



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Polietilen Rotil Yatağının Çekme Kuvveti Altında ANSYS İle Mukavemet Analizi

Hakan KUTLAK^{a,b}, Mustafa CİHAN^{a,b}, Arif ÖZKAN^{c,*}

^a Makine Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

^b Teknorot Otomotiv Ürünleri ve San. Tic. A.Ş., Düzce, TÜRKİYE

^c Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: arifozkan@duzce.edu.tr

ÖZET

Taşıtlarda kullanılan direksiyon ve süspansiyon sistemleri, taşıtların sürüş güvenliğini sağlayan elemanlardır. Bu sistemlerin mekanizmalarının kusursuz olarak çalışabilmesi, farklı işlevlere sahip birçok parçaya ve özellikle plastik yatağa bağlıdır. Plastik yatak boşluksuz olarak, hatta bir miktar sıkı birleştirilerek ilgili sisteme montajları yapılır. Diğer yandan aşırı sıkılık, yüksek dönme torku değerlerine neden olurken, düşük sıkılık mafsalları içerisinde boşluk oluşturmaktadır. Her ikisi de istenmeyen durumlardır. Uzun ömürlü, az sürtünmeli ve istenen çalışma açılarını her yol koşulunda sağlayacak plastik yatak tasarımı, uzun test süreçleri ve birçok tekrar içeren örnek imalatların sonrasında elde edilebilmektedir. Taşıtların direksiyon sistemlerinin önemli bir parçası olan rotiller de, plastik yatak tasarımlarının sonrasında, imalat yöntemlerinden plastik şekil verme (sıvama işlemi) ile montajı yapılarak üretilir. Bu çalışmada, hareket iletimini sağlayan rotilin polietilen plastik yatağının mukavemeti ANSYS yazılımı ile analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rotil, Rotil Yatağı, Polietilen, Mukavemet, ANSYS

Strenght Anaylsis of Polyethylene Ball Bearing Applying Tensile Force in ANSYS

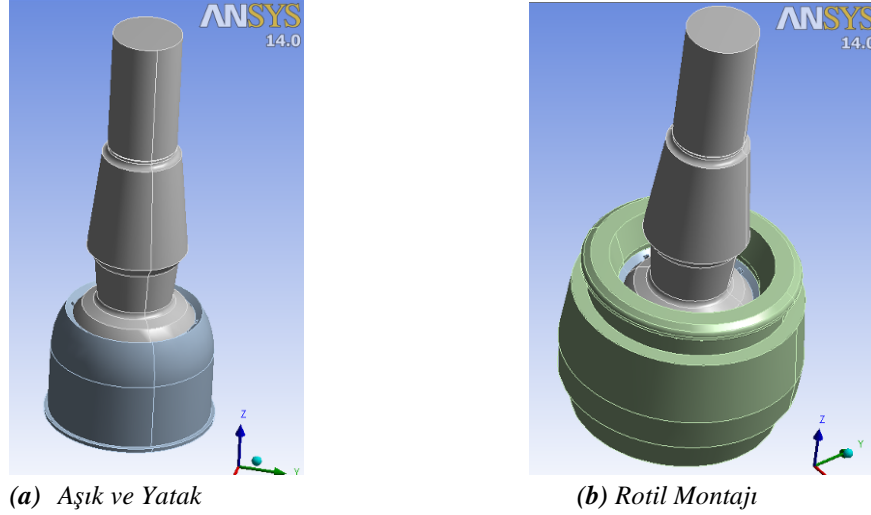
ABSTRACT

Steering and suspension systems are the components that provide driving safety in vehicles. For safety driving, correct working of the mechanisms in these systems depends on many components which have different functions and especially a plastic ball bearing. Generally, the ball bearings are assembled onto systems in press-fit without any gaps, even with a little bit tightness. On the other hand, excessive tightness causes high rotation torque, but low tightness also creates gaps in ball-joints. None of these conditions are desired. Designing of a plastic ball bearing that has long-life, low-friction and provides required working angles in every road condition, can be achieved after long test processes and sample productions including lots of improvements. An important component of steering systems in vehicles is the ball-joint that can be manufactured by assembling with plastic forming of metal (edge-form rolling process) after designing the ball bearing. In this study, the strength of the polyethylene ball bearing of the ball-joint which provides the motion transmission is analysed by using ANSYS software.

Keywords: Ball-Joint, Ball Bearing, Polyethylene, Strenght, ANSYS

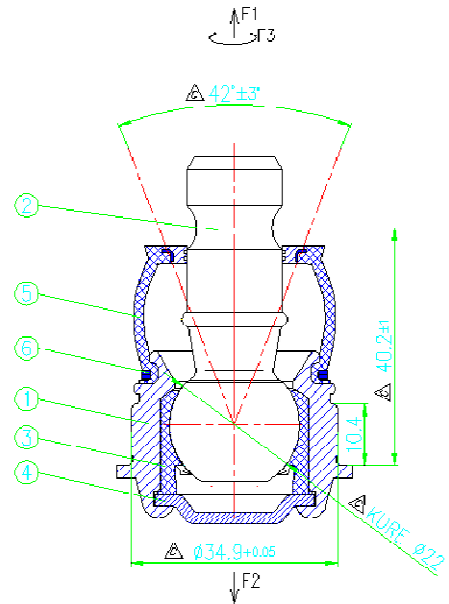
I. ÇALIŞMANIN AMACI

Direksiyon ve süspansiyon sistemleri, taşıtların sürüş güvenliğini ve sürüş konforunu sağlayan elemanlardır. Rotilin içerisinde yataklama görevini yapan yatak için Polietilen malzemenin uygun olup olmadığının analizini yapmaktır (Şekil 1 (a)). Plastik yataklar boşluksuz, hatta bir miktar sıkı birleştirilerek sisteme montajları yapılır. Diğer yandan aşırı sıkılık yüksek dönme torku değerlerine, zayıf sıkılık rotilde boşluk yaratmaktadır. Her iki durumda da küresel bağlantının ömrü azalır [1].



Şekil 1. Rotili Oluşturan Parçalar

Bu araştırma kapsamında, direksiyon ve süspansiyon elemanı olup hareket iletimini sağlayan rotil aşığına gelen çekme kuvvetinin yatak üzerindeki etkileri incelenmiştir. Küresel bağlantılara değişik doğrultularda ve boyutlarda yükler gelir. Örneğin, araçtaki konumu itibari ile Şekil 2'deki rotile elemanı yol koşullarının yarattığı dinamik yüklerin yanı sıra, değişken iklim ve çevre koşullarının da etkilerine maruz kalmaktadır [2]. Tüm bu yükler parça üzerindeki en zayıf halka olan ve Şekil 2'de "3" numara ile gösterilen plastik yatak tarafından karşılanabilmelidir. Taşıt, yollardaki çukur ve tümseklerden geçerken, rotile F1 ve F2 yüklerine, virajlarda aşık $\pm F3$ dönme momentine ve ivmelenme yüklerine maruz kalmaktadır [3]. F3 dönme momenti rotilin çalışma torkunu belirleyen değerdir ve ayrı olarak analiz edilir. F2 kuvveti sıvamanın mukavemetini analiz etmek için uygulanır ve ayrı olarak analiz edilir. Çalışmamızda sadece F1 kuvvetine göre aşığın çıkma mukavemeti analizi yapılmıştır. Günümüzde rotile tasarımı ve imalatında izlenen yöntem, çok sayıda tekrar içeren örnek imalatlar aracılığıyla, yani deneme-yanılma yoluyla belirli tecrübeler sonucu elde edilen değerlere ulaşılmasına dayanmaktadır. Yatağın mukavemet değerleri, hem parçanın ömür süresi açısından önem teşkil etmekte ve konunun ayrıntılı bir şekilde incelenmesini gerekli kılmaktadır [1]. Bu çalışmada polietilen yatak kullanılması durumundaki yatağın gerilme ve plastik deformasyon analizi ANSYS® sonlu elemanlar paket programı ile yapılmıştır.



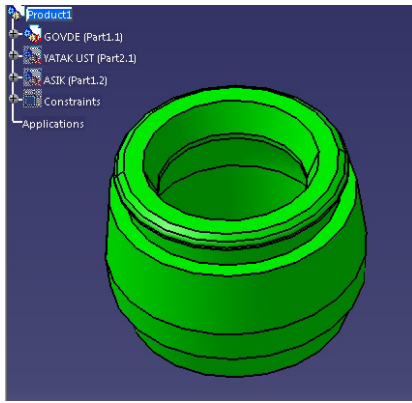
Şekil 2. Rotile Gelen Kuvvetler
(Nissan Micra Rotili)

II. CATIA İLE MODELLEME VE ANSYS İLE ANALİZ

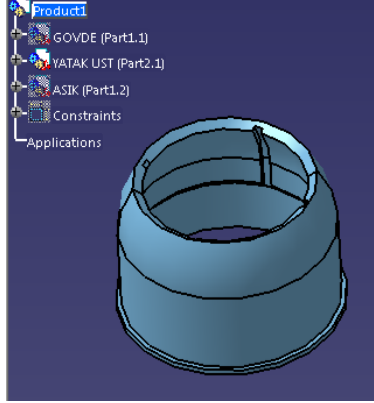
Sonlu elemanlar yönteminin genel uygulanabilirliği, onu geniş bir sahada problemler için güçlü ve esnek bir kullanım aracı haline getirmiştir. Bu nedenle yapısal ve mekanik problemlerin çözümü için çok sayıda yapısal program geliştirilmiştir. Herhangi bir probleme yaklaşım yapılırken dikkat edilecek en önemli husus, kullanılan sayısal analiz programının ve algoritmasının problem tipine uygunluk sağlamasıdır [4-6]. Sürekli olarak geliştirilen ve yenilenen farklı analiz programları, mühendisliğin hemen her dalındaki farklı problem tiplerinde (implicit, explicit, linear, non-linear v.s.) kullanılabilir [7]. Bu bölümde, bir rotilin CATIA® temel tasarım aracında modellenmesi ve ANSYS® sonlu elemanlar paket programında yatak için mekanik durum analizi incelenmektedir. ANSYS® programında Static Structural Analysis System modülü kullanılmıştır.

A. PARÇALARIN MODELLENMESİ

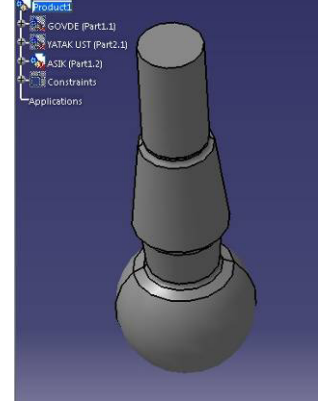
Öncelikle tersine mühendislik (reverse-engineering) yöntemi ile üzerinde çalışılması uygun görülen rotin Şekil 3 (a), (b), (c) ve (d)'de gösterildiği gibi orijinal parçaların ölçülerine göre CATIA® yazılımı ile modellenmiştir.



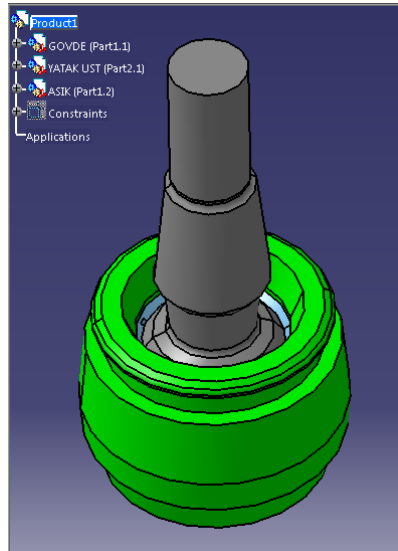
(a) Gövde Katı Modeli



(b) Yatak Katı Modeli



(c) Aşık Katı Modeli

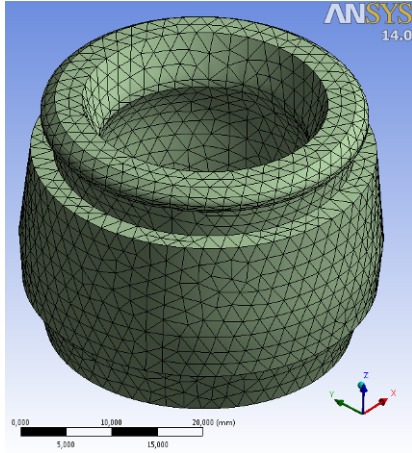


(d) Rotil Montaj Katı Modeli

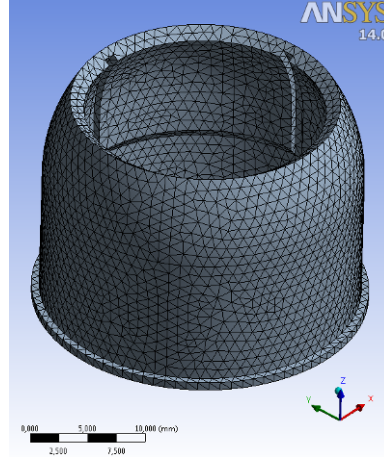
Şekil 3. Rotilin 3D Modelleri

B. PARÇALARA ANSYS'te AĞ ÖRGÜSÜ (MESH) ATAMA

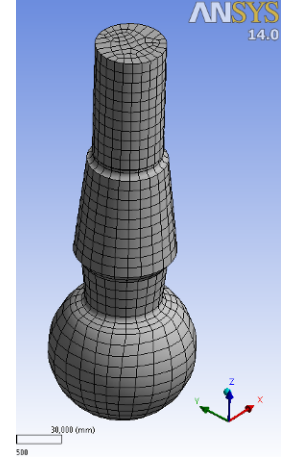
ANSYS® programında Ağ Örgüsü (Mesh) ataması yapılmıştır. Ancak Ağ Örgüsünün boyutunu küçültmek çözüm işleminin süresini artırmasına rağmen çözüm sonucunun doğruluğunu arttırmak için daha sık bir ağ örgüsü oluşturulmuştur. Mesh metodu ANSYS® yazılımında Mesh Control/ Method bölümünde Automatic, Tetrahedron, Hex Dominant, Sweep veya Multizone olarak seçilebilir durumdadır. Bu çalışmada Şekil 4'te gösterildiği gibi gövde ve yatak Tetrahedron Ağ Örgüsü, aşık ise Hexahedron Ağ Örgüsü olarak program tarafından otomatik olarak atanmıştır. ANSYS® içeriğinde eleman boyutu metalik malzemeler için 2 mm ve polietilen malzeme için 1 mm olacak şekilde atanmıştır.



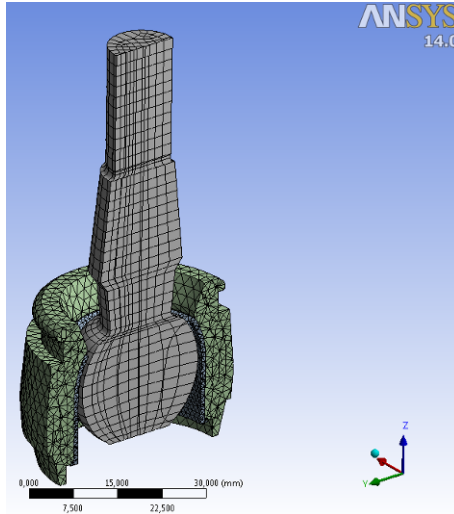
(a) Gövde Ağ Örgüsü



(b) Yatak Ağ Örgüsü



(c) Aşık Ağ Örgüsü



(d) Rotil Montaj Ağ Örgüsü

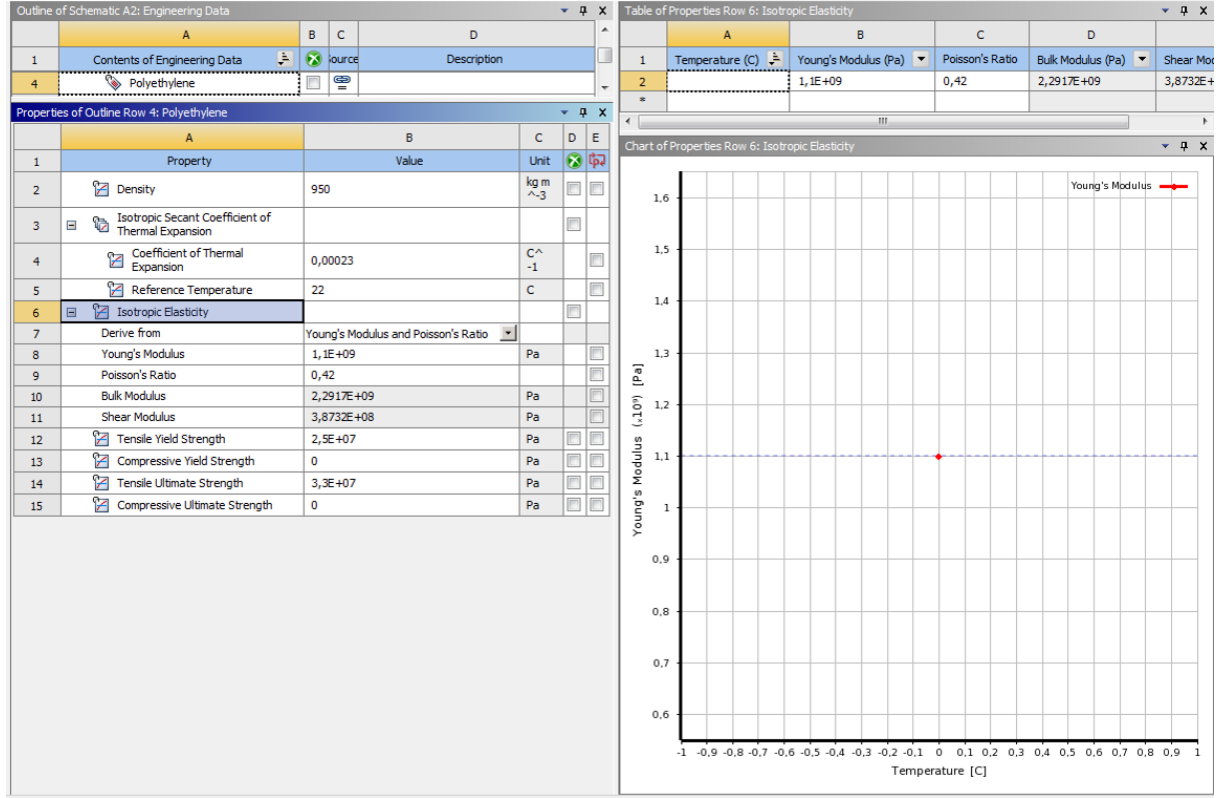
Ağ örgüsüne ait özellikler

Nod Sayısı	75.990
Eleman Sayısı	39.620

Şekil 4. Rotil Takımının Sonlu Elemanlar Analizi İçin Matematiksel İfadesi (Ağ Örgüleri)

C. PARÇALARA ANSYS'te MALZEME ATAMA

Sistemde en zayıf halkanın yatak olması nedeniyle, gövde ve aşığın malzemesi Yapı Çeliği (Structural Steel) olarak tanımlanması uygun ve yeterli görülmüştür. Plastik yatağın malzemesi polietilen olarak seçilerek analiz çalışması yapılmıştır. Şekil 5'de gösterildiği gibi ANSYS® programının Engineering Data Sources bölümünde Polietilen malzeme özelliği doğrusal izotropik elastikiyet modülü 110 MPa ve poisson oranı ise 0,42 olarak tanımlıdır.



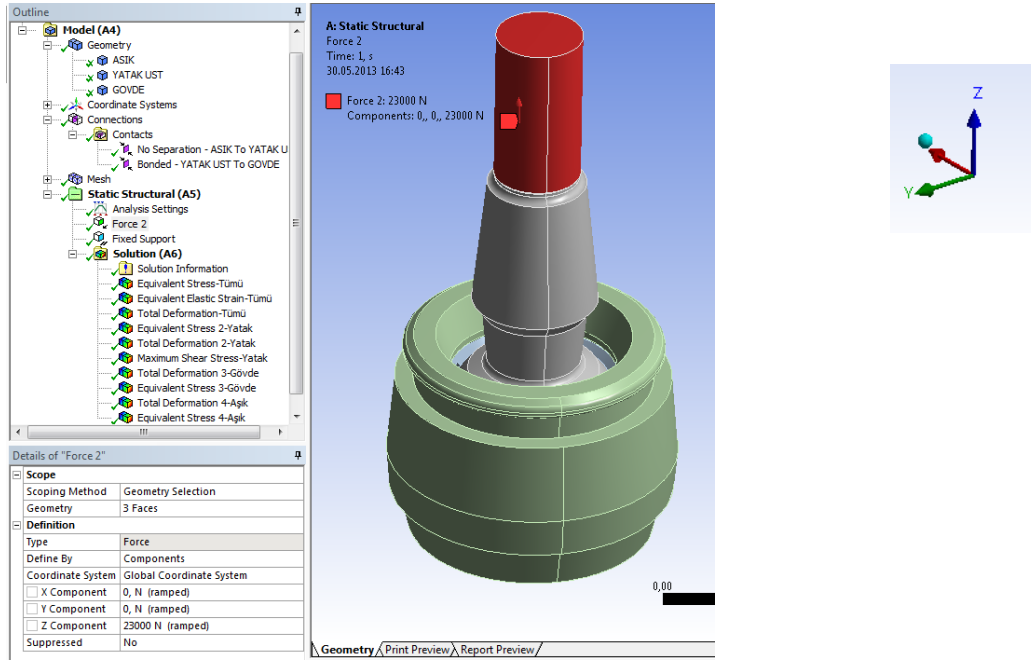
Şekil 5. Polietilen (Polyethylene) Malzeme Özelliği

D. PARÇALARA ANSYS'te BAĞLANTI TİPİ ATAMA

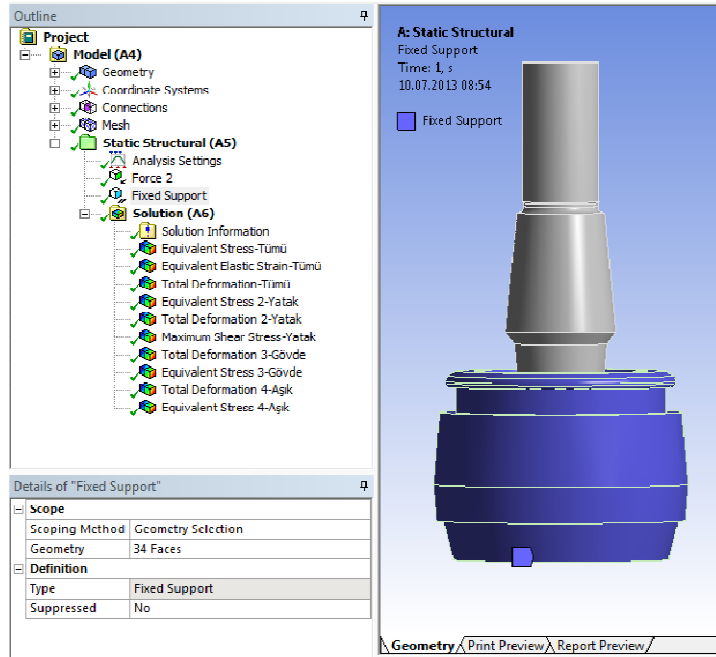
Analiz işlemleri esnasında modelde yatak ile gövde arasında kayma hareketi olmadığından bağlantı tipi Bonded Connection, yatak ile aşık arasında kayma hareketine izin verilmesi gerektiğinden bağlantı tipi No Separation (yapışkan fakat kayma hareketine izin veren) bağlantı tipi olarak tanımlanmıştır [8].

E. SONLU ELEMENLAR ANALİZİ İÇİN YÜKLEME ve SINIR ŞARTLARI

Şekil 6'da gösterildiği gibi aşığın dış açılmış olan bölgesinden çalışma şartları doğrultusunda +Z eksenine doğrultusunda 23000 N'luk kuvvet atanmıştır. Genel tecrübeler ile rotilin gerçek çalışma ortamında maruz kalabileceği maksimum yük olması ve rotilin emniyet parçasından dolayı her türlü aşırı ani yüke karşı dayanımı sağlamak amacı ile teknik resimlerinde tanımlanmış olan aşık çıkma değeridir. Buna ilaveten gövdenin çevresinden bağlantı durumu dikkate alınarak Şekil 7'de gösterildiği gibi tam sabitleme (fix support) tanımlaması yapılmıştır.



Şekil 6. Rotile Kuvvet Ataması

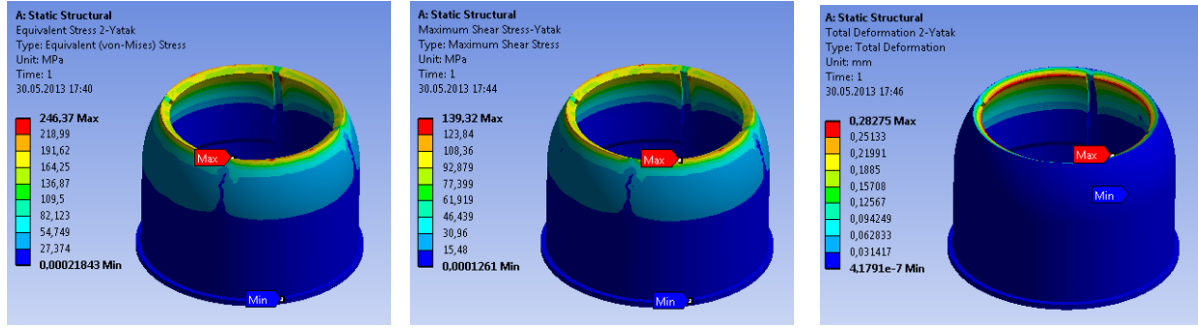


Şekil 7. Rotil Gövdesinin Sabitlenmesi

III. SONUÇLAR

Sonlu elemanlar analizi sonuçlarında rotilin çalışma mekanizması Küresel Mafsal (Spherical Joint) tipine benzediğinden dolayı küresel mafsal bağlantı tipi olarak atanmıştır. Ancak elde edilen sonuçlar gerçek durum ile farklılık gösterdiği tespit edildiğinden analiz esnasında bu tanımlama sınır şartı olarak atanmış küresel mafsal tanımlaması kullanılmamıştır. Bununla birlikte Şekil 8'de Polietilen

plastik yatakta oluşan gerilmeler ve şekil değişimi gösterilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 1’de gösterilmiştir.



(a) Eşdeğer (von-Mises) Gerilme

(b) Maksimum Kesme Gerilme

(c) Toplam Deformasyon

Şekil 8. Yatak Parçasında Elde Edilen Sonuçlar

Tablo 1. Sonlu elemanlar analizi sonucu elde edilen en fazla ve en az değerler

	Ortalama Değerler				
	Eşdeğer Gerilme (von-Mises) (MPa)	Eşdeğer Gerilim (mm/mm)	Toplam Deformasyon (mm)	Eşdeğer Gerilme (von-Mises) (MPa)	Toplam Deformasyon (mm)
Minimum	$9,7899 \times 10^{-10}$	$8,6653 \times 10^{-15}$	0	$2,1843 \times 10^{-4}$	$4,1791 \times 10^{-7}$
Maksimum	376,13	0,22571	0,43896	246,37	0,28275
Minimum		GÖVDE			
Maksimum	AŞIK	YATAK	AŞIK		

IV. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

23000 N’luk kuvvet altında oluşan gerilme değerlerinin (Şekil 8 (a)’da verilen Eşdeğer (von-Mises) Gerilme ve Şekil 8 (b)’de Maksimum Kesme Gerilme), 25 MPa olan polietilen malzemeye ait Gerilme Direnci (Tensile Yield Strength) değerinin, sonlu elemanlar analizi sonuçlarına göre en fazla 139,32 MPa (tek noktada) ve ortalama olarak da 32,95 MPa değerleri ile üzerinde olması nedeni ile polietilenin rotill yatağı malzemesi olarak kullanılmasının uygun olmadığı tespit edilmiştir. Buna göre rotill yatağı olarak Delrin® malzeme kullanımı veya polietilene göre dikey ve yatay çekme değeri yüksek olan malzemenin kullanılması önerilmektedir. Delrin®, üstün çekme ve eğilme mukavemeti, sertliği, boyutsal kararlılığı, tokluğu, yorulma dayanımı, çözücü, yakıt ve aşınma direnci, kendinden kaydırıcılığı ile metaller ve sıradan plastikler arasındaki boşluğu doldurmaktadır. Delrin® asetalleri, formaldehitin polimerizasyonu ile oluşturulmuştur. Delrin®’in özellikleri yüksek çekme ve eğilme mukavemeti, darbe dayanımı, diğer plastiklerin karşılayamadığı üstün yorulma dayanımı, neme, benzine, kaydırıcılara, çözücülere ve birçok nötr kimyasala dayanım, boyutsal kararlılık, iyi elektriksel yalıtım özellikleri, düşük sürtünme, çok düşük sıcaklıklara kadar inebilen geniş kullanım sıcaklığı aralığı gösterilebilmektedir.

V. KAYNAKLAR

- [1] K.T. Gürsel, S. Çakır *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* **17(3)** (2011) 143.
- [2] O. Kırılı, *Yönlendirme Sistemlerinin Yataklarında Kullanılan Acetal/Polyoxymethylene Malzemesinin Farklı Sıcaklarda, Bası Yükü Altında Mekanik Özelliklerinin Değişiminin Deneysel ve Sayısal Simülasyonu*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir-Türkiye (2009).
- [3] M. Cihan, 2013, Nissan Micra Rotil Teknik Resmi, Teknorot Otomotiv Ürünleri San. ve Tic. A.Ş.
- [4] D.R.J. Owen, E. Hinton, *Finite Elements in Plasticity Theory and Practice*, Pineridge Press Limited (1982).
- [5] Y.W. Kwon, K. Bang, *The Finite Element Method Using MATLAB*, Taylor&Francis, (2000).
- [6] J.N. Reddy, *An Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis*, Oxford University Press, (2003).
- [7] S. Kobayashi, S. Oh, T. Altan, *Metal Forming and the Finite Element Method*, Oxford University Press, (1989).
- [8] ANSYS Eğitim Notları, 2010, FİGES.