



Paletli Tip Havai Çalışma Platformunun Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Tasarımı ve Üretimi

Investigation Of The General Construction Design Of The Working Platform With Pallet High At The Static Loads

Özcan ÜRGÜN^{1,*} , Ersin Asım GÜVEN² , Hayrettin GÖRGEN³ , Satılmış ÜRGÜN⁴ 

¹ Paktaş Platform Kaldırma ve Taşıma Makineleri Tic. San. A.Ş. Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0003-1475-7453

² Makine Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0003-0153-6774

³ Paktaş Platform Kaldırma ve Taşıma Makineleri Tic. San. A.Ş. Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0002-3140-3078

⁴ Havacılık Bilimi ve Teknolojileri ABD, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0003-3889-6909

Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 14/09/2019

Kabul Tarihi : 21/09/2019

Anahtar Kelimeler

Yükseltilebilir Seyyar İş Platformu (YSİP)
Paletli Platform
Statik Analiz
Sonlu Elemanlar Yöntemi

Özet

Teknolojinin ve inşaat sektörünün geliştiği, kapalı alanlarda yaşamın hızla arttığı günümüzde insanların yüksekte çalışma ihtiyaçları daha da artmıştır. Hem kapalı hem de açık alanlarda yüksekte çalışabilmek için ihtiyaç duyulan makinelerin çeşitli özelliklerde olması da önem arz etmektedir. Havai çalışma platformları temel olarak ulaşılamayan bölgelere geçici olarak erişim sağlayan taşıma araçlarıdır ve özellikle bir yükü kaldırmak veya ulaşılamayan yüksekliklerde çalışma olanakları sağlamak için kullanılmaktadır.

Havai platformların çalışma mekanizmaları ve yapısal özellikleri gereği belirli bir denge yapısına sahip olmaları gerekmektedir. Bu sebeple platformlarda özellikle kaldırma gruplarının optimum olarak tasarlanması önem arz etmektedir. Hafif ve belirli bir dayanıma sahip konstrüksiyonların tasarlanması için sonlu elemanlar yöntemi gibi hesaplama metotları ile statik veya dinamik analizler yapılması kesit optimizasyonu ve uygun malzeme seçimi en uygun tasarımı yapmak adına ciddi fayda sağlamaktadır.

Bu çalışmada, TS EN 280 + A1 standardına uygun Paletli Tip Teleskobik Çalışma Platformunun tasarımı yapılmıştır. Belirli çalışma koşulları göz önünde bulundurulup statik yükler altında Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanılarak gerilme analizleri yapılmış ve bu doğrultuda kesit optimizasyonları gerçekleştirilerek en uygun malzeme seçimi yapılmıştır.

Research Paper

Received Date : 14/09/2019

Accepted Date : 21/09/2019

Keywords

Upgradeable Mobile Work Platform (UMWP)
Tracked Platform
Static Analysis
Finite Element Method

Abstract

Today, where technology and construction sector develops and life in indoor areas increases rapidly, the need for working at height has increased. It is also important that the machines required for working at height both in indoor and outdoor areas have various features. Aerial work platforms are basically means of transportation that temporarily provide access to inaccessible areas and are particularly used to lift a load or provide operation at unreachable heights.

Aerial platforms must have a certain balance structure due to their working mechanisms and structural features. For this reason, it is important to design the lifting groups optimally on the platforms. Static or dynamic analysis by means of calculation methods such as finite element method for designing light and certain strength constructions provides significant benefit in order to make optimal design of section optimization and appropriate material selection.

In this study, the design of the Track Type Telescopic Work Platform complying with TS EN 280 + A1 standard has been designed. Stress analyzes were carried out by using the Finite Element Method under static loads considering the specific working conditions and the most suitable material selection was made by performing cross-section optimizations in this direction.

1. Giriş

Üzerinde kurma, tamirat, muayene veya bunlara benzer işlerin gerçekleştirilebildiği ve istenilen çalışma konumuna yüklü olarak da hareket edebilen korkuluklu veya kafesli

platformlara iş platformları denmektedir. Havai çalışma platformları ise kumanda edilebilen; bir iş platformu, bir uzantı yapısı ve bir şasiden oluşan araçlara denir. Şasi üzerinde ya da zemin seviyesinde bulunan, sadece erişim konumlarındaki kişilerin iş platformuna binmesi ve inmesi planlanan, işlerini üzerinde durarak gerçekleştirdiği

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): ozcanurgun@gmail.com



çalışma konumlarına kişilerin taşınması amaçlanan seyyar makinelerdir[1].

Başlangıcı 1940'lı yıllara giden sonlu elemanlar yöntemi değişik disiplinlerdeki, genellikle analitik yöntemlerle çözülemeyen karmaşık birçok fizik ve mühendislik problemlerinin çözümü için geliştirilmiş sayısal bir yöntemdir.

Üretim firmaları, büyük tasarım ofisleri ve AR-GE merkezleri genellikle kendi bünyelerinde geliştirdikleri sonlu eleman yazılımlarını ya da ticari amaçlı geliştirilmiş genel amaçlı sonlu eleman yöntemleri (SEY) tabanlı yazılımlar kullanmaktadırlar. Mühendislik bakış açısından SEY; gerilme analizi, ısı iletimi, akışkan akımı ve elektromanyetik gibi mühendislik problemlerini bilgisayar simülasyonu ile çözmek için kullanılan bir yöntemdir[2].

Yuan ve ark. (2009), mobil hidrolik iş platformların gelişmiş kontrol şeması yoluyla verimliliği ve havai çalışma platformu güvenliğini giderme konusunda çalışmıştır. Sistemin kontrolü için bir kapalı döngü oluşturulmuştur[3].

Hu ve ark.(2010), yaptıkları çalışmada araç üstü eklemli platformun çalışma esnasında dengelemeyi etkileyen unsurlardan biri olan titreşim üzerinde durmuşlardır. Sistemin denklemlerini cisim dinamiği teorisi ve Lagrange denklemi yardımı ile elde etmişler; ardından sistemin simülasyonunu yapmışlardır[4].

Hongxia ve ark. (2012), mobil hidrolik iş platformlarının sepet uzvunda genellikle insanların çalıştığı için sepet uzvunun yatayla dengeleme hareketini oldukça hassas ve titreşimsiz olması için çalışmalarda bulunmuşlardır[5].

Dengiz ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, 500 kg yükü 2 m yüksekliğe kaldıran makaslı bir kaldırma sisteminin tasarımı ve sonlu elemanlar yöntemiyle analizi gerçekleştirilmiştir[6].

Bu çalışmada, TÜBİTAK TEYDEB projesi kapsamında desteklenen ve Türkiye'de üretimi ilk kez tasarımı yapılan Paletli Yürüyüşlü Teleskopik Platform detaylıca şekilde anlatılmış ve analiz edilmiştir. Çalışmanın birinci bölümünde detaylı literatür taraması yapılmıştır. İkinci bölümünde havai platformun genel konstrüksiyonu incelenmiştir. Üçüncü bölümde sepet, 5.bom, kule ve şasi gruplarının sonlu elemanlar yöntemi ile analizleri yapılmıştır. Son olarak ise sonuçlar bölümünde ortaya çıkan bulgular paylaşılmıştır.

2. Üretilen Havai Platformun Genel Konstrüksiyonu

Şekil 1 de tasarımı yapılan paletli tip havai çalışma platformu gösterilmektedir. Paletli tip havai platformlar sahip oldukları kauçuk yürüyüş paletleri ve egzoz

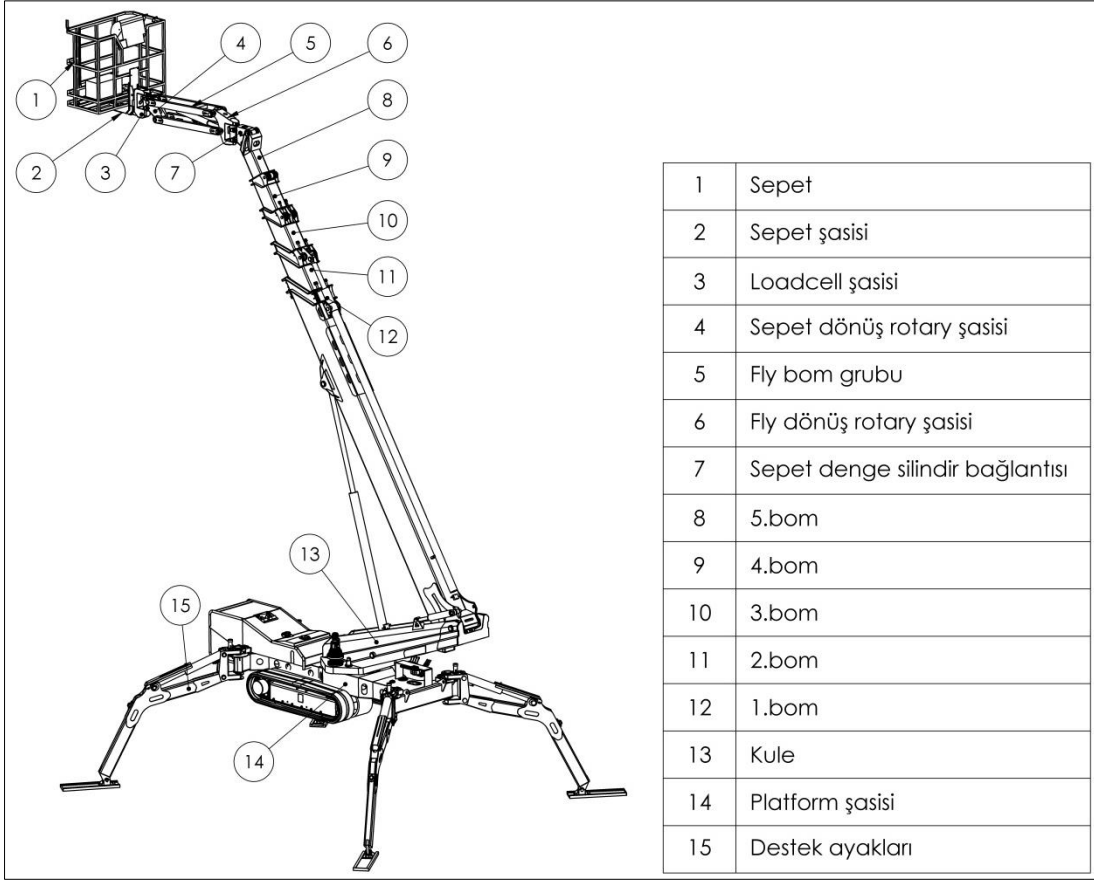
salınımına sebep olmayan elektrik motorları sayesinde AVM, Havalimanları, Hastane ve Spor Salonları gibi kapalı alanlarda özellikle tercih edilmektedirler. Üretimi yapılmış olan platform teleskobik bom yapısı sayesinde farklı kesit ve et kalınlığı bulunan 5 adet bom ile 30m çalışma yüksekliği, 14m yanal mesafeye erişebilmektedir. Bu çalışma sınırları içerisinde 200kg sepet kapasitesi bulunmaktadır. Platform devrilmesine sebep olabilecek yanal kuvvetlerin ve yapısal yüklerin istenilen sınırlar içerisinde kalabilmesi amacıyla çeşitli uzunluk, aç, mekanik siviç ve yük sensörleri ile donatılmıştır. Birbirinden bağımsız olarak çalışan örümcek ayak yapısı ve otomatik dengeleme özellikleri, farklı eğimlerde ve farklı yüksekliklerdeki zeminlerde platformun kurulmasına olanak sağlamaktadır.

Platformda yanal yüklerin ve toplam kütleinin azaltılması amacıyla sepet ve fly bom grubu tamamen yüksek kalite Alüminyum malzemeden tasarlanarak üretilmiştir. Platformun hassas zeminlerde destek ayakları üzerinde kurulması gerektiği durumlarda özel olarak tasarlanan teflon tabanlıkları sayesinde basınç alanı artırılarak zeminde oluşturulan basınç azaltılmıştır.

3. Üretilen Havai Platformun Statik Yükler Altında Gerilme Analizi

Bu çalışmada Solidworks katı çizim programında tasarımı yapılan Paletli Teleskobik Platformun statik yükler altında analizleri yapılacaktır. Şekil 1 de görülen konstrüksiyon genel olarak ele alındığında 15 farklı yapının montajlanması ile elde edilmiş olup, bu çalışmada sepet ve fly grubu, beşinci bom, kule ve şasi analizleri yapılmıştır. Platform tasarımında en önemli husus belirlenen emniyet katsayısının sınırları içerisinde kalarak en hafif konstrüktif yapının elde edilmesidir. Yapılacak olan analizler sonucunda her bir grup analiz için 2 farklı görsel sunulacaktır. Sunulacak olan görsellerden biri yapılan analiz çalışmasında gerilmenin yoğunlaştığı bölgeleri renk farkı ile gösterecek, diğer görsel ise maksimum gerilmenin olduğu hacimlerin daha net görülmesini ve anlaşılmasını sağlayacaktır. Genel yapı ve gerilme özelliklerinin bulunacağı bir tablo da her çalışma sonrasında oluşturulacaktır.

Sonlu elemanlar yönteminde yapı, davranışı daha önce belirlenmiş olan birçok elemana bölünür. Elemanlar "nod" adı verilen düğüm noktalarında tekrar birleştirilirler. Bu şekilde cebrik bir denklem takımı elde edilir. Gerilme analizinde bu denklemler düğüm noktalarındaki denge denklemleridir. İncelenen probleme bağlı olarak bu şekilde yüzlerce hatta binlerce denklem elde edilir. Bu denklem takımının çözümü ise bilgisayar kullanımını zorunlu kılmaktadır[7].

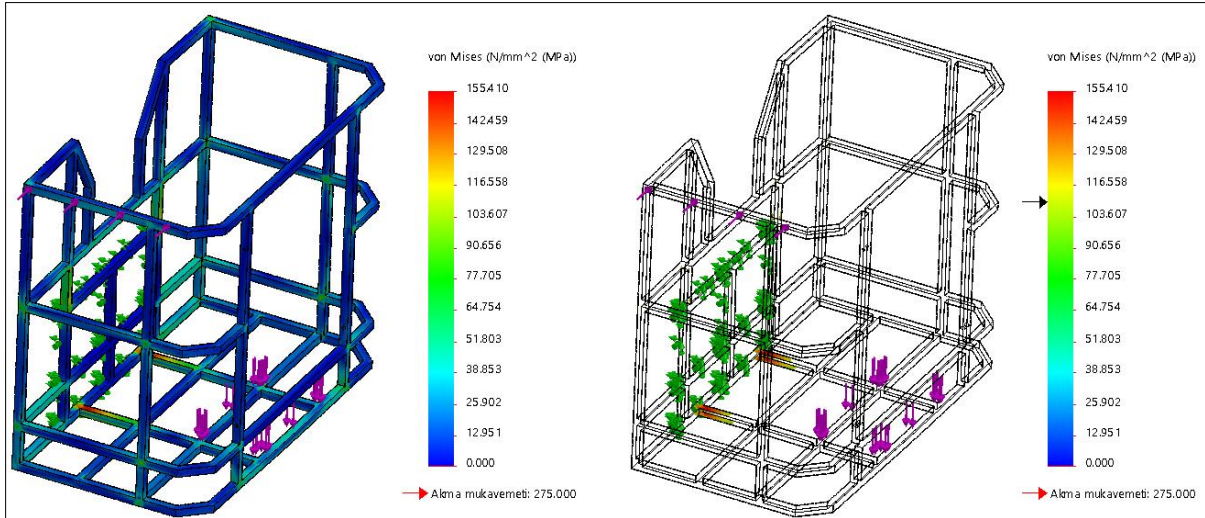


Şekil 1. Tasarlanan havai platformun genel konstrüksiyonu

SEA programları fiziksel modelin CAD sunumunu kullanmaktadır. Program bu parçayı alt parçalara ayırır bunlar sonlu eleman olarak adlandırılır. Alt parçalara ayırma işlemine mesh ağlara bölme denmektedir. Daha iyi ağ (daha çok eleman) fiziksel modelin matematik olarak daha iyi ifade edilmesi demektir. Bir elemanın birincil amacı iki nodu yayla birbirine bağlamaktır. Eleman tipi problemin tipine göre değişmektedir[8].

Şekil 2 de görülen çalışma sepetinin 40N yanal ve

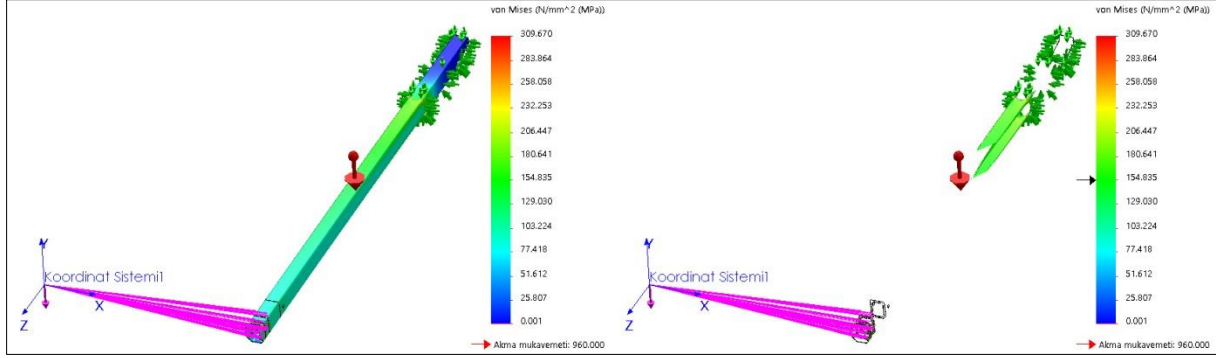
3000N yapısal kuvvet altında analizi yapılmış ve ortalama maksimum gerilme 154 MPa olarak bulunmuştur. Kullanılan 6061 – T6 serisi özel Alüminyum malzemenin 275 MPa akma değeri bulunmakta ve bu doğrultuda tasarımı yapılan sepetin 1.7 kat emniyetli olduğu görülmektedir. Alüminyum malzeme kullanılması çelik konstrüksiyon ile kıyaslandığında platforma ciddi bir hafiflik sağlamıştır.



Şekil 2. Sepet gerilme analizi

Şekil 3 de beşinci bomun analiz sonuçları gösterilmiştir. Bu bom fly bom grubunun dönüş hareketi yapabilmesi özelliğinden dolayı hem eğilme hem de burulma kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Statik olarak analizi yapılan bom 400N yanal, 5000N ise burmaya çalışılan kuvvete maruz kalmış, yapılan analiz neticesinde

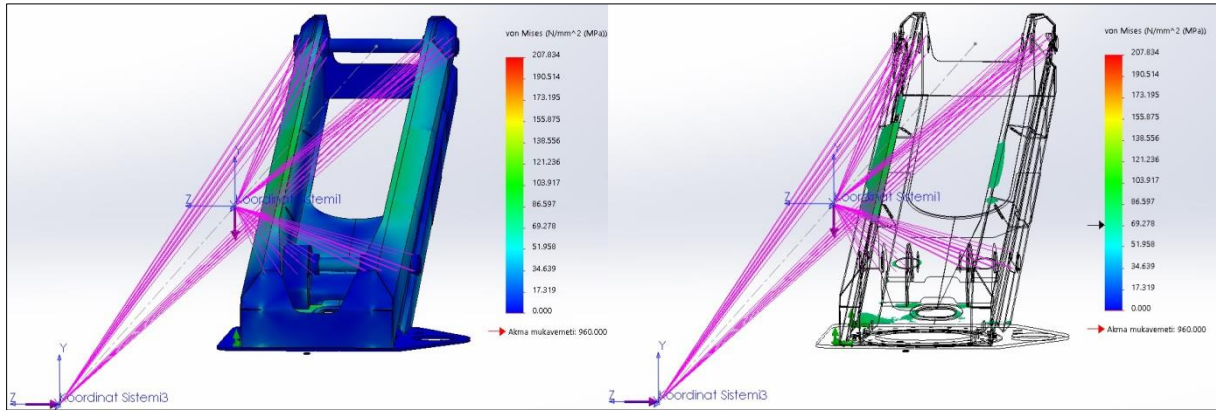
ortalama maksimum gerilme değeri 310 MPa olarak bulunmuştur. Bom grubunda hafifliğin önem arz etmesi sebebiyle akma mukavemeti 960 MPa olan özel alaşımlı çelik kullanılmış ve yaklaşık olarak 3 kat emniyetli olarak üretilmiştir.



Şekil 3. 5.bom gerilme analizi

Şekil 4 de görülen, bom ve sepet grubunun yatakladığı kule, bağlantı mafsallarından toplamda 2200N üst grup yüküne ve 400N yanal kuvvete maruz kalmaktadır. Bu yükler altında analizleri tamamlanan kulede hesaplar neticesinde maksimum 208MPa gerilme bulunmuştur.

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda 690MPa akma mukavemeti değeri bulunan özel alaşımlı sac kullanılmış ve emniyet katsayısı yaklaşık 3.3 olarak üretimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Kule gerilme analizi

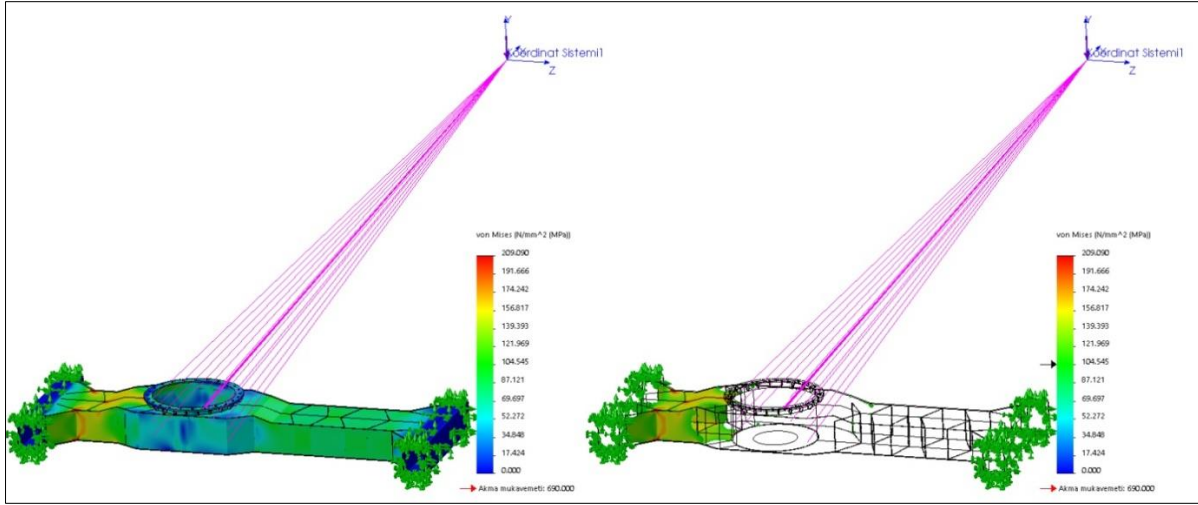
Şekil 5 de görülen üzerine 4 adet destek ayağı bağlanan ve platformun bütün yükünün uygulandığı şasi platformun özellikle yanal hareketlerinde ciddi bir burulma kuvvetine maruz kalmaktadır. Toplamda 2500N yanal kuvvete maruz kalan şaside yapılan hesaplamalar neticesinde maksimum 210 MPa gerilme bulunmaktadır. Şasinin platformun çalışması esnasında sepet yükünün karşısında dengeleyici kuvvet olarak da kullanılması sebebiyle hafifletmek amaçlı özel bir çalışma yapılmamış ve platformun denge hesapları göz önünde bulundurularak optimum tasarım yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde 690 MPa akma mukavemeti bulunan sac kullanılmış ve emniyet katsayısı yaklaşık 3.3 olarak üretimi gerçekleştirilmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada TÜBİTAK – TEYDEB 1501 projesi kapsamında geliştirilen Paletli Tip Teleskobik Platformun tasarımı, analiz çalışmaları ve üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Proje kapsamında tamamı analiz edilen platformun yalnızca sepet, 5.bom, kule ve şasi analizleri verilmiştir. Yapılan analizlerde Solidworks yazılımının Sonlu Elemanlar Analiz modülü kullanılmıştır. Gerilme analizleri neticesinde platformda genel olarak üst ve yukardaki elemanlarda (sepet, bomlar vb) hafif ve mukavemetli bir yapı elde etmek için (alüminyum gibi) kesit optimizasyonu yapılmıştır. Üretilen prototip üzerinde yürüme, kaldırma vb deneme ve test çalışmaları yapılmış

ve yapılan analizlerin doğruluğu kanıtlanmıştır. İlerleyen çalışmalarda platformun dinamik analizleri ve tasarım

doğrulama amaçlı gerinme pulu (strain gage) ile gerinme ölçümleri gerçekleştirilebilir.



Şekil 5. Şasi gerime analizi



Şekil 6. Nihai ürün görseli

Kaynaklar

- [1] TS EN 280 + A1, 2015, Yükseltilebilen seygar iş platformları – Tasarım hesapları – Denge kriterleri – Yapım – Güvenlik – Muayene ve deneyler.
- [2] Fish J., Belytschko T., 2017. A First Course İn Finite Elements
- [3] QingHui Y., Jae L., Dam 2009. Motion Control of an Aerial Work Platform. 2009 American Control Conference, (2873-2878). St. Louis.
- [4] Hu. H., Li. E., Zhao. X., Liang Z., & Yu W., 2010. Modeling and Simulation of Folding-Boom Aerial Platform Vehicle Based on the Flexible Multi-body Dynamics. International Conference on Intelligent Control and Information Processing (798-802). Dalian: IEEE.
- [5] Hongxia J., Fumin Z., Vaughan J., 2012. Using Input Shaping to Repress Two-mode Residual Vibration on AerialLifts. 12th International Conference on Control, Automation and Systems (667-671). Jeju Island: IEEE .
- [6] Cengiz Görkem Dengiz., M. C. 2016. Makaslı Kaldırma sistemi Tasarımı ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi. Uluslararası Malzeme Bilmi ve Teknolojisi Konferansı. Nevşehir: IMSTEC.
- [7] Erdöl T., 2007. Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Portal Vinç Tasarımı, Analizi ve Kutu Kiriş En İyilemesi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Tasarım ve İmalat Mühendisliği. Gebze: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [8] Demir, C., Sonlu Elemanlar. Cihan Demir Websitesi (Yıldız Teknik Üniversitesi): http://www.yildiz.edu.tr/~cdemir/sonlu_elemanlar.pdf (Ziyaret tarihi: 2 Haziran 2019)