

Sonlu elemanlar metodu kullanılarak rot üzerinde oluşan gerilmelerin hesaplanması

Erinç Uludamar^{*1}, Sami Gökberk Biçer², Mustafa Taş²

¹*Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği, Adana*
²*DİTAŞ Doğan Yedek Parça İmalat ve Teknik A.Ş. Niğde*

Geliş Tarihi:19.11.2018

Kabul Tarihi:31.12.2018

Özet

Taşıtlarda tekerler ile direksiyon sistemini birbirine bağlayan rotlar iki adet rot başı ve rot kolundan oluşmaktadır. Rot, taşıt üzerinde yüklendiği görev dolayısıyla güvenlik açısından oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada ST 52-3 kalite çelikten üretilen bir rotun sonlu elemanlar yardımı ile analizi gerçekleştirilmiştir. Analizin gerçekleştirilmesi için parça ilk olarak CREO programında 3 boyutlu olarak tasarlanmıştır. Tasarımdan sonra modelin ağ yapısı ve analizi Ansys Workbench programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda maksimum von-Mises gerilmesinin 677.6 MPa olduğu, gövde üzerindeki büküm bölgesinde ise 438 MPa olduğu belirlenmiştir. Gerilmenin en yüksek olduğu bölgede ise güvenlik katsayısının 0.65 olduğu hesaplanmıştır. Çalışmada ayrıca teorik hesaplama da yapılarak nümerik ve analitik sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rot, Sonlu elemanlar Metodu, Ağ yapısı, Taşıt.

Stress calculation on tie-rod by using finite element method

Abstract

The tie rods that connect the wheels with the steering system are composed of two tie-heads and tie-arm. The tie-rod is very important in terms of safety due to the task it undertakes on a vehicle. In this study, the finite element analysis of a rod, which made of ST 52-3 quality steel, was carried out. Firstly, 3 dimensional model of the part was created in CREO program for the analysis. After the design, meshing and analysis operation was carried out by using Ansys Workbench program. As a result of the analysis, it was determined that the maximum von-Mises stress was 677.6 MPa and 438 MPa at the bending area on the body. The safety coefficient was calculated as 0.65 in the region where the stress is highest. Moreover, theoretical calculation was also performed to compare analytic result with numerical calculation.

Keywords: Tie-Rod, Finite element method, Meshing, Vehicle.

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Erinç Uludamar, euludamar@adanabtu.edu.tr
Artibilim:Adana BTU Fen Bilimleri Dergisi

1. Giriş

Rot direksiyon ile tekerler arasında bağlantıyı sağlayan elemandır [1]. Rot sayesinde aracın tekerleklerinin sağ veya sola döndürülmesi gerçekleştirilmektedir. Rot, direksiyon dişli kutusundan iletilen momente ve tekerlekler vasıtasıyla yoldan gelen kuvvetlere maruz kalmaktadır. Yoldan gelen kuvvet sonucunda basma ve çekmeye maruz kalan rot için ayrıca burkulma ve bel verme önemli sorunlardır [2].

Sürüş kritik bir parça olmasından dolayı rotların yük hesaplamaları oldukça önem arz etmektedir. Tasarım aşamasında, rotların karmaşık geometrisinden dolayı teorik hesaplamaların kullanımı oldukça zaman almaktadır. Bundan dolayı, rotların maruz kaldığı gerilme ve deformasyonlar belirlenmesinde genellikle sonlu elemanlar metodu kullanılması daha geçkçi sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Literatürde rotlar ile ilgili az sayıda akademik çalışma bulunmaktadır. Kim ve ark. (2002) rot üretimi ile ilgili çalışmada bulunmuşlardır [3]. Yapılan çalışmada 0.2% Ti+B ve 0.25 Zr'un yni anda Al-Si alaşımına eklenmesi sonucunda en yüksek çekme mukavemetine ve yüzde uzamasına ulaşıldığı belirlenmiştir. Winklberger ve ark. (2018) uçak rotları üzerinde sonlu elemanlar metodu kullanılarak yorulma dayanımı ve ağırlık optimizasyonu üzerinde çalışmalarda bulunmuşlardır [4]. Çalışma sonucunda diş pozisyonunun diş uzunluğuna göre yorulma dayanımında daha çok etkisinin olduğu belirlenmiştir. Geren ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada rot başının parametrik tasarımı için bir platform oluşturmuşlardır [5]. Kim ve ark. (2011) rot malzemesi olarak Al6082M alüminyum alaşım malzemesi kullanarak rotun ağırlığını optimize etmişlerdir [6]. Sener (2016) yaptığı çalışmada yol karakteristiklerini çıkarabilmek için rotlardan toplanan yol datalarını kullanmıştır [7].

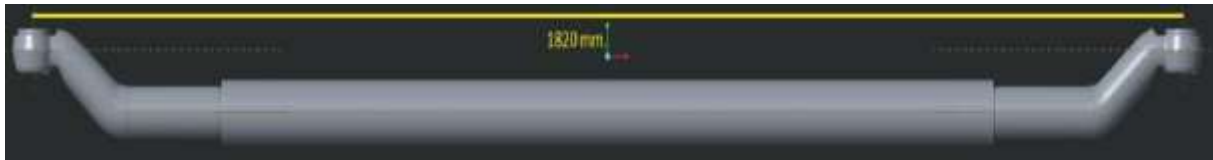
Bu çalışmada ST52-3 kalite çelikten üretilmiş boru şeklindeki bir rotun maruz kaldığı gerilme değerleri ve güvenlik katsayısı sonlu elemanlar metodu kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca parçanın maruz kaldığı gerilme teorik hesaplama yardımıyla da bulunarak analitik ve nümerik hesaplamann karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve metot

Çalışmada incelenen rotun özellikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Tabloda belirtilen özelliklere göre tasarım CREO yazılımı kullanılarak 3 boyutlu olarak tasarlanmıştır. Rotun 3 boyutlu modeli Şekil 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Rotun özellikleri

Dış çap	62 mm
İç çap	48 mm
Uzunluk	120 mm
Yükseklik	61 mm
Malzeme	ST52-3



Şekil 1. Rotun 3-B görseli

Sonlu elemanlar metodu kullanılarak rot üzerinde oluşan gerilmelerin hesaplanması

3 boyutlu olarak tasarlanan model step formatında ANSYS Workbench programına ağ modelinin oluşturulması için transfer edilmiştir. Sonlu elemanlar metodu ile yapılan analizlerin en önemli adımlarından biri olan ağ yapısının oluşturulmasında ağ yapısının doğruluğu ve çözüm zamanının optimizasyonu oldukça önemli bir parametredir. Rot başının geometrisinin karmaşıklığından dolayı bu kısımlarda ağ yapısı parabolik dört yüzlü elemanlardan oluşturulmuşken, borudaki ağ yapısı modelin daha doğru ve daha hızlı çözülmesini sağlayan parabolik prizma elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur. Gerilme dağılımının hızlı değişim gösterdiği bölge olan rot başının kıvrımlarında daha yumuşak geçişin sağlanması amacıyla eleman boyutları genele göre daha düşük seçilmiştir. Çalışmada incelenen rotun ağ yapısı oluşturulduktan sonraki görüntüsü Şekil 2’de sunulmuştur. Ağ yapısına ait detaylı bilgiler ise Çizelge 2’de verilmiştir.

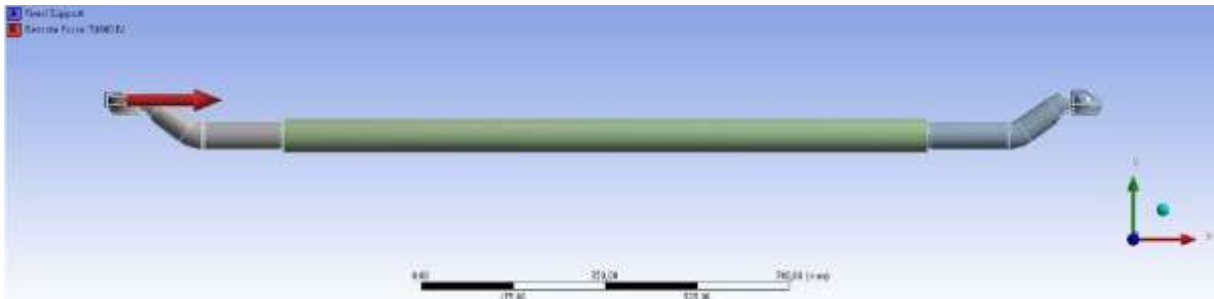


Şekil 2. Rotun mesh yapısı

Tablo 2. Kullanılan ağ yapısının özellikleri

Eleman Kalitesi	Düğüm Sayısı	768412
	Eleman Sayısı	516331
	Minimum	0.103870
	Maksimum	0.999997
	Ortalama	0.833104
	Standart Sapma	0.108909

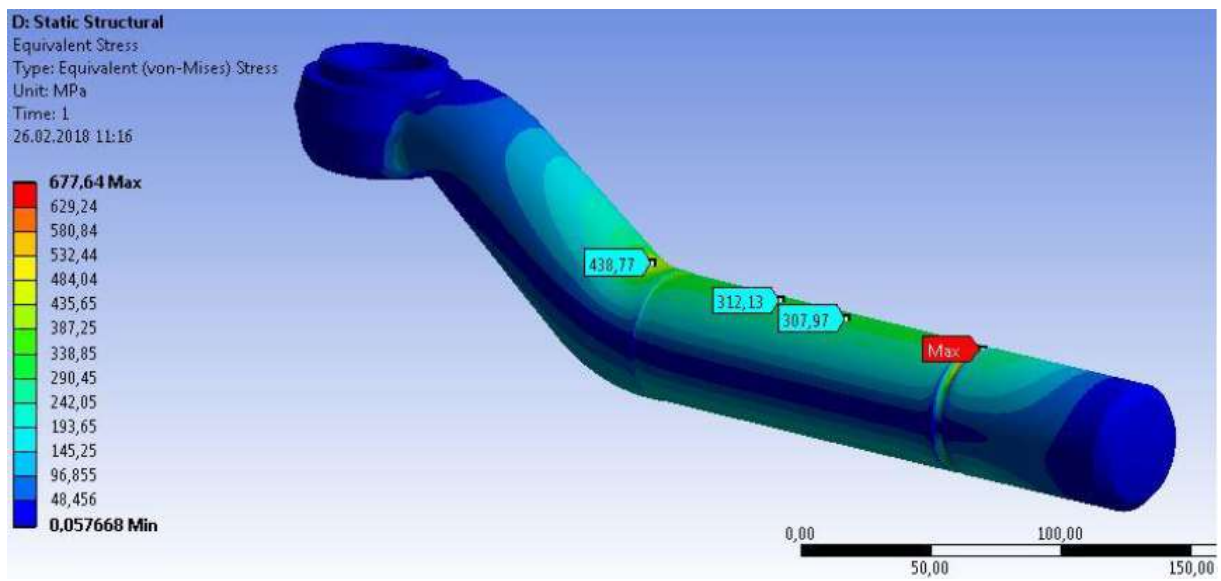
Model üzerinde uygulanan sınır şartları Şekil 3’te sunulmuştur. Model üzerinde rot başlarından birine 6 tonluk yük uygulanmıştır. Parçanın uzayda sabitlemesi ise diğer rot kolunun iç kısımdan altı serbestlik derecesi sabitlenerek gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Sınır koşulları

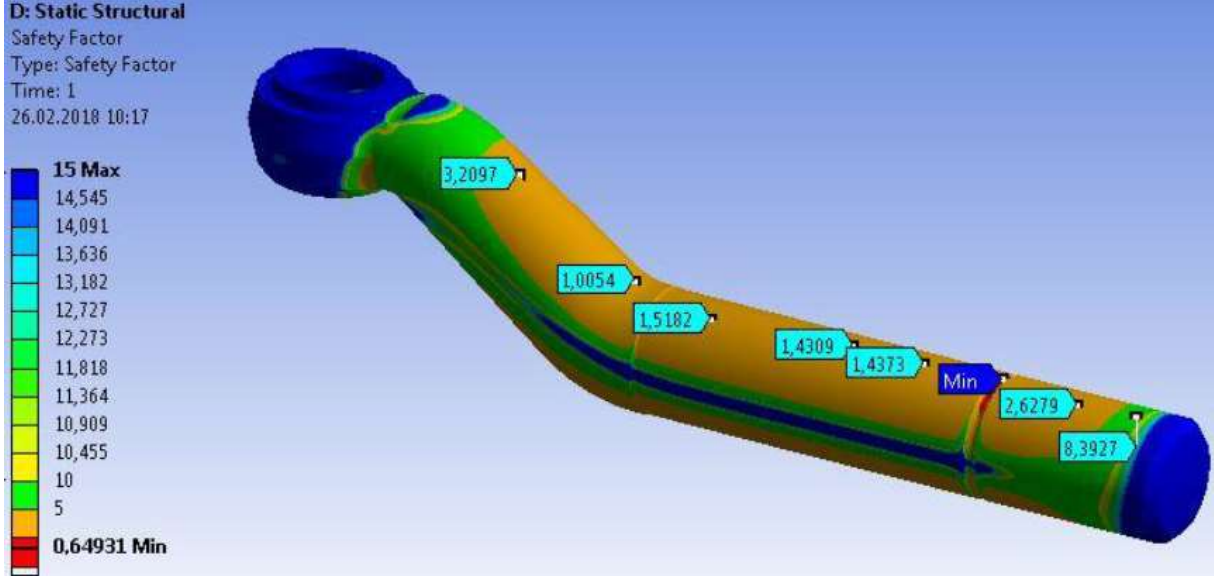
3. Bulgular ve tartışma

Yapılan hesaplamalar sonucunda sonlu elemanlar metoduyla bulunan en yüksek von-Mises gerilmesi 677.6 MPa olarak gövde üzerinde bulunan kanalda olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca gövdenin büküm noktası üzerindeki bölgede gerilmenin 438 MPa olduğu belirlenmiştir. Bu gerilme parçanın akma gerilmesine oldukça yakındır. Gerilmenin en yüksek olduğu bölgede parçanın güvenlik katsayısı 0.65 değerinde oluşmuştur. Parça üzerindeki gerilmeler ve güvenlik katsayıları sırasıyla Şekil 4 ve 5'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Parça üzerinde oluşan von-Mises gerilmeleri

Sonlu elemanlar metodu kullanılarak rot üzerinde oluşan gerilmelerin hesaplanması



Şekil 5. Parça güvenlik katsayısı

Rot başında oluşan gerilme ayrıca teorik hesaplamalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Rot başına uygulanan kuvvet rot başı şaft eksenine göre aksel kaçıklıktan dolayı moment oluşturacaktır. Kuvvet, bu bölgeye hem kuvvetin kendisi hem de oluşturacağı moment olarak taşınmıştır. Bundan dolayı rot başında hem eğilme hem de normal gerilme oluşmaktadır. Normal ve eğilme gerilme hesapları Denklem 1 ve 2’de sırası ile gösterilmiştir. Bu iki değer toplamı ise Denklem 3’de gösterilmiştir.

$$\text{Normal Gerilme} \quad \sigma_N = \frac{F}{A} = \frac{(6 * 10^3 * 9.81) N}{\frac{\pi * 48^2}{4} \text{ mm}^2} = 32.5 \text{ MPa} \quad (1)$$

$$\text{Eğilme Gerilmesi} \quad \sigma_B = \frac{M}{I} y = \frac{(6 * 10^3 * 9.81) N * 58 \text{ mm} * 24 \text{ mm}}{\frac{\pi * 48^4}{64} \text{ mm}^4} = 314.4 \text{ MPa} \quad (2)$$

$$\text{Toplam Gerilme} \quad \sigma_T = \sigma_N + \sigma_B = 346.9 \text{ MPa} \quad (3)$$

4. Sonuç

Bu çalışmada ST52-3 kalite çelikten üretilmiş boru şeklindeki bir rotun maruz kaldığı gerilme değerleri ve güvenlik katsayısı sonlu elemanlar metodu ve teorik hesaplama kullanılarak incelenmiştir. Sonlu elemanlar analizi için parça öncelikle 3 boyutlu olarak tasarlanmıştır. Tasarımın ağ yapısı analiz programı yarımıyla oluşturulmuştur. Ağ yapısında rot başları parabolik dört yüzlü elemanlardan, boru ise parabolik prizma elemanlardan oluşturulmuştur. 6 tonluk yük altında yapılan analizde sonlu

Erinç Uludamar, Sami Gökberk Biçer, Mustafa Taş
elemanlar metodu ile maksimum gerilmenin 677.6 MPa olarak gövde üzerinde bulunan kanalda oluştuğu, bu bölgedeki güvenlik katsayısının 0.65 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, gövdenin büküm noktası üzerindeki bölgede gerilmenin 438 MPa olduğu belirlenmiştir. Yapılan teorik hesaplamalarda ise normal gerilmenin 32.5 MPa, eğilme gerilmesinin ise 314.4 MPa olduğu hesaplanmıştır. Bu iki gerilmenin toplamının ise 346.9 MPa olduğu sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Çalışmanın gerçekleştirilmesine katkılarından dolayı **Ditaş Doğan Yedek Parça ve İmalat A.Ş.**'ye teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] Falah, A. H., Alfares, M. A., Elkholy, A. H. (2007). Failure investigation of a tie rod end of an automobile steering system. *Engineering Failure Analysis*, 14, 895-902.
- [2] Patil, M. A., Chavan, D. S., Kavade, M. V., Ghorpade, S. (2013). FEA of Tie Rod of Steering System of Car. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management*, 2, 222-227.
- [3] Kim, H. R., Seo, M. G., Bea, W. B. (2002). A study of the manufacturing of tie-rod ends with casting/forging process. *Journal of Materials Processing Technology*, 125-126, 471-476.
- [4] Winklberger, M., Heftberger, P., Sattlecker, M., Schagerl, M. (2018). Fatigue strength and weight optimization of threaded connections in tie-rods for aircraft structures. *Procedia Engineering*, 213, 374-382.
- [5] Geren, N., Akçalı, O. O., Bayramoğlu, M. (2017). Parametric design of automotive ball joint based on variable design methodology using knowledge and feature-based computer assisted 3D modelling. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 66, 87-103.
- [6] Kim J. K., Kim, Y. J., Yang W. H., Park, Y. C., Lee K. H. (2011). Structural Design of an Outer Tie Rod For a Passenger Car. *International Journal of Automotive Technology*, 12, 375-381.
- [7] Sener, A. S. (2016). Steering Wheel Tie Rod Fatigue Life Determination According to Turkish Mission Profiles. *International Journal of Engineering Technologies*, 2, 56-63.