

## Bir Eğitim Uçağı Hidrolik Kriko Sistemi İçin Hesaplamalı ve Deneysel Gerilme Analizi

Mehmet KILINÇ<sup>\*1</sup>, Ayşe ÖNDÜRÜCÜ<sup>2</sup>, Levent SAYIN<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye  
<sup>3</sup>Sayın Makine, 15000, Burdur, Türkiye

(Alınış / Received: 17.01.2022, Kabul / Accepted: 11.08.2022, Online Yayınlanma / Published Online: 20.12.2022)

### Anahtar Kelimeler

Sonlu elemanlar analizi,  
Fotoelastisite,  
Gerilme analizi,  
Hidrolik kriko

**Öz:** Bu çalışmada, eğitim uçaklarını zeminden kaldırmak amacıyla kullanılan hidrolik tahrikli bir kriko mekanizmasının mekanik davranışı nümerik ve deneysel gerilme analiz yöntemleriyle incelenmiştir. Sonlu elemanlar gerilme analizi verilerinin, fotoelastik yöntem ile elde edilen gerilme analizi verileri ile uyduğu görülmüştür. Mekanizmanın fonksiyonel bölgelerine ait iki boyutlu küçültülmüş modeller kullanılarak fotoelastik analiz gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlar analizinde; taşıyıcı yük fikstür bölgesinden aktarılan gerilmelerin, silindir ünitesi ve ayarlanabilir kol mekanizması yardımıyla desteklendiği görülmüştür. Ayarlanabilir kol mekanizmasının ise yükü eksenel olarak bağlı bulunduğu mesnet grupları ile temel gövdeye aktardığı görülmüştür. Yük fikstürünün sehimi ve eksenel yük aktarma davranışı incelendiğinde gerilme ve sehim davranışının yapı için tutarlı olduğu görülmüştür. Fotoelastik analiz sonucunda, gerilmelerin yük tablasının gövde tablası ile birleşme bölgesinde, eğilme etkisine bağlı olarak yoğunlaştığı girişim çizgisi geçişlerinde gözlemlenmiştir. Taşıyıcı gövdede eğilme etkisine bağlı olarak gerilmelerin üst yüzeyde oluşmaya başladığı ve bu bölgeden dağıldığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, sonlu eleman analizinden elde edilen gerilme analizi verileri fotoelastik analiz ile doğrulanmış ve sisteme özgün bir hesaplamalı ve deneysel gerilme analizi gerçekleştirilmiştir.

## Computational and Experimental Stress Analysis for a Hydraulic Jack System of a Trainer Airplane

### Keywords

Finite element analysis,  
Photoelasticity,  
Stress analysis,  
Transmission jack

**Abstract:** In this study, the mechanical behavior of a hydraulically driven jack mechanism used to lift the trainer plane from the ground have been investigated by numerical and experimental stress analysis methods. It has been seen that the finite element stress analysis data has been matched with the stress analysis data obtained by the photoelastic method. Photoelastic analysis has been performed using two-dimensional scaled-down models of the functional regions of the mechanism. In the finite element analysis, it has been seen that the stresses transferred from the carrier load fixture region are supported by the cylinder unit and the adjustable arm mechanism. It has been observed that the adjustable arm mechanism transfers the load to the base body with the support groups to which it is axially connected. When the displacement and axial load transfer behavior of the load fixture are examined, it has been seen that the stress and displacement behavior are consistent for the structure. As a result of the photoelastic analysis, it has been observed in the fringe distribution that the stresses arising from the bending effect in the junction area of the load table with the body plate are concentrated. It has been observed that the stresses begin to form on the upper surface and dissipate from this region due to the bending effect on the carrier body. Consequently, finite element analysis has been validated with the data obtained from photoelastic analysis and a computational and experimental stress analysis unique to system have been performed.

### 1. Giriş

Krikolar, bir sistemi (araç, uçak vb.) veya mekanik bir

alt bileşeni (şanzıman, motor vb.) kontrol, bakım veya parça değişimi amacıyla bulunduğu konumdan dikey eksende kaldırmak için kullanılan mekanik

sistemlerdir [1]. Kriko sistemleri içerisinde bulunan birçok farklı bileşen ile yükü bulunduğu konumda sabit ve stabil tutma işlevi de taşımaktadır.

Simülasyon teknolojileri, ürünlerin fiziksel davranışlarının incelenmesinde ve ürün optimizasyon çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır [2]. Bu bilgisayar destekli teknolojilerin ürünlere uygulanması ile birlikte iteratif tasarım süreçleri, tasarım doğrulama ve test süreçleri daha az tekrar, daha kısa süre ve daha az maliyet ile tamamlanmaya başlamıştır [3]. Tasarım ve tasarım doğrulama süreçlerinin verimliliği de artmıştır [4].

Fotoelastisite, yapıların gerilme dağılımı ve gerilme değerlerinin tespit edilmesi amacıyla ışık ışınının çift kırınımı ve polarizasyonu temeliyle çalışan optik tabanlı bir yöntemdir. Yüklü olmayan saydam bir cisim üzerine polarize edilmiş bir ışık ışını iletildiğinde, ışık ışını cisim içerisine aynı hızda girer ve çıkar. Saydam cisim bir noktadan mesnetlenerek üzerine yük uygulanırsa cisim izotrop halden anizotrop duruma geçer. Cisim yüklü haldeyken üzerine polarize edilmiş ışık ışını düşürülmesi durumunda, ışık yapı üzerinde gerilmenin niteliğine bağlı olarak farklı hızlarda kırılacaktır [5]. Farklı hızlarda kırılan bu ışınlar bir polariskop üzerinde incelendiğinde, cismin gerilme dağılımına özgü karakteristik girişim çizgileri (saçak) gözlemlenmektedir. Girişim çizgileri, gerilme durumuna ve analizde kullanılan ışık tipine bağlı olarak ortaya çıkan siyah-beyaz ya da renkli çizgilerdir. Yapı üzerindeki gerilmeye bağlı olarak bu çizgiler belirli bir alana yayılırlar. Bu çizgiler kullanılan polariskop cinsine bağlı olarak izoklinik ve izokromatik çizgiler olarak adlandırılmaktadır. İzokromatik çizgiler gerilme farkından dolayı ortaya çıkarken, izoklinikler asal gerilme yönlerine bağlı olarak oluşmaktadır.

Fotoelastik analizde yaygın olarak dairesel ve düzlemsel polariskop üniteleri kullanılmaktadır [6]. Model yönelimine bağlı olarak görüntü değişkenliği olmamasından ve model kalibrasyonu gerektirmemesinden dolayı dairesel polariskop gerilme dağılımının incelendiği çalışmalarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Fotoelastik analiz gerçekleştirilecek cisimler çift kırınım özelliğine sahip malzemelerden üretilmiş olmalıdır. Cismin iki veya üç boyutlu modeli küçültülmüş ya da gerçek ölçüde birebir modelleri üretilebileceği gibi, çift kırınım özelliği bulunmayan cisimlerin fotoelastik analizinde cismin çift kırınım özelliğine sahip malzemeler ile kaplanması da endüstride yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir [7, 8]. Şekil 1'de bir eğri eksenli çubuk numunesine ait gerilme analiz görseli örneği gösterilmiştir.

Yapılan literatür incelenmesi neticesinde; doğrusal hidrolik kaldırma sistemlerinin sonlu elemanlar



Şekil 1. Eğri eksenli çubuk numunesi fotoelastik analizi

yöntemiyle incelendiği çalışmalar [9], makas tipi mekanik kriko sistemlerinin sonlu elemanlar yöntemiyle incelendiği çalışmalar [10] ve küçük mekanik araç krikolarının sonlu elemanlar yöntemiyle incelendiği çalışmalar [11, 12] olduğu görülmüştür. Bu çalışmalarda sadece sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir ve analiz verileri testlerden elde edilen veriler ile doğrulanmamıştır. Yer tipi yük kaldırma krikoları için sonlu elemanlar analizi ile birlikte fotoelastik gerilme analizlerinin yapıldığı bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, kriko sektöründe faaliyet gösteren bir firma tarafından tasarımı yapılarak üretimi gerçekleştirilen bir hidrolik kriko sistemi için yapıya özgü bir sonlu elemanlar modeli oluşturulmuş ve gerilme analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen gerilme analizi, yapının kritik ve fonksiyonel yük taşıma bölgeleri için (yük tablası ve taşıyıcı gövde) basitleştirilmiş fotoelastik modellerden elde edilen gerilme analizi verileriyle doğrulanmıştır. Yapıya ait mekanik davranış nümerik ve deneysel gerilme analiz yöntemleriyle incelenmiştir. Nümerik analiz verileriyle fotoelastik analizden elde edilen verilerin uyduğu görülmüştür. Sonuç olarak, sonlu eleman analizinden elde edilen gerilme analizi verileri fotoelastik analiz ile doğrulanmış ve eğitim uçağı hidrolik kriko sistemine özgün bir hesaplamalı ve deneysel gerilme analizi gerçekleştirilmiştir.

İlerleyen çalışmalarda, bu çalışmadan elde edilen veriler ile benzer mekanizmalara sahip kriko sistemlerinin tasarlanması ve tasarım optimizasyonu çalışmalarının gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Çalışmanın yapılması planlanan benzer nitelikteki tasarım ve tasarım doğrulama çalışmalarına yol göstermesi beklenmektedir.

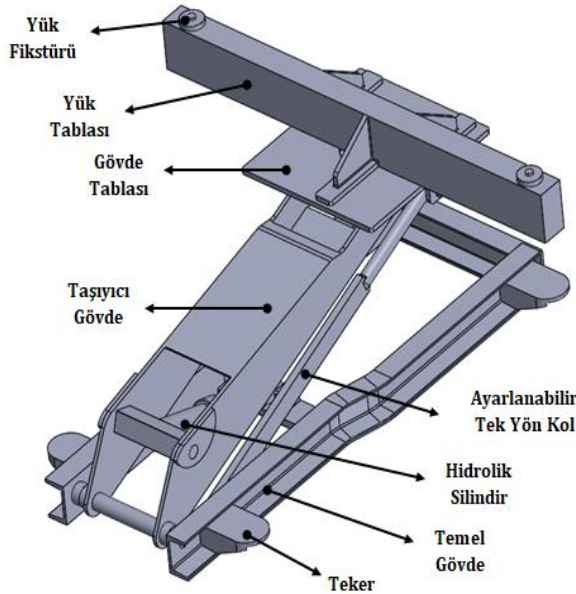
## 2. Materyal ve Metot

Hidrolik kriko sisteminin mekanik davranışını incelemek amacıyla, mekanizmaya özgü bir basitleştirilmiş katı model ve sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Elde edilen sonlu elemanlar analizi verileri, sistemin basitleştirilmiş iki boyutlu fotoelastik gerilme analizinden elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır.

### 2.1. Sonlu elemanlar yöntemi ile gerilme analizi

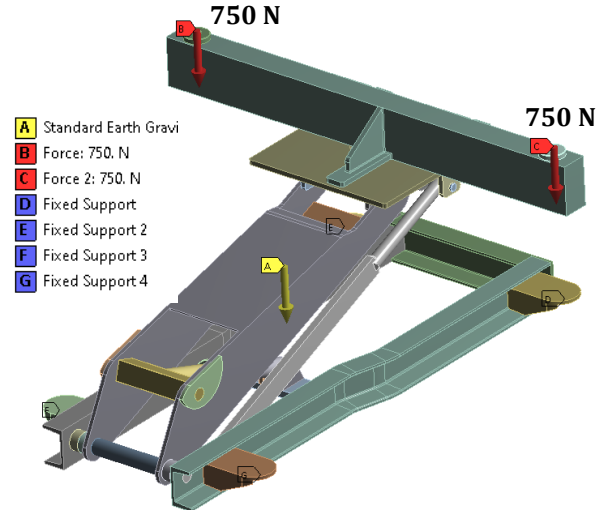
Çalışma konusu olan hidrolik uçak krikosu, yükü I-tip profilden üretilmiş bir yük fikstürü ile taşımaktadır. I-tip kirişin yan yüzeyleri sac plaka ile kapatılarak yük fikstürü oluşturulmuştur. Sistem 4 teker üzerinde çalışmaktadır. Kriko için gerçek tasarım temel alınarak basitleştirilmiş bir katı model oluşturulmuştur.

Basitleştirilmiş model, yapı fonksiyonelliği bozulmadan keskin köşe-kenarların ve kaynaklı bağlantıların sonlu elemanlar analizine uygun biçime getirilmiş halidir. Kriko sisteminin basitleştirilmiş katı modeli Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Basitleştirilmiş katı model

Sonlu elemanlar analizi 550 mm kaldırma yüksekliğinde, Ansys yazılımında gerçekleştirilmiştir. Analizde, yerçekimi açık durumdayken yapı toplam 1500 N ve 5000 N yük altında yüklenmiştir. Sistem teker bölgesinden üç ekseninde sabit olacak şekilde mesnetlenmiştir. Sınır koşulları Şekil 3 ile gösterilmiştir. 1500 N, yük fikstürüne iki noktadan uygulanmıştır.



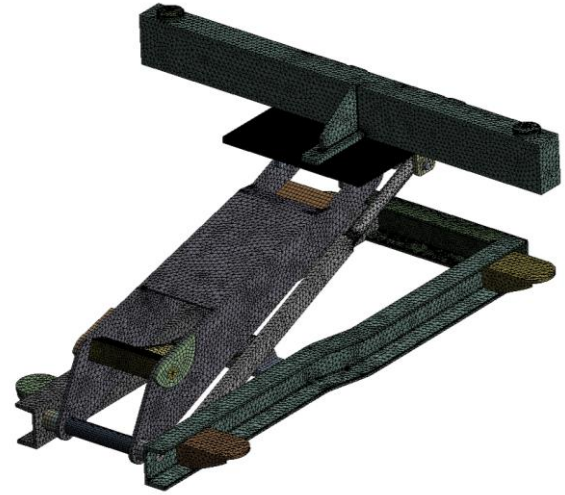
Şekil 3. Analiz sınır koşulları

Sistem analizi mesh yapısında toplam 720712 adet düğüm ve 384101 adet eleman bulunmaktadır. Analizde statik iteratif çözücü kullanılmıştır. Kriko sistemine ait özellikler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kriko sistemi özellikleri

Toplam parça sayısı	36
Kriko yapı materyali	S235JR (1.0037)
Yük kapasitesi	750 kg
Kaldırma yüksekliği	Maksimum 950 mm

Kriko sistemine ait mesh yapı Şekil 4'te gösterilmiştir.

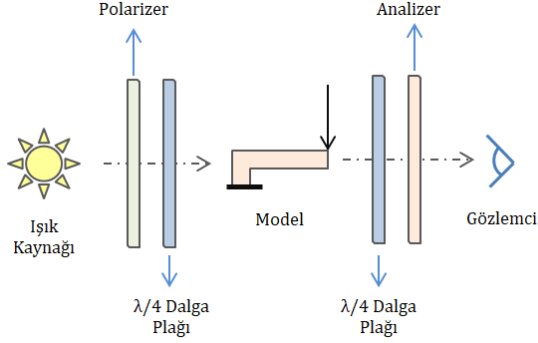


Şekil 4. Kriko sistemi mesh yapısı

### 2.2. Fotoelastik yöntem ile gerilme analizi

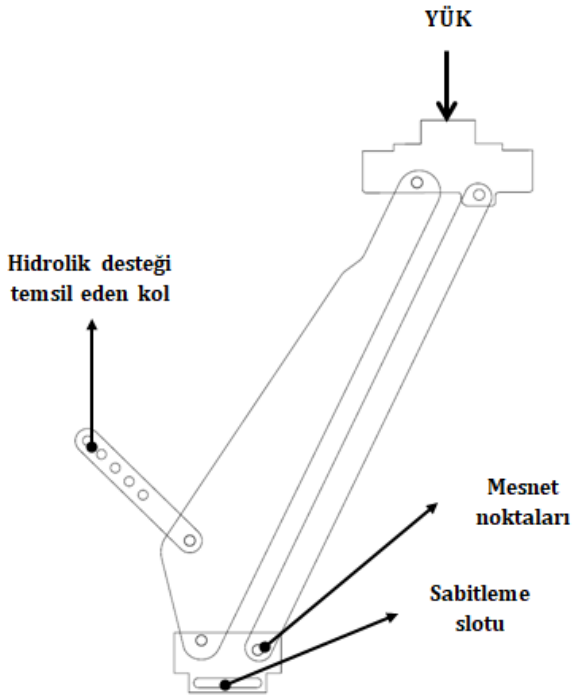
Öncül analizlerde, sisteme ait fonksiyonel bölgelerin yük taşıma fikstürü ve taşıyıcı gövde olduğu görülmüştür. Bu yapıları temsil eden, 240 mm x 250 mm dairesel polariskop ünitesi görüntüleme alanına sığacak iki boyutlu küçültülmüş ve basitleştirilmiş fotoelastik analiz modelleri oluşturulmuştur. Modeller 3 mm kalınlığındaki PMMA (polimetilmetakrilat) plakalardan CNC router

yardımla kesilerek çıkartılmıştır. Mesnet noktalarında, 5 mm çapında çelik pimler kullanılmıştır. Küçültülmüş modellere zarar vermemek amacıyla testler düşük yük değerlerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan dairesel polariskopun şematik yapısı Şekil 5'te gösterilmiştir.

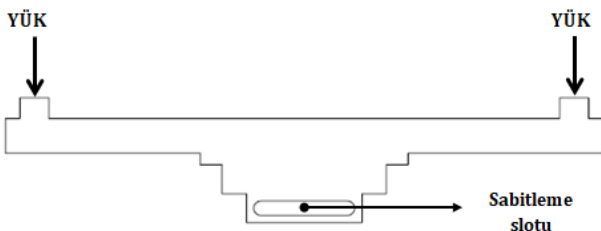


Şekil 5. Dairesel polariskop [13]

Kollu yük taşıyıcı gövde, 30 N yük altında; yük fikstürü ise sırasıyla 5 N, 10 N, 15 N ve 20 N altında test edilmiştir. Yük taşıma kollarına ait şematik sistem Şekil 6'da ve yük fikstürüne ait şematik sistem Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Yük taşıma kolları (taşıyıcı gövde)



Şekil 7. Yük fikstürü

### 3. Bulgular

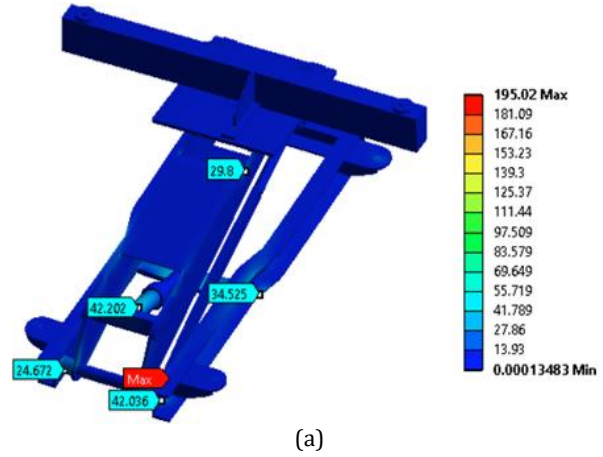
Çalışma bulguları, sonlu elemanlar analizi ve fotoelastik analiz için iki ayrı başlıkta incelenmiş olup sonlu elemanlar analizi ve fotoelastik analizden elde edilen gerilme verileri kıyaslanmıştır.

#### 3.1. Sonlu elemanlar analizi verileri

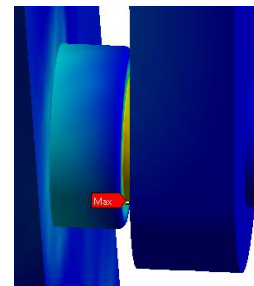
Kriko sistemine ait sonlu elemanlar analizi gerilme dağılımı Şekil 8'de gösterilmiştir. Maksimum gerilme, ayarlanabilir tek yön kolun bağlı bulunduğu mesnet temas bölgesinde (Şekil 8-b) meydana gelmiş olup süreksiz ve lokalizedir. Çalışma kapsamında yatak bölgelerinde oluşan süreksiz gerilmeler değerlendirme dışında tutularak kritik bölgelerdeki sürekli gerilmeler incelenmiştir. Yapı üzerindeki sürekli ve bölgesel gerilmeler Şekil 9 ve Şekil 10 ile gösterilmiştir.

Elde edilen gerilme dağılımı analiz verilerine göre, taşıyıcı yük fikstür kolundan aktarılan gerilmeler silindirik ünitesi ve ayarlanabilir tek yön kol yardımıyla desteklenmektedir. Silindirik ünitesi desteklediği aksel yükü hidrolik silindirik tablası (Şekil 9) üzerine ve buradan temel gövdeye aktarmaktadır.

Ayarlanabilir tek yön kol sistemi ise, üzerindeki aksel kuvveti bağlı olduğu mesnet ile temel gövdeye aktarmaktadır (Şekil 10). Yük akışı incelendiğinde sonuçların tutarlı olduğu görülmüştür. Gövde üzerindeki maksimum gerilme 55 MPa olarak hidrolik silindirik yük tablasında gözlemlenmiştir.

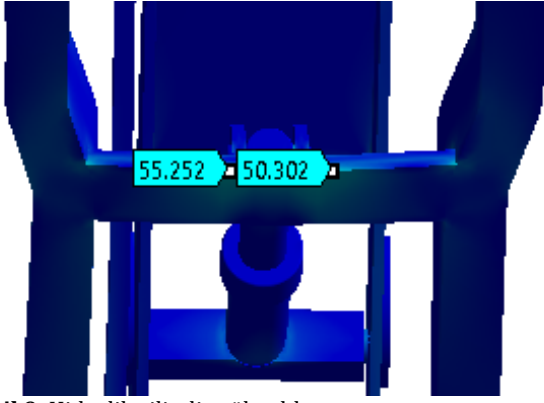


(a)

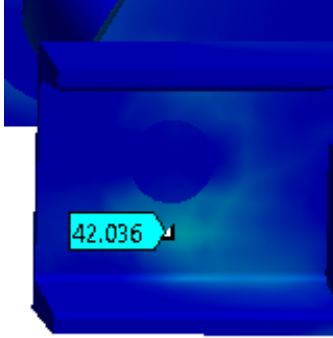


(b)

Şekil 8. 1500 N yük altında gerilme analizi, a) gerilme dağılımı b) maksimum bölgesel gerilme

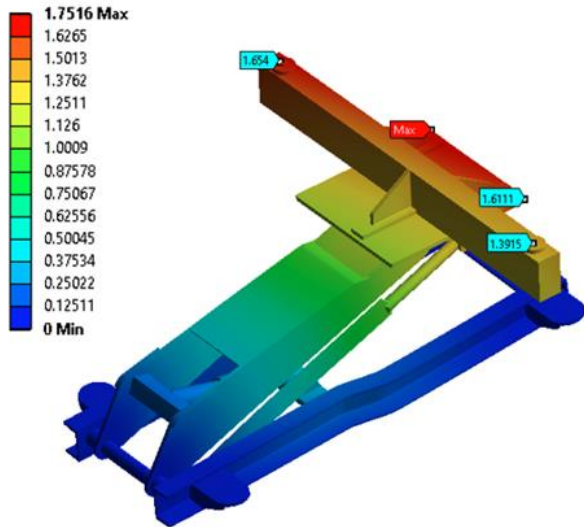


Şekil 9. Hidrolik silindir yük tablası



Şekil 10. Ayarlanabilir kol mekanizması mesnet pimi

Sistem üzerindeki maksimum sehim, gövde tablası ve yük fikstüründe gözlemlenmiş olup tabla için maksimum sehim değeri 1.75 mm'dir. Tek yönlü ayarlanabilir kol mekanizmasının bağlı bulunduğu yük fikstür tarafı (1.391 mm) ve serbest taraftaki (1.654 mm) göreceli maksimum sehim değeri incelendiğinde fark 0.26 mm olup ihmal edilecek seviyededir. Yük fikstürü sehimi ve gövde elemanlarına aktarılan aksenal yükler göz önünde bulundurulduğunda sehim sonuçları yapı için tutarlıdır. Yapıya ait şekil değişimi Şekil 11'de görülmektedir.



Şekil 11. 1500 N yük altında yapının sehimi

### 3.2. Fotoelastik analiz verileri

Yüksüz durumdaki yük tablasına ait fotoelastik görüntü Şekil 12'de gösterilmiştir. Fotoelastik analiz sonucunda elde edilen veriler Şekil 14 ve Şekil 16 ile gösterilmiştir.



Şekil 12. Yüksüz durumda yük tablası

Yüksüz durumda yük tablası üzerinde fotoelastik görüntüsü üzerinde saçak gözlenmemiştir. Yük tablasına yük kademeler halinde uygulanmıştır.

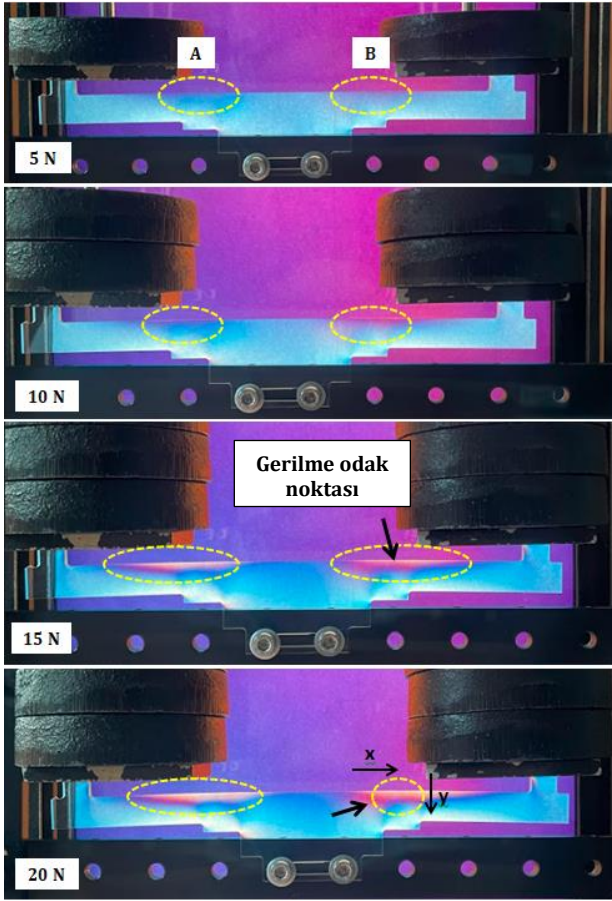
Gerilme seviyesi girişim çizgisi renk değişimine bağlı değerlendirilmiş olup, Şekil 13 ile verilen ve bağlı gecikmeye bağlı olarak oluşan karakteristik girişim çizgilerini temsil eden renk skalası kullanılmıştır.



Şekil 13. Girişim çizgileri renk skalası [14]

Yük artışı ile birlikte, yapının üst sırt yüzey (Şekil 14 ile gösterilen A ve B bölgeleri) kısmından başlayan eğme etkisi kaynaklı çekme gerilmesiyle (10 N - 15 N geçişi) düşük seviye gerilmeyi temsil eden 2 saçak renk geçişi (kırmızı - sarı) gözlemlenmiştir. Bu renk geçişi gerilmenin bu bölgelerden başladığını göstermektedir. 20 N yük altında ise, kırmızı ve sarı saçak kuşağı genişlemiştir. Kuşak genişlemesi bu bölgedeki gerilme değerinin artmaya başladığını göstermektedir.

Bölüm 3.2 içerisinde yön belirteci olarak tanımlanan x ve y yön ifadelerinden x gösterildiği eksendeki yatay yönü, y ise dikey yönü temsil etmektedir. Görüntüde saçakların x yönünde ve y yönünde büyümeye başladığı görülmüştür. Gerilme bu bölgede bir odak noktasından başlayarak genişlemiştir. Odak noktasındaki gerilme değeri artışı ile birlikte saçak genişlemekte ve renk değiştirmektedir. Dolayısıyla, x ve y yönünde ilerledikçe gerilme değeri azalmaktadır.



Şekil 14. Yük altında yük tablasına ait gerilme dağılımı

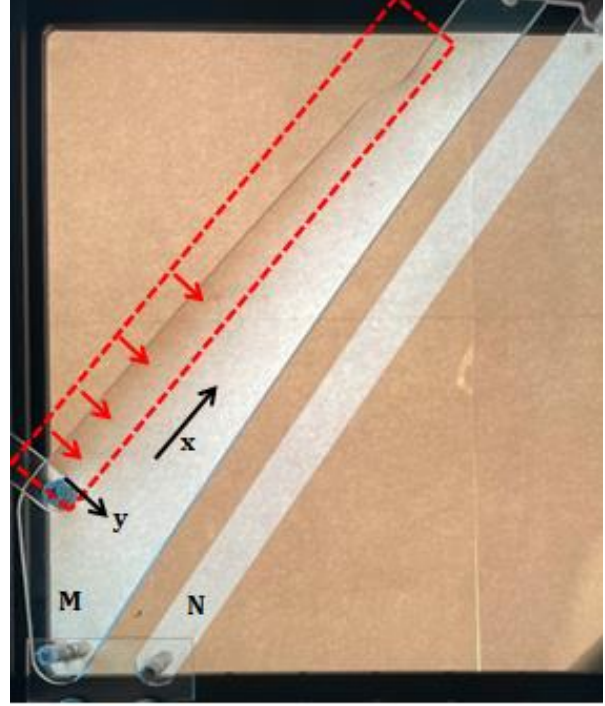
Yüksüz durumda yük kollarına ait görüntü Şekil 15 ile gösterilmiştir.



Şekil 15. Yüksüz durumda yük kolları

Şekil 15'te M harfi ile gösterilen yük kolu, gövde tablasını temel gövde ile birbirine bağlayan taşıyıcı gövdenin iki boyutlu durumda yan yüzünü temsil etmektedir. Şekilde N harfi ile gösterilen yük kolu ise, iki boyutlu durumda hidrolik kriko sisteminin ayarlanabilir tek yön kol mekanizmasını temsil etmektedir.

30 N yük uygulandığında yük kolları için gerilme dağılımı Şekil 16 ile gösterilmiştir.



Şekil 16. Yük altında yük kolları üzerinde gerilme dağılımı

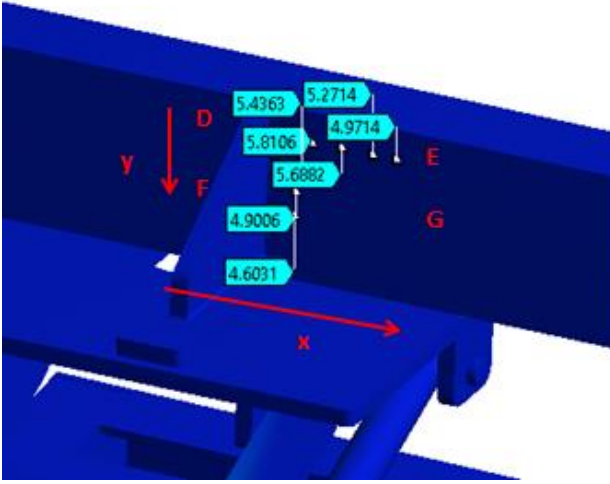
Uygulanan yük altında N kolu üzerinde saçak renk geçişi gözlenmediğinden gerilme dağılımında değişim gözlenmemektedir.

Yüksüz durum ile kıyaslandığında M kolunun üst sırt yüzeyinde düşük seviye kırmızı saçak rengi oluşmasına bağlı olarak gerilmenin bu bölgede oluşmaya başladığı ve y yönünde genişleyerek arttığı görülmüştür. Dolayısıyla, gerilme üst yüzeyde başlamakta ve bu noktadaki mesnet kısmından başlayarak odak oluşturmaktadır. Fotoelastik görüntüde x yönünde saçak renk koyuluğu azaldığından gerilmenin düşüş gösterdiği gözlemlenmiştir.

Görüntü yükü ilk olarak destekleyen bölgenin taşıyıcı kolu temsil eden M kolu olduğunu göstermektedir. M kolunda oluşan gerilme seviyesi N koluna göre yüksektir.

### 3.2. Fotoelastik analiz ve sonlu elemanlar analizinin karşılaştırılması

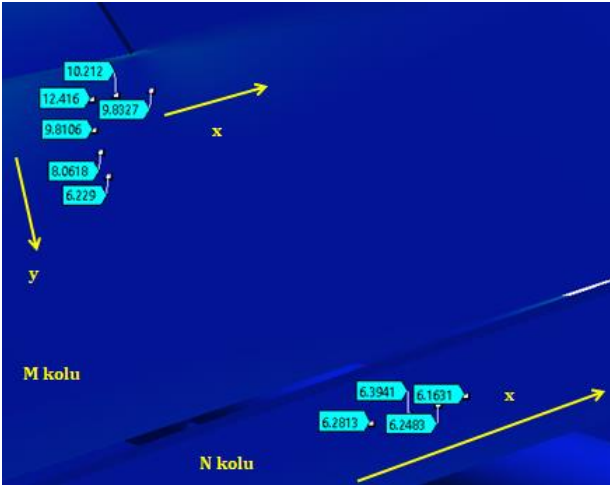
1500 N yük altında, yük tablasına ait sonlu elemanlar analizi verisi Şekil 17 ile gösterilmiştir.



Şekil 17. 1500 N yük altında yük tablasına ait sonlu elemanlar analizi verisi

Yük tablasının üst sırt yüzey kısmından başlayan eğme etkisi kaynaklı gerilme için odak bölgesi D noktasıdır. Bu bölge Şekil 14 ile verilen görüntüde A ve B bölgesini temsil etmektedir. Yükleme durumunda yük tablasında D noktasından E noktasına doğru ve D-F noktasından E-G noktasına doğru gerilme değeri azalmaktadır. Dolayısıyla, gerilme x yönü ve y yönünde azalmaktadır. Sonuç olarak, yük tablası fotoelastik analiz görsel verileri sonlu elemanlar analizi nümerik verilerini doğrular niteliktedir.

1500 N yük altında, yük kollarına ait sonlu elemanlar analizi verisi Şekil 18 ile gösterilmiştir.



Şekil 18. Yük altında yük kollarına ait sonlu elemanlar analizi verisi

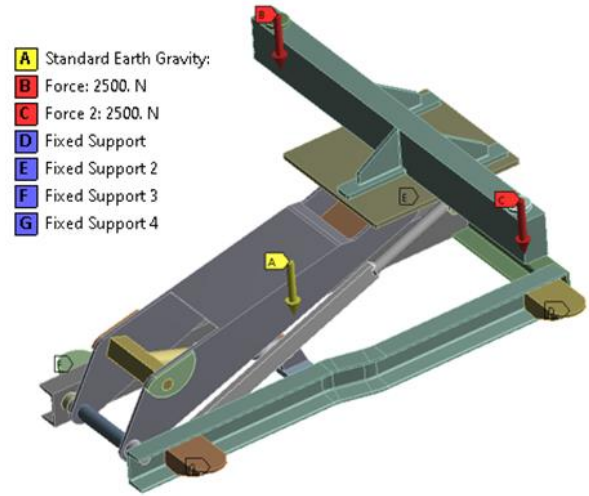
M kolunda yükleme durumunda, gerilme x ve y yönünde azalma durumundayken, N kolunda x yönünde gerilme değerlerinin düşük miktarlarda değişkenlik göstermekte olduğu görülmüştür.

Yük kollarının fotoelastik analizinde, M kolunda oluşan gerilme seviyesinin N koluna göre yüksek olduğu görülmüştür. Sonlu elemanlar analizi verileri incelendiğinde de M kolundaki gerilme seviyesinin N

koluna göre yüksek olduğu görülmüştür. Sonlu elemanlar analizinde yükü taşıyan bölgenin M kolu olduğu ve gerilmenin bu kol üzerinde odak oluşturarak yayılmaya başladığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, yük kolları için fotoelastik analiz görsel verileri, sonlu elemanlar analizi nümerik verilerini doğrular niteliktedir [15].

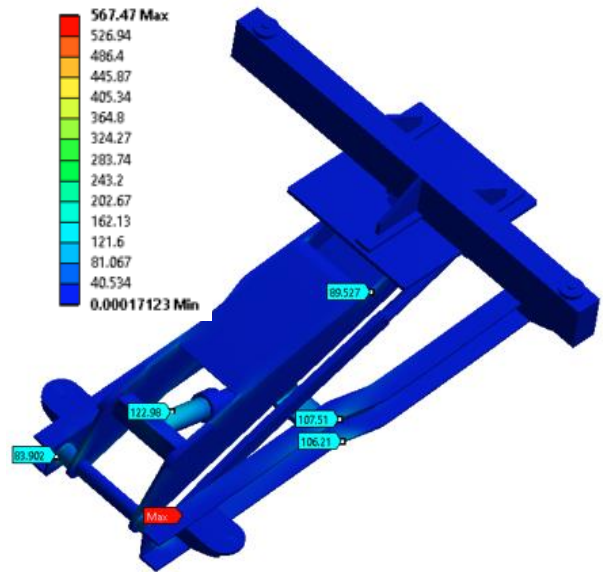
### 3.3. Yapının 5000 N nominal çalışma yükü altında mekanik davranışı

1500 N uygulama yüküne ek olarak, yapının 5000 N nominal çalışma yükü altında mekanik davranışı incelenmiştir. Şekil 4 ile gösterilen mesh yapı değiştirilmeden, sistem Şekil 19 ile gösterilen sınır şartlarında yüklenmiştir.



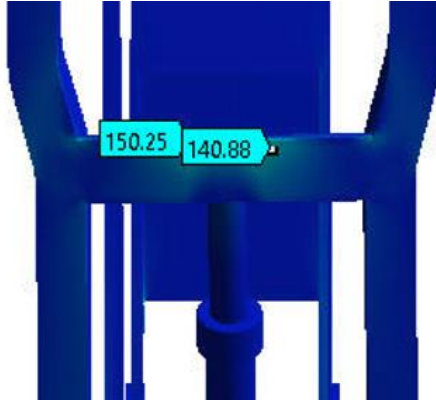
Şekil 19. Nominal yük altında yükleme sınır şartları

Sonlu elemanlar analizi sonucu 5000 N yük altında elde edilen gerilme dağılımı Şekil 20 ile gösterilmiştir.



Şekil 20. Nominal yük altında gerilme dağılımı

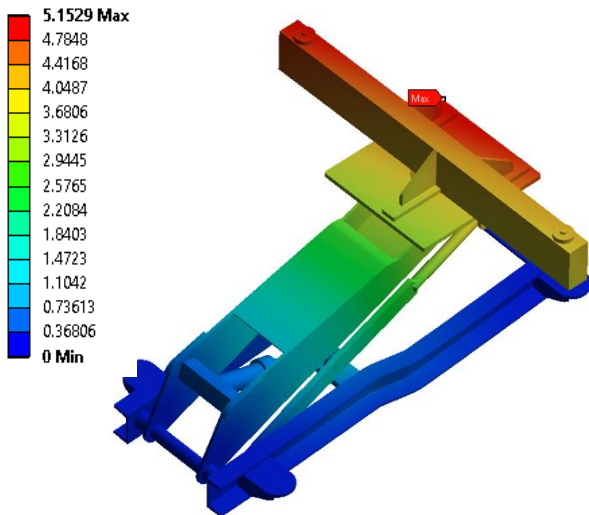
Sistem üzerinde gözlemlenen maksimum bölgesel gerilme 150 MPa civarında olup, maksimum gerilme hidrolik silindir yük tablasında oluşmuştur (Şekil 21).



**Şekil 21.** Nominal yük altında hidrolik silindir yük tablası gerilme dağılımı

Dengiz vd. [16] makas tipi bir hidrolik kaldırma krikosunda sonlu elemanlar yöntemi ile gerilme analizi gerçekleştirmiştir. Yapıya, 1000N - 6000N arasında yük uygulanmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde, makas kollarında hidrolik ünite üzerinde ve hidrolik ünitenin bağlı bulunduğu gövde tablasında gerilmelerin bölgesel olarak yoğunlaştığını gözlemlenmiştir. Sistem üzerindeki yük akışına bağlı olarak, yükü taşıyan hidrolik silindir ünitesi üzerinde meydana gelen gerilmeler ve bu gerilmelerin silindir ünitesi üzerinden gövde tablasına aktarılması bir sistem benzerliği yaratmaktadır. Sistem benzerliği göz önünde tutulduğunda, elde edilen analiz verileri benzerlik göstermektedir.

5000 N nominal yük altında maksimum sehım değeri 5.15 mm olarak gözlemlenmiştir (Şekil 22).



**Şekil 22.** Nominal yük altında yapının sehimi

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, bir hidrolik kriko sisteminin mekanik davranışı fotoelastik yöntem ile birlikte sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Sonuç olarak, sonlu elemanlar analizi verilerinin fotoelastik analizden elde edilen veriler ile uyduğu

görülmüştür. Test verileri, sonlu elemanlar analizinden elde edilen nümerik verilerini doğrular niteliktedir.

Literatürde incelenen çalışmaların bir çoğunda çalışma kapsamında sadece sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiş olup, çok azında gerilme analizi ve oluşturulan nümerik model ikinci bir test çalışması ile doğrulanmıştır. Bundan dolayı bu çalışma kapsamında, kriko sistemlerine özgü bir fotoelastik analiz gerçekleştirilmiştir.

Fotoelastik analiz verilerinde, gerilmelerin yük tablasının gövde tablası ile birleşme bölgesinde eğilme etkisine bağlı olarak yoğunlaştığı girişim çizgisi geçişlerinde gözlemlenmiştir. Taşıyıcı gövdede ise, eğilme etkisine bağlı gerilmelerin üst sırt yüzeyde oluşmaya başladığı ve bu bölgeden yayılmaya başladığı görülmüştür.

Sonlu elemanlar analizinde, taşıyıcı yük fiğstür bölgesinden aktarılan kuvvetlerin silindir ünitesi ve ayarlanabilir kol sistemi yardımıyla desteklendiğı ve ayarlanabilir kol mekanizmasının, üzerindeki kuvveti eksenel bağlı bulunduğu mesnet grubu ile temel gövdeye aktardığı görülmektedir. Yük fiğstürünün sehimi ve eksenel kuvvet aktarma davranışı göz önünde bulundurulduğunda sehım değerlerinin yapı için tutarlı seviyede olduğu görülmüştür.

Analiz sonucunda, hidrolik kriko sistemin 1500 N yük altında maksimum sehım değeri 1.75 mm ve bölgesel maksimum gerilme değeri 55 MPa olarak gözlemlenmiştir. Nominal çalışma yükü olan 5000 N altında sonlu elemanlar analizi sonucunda, maksimum sehım değeri 5.15 mm ve maksimum bölgesel gerilme 150 MPa olarak gözlemlenmiştir.

#### Teşekkür

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etięi Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etięine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

#### Etik Beyanı

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etięi Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etięine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.



## Kaynakça

- [1] Amedorme, S., Fiagbe, Y. 2016. Modification of an Existing Small Hydraulic Jack for Lifting Light Duty Vehicle. *International Journal of Science and Technology*, 5, 552-557.
- [2] Iorga, C., Desrochers, A. 2011. Product Modeling, Evaluation and Validation at the Detailed Design Stage. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*.
- [3] Rembold, U., Nnaji, BO., Storr A. 1994. *Computer Integrated Manufacturing and Engineering*. Addison Wesley Publication, USA, 664s.
- [4] Bathe, K. J., 2014. *Finite element procedures*. 2nd edition. Springer, USA, 1065s.
- [5] Azelođlu, O., Keskin, İ., Bayraktar, M. 2008. Zincir Baklasında Yük Altında Oluşan Gerilmelerin Sonlu Elemanlar Yöntemi ve Fotoelastisite Yöntemiyle İncelenmesi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4 , 41-48.
- [6] Aköz, Y. 1974. Fotoelastisite. İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye İnşaat Mühendisliğı 6. Teknik Kongresi, İstanbul, 1-14.
- [7] Taj, W. 2015. Experimental Determination of the Stress Intensity Factor Using Photoelasticity. *Matter*, 2 (1), 2110-2116.
- [8] Öndürücü, A., Kılınc, M., 2018. Bruksizm Tedavisinde Kullanılan Oklüzal Splintlerdeki Gerilme Dağılımının Fotoelastik Yöntemle İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 861-866.
- [9] Saravanan, A., Suresh, P., Arthanari, V., Muthukumar, S. 2018. Design and Analysis of Trestle Hydraulic Jack Using Finite Element Method. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*, 8 (6), 437-447.
- [10] Manoharrao, S.A., Jamgekar, R.S. 2016. Analysis & Optimization of Hydraulic Scissor Lift. *International Journal of Engineering Development and Research*, 4(4), 329-347.
- [11] Rózyło, P., Wysmulski, P. 2015. Numerical Analysis of the Stress and Displacement Level Caused by Axial Load  $P= 15000$  N in a Car Scissor Jack BD-02B2. *Applied Computer Science*, 11(1), 31-38.
- [12] Kiran, C. S., Sruthi, J. 2018. Design and Structural Analysis of Scissor Jack Using ANSYS Workbench. *CVR Journal of Science and Technology*, 15, 101-105
- [13] Forte, P., Paoli, A., Razonale, A. V. 2015. A CAE Approach for the Stress Analysis of Gear Models by 3D Digital Photoelasticity. *International Journal for Interactive Design and Manufacturing*, 9, 31-43.
- [14] Fanuscu, M.I. Caputo, A.A. 2004. Influence of Attachment Systems on Load Transfer of an Implant-Assisted Maxillary Overdenture. *J. Prosthodontic*, 13(4), 214-220.
- [15] Kılınc, M. 2022. Uçak hidrolik kriko sisteminin mekanik davranışlarının gerilme analiz yöntemleriyle incelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66s, Isparta.
- [16] Dengiz, C. G., Şenel, M. C., Yıldızlı, K., Koç, E. 2018. Design and Analysis of Scissor Lifting System by Using Finite Elements Method. *Universal Journal of Materials Science*, 6(2), 58-63.