

SONLU ELEMENLAR METODU İLE KİRİŞLERİN MODAL ANALİZİ

Sadettin ORHAN

Makina Mühendisliği Bölümü
Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale

1. ÖZET

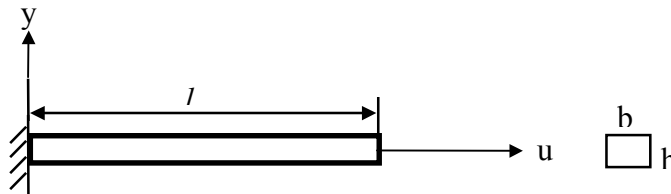
Mekanik sistemlerin özelliklerinin bilinmesi tasarımlar için büyük önem arz etmektedir. Sistem özelliklerinin en önemli göstergelerinden birisi modal analizdir. Kirişler tasarımlarda makine elemanı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Dolayısıyla daha güvenli bir tasarım için bu elemanların özellikleri iyi tespit edilmelidir. Bu çalışmada Alüminyum malzemeden yapılmış, farklı sınır şartlarında kiriş elemanlar ele alınmıştır. Sonlu eleman programı (ANSYS 5.0) ile kirişlerin doğal frekansları ve öz vektörleri bulunmuştur. Sonuçlar teorik hesaplarla da karşılaştırılmış ve iyi bir uyum olduğu görülmüştür.

2. GİRİŞ

Son yıllarda sonlu eleman paket programlarının yaygınlaşması ile beraber mühendislik tasarım ve analizleri oldukça kolaylaşmıştır. Sonlu eleman paket programları karmaşık şekilli katı elemanların dinamik uyarılara herhangi bir alıcı noktada verdikleri cevabın bilgisayarda incelenmesini mümkün kılmaktadır. Bu yolla deneme yanılma yerine bilgisayarda inceleme ile maliyet ve zaman bakımından büyük kazanımlar elde edilmektedir. ANSYS paket programı da geniş kullanım alanı bulmuştur. Bu program kullanılarak akustik modal analiz [1], zorlamalı titreşim analizi [2], tahribatsız vuruş testi analizi [3], kompozit femur protezi tasarımı [4], dişlilerde gerilme analizi [5] gibi çok değişik analizler yapılabilmektedir.

3. TEORİ

Bu makalede Euler-Bernoulli kiriş modeli ele alınmıştır. Ele alınan kiriş, parametrelerle beraber şekil-1'de görülmektedir.



Şekil-1 Ankastre kiriş modeli

u :boyuna yerdeğiştirmeyi , y :enine yerdeğiştirmeyi göstermek üzere ;

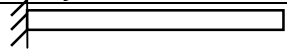
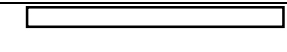
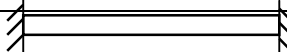
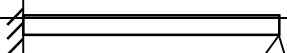
$$\text{Kirişlerin boyuna titreřimlerini veren diferansiyel denklem} \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{1}{c_b} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

ile;

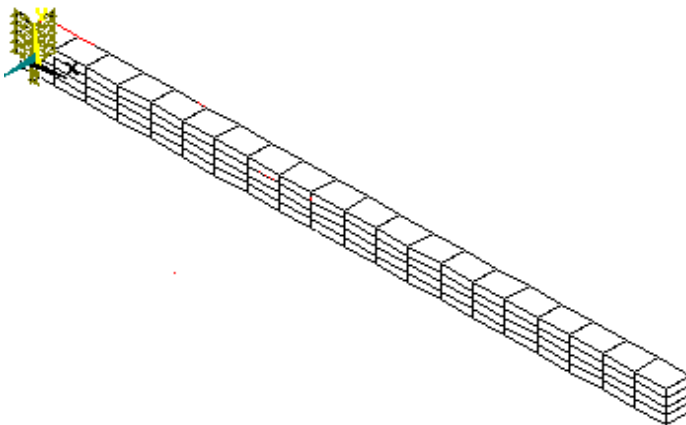
$$\text{Enine titreşim denklemini veren diferansiyel denklem ise} \quad \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{1}{c_e^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (2)$$

ile verilir. Burada $c_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$, $c_e = \sqrt{\frac{EI}{\rho A}}$ ile ifade edilirler. E , Çubuğun elastisite modülü, I alan atalet momenti, ρ malzemenin yoğunluğu, A kirişin kesit alanıdır. Değişik sınır şartlarındaki kirişlerin enine ve boyuna titreşimlerinin doğal frekanslarını veren ifadeler [6] çizelge 1’de verilmektedir.

Çizelge 1 Değişik sınır şartlarındaki kirişlerin enine ve boyuna titreşimleri için doğal frekanslar

Kiriş	Boyuna	Enine
	$\omega_n = \frac{(2n+1)}{2} \pi \frac{c}{l}$ $n=0,1,2,3,\dots$	$\omega_1 = (1.8751)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A l^4}}$; $\omega_2 = (4.694)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A l^4}}$
	$\omega_n = \frac{\pi n c}{l}$	$\omega_1 = (4.73)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A l^4}}$; $\omega_2 = (7.8532)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A l^4}}$
	$\omega_n = \frac{\pi n c}{l}$	$\omega_1 = (4.73)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A l^4}}$; $\omega_2 = (7.8532)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A l^4}}$
		$\omega_1 = (3.9266)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A l^4}}$; $\omega_2 = (7.068583)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A l^4}}$

4. SONLU ELEMAN PROGRAMI İLE ANALİZ



```

ANSYS 5.0 A
AUG 1 1994
10:38:52
ELEMENTS
TYPE NUM
U
ROT
XU =1
YU =1
ZU =1
DIST=0.161009
XF =0.2
YF =0.01
CENTROID HIDDEN

```

Şekil-2 Ankastre Kiriřin Ansys’te modellenmiř hali

Değişik sınır şartlarındaki kirişler için aynı boyutlar alınmıştır. Bunlar;
 $l=0.4$ m
 $b=0.015$ m , $h=0.02$ m
 $E=70*10^9$ Pa, $\rho=2700$ kg/m³ (Alüminyum malzeme), $\eta=0.3$ (Poisson oranı)

Ele alınan kirişler shell 63 elemanı kullanılarak 80 meshe bölünmüştür. Kirişler değişik sınır şartlarında modellenmiştir.

5.SONUÇLAR

5.1. Doğal Frekanslar

Sonlu elemanlar programında değişik sınır şartlarındaki kirişlerin modellenip analiz edilmesi sonucu doğal frekanslar ve özvektörler elde edilmiştir. Boyuna titreşim frekansları çizelge-2'de, enine titreşim frekansları ise çizelge-3'de görülmektedir.

Çizelge 2 .Boyuna Titreşim frekansları (Hz)

	Teorik Sonuç	Ansys
Ankastre	3182.3	3187.7
	9547	9519.6
İki ucu Ankastre	6364.68	6389.6
	12729.37	12819
İki Ucu Serbest	6364.68	6371.2
	12729.37	12782

Çizelge 3.Enine Titreşim Frekansları (Hz)

	Teorik Sonuç	Ansys
Ankastre	102.81	102.9
	644.30	641.39
İki ucu Ankastre	654.227	651.74
	1803.43	1782.5
İki Ucu Serbest	654.22	650.89
	1803.43	1783.3
Ankastre,y- yönünde pimli	450.85	449.97
	1461.07	1450.1

5.2.Özvektörler

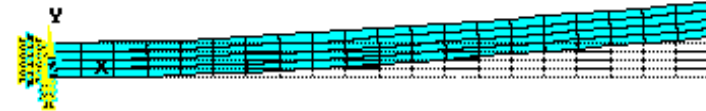
Bu bölümde değişik sınır şartlarındaki kirişlerin öz vektörleri görülmektedir. Renkli basım imkanı olmadığı için boyuna titreşim özvektörleri zor farkedilmektedir. Bunlar orjinal ve deforme olmuş durumlarından kesikli çizgiler sayesinde ayırt edilebilmektedirler.

5.2.1 Ankastre-serbest kiriş



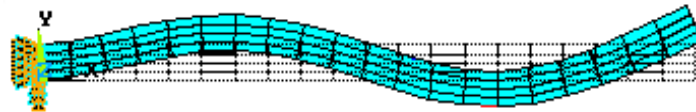
```
ANSYS 5.0 A
AUG 1 1994
11:08:49
DISPLACEMENT
STEP=1
SUB =9
FREQ=3188
RSYS=0
DMX =2.488
```

Şekil-3 Boyuna Titreşim (9. Mod)



```
ANSYS 5.0 A
AUG 1 1994
10:51:40
DISPLACEMENT
STEP=1
SUB =2
FREQ=102.901
RSYS=0
DMX =3.514
```

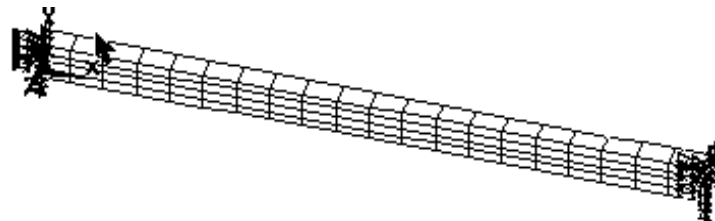
Şekil-4 Enine Titreşim (1. Mod)



```
ANSYS 5.0 A
AUG 1 1994
11:06:35
DISPLACEMENT
STEP=1
SUB =6
FREQ=1785
RSYS=0
DMX =3.538
```

Şekil-5 Enine Titreşim (3. Mod)

5.2.2 Ankastre-ankastre kiriş



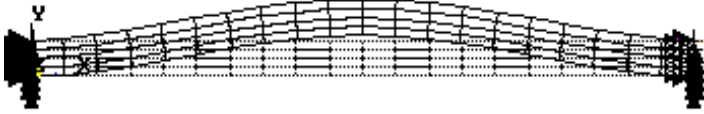
```
ANSYS 5.0 A
AUG 1 1994
11:17:54
ELEMENTS
TYPE NUM
U
ROT
```

Şekil-6 Ankastre-ankastre kiriş modeli



```
ANSYS 5.0 A
AUG 1 1994
11:35:47
DISPLACEMENT
STEP=1
SUB =10
FREQ=6390
RSYS=0
DMX =2.494
```

Şekil-7 Boyuna Titreşim (1. Mod)



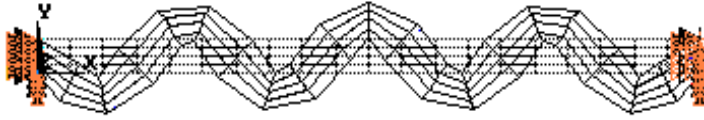
```
ANSYS 5.0 A
AUG 1 1994
11:31:34
DISPLACEMENT
STEP=1
SUB =2
FREQ=651.744
RSYS=0
DMX =2.793
```

Şekil-8 Enine Titreşim (1. Mod)



```
ANSYS 5.0 A
AUG 1 1994
11:34:55
DISPLACEMENT
STEP=1
SUB =6
FREQ=3464
RSYS=0
DMX =2.684
```

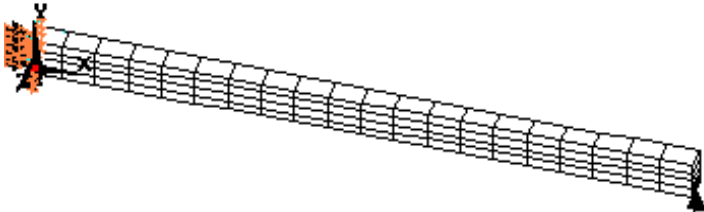
Şekil-9 Enine Titreşim (3. Mod)



```
ANSYS 5.0 A
AUG 1 1994
11:39:06
DISPLACEMENT
STEP=1
SUB =18
FREQ=15349
RSYS=0
DMX =2.824
```

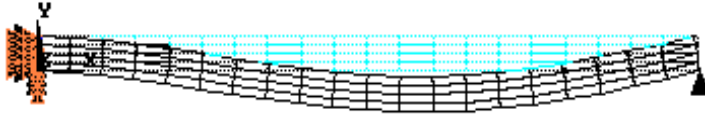
Şekil-10 Enine Titreşim (7. Mod)

5.2.3. Ankastre- pimli kiriş



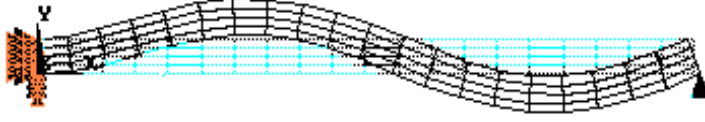
```
ANSYS 5.0 A
AUG 1 1994
11:43:44
ELEMENTS
TYPE NUM
U
ROT
```

Şekil-11 Ankastre-Pimli kiriş modeli



```
ANSYS 5.0 A
AUG 1 1994
11:48:32
DISPLACEMENT
STEP=1
SUB =2
FREQ=449.971
RSYS=0
DMX =2.648
```

Şekil-12 Enine Titreşim (1. Mod)



```
ANSYS 5.0 A
AUG 1 1994
11:49:04
DISPLACEMENT
STEP=1
SUB =5
FREQ=1450
RSYS=0
DMX =2.642
```

Şekil-13 Enine Titreşim (2. Mod)

6. DEĞERLENDİRME

Günümüzde sonlu eleman programları ile mühendislik problemleri çok hassas olarak analiz edilebilmektedir. Çok karmaşık şekilli elemanların şekilleri değişik çizim programlarında çizilip sonlu eleman programlarına aktararak analizleri kolayca yapılabilir. Deneme-yanılma yerine bilgisayar ekranındaki değişikliklerle analizler masrafsız olarak elde edilebilirler. Bu çalışma ile günümüzde iyice yaygınlaşan hazır, mühendislik tasarım paket programlarının, problemlerimizin çözümünde pratik olarak kullanılması açısından bir katkı sağlaması amaçlanmıştır.

7. KAYNAKÇA

1. Whear F.R. ve Morrey D., "A technique for experimental acoustic modal analysis", Proceedings Institution of Mechanical Engineers Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, Vol.210,143-151,1996
2. Karagülle, H. ve Orhan, S., "Effect of Flexibility on Trajectories of Manipulators", The Fourth International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, Singapore, pp.553-557,3-6 December, 1996
3. Arslan, H. ve Karagülle, H., "Tahribatsız vuruş testinin beton borularda sonlu elemanlar programı ile incelenmesi", 8. Ulusal Makine Teorisi Sempozyumu, Fırat Üniversitesi,Elazığ, sayfa 213-221,1997
4. Çayıroğlu, İ. ve Aslan, N., "Kompozit femur protezinin sonlu elemanlar tekniğiyle tasarımı", 7. Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi,ODTÜ,Ankara, sayfa 29-36, 11-13 Eylül,1996
5. Günay, D. ve Aydemir, A., "The effects of addendum modification coefficient on tooth stresses of spur gear", Mathematical & Computational Applications, vol.1, No.1, pp.36-43, 1996
6. Rao,S.S., Mechanical Vibrations, Addison-Wesley Publishing Company,Third edition, USA, 1995

