



Makale / Research Paper

**Otomobil Yan Geri Görüş Aynası İçin Titreşim Fikstürü
Tasarımı ve Analizi**

Kadir Yavuz YENİLMEZ^{1a}, Zeliha KAMIŞ KOCABIÇAK^{2b*}

¹DTA Mühendislik, Bursa/TÜRKİYE

²Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Bursa/TÜRKİYE
zkamis@uludag.edu.tr*

Received/Geliş: 06.04.2021

Accepted/Kabul: 07.10.2021

Öz: Otomobil aynaları sürüş esnasında otomobilde yer alan pek çok ekipman gibi titreşime maruz kalmaktadır. Aynalar üzerine gelen titreşimler sürücünün görüş netliğini bozarak sürüşü olumsuz yönde etkileyebilir veya titreşim frekansına bağlı olarak ayna içerisinde yer alan elektronik parçalarda ve/veya aynanın dış muhafazasında hasar meydana getirebilir. Bu nedenle otomobil aynaları maruz kalacağı titreşimler göz önünde bulundurularak tasarlanmalı ve tasarım sonrasında titreşim testlerine tabi tutularak titreşim analizi yapılmalıdır. Titreşim testleri için fikstürlere ihtiyaç vardır ve bu testler sırasında rezonans oluşmaması için uygun bir fikstür tasarımı yapılmalıdır. Tasarlanacak fikstürün doğal frekansının test edilecek bileşenin doğal frekansından büyük olması gerekir. Bu çalışmada Altair Inspire yazılımının Topoloji Optimizasyonu ve Modal Analiz araçları kullanılarak yan geri görüş aynası titreşim fikstürü için simülasyon çalışmaları yapılmış ve bu sonuçlara göre fikstür tasarımı oluşturulmuştur. Nihai tasarımı oluşturulan fikstürün üretimi yapılarak simülasyon sonuçları deney sonuçları ile karşılaştırılmış ve sonuçlar arasında %25' lik bir sapma tespit edilmiştir. Tasarımı ve üretimi yapılan fikstürün iletilirlik oranı simülasyon ortamında 1250 Hz, deneysel olarak 943 Hz değerinde maksimum olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Titreşim fikstürü; doğal frekans; modal analiz; topoloji optimizasyonu.

**Vibration Fixture Design and Analysis for Automobile
Side Rearview Mirror**

Abstract: Automobile mirrors are exposed to vibration, as many types of equipment in the car, while driving. Vibrations on the mirrors may adversely affect driving by impairing the driver's clarity of vision or, depending on the frequency of vibration, may cause damage to the electronics inside the mirror and/or the outer casing of the mirror. Therefore, automobile mirrors should be designed considering the vibrations they will be exposed to, and vibration analysis should be performed by subjecting them to vibration tests after the design. Fixtures are needed for vibration tests, and an appropriate fixture design should be made to avoid resonance during these tests. The fixture's natural frequency to be designed must be greater than the natural frequency of the component to be tested. In this study, simulation studies are carried out for the side rearview mirror vibration fixture using Topology Optimization and Modal Analysis tools of Altair Inspire software, and fixture design is created according to these results. The final design of the fixture is produced, the simulation results are compared with the experimental results, and a 25% deviation is determined between the results. The transmissibility rate of the designed and produced fixture is maximum at 1250 Hz in the simulation environment and at 943 Hz experimentally.

Keywords: Vibration fixture; natural frequency; modal analysis; topology optimization.

Bu makaleye atıf yapmak için

Yenilmez, K. Y., Kemiş Kocabiçak, Z., "Otomobil Yan Geri Görüş Aynası İçin Titreşim Fikstürü Tasarımı ve Analizi" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2022, 9(1); 12-23.

How to cite this article

Yenilmez, K. Y., Kemiş Kocabiçak, Z., "Vibration Fixture Design and Analysis for Automobile Side Rearview Mirror" El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2022, 9(1); 12-23.

ORCID ID: ⁰0000-0003-3292-8324

1.Giriş

Titreşim testleri bir veya birden fazla bileşenin gerçek kullanım koşullarında maruz kalacağı titreşim seviyelerine göre bileşenlerin titreşimlere fiziksel ve işlevsel olarak dayanıp dayanamayacağını belirlemek veya bu ürünlerin nakliye sırasında hasar görüp görmeyeceğinden emin olmak ve üretimden kaynaklı hataların hat sonunda tespit edilip kalite katsayısını artırmak için yapılmaktadır. Titreşim testleri otomotiv bileşenleri, askeri donanım, aviyonik ekipmanlar, beyaz eşya ve tüketici elektroniği ve telekomünikasyon ekipmanlarının ömür tespiti ve kullanıcı tarafından güvenilirliğinin artırılması konularında büyük rol oynamaktadır.

Fikstür, genel anlamda bir parçanın veya yapının istenilen şekilde konumlandırılması için kullanılan aparat olarak nitelendirilir. Test edilecek ürünler fikstürler yardımıyla elektrodinamik titreşim sistemine bağlanır. Titreşim sisteminden gelen etkilerin test edilecek ürüne doğru şekilde aktarılabilmesi açısından uygun titreşim fikstür tasarımı yapılmalıdır. Titreşim fikstürü tasarımında sonlu elemanlar yönteminden yararlanılabilir ve sonrasında tasarımın deneysel olarak rezonans tarama testi ile uygunluğunun değerlendirilmesi gerekmektedir. Konuyla ilgili olarak elektrodinamik sarsıcılar, titreşim profilleri, titreşim test fikstürleri ile ilgili literatürde birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Wong ve Schueneman (1997), elektrodinamik sarsıcı üzerine yerleştirdikleri farklı kütle-yay sistemlerinin sinüs ve random titreşim profilleri altındaki dinamik davranışlarını incelemiştirlerdir [1]. Aggarwal (2010), NASA bünyesinde yapılan havacılık ve uzay sistemlerinin titreşim testleri için fikstür tasarım – sertifikasyon konularını ele almış ve fikstür tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken hususları belirtmiştir [2]. Sarafin ve ark. (2017) yaptıkları çalışma kapsamında küçük boyuttaki uydu ve ekipmanların standart bağlantı ara yüzüne sahip olmayan modelleri için kullanılacak ve uçuş sırasındaki etkilerin oluşmasına olanak sağlayacak şekilde esnekliğe sahip fikstür ara yüzlerinin tasarımını ele almışlardır [3]. Poncet ve ark. (2005), elektrodinamik sarsıcılarda titreşim testi uygulanan sokak aydınlatması için kullanılan fikstürün topoloji optimizasyonu uygulanarak iyileştirilmesi konusunda çalışma gerçekleştirmişlerdir [4]. Raut ve ark. (2017) titreşim testlerinde fikstürün gerekliliği ve farklı fikstür tiplerini ele almışlardır [5]. Barros ve Souto (2014), elektrodinamik bir sarsıcı için tasarlanan fikstürde ivmeölçer konumunun testler sırasındaki etkilerini tespit etmişlerdir. Yaklaşık 2000 Hz civarında iletilebilirlik değeri maksimum olmaktadır [6]. Borhade ve ark. (2016), avyonik uygulamalarda kullanılan güç besleme ünitelerinin elektrodinamik sarsıcılarda testi için tasarlanan fikstürün farklı malzemeler seçilerek analiz edilmesi ve sonuçların karşılaştırılmasını temel alan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Fikstür malzemesi olarak alüminyum seçilmiş ve bu malzeme kullanılarak tasarımı yapılan fikstürün doğal frekansı 1460 Hz olarak hesaplanmıştır [7]. Sowjanya ve ark. (2013), avyonik sistemlerin elektrodinamik sarsıcı ile titreşim testleri için alüminyum ve magnezyum alaşımlı dört farklı fikstür tasarımı için 20-2000 Hz frekans aralığı için sonlu elemanlar analizlerini gerçekleştirmiş ve sonuçları karşılaştırmışlardır [8]. Nalluri ve Dhekane (2014), bilgisayar ana kartlarının titreşim testleri için alüminyum alaşımlı malzemeye sahip 0-2000 Hz frekans aralığı için beş farklı kübik titreşim fikstürü tasarlamış ve bu tasarımların sonlu elemanlar yöntemiyle modal analizlerini yaparak birbirleri ile karşılaştırmıştır [9]. Reddy (2016) askeri standartlara göre rastgele titreşim yükleri için titreşim test armatürlerinin tasarımını ele almıştır. Sonlu elemanlar ana analizi ile hesapladığı iletilebilirlik oranını deneysel çalışmalarla doğrulamıştır [10]. Yenilmez (2020), yaklaşık 1000 Hz frekansı için otomobil geri görüş aynası için titreşim fikstürü tasarımı ve analizi yapmıştır [11]. Luo ve ark. (2018), titreşim test fikstürü işlevlerini ve tasarım gereksinimleri ortaya koyarak yapısal tasarımı ayrıntılı olarak ele almış test ve test yöntemlerini açıklamıştır [12]. Lin ve ark. (2019) yüksek hızlı konektörler için test fikstürünün tasarım özelliklerini, tasarım sürecini, etkileyen faktörleri ve test doğrulamasını ele almışlardır [13]. Manafi ve Nategh (2021) kurulum planlama faaliyetlerine paralel olarak fikstür tasarım uygulamasının entegre edilmesini sağlayan bir yaklaşım geliştirilmiş ve eş zamanlı bir yöntem önermişlerdir [14].

Bu çalışmada yan geri görüş aynası için ISO 16750-3 standardı kapsamında uygulanacak titreşim testleri için topoloji optimizasyonu yardımı ile fikstür tasarımı yapılmış, tasarımı yapılan fikstürün simülasyon çalışmaları ile frekans analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar sonucunda elde edilen nihai tasarımın üretimi yapılarak simülasyon sonuçları ile deney sonuçları karşılaştırılmıştır.

2. Titreşim

Mühendislik uygulamalarında önemli olan dış zorlamaya maruz bir sistemin titreşimini incelemektir. Otomobiller farklı yol profillerinde ve belli hızlarda hareket ettiklerinden ve içlerinde titreşim kaynağı olan bir motor bulunduğundan otomobil bileşenleri her daim titreşime maruz kalmaktadır.

Titreşim alanında kullanılan en yaygın terim frekanstır. Zaman alanındaki verilerin anlamlandırılabilmesi için kullanılan yöntem ise frekans alanına dönüşüm işlemidir.

Bir cismin sadece esnekliğine ve kütesine bağlı olan ve cismin o frekansta uyarılırsa yüksek genlikle ve sürekli olarak titreşeceği frekansa doğal frekans denir. Her fiziksel sistemin kendine özgü doğal frekansı vardır. Doğal frekans, rezonans frekansı olarak da bilinmektedir ancak yapının doğal frekans noktasında etki eden kuvvete karşı sönüm oranı yüksek ise rezonansın etkisi görülmektedir. Rezonans, genel olarak istenmeyen, hasar verici titreşim frekansı olarak da bilinir. Rezonansa giren bir yapı uygulandıktan çok daha yüksek bir cevaba sahip olduğu için titreşim testlerinde kullanılan titreşim fikstürlerinin test edileceği frekans aralığında rezonans frekansının olması istenmemektedir. Bu nedenle ilgili parçanın titreşim analizini yapabilmek için tasarlanacak fikstürün doğal frekansının bileşenin doğal frekansından daha yüksek olması gerekir. Kütle, yay ve sönümleyici elemanları ile modellenebilen titreşime maruz bir mekanik sistemin dinamik davranış parametreleri olan doğal frekans (ω_n) ve sönüm oranı (ξ) aşağıda verildiği gibi ifade edilebilir [15].

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

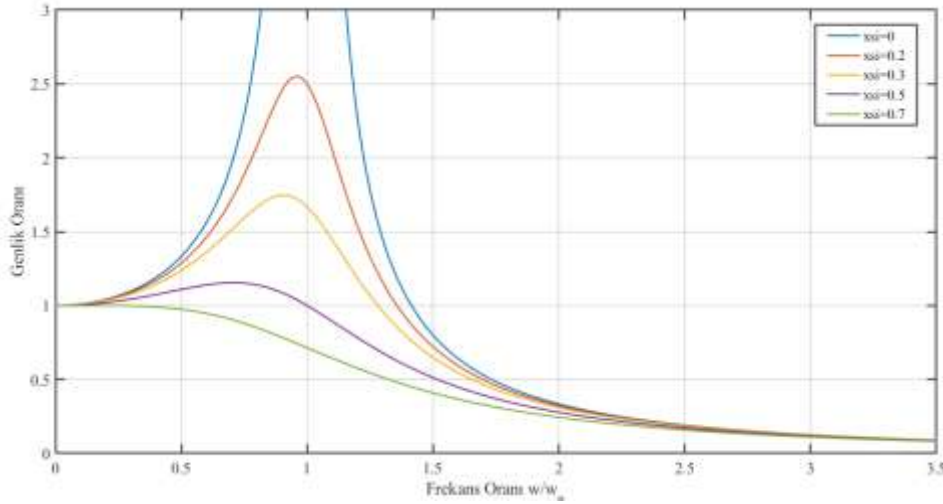
$$\xi = \frac{b}{2\sqrt{km}} \quad (2)$$

Burada k: yay sabiti (N/m) ve m: küttedir (kg). (1) ve (2) nolu denklemlerden görüldüğü gibi hem doğal frekans hem de sönüm oranı mekanik sistem elemanı parametrelerine bağlıdır. Bu nedenle doğal frekansının yüksek olması için fikstür hafif ve yaylanma etkisi minimum olacak şekilde tasarlanmalıdır.

Otomobil bileşenlerine etki eden dış zorlama frekansı, bileşenin doğal frekansına yakın bir nokta olan rezonans frekansında etki ederse bileşen üzerine etki eden dış kuvvetler çok daha yüksek değerlere ulaşmakta ve bu da bileşene zarar vererek ömrünü kısaltmaktadır. Rezonans frekansı doğal frekans ve sönüm oranına bağlı olarak aşağıdaki gibi belirlenebilir.

$$\omega_r = \omega_n \sqrt{1 - 2\xi^2} \quad (3)$$

Bileşene etki eden frekansın doğal frekansa oranına bağlı olarak elemanda ortaya çıkan titreşim genliğinin giriş titreşim genliğine oranını ifade eden genlik oranları değişimi Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Frekans ve sönüm oranına göre genlik oranı değişimi

Bu şekilden görüldüğü gibi özellikle sönüm oranının $\xi < \frac{1}{\sqrt{2}}$ olduğu durumlarda rezonans frekansı ve ona yakın bölgelerde çıkış genliği giriş genliğinden oldukça yüksektir. Bu nedenle otomobil bileşenleri doğal frekansları maruz kalacağı frekanstan daha büyük olacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu bileşenlerin deneylerle titreşim testine tabi tutulurken de kullanılan fikstürün doğal frekansı otomobil bileşeni doğal frekansının dışında kalmalı ve olabildiğince yüksek seçilmelidir.

3. Elektrodinamik Sarsıcı ve Titreşim Fikstürü

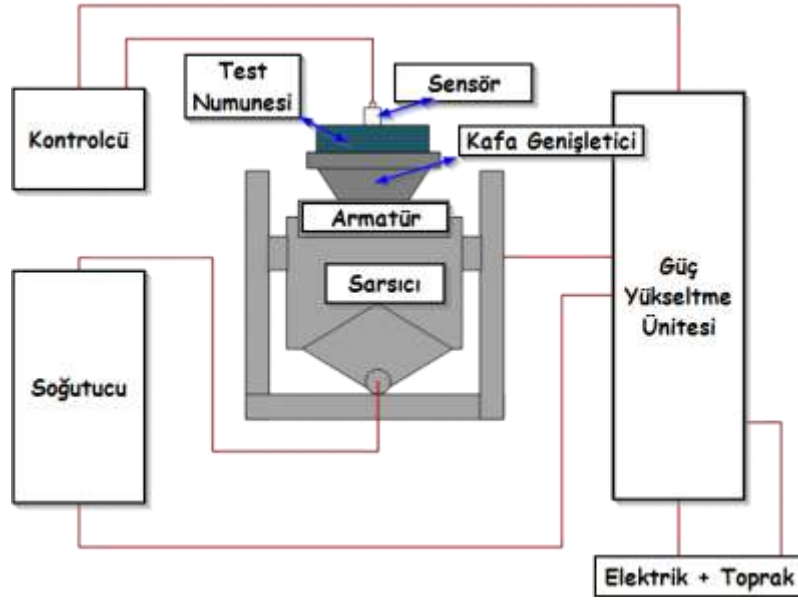
Otomotiv endüstrisinde parçaların maruz kaldığı titreşimler genellikle 1000 Hz' in altındadır. Bu nedenle otomotiv endüstrisinde parçaların maruz kalacağı etkilere göre genellikle 1000 Hz' in altında test yapılması önerilmektedir.

Titreşim testleri elektrodinamik sarsıcılar kullanılarak gerçekleştirilir (Şekil 2). Elektrodinamik sarsıcılar ile sinüs, rastgele, şok, rastgele sinüs, rastgele rastgele ve diğer karmaşık dalga formlarını ve gerçek dünya koşullarından toplanan verilerin aynısını üretecek şekilde birçok farklı test gerçekleştirebilir. Elektrodinamik sarsıcılar, kataloglarında yer alan teorik verilere göre 3000 Hz' e kadar geniş bir frekans aralığında çalışırlar.

Titreşim fikstürleri, titreşime maruz kalan parçaların titreşim analizlerini yapmak için ilgili parçaların dinamik sarsıcıya bağlanmasını sağlayan ara parçalardır. Titreşim fikstürleri ise iletilebilirlik ve çapraz eksen yanıtı gibi ilave özelliklere sahip olmalıdır.

Titreşim fikstürleri, sarsıcı tarafından uygulanacak yük altında şekil değişikliğine uğramaması ve kuvveti yüksek doğrulukla aktarabilmesi için mümkün olduğu kadar rijit olmalıdır. Çıkış büyüklüğünün giriş büyüklüğüne oranı olarak ifade edilen bu özelliğe iletilebilirlik denir. İletilebilirlik seviyesinin test edilecek frekans aralığında 1.00 olması amaçlanmaktadır. İletilebilirlik seviyesi 1.00' in altında ise fikstür aşırı sönümlü ve sarsıcı tarafından uygulanan kuvveti daha düşük seviyelerde iletiyor demektir. 1.00' dan yüksek iletilebilirlik seviyesi ise fikstürün rezonans etkisi altına girmiş olduğu ve uygulanmak istenilen ivme değerinin çok daha fazlasının test numunesine iletildiği anlamına gelmektedir. İdeal olarak, dinamik test fikstürü, sarsıcı tabladan numuneye kadar olan hareketi tüm genlik ve frekanslarda sıfır bozulma ile iletmelidir. Bu nedenle, fikstür tasarımında en önemli faktör, fikstür ilk doğal frekansının test yapılması istenilen frekans aralığının üzerinde olmasıdır. Ancak, ağırlık ve maliyet faktörleri bazen tasarım değişikliklerinin yapılmasını gerektirmektedir. Ağırlık, bir sarsıcının aynı kuvvete karşılık üretebileceği ivme

kapasitesini etkileyeceği için test isterleri ve sarsıcı özelliklerine göre hesaplamalar yapılarak fikstür için ağırlık limitleri dikkate alınmalıdır.



Şekil 2. Elektrodinamik Sarsıcı Şematik Gösterimi

Elektrodinamik titreşim sistemlerinde hareketli kısım olan armatür, bir yöne hareket edecek şekilde tasarlanır ve bir süspansiyon sistemi tarafından merkezi konumda tutulur (Şekil 2). Bu sistem, titreşim eksenine dik açılarda yüksek rijitliğe sahip olacak şekilde tasarlandığından armatür üzerine yüksek seviyede dönme momentleri uygulanırsa yataklama ve hizalama parçaları tehlikeye girer. Bu durum çapraz eksen yanıtı olarak tanımlanır. Titreşim sırasında uygulanan bu çapraz eksen kuvveti, rulmanlara ve armatürlere zarar vermeyecek şekilde düşük tutulmalıdır. Bunun için de fikstürlerin hafif ve rijit olarak tasarlanması, istenmeyen çapraz eksen kuvvetlerini önlemeye yardımcı olmaktadır. Test edilecek numune ve fikstürün ağırlık merkezi tam olarak hesaplanmalı, armatür veya kayar tablaya sağlam ve ağırlık merkezi hareketli sistemin merkez noktasına denk gelecek şekilde bağlanmalıdır.

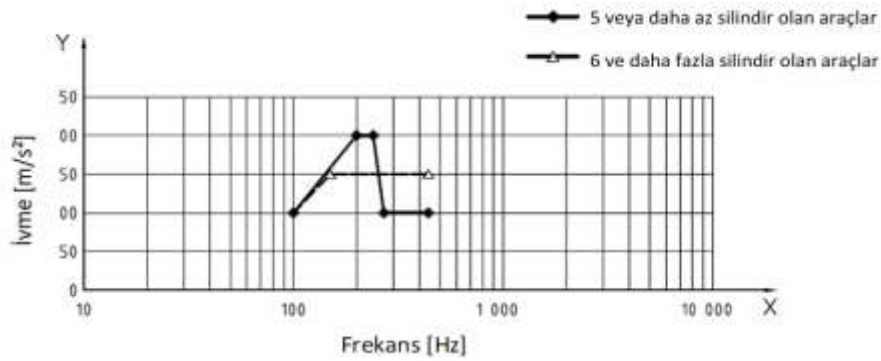
4. Geri Görüş Aynası için Fikstür Tasarımı

Otomobillerde geri görüş aynasında görüntü netliğinin sağlanması sürüş güvenliği açısından son derece önemlidir. Araçların yan dikiz aynaları ve iç dikiz aynası üzerine gelen titreşimler, ayna yüzeyine yansıyan görüntünün net olarak görülmemesine neden olmaktadır (Şekil 3).

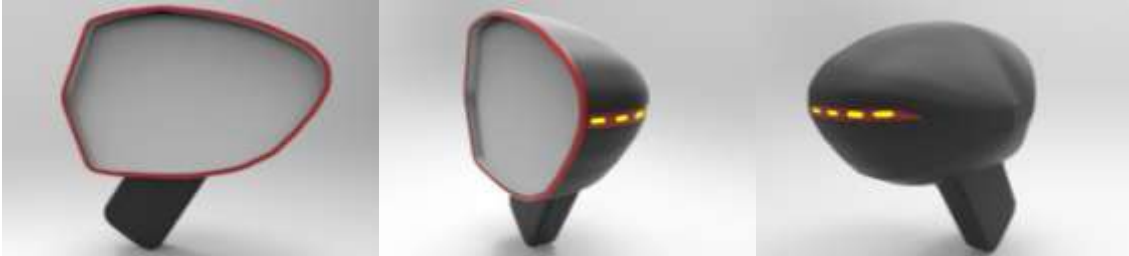
Bu çalışmada karayolu araçlarının elektrik ve elektronik ekipmanlarının titreşim testleri için oluşturulmuş ISO 16750-3 standardında yer alan test profilleri temel alınmıştır. ISO 16750-3 standardına göre uygulanması gereken titreşim profilleri Şekil 4’ de verilmiştir. Test numunesi olarak bir otomobilin elektrikli yan geri görüş aynası belirlenmiştir. Yan dikiz aynası hem yoldan gelen, hem de araç seyir halinde iken aerodinamik kuvvetler sonucu oluşan farklı titreşimlere maruz kalmaktadır. Bu titreşimler yan geri görüş aynası üzerinde kalıcı hasarlar oluşturabilmektedir. Ayrıca ayna içerisinde bulunan elektronik bileşenlerin maruz kaldığı titreşim seviyelerinde sorunsuz olarak çalışmaya devam etmesi gerekmektedir. Ele alınan test numunesinin farklı açılardan görüntüleri Şekil 5’ te gösterilmiştir.



Şekil 3. Titreşimsiz ve titreşimli araç içi dikiz aynası

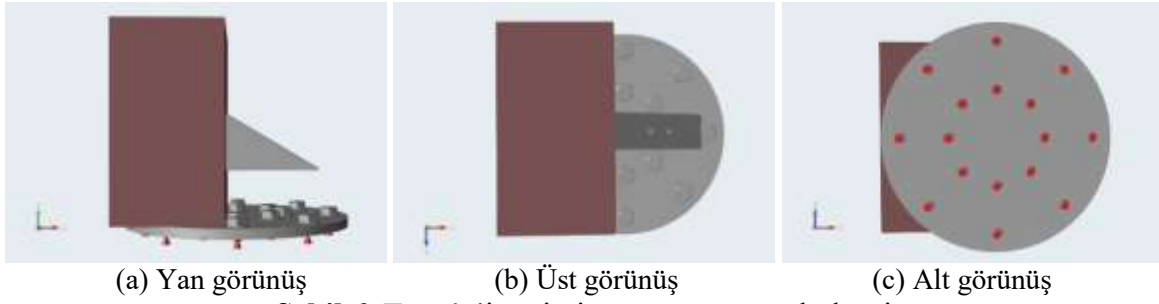


Şekil 4. ISO 16750-3 sinüs titreşim profili



Şekil 5. Örnek test numunesi

Ele alınan yan geri görüş aynasını elektrodinamik sarsıcıya bağlayacak olan titreşim fikstürü için aynanın araçtaki bağlantı şekli dikkate alınarak Şekil 6' da gösterildiği gibi bir tasarım öngörülmüştür. Bu amaçla aynanın araçtaki bağlantı konumu dikkate alınarak yön tayinleri yapılmış, aynanın gerçek konumunu yansıtacak şekilde bağlantı noktaları ölçülerek fikstüre bağlantısının iki adet civata ile yapılması planlanmıştır. Bu ölçülere göre aynanın bağlanacağı yüzey ve test işleminin yapılacağı sarsıcı sistem ile arasındaki bağlantının yapılacağı bir taban tasarımı oluşturulmuştur. Bu tasarım topoloji optimizasyonu için başlangıç tasarımıdır. Topoloji optimizasyonu ile sınır koşullarına göre malzeme tasarım alanı optimize edilerek malzeme miktarını azaltacak şekilde fikstür tasarımı oluşturulacaktır [16].



Şekil 6. Topoloji optimizasyonu tasarım bölgesi

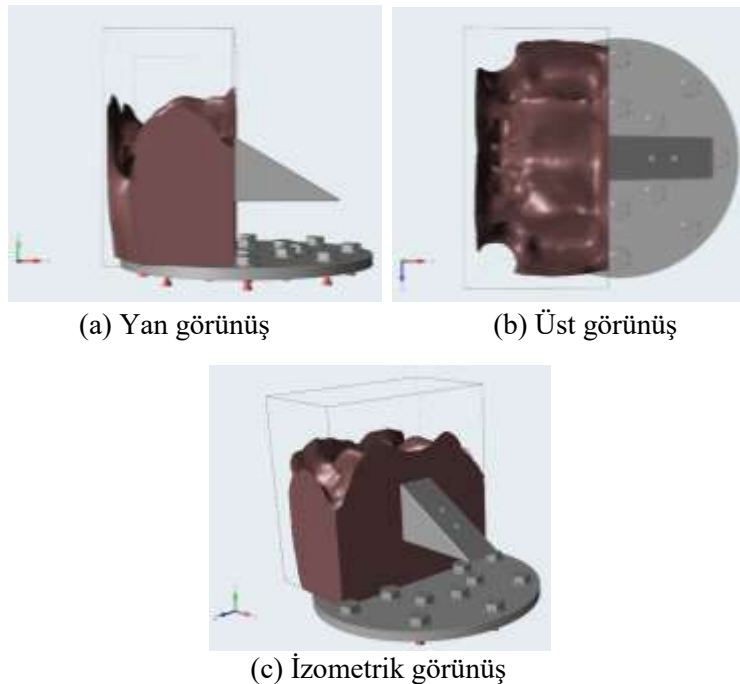
5. Araştırma Sonuçları

5.1. Topoloji Optimizasyonu ve Modal Analiz

Öngörülen tasarımda (Şekil 6) duvar plakası olarak yer alan parça 250x110x200 mm ölçülerinde bütün bir blok şeklinde ele alınmıştır. Fikstürün titreşim testi esnasında istenilen özellikleri sağlaması için duvar plakası uygun optimizasyon parametreleri seçilerek optimize edilmiştir. Altair Inspire yazılımı topoloji optimizasyonu arayüzü kullanılarak duvar plakasının hafifletilmesi ve yüksek frekans bölgesinde kalması amaçlanmıştır.

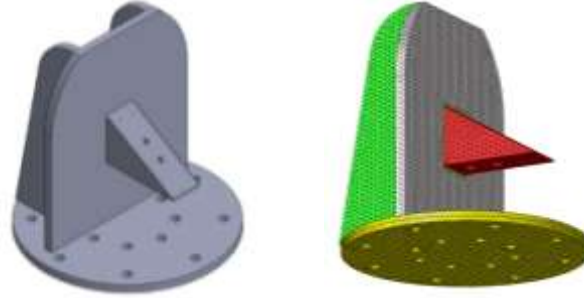
Altair Inspire yapısal analiz, topoloji optimizasyonu ve dinamik hareket simülasyon çözümü ile ürün verimliliğini, gücünü ve üretilebilirliğini artırmak için simülasyon odaklı tasarım sağlayarak konsept geliştiren bir yazılımdır. Düşük maliyet, kısa geliştirme süresi, az malzeme tüketimi ve ürün ağırlığının azaltılmasını sağlar. Topoloji optimizasyonu arayüzü ile 2D ve 3D parça veya montajlarda gereksiz malzemeyi tasarım alanlarından çıkararak, modele uygulanan kuvvetlere dayanabilecek en hafif yapıyı yaratarak optimize edilmiş bir malzeme dağılımı oluşturur. Bu çalışmada Altair Inspire yazılımı Topoloji Optimizasyonu arayüzü kullanılarak maksimum frekans için optimizasyon parametresi seçilmiştir.

Topoloji optimizasyonu için duvar plakası tasarım bölgesi olarak seçilmiş, fikstür-sarsıcı bağlantı taban plakası ve test numunesi bağlantı parçası sarsıcı ve test parçasına göre değişkenlik gösterdiği için tasarım bölgesi dışında (non-design) bırakılmıştır. Şekil 7' de sırayla topoloji optimizasyonu yan, üst ve izometrik görünüş sonuçları verilmiştir.



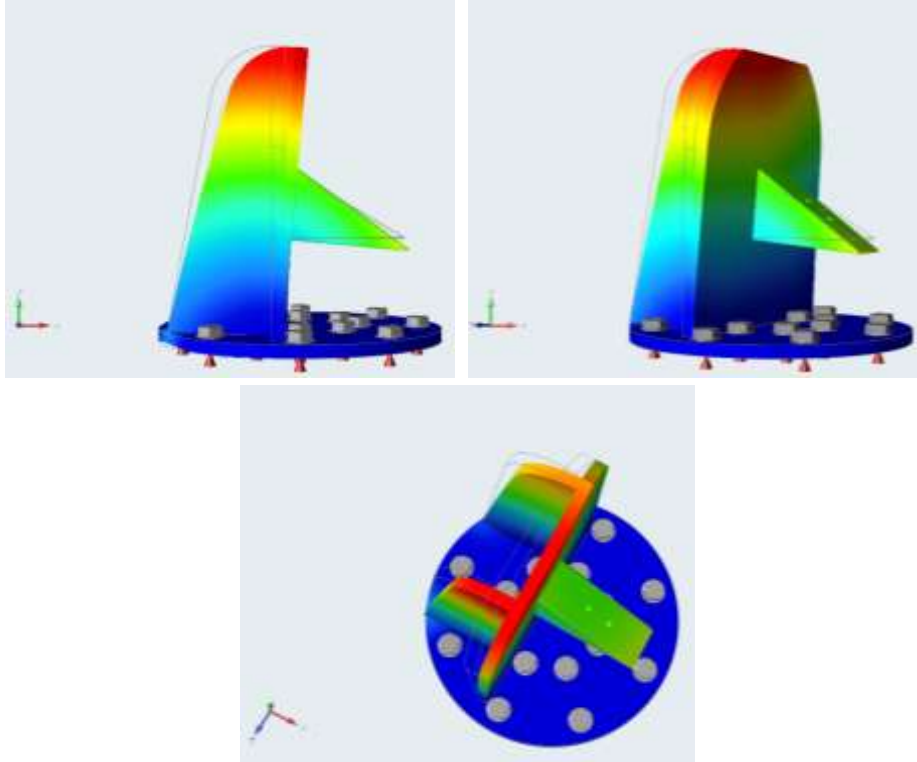
Şekil 7. Topoloji optimizasyonu sonuçları

Topoloji optimizasyon sonucu duvar plakasında kütle çıkartılması gereken yerler belirlenmiş, gerekli yerlere radyüs verilmiş, plakanın arka kısmı ile taban bağlantı plakası arasında direngenlik sağlayacak atkılar eklenmiş ve sonuç olarak fikstürün dinamik sarsıcıya bağlantısı da dikkate alınarak fikstür tasarımı Şekil 8’ deki gibi oluşturulmuştur. Tasarımda arka plaka ve atkı plakalarının kalınlıkları 15 mm ve sarsıcı taban bağlantı plakası kalınlığı ise 10 mm olarak belirlenmiştir. Tüm parçaların malzemesi AISI 1040 çelik olarak seçilmiştir. Altair Inspire programı yardımıyla, topoloji optimizasyonu ve fikstürün sarsıcıya bağlantı durumu dikkate alınarak oluşturulan tasarım modeli modal analize tabi tutulmuş ve fikstürün doğal frekansı ve en yüksek deplasman bölgeleri belirlenmiş, tasarımın uygunluğu değerlendirilmiştir.



Şekil 8. Fikstür katı modeli

Şekil 9’ da tasarlanan titreşim fikstürü için modal analiz simülasyon sonuçları ve Şekil 10’ da ise modal analiz frekans ve yer değiştirme sonuçları verilmiştir. Şekil 10’ dan görüldüğü gibi fikstürün ilk doğal frekansı yaklaşık olarak 1004 Hz seviyesine ulaşmıştır. Birçok otomotiv titreşim test isteri üst frekans limiti yaklaşık 1000 Hz olduğundan bu değer uygun olarak değerlendirilmiştir.

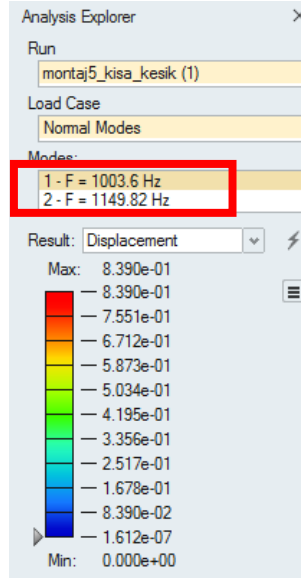


Şekil 9. Modal analiz sonuçları

5.2. Titreşim Fikstürü İletilebilirlik Analizi

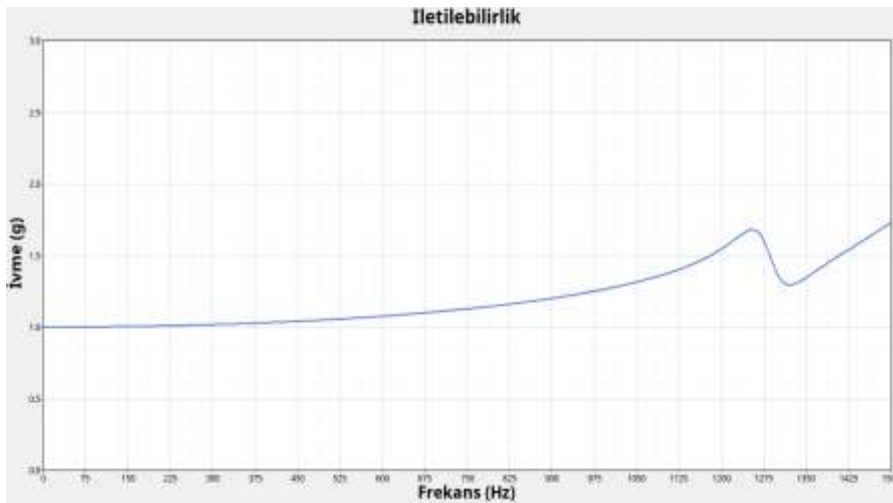
5.2.1. Benzetim Sonuçları

Topoloji optimizasyonu ve modal analiz yöntemi ile uygunluğuna karar verilen fikstür tasarımının (Şekil 8) iletilebilirlik seviyesinin tespiti için iletilebilirlik simülasyonu çalışması yapılmıştır (Şekil 11). Bu çalışmada fikstürün tabanından 1g seviyesinde 0-1500 Hz frekans aralığında ivme giriş sinyali uygulanmış ve yan geri görüş aynasının bağlanacağı parça üzerinden ivme çıkış sinyali elde edilmiştir. Çıkan sonuca göre fikstürün yaklaşık 750 Hz ve üzerindeki frekans değerlerinde çıkış ve giriş sinyali genlik oranının 1.0' in üzerine çıktığı belirlenmiştir.



Şekil 10. Titreşim fikstürü modal analiz sonuçları ve deplasman değerleri

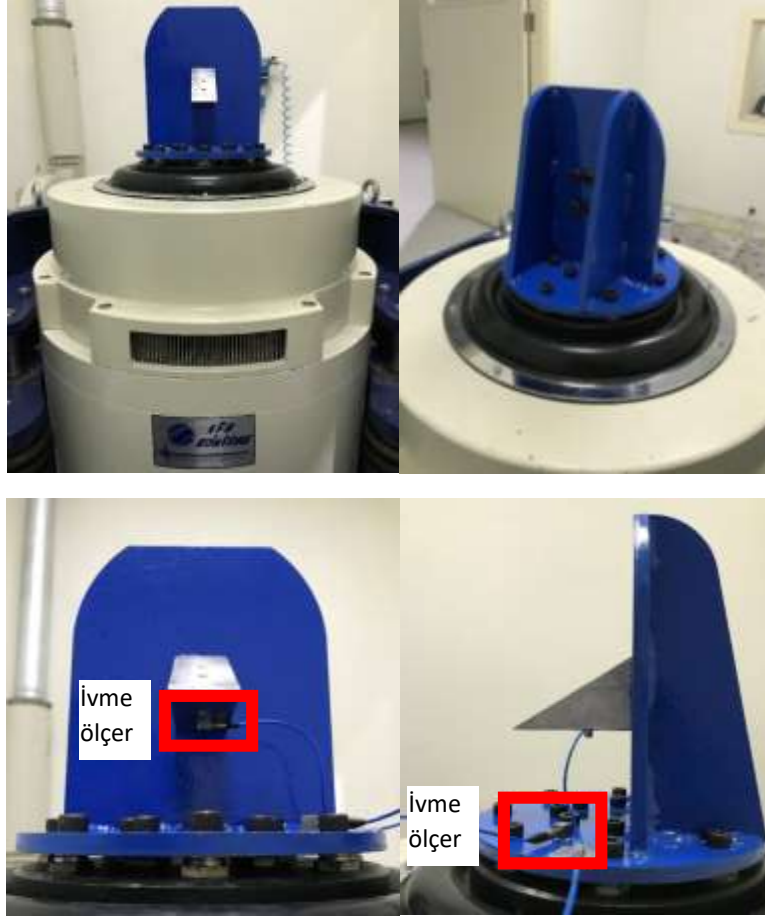
Genel bir kullanım önerisi olarak 1.2 değerine kadar iletilebilirlik seviyesi kabul görmektedir [11]. Simülasyon sonucu yaklaşık 900 Hz frekans bandında 1.2 değerine ulaşmakta ve modal analizde belirlenen doğal frekansa yakın bir değer olan yaklaşık 1250 Hz frekans değerinde genlik oranı maksimum olmaktadır. Bu değerlere göre tasarlanan fikstürün titreşim testi için uygun olacağına karar verilmiştir.



Şekil 11. Fikstür tasarımı iletilebilirlik simülasyonu

5.2.2. Deneysel Sonuçlar

Tasarımı yapılan fikstürün üretilerek sarsıcı üzerine 16 adet M10 cıvata ile montajı gerçekleştirilmiştir (Şekil 12). Titreşim fikstürü, sarsıcı üzerine montajlandıktan sonra kullanılacak ivmeölçerler yapıştırma yöntemiyle monte edilmiştir. Test edilecek araç yan geri görüş aynasının bağlantı noktasına ağırlık etkisini azaltmak adına minyatür ICP (entegre devre piezoelektrik) tipi ivmeölçer montajı gerçekleştirilmiştir. Sarsıcı kontrolü için kullanılan PCB Piezotronics 333B32 model ICP tipi ivmeölçerin montajı fikstür tabanına yapılmıştır.



Şekil 12. Titreşim fikstürünün sarsıcı üzerine montajı



Şekil 13. Titreşim fikstürü sinüs tarama iletilebilirlik testi

Sarsıcı kontrolcü sistemi Sine Test arayüzünde 5-1200 Hz frekans aralığında 1 oktav/dakika süpürme hızı girilerek üretimi gerçekleştirilen titreşim fikstürünün iletilebilirlik değerleri test edilmiştir (Şekil 13). Yapılan test sonucunda 1.2 değerindeki iletilebilirlik seviyesinin üzerine yaklaşık 650 Hz değerinde çıkılmış ve yaklaşık 943 Hz frekans bandında fikstürün iletilebilirlik seviyesinin maksimum noktaya ulaştığı tespit edilmiştir. Bu değer simülasyon sonucu elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında yaklaşık %25 bir sapma bulunduğu ve bu sapmanın makul olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada tasarımı yapılan fikstür otomobil geri görüş aynasının titreşim testleri için uygun bulunmuştur.

6. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada otomobil yan geri görüş aynası için topoloji optimizasyonu ve modal analiz yardımıyla titreşim fikstürü tasarımı gerçekleştirilmiştir. Topoloji optimizasyonu ve modal analiz simülasyon çalışmaları sonucunda elde edilen tasarımın üretimi gerçekleştirilmiş ve elektrodinamik sarsıcı üzerinde rezonans tarama testine tabi tutulmuştur. Simülasyon ve deneysel sonuçlar karşılaştırıldığında iletilebilirlik testinde yaklaşık %25' lik bir sapma tespit edilmiştir. Yapılan simülasyon ve test çalışması sonuçları arasında bir korelasyon oluşturularak ileride gerçekleştirilecek fikstür tasarım çalışmalarında birbirine çok daha yakın sonuçlar elde edilebileceği ve simülasyon sonuçlarının gerçek değerleri yansıtacağı ortaya konmuştur.

Teşekkür

Çalışmadaki katkılarından dolayı DTA Mühendislik firmasına teşekkürlerimizi sunarız.

Yazarların Katkıları

KYY makaledeki analiz ve deney çalışmalarını ZKK danışmanlığında yürüttü. ZKK makale yazımını yaptı. Her iki yazar da makalenin son halini okudu ve onayladı.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

- [1]. Wong, C. L., Schueneman, H. H., Comparing Sine vs. Random Vibration Excitation of Different Spring-Mass Models, WESTPAK, INC, 1997. www.westpak.com
- [2]. Aggarwal, P.K., Dynamic (Vibration) Testing: Design-Certification of Aerospace System, Structural Technology Experimental Techniques for Structural Mechanics, 2010, file:///C:/Users/CASPER/Downloads/20110002782.pdf.
- [3]. Sarafin, T., Doukas, P., Demchak, L., Browning, M., Vibration Testing of Small Satellites, Test Configuration, Fixtures, and Instrumentation, 2017, https://www.instarengineering.com/pdf/Instar_Vibration_Testing_of_Small_Satellites_Part_2.pdf.
- [4]. Poncelet, F., Marin, F., Fleury, C., Golinval, J.C., Optimal Design of Fixtures for Vibration Testing of Structures on Electro-Dynamic Shaker, Twelfth International Congress on Sound and Vibration, Lisbon, 2005, 1-8.
- [5]. Raut, S.S., Madgulkar, N.A., Sathe, S.A., Wadkar, S.P., Sathe, T., Study of Vibration Fixtures, International Journal of Current Engineering and Technology, 2017, 7: 75-77.
- [6]. Barros, E., Souto, C. A., Evaluation of a Vibration Text Fixture, International Journal of Acoustics and Vibration, 2017, 22 (3): 348-252.

- [7]. Borhade, R.B., Parate, B.A., Korade, D.N., Structural Design Consideration and Performance Evaluation of Vibration Fixture for Power Cartridge Applications, *International Engineering Research*, 2016, 6: 562-567.
- [8]. Sowjanya, G.P., Rao, P.D., Kiran, C.U., Finite Element Analysis of Vibration Fixture Made of Aluminum and Magnesium Alloys, *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 2013, 2 (1): 84-89.
- [9]. Nalluri, R.K., Dhekane, A.S., Finite Element Analysis of Different Cube Type Vibration Fixture Made of Aluminum Alloys, *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2014, 3 (7): 245-249.
- [10]. Reddy, A., Harsh, H. K., Petunias, S., Design and Development of Vibration Testing Fixtures, *International Journal of Students' Research In Technology & Management*, 2016, 4 (1): 8-11.
- [11]. Yenilmez, K. Y. Otomotiv Bileşenlerinin Titreşim Ömür Testleri için Fikstür Tasarımı ve Analizi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2020.
- [12]. Luo, H., Yu, C., Wu, T., Wang, H., Structure Design and Dynamic Characteristic Analysis of Vibration Fixture, *Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, Changchun, China, 2018, 1515-1519.
- [13]. Lin, X., Li, J., Wang, Y., Design of the Test Fixture for High Speed Connectors, *The 2019 6th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI 2019)*, Shanghai, China, 2019, 921-926.
- [14]. Manafi, D., Nategh, M., J., Integrating the setup planning with fixture design practice by concurrent consideration of machining and fixture design principles, *International Journal of Production Research*, 2021, 59 (9): 2647-2666.
- [15]. Li, H., Tang, J., Li, Y. Structural Design and Characteristic Research of Product Vibration Test Fixture Based on High Frequency Response Characteristics, *2nd World Conference on Mechanical Engineering and Intelligent Manufacturing (WCMEIM)*, Shanghai, China, 2019, 219-223.
- [16]. Doğru, M. H. Topology Optimization of Truck Chassis Under Multi Loading Conditions, *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2019, 6 (3): 856-867.