretim süresini kısaltmıştır. Ayrıca daha sonra ortaya çıkabilecek problemlerin daha tasarım aşamasında önüne geçilmiştir. Böylelikle BDT ve BDA ile en iyi sonuçlar daha kısa sürede ortaya çıkarılmıştır.

Projedeki tüm konstrüksiyonlarda gerilme değerleri, deformasyon değerleri ve döküm ağırlıkları istenilen sınırlar içerisinde çıkarılmıştır. Bu BDT ve BDA sırası ile tekrarlanarak ve istenilen sonuç elde edilinceye kadar devam etmiştir.

Yapılan projede önemli olanlardan biride döküm ağırlığıdır. BDT ve BDA ile döküm ağırlığı daha önceden belirlenmiş olup, model istenilen kapasitede döküme izin verecek şekilde oluşturulmuştur. Böylelikle projenin üretim esnasında daha az döküm malzemesi kullanılması sağlanmıştır.

Makinenin en önemli farklılarından birisi de 5 eksenli işleme kafasına sahip olmasıdır. Böylece dikey-yatay eksenlerde işleme yapabilecek özelliktedir. Makina ile daha hızlı ve daha kolay bir üretimi gerçekleştirme olanağı sağlanmıştır. Çok yönlü işleme kabiliyeti olması nedeni ile farklı sektörler için, karmaşık işleme teknolojilerine ihtiyaç duyan büyük parçaların işleminin tek bir makinede yapılabilmesi sağlanmıştır.

Proje ile benzerlerinin aksine ana konstrüksiyonu sac ile üretim yerine döküm yoluyla üretilmiştir. Döküm yoluyla üretimle daha rijit, daha kararlı ve daha hatasız bir yapı ortaya çıkarılmıştır. Bununla beraber sac üretiminde kullanılan bir çok montaj sac parçası yerine tek parça halinde büyük bir konstrüksiyon üretimine olanak sağlanmıştır.

Üretilen ürün ile döküm parçalara düşük toleranslarda hassas işleme teknolojisi kazanılmıştır. Rüzgar türbini göbek kısmı gibi oldukça büyük parçalar hassas olarak işlenebilecektir.

Sonuç olarak bilgisayar destekli tasarım ve analiz sonrasında gerçekleştirilen döküm yöntemi başarılı olmuştur. Yapılan tasarımlar ve analizler sonucunda döküm için en iyi modeller oluşturulmuştur. Özellikle rüzgar enerjisi ve bunu gibi sektörlerin hassas freze işçiliğine ihtiyaç duyan parçalarının üretimini gerçekleştirebilen bir makine proje sonunda ortaya çıkarılmıştır. Proje çıktısı döküm rüzgar enerjisi, makine (özellikle işlenmiş tabla ihtiyacına yönelik) ve otomotiv sektörlerine hizmet edecektir. Tüm bu sektörlerin yurtdışında gelişmiş olduğu bilinmektedir. Bu makine ile büyük yabancı şirketlere teknolojik hizmet verilebilecektir.

Son yıllarda dünyada müşteri istekleri doğrultusunda makine imalatına yönelme eğilimi söz konusudur. Ek bir mühendislik çalışması gerektiren bu talepler, batı ülkelerinde fiyatların artmasına sebep olmaktadır. Ülkemizde ise işçilik yanında, mühendislik hizmetlerinin de nispeten ucuz olması, makine imalatçı firmalarının rekabet gücünü arttırmaktadır ve bu üstünlük yakın gelecekte de devam edecektir. Bu talepler göz önüne alınarak makine imalatı pazarına girilmesi avantajlı görünmektedir. Proje ile makine imalat sektörüne katkı sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

Anonim, 2006. CNC torna, freze çalışma prensipleri ve takım teknolojisi. Gazi üniversitesi teknik eğitim fakültesi kalıpcılık öğretmenliği ders notu. <http://www.belgeler.com/blg/2n9z/cnc-torna-freze-calisma-prensibleri-ve-takim-teknolojisi>. (Erişim tarihi :18.05.2012)

Anonim,2008. Sonlu elemanlar metodu. <http://www.scribd.com/doc/54968419/2/SONLU-ELEMAN-METODU>. (Erişim tarihi :02.05.2012)

Anonim, 2012. Titreşim analizleri, <http://www.mesh.com.tr/titresim-analizleri.html>. (Erişim tarihi :13.05.2012)

Alkın, C., İmrak, C.E., Kocabaş, H.,2005. Solid Modeling and Finite Element Analysis of an Overhead Crane Bridge, *Acta Polytechnica*, 45: 61-67,

Aran, A.,2007. Döküm teknolojisi-İmal usulleri ders notu. İTÜ, <http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/dokum.pdf> , (Erişim tarihi:23.012.2011).

Ay, İ., 2012. Döküm yolu ile imalat,Balıkesir Üniversitesi, <http://w3.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/iy1/dokum.yolu.ile.imalat.pdf>, (Erişim : 25.01.2012).

Celiktas, M.,1998. Calculation of Rotation Angles at the Wheels Produced by Deflection Using Finite Element Method and the Determination of Motion Resistance in Bridge Cranes, *J. of Mechanical Design*,120.

Çolak, M., 2012. Döküm yoluyla imalat kum kalıba döküm yöntemi,Sakarya Üniversitesi, <http://web.sakarya.edu.tr/~mcolak/dersnotu/Dokyontem.pdf>, (Erişim : 15.01.2012).

Diñçel, M.,1999. CNC takım tezgahları. T.C Trakya Üniversitesi Tekirdağ Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü diploma çalışması.11, 1-2.

Erden, A., 2002. Computer Automated Access to the F.E.M. rules” for Crane Design, *Anadolu University Journal of Science and Technology*,. 1: 115-130.

Erdik A., İmrak C.E., Gerdemeli İ.,2006. Finite Element Modeling and Nonlinear Stress Analysis of Portal Crane, 12. International Conference on Machine Design and Production, 5- 8 Eylül 2006, Kuşadası, Aydın.

Ergin, A., Bayraktar, K., Ünsal Y., 2000. Sonlu elemanlar metodu ve gemi inşaat sektöründeki uygulamaları, Seminer Kitabı, Mayıs 2000, İstanbul.

Gönül, E., Bayraktaroğlu, B. 2011. Kaldırma makinalarında yorulma test ve analizleri, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Bursa, 98 s.

Gülmez, T.,2012. İmal usulleri,döküm ders notu, İTÜ, <http://web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI/ch11-Dokum%20Yontemleri.ppt>, (Erişim : 12.01.2012).

Jung, D., Gea,H.,C.,2003, ‘‘Topology Optimization of Nonlinear Structures’’, New Jersey, USA.

Karamış, M., B., 2005. İmalat yöntemleri. Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü ders notları, <http://tr.scribd.com/doc/57839308/Imalat-Yontemler>, (Erişim: 27.04.2012).

Kayıkcı, R., 2008. Büyük Kütleli bir Çelik Parçanın Dökümünde Klasik ve Bilgisayar Destekli Mühendislik Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 23: No 2.

Kayıkcı, R. ve Akar, N., 2007. ‘‘Farklı Kesit Kalınlıklarına Sahip Büyük Hacimli Bir Çelik Dökümün Simülasyon Teknikleri ile Tasarlanması’’, *Politeknik Dergisi*, 10-4: 214-227.

Kushnir E., 2004. Solid Structures for Machining Centers, Machine Design, <http://machinedesign.com/article/solid-structures-for-machining-centers-0819>, (Erişim: 27.04.2012).

Larsson, T., 2006. Material and Fatigue Properties of Old Metal Bridges, Luleå University of Technology, 178 pp.

Meşeli, 2011. Doğal Frekans Analizi, <http://www.il kaymeseli.com/2011/04/dogal-frekans-analizi/> (Erişim tarihi: 05.05.2011).

Özel, T., Altan, T,1999. ‘‘Process Simulation Using Fifinite Element Method — Prediction of Cutting Forces, Tool Stresses and Temperatures in High-Speed Flat End Milling’’, Department of Industrial and Manufacturing Engineering, Cleveland State University, Cleveland, USA.

Weiwei W.,2009. Finite Element Analysis of Dynamic Charateristic for the XK717 CNC Milling Machine, icmtma. 2009, International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation,Hongkong.

Vural, M. 2010. EÜT 231 Üretim yöntemleri. <http://web.itu.edu.tr/~vuralmu/eut30.pdf> (Erişim:2011)

Yıldız,A., Kaya N., F. Öztürk F.,2003. Taşıt elemanlarının optimum topoloji yaklaşımı ile tasarımı, *Mühendis ve Makina*, Ocak 2003: 23-28,

Zhang,H., Han, Y., Chen, F., Wen,J.,2011, Finite Element Analysis and Topology Optimization of the Clamping Unit in a Two-Platen Injection Machine, *Applied Mechanics and Materials*, 117-119:1535-1542.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Ersan GÖNÜL

Doğum Yeri ve Tarihi :Bursa-23.09.1985

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise :Milli Piyango Anadolu Lisesi Bursa / 2000 - 2004

Lisans :Uludağ Üniversitesi Makine Müh. Böl. / 2004 -
2009

Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Müh. Böl. Anabilim Dalı / 2010 - Halen
Devam Ediyor

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :TMMOB Makina Mühendisleri Odası Bursa
Şubesi / 2009-Halen Devam Ediyor

İletişim (e-posta) :ersangonul@hotmail.com

Yayınları :

Gönül, E., Bayraktaroğlu, B. 2010, Metal konstrüksiyonların ve makine parçalarının yorulma dayanımı ve örnek bir analiz çalışması, *TMMOB MMO Bursa Şube Bülteni*, Mart 2010, 15-18

Gönül, E., Bayraktaroğlu, B. 2011, Kaldırma makinalarında yorulma test ve analizleri, 2011

Kılıç, M., Gönül, E., 2011, Bir düzlemsel güneş kolektörünün 3- boyutlu sayısal analizi, *Anadolu Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 2011.