



ÇALIŞMA YÜKLERİ ALTINDA MODEL OLARAK GELİŞTİRİLEN İŞ MAKİNESİNİN ÖN ATAŞMANIN ANALİZİ VE OPTİMİZASYONU

M. Akif KÜTÜK, Erdem ÖZSARAÇ

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,

ABSTRACT

Construction machines mechanisms must run safely under even worst conditions. Stress analyzes of the machines under high load values is an important step for design of these machines [1].

Present paper is aimed to analyzes and optimization of boom and arm of an excavator under working conditions. During design stage it is observed that stress values on each part of beam and arm is under allowed value (changing according to used material but generally allowed value is 150 MPa) material optimization also performed meanwhile. After force analyzes of the front attachment the parts are modeled and analyzed for critical position [2]. Finite element analyzes is applied as a numerical method. Use of this method is shortening the time consumed for design and analyzes and also more reliable and long life products are offered to end users.

ÖZET

İş makinesinin mekanizması tüm çalışma koşullarında güvenilir bir şekilde çalışmalıdır. Yüksek yüklerin etkisi altında mukavemet analizi, iş makinelerinin tasarım aşamasında oldukça önemli bir adımdır. [1]

Bu çalışma, kazıcı iş makinesinin, bom ve kol tasarımında, çalışma kuvvetlerine bağlı olarak oluşan gerilmelerin incelenmesi ve parçaların iyileştirilmesi üzerinedir. Amaç, ürünün maruz kaldığı kuvvetlere bağlı olarak istenilen sınır gerilme değerinin (kullanılan malzeme cinsine göre sınır değeri 150 MPa kabul edilmiştir) altında kalmasının sağlanmasının yanı sıra, ürünün bu yükleri optimum malzeme kullanımı ile karşılamasının sağlanmasıdır. Kuvvet analizi tamamlandıktan sonra ön ataşman, makinenin kritik [2] konumuna göre simule edilmiştir ve modellenmiştir. Bu mühendislik problemine sayısal bir çözüm yöntemi olarak Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) uygulanmıştır. Bu şekilde hedeflenen diğer bir amaç, tasarım ve imalat sürecindeki zamanı kısaltmak ve son kullanıcıya daha uzun ömürlü ve güvenilir bir ürün verebilmektir.

GİRİŞ

Tanıtım

Model olarak geliştirilen iş makinesi genellikle ağır inşaat makinesi olarak kullanılmaktadır. Makine temel olarak kaynaklı konstrüksiyon (şase, bom, kol, kepçe, braket grubu), kabin, motor, pompa, hidrolik silindirler, hidrolik motorlar, yürüyüş takımları (palet veya tekerlek), soğutma ünitesi elemanlarına sahiptir.

Bu makine, otomobil ya da kamyonların aksine hareketi direkt motordan almaz. Motor gücü üretir ve bir aktarma organı vasıtasıyla hidrolik pompaya iletir. Hidrolik Pompa, bir kalp gibi tanktan aldığı hidrolik yağı çok yüksek basınçla pompalar. Kumanda valfleri yağı yönlendirir. Joystickler aracılığı ile verilen komutlara göre kova, bom, yürüyüş, dönüş hareketine dönüşür. Hareketin kaynağı yüksek basınçlı yağdır.

Sonlu elemanlar analizi (SEA) mukavemet analizinde oldukça güçlü ve geniş kullanım alanına sahip bir yöntemdir. Makinenin yapısı veya çalışma özelliklerini (koparma gücü, kazma derinliği, dikey uzanma mesafesi gibi) geliştirilmek istendiğinde, gerçek çalışma şartlarını simule etmek gereklidir. Sonlu elemanlar yöntemi (SEY) işleminden önce makinenin dinamik karakteristiği oluşturulmalıdır ve bunlar iyileştirme prosesinin içine dahil edilmelidir.

Literatür

Literatürde SEA ile yapılan çalışmalar mevcuttur. Çalışmaların bir kısmında bom, kol veya kepçe tek başlarına modellenmişlerdir. Bu çalışmalar sırasında parçalara gelen kuvvetler statik olarak ele alınmıştır.

Oyman [3] iş makinesinin bom, kol, kepçe ve linkleri içeren ön kol üzerine bir çalışma yapmıştır. Atışmana etkileyen kuvvetleri hesaplamıştır ve Soderberg diyagramı aracılığıyla mukavemet kontrolleri yapmıştır. Diyagram altında kalan değerler için Wöhler diyagramını kullanmıştır.

Yeter [4] tezinde, ön ve arka kola gelen kuvvetleri hesaplamış ve bunların tasarımın mukavemeti üzerine etkisini incelemiştir. Makinenin güvenli koşullar altında çalışması için ANYSY Workbench ortamında parçaları analiz etmiştir.

İpek [5] kazıcı-yükleyici makinesinin, yükleyici mekanizmasının geliştirilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Kinematik ve kuvvet analizi yapmıştır. Bir macro yardımıyla, mekanizma probleminin ihtiyaçlarını hesaplamıştır. Kol - kepçe koparma kuvveti, kaldırma kapasitesi, kazma derinliği bu algoritma ile hesaplanmıştır ve çalışma sonunda bu değerler artırılmıştır.

Solazzi [6] bomun ve kolun değişikliği üzerine çalışma yapmıştır. Farklı malzeme kullanarak ön atışmanı hafifletmek ve kepçe yük kaldırma kapasitesini artırmayı hedeflemiştir. Çalışma sonunda atışman hafifletilmiş, kepçe kaldırma kapasitesi artırılmış, malzeme maliyeti artırılmış ve üretim işlemleri uzatılmıştır.

Özbayramoğlu [7] tekerlekli iş makinesinin alt şasesinin optimizasyonu üzerinde çalışma yapmıştır. Excel üzerinde parametreler yaratılmıştır. Uzer [14] tarafından geliştirilen program iyileştirilmiştir. Sonucunda yapının ağırlığını artırmadan, Von mises gerilmeleri %15 iyileştirilmiştir.

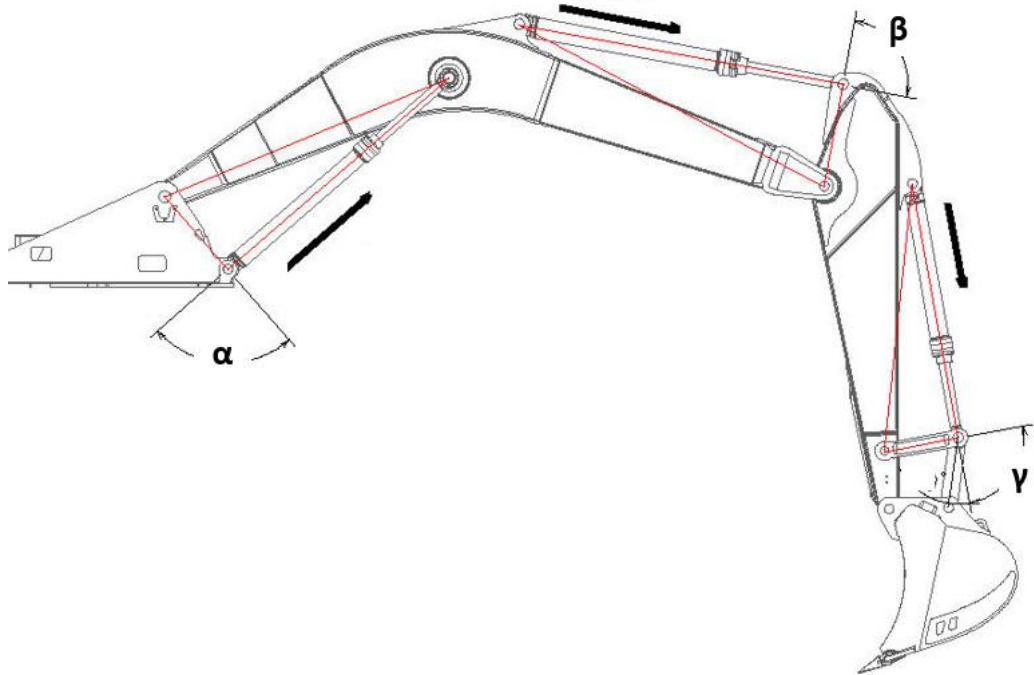
MODEL OLUŞUMU

Model analiz edilirken dikkat edilmesi gereken önemli bazı unsurlar şöyledir;

- Başlangıç verilerinin doğru olması,
- Parçanın doğru modellenmesi,
- Modeldeki bağlantı tipleri ve birleşme yerleri doğru parametreler ile oluşturulması,
- Kabullerin doğru belirlenmesi,
- Sınır şartlarının doğru belirlenmesi,
- Yüklerin uygulanacağı en kritik konumum hesaplanması

KUVVET ANALİZİ

Sistem üzerindeki pistonlara uygulanabilecek maksimum çalışma basıncına bağlı, kuvvetlerin hesaplanması yapılmıştır. Hidrolik silindir üzerinde, basınca maruz kalan alana bağlı olarak, makine elemanlarına etkiyen kuvvet değerleri hesaplanmıştır. Bu kuvvetler, model üzerinde kinematik olarak yürütülen bir kuvvet analizi sonucunda elde edilmiştir.



Şekil 3.1 Ön ataşman kuvvet analizi

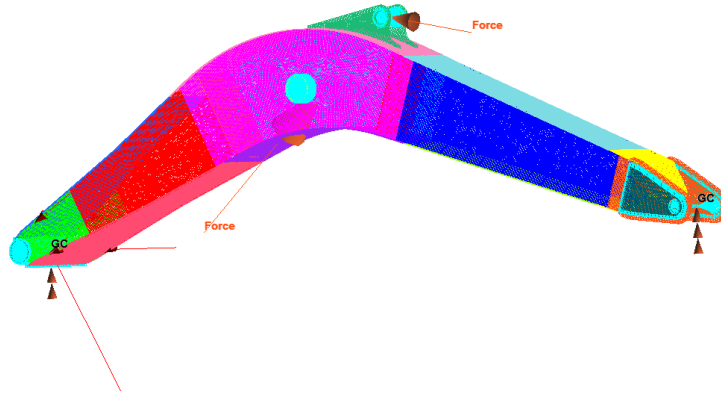
MODEL VE SİMÜLASYON

SEY i uygulamak için analiz edilecek parçaların modellerinin oluşturulması gerekmektedir. Öncelikle iki boyutlu geometrik modelle oluşturulmuştur. Bu modeller de alın kaynağı ile birleştirilen noktalar katı elemanlar ile bağlanmıştır. Tüm geometri

tamamlandıktan sonra parça üzerine mesh atılmıştır. Başlangıçta statik olarak incelenecek parçaların sınır koşulları belirlenmiştir.

Modeli oluşturulmuş ve sınır koşulları belirlenmiş parça Simxpert ortamında koşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar kabul edilebilir güvenlik değerine göre kabul edilmiştir veya iyileştirme faaliyetlerine tabi tutulmuştur.

Makine elemanının en kritik konumu, silindir eksenlerinin bağlantı eksenlerine dik olduğu [2] duruma göre hazırlanmıştır. Bu en kritik durum, maksimum moment pozisyonlarını oluşturduğu için referans olarak kabul edilmiştir. Her makine elemanı üzerine etkiyen yükler, ayrı ayrı hesaplandıktan sonra, modeli oluşturulan elemana bu yükler statik olarak uygulanmıştır.



Şekil 4.1 Sınır koşullarına göre oluşturulmuş model

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Model olarak geliştirilen iş makinesi birbirlerinden bağımsız olarak kontrol edilebilen üç farklı mekanizmaya sahip, üç serbestlik dereceli bir sistemdir. İlk mekanizma bom pistonları vasıtasıyla hareket verilen bomun dönüşü içindir. Bunu, kaydırıcı-manivela (slider-crank) mekanizmasıyla başarır. İkinci mekanizma kol pistonları vasıtasıyla hareket verilen kolun dönüşü içindir. Bu da ayrı bir kaydırıcı-manivela sistemidir. Kepçenin hareketi ise kaydırıcı—manivela ve dört kol (four bar) mekanizması ile başarır.

Kabuller

- Malzemenin doğrusal elastik (linear elastic) davranışa sahip olduğu kabul edilmiştir.
- Bomun sac metal elemanları dörtgen ve üçgen kabuk elemanlar vasıtasıyla modellenmiştir.
- Burç yatağı elemanları, kabuk elemanlar ve esnemez elemanlar (RBE2) yardımıyla modellenmiştir.
- Döküm parçalar katı elemanlar olarak modellenmiştir.
- Sadece bom değil, kol, kepçe, manivelalar da modellenmiştir.

Sınır Koşulları

- Maksimum kazma kuvvetinin oluştuğu konumda, yapı, maksimum kuvvetlere maruz bırakılır.
- Kol silindiri vasıtasıyla maksimum koparma kuvvetinin oluştuğu konum, analiz için kritik pozisyon olarak alınmıştır.
- Analiz için maksimum kuvvetler ve momentler makinenin maksimum basınç, piston çapları ve mekanizmaya göre hesaplanmıştır.

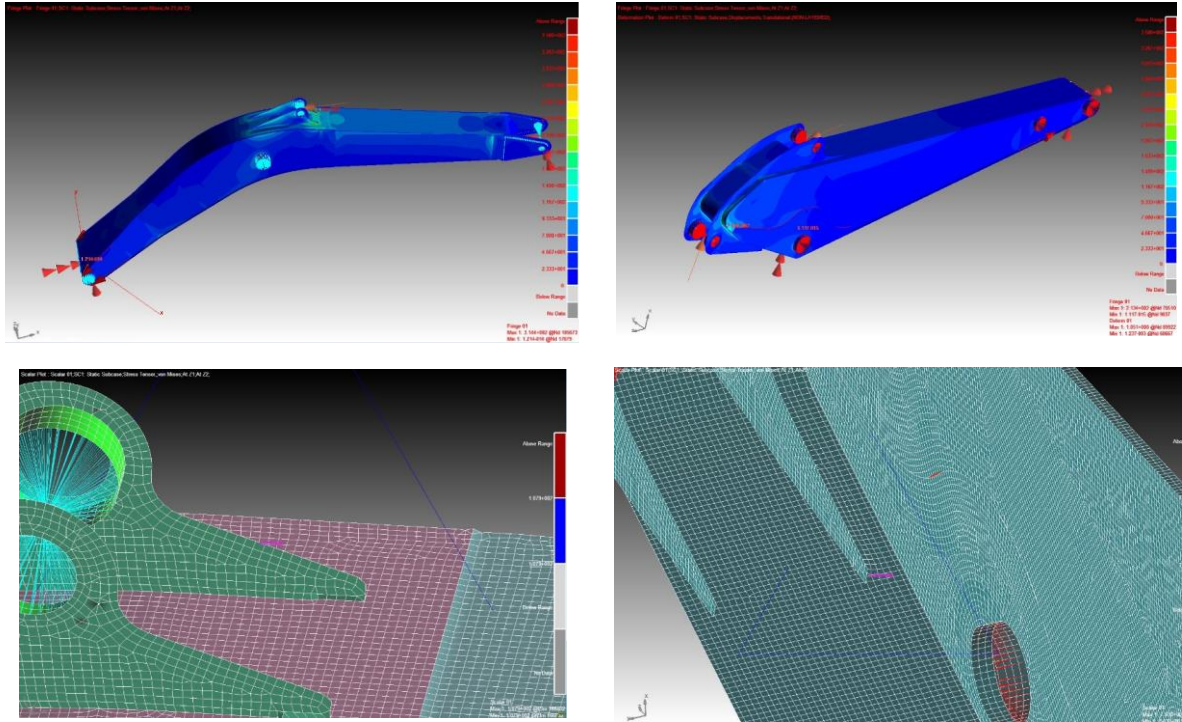
ANALİZ SONUÇLARI

İncelenen elamanların bağlantı noktalarının serbestlik dereceleri, çalışma koşulları göz önünde bulundurularak, gerçeğe uygun bir şekilde modellenmiştir.

Elemanların statik tasarımı en kritik pozisyon ve yük değerlerine göre tamamlandıktan sonra kazıcı kısım montaj halinde en zor çalışma şartlarını canlandıracak şekilde dinamik olarak analiz edilmiştir. Dinamik analiz sonuçları ve statik analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

Yapılan statik çalışmalar neticesinde;

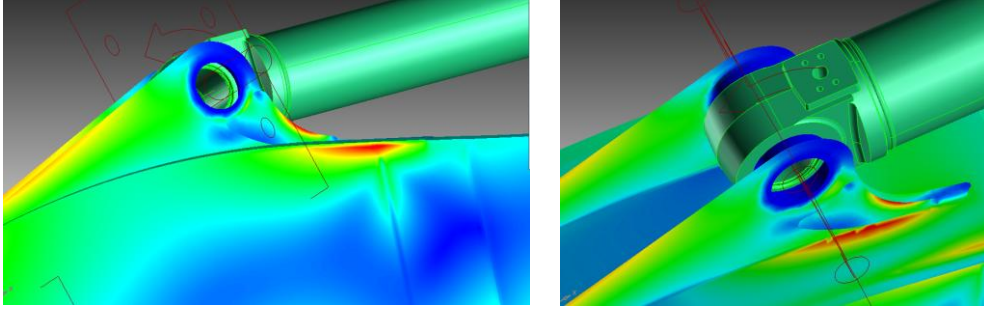
- ✓ Bom üzerinde kritik olarak kabul edilen kısımlarda, başlangıç tasarımında yapılan iyileştirmeler sonrasında gerilme değerleri %50 den fazla azaltılmıştır.
- ✓ Kol (arm) üzerindeki kritik bölgeler, sınır değerin altına düşürülmüştür.
- ✓ Kol üzerindeki çok düşük gerilme değerine sahip elemanların malzeme kalınlıkları azaltılmıştır. Bu aşamada, bu parça üzerinde % 10'dan fazla malzeme tasarrufu sağlanmıştır.



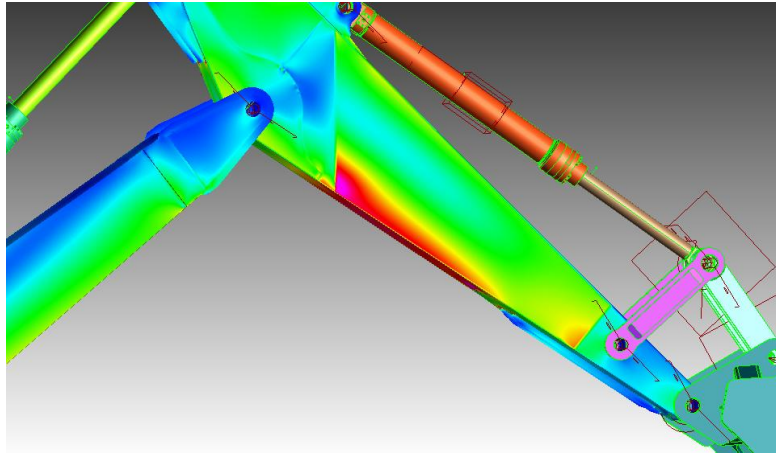
Şekil 6.1 Von Mises analiz sonuçları - Statik analiz

Statik analize göre modelde uygulanan iyileştirmeler sonrasında dinamik analizler yapılmıştır. Dinamik analiz sonuçlarına göre;

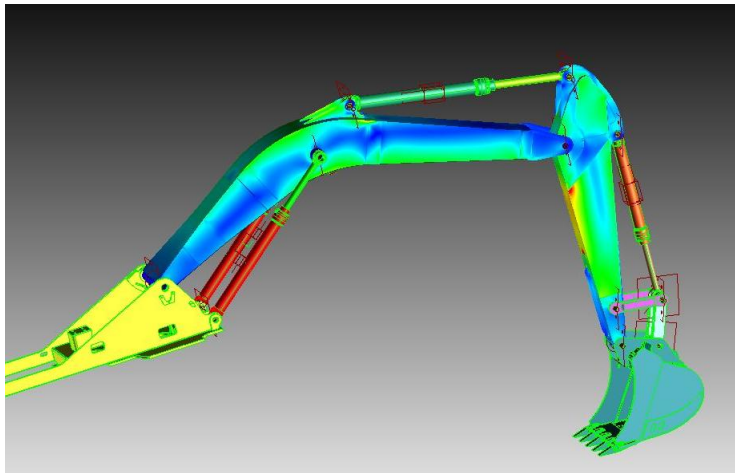
- ✓ Bom üzerinde kritik bölgeler tespit edilmiştir.
- ✓ Kol üzerinde kritik bölgeler tespit edilmiştir.
- ✓ Bom ve kol üzerindeki yüksek gerilme görülen bölgeler üzerinde iyileştirme faaliyetleri uygulanmıştır ve gerilmeler istenilen güvenli bölge aralığına düşürülmüştür.



Şekil 6.2 Bom analiz sonuçları - Dinamik analiz



Şekil 6.2 Kol analiz sonuçları - Dinamik analiz



Şekil 6.3 Dinamik analiz simülasyon görünüşü

Sonuçlar neticesinde dinamik yükler altında çalışan modelde, statik koşullara göre beklendiği gibi daha yüksek gerilmeler oluşmuştur.

Kol üzerinde yapılan iyileştirme çalışmaları neticesinde güvenli bölge aralığında kalınmış ve malzeme kullanımında optimizasyona gidilmiş, kütlede 1.000 kg den yaklaşık 965 kg a bir düşüş sağlanmıştır. Bom üzerinde yapılan iyileştirme çalışmaları neticesinde güvenli bölge aralığında kalınmış ve malzeme kullanımında optimizasyona gidilmiş, kütle 2.220 kg den 2450 kg ye yükseltilmiştir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, prototip model makinenin ataşmanı, gerçek çalışma koşullarına göre simüle edilmeye çalışılmış, esnek model olarak hazırlanan bom ve kol Adams ortamında analiz edilmiştir.

Bom ve kol maksimum kazma ve koparma kuvveti ile sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilmiştir. Dinamik yüklemeler neticesinde elde edilen sonuçların kritik olduğu gözlenmiştir ve bunun neticesinde iyileştirme faaliyetleri bu doğrultuda yapılarak tamamen güvenli bir model elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Yener M. Design of a computer interface for automatic finite element analysis of an excavator boom, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2005
- [2] SAE J1179, *Hydraulic exc. and backhoe digging forces*, SAE Handbook volume 3, 1995, 40.355
- [3] Oyman .V. Design of working equipment for excavators, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2005
- [4] Yeter E. Improvement of backhoe-loader back and front arms, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, 2009
- [5] İpek L. Optimization of backhoe-loader mechanisms, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2006
- [6] Solazzi L. *Design of aluminium boom and arm for an exc*, Journal of Terramechanics 47 (2010) 201–207, ScienceDirect, 2008
- [7] zbayramoğlu E. *Shape optimization of wheeled exc. Lower chassis*, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik niversitesi, 2008