

Kısa Makale

Hidrolik Boom Tipi Örnek Bir Krende Statik Yükleme Sonucu Oluşan Gerilmelerin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle İncelenmesi

H. Kürşat ÇELİK,¹ Mehmet UÇAR,² Ali ÇAVDAR³

¹Akdeniz Ünv., Fen Bilimleri Enst. Tarım Makineleri ABD 07070 Antalya- Türkiye

²Kocaeli Ünv., Tek.Eğt. Fak., Makine Eğitimi, Otomotiv ABD 41000 Kocaeli-Türkiye

³Kocaeli Ünv., Tek.Eğt. Fak., Makine Eğitimi, Otomotiv ABD 41000 Kocaeli-Türkiye

Özet

Krenler (Vinçler) günümüzde, inşaat sektörü, ağır sanayi, limanlar ve gemilerde oldukça sık kullanılan ve bu sektörlerin vazgeçilmez iş makinelerindendir. Limanlarda ve gemiler üzerinde kullanılan hidrolik boom tipi krenler farklı kullanım amaçlarına yönelik tasarlanmakta ve çalıştırılmaktadırlar. Özellikle katı yük yüklemelelerinde hassas ve kullanışlı olmasından ötürü oldukça yaygındırlar. Çelik konstrüksiyon olan bu tip krenlerin, büyük taşıma kapasiteli istenmeleri ve hareketli yapılarından dolayı üzerlerinde büyük gerilme dağılımları oluşmaktadır. Bu nedenle krenlerin tasarımı sırasında maruz kaldığı dinamik ve statik yükler iyi analiz edilmelidir.

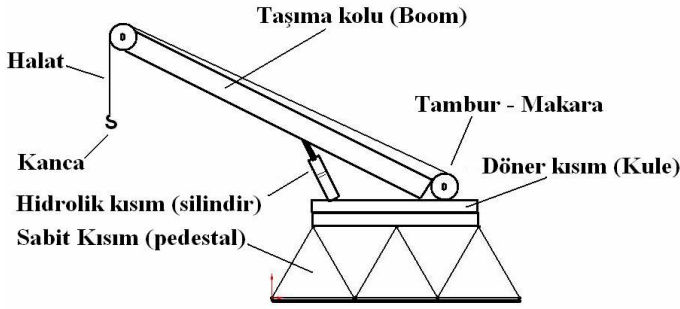
Bu çalışmada, örnek olarak seçilen hidrolik boom tipi bir krendeki taşıyıcı kol (boom) 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Taşıyıcı kol üzerinde statik yükleme durumu altındaki gerilme dağılımları sonlu elemanlar metodu kullanılan bir paket yazılım ile incelenmiştir. Analiz sonrası elde edilen sonuçlar yorumlanmış, kren konstrüksiyonunun hasara uğramadan çalıştığı gerçekleştirilen simülasyon ile gösterilmiştir. Kren konstrüksiyon elemanları için malzeme akma mukavemeti baz alınarak analiz sonuçlarına göre çalışma güvenlik katsayıları çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kren, Parametrik tasarım, Gerilme analizi, Sonlu Elemanlar Yöntemi

1. Giriş

Ağır yüklerin taşınmasında kullanılan krenler, yükleri bir yerden başka bir yere taşımada en uygun çözümü sunarlar. Vinçler yükleri sadece kaldıran ve tek yöne çeken basit kaldırma makineleri, krenler ise üzerinde vinç donanımı da bulunan, öteleme ve dönme hareketlerini yapacak düzeneklere sahip, yükleri istenilen her yöne taşıyabilen kaldırma makineleridir [1]. Krenler, günümüzde inşaat sektöründen denizcilik sektörüne kadar ağır yüklerin taşınmasında oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Bu doğrultuda, farklı kullanım alanları için birçok değişik tipte ve kapasitede tasarlanıp imal edilmektedirler. Ağır endüstride kaldırma makinelerinden faydalanan, açık bir zorunluluktur. Ağır malzemelerin, yüklerin her an yer değiştirdiği böyle bir endüstri alanında kaldırma makinelerinin kullanımdan kaçınmak ve bunlar olmadan iş görmek mümkün değildir [2].

Özellikle limanlarda ve gemiler üzerinde kullanılan hidrolik boom tipi krenler, denizcilik sektöründe yüklerin taşınmasında önemli bir yere sahiptir. Katı yüklemede, hassas ve kullanışlı olması ile ön plana çıkmaktadır. Bu tip bir krene ait elemanlar ve örnek bir kren resmi şekil 1’ de verilmiştir.



Şekil 1. Hidrolik boom tipi bir krene ait elemanlar ve örnek bir hidrolik kren resmi

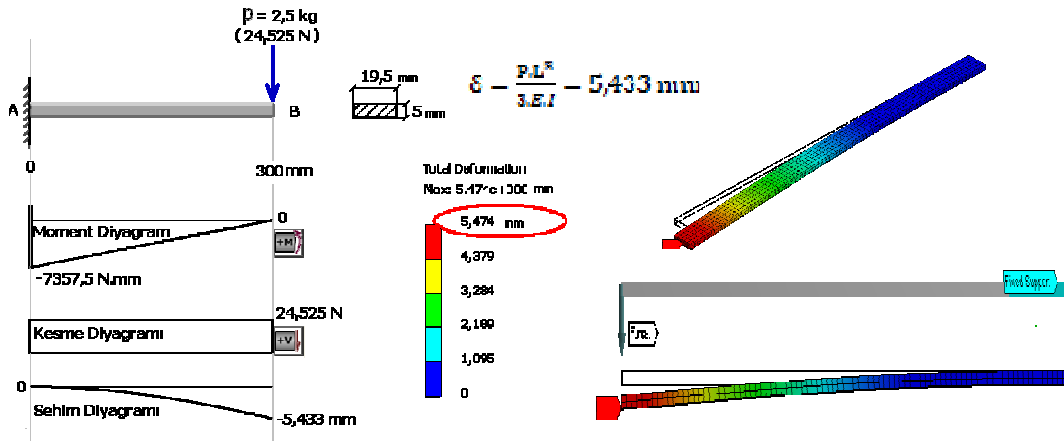
Yükleme durumu ve çalışma süresi, krenlerin tasarımı açısından önemli bir konudur. Krenler yükleme durumu altında değişik, statik ve dinamik kuvvetler altında çalışmaktadır. Genellikle çelik konstrüksiyon olan bu tip krenlerin büyük yük taşıma kabiliyetli istenmeleri ve hareketli yapılarından ötürü üzerlerinde büyük gerilme dağılımları oluşmaktadır. Meydana gelen gerilme dağılımlarının iyi analiz edilmesi hayati bir konudur. Bu konu hem güvenlik hem de imalat ve maliyet açısından ön plana çıkmaktadır. Günümüzde tasarımların sadece verilen görevi yerine getirmesi yeterli değildir. Artan rekabet, imalatçıları çalışan en uygun tasarımları geliştirmeye doğru zorlamaktadır. Çalışan birçok değişik tasarım içerisinde, en iyi olarak tarif edilen değerleri taşıyan, güvenli ve ergonomiklik yönünden güçlü tasarımları yaratmak zaman ve maliyet kayıplarını en aza indirmek başlıca amaç olmaktadır.

Bu konular çerçevesinde optimum tasarımların ortaya çıkmasında, teknoloji ve buna paralel geliştirilen tasarıma yardımcı yazılımların önemli bir katkısı vardır. Özellikle 3 Boyutlu modelleme ve sonlu elemanlar uygulamaları imalatçılar için yüksek prototip maliyetlerinin ve zaman kayıplarının önüne geçmede oldukça başarılıdır. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) sistemlerinde yıllardır, “daha az maliyetli konstrüksiyon ve hem daha hızlı hem de daha iyi çıktılar” amaçlanmış ve teknolojik gelişmelerde özellikle bu hususta yoğunlaşmıştır [3]. Artık günümüzde, sonlu elemanlar metodu uygulamaları ile hemen hemen tüm alanlarda–disiplinlerde karşılaşmak mümkündür. Metodun birçok disipline uygun çözümler vermesi ve bilgisayarlar ile kolaylıkla uygulanması bu metodun kullanılabilirliğini artırmıştır.

Bu çalışmada bir CAD ve sonlu elemanlar uygulaması olarak örnek seçilmiş bir hidrolik boom tipi krenin taşıyıcı kolu (boom) Solidworks katı model yazılımı kullanılarak 3 boyutlu ve parametrik olarak modellenmiştir. Modelleme sonrası statik yükleme durumu altında çalışması simüle edilmiştir. Taşıyıcı kol üzerindeki eş değer gerilme dağılımları ve modelin sehim incelenmiştir. Gerilme analizi için Ansys Workbench sonlu elemanlar paket yazılımı kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre taşıyıcı kol elemanları için malzeme akma mukavemeti baz alınarak çalışma güvenlik katsayıları çıkarılmıştır.

Benzer çalışmalar olarak; Demirsoy ve Zeren (2003), kafes kiriş boumlu bir kule krenini I-DEAS yazılımını kullanarak modellemiş ve üzerindeki gerilme dağılımlarını farklı yük konumları için incelemiştir [4]. Mercan (2002) yaptığı küçültülmüş prototip model üzerindeki deneysel çalışmada Ansys sonlu elemanlar yazılımı kullanarak örnek bir köprü krendeki gerilme dağılımlarını deneysel ve sonlu eleman çözüm sonuçlarıyla incelemiş ve doğrulamıştır [5]. Tümentümür ve arkadaşları (2002) örnek bir kule kren tasarımı çalışması ile I-DEAS yazılımını kullanarak 3 boyutlu modelleme gerçekleştirmiş ve krendeki gerilme dağılımlarını incelemiştir [6].

Gerçekleştirilen kren yükleme simülasyonunun geçerliliğini test etmek için öncelikle basit bir kiriş analizi simüle edilmiş, analitik çözümü ile sonuçlar karşılaştırılmıştır. 5x19,5x300 mm boyutlarında bir ankastre kiriş alınmış en uç noktasından 2,5 kg ile düşey yönde yüklenmiştir. Simülasyon statik, lineer ve 3 boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir. Analitik çözüm ve yüklenme diyagramları şekil 2’ de verilmiştir. Bahsi geçen eşitliklerde malzeme elastik modülü; E:200 Gpa, Poission oranı; ν : 0,3, malzeme özgül ağırlığı 7850 kg/m³ alınmıştır [9]. Analitik çözüm sonucu sehim 5,433 mm çıkmış, simülasyon sonucu sehim 5,474 mm elde edilmiştir. İki sonuç arasındaki 0,041mm’lik fark çözüm metot farklılığından kaynaklanmaktadır ve kabul edilebilir sınırlar içerisinde.



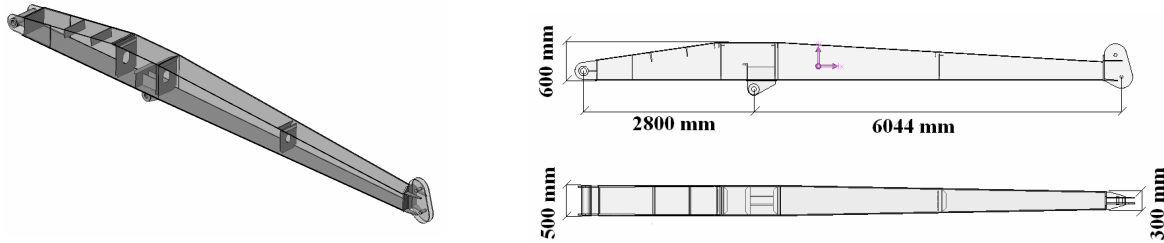
Şekil 2. Geçerlilik çalışması

2. Sistemin Modelinin Oluşturulması

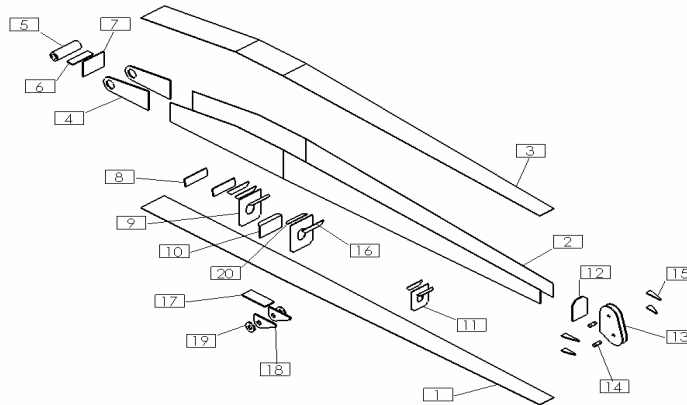
2. Kren Taşıyıcı Kolunun Modellenmesi ve Gerilme Analizi

2.1 Modelleme

Örnek olarak 9 m boyunda, yapı ağırlığı 1,3318 ton ve 4,5 ton maksimum kaldırma ağırlığı ile tasarlanan hidrolik boom tipi krenin taşıyıcı kolu 3 boyutlu ve parametrik olarak Solidworks katı model yazılımı ortamında modellenmiştir. Modellenen kren taşıyıcı kolunun genel boyutları ve yapısı Şekil 3 de gösterilmiştir. Model için patlatılmış görüntü hazırlanmıştır (Şekil 4).



Şekil 3. Kren taşıyıcı kolunun 3 boyutlu modeli



Şekil 4. Kren taşıyıcı kolu 3 boyutlu patlatılmış görüntüsü

2.2 Gerilme Analizi

Taşıyıcı kol tamamıyla çelik konstrüksiyon ve kaynaklı birleştirmedir. Taşıyıcı kolun analizinde kullanılan malzeme St-37-2 imalat çeliği olarak alınmış ve malzeme özellikleri tablo 1 de verilmiştir [7].

Tablo 1. Kren taşıyıcı kolunun malzeme özellikleri

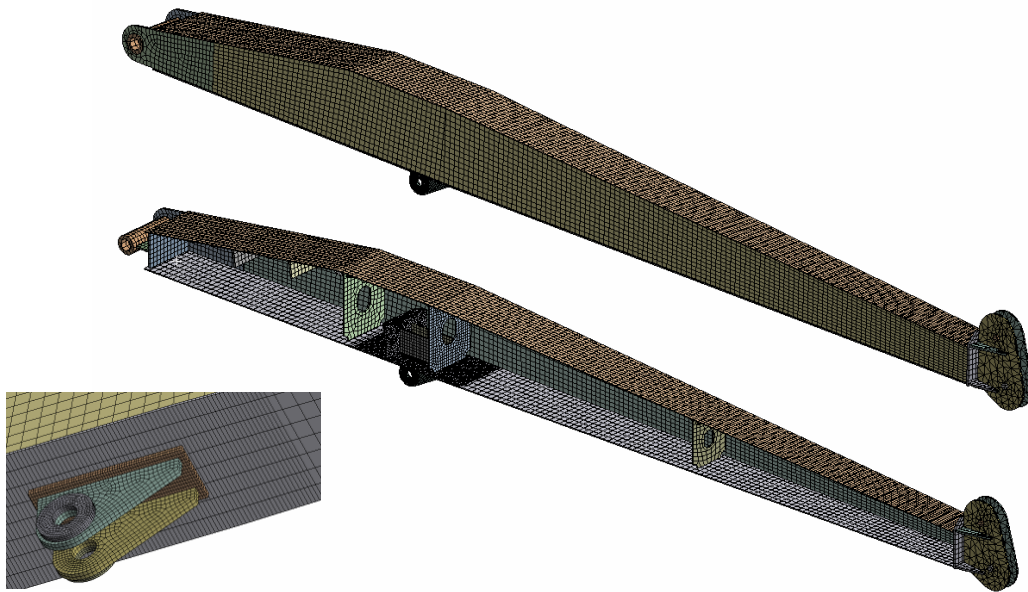
St 37-2		
Elastik Modül	[GPa]	210
Kopma Mukavemeti	[MPa]	360
Akma Mukavemeti	[MPa]	235
Poisson Oranı		0,3
Özgül Ağırlık	[kg/m ³]	7850

Analiz, statik yükleme durumu için gerçekleştirilmiştir. Kren taşıyıcı kolu üzerine etki edebilecek rüzgar yükü yok kabul edilmiştir. Taşıyıcı kol kuleye ve hidrolik silindire bağlandığı yataklardan silindirik sabitleme ile yazılım içerisinde tanımlanmış, dönme hareketi hariç yatay ve dikey hareket serbestlik dereceleri sıfırlanmıştır. Uygulanacak kuvvet, maksimum kaldırma ağırlığının 1,25 güvenlik katı alınmış ve ön makara grubunun miline aşağı yatay eksen yönünde 55181,25 N olarak uygulanmıştır. Aynı zamanda yer çekimi etkisi tüm taşıyıcı kol modeline standart yerçekimi ivmesi olarak uygulanmıştır. Taşıyıcı kol için uygulanan sınır koşulları şekil 5’de görülmektedir.



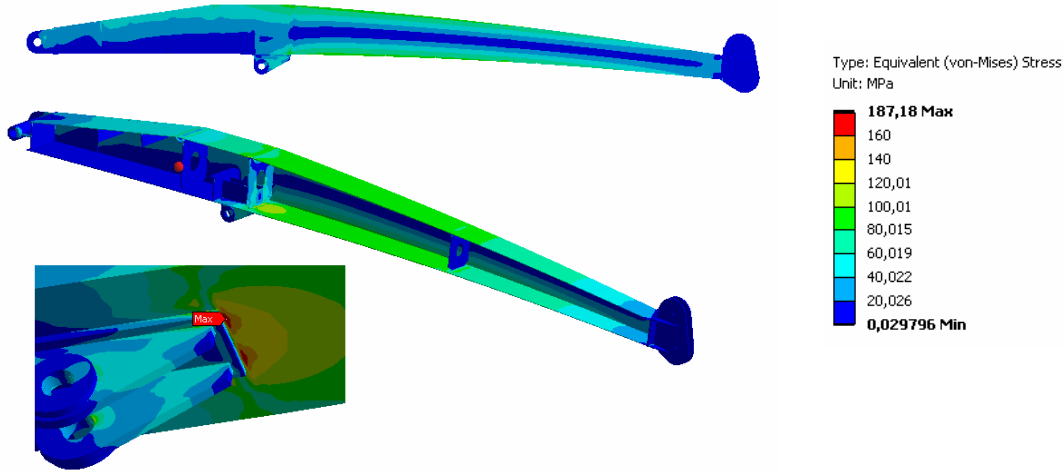
Şekil 5. Kren taşıyıcı kolunun sınır koşulları

Modelin mesh yapısının hazırlanmasında Ansys Workbench yazılımının “meshing” fonksiyonlarından yararlanılmıştır [8]. Oluşturulan mesh yapısında toplamda 75601 eleman sayısı ve 124832 nod (düğüm) sayısı elde edilmiştir. Modelin mesh yapısı şekil 6’de görülmektedir.



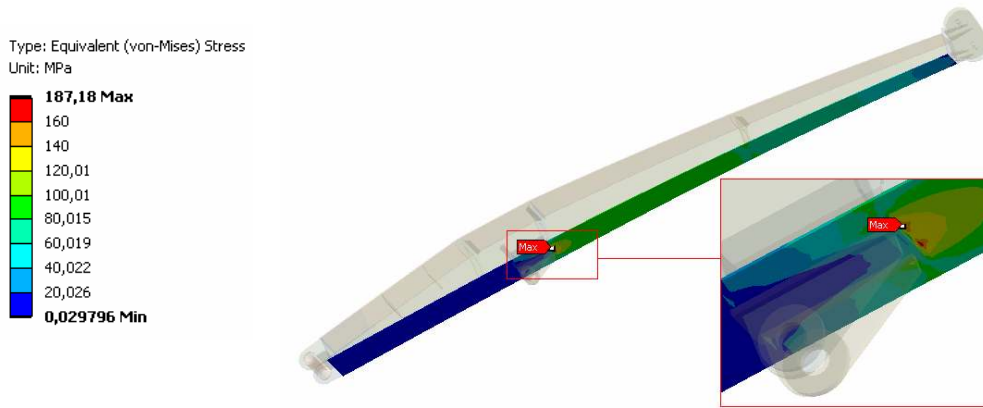
Şekil 6. Kren taşıyıcı kolu mesh yapısı

Modelin mesh yapısının hazırlanmasından sonra çöz komutu verilmiş ve çözüm işlemine geçilmiştir. Analiz, izotropik malzeme özelliği ile statik, lineer ve 3 boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir. Çözüm işleminden sonra sonuçlar incelendiğinde taşıyıcı kol için uygulanan kuvvet altındaki eşdeğer gerilme dağılımları şekil 7’ de renkli çıktılar halinde gösterilmiştir. Maksimum eşdeğer gerilme tüm yapı için 1 numaralı alt sac üzerinde 187,18 MPa olarak çıkmıştır.

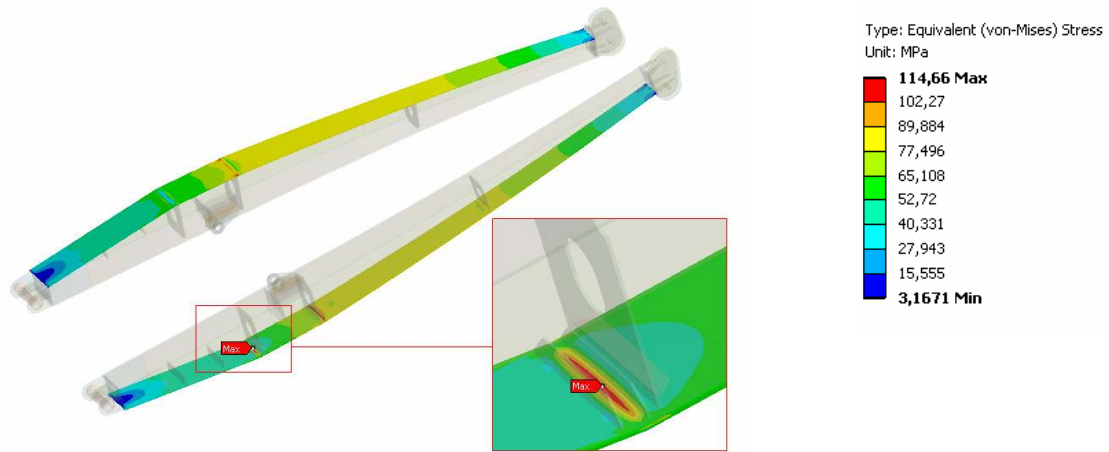


Şekil 7. Kren taşıyıcı kolu eşdeğer gerilme dağılımları

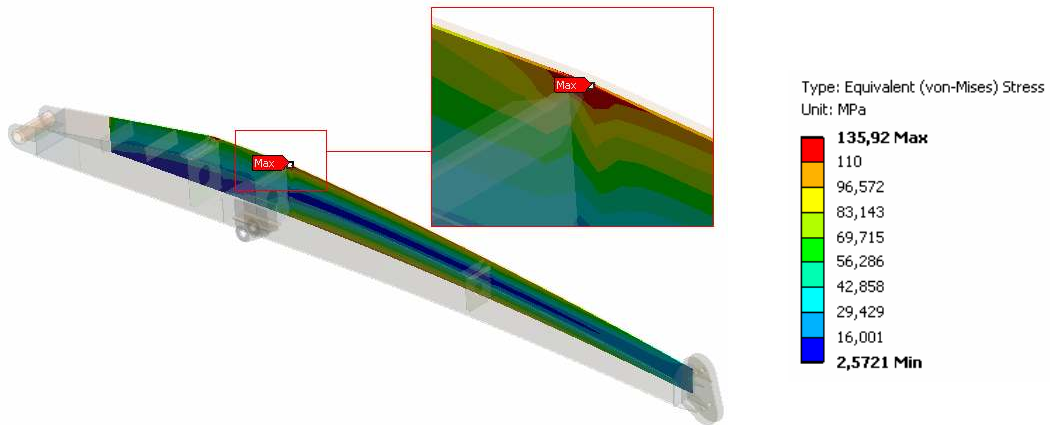
Yük altındaki kren taşıyıcı kolunun elemanları incelendiğinde; şekil 4’ de görülen 1, 2, 3, 4, 5, 9 ve 18 numaralı taşıyıcı kol elemanlarının gerilme dağılımları ve maksimum değerleri şekil 8-12’ de verilmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonucunda, 1 no’ lu alt sacda maksimum eşdeğer gerilme 187,18 MPa, 2 nolu üst sacda 114,66 MPa, 3 nolu yan sacda 135,92 MPa, 4 nolu kule mil yatağı yan destek sacında 72,74 MPa, 5 nolu kule mil yatağında 75,345 MPa, 9 nolu hidrolik silindir mapasında 116,74 MPa, 18 nolu iç destek braketinde 124,78 MPa olarak çıkmıştır.



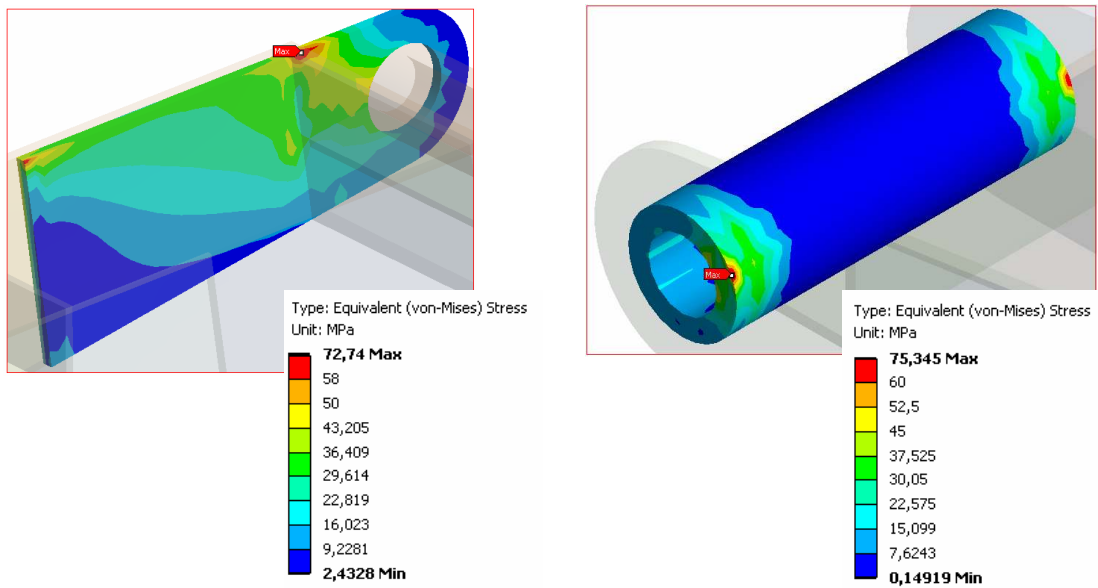
Şekil 8. 1 Nolu alt sac eşdeğer gerilme dağılımları



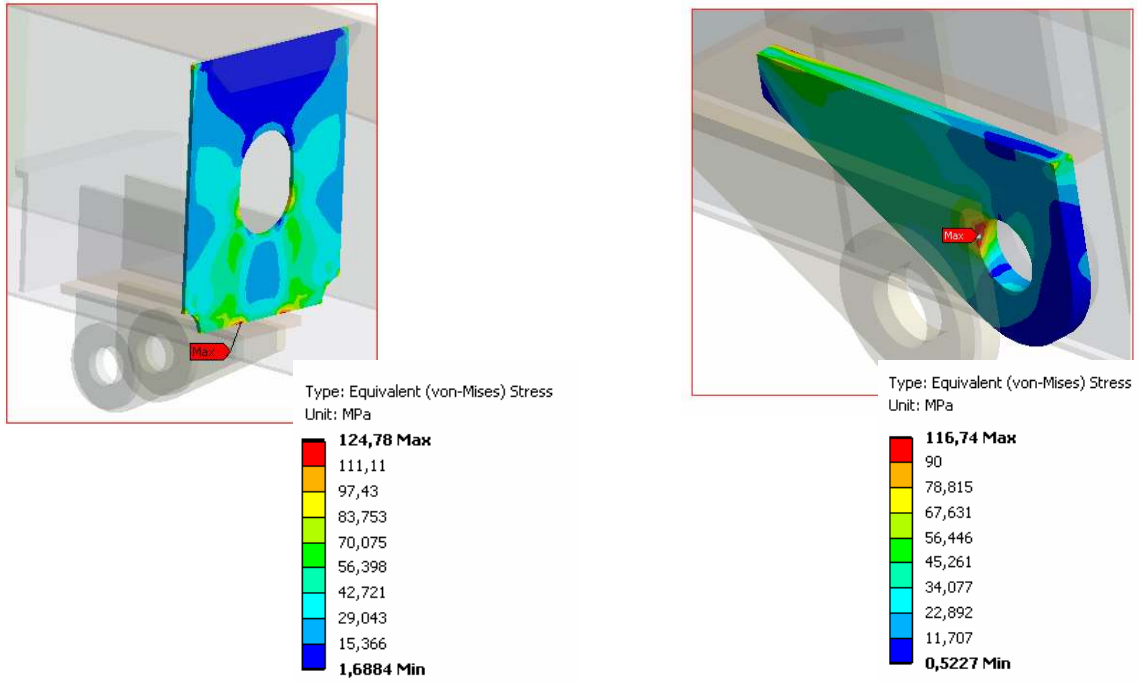
Şekil 9. 2 Nolu alt sac eşdeğer gerilme dağılımları



Şekil 10. 3 Nolu yan sac eşdeğer gerilme dağılımları

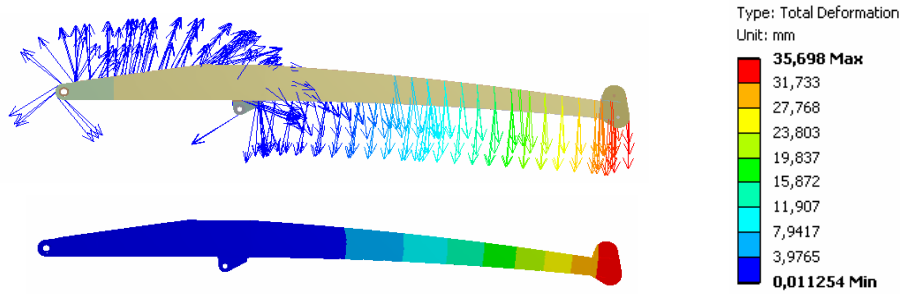


Şekil 11. Sırası ile 4 nolu kule mil yatağı destek sacı ve 5 nolu kule mil yatağı eşdeğer gerilme dağılımları



Şekil 12. Sırası ile 9 nolu iç braket ve 18 nolu hidrolik silindir mapası eşdeğer gerilme dağılımları

Uygulanan yük altındaki toplam yer değiştirmede değeri ve renkli çıktıları şekil 13’ de verilmiştir. Uygulanan yüke göre toplam yer değiştirme 35,698 mm çıkmıştır.



Şekil 13. Tüm taşıyıcı kol için toplam yer değiştirme

Analiz, kren tasarımının maksimum kaldırma ağırlığının 1,25 katı alınarak gerçekleştirilmiştir. Kren malzemesinin akma mukavemeti değeri baz alındığında; krenin çalışması sırasında statik yükleme hali için maksimum kaldırma ağırlığının aşıldığı yüklemelerde bile taşıyıcı kolun hasara uğramadan çalışabildiği gerçekleştirilen simülasyonla da görülmektedir. Ayrıca renkli çıktıları verilen taşıyıcı kolun 1, 2, 3, 4, 5, 9 ve 18 nolu elemanlarının çalışma güvenlik katsayıları malzeme akma mukavemetine göre tablo 2’ de çıkarılmıştır. Bu değerlerin analizde uygulanan yüke göre oluşan eşdeğer gerilme değerlerinden elde edildiğine dikkat edilmelidir.

Tablo 2. Taşıyıcı kol elemanları çalışma güvenlik katsayıları

TAŞIYICI KOL (BOOM) ELEMANLARI		EŞDEĞER GERİLME [$\sigma_{eş}$] [MPa]	ÇALIŞMA GÜVENLİK KATSAYISI [$K_{güv.} = [\sigma_{Ak} / \sigma_{eş}]$]
NO: 1	(Alt sac)	187,180	1,255
NO: 2	(Üst sac)	144,660	1,624
NO: 3	(Yan sac)	135,920	1,728
NO: 4	(Kule mil yatağı destek sacı)	72,740	3,230
NO: 5	(Kule mil yatağı)	75,345	3,118
NO: 9	(İç destek braket)	124,780	1,883
NO: 18	(Hidrolik silindir mapası)	116,740	2,013

3. Sonuçlar

Bu çalışmada, CAD ve sonlu elemanlar metodu uygulaması olarak, taşıyıcı kolu (boom) 9 m boyunda ve 4,5 ton maksimum kaldırma ağırlığında tasarlanmış örnek bir hidrolik boom tipi krenin statik yükleme durumu altındaki gerilme dağılımları ve yaptığı sehim incelenmiştir ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Tüm yapı için maksimum eşdeğer gerilme alt sac üzerinde 187,18 MPa çıkmıştır (Şekil 6).
2. Taşıyıcı kolun en çok yük altında kalan bazı elemanları üzerindeki gerilme dağılımları ayrı ayrı gösterilmiştir (Şekil 7-11).
3. Tüm yapı için toplam yer değiştirme taşıyıcı kolun makara grubunda 35,698 mm değerindedir (Şekil 12).
4. Taşıyıcı kolun en çok yük altında kalan elemanları için çalışma güvenlik katsayıları çıkarılmıştır (Tablo 2).
5. Gerçekleştirilen analizi sonrası elde edilen sonuçlar kullanılan malzeme akma mukavemetine göre değerlendirilmiş ve hasara uğramadan çalışabildiği gösterilmiştir.

Yapılan bu çalışma aynı zamanda kullanılan elemanların çalışma koşullarını simule ederek elemanların gereksiz kalınlıklarının önüne geçmek amacıyla gerçekleştirilebilecek bir optimizasyon çalışması için bir ön çalışma niteliği taşımaktadır.

4. Kaynaklar

- [1] Öztepe, H., "Transport Tekniği – Kaldırma ve Taşıma Makineleri", İstanbul, 1999
- [2] Çiçekoğlu, B., "Kaldırma Makineleri", cilt I-II, Birsan yayın evi, İstanbul
- [3] Çorbacı, F., K., "Transport Tekniğinde Bir CAD uygulaması Olarak KöprülÜ Kren Dizaynı", Yük.lis.Tezi, İTÜ Fen Bil. Enst., İstanbul, 1995
- [4] Demirsoy, M., Zeren, E., "Kule kren kafes kriş taşıyıcı sistemlerinin bilgisayar destekli tasarımı ve analizi", TMMOB İletim Teknolojileri Kongre ve Sergisi, 15-18 Ekim 2003
- [5] Mercan, S., "KöprülÜ krenlerde köprü üzerinde oluşan gerilme dağılımının incelenmesi", Yük.Lis.Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bil. Enst., Sivas, 2002
- [6] Tümentümür, K., Avarisli, O., Çilsan, O., "Kren tasarımı projesi", Bitirme projesi, Uludağ Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, 2002
- [7] Kutay, M.G., "Makinecinin Rehberi", Birsan Press, İstanbul, 2003.
- [8] ANSYS Workbench, "Products Release Notes For V.10.0", 2005
- [9] Kaftanoğlu, B., "Makine Mühendisliği El Kitabı" MMO, yayın no :100, Ankara, 1976