

BİR MAKASLI ÇALIŞMA PLATFORMUNUN TASARIMI VE ANALİZİ

Yasin Aksungur*

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi,
Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara
yasinaksungur@yandex.com

Mehmet Ali Güler

Doç. Dr.,
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara
mguler@etu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, bir makaslı çalışma platformunun tasarımı ve analizi yapılmıştır. Belirli boyut ve ölçülerde olan bir platformun parçaları, bir çizim programında katı modelleri oluşturularak montajlanmıştır. Oluşturulan platformun belirli taşıma kapasitesi olduğundan üst kısmına belirli bir yük uygulanmıştır. Bu doğrultuda platform parçalarından olan profiller üzerindeki kuvvetler teorik olarak hesaplanmıştır. Daha sonra platformun, bir analiz programında ÇCD (Çoklu Cisim Dinamiği) analizi kullanılarak hem hareket kabiliyeti hem de tüm konumlarında profiller ve bazı parçaları üzerindeki kuvvetler elde edilmiştir. Elde edilen veriler teorik olarak yapılan hesaplamalarla karşılaştırılmış, iki sonucun birbirleriyle yaklaşık aynı değerlere sahip olduğu görülmüştür. Platformun hangi konumunda iken kritik durumda olduğu da belirlenmiştir. Bu doğrultuda tüm profillere ve bazı parçalara, ÇCD analizindeki kuvvetler uygulanarak, analiz programının Statik Yapısal Analizi kullanılmıştır. Burada incelenen tüm parçalardaki gerilme, deformasyon ve güvenlik faktörü değerleri elde edilmiştir ve iş platformları için standart olan TS EN 280'e uygun değerler olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca bazı parametrelerde oynama yapılarak değerlerin nasıl değiştiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Makaslı platform, çoklu cisim dinamiği (ÇCD), statik yapısal analiz

Design and Analysis of a Scissor Lift Work Platform

ABSTRACT

In this study, a scissor lift work platform is designed and analyzed. The parts of a platform which have specific size and measurement is created solid models and assembled them in a drawing program. The upper part of the platform is applied a specific load because of the created platform having specific carrying capacity. In this respect, forces on the profiles which are the parts of platform are calculated theoretically. After that, both platform's movement ability and forces on the profiles and some parts in all positions are obtained by using MBD (Multi Body Dynamics) analysis in an analysis program. Obtained data are compared with calculated data and two results show that they have approximately same values. Platform's critical position is determined and the analysis program's Static Structural Analysis is used by applying forces which are taken from MBD analysis to all profiles and some parts. Stress, deformation and safety factor on all examined parts are obtained and appropriate values are occurred according to TS EN 280 standard for platforms. Further, how values are changing is observed by changing some parameters

Keywords: Scissor platform, multi body dynamics (MBD), static structural analysis

* İletişim yazarı

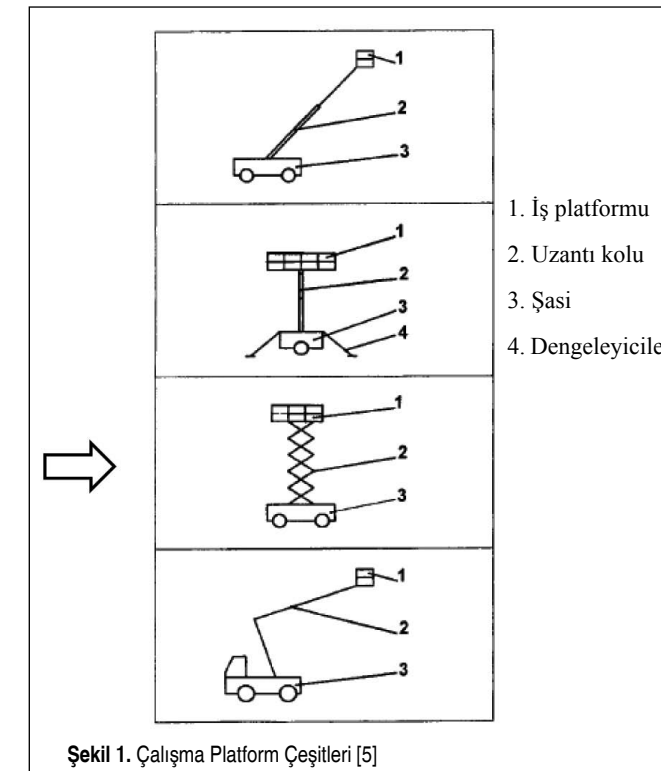
Geliş tarihi : 10.12.2012

Kabul tarihi : 17.07.2013

Aksungur, Y., Güler, M. A. 2013. "Bir Makaslı Çalışma Platformunun Tasarımı ve Analizi," Mühendis ve Makina, cilt 54, sayı 643, s. 36-46.

1. GİRİŞ

Çalışma platformları, bir yükü kaldırmak, ulaşılamayan yüksekliklerde çalışma imkanı sağlamak gibi amaçlar için kullanılmaktadır. Makaslı çalışma platformu da bu platform çeşitlerinden bir tanesidir. Makaslı çalışma platformlarının çalışma prensibi hidrolik bir sisteme bağlıdır. Piston hareketiyle birlikte birbirine bağlı olan profiller makas şeklinde açılarak platformun yükselmesini sağlamaktadır. Her çalışma platformunun belirli taşıma ve belirli yüksekliğe ulaşabilme kapasitesi vardır [1]. Platformun mekanik olarak tasarımı için bu kriterler önem arz etmektedir. Platformu oluşturan parçaların ve profillerin kalınlıkları, uzunlukları ve sayısı gibi özellikler buna istinaden belirlenir. Platformun yükselmesini sağlayan piston seçimi de buna göre yapılmaktadır [2-4]. Şekil 1'de çalışma platform çeşitleri gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma Platform Çeşitleri [5]

Buradaki çalışmada platformun tasarımı ve analizi şu aşamalardan oluşmaktadır.

- Ürün özelliklerinin belirlenmesi
- Ürün katı modellerinin oluşturulması ve montajlanması (SolidWorks)
- Analitik olarak kuvvet hesaplarının yapılması
- Ürünün Geçici Yapısal ÇCD modelinin oluşturulması (ANSYS)
- Kritik durumda iken Statik Yapısal analizi ile parçaların incelenmesi (ANSYS)
- Parametre değişimlerinin incelenmesi

2. PLATFORMUN TASARIMI VE ANALİZİ

2.1 Platformun Özellikleri

Platformun ürün özellikleri, kullanılan malzemeleri, malzemelerin mekanik özellikleri Tablo 1-3'te gösterilmiştir.

Tablo 1. Ürün Özellikleri

ÜRÜN ÖZELLİKLERİ	
Yükseklik	10 m
Çalışma Yüksekliği	12 m
Kapasite	350 kg
Standart	TS EN 280

Tablo 2. Kullanılan Malzemeler

MALZEMELER	
Profiller ve parçaları	St 52-3
Burçlar	St 52-3

Tablo 3. Malzemenin Mekanik Özellikleri

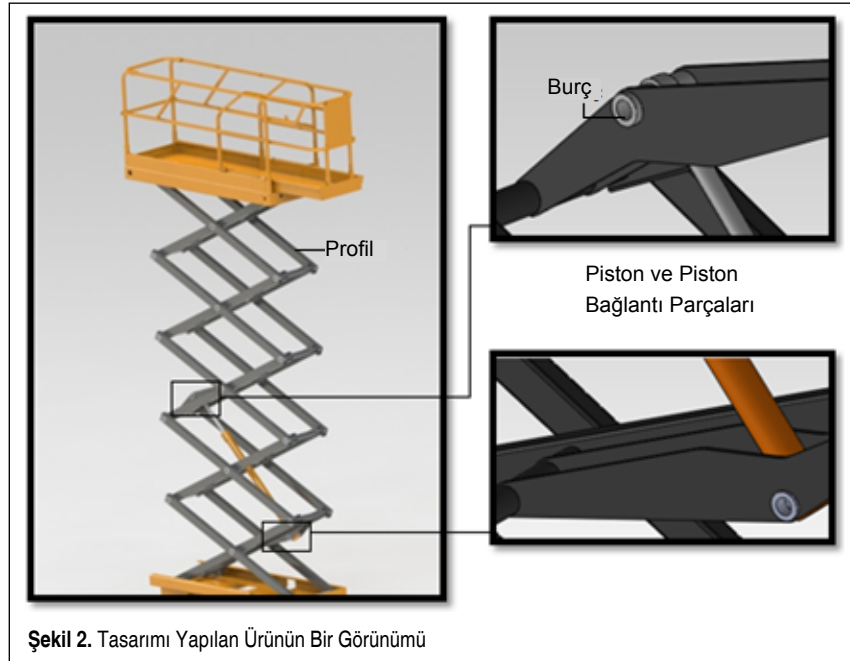
MALZEMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ		
Akma Mukavemeti (Mpa)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	Gerinim (%)
355	490 – 630	20
Young Modülü (Gpa)	Poisson Oranı	Yoğunluk (kg/m ³)
210	0.3	7800

2.2 Ürünün Katı Model ve Montajı

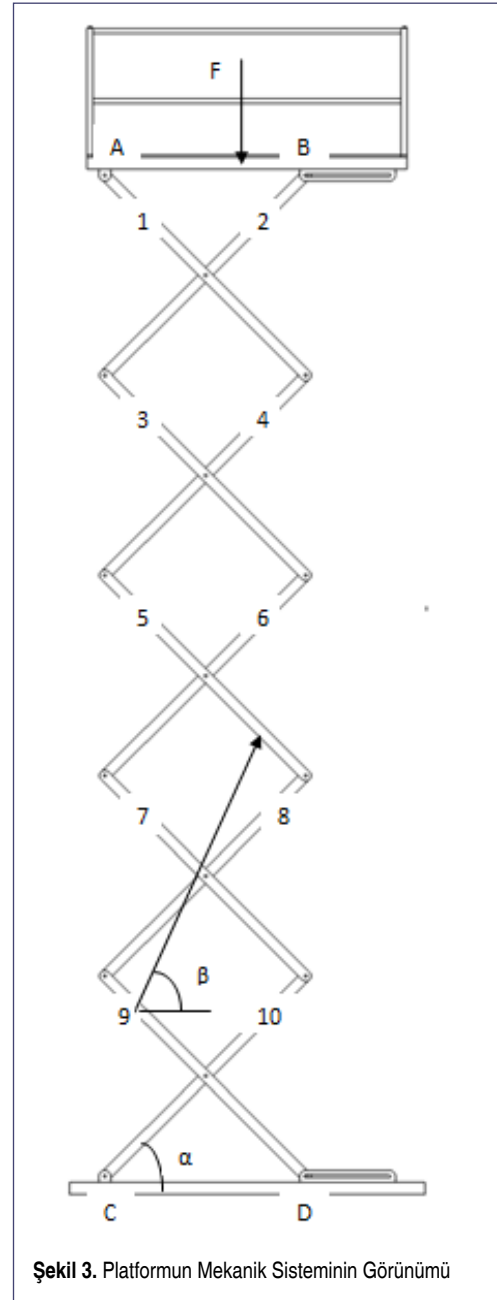
Belirtilen özellikler doğrultusunda örnek bir platform da baz alınarak, SolidWorks programıyla birlikte platformun parçaları uygun ölçülerde çizilmiştir. Çizilen parçaların montajı gerçekleştirilerek ürünün komple bir katı modeli ortaya çıkmıştır (Şekil 2). Platformun nasıl bir hareket kabiliyetine sahip olduğu da kullanılan bu programda gözlenebilmektedir.

2.3 Analitik Hesaplamalar

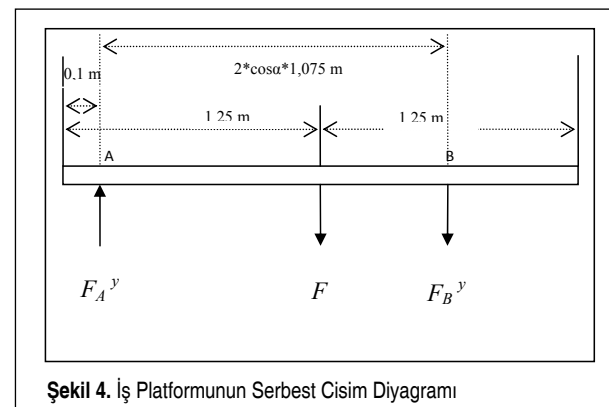
Şekil 3'te platformun profil numaraları ve mekanik sisteminin görünümü verilmiştir. Sistemin kuvvet analizi ilk olarak iş platformun üzerindeki yük ve reaksiyon kuvvetleri tanımlanarak yapılmıştır (Şekil 4). İş platformunun üzerindeki kuvvetlerle ilgili denklemler elde edildikten sonra reaksiyon kuvvetleri tekrar uygun şekilde profillere uygulanarak sistem çözülmeye başlanmıştır (Şekil 5). Birleşim noktalarındaki



Şekil 2. Tasarımı Yapılan Ürünün Bir Görünümü



Şekil 3. Platformun Mekanik Sisteminin Görünümü



Şekil 4. İş Platformunun Serbest Cisim Diyagramı

kuvvetleri elde edebilmek için tüm platform sisteminin serbest cisim diyagramları belirli bir sırayla çizilmiştir. İş platformunun ve diğer sistem parçalarının ağırlıkları analitik olarak yapılan hesaplamayı kolaylaştırması açısından katılmamıştır. Tüm sistemden elde edilen denklemler birlikte uygun bir biçimde çözümlenerek, tüm kuvvetler yine denklemler olarak ortaya çıkmıştır [6]. Daha sonra profillerde, iş platformunda, şaside ve pistondaki tüm reaksiyon kuvvetlerinin denklemleri Excel'e transfer edilmiştir (Tablo 4). Excel programında tüm reaksiyon kuvvetleri; profil ile şasi arasındaki açı α , piston ile şasi arasındaki açı β ve tüm yükleme olan F 'ye göre elde edilmiştir. (1-5) denklemleri, sistemin analitik çözümü gerçekleştirilirken kullanılan örnek denklemler olarak verilmiştir.

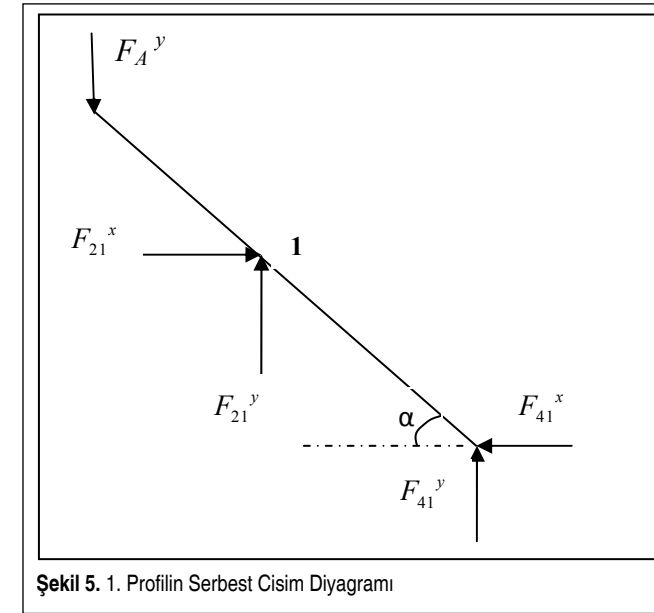
- Kuvvetler $F_{ij}^{x,y}$ şeklinde gösterilmiştir. i ve j profillerin birbirleriyle olan bileşim yerini, x ve y ise kuvvetlerin yönünü göstermektedir. $F_{ij}^{x,y}$ ve $F_{ij}^{x,y}$ 'nin sayısal değerleri aynıdır. Pozitif, negatif işaretleri bakımından farklılık göstermektedir. Ayrıca α ve β açıları, SolidWorks programının açı hesaplama özelliği kullanılarak platformun tüm konumları için elde edilebilmektedir. Analitik hesaplama yapılırken bu durumdan yararlanılmıştır.

$$\sum F^y = 0 \quad F_B^y + F = F_A^y \quad (1)$$

$$\sum M_B = 0 \quad F_A^y * (2 * \cos\alpha * 1,075) = F * (2 * \cos\alpha * 1,075 - 1,15) \quad (2)$$

$$\sum F^x = 0 \quad F_{21}^x = F_{41}^x \quad (3)$$

$$\sum F^y = 0 \quad F_{41}^y = F_A^y - F_{21}^y \quad (4)$$



Şekil 5. 1. Profilin Serbest Cisim Diyagramı

$$\sum M = 0(\text{alt nokta}) \quad 2 * F_A^y * \cos\alpha - F_{21}^x * \sin\alpha - F_{21}^y * \cos\alpha = 0 \quad (5)$$

Örnek olarak gösterilecek olunursa, piston kuvveti yapılan analitik hesaplamalar doğrultusunda denklem (6)'da gösterildiği gibi elde edilmiştir. Diğer kuvvetlerde aynı şekilde denklem olarak elde edilip Excel programına transfer edilmiş ve sayısal değerleri ortaya çıkmıştır (Tablo 4).

$$F_{Piston} = \frac{[(F_{45}^x - 2 * F_{65}^x) * \sin\alpha] + [(2 * F_{65}^x - F_{25}^x) * \cos\alpha] - 2F_A^y \cos\alpha + F_B^y \cos\alpha}{2 * (\cos\beta * \sin\alpha - \sin\beta * \cos\alpha)} \quad (6)$$

2.4 Ürünün Geçici Yapısal ÇCD (Transient Structural MBD) Modelinin Oluşturulması

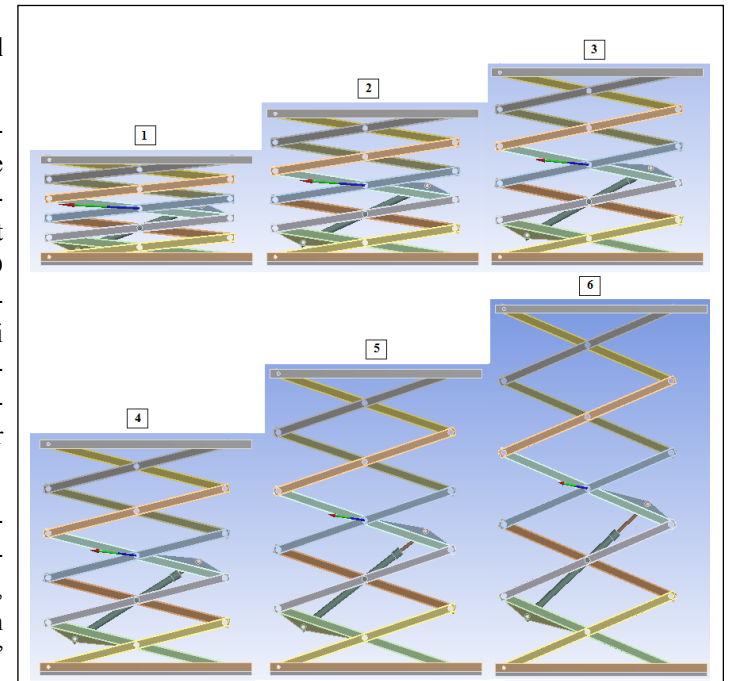
Platformun katı modeli elde edildikten ve analitik hesaplamalarından sonra, bu modelin hem hareket kabiliyetinin hem de tüm konumlarda eklem yerlerindeki kuvvetlerin bulunabilmesi için ANSYS programının Geçici Yapısal ÇCD (Transient Structural MBD) analiz yöntemi kullanılmıştır. Kısaca ÇCD olarak adlandırılan bu analiz, parçaları birbirine bağımlı olarak çalışan birçok sistemin incelenebilmesi açısından önemli veriler sağlar. Sisteme ağ yapısı oluşturmadan çözüm alınabilmekte ve bu durum kullanıcıya zaman kazandırmaktadır. Süspansiyon sistemleri, uçaklardaki iniş takımları gibi sistemler ÇCD analizinde inceleyecek örnekler olarak verilebilir.

ANSYS programının Geçici Yapısal ÇCD analiz yönteminde, ilk olarak getirilen montajın birleşim yerlerinin tanımlanması gerekmektedir. Bu platform için döner (revolute), kayar (transitional) ve sabit (fixed) mafsalsı olarak adlandırılan bağlantı tanımlamaları kullanılmıştır. Sistem 'rigid metodu' ile incelenmiştir. Ayrıca çalışma platform sistemi oluşturulurken malzeme özellikleriyle birlikte 3 ana girdi de girilmiştir.

Bunlar uzaktan kuvvet (remote force), deplasman (displacement) ve standart yer çekimi kuvveti (standart earth gravity)'dir. Uzaktan kuvvet olarak taşıma kapasitesi olan 350*9.81 N tanımlanmıştır. Deplasman olarak sistemdeki pistona belli bir miktar uzama miktarı verilmiştir. Bu da platformun maksimum yüksekliği olan 10 metreye göre belirlenmiştir. Platform parçalarının ağırlıkları analitik olarak yapılan hesaplamada katılmamıştır. ÇCD'den elde edilen kuvvetler ve analitik olarak hesaplanan kuvvetler birbirleriyle karşılaştırıldığından dolayı ÇCD analizinde de parçaların ağırlıkları ihmal edilmiştir. Fakat doğru sonuçlar elde edilmek isteniyorsa, parça ağırlıklarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu bakımdan ANSYS'deki Statik Yapısal analizi kullanılırken bu durumun önem arz etmesi nedeniyle, ÇCD'deki sonuçlar ayrıyeten tekrar elde edilmiştir. Şekil 6'da platformun ÇCD'deki bir görünümü verilmiştir.

Bunlara ek olarak, analitik çözüm yapılırken sistem, simetrik olan bir yarısı alınarak incelenmiştir. Buna istinaden de ÇCD analizinde sistem yarı sistem olarak alınmıştır. Bu iki sonucun birbirleriyle karşılaştırılmasındaki amaç ÇCD'deki sistemin doğruluğunu ispatlamaktır. Daha sonra ise önceden de bahsedildiği gibi sistem daha gerçekçi bir durumda incelenmiştir.

ÇCD ve analitik sonuçların karşılaştırılması, platformun herhangi bir konumu için yapılan Tablo 4'te yer almaktadır. Tablodaki negatif ve pozitif değerler, analitik çözümde kuvvet yönü olarak belirsiz bir şekilde belirlendiğinden dolayı değişiklik gösterebilmektedir.



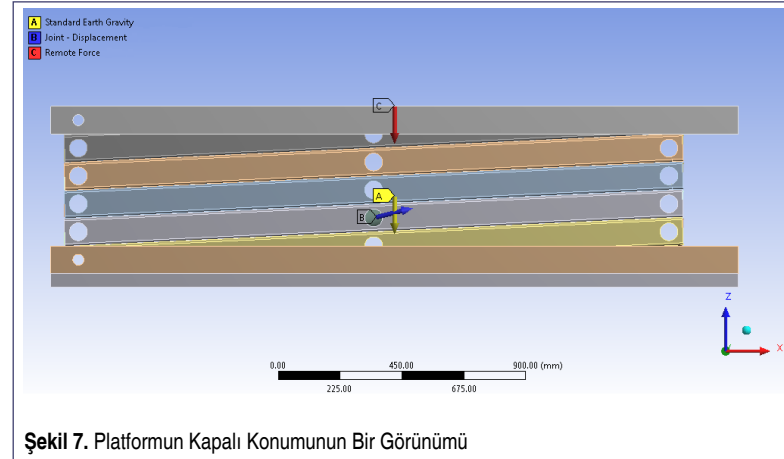
Şekil 6. Platform Hareketinin ve Bir Eklemdeki Kuvvet Değişiminin ÇCD'deki Görünümü

Tablo 4. ÇCD ve Analitik Sonuçların Karşılaştırılması

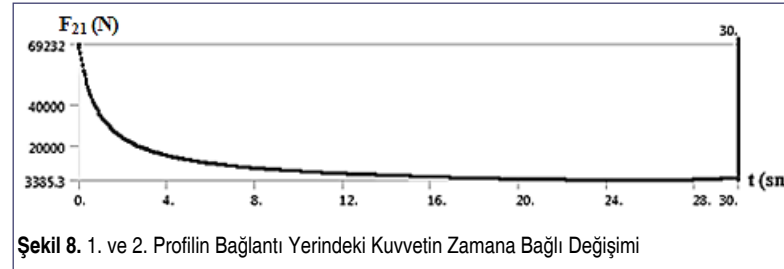
Eklemler ve Girdiler	Analitik Sonuçlar (N)	ÇCD Sonuçları (N)
α	8.46°	8.46°
β	23.62°	23.62°
F	3433.5	3433.5
F _{piston}	32466	32456
F _A ^y	1576.8	1576.8
F _B ^y	-1857.0	-1856.7
F ₂₁ ^x	23084	23087
F ₂₁ ^y	-279.95	-279.94
F ₄₁ ^x	23084.3	23087
F ₄₁ ^y	1856.7	1856.7
F ₃₂ ^x	23084	23087
F ₃₂ ^y	1576.8	1576.8
F ₄₃ ^x	69253	69262
F ₄₃ ^y	-279.95	-279.94
F ₆₃ ^x	46169	46175
F ₆₃ ^y	-1856.7	-1856.7
F ₅₄ ^x	46169	46175
F ₅₄ ^y	1576.8	1576.8
F ₅₆ ^x	86120	86578
F ₅₆ ^y	-4638.1	-4571.8
F ₈₅ ^x	69698	70139
F ₈₅ ^y	6793.3	6857.4
F ₆₇ ^x	39952	40403
F ₆₇ ^y	-2781.3	-2715.1
F ₈₇ ^x	46169	46175
F ₈₇ ^y	-279.95	-279.90
F ₁₀₇ ^x	-6216.4	-5771.9
F ₁₀₇ ^y	2501.4	2435.2
F ₉₈ ^x	25896	23964
F ₉₈ ^y	-7073.2	-7137.3
F ₁₀₉ ^x	-6216.4	-5771.9
F ₁₀₉ ^y	4078.2	4011.9
F _C ^y	1576.8	1576.8
F _D ^y	-1856.7	-1856.7

2.5 Statik Yapısal (Static Structural) Analizi ile Parçaların İncelenmesi

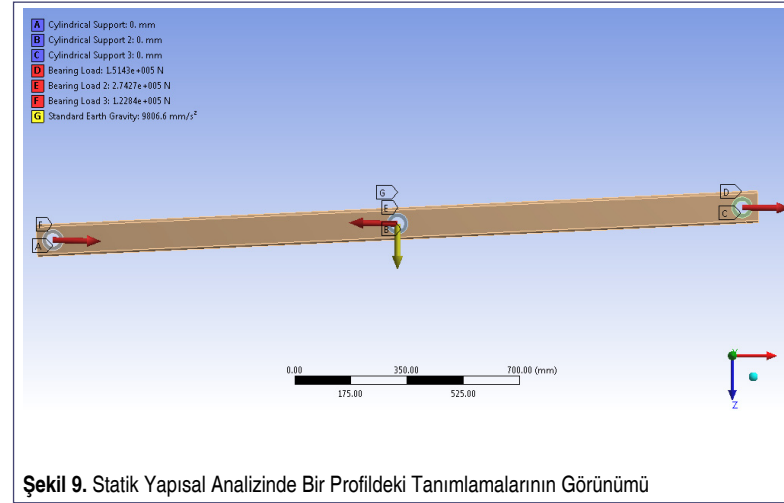
ÇCD'deki sonuçlar ile Excel'de elde edilen analitik sonuçlar karşılaştırıldığında değerlerin yaklaşık olarak birbirlerine yakın olduğu görülmektedir (Tablo 4). Bu da sistemin ÇCD kullanılarak doğru bir şekilde çözülebileceğini göstermiştir. Buna istinaden ÇCD modelinin tekrar incelenmesi sırasın-



Şekil 7. Platformun Kapalı Konumunun Bir Görünümü

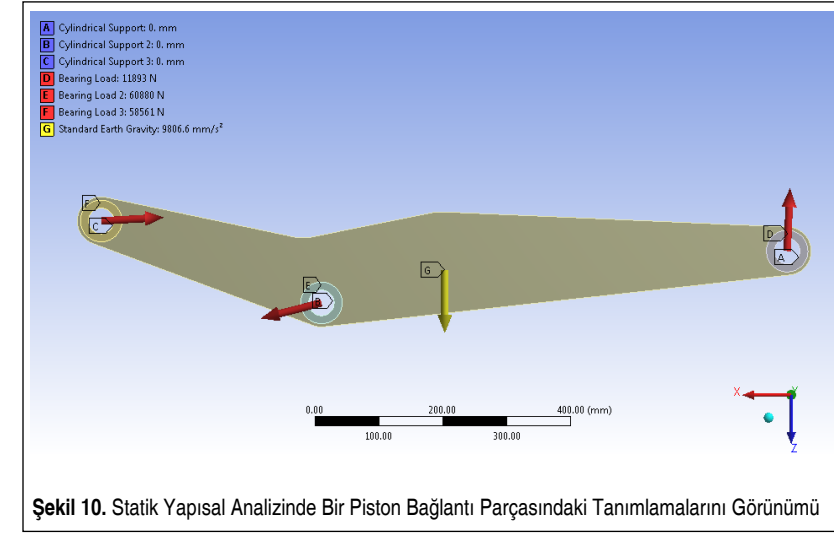


Şekil 8. 1. ve 2. Profilin Bağlantı Yerindeki Kuvvetin Zamana Bağlı Değişimi



Şekil 9. Statik Yapısal Analizde Bir Profildeki Tanımlamalarının Görünümü

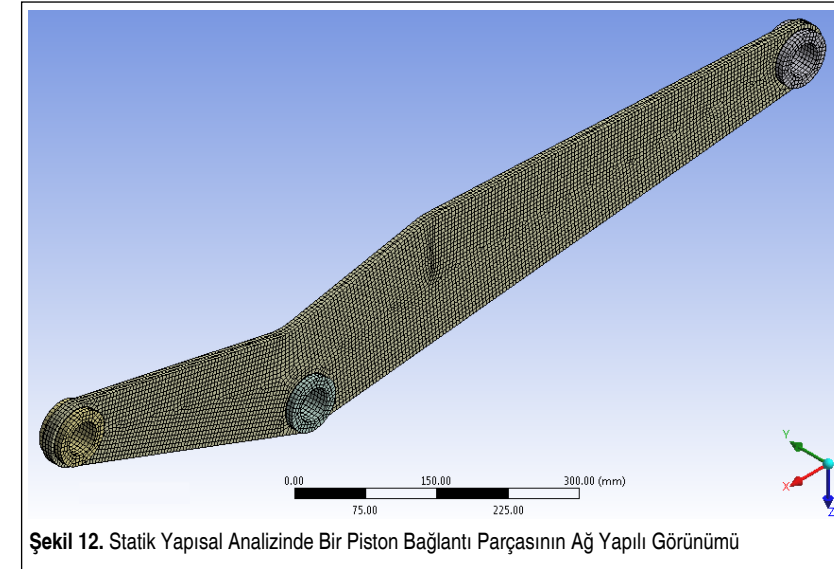
da, profillerin ve bazı parçaların ağırlıkları da çözüme dahil edilmiştir. Şekil 7'deki resimde görüldüğü gibi platformun en üst kısmındaki iş platformu ve burçlar sisteminin daha kolay çözümlenebilmesi açısından katılmamıştır. Bundan dolayı iş platformunun ağırlığı taşıma kapasitesi 350 kg'a ek olarak eklenmiştir. İş platformunun ağırlığı yaklaşık olarak 250 kg gelmektedir. İkisinin toplamı birlikte uygulanarak sistem komple bir şekilde gerçekçi haliyle çözümlenmiştir ve ÇCD'de parça ve profillerin eklem yerlerinde yeni kuvvet değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu yeni değerlerden kuvvetlerle ilgili nasıl bir değişim olduğu gözlemlenebilmektedir. Platform en kapalı konumunda profiller üzerinde en kritik durumu yaratmaktadır (Şekil 7). Bunun nedeni kuvvetlerin bu konumda maksimum



Şekil 10. Statik Yapısal Analizde Bir Piston Bağlantı Parçasındaki Tanımlamalarının Görünümü



Şekil 11. Statik Yapısal Analizde Bir Profilin Ağ Yapısı Görünümü



Şekil 12. Statik Yapısal Analizde Bir Piston Bağlantı Parçasının Ağ Yapısı Görünümü

Tablo 5. Tüm Profillerin Analiz Sonuçları

Profil Numarası	Deformasyon (mm)	Gerilme (Mpa)	Güvenlik Faktörü (Min.)
1	0.002762	26.085	13.6
2	0.002670	25.647	13.84
3	0.003652	80.506	4.41
4	0.003501	81.426	4.36
5	0.006075	99.848	3.55
6	0.003513	101.37	3.5
7	0.003205	44.909	7.91
8	0.002849	68.848	5.16
9	0.002966	24.618	14.42
10	0.002859	4.497	15

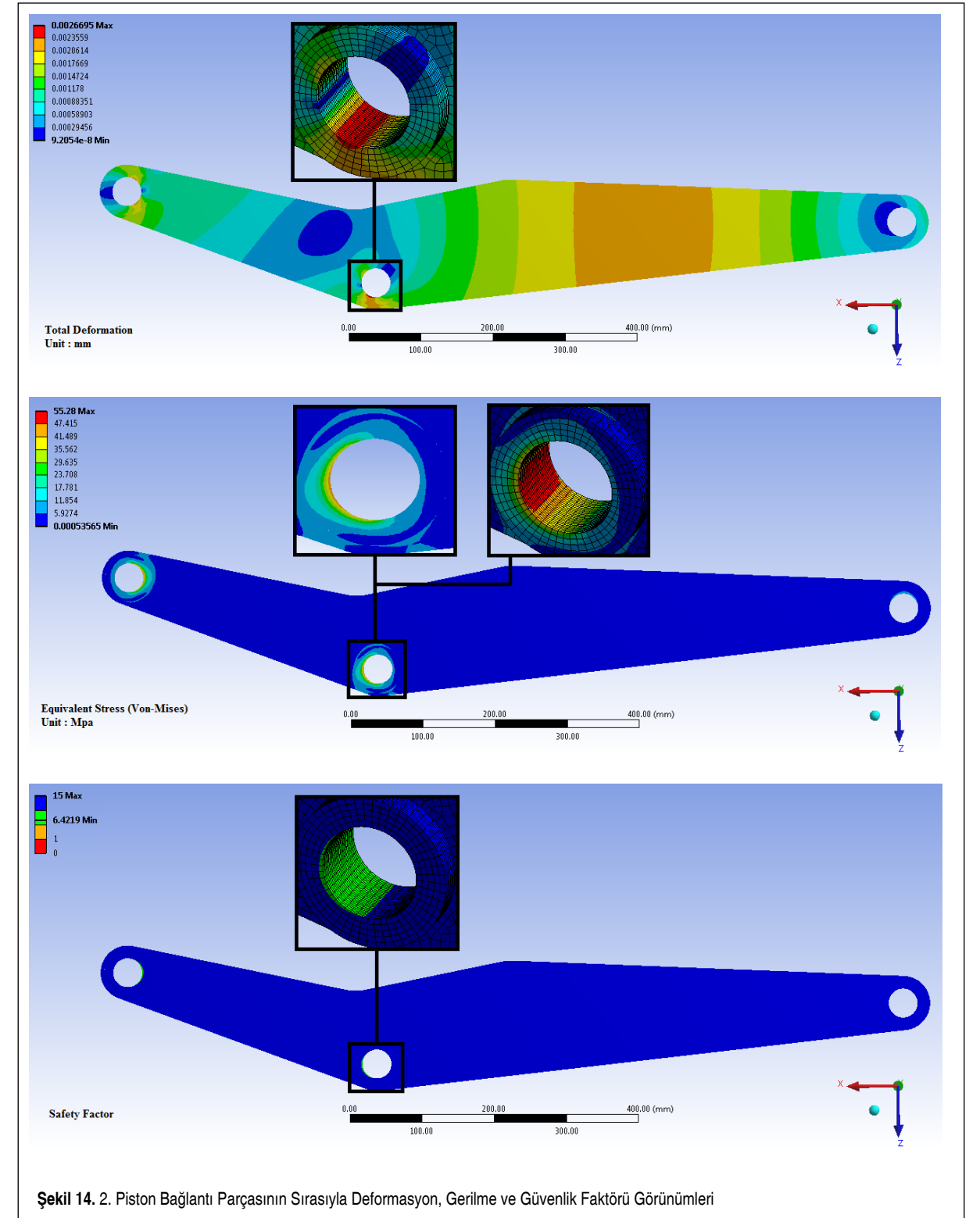
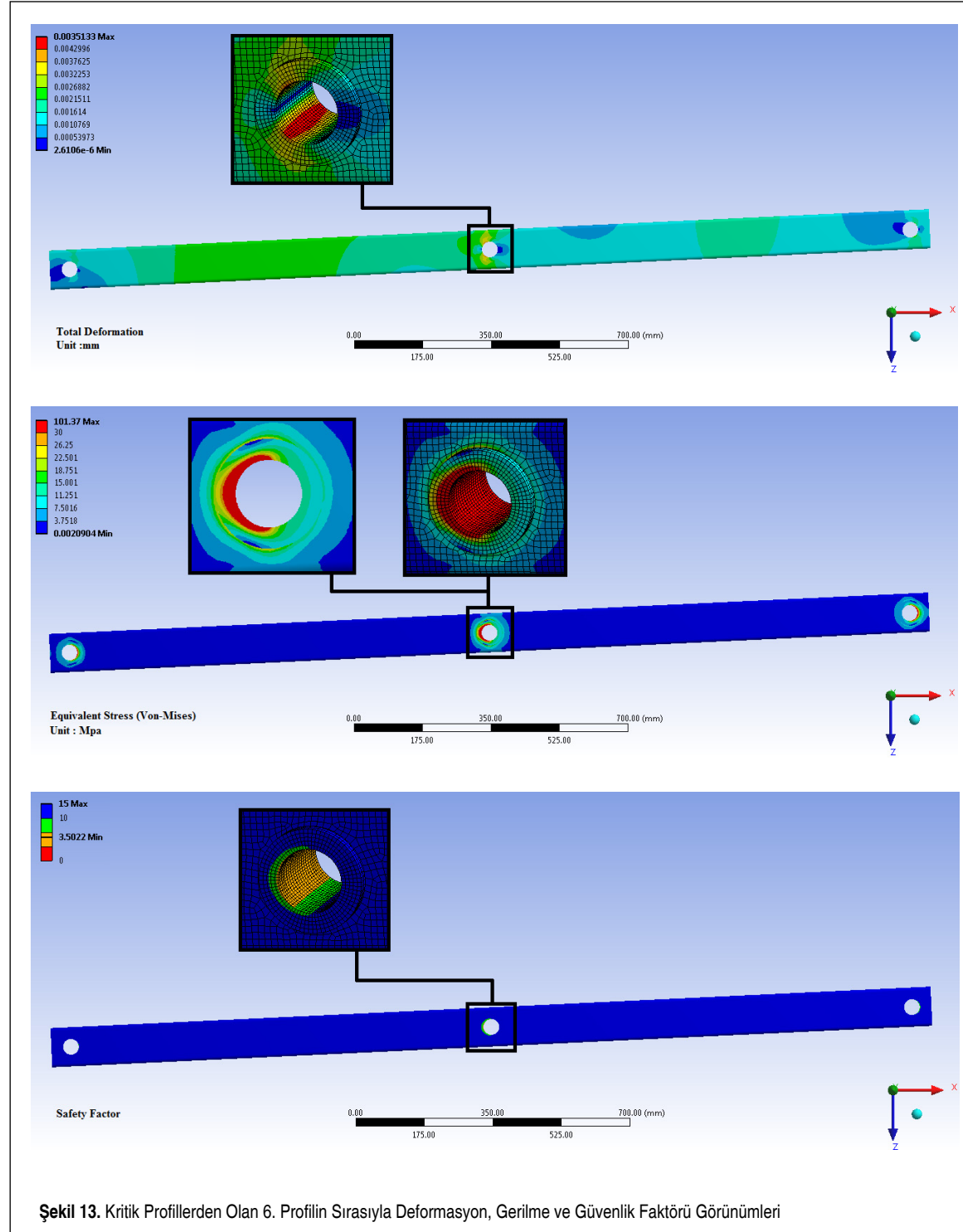
değerleri almasındandır (Şekil 8). Bu da profiller üzerindeki gerilme durumunu artıracak, güvenlik faktörünü düşürecektir.

Platformun ÇCD'de elde edilen son modelinden tüm konumları için kuvvet verileri alınabilmektedir. ANSYS'in Statik Yapısal analizi kullanılarak tüm profil ve parçalara tek tek düzgün ağ yapısı oluşturularak, bağlantı durumları tanımlanmıştır (Şekil 9-12). Platformun en kritik durumundan alınan kuvvet değerleri profillere ve piston bağlantı parçalarına tek tek uygulanarak gerilme, deformasyon ve güvenlik faktörü değerleri elde edilmiştir (Tablo 5-6, Şekil 13-14) [7, 8]. İlk durum için element boyutu profil için 10 mm, diğer bağlantı parçaları için 5 mm olarak seçilmiştir. Ağ yapısı oluştururken de dörtgen şekilli elemanlara bölen ve "hex dominant" olarak adlandırılan metot kullanılmıştır.

Tablo 5'te 5. ve 6. profillerin en düşük güvenlik faktörlerine sahip oldukları görülmektedir. Bu yüzden platformun minimum pozisyonunda 5. ve 6. profillerin en kritik profiller oldukları söylenebilir. Bu profillerin incelenmesi platform standartlarına uygunluk açısından önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda da bu durumun üzerinde durulmuştur.

Tablo 6. Piston Bağlantı Parçalarının Analiz Sonuçları

Bağlantı Parçası Numarası	Deformasyon (mm)	Gerilme (Mpa)	Güvenlik Faktörü (Min.)
1	0.002618	55.17	6.43
2	0.002670	55.28	6.42



2.6 Parametre Değişimlerinin İncelenmesi

Profilin ağ yapısındaki eleman boyutu, profil et kalınlığı, burç et kalınlığı ve uygulanan kuvvet yeri değişimleriyle ilgili in-

celemeler bu bölümde yer almaktadır (Tablo 7-10, Şekil 15-18). Bir parametre incelenirken diğerlerinde oynama yapılmamıştır. İlk kullanılan profil eleman boyutu 10 mm, profil et kalınlığı 6 mm, burç et kalınlığı 12.5 mm'dir.

Tablo 7. 6. Profil İçin Farklı Eleman Boyutlarındaki Analiz Sonuçları

Eleman Boyutu (mm)	Eleman Sayısı	Düğüm Sayısı	Deformasyon (mm)	Gerilme (Mpa)	Güvenlik Faktörü (Min.)
5	37780	230994	0.005284	83.059	4.274
6	32438	172573	0.007349	85.168	4.168
7	20173	118345	0.003269	89.499	3.967
8	16304	95134	0.003529	91.913	3.862
9	12428	74805	0.003481	95.603	3.713

Tablo 8. 6. Profil İçin Farklı Kalınlıklardaki Analiz Sonuçları

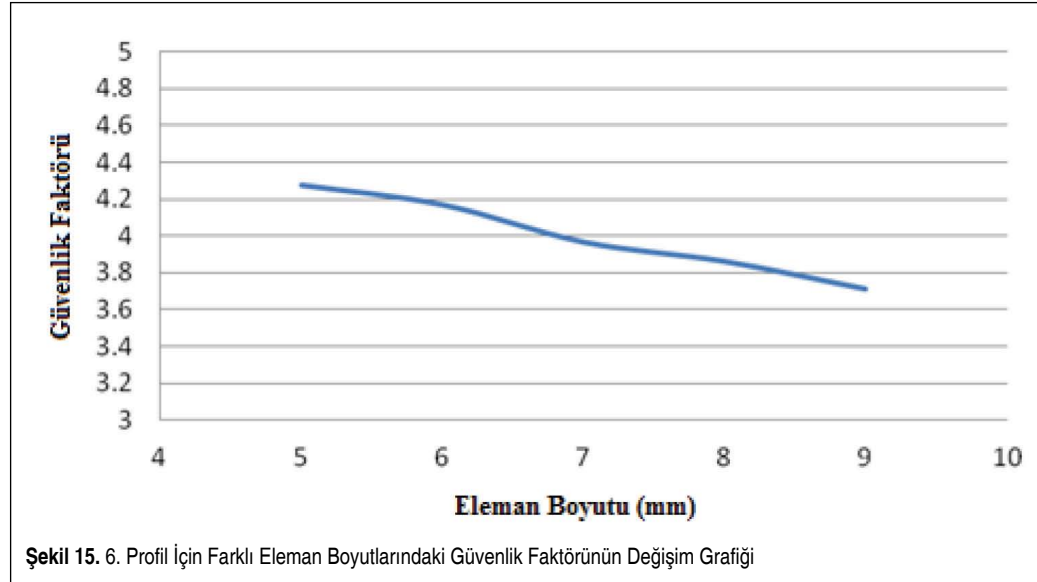
Kalınlık (mm)	Deformasyon (mm)	Gerilme (Mpa)	Güvenlik Faktörü (Min.)
4	0.0080664	114.14	3.11
5	0.007866	110.37	3.22
6	0.003513	101.37	3.50
7	0.0048122	102.91	3.45
8	0.0034047	106.16	3.34

Tablo 9. 6. Profil İçin Farklı Burç Kalınlıklarındaki Analiz Sonuçları

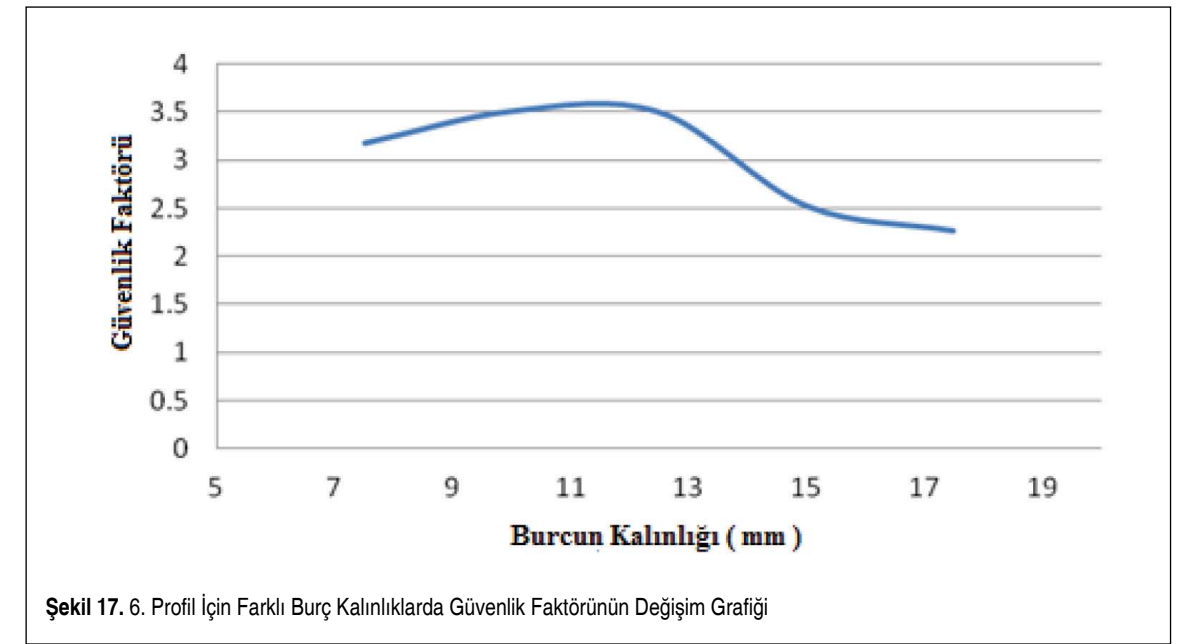
Dış Çap (mm)	İç Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Deformasyon (mm)	Gerilme (Mpa)	Güvenlik Faktörü (Min.)
65	50	7.5	0.006998	111.67	3.18
65	45	10	0.0054722	100.9	3.51
65	40	12.5	0.003513	101.37	3.5
65	35	15	0.0062207	140.37	2.53
65	30	17.5	0.010708	156.09	2.27

Tablo 10. Platforma Uygulanan Kuvvetin Yer Değişiminde 6. Profil İçin Analiz Sonuçları

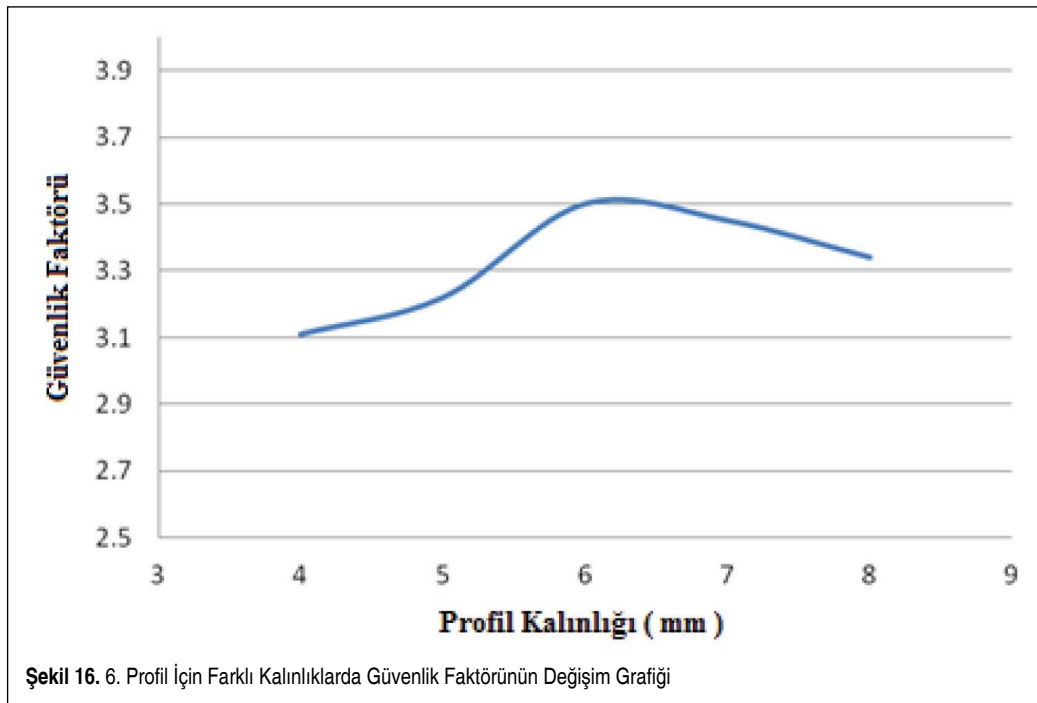
Yüklemeler	Deformasyon (mm)	Gerilme (Mpa)	Güvenlik Faktörü (Min.)
F ₁	0.003513	101.37	3.50
F ₂	0.003778	101.48	3.49
F ₃	0.003577	101.24	3.50
F ₄	0.004334	101.65	3.49



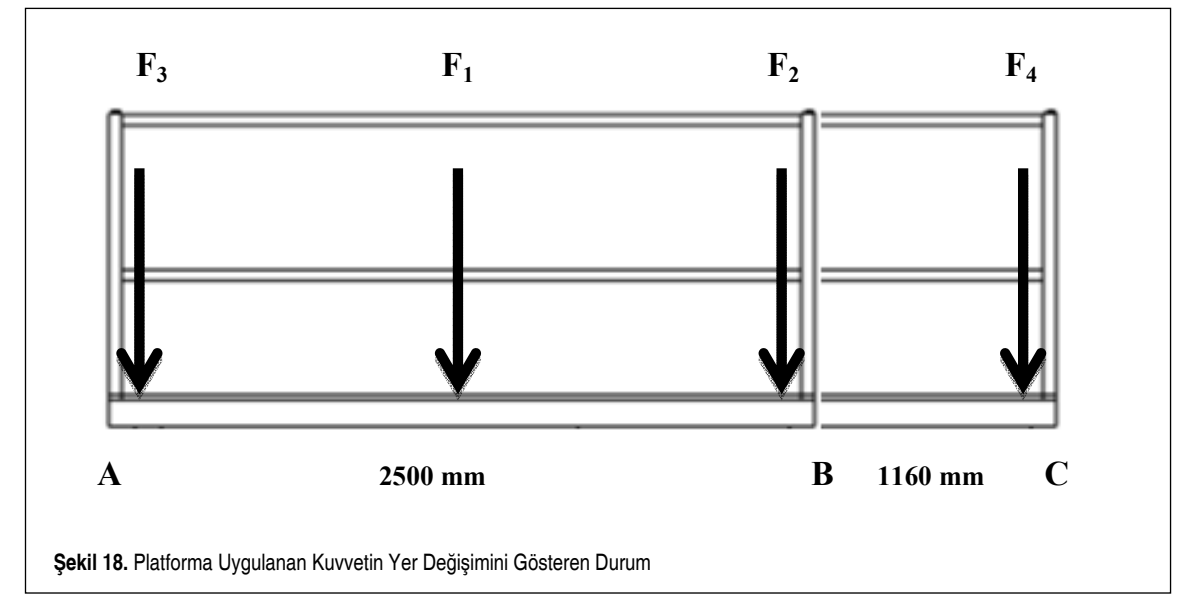
Şekil 15. 6. Profil İçin Farklı Eleman Boyutlarındaki Güvenlik Faktörünün Değişim Grafiği



Şekil 17. 6. Profil İçin Farklı Burç Kalınlıklarındaki Güvenlik Faktörünün Değişim Grafiği



Şekil 16. 6. Profil İçin Farklı Kalınlıklardaki Güvenlik Faktörünün Değişim Grafiği



Şekil 18. Platforma Uygulanan Kuvvetin Yer Değişimini Gösteren Durum

3. SONUÇLAR

ANSYS programının Geçici Yapısal ÇCD analizinde, platformun profil ve parçalarının eklem yerlerindeki kuvvetlerle birlikte piston için gerekli olan kuvvet de elde edilebilmektedir.

Piston kuvveti, platform minimum pozisyonda iken maksimum değerini almaktadır. Bu durumda pistonun en fazla kuvveti o anda uygulaması gerektiğini göstermektedir. Piston seçimi de buna göre yapılmalıdır.

Deformasyon, gerilme ve güvenlik faktörü değerlerini elde edebilmek için sisteme ağ yapısı oluşturmak gereklidir. Doğru ve uygun sonuçlar alınabilmesi için de ağ yapısındaki eleman boyutu büyük önem arz etmektedir. Eleman boyutunun küçültülmesiyle birlikte kritik parçalardan olan 6. Profil için gerilme değeri düşmüş, güvenlik faktörü değeri artmıştır (Tablo 7). Bu durum daha fazla ağ yapısı oluşturmakla birlikte belirli bir noktaya kadar ulaşacak ve sabit bir hâl alacaktır (Şekil 15). TS EN 280 standardına göre [4] güvenlik faktörü minimum değerinin 4 olması gerekmektedir. Yapılan analizler sonucunda da kritik durumda olan bir profil bu değere uygun olarak elde edilmiştir.

Profil et kalınlığı ve burç et kalınlığı değiştirilmiştir. Burada ise model değiştirilmeden önce parçalar için kullanılan boyutlarda, kritik bir parça için yaklaşık olarak en iyi değere ulaşıldığı görülmektedir (Tablo 8-9, Şekil 16-17). Bu nedenle incelenen ilk tasarım en iyi tasarım olarak kabul edilebilir.

Platformun üstündeki yükleme farklı noktalardan da uygulanmıştır (Şekil 18). Bu uygulama kritik durumda olan profilleri değiştirmemiş, o profillerinde analiz değerlerini fazla etkilememiştir (Tablo 10).

Not: ANSYS gibi analiz programları, ticari olarak çalışan firmalarda genellikle iş istasyonlarında kullanılmaktadır. Buradaki çalışmada ise belirli kapasitelerde olan bilgisayarlar kullanılmıştır. Daha detaylı çalışmaları gerçekleştirmek için iş istasyonlarının kullanılması gerekmektedir.

SEMBOLLER VE TANIMLAMALAR

α	: Profil ile şasi arasındaki açı
β	: Piston ile şasi arasındaki açı
F	: İş platformuna uygulanan yükleme
F piston	: Piston kuvveti
Fij x, y	: Eklem yerlerindeki kuvvetlerin genel gösterimi
$\sum F$: Toplam kuvvet gösterimi

$\sum M$: Toplam moment gösterimi
ÇCD (MBD)	: Çoklu Cisim Dinamiği (Multi Body Dynamics)
Geçici Yapısal MBD Analizi	: Transient Structural MBD Analysis
Statik Yapısal Analizi	: Static Structural Analysis
Sabit Mafsal	: Fixed Joint
Döner Mafsal	: Revolute Joint
Kayar Mafsal	: Transitional Joint
Deplasman	: Displacement
Standart Yer Çekimi Kuvvet	: Standart Earth Gravity
Uzaktan Kuvvet	: Remote Force
Ağ yapısı	: Mesh

TEŞEKKÜR

Yazarlar, Muhammet Y. Nayir ve Ebubekir Güneş'e katkılarından dolayı teşekkür eder.

KAYNAKÇA

1. **Hongyu, T., Ziyi, Z.** 2011. "Design and Simulation Based on Pro/E for a Hydraulic Lift Platform in Scissors Type," Procedia Engineering no. 16, p. 772-781.
2. **Aksungur, Y., Nayir, M.Y., Güneş, E.** 2012. Senior Design Project: Design and Analysis of an Aerial Working Platform, TOBB ETÜ, Ankara.
3. **Güler, M.A.** 2011. Makine Elemanları Ders Notları, Makine Mühendisliği Bölümü, TOBB ETÜ, Ankara.
4. **Güler, M.A.** 2011. Mekanik Sistem Tasarımı Ders Notları, Makine Mühendisliği Bölümü, TOBB ETÜ, Ankara.
5. TSE. 2005. "TS EN 280-Yükseltilebilen Seyyar İş Platformları," Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
6. **Beer, F.P., Johnston, E.R., Eisenberg, E.R., Clausen, W.E.** 2007. Vector Mechanics for Engineers: Static & Dynamics, ISBN 978-0-07-297698-4, McGraw-Hill, New York, USA.
7. **Dağ, S., Fıçıcı F., Geniş, K.** 2007. "İş Makinalarında Kırılma ve Yorulma Problemlerinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İncelenmesi," Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 48, sayı 571, s. 3-5.
8. **Topaç, M.M., Kuralay, N.S.** 2009. "Yolcu Otobüsü Stabilitatörünün Bilgisayar Destekli Tasarımı," Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 50, sayı 594, s. 14-24.