



Bu bir MMO yayınıdır

DÜŞÜK SÜRTÜNMELİ BOĞAZ SIZDIRMAZLIK ELEMANININ SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İLE TASARIMI

Ozan DEVLEN¹
Cem TANYERİ¹

¹ KASTAŞ SIZDIRMAZLIK TEKNOLOJİLERİ San. Ve Tic. A.Ş.

DÜŞÜK SÜRTÜNME Lİ BOĞAZ SIZDIRMAZLIK ELEMANININ SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İLE TASARIMI

Ozan DEVLEN¹, Cem TANYERİ²

KASTAŞ SIZDIRMAZLIK TEKNOLOJİLERİ San. Ve Tic. A.Ş.
A.O.S.B. 10001 Sk. No.19 35620 Çiğli-İZMİR Tel.: (0232) 376 88 26
¹odevlen@kastas.com.tr, ²ctanyeri@kastas.com.tr

ÖZET

Hidrolik silindirlerde güç aktarımının sağlanabilmesi için boğaz ve piston düzeneklerinde sızdırmazlığın kusursuz olarak sağlanması gerekmektedir. Sızdırmazlık elemanları görevlerini yerine getirirken tasarımlarına, malzemelerine ve karşıt yüzeye bağlı olarak bir sürtünme kuvveti açığa çıkar. Bu kuvvetin azaltılması ile kuvvet kayıpları en aza indirilerek sistemin enerji verimliliği artırılmaktadır. Bu çalışma ile daha yüksek enerji verimliliğine sahip bir boğaz sızdırmazlık elemanının ileri seviye Sonlu Elemanlar Analizi yöntemleri kullanılarak tasarlanması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürtünme Kuvveti, FEA, SEA, Tasarım Optimizasyonu, Boğaz Sızdırmazlık Elemanları

ABSTRACT

To provide power transmission in hydraulic cylinders, sealing at piston and rod must be done perfectly. Friction force occurs between the sealing element and the counter surface related to design, material of the seal and the surface roughness of the counter surface. Energy efficiency of the system can be improved by minimizing the force loss of the system caused by friction force. In this paper, it is aimed to design a rod sealing element with high energy efficiency by using advanced FEA.

Key Words: Friction Force, FEA, Design Optimization, Rod Seal

1. GİRİŞ

Günümüzde birçok uygulamada boğaz sızdırmazlık elemanlarının sızdırmazlığı sağlayıp güç aktarımını yerine getirmesi yeterli olarak görülmemektedir. Hidrolik silindir üreticileri birçok uygulama için düşük sürtünme kuvveti meydana getirecek sızdırmazlık elemanı talep etmektedirler. Karşıt yüzey ve sızdırmazlık elemanı arasında yüksek sürtünme kuvveti oluşması durumunda hidrolik sistemin verimliliği ve ömrü azalırken, ortaya çıkan ısı ve gürültü artmaktadır. Bu bildiride K33 boğaz sızdırmazlık elemanı ve mil yüzeyi arasında meydana gelen sürtünme kuvvetinin SEA ile tasarım iyileştirilmesi yapılarak sürtünme kuvvetinin azaltılmasına ve daha yüksek enerji verimliliğine sahip bir boğaz sızdırmazlık elemanının tasarlanmasına yer verilmiştir.

1.1. Sonlu Elemanlar Analizi

Sonlu elemanlar analizi (SEA, FEA (Finite Element Analysis)) dış yükler etkisi altındaki fiziksel sistemlerin davranışını öngören, sınır değer problemlerinin yaklaşık nümerik çözümlerinin elde edilmesi için kullanılan bilgisayar destekli mühendislik tekniğidir. [1]

Sızdırmazlık Elemanlarının performansları, kuvvet ve deformasyon reaksiyonlarını inceleyerek aşınma davranışı, sürtünme kuvvetleri ve çalışma ömrü tahmin edilebilmektedir. SEA aynı ortam koşullarında daha iyi performans gösteren sızdırmazlık elemanları üretilebilmesini sağlamaktadır.

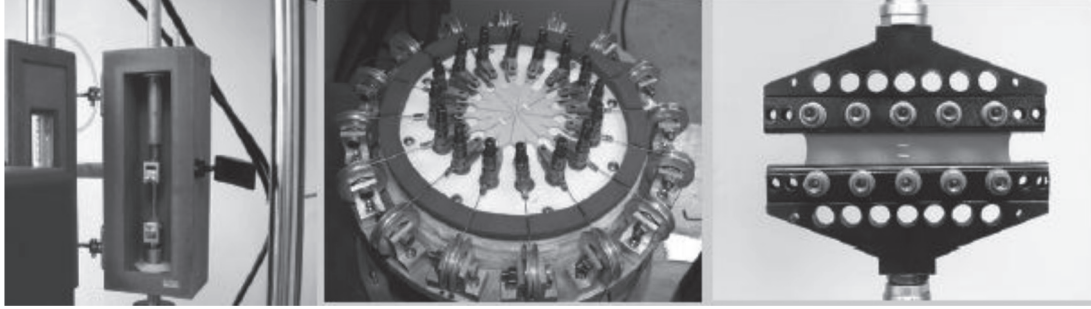
Elastomerlerin geometrik non lineerite, temas non lineeritesi ve malzeme non lineeritesi gibi doğrusal olmayan malzeme davranışları vardır. Bu sebeple elastomer analizinde doğrusal olmayan Sonlu Elemanlar Analizi programı kullanılması gereklidir. Kastaş deneysel veriler ve uygun malzeme modelleri eşliğinde MARC/MENTAT nonlineer SEA programını kullanarak çeşitli kuvvetleri belirli tasarımlar üzerinde simüle etmektedir. CAD modeli olan yeni tasarım konseptlerinin çalışma ortamındaki sızdırmazlık davranışı SEA programı aracılığı ile analiz edilebilir. SEA aracılığı ile elde edilen veriler eşliğinde tasarım değişiklikleri yapılmaktadır; bu sayede yeni tasarım geliştirmek için harcanan zaman ve geliştirme maliyetleri büyük ölçüde azaltılmaktadır.

SEA Kullanmanın Avantajları:

- SEA teknolojisi sızdırmazlık elemanının istenilen koşullarda çalışıp çalışmayacağı konusunda karar verilmesine yardımcı olur.
- Tasarım sürecimizi kısaltır, sızdırmazlık elemanının performansı ve ürün tasarımlarının geliştirilmesini sağlar.
- Gerekli prototip ve işlevsellik testlerinin sayısını azaltır.
- Ürünlerde en doğru malzeme kullanımını sağlar
- Sızdırmazlık elemanı geliştirilmesinde toplam maliyeti düşürür
- Geniş kapsamlı testlere gereksinim duymadan sızdırmazlık elemanlarının kullanım ömürlerinin öngörülmesini sağlar [2]

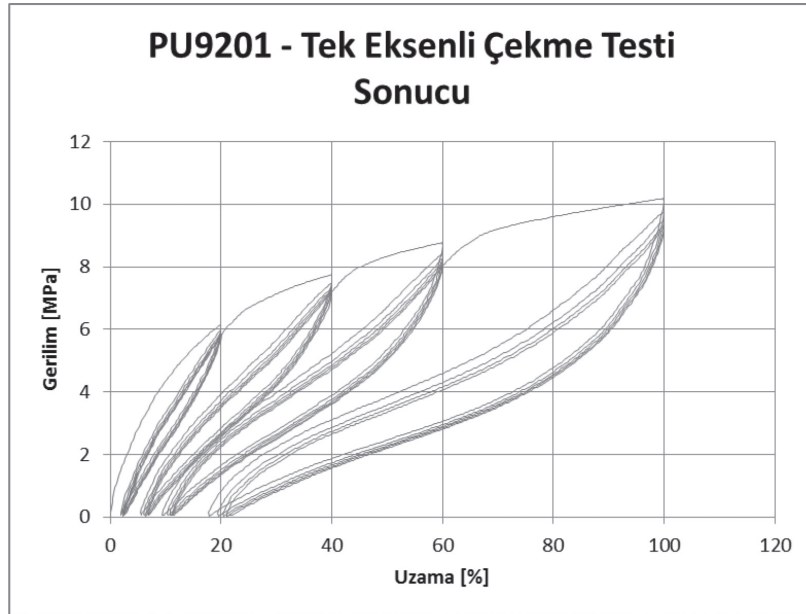
1.1.1. Sızdırmazlık Elemanları İçin SEA Prosedürü

SEA çalışmaları M.S.C MARC yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Elastomer sınıfındaki malzemelerin SEA programında doğru olarak modellenebilmesi için Şekil 1’de belirtilen laboratuvar testlerinden en az bir tanesi gerekmektedir. Bu çalışmada 23 °C sıcaklıkta PU9404 malzemesi için tek eksenli çekme (uniaxial tension), eş eksenli çekme (equi-biaxial extension) ve düzlemsel çekme (planar tension) testleri yapılmıştır.



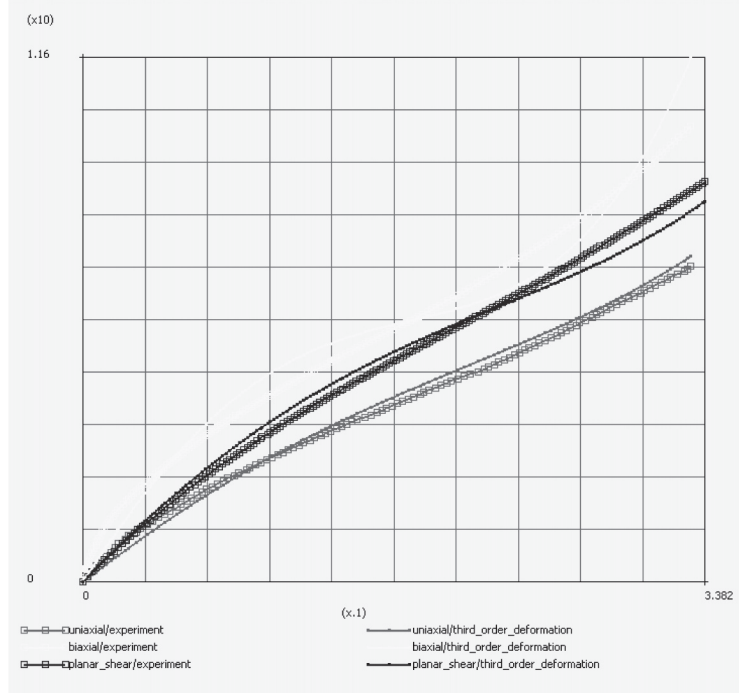
Şekil 1. SEA analizi için gerekli olan laboratuvar testleri. Sırasıyla tek eksenli çekme, eş eksenli çekme ve düzlemsel çekme testleri [3]

Bu testler ile malzemeye ait gerilim uzama eğrileri elde edilmektedir. Örnek olarak PU9201 malzemesinin tek eksenli çekme testi sonucu Şekil 2’de verilmiştir. Elde edilen bu veriler ham hali ile SEA yazılımında kullanılamamaktadır; gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra malzeme modeli oluşturulur.



Şekil 2. Tek eksenli çekme testi sonucu elde edilen gerilim-%uzama eğrisi

Düzenlenen test eğrileri Şekil 3’te gösterildiği gibi SEA yazılımına aktarılır ve bu eğriler aracılığı ile kullanılması istenilen malzeme modelinin katsayıları hesaplanır.



Şekil 3. Elde edilen test eğrilerinin malzeme modeline aktarılması

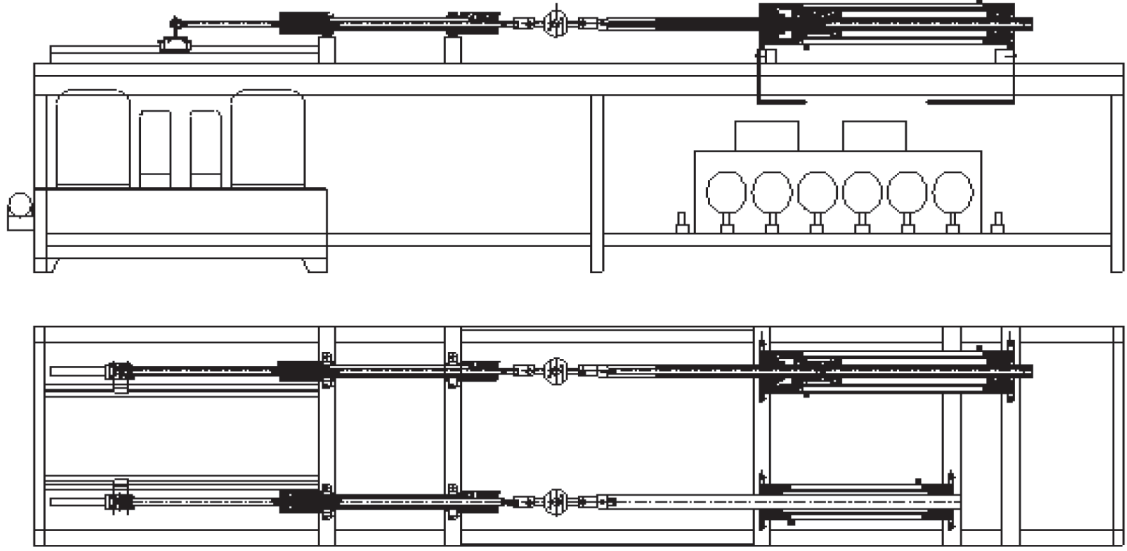
Analizi yapılmak istenen sızdırmazlık elemanının CAD modeli ve test ortamı SEA yazılımına aktarılır ve sızdırmazlık elemanı mesh adı verilen sonlu elemanlara ayrılır. Eleman tipi seçiminde elastomerlerin neredeyse sıkıştırılmaz yapısını simüle edebilmek için Herrmann elemanlar kullanılmaktadır. Kuvvetler, birbiri ile temas edebilecek yüzeyler, aralarındaki sürtünme katsayısı gibi analizi etkileyecek olan gerekli veriler SEA programına aktarılır. Elde edilen katsayılar ile malzeme modeli bu elemanlar üzerine uygulanır. Veri girişleri tamamlandığında SEA yazılımında analiz başlatılarak belirlenen koşullar altında istenilen sızdırmazlık elemanının analizi yapılır. Bu bildiriye sızdırmazlık elemanları üç boyutlu olarak modellenmiş olup, 90° 'lik kısmında analiz yapılmıştır; elde edilen sürtünme kuvveti sonuç değerleri dört ile çarpılarak 360° 'lik tam model çözüm sonuçları elde edilmiştir. 90° 'lik kısmın modellenmesi ile analiz işleminde gerekli işlemci yükü azaltılmış ve çözüm süresi kısaltılmıştır.

Bu bildiriye SEA yazılımı aracılığı ile K33 ve düşük sürtünmeli boğaz sızdırmazlık elemanının basınç etkisi altında mil yüzeyinde meydana getirdiği kuvvet incelenmiştir.

1.2. Boğaz-Piston Test Cihazı

Testler Şekil 4'te görülen boğaz-piston test cihazında gerçekleştirilmiştir. Bu test cihazı sızdırmazlık elemanlarının farklı basınç ve hızlar altında aşınma dayanımlarını ve sürtünme kuvvetlerini test etmek için yapılmıştır. Bir hidrolik ünite, iki tahrik silindiri ve bir adet boğaz sızdırmazlık elemanı test silindiri, bir adet piston sızdırmazlık elemanı test silindiri, test silindirlerine basınç sağlayan hava ile çalışan hidrolik ünite, kuvvetleri, sıcaklığı, basıncı ölçen sistem ile sistemi çalıştıran elektrik elektronik donanımdan meydana gelmektedir.

Hidrolik ünitelerden gelen basınçlı yağ iki tarafı da millî olan hidrolik silindirleri tahrik etmektedir. Silindirlerin ucunda mafsallı bağlantı ile yük hücresi takılmıştır. Yük hücresinin diğer ucuna test aparatları bağlanmıştır.



Şekil 4. Boğaz-Piston Test Cihazı [4]

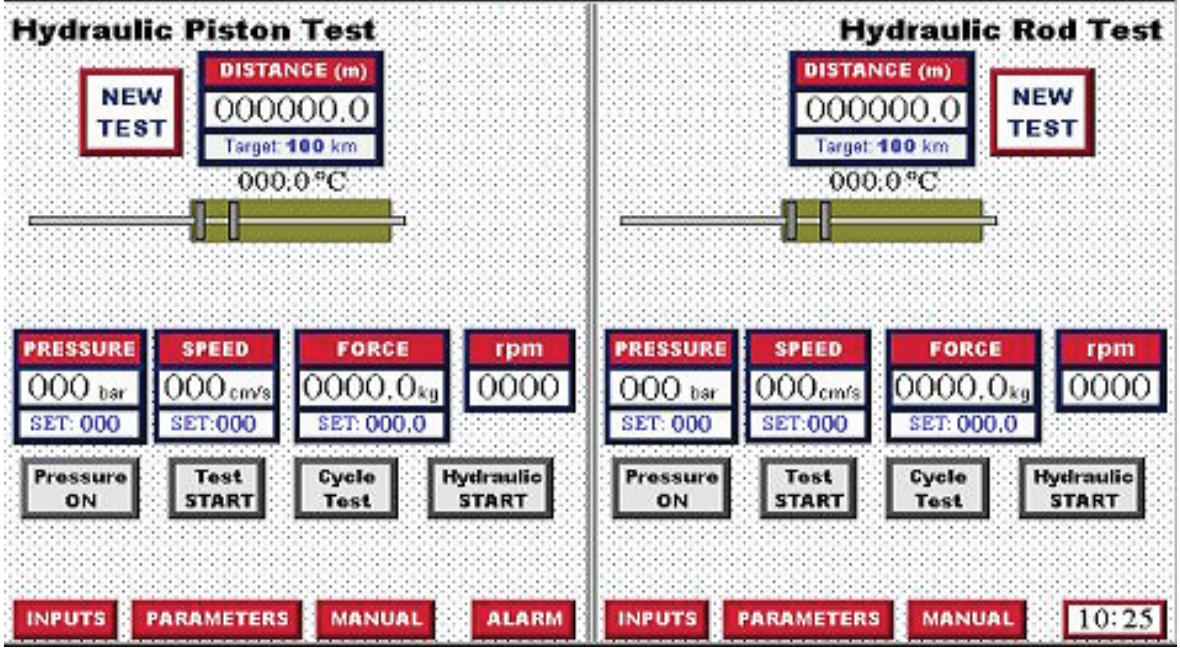
Test aparatları altına yerleştirilen ve test için gerekli olan basıncı temin eden iki adet hidrolik ünite yerleştirilmiştir. Basınçlar birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilir olup maksimum basınç 450 bar'dır. Basınç elektronik olarak da ölçülmektedir.

Test silindirlerinin sıcaklığı sızdırmazlık elemanının 5 mm yakınından ölçülmektedir. Buradan alınan sıcaklık değerlerine göre boru soğuk su ile soğutulmaktadır. Test silindirlerinden kaçan yağ bir kaptan toplanarak kaçak miktarı belirlenmektedir. Test silindirlerinin her strokta yaptığı mesafe lineer enkoderle ölçülmektedir. Test parametrelerinin ve şartlarının ayarlandığı bir kontrol panosu bulunmaktadır. Bu panoda bulunan PLC tarafından kontrol edilen, basınç, hız ve mesafe parametreleri Şekil 5'te görülen dokunmatik ekran HMI'dan (insan-makine arayüzü) sisteme girilmektedir.

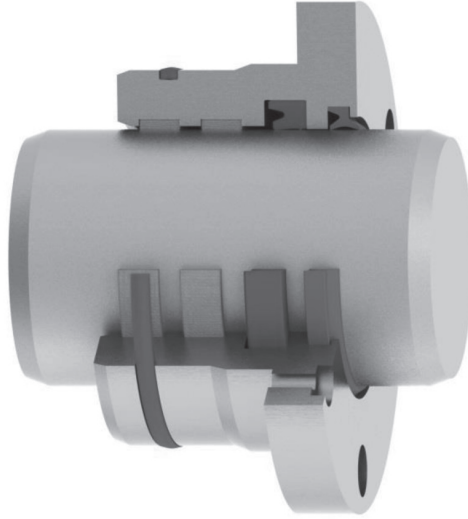
Makineden toplanan basınç, sıcaklık ve kuvvet değerleri bilgisayara gönderilmekte ve verilerin anlık kaydı sağlanmaktadır.

1.2.1. Test Prosedürü

Test edilecek sızdırmazlık elemanları Şekil 6'da görüldüğü gibi boğaz takozuna monte edilmektedir. Sistemde Şekil 7'de görülen bir adet boğaz sızdırmazlık elemanı, iki adet yataklama elemanı ve bir adet toz keçesi bulunmaktadır.



Şekil 5. Hidrolik Piston-Boğaz testi insan-makine ara yüzü [4]



Şekil 6. Test edilecek boğaz sızdırmazlık elemanının boğaz takozuna monte edilmiş görüntüsü

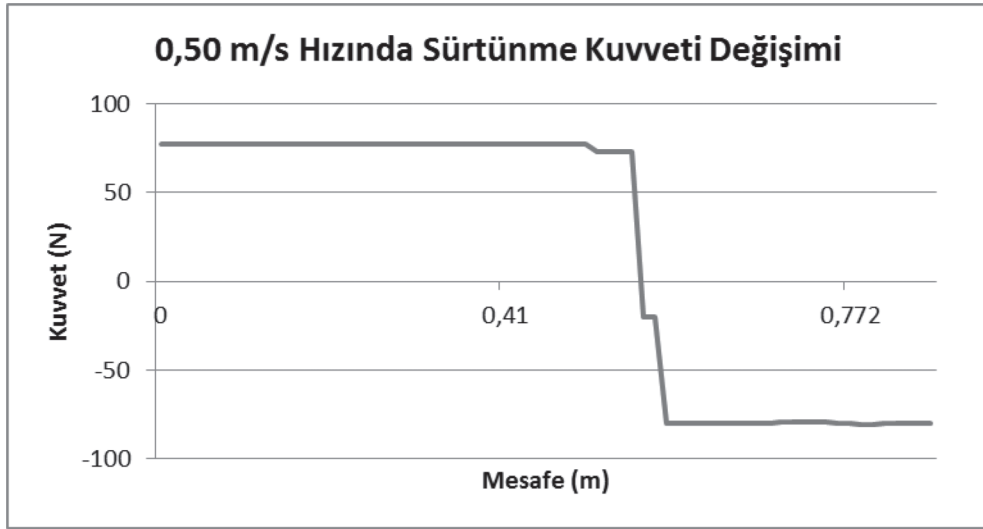
Öncelikle toz keçesi ve boğaz yatakları silindire takılarak basınçsız olarak sürtünme kuvveti ölçülmüştür. Test edilen sızdırmazlık elemanı dışındaki sürtünme (F_s) ve sistem kayıpları belirlenmiştir. Elde edilen bu değer, sızdırmazlık elemanı takıldıktan sonra ölçülen değerden çıkartılmasıyla sızdırmazlık elemanlarının oluşturduğu sürtünme kuvveti hesaplanmıştır.



Şekil 7. Boğaz takozunda bulunan sızdırmazlık elemanları K27 toz keçesi, K33 boğaz sızdırmazlık elemanı, DSBSE (Düşük sürtünmeli boğaz sızdırmazlık elemanı), KP8 yataklama elemanı [5]

$$F_s + \text{sistem kayıpları} = F_o \text{ (kN)}$$

Yapılan test sonucunda Şekil 8'de gösterilen 0,50 m/s hızında sürtünme kuvveti değişimi grafiği elde edilmiştir.



Şekil 8. 0,50 m/s hızı için kuvvet değişim grafiği

Boğaz sızdırmazlık elemanı da boğaz takozuna takılarak sızdırmazlık elemanları 50°C sıcaklık, 160 Bar basınç ve 0,5 m/s hız altında 50 km boyunca boğaz test cihazında teste tabi tutulmuştur. Elde edilen değerlerden sistem kayıpları çıkarılarak test edilen sızdırmazlık elemanının mil üzerinde meydana getirdiği sürtünme kuvveti tespit edilmiştir.

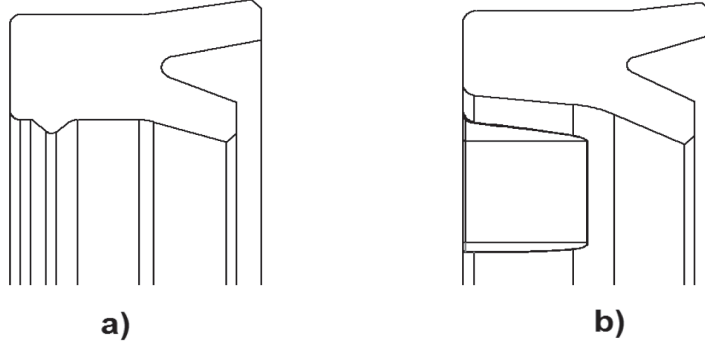
2. K33 VE DÜŞÜK SÜRTÜNME Lİ BOĞAZ SIZDIRMAZLIK ELEMANI TEST VE SEA SONUÇLARI

2.1. K33 Test Ve SEA Sonuçları

Standart K33 boğaz sızdırmazlık elemanı 50°C sıcaklık, 160 Bar basınç ve 0,5 m/s hız altında 50 km boyunca boğaz test cihazında teste tabi tutulmuştur. Aynı sızdırmazlık elemanının aynı koşullar altında tahmini sürtünme katsayısı ile SEA yapılmıştır. K33 ve düşük sürtünmeli boğaz sızdırmazlık elemanının profil resimleri Şekil 9'da gösterilmiştir. Boğaz test cihazından elde edilen test sonuçları

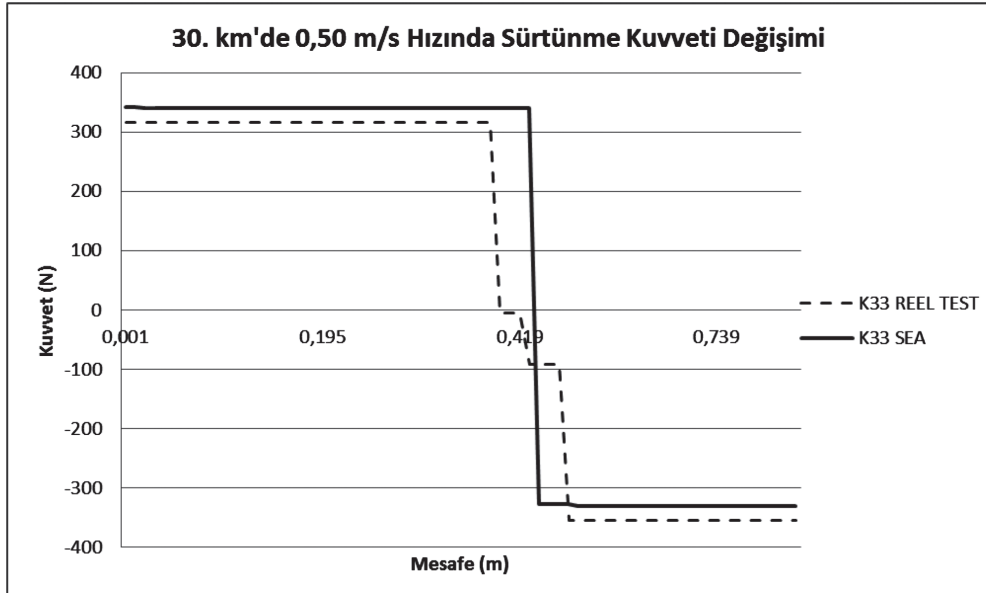
incelenip testin 30. Km'sinde bir çevrimde meydana gelen sürünme kuvvetindeki değişkenliğin en aza indiği olduğu görülmüştür. SEA'daki sürünme katsayısı değiştirilerek bu çevrimdeki sürünme değerleri SEA'da da yakalanmıştır. SEA yazılımında yeni tasarımın analizinde test parametreleri ile birlikte aynı sürünme katsayısı kullanılmıştır. Düşük sürünmeli boğaz sızdırmazlık elemanının

SEA ile elde edilen bir çevrimdeki sürünme kuvveti değişim eğrisi ile boğaz test cihazında aynı tasarımın testi sonucunda elde edilen bir çevrimdeki sürünme kuvveti değişim eğrisi arasındaki farkın minimum olması beklenmektedir.



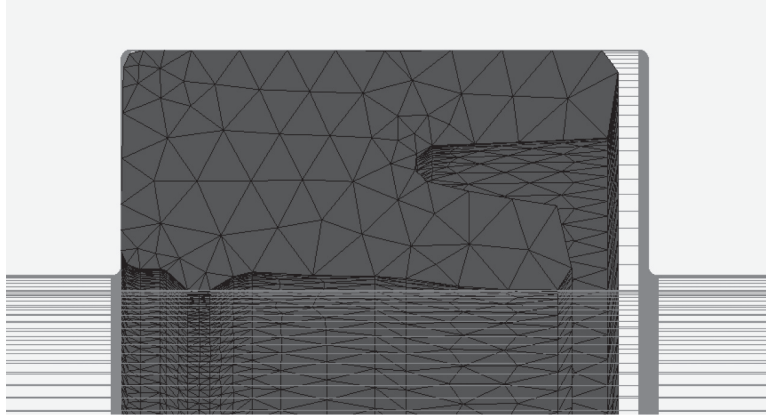
Şekil 9. Testi Yapılan Ürünlerin Tasarımları a) K33 b) Düşük Sürünmeli Boğaz Sızdırmazlık Elemanı

K33 ve düşük sürünmeli boğaz sızdırmazlık elemanın Boğaz test cihazında 30. Km'de kaydedilen bir çevrimdeki sürünme kuvveti değişimi Şekil 10'da gösterilmiştir. Bu eğride gösterilen kuvvetler giriş ve çıkış strokunda mil üzerinde oluşan sürünme kuvvetini göstermektedir. Kuvvetler test cihazında mil ile aynı ekseninde bağlı bulunan yük hücresi (loadcell) yardımı ile ölçülerek, SEA'da ise sonuç raporundan mil üzerinde meydana gelen x eksenindeki kuvvet-mesafe verileri alınarak elde edilmiştir.

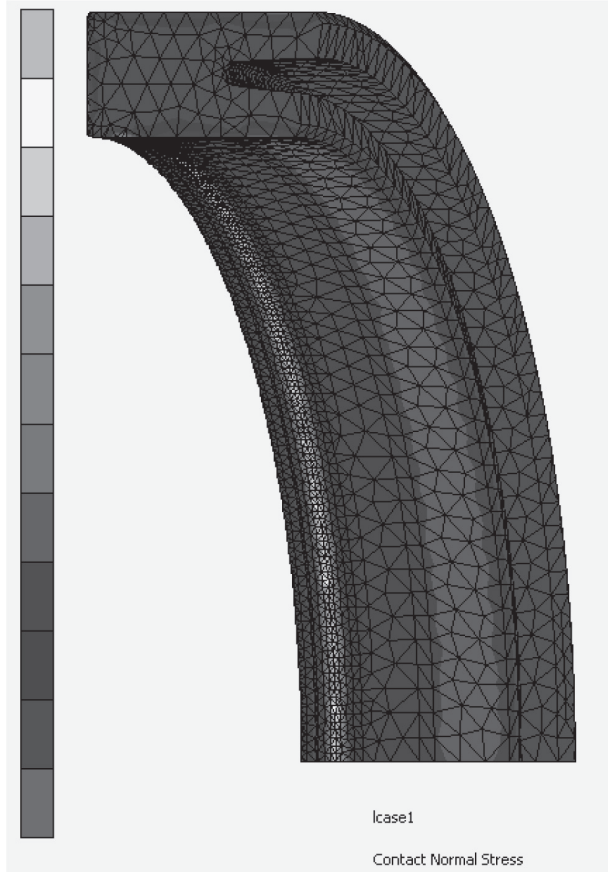


Şekil 10. K33 ve düşük sürünmeli boğaz sızdırmazlık elemanın Boğaz test cihazında 30. Km'de kaydedilen bir çevrimdeki sürünme kuvveti değişimi

SEA'da kullanılan malzeme modeli verileri laboratuvar verileri olup sonuçların reel test sonuçları ile tutarlılığını sağlayacak olan değer μ sürtünme katsayısıdır. Şekil-10'da gösterilen eğride Reel test ve SEA sonucunda elde edilen eğriler birbirine oldukça yakın olup, giriş ve çıkış stroku değerlerinin ortalaması alındığında aralarındaki oran farkının %1'den küçük olduğu görülmektedir. Bu durumu sağlayan sürtünme katsayısı 0.016'dır. SEA'da modellenen K33'ün kesit görüntüsü ve 160 bar basınç altındaki deformasyonu Şekil 11 ve Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 11. SEA'da K33 sızdırmazlık elemanının montaj durumundaki deformasyonu

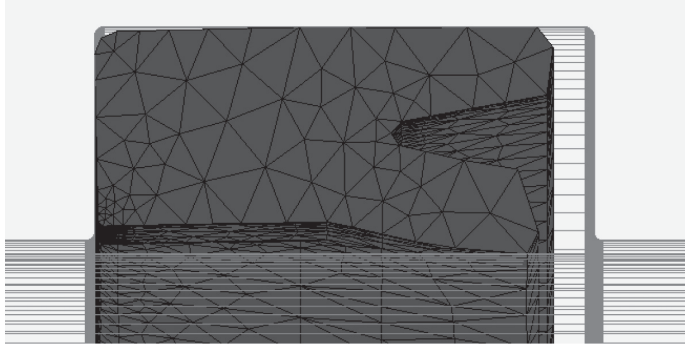


Şekil 12. K33 sızdırmazlık elemanının 160 bardaki deformasyonu-normal temas stresi dağılımı

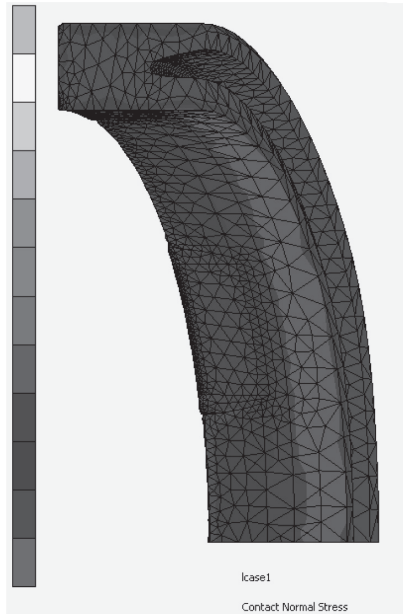
K33'ün 160 bar basınç altındayken sürtünme kuvvetine sebep olan mil eksenine dik yöndeki temas stresi (CNS) dağılımı Şekil 12'de yüksek değerler sarı, düşük değerler mavi olacak şekilde renk skalası ile gösterilmiştir.

2.2. Düşük Sürtülmeli Boğaz Sızdırmazlık Elemanının Tasarımı, SEA Sonuçları İle Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

Düşük sürtülmeli boğaz sızdırmazlık elemanı tasarlanırken K33 SEA'da Şekil 12'de gösterilen yüksek temas stresi olan bölgelerde tasarım optimizasyonu yapılarak temas stresinin ve dolayısı ile sürtünme kuvvetinin azaltılması hedeflenmiştir. Tasarım çalışmaları sonucunda kesiti Şekil 9'da kesiti gösterilen düşük sürtülmeli boğaz sızdırmazlık elemanı tasarımı oluşturulmuştur. SEA'da modellenen düşük sürtülmeli boğaz sızdırmazlık elemanının kesit görüntüsü ve 160 bar basınç altındaki deformasyonu Şekil 13 ve Şekil 14'de gösterilmiştir.

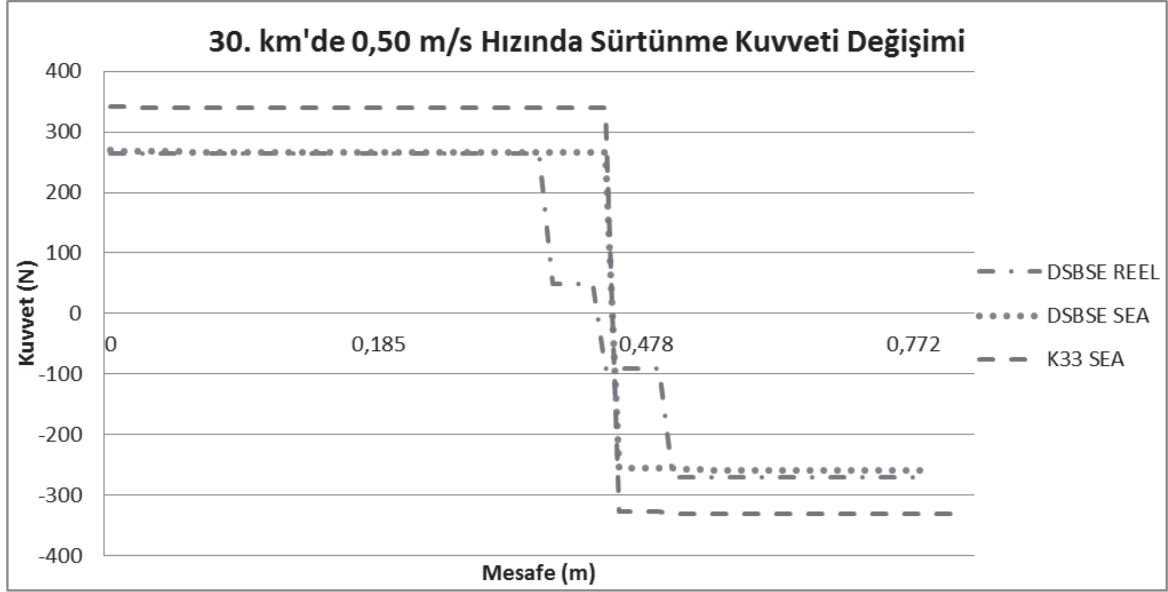


Şekil 13. SEA'da düşük sürtülmeli boğaz sızdırmazlık elemanının montaj durumundaki deformasyonu

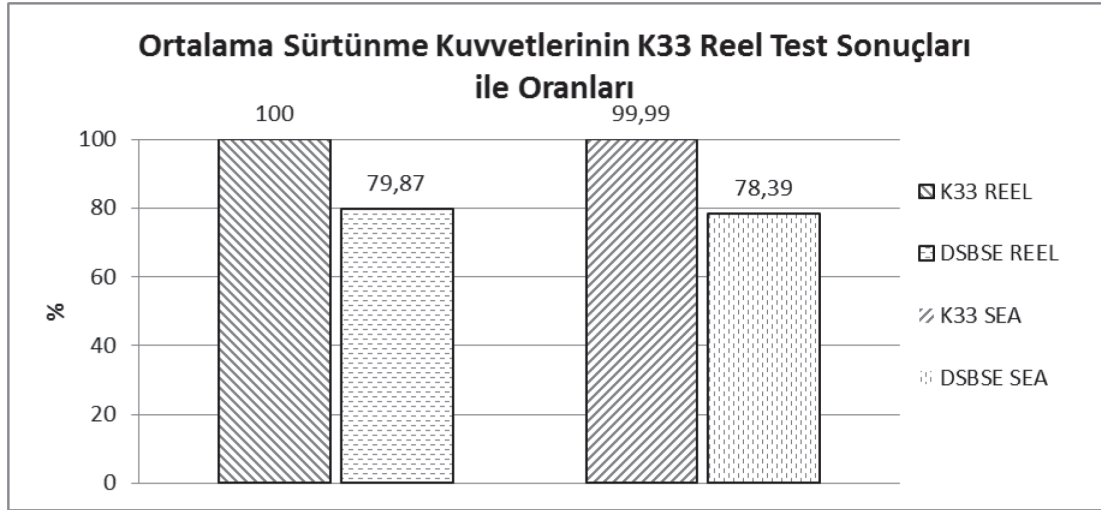


Şekil 14. Düşük sürtülmeli boğaz sızdırmazlık elemanının 160 bardaki deformasyonu-normal temas stresi dağılımı

Düşük sürtümlü boğaz sızdırmazlık elemanı için 160 bardaki temas stres dağılımları Şekil 14'te verilmiştir; bu dağılımı K33'ün temas stres dağılımı ile kıyaslandığında özellikle K33'teki ikinci sızdırmazlık dudak bölgesinde düşüşün önemli olduğu görülmüştür.



Şekil 15. K33 ve düşük sürtümlü boğaz sızdırmazlık elemanın Boğaz test cihazında 30. Km'de kaydedilen bir çevrimdeki sürtünme kuvveti değişimi



Şekil 16. Ortalama Sürtünme Kuvvetlerinin K33 Reel Test Sonuçları ile Oranları

Düşük sürtümlü sızdırmazlık elemanının SEA ve reel test ile elde edilen Şekil 15'teki sürtünme kuvveti değişim eğrileri incelendiğinde reel test sonucu ve SEA sonucu arasındaki farkın oldukça az olduğu görülmüştür. SEA sonucunda K33'e göre %21,6 daha düşük sürtünme kuvveti gerçekleşmesi öngörülmüş, reel testte bu düşüş %20,12 olarak tespit edilmiştir; yaklaşık %1,5 oranında

sapma görülmüştür. Bu sapmanın nedeni çalışma sıcaklıklarının malzeme test sıcaklıklarından farklı olması, test cihazının eksenlerinin kusursuz olmaması ve SEA'nın malzeme test verilerinden malzeme modelini oluştururken oluşan sapma kaynaklı hata payı ve göz ardı edilen diğer etkenler olarak açıklanabilir.

3. SONUÇ

Yapılan çalışmalar sonucunda SEA'nın doğru veriler ve koşullar kullanıldığında gerçek durumu simüle etmekte oldukça başarılı olduğu görülmüştür. SEA kullanılması ile düşük sürtünmeli boğaz elemanı için sadece bir kalıp yaptırılmış ve reel testler de bu kalıptan basılan ürünler ile gerçekleştirilmiştir. Sonlu Elemanlar Analizinin kullanımı sızdırmazlık elemanı tasarımlarında zaman kayıplarını önlemede, çok sayıda prototip ve prototip kalıbı imal etme ihtiyacını ortadan kaldırmakta, çeşitli teorilerin uygulamada başarılı olup olmayacağı ile ilgili çalışmaların çok kısa sürede ve yüksek bir doğrulukla yapılmasına olanak sağlamaktadır.

SEA yöntemiyle yapılan analizlerde başarılı sonuçlar elde edebilmek için malzemenin doğru modellenmesi çok önemlidir. Problemin sınır koşullarının belirlenmesi ve bu koşulların SEA çalışmasında doğru olarak uygulanması da sonuçlardaki hassasiyet için büyük önem arz etmektedir. Doğru kurulmayan problemler ya da yanlış tanımlanan sınır koşulları yanıltıcı sonuçlara yönlendirebilmektedir bu nedenle analizi yapan kurumun konu hakkındaki tecrübesi ve hakimiyeti de kritik bir husustur.

Sızdırmazlık elemanları gibi doğrusal olmayan davranış gösteren elastomer malzemelerin SEA yöntemiyle simüle edilmesi çalışmalarında kritik bir diğer nokta ise doğrusal olmayan (non-linear) analizlerde başarılı sonuçlar veren bir Sonlu Elemanlar Analizi yazılımı ile çalışılması gereğidir. Bu noktada kullanılan M.S.C MARC yazılımının yetkinliği de sonuçların hassasiyetinde kritik rol oynamıştır.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde düşük sürtünmeli boğaz sızdırmazlık elemanı ile %20 civarında sürtünme kuvvetinde düşüş gözlemlenmiştir. Azalan sürtünme kuvveti sayesinde hidrolik sistemin enerji verimliliği ve ömrü artarken, ortaya çıkan ısı azalmakta böylelikle sistem daha tasarruflu hale gelmektedir.

Sonlu elemanlar analizi yöntemi, sızdırmazlık elemanlarının tasarımında bir çok farklı destek sunabilmektedir. İleriki çalışmalarda sıcaklık etkileri, çalışma frekansı, katı-sıvı etkileşimi (FSI) metoduyla sızıntı tahmini gibi yöntemlerle de ürün geliştirme çalışmaları yapılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] MSC Software "Nonlinear Finite Element Analysis of Elastomers", http://www.axelproducts.com/downloads/WP_Nonlinear_FEA-Elastomers.pdf, 13/08/2014
- [2] Kastaş "FEA (Sonlu Elemanlar Analizi) Broşürü", <http://kastas.com.tr/images2/img/980/File/FEA-TR.pdf>, 11/08/2014.

- [3] Axel Products “What material tests are typically performed to calibrate a hyperelastic material model?”, http://www.axelproducts.com/downloads/Tests_Hyperelastic_QA.pdf, 13/08/2014.
- [4] Tuğsan Makina Sanayi “Sızdırmazlık Keçeleri Test Makinası Kullanma Kılavuzu”, 01/12/2011.
- [5] KASTAŞ, “Kastaş Hidrolik Pnömatik Sızdırmazlık Elemanları Teknik Katalog”, 2007.

ÖZGEÇMİŞ

Ozan DEVLEN

1982 yılı İzmir doğumlu Ozan Devlen lise öğrenimi İzmir Özel Türk Kolejinde tamamlamıştır. 2005 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Çeşitli firmalarda çalıştıktan sonra, 2008 yılında Ingolstadt University of Applied Sciences’tan Otomotiv Mühendisliği Yüksek Lisans (M.Eng.) derecesini almıştır. Almanya’da ITD ve IAF enstitülerinde çeşitli projelerde çalıştıktan sonra Kastaş Sızdırmazlık Teknolojileri A.Ş.’de görev almıştır. Ozan Devlen, 2009 yılından beri Kastaş Sızdırmazlık Teknolojileri A.Ş.’de çalışmakta ve Ar-Ge Müdürü olarak görev yapmaktadır.

Cem TANYERİ

1986 yılı İzmir doğumludur. Lise öğrenimini İzmir Konak Anadolu Lisesinde tamamlamıştır. 2009 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2011 yılında Ege Üniversitesi İşletme Yüksek Lisansını tamamlamıştır. 2013 yılından beri Kastaş Sızdırmazlık Teknolojileri A.Ş.’de çalışmakta ve Ar-Ge Mühendisi olarak görev yapmaktadır.