

PIEZOELEKTRİK YAMALARIN AKILLI BİR KİRİŞİN TİTREŞİM ÖZELLİKLERİNİN BULUNMASINDA ALGILAYICI OLARAK KULLANILMASI

Uğur Arıdoğan^(a), Melin Şahin^(b), Volkan Nalbantoğlu^(c), Yavuz Yaman^(d)

^(a) HAVELSAN A.Ş., Ankara, maridogan@havelsan.com.tr

^(b) Havacılık ve Uzay Müh. Böl. ODTÜ, Ankara, msahin@metu.edu.tr

^(c) MGEO, ASELSAN A.Ş., Ankara, vnalbant@mgco.aselsan.com.tr

^(d) Havacılık ve Uzay Müh. Böl. ODTÜ, Ankara, yyaman@metu.edu.tr

ABSTRACT

In this study, vibration characteristics of a smart beam are investigated by using piezoelectric patches as sensors. Smart beam is excited by either impact hammer or piezoelectric patch and the frequency response of the system to these excitations are obtained from a piezoelectric patch used as sensor. The effect of the location of the piezoelectric sensor on frequency response of the system is also presented by choosing different piezoelectric patches along the smart beam. In order to investigate the performance of the piezoelectric patch in sensing, all results are then compared to those obtained from theory, single-axis accelerometer and laser displacement sensor.

ÖZET

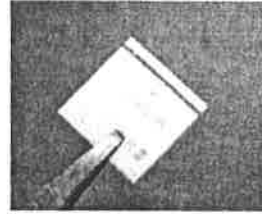
Bu çalışmada, akıllı bir kirişin titreşim özelliklerinin piezoelektrik yamaların algılayıcı olarak kullanılmasıyla elde edilmesi incelenmiştir. Akıllı kiriş, darbe çekici veya piezoelektrik yama ile uyarılmış ve sistemin frekans cevapları algılayıcı olarak kullanılan piezoelektrik yama yardımıyla elde edilmiştir. Piezoelektrik algılayıcıların yerinin sistemin frekans cevapları üzerindeki etkisi ise akıllı kiriş üzerinde farklı piezoelektrik yama seçimi ile incelenmiştir. Sonuçlar piezoelektrik yamanın algılayıcı performansını test etmek amacıyla teorik, tek eksenli bir ivmeölçer ve lazer yardımıyla yer değiştirme ölçüm cihazından elde edilen veriler ile de karşılaştırılmıştır.

1. Giriş

Akıllı kiriş olarak tanımlanmış yapı (Şekil 1), 8 adet $25 \times 20 \times 0.5$ mm boyutlarında Sensortech-BM500 tipi PZT (Lead-Zirconate-Titanate) yamanın (Şekil 2) $490 \times 51 \times 2$ mm boyutlarındaki bir alüminyum kirişin üzerine dörder adet ve simetrik olarak yapıştırılmasıyla oluşturulmuştur. Piezoelektrik yamalar ayrıca bulundukları yüzeylere (A ve B, arkalı önlü) ve konumlarına göre (1, 2, 3 ve 4) olarak da adlandırılmıştır (Şekil 3).



Şekil 1. Akıllı Kiriş

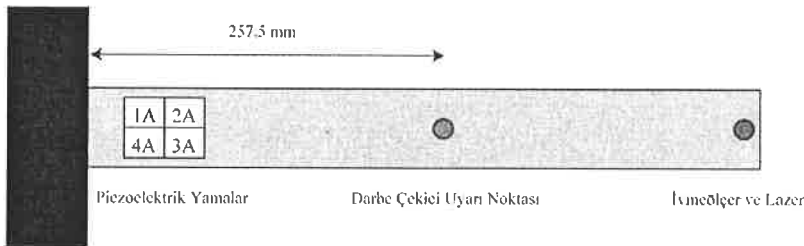


Şekil 2. BM500 Tipi PZT Yama

Piezoelektrik malzemeler elektriksel alana maruz bırakıldığında boyutlarında değişiklik meydana gelmekte ve bu elektromekanik etki piezoelektrik malzemelerin uyarıcı olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Piezoelektrik yamalar boyutsal şekil değişikliklerine zorlandıklarında elektrik sinyali de üretirler. Piezoelektrik yamaların mekanoelektrik etkileri bu malzemelerin algılayıcı olarak da kullanılmasına olanak vermektedir [1]. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümünde yapılan daha önceki çalışmalarda piezoelektrik yamalar uyarıcı, uzama ölçerler ve lazer yardımıyla yer değiştirme ölçüm cihazı da algılayıcı olarak kullanılmıştır. Adı geçen bu çalışmalarda ayrıca, tasarlanmış farklı kontrolcüler kullanılarak kiriş benzeri yapıların serbest ve zorlanmış titreşimlerinin aktif olarak sönümlenmesi de incelenmiştir [2,3].

2. Akıllı Kirişin Frekans Cevabının Elde Edilmesi

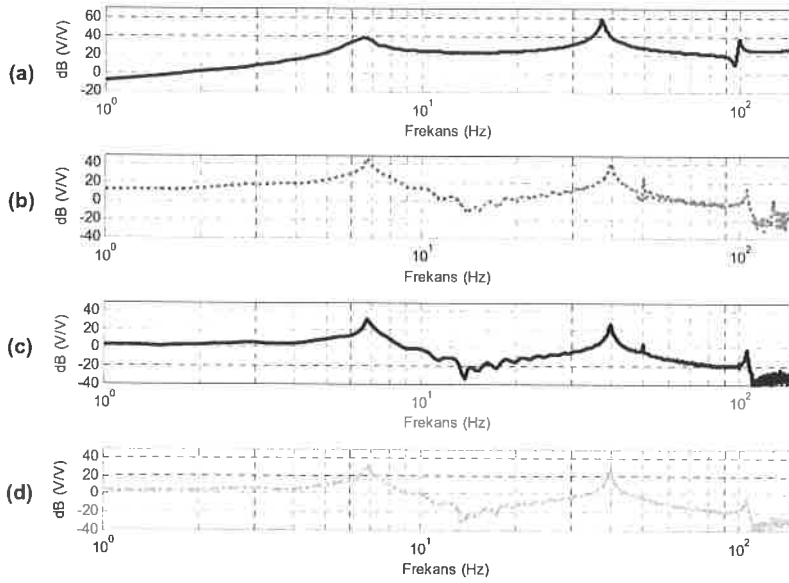
Bu çalışmanın ilk bölümünde akıllı kiriş, Brüel & Kjær 8206 Darbe Çekici veya piezoelektrik yama kullanılarak uyarılmış ve sistemin frekans cevapları piezoelektrik yama yardımıyla elde edilmiştir. Sonuçlar piezoelektrik yamanın algılayıcı performansını test etmek amacıyla teorik [4], tek eksenli bir ivmeölçer (Brüel & Kjær 4508B modeli) ve lazer yardımıyla yer değiştirme ölçüm cihazından (Keyence LB-301) elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 3. Akıllı Kirişin A Yüzeyinin Görünümü

2.1 Darbe Çekicinin Uyarıcı Olarak Kullanılması

Yapı öncelikle, Şekil 3'te gösterilmiş olan noktadan darbe çekici kullanılarak uyarılmış, kirişin serbest olan ucuna yerleştirilmiş tek eksenli bir ivmeölçer yardımıyla ivme ölçümleri yapılmış ve Brüel & Kjør 3560-5 PULSE platformu kullanılarak sistemin frekans cevapları elde edilmiştir. Daha sonra sistem aynı noktadan tekrar uyarılmış, lazer yardımıyla yer değiştirme ölçüm cihazı kullanılarak serbest ucun yer değiştirme ölçümleri yapılmış ve sistemin frekans cevapları elde edilmiştir. Son olarak darbe çekici testlerinde sistemin frekans cevabı, 1B ve 4A olarak tanımlanmış iki piezoelektrik yamanın algılayıcı olarak kullanılmasıyla elde edilmiştir. Darbe çekici kullanılarak elde edilen bütün frekans cevapları Şekil 4'te gösterilmiştir.

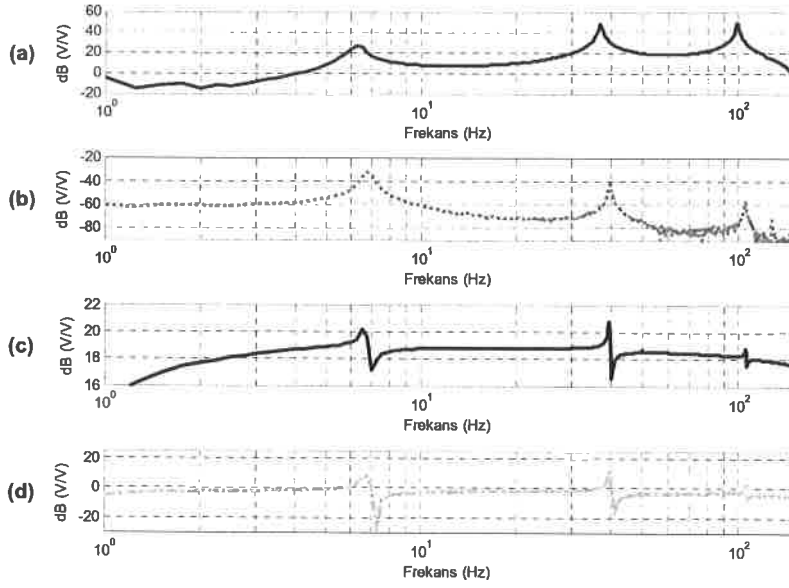


Şekil 4. Darbe Çekici Kullanılan Testlerden Elde Edilen Frekans Cevapları

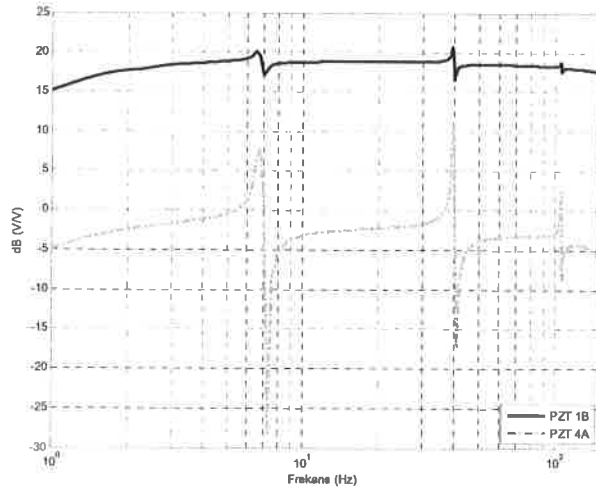
Algılayıcı: (a) B&K 4508B İvmeölçer (b) Keyence LB-301 Lazer Yardımıyla Yer Değişimi Ölçüm Cihazı
(c) Piezoelektrik Yama 1B (d) Piezoelektrik Yama 4A

2.2 Piezoelektrik Yamanın Uyarıcı Olarak Kullanılması

Çalışmanın bu bölümünde akıllı kiriş, Şekil 3'te 1A olarak tanımlanmış ve uyarıcı olarak kullanılan piezoelektrik yama yardımıyla 2 Hz-152 Hz frekans aralığında ve sinüs dalgasıyla uyarılmıştır. Sistemin frekans cevapları yine ivmeölçer, lazer yardımıyla yer değiştirme ölçüm cihazı, 1B ve 4A olarak tanımlanmış iki ayrı piezoelektrik yamanın algılayıcı olarak kullanılmasıyla elde edilmiştir. Elde edilen frekans cevapları Şekil 5'te ve farklı piezoelektrik yama seçiminin sistemin frekans cevapları üzerindeki etkisi ise Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 5. Piezoelektrik Uyarıcı Kullanılan Testlerden Elde Edilen Frekans Cevapları
Algılayıcı: (a) B&K 4508B İvmeölçer (b) Keyence LB-301 Lazer Yardımıyla Yer Değişimi Ölçüm Cihazı
(c) Piezoelektrik Yama 1B (d) Piezoelektrik Yama 4A



Şekil 6. Piezoelektrik Uyarıcı Kullanılan Testlerden Elde Edilen Frekans Cevapları
Piezoelektrik Yama 1B ve 4A Karşılaştırması

3. Sonuçlar

Sistemin farklı algılayıcılar yardımıyla elde edilen frekans cevapları karşılaştırıldığında (Tablo 1 ve Tablo 2), ivmeölçerin kullanıldığı durumda bu algılayıcının ağırlığı sebebiyle sistemin rezonans frekanslarının teorik verilere göre daha düşük elde edildiği gözlenmiştir. Lazer yardımıyla yer değiştirme ölçüm cihazı ve piezoelektrik yamanın algılayıcı olarak kullanılması sonucunda elde edilen frekans cevaplarından bulunan rezonans frekanslarının aynı boyutlara sahip pasif giriş için hesaplanmış teorik verilere, ivmeölçerden elde edilenlere göre daha yakın olduğu ortaya çıkmıştır. Son olarak, iki ayrı piezoelektrik algılayıcı yamanın (1B ve 4A), uyarıcı yamaya (1A) göre konumunun frekans cevabı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Uyarıcının tam arkasında yer alan 1B algılayıcısından elde edilen frekans cevabı uyarıcının alt kısmında ve aynı yüzeyde yer alan 4A algılayıcısından elde edilen frekans cevabına göre rezonans frekanslarındaki genlik değerlerinde sıfır-kutup konumlarının iç içe geçmesi sebebiyle azalma göstermiştir.

Tablo 1. Akıllı Girişin Rezonans Frekans Karşılaştırması - Darbe Çekici ile uyarım

	Rezonans Frekanslar [Hz]				
	Teori	İvmeölçer	Lazer Yardımıyla Yer Değişimi Ölçüm Cihazı	PZT Yama 1B	PZT Yama 4A
1. Biçim Şekli	6.79	6.50	6.75	6.75	6.75
2. Biçim Şekli	42.55	37.00	39.50	39.50	39.50
3. Biçim Şekli	119.23	99.50	105.00	105.50	105.50

Tablo 2. Akıllı Girişin Rezonans Frekans Karşılaştırması - Piezoelektrik yama ile uyarım

	Rezonans Frekanslar [Hz]				
	Teori	İvmeölçer	Lazer Yardımıyla Yer Değişimi Ölçüm Cihazı	PZT Yama 1B	PZT Yama 4A
1. Biçim Şekli	6.79	6.25	6.75	6.50	6.75
2. Biçim Şekli	42.55	36.75	39.50	39.25	39.50
3. Biçim Şekli	119.23	99.00	105.00	105.30	105.50

Kaynaklar

- [1] Yang, J., "An Introduction to the Theory of Piezoelectricity. Vol. 9", New York: Springer, 2005.
- [2] Şahin, M., Karadal, F. M., Yaman, Y., Kırıcılı, O.F., Nalbantoğlu, V., Ülker, D.F., and Çalışkan, T., "Smart Structures and Their Applications on Active Vibration Control: Studies in the Department of Aerospace Engineering, METU", Journal of Electroceramics, 20(3-4): p. 167-174, 2008.
- [3] Kırıcılı, O.F., Yaman, Y., Nalbantoğlu, V., Şahin, M., Karadal, F. M., and Ülker, F. D., "Spatial Control of a Smart Beam", Journal of Electroceramics, 20(3-4): p. 175-185, 2008.
- [4] Blevins, R. D., "Formulas for Natural Frequency and Mode Shape", Litton Educational Publishing, Inc. , 1979.

