

**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK - ELEKTRONİK ANABİLİM DALI**

**ESNEK KOLLARDA TAHRİBATSIZ VURUŞ TESTİ
SİNYALLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Tez No: ELK. YL. 005

Tezi Hazırlayan

Murat LÜY

Tez Yöneticisi

Prof. Dr. Hira KARAGÜLLE

KIRIKKALE -1998

Fen Bilimleri Enstitüsünce Yüksek Lisans Tezi Olarak Uygun Bulunmuştur



Yüksek Lisans Derecesini Tamamlamak İçin Tezin Yeterli Olduğunu Onaylarım.

Y. İnanç
Yrd. Doç. Dr. Nihat İNANÇ
Anabilim Dalı Başkanı

Bu Tezi Okuduk. ve Bizim Açımızdan Tezin Kapsamı ve Kalitesi Yüksek Lisans Derecesini Tamamlamak İçin Yeterli ve Uygundur.

Yardımcı Danışman

Alihan Yılmaz
Danışman

Tez Jürisi Üyeleri

Prof. Dr. Hira KARAGÜLLE

Alihan Yılmaz

Yrd. Doç. Dr. Nihat İNANÇ

Y. İnanç

Yrd. Doç. Dr. Serapettin EREL

S. EREL

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
İÇİNDEKİLER	IV
TABLoların LİSTESİ	V
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	VI
TEŞEKKÜR	VIII
ÖZET	IX
SUMMARY	X
BÖLÜM 1	
1.GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	
2.DARBE VURUŞ TESTİNİN MEKANİĞİ	3
BÖLÜM 3	
3.VURUŞ NOKTASI DİRENGENLİKLERİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE BULUNMASI	6
BÖLÜM 4	
4.DENEYSEL ANALİZ	10
BÖLÜM 5	
5.SONUÇ	28
KAYNAKLAR	29
EK A	30

TABLULARIN LİSTESİ

TABLO	SAYFA
Tablo 1 Hasar derinliği $d=4\text{mm}$, darbe uygulama noktası $r=500\text{mm}$, alıcı nokta $H=250\text{mm}$ için, farklı mesafelerdeki hasarlarda ölçülen frekans ve genlik değerleri	26
Tablo 2 Hasar derinliği $d=4\text{mm}$, darbe uygulama noktası $r=375\text{mm}$, alıcı nokta $H=250\text{mm}$ için, farklı mesafelerdeki hasarlarda ölçülen frekans ve genlik değerleri	26
Tablo 3 Hasarın bulunduğu yer $a=375\text{mm}$, darbe uygulama noktası $r=500\text{mm}$, alıcı nokta $H=250\text{mm}$ için, farklı hasar büyüklüklerinde ölçülen frekans ve genlik değerleri	26
Tablo 4 Hasar derinliği $d=8\text{mm}$, darbe uygulama noktası $r=220\text{mm}$, alıcı nokta $H=400\text{mm}$ için, farklı mesafelerdeki hasarlarda ölçülen frekans ve genlik değerleri	26

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

ŞEKİL	SAYFA
Şekil 2.1 Vuruş testinde sisteme iletilen kuvvetin zamana bağlı davranışının incelenmesi için kullanılan model	3
Şekil 2.2 Kullanılan sistem modelinde a)kütlenin hızı, b)yayın yer değiştirmesi, c)sisteme iletilen kuvvetin zamana bağlı davranışı	3
Şekil 2.3 Hasarlı ve hasarsız kirişler için sisteme iletilen kuvvetin a)zamana bağlı davranışı, b)spektrumları ($k_s > k_b$)	4
Şekil 2.4 Genlik spektrumunda yüksek frekans bölgesindeki bağlı genlik seviyesinin hesaplanmasında kullanılan alanlar	5
Şekil 3.1 a)100 elemanla modellenmiş hasarsız kirişlerin b)145 elemanla modellenmiş hasarlı kiriş	6
Şekil 3.2 d büyüklüğünde oluşturulmuş olan yapay hasar ve kullanılan parametreler	7
Şekil 3.3 d=4 mm büyüklüğünde ve farklı noktalarda hasar bulunan kirişlerde, r=500mm vuruş noktasına uygulanan statik kuvvet ile aynı noktadaki statik yer değiştirme arasındaki ilişki	8
Şekil 3.4 d=4mm büyüklüğünde ve farklı noktalarda hasar bulunan kirişlerde, r=375mm vuruş noktasına uygulanan statik kuvvet ile aynı noktadaki statik yer değiştirme arasındaki ilişki	8
Şekil 3.5 Hasarın büyüklüğü ile vuruş noktası direngenliğinin değişimi.....	9
Şekil 4.1 İvme sinyali ölçme ve kaydetme deney düzeneği	10
Şekil 4.2 Hasarsız malzemede darbe sonucu oluşan titreşim sinyali.....	11
Şekil 4.3 Hasarsız malzemede darbe sonucu oluşan titreşim sinyali spektrumu	11

Şekil 4.4	d=4mm, H=250mm, r=500mm için, a=165mm, 335mm, 375mm, 415mm mesafede iken alınan titreşim sinyalleri	14
Şekil 4.5	d=4mm, H=250mm, r=500mm için, a=165mm, 335mm, 375mm, 415mm mesafede iken alınan ivme spektrumları	15
Şekil 4.6	d=4mm, H=250mm, r=500mm için, a=165mm, 335mm, 375mm, 415mm mesafede iken alınan ivme spektrumları (Logaritmik Skala)	16
Şekil 4.7	H=250mm, r=500mm a=375mm için, d=4mm, 8mm, 12mm mesafede iken alınan titreşim sinyalleri	17
Şekil 4.8	H=250mm, r=500mm a=375mm için, d=4mm, 8mm, 12mm mesafede iken alınan ivme spektrumları	18
Şekil 4.9	H=250mm, r=500mm a=375mm için, d=4mm, 8mm, 12mm mesafede iken alınan ivme spektrumları (Logaritmik Skala)	19
Şekil 4.10	d=4mm, H=250mm, r=375mm için, a=165mm, 335mm, 375mm, 415 mm mesafede iken alınan titreşim sinyalleri	20
Şekil 4.11	d=4mm, H=250mm, r=375mm için, a=165mm, 335mm, 375mm, 415mm mesafede iken alınan ivme spektrumları	21
Şekil 4.12	d=4mm, H=250mm, r=375mm için, a=165mm, 335mm, 375mm, 415mm mesafede iken alınan ivme spektrumları (Logaritmik Skala)	22
Şekil 4.13	H=400mm, r=220mm, d=6mm için, a=245mm, 285mm 315mm, 365mm mesafede iken alınan titreşim sinyalleri	23
Şekil 4.14	H=400mm, r=220mm d=6mm için, a=245mm, 285mm 315mm, 365mm mesafede iken alınan ivme spektrumları	24
Şekil 4.15	H=400mm, r=220mm d=6mm için, a=245mm, 285mm 315mm, 365mm mesafede iken alınan ivme spektrumları (Logaritmik Skala)	25

TEŞEKKÜR

Çalıőmam süresince desteğini ve değerli yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım değerli hocam Prof. Dr. Hira KARAGÜLLE Bey'e sonsuz saygı ve teőekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, esnek kollarda oluşmuş olan hasarlar hakkında darbe vuruş tekniği ile oluşturulan titreşim sinyallerini inceleyerek, hasar hakkında bilgi edinmektir. Çalışmada 29mm x 4mm kesitli, 500mm uzunlukta metal bir kiriş ele alınmıştır. Kirişe sabit bir yükseklikten metal bir bilye bırakılarak kirişte titreşimler oluşması sağlanmıştır. Titreşimler, kirişin üzerine monte edilmiş bir titreşim sensörü yardımı ile bilgisayara aktarılmıştır. Sensörden alınan titreşim sinyalleri düşük değerlerde olduğundan amplifikatör yardımı ile yükseltilmiştir. Amplifikatör çıkışındaki bilgi 12 bitlik bir ADC' de 100 KHz frekansında örneklenecek bilgisayara dijital bilgi olarak aktarılmıştır. Aynı özelliklere ve geometriye sahip diğer kirişlere farklı konum ve derinlikte çentikler açılarak yapay hasarlar oluşturulmuştur. Bilgisayara sağlam kirişten alınan sinyaller ile diğer hasarlı kirişlerden alınan sinyaller karşılaştırılmak üzere kaydedilmiştir. Hasarlı ve hasarsız kirişlerden alınan titreşim sinyalleri hem zaman uzayında hem de frekans uzayında karşılaştırılmıştır. Kirişlere açılmış olan yapay hasarların titreşim sinyallerine etkisi incelenmiştir. Zaman uzayında hasarlı ve hasarsız çubuklardan alınan titreşim sinyalleri arasındaki farkların genlik ve frekansının tesbiti zordur. Ancak, frekans uzayında elde edilen farklar bize hasarlar hakkında bilgi verebilecek niteliktedir. Öncelikle hasarın yeri değiştirilmiş, kirişlerin doğal frekansının ve titreşim sinyallerinin genliklerinin değiştiği gözlemlenmiştir. Hasarın yeri sabit bırakılarak büyüklüğü artırıldığında, titreşim sinyallerinin sadece genliklerinde değişim gözlemlenmiştir. Bu değişimlerin büyüklüklerinden ve farklarından faydalanarak hasarın yeri ve büyüklüğü tesbit edilmeye çalışılmıştır.

SUMMARY

The aim of this study is to obtain information about the damage on the flexible beams. For this purpose, the vibrations due to impact shock is inspected. In this study, a metal beam with a cross-sectional area of $29 \times 4 \text{ mm}^2$ and a length of 500 mm is used. A metal ball is dropped on to the beam from a constant height in order to provide vibrations. The vibrations are measured by using a vibration sensor mounted on the beam. An amplifier is used to amplify the vibration signals because of low output obtained from the sensor. The output of the amplifier is sampled at a frequency of 100 kHz by using a 12 bit ADC. The above test procedure is repeated for different beam made of same material and geometry, but with notch of varied position and size. The notches on the beam can be considered as the artificial defects. The signal obtained from the defective and non-defective beams are compared both in time and frequency domain. On time domain, differences between defective and non-defective beams cannot be distinguished. However on the frequency domain the differences have some properties in order to get information about defect. Varying the position of the notch, result in changes in natural frequencies and amplitude of vibration. Increasing the size of defect, causes increase in amplitude of vibration. By using these results, the position and size of a defect can be determined from vibration signals.

GİRİŞ

Uzay yapıları, uzay gemileri, uydular, makina parçaları vb. hareketli elemanlar, çalışma yüklerinden, yorulmadan dolayı yapısal hasarlara maruz kalabilirler. Bu hasarların araştırılmasında, büyüklüğünün ve yerinin tesbit edilmesinde yapının durumunun gözlemlenmesi, önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Hasarsız muayene teknikleri, hasarların mevcudiyeti, büyüklüğü ve yerinin bulunmasını sağlar. Birçok hasar tesbit ve görüntüleme yöntemleri mevcuttur. Bunlardan bazıları X ışınları, ultrasonik testler, manyetik rezonans, boya etkisi, darbe vuruş testi ve görsel yoklama şeklinde sayılabilir.

Darbe Vuruş testinde, katı eleman küçük enerjiye sahip bir darbeye uyarılır. Darbe sonrası katı elemanın titreşimi veya yayılan ses analiz edilir. Bu yöntemle kalite kontrolü eskiden beri bilinen ve uygulanan bir yöntemdir. Metallerin işlenmesinde metalin değişik noktalarına çekiçle vurularak, çekicinin çıkardığı seslerin dinlenip değerlendirilmesi teknolojinin henüz gelişmediği yıllarda uygulanmıştır. Yöntem ultrasonik ve akustik yollarla kompozit malzemelerde, sfero döküm parçalarda ve beton yapılarda uygulanmıştır [1].

İnce ve esnek yapılarda kusura karşı duyarlılık Mekanik empedans metoduna göre daha fazladır. Bu yöntemin en önemli sakıncası, sadece vuruş yapılan bölgedeki kusurlar tesbit edilebilir. Bulunan doğal frekans ve sönümler sağlam parçanınki ile karşılaştırılarak tesbit edilebilir [4]. Darbe Vuruş testinin Ultrasonik metoda göre en önemli avantajı, test çekici ile parça yüzeyi arasına bağlayıcı sürmenin gerekmemesidir.

Sonlu Elemanlar yöntemi baz alınarak geliştirilen sonlu eleman programları Darbe Vuruş testinin bilgisayarda uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Katı elemanın ani darbeye verdiği cevabı değişik noktalar için incelenebilmektedir.

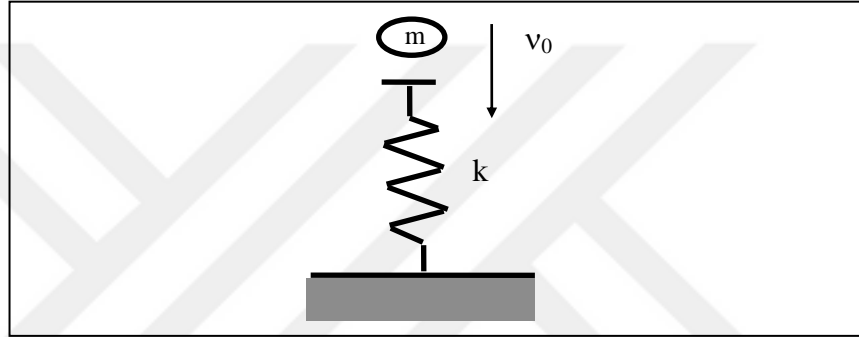
Bu incelemeler, cevabın alınacağı noktanın önemi ve katı elemanın kusurlu olup olmadığına karar verme konusunda fikir verebilir. Son yıllarda bilgisayar destekli ölçme sistemlerinin gelişmesi Darbe Vuruş testinin bilimsel olarak uygulanmasını mümkün kılmaktadır.

Bu çalışmada, içerisinde hasar bulunan kirişlerde, Darbe Vuruş testinin mekaniği, deneysel olarak 500 mm uzunluğunda 29 X 4 mm kesitli tek serbestlik dereceli bir kiriş ele alınarak incelemeye çalışılmıştır. Çok serbestlik dereceli sistemler içinde yaklaşım yine aynıdır.



2. DARBE VURUŞ TESTİNİN MEKANİĞİ

Vuruş testinde sistemin hasarlı ve hasarsız kısmına aynı darbe pulsı uygulandığı zaman üretilen ses veya frekanslar çok benzer olur. Bu yüzden hem hasarlı hemde hasarsız malzeme için sisteme iletilen kuvvetin zamana bağlı davranışının bilinmesi gerekir. Bu davranış Şekil 2.1'deki teorik modelle belirlenebilir [2].



Şekil 2.1 Vuruş testinde sisteme iletilen kuvvetin zamana bağlı davranışının incelenmesi için kullanılan model.

Modelde m kütlesi, direngenliği k olan yaya (sisteme) V_0 hızıyla çarpmaktadır. Zemine iletilen kuvvet, F , sisteme iletilen kuvvet olarak kabul edilebilir.

Şekil 2.2 Kullanılan sistem modelinde a)kütlenin hızı, b)yayın yerdeğiştirmesi, c) sisteme iletilen kuvvetin zamana bağlı davranışı

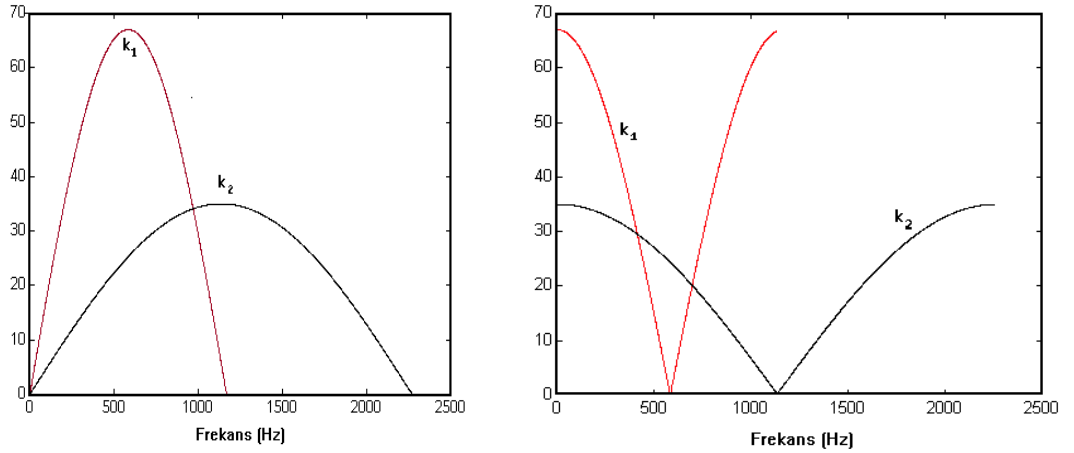
Şekil 2.2.(a) ve Şekil 2.2.(b)'de $t=0$ kütlenin yayla çarpışma anı olmak üzere, kütlenin hızının ve yerdeğiştirmesinin zamana bağlı değişimini verilmiştir. Yay ve

kütle teması geçince doğal periyotta titreşime başlar. Doğal periyot ise $T_D = 2\pi\sqrt{m/k}$ dir. Sisteme iletilen kuvvetin $F = k\delta$ olup zamana bağlı davranışı Şekil 2.2 (c)'de gösterilmiştir.

Kuvvetin zamanla değişimi;

$$F(t) = \sqrt{km} V_0 \sin(\sqrt{k/m} t) \quad (1)$$

şeklinde yazılabilir. Şekil 2.3 (a) $k_1 > k_2$ olmak üzere farklı k değerleri için hasarlı ve hasarsız kirişler için $F(t)$ 'nin değişimi, Şekil 2.3 (b)'de ise Fourier transformu ile elde edilen spektrumları verilmiştir. Direngenlik k , azaldıkça sisteme iletilen kuvvetin değeri azalmakta, uygulama süresi artmaktadır. Spektruma bakıldığında ise artan frekansla birlikte sisteme iletilen kuvvetin genliğinde daha hızlı bir azalma görülmektedir.



Şekil 2.3 Hasarlı ve hasarsız kirişler için sisteme iletilen kuvvetin a) zamana bağlı davranışı, b) spektrumları ($k_s > k_b$).

Sistemde hasar olan bölgelerde direngenlik azalmaktadır. Bundan dolayı, darbe uygulandığında, sistem, yüksek frekans bölgelerinde daha düşük genlikteki darbeye uyarılmaktadır. Bu yüzden sistemin darbe cevabında da yüksek

frekans bölgesinde kuvvetin genliği düşmektedir. Şekil 2.4'de gösterildiği gibi f_1 ve f_2 frekansları seçilerek genlik spektrumundan A ve B alanları bulunabilir.

Şekil 2.4 Genlik spektrumunda yüksek frekans bölgesindeki bağıl genlik seviyesinin hesaplanmasında kullanılan alanlar

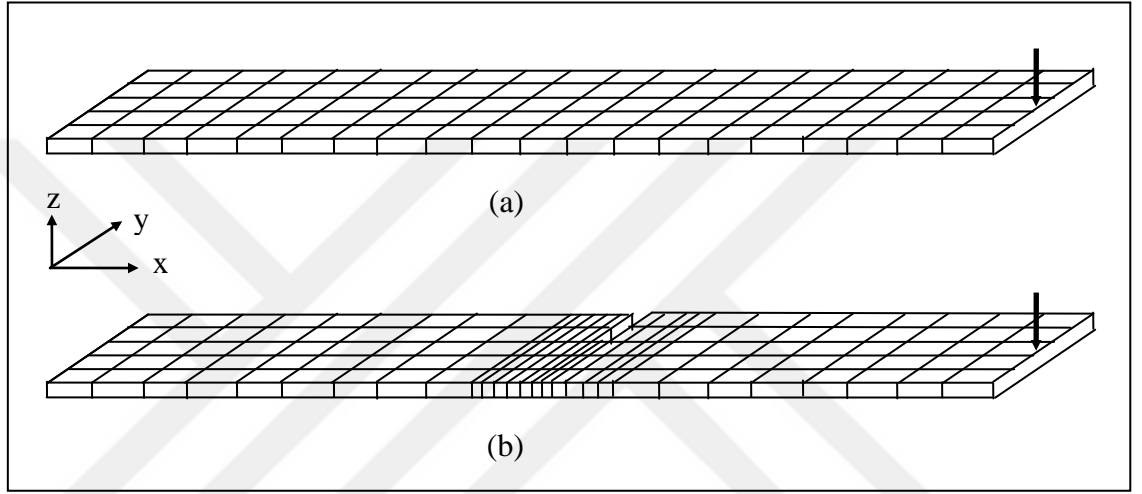
$$R=B/(A+B)$$

(2)

denklemleri ile hesaplanabilir.

3. VURUŞ NOKTASI DİRENGENLİKLERİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE BULUNMASI

Bu bölümde deneyde kullanılacak olan kiriş ele alınmıştır. Kiriş 500mm uzunluğunda, 29mm x 4mm kesitindedir.

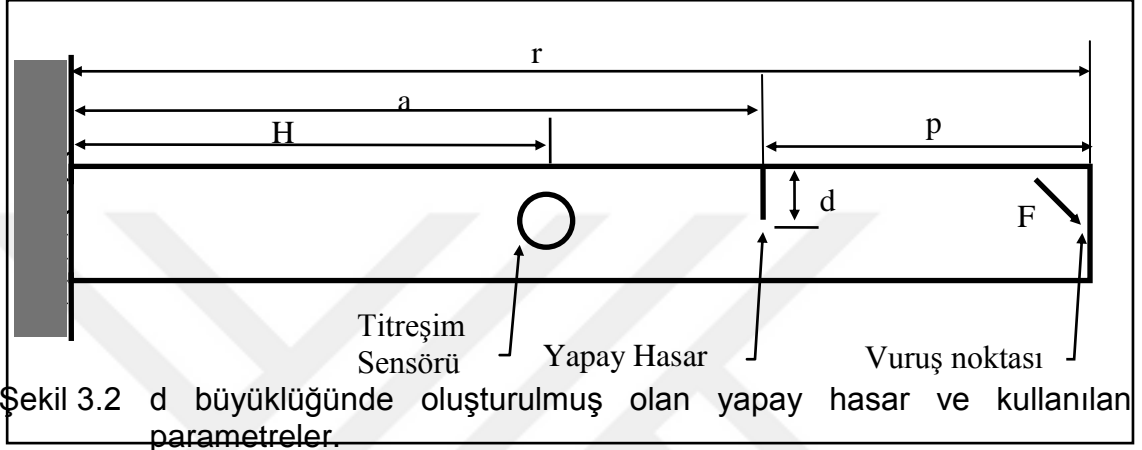


Şekil 3.1 a)100 elemanla modellenmiş hasarsız kiriş, b)145 elemanla modellenmiş hasarlı kiriş.

Kiriş X, Y, Z, kartezyen koordinatlarına göre, Şekil 3.1' de görüldüğü gibi sağlam kiriş 100 elemanla modellenmiş, hasarlı kiriş 145 elemanla modellenmiş ve bir tarafı (X=0) ankastre mesnet ile tutturulduğu kabul edilmiştir. Hasarın bulunduğu bölgedeki eleman sayısı hassasiyeti artırmak için daha fazla elemanla modellenmiştir. Kirişin üst yüzeyindeki herhangi bir vuruş noktasındaki k direngenliğini bulmak için, vuruş noktasına aşağıya doğru (negatif Z yönünde) statik bir F kuvveti uygulandığında, bu noktada Z doğrultusundaki yerdeğiştirme miktarı hesaplanmıştır. $k = F / \delta$ formülü ile k değeri bulunmuştur. Hesaplamalarda bir sonlu eleman paket programı ANSYS 5.0 a kullanılmıştır.

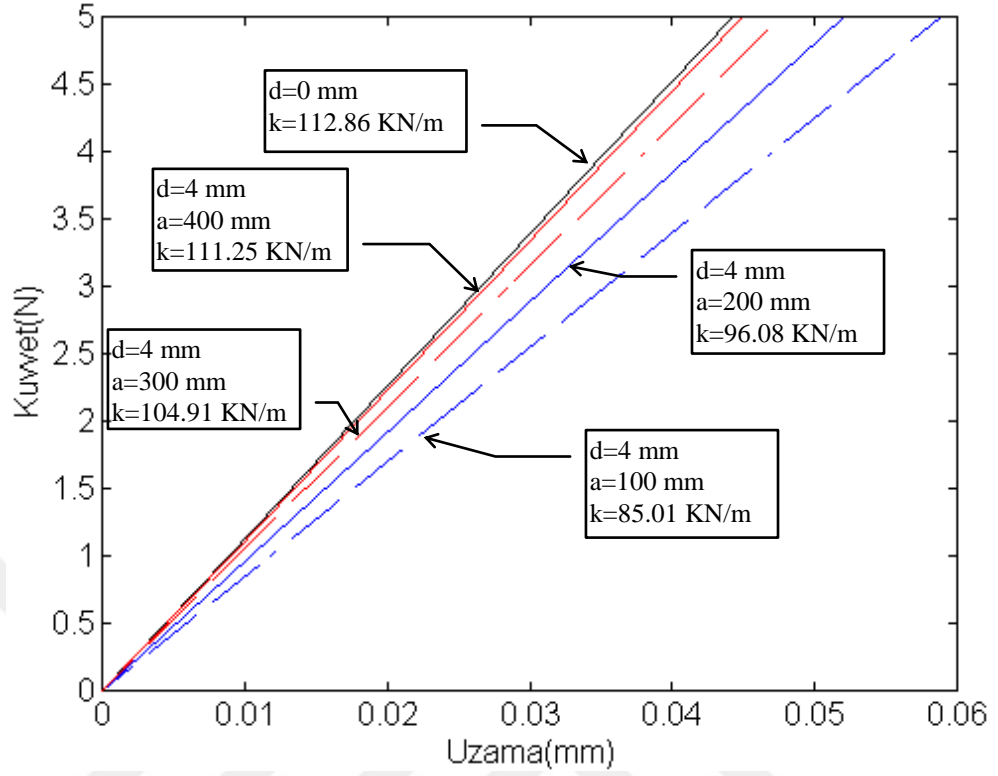
Şekil 3.2'de statik analiz ve ölçme sisteminde kullanılan parametreler gösterilmiştir. Alıcı noktası yeri 'H', hasar yeri 'a', büyüklüğü 'd', vuruş noktası

uzaklığı 'r', hasar ile vuruş noktası arasındaki mesafe 'p' ile gösterilmiştir. Hasar yeri, x eksenini boyunca değiştirilerek direngenlikler bulunmuştur.

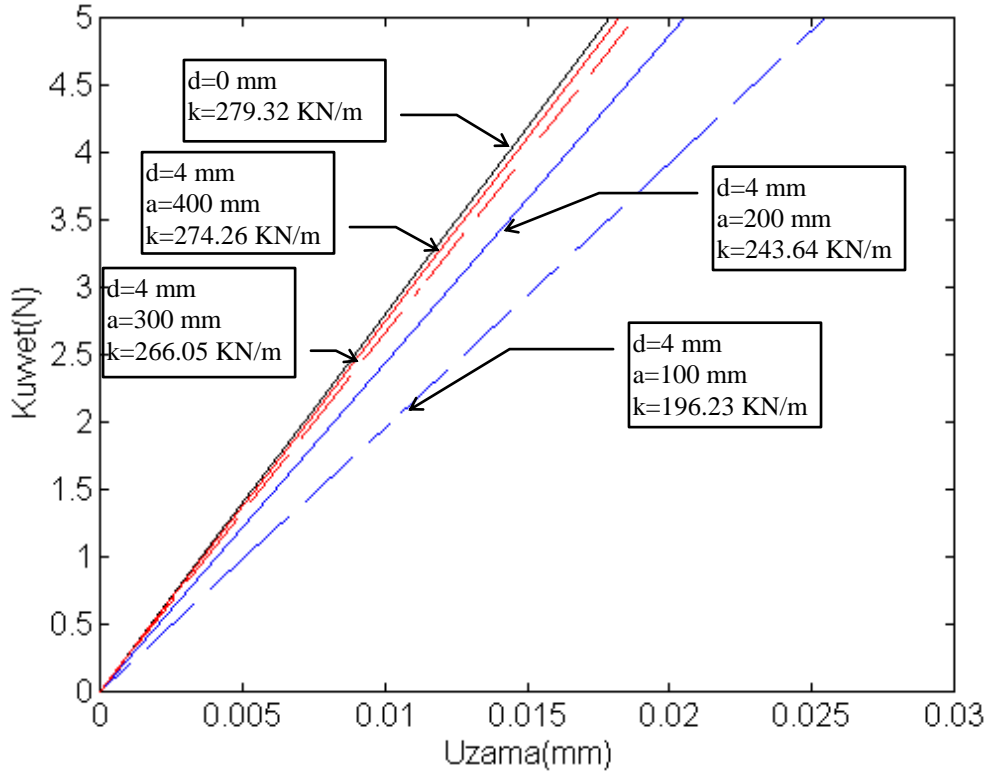


Şekil 3.3'de $d=4\text{mm}$ derinliğinde, $r=500\text{mm}$ vuruş noktasında hasarlı ve hasarsız kirişlerdeki, Kuvvet - Uzama grafikleri verilmiştir. Vuruş noktası direngenliği k arttıkça grafiğin eğimide artmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi hasar bulunan nokta ankastre mesnetli uca yaklaştıkça direngenlikte artmaktadır. Vuruş noktası direngenliği k , bu grafikteki doğruların eğimleri ile bulunmaktadır.

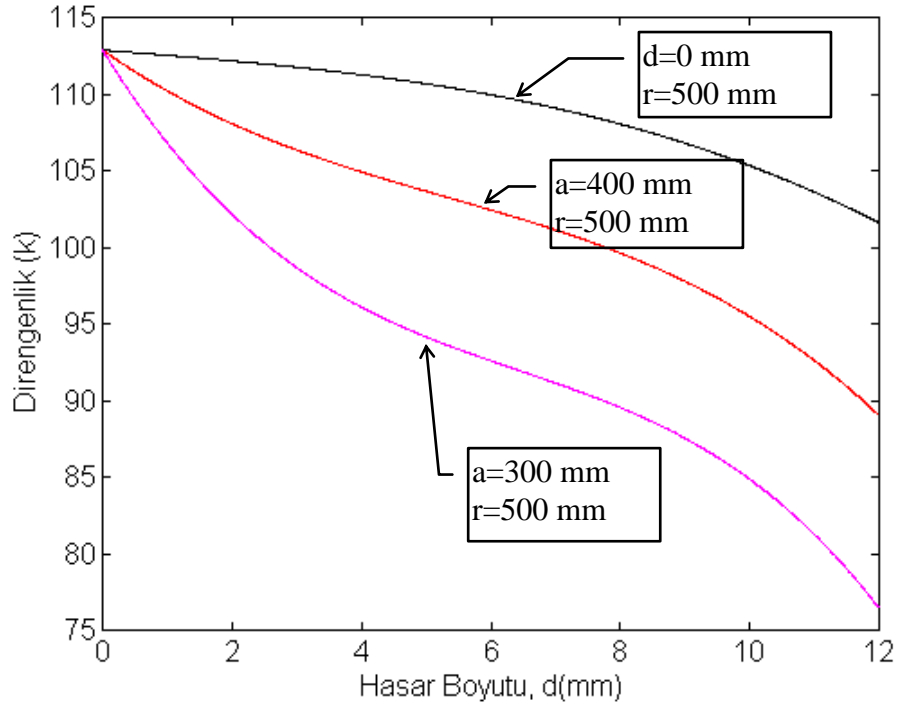
Şekil 3.4'de hasar büyüklüğü $d=4\text{mm}$ derinliğinde, vuruş noktası uzaklığı $r=375\text{mm}$ iken hasarlı ve hasarsız kirişlerdeki, Kuvvet - Uzama grafikleri verilmiştir. Vuruş noktası uzaklığının direngenliğe (k) etkisi grafikte görülmektedir.



Şekil 3.3 d=4 mm büyüklüğünde ve farklı noktalarda hasar bulunan kirişlerde, r=500 mm vuruş noktasına uygulanan statik kuvvet ile aynı noktadaki statik yerdeğiştirme arasındaki ilişki.



Şekil 3.4 d=4 mm büyüklüğünde ve farklı noktalarda hasar bulunan kirişlerde, r=375 mm vuruş noktasına uygulanan statik kuvvet ile aynı noktadaki statik yerdeğiştirme arasındaki ilişki.



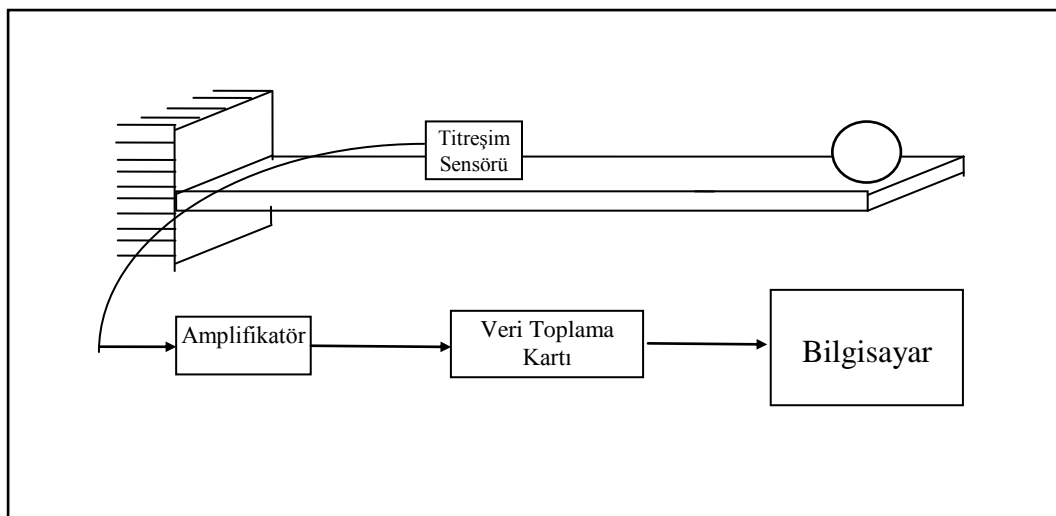
Şekil 3.5 Hasarın büyüklüğü ile vuruş noktası direngenliğinin değişimi.

Şekil 3.5'de hasarın büyüklüğü d ile vuruş noktası direngenliği k arasındaki ilişki verilmektedir. Farklı hasar noktalarında elde edilen vuruş noktası direngenliği, grafikte de görüldüğü gibi hasarın büyüklüğüne bağlı olarak azalmaktadır.

4.DENEYSEL ANALİZ

Vuruş noktası direngenliği, hasarların tahribatsız muayenesinde bir gösterge olmaktadır. Ancak ölçme tekniği açısından vuruş neticesi sistemin herhangi bir noktasındaki titreşimi veya sistemden yayılan sesi ölçmek kolaydır. Hasar ile vuruş noktası direngenliğinin azalması sonucu Bölüm 2’de belirtildiği gibi sisteme iletilen kuvvetin yüksek frekans bileşenleri azalmaktadır. Denklem (1)’den $F(t)$ belirlenebilir.

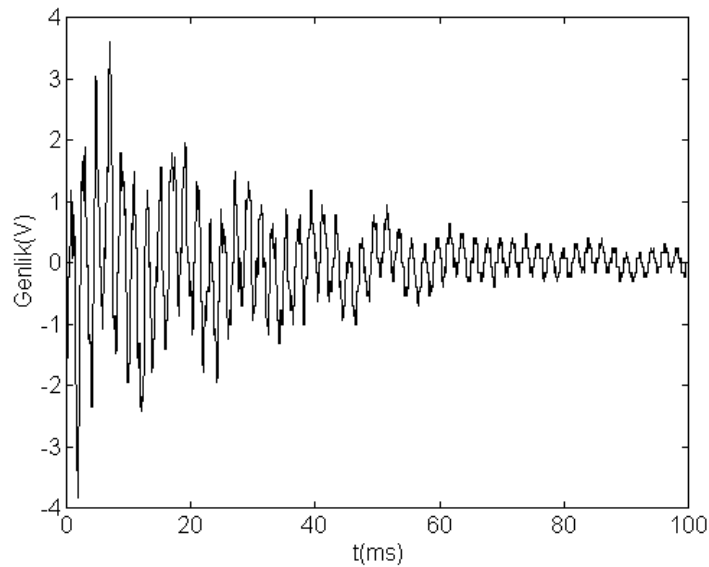
Bu bölümdeki deneysel çalışmada, malzemede yorulmadan veya çarpmalardan dolayı oluşabilecek olan hasarların varlığı tesbit edilmeye, hasarın yeri ve büyüklüğü hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır. Kirişe vuruşun yapılmasıyla enine ve boyuna titreşimler oluşur. Bu dalgalar belirli bir hızla hareket ederek kirişin iç yüzeyinden yansıyarak tekrar üst yüzeye geri dönerler. Bu sırada boyuna dalgaların titreşimleri, enine dalgaların titreşimlerine oranla daha fazladır[3]. Bu yüzden bu tezde boyuna titreşimler incelenmiştir. Deneyde 29mm x 4mm kesitli, 500mm uzunluğunda çelik bir malzeme ele alınmıştır. Şekil 4.1’de blok diyagramı görülen deney düzeneği kurulmuştur.



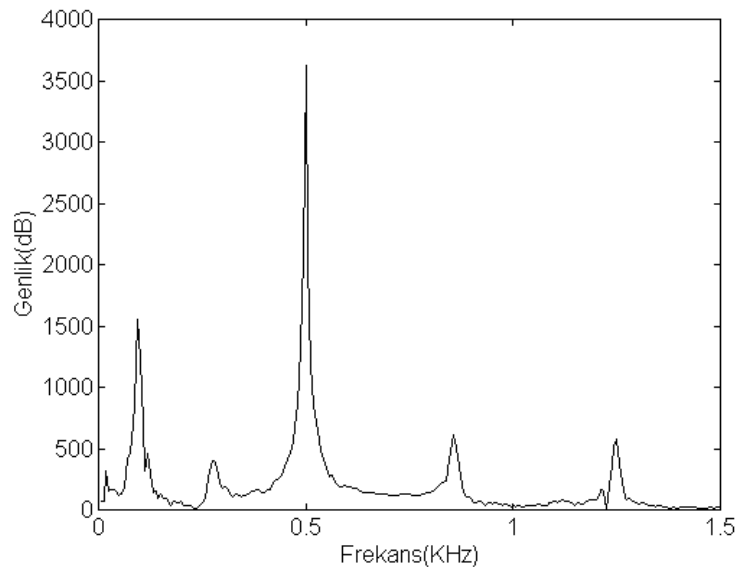
Şekil 4.1 İvme sinyali ölçme ve kaydetme deney düzeneği

Çelik çubuk bir ucundan ($X=0$) ankastre olarak mesnetlenmiştir. Mesnetli uçtan itibaren $X=250$ mm mesafedeki noktaya, Wilcoxon Research firmasına ait

104mV/g voltaj hassasiyetinde, 34KHz montaj resonansında piezoelektrik titreşim sensörü bağlanmıştır. Çelik çubuğun mesnetli ucundan itibaren X=500mm mesafedeki diğer uç noktaya, 20.4gr ağırlığında olan çelik bir top Z=290mm yükseklikten negatif Z eksenini doğrultusunda bırakılmıştır. Sisteme iletilen kuvvet Denklem (1)'de verilen formül ile hesaplanabilir.



Şekil 4.2 Hasarsız malzemede darbe sonucu oluşan titreşim sinyali,



Şekil 4.3 Hasarsız malzemede darbe sonucu oluşan titreşim sinyali spektrumu.

Çelik top çubuğa darbe uygulandığı andan itibaren oluşan ivme sinyali bilgisayara kaydedilmeye başlanmış ve bilgi bilgisayara aktarılmıştır. Titreşim sensörü ile voltaja çevrilen titreşim sinyalleri yine Wilcoxon Research firmasına

ait 40KHz frekans cevabına, 1,10,100 kazanç kademelerine ve 0.2dB kazanç hassasiyetine sahip amplifikatör ile yükseltilmiştir. Titreşim sinyali, PC-LAB firmasına ait Veri Toplama Kartı yardımı ile 100Khz örnekleme frekansında örneklenecek bilgisayara aktarılmıştır. Çelik topun çubuğa temas ettiği andan itibaren yapılan dataların kaydetme işlemi yaklaşık 165 ms devam ettirilerek 16.384 data kaydedilmiştir. Daha sonra “Fast Fourier Transfer Algoritması” kullanılarak ivmenin değişiminin genlik spektrumu bulunmuştur. Şekil 4.2’de örnek olarak çelik çubuktan alınmış ivme sinyali ve ivme spektrumu görülmektedir.

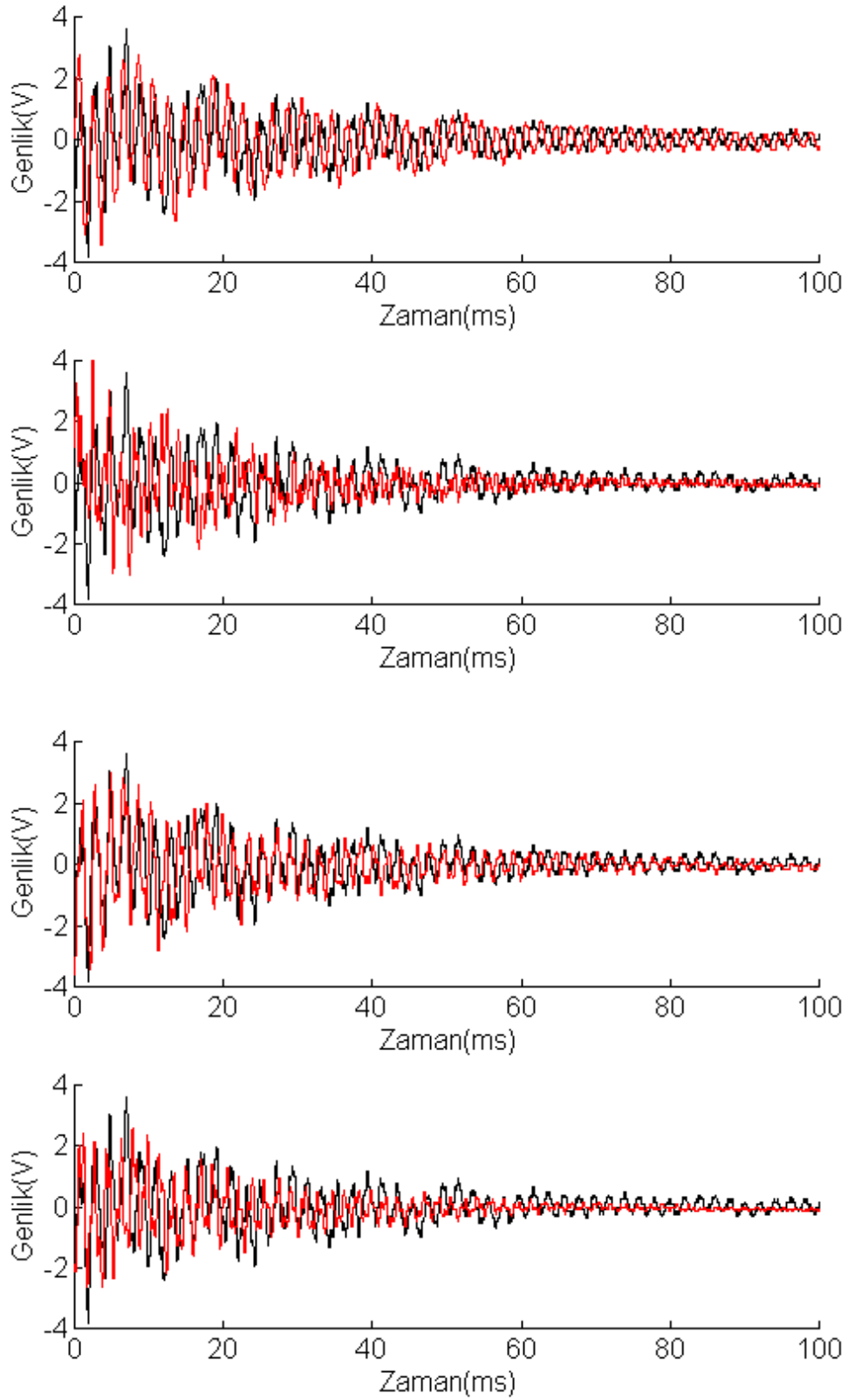
Deneyin ikinci bölümünde, aynı maddeden, aynı özelliğe ve geometriye sahip çelik çubuklar alınmış ve Şekil 3.2’de görüldüğü gibi çubuklarda yapay hasarlar oluşturulmuştur. Her çubukta oluşturulan hasarın büyüklüğü aynı fakat yerleri farklıdır. Hasarın derinliği $d=4\text{mm}$, hasarın bulunduğu noktalar $a=165\text{mm}$, 335mm , 375mm , 415mm dir. Titreşim sensörü yapay hasarlı çubuklara ankastre mesnetli uçtan itibaren $X=250\text{ mm}$ mesafeye monte edilmiş ve her çubuğa $Z=290\text{mm}$ yükseklikten, çubuğun $X=500\text{mm}$ ’deki uç noktasına negatif Z yönünde çelik top bırakılarak oluşturulan titreşim sinyalleri, sağlam çubuklarda olduğu gibi yine aynı yöntemle bilgisayara kaydedilmiştir. Şekil 4.4’de hasarlı çubuklardan alınan titreşim sinyalleri Şekil 4.5’de spektrumları ve Şekil 4.6’da logaritmik eksende çizilmiş spektrumları verilmiştir. Şekillerde hasarın yeri ‘a’ değıştikçe spektrumlarda oluşan değışmeler gözlenmeye çalışılmıştır. Ölçülen değerler Tablo 1’de verilmiştir.

Deneyin diğeri bir aşamasında, aynı hasarlı ve hasarsız çubuklara farklı bir noktadan darbe uygulayarak elde edilen titreşim sinyalleri kaydedilmiştir. Titreşim sensörü yine $X= 250\text{mm}$ mesafeye monte edilmiş, çelik top ile darbe mesnetli uçtan itibaren $X=375\text{mm}$ mesafeye negatif Z doğrultusunda

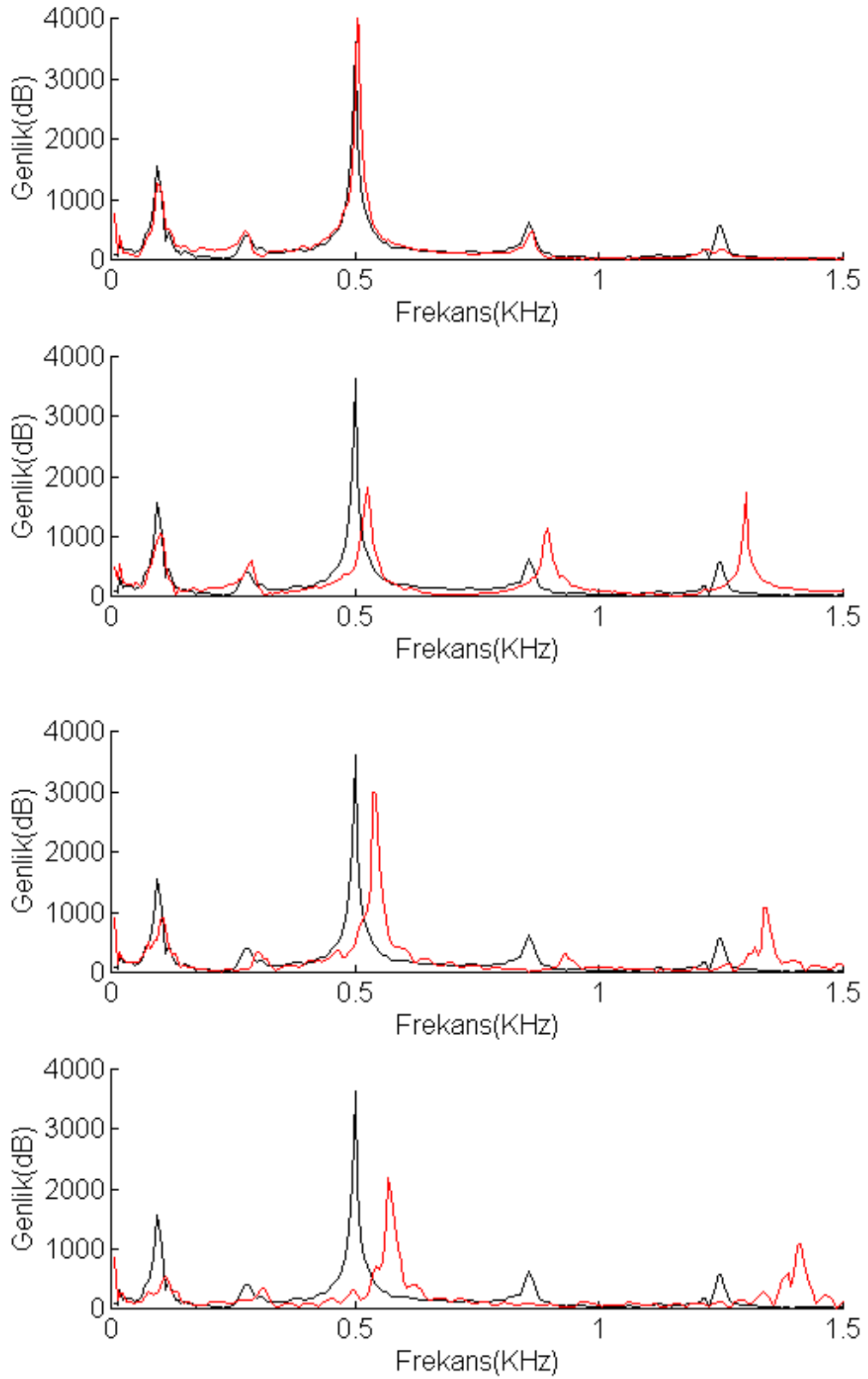
vurulmuştur. Bu işlem sağlam çubuk ve hasarlı çubuklar için ayrı ayrı uygulanarak elde edilen ivme bilgileri kaydedilmiştir. Hasarın büyüklüğü $d=4\text{mm}$, hasarın bulunduğu yerler $a=165\text{mm}$, 335mm , 375mm ve 415mm noktalarıdır. Bu deneyde darbe vuruş noktasının 'r' değişiminin ivme sinyallerine etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Şekil 4.7'de sağlam çubuk ile hasarlı çubuklardan alınan titreşim sinyalleri, Şekil 4.8'de spektrumları ve Şekil 4.9'da logaritmik ekseninde çizilmiş spektrumları görülmektedir. Ölçüm sonucunda elde edilen değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Deneyin bu aşamasında, aynı özellik ve geometriye sahip çelik çubukların mesnetli uç noktalarından itibaren $a=375\text{mm}$ mesafede, $d=4\text{mm}$ derinliğinde yapay hasar oluşturuldu. Bu aşamada çubuğa 20.4gr kütleli çelik top ile $Z=290\text{mm}$ yükseklikten negatif Z eksenine doğrultusunda darbe uygulayarak titreşim sinyalleri oluşması sağlandı ve bilgisayara kaydedildi. Hasar büyüklüğü 4'er mm artırılarak hasarlı çubuklara darbe uygulandı ve yeni veriler kaydedildi. Kaydedilen verilerden hasarın büyüklüğü ile ilgili bilgi edinilmeye çalışıldı. Yapay hasarın büyüklüğü ile ilgili titreşim sinyalleri Şekil 4.10'da, spektrumları Şekil 4.11'de ve logaritmik ekseninde çizilmiş spektrumları Şekil 4.12'de verilmiştir. Ölçüm sonucunda elde edilmiş sonuçlar Tablo 3'de verilmiştir.

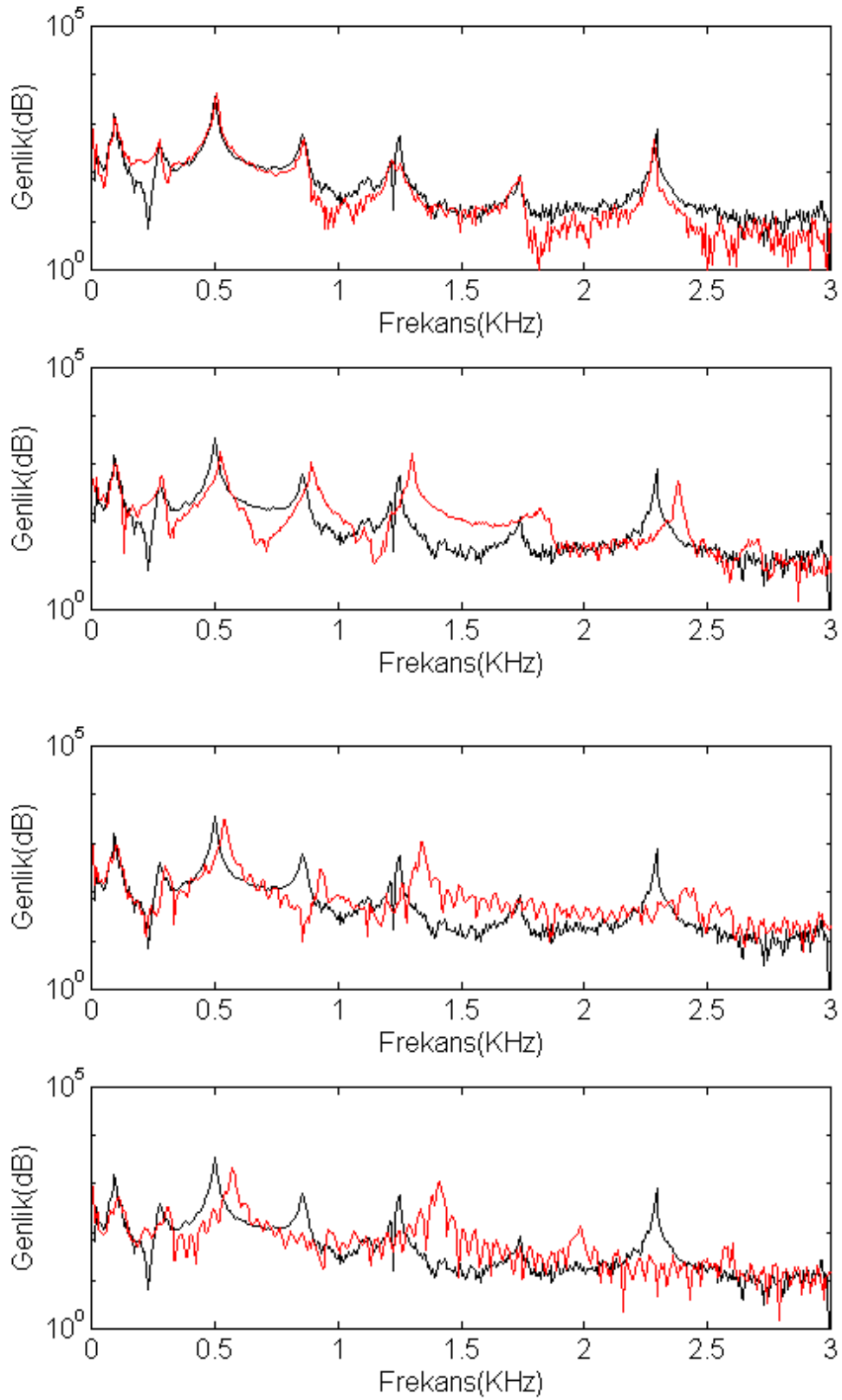
Deneyin son aşamasında, farklı özellikte demir çubuklar alınmış çelik top ile darbe uygulanmıştır. Bu deneyde kullanılan çubuklar 400mm uzunluğunda $16\text{mm} \times 2\text{mm}$ kesitindedir. Titreşim sensörü mesnetli uçtan itibaren $X=400\text{mm}$ mesafeye monte edilmiş ve çelik top ile $Z=290\text{mm}$ yükseklikten çubuğun mesnetli uçtan itibaren $X=220\text{mm}$ mesafedeki noktasına darbe uygulanmıştır. Daha sonra aynı özellik ve geometrideki diğer çubuklara yine $d=8\text{mm}$ büyüklüğünde $a=245\text{mm}$, 285mm , 315mm ve 365mm mesafelerinde yapay hasarlar oluşturulmuş ve aynı yöntemle datalar alınmıştır. Sağlam çubuk ve hasarlı çubuklardan alınan titreşim sinyalleri Şekil 4.13'de, spektrumları Şekil 4.14'de ve logaritmik ekseninde çizilmiş spektrumları Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Deney sonucunda ölçülen değerler Tablo 4'de verilmiştir.



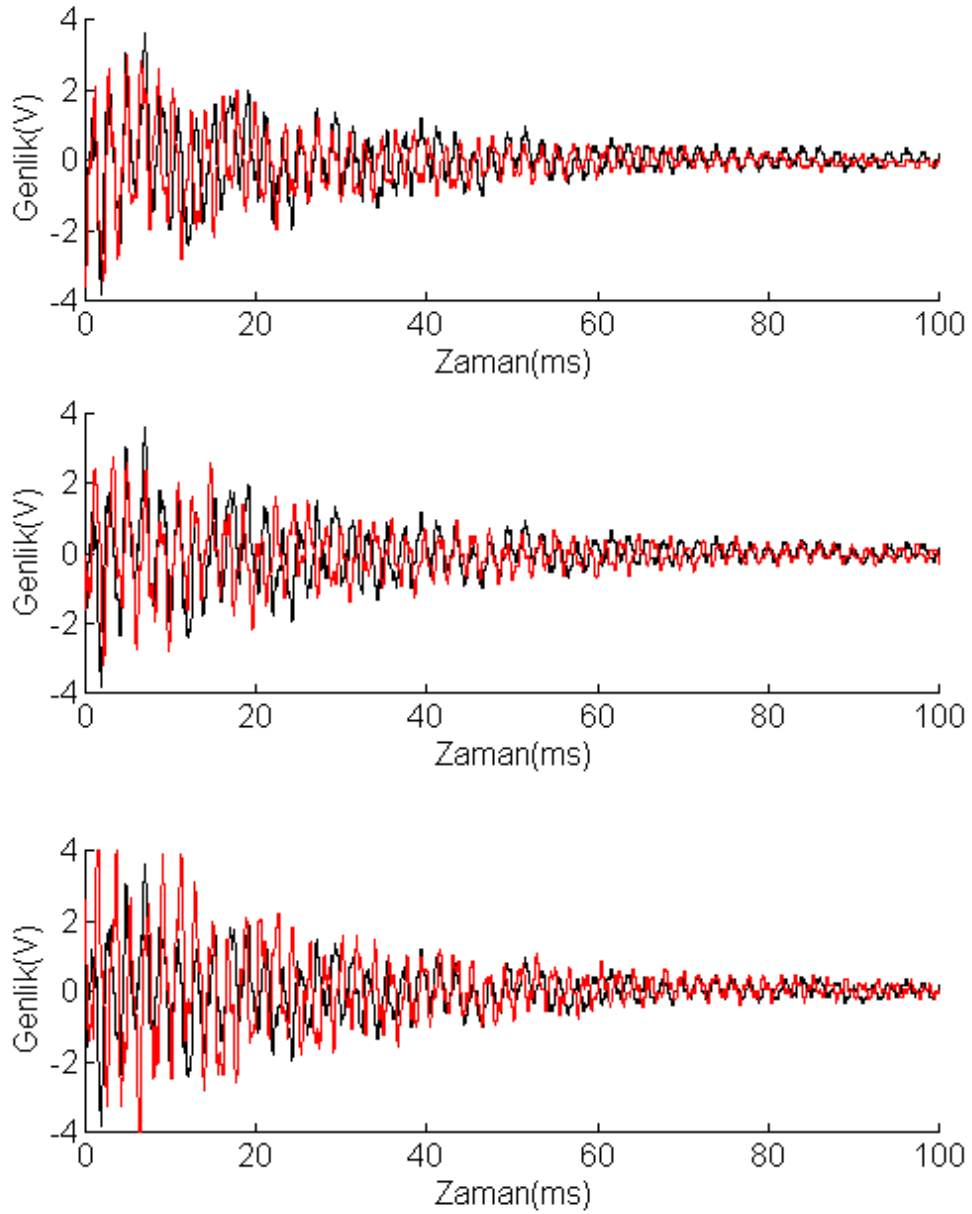
Şekil 4.4 $d=4\text{mm}$, $H=250\text{mm}$, $r=500\text{mm}$ için, $a=165\text{mm}$, 335mm , 375mm , 415mm mesafede iken alınan titreşim sinyalleri.
 (Siyah Renk: Sağlam Çubuk Kırmızı Renk: Hasarlı Çubuk)



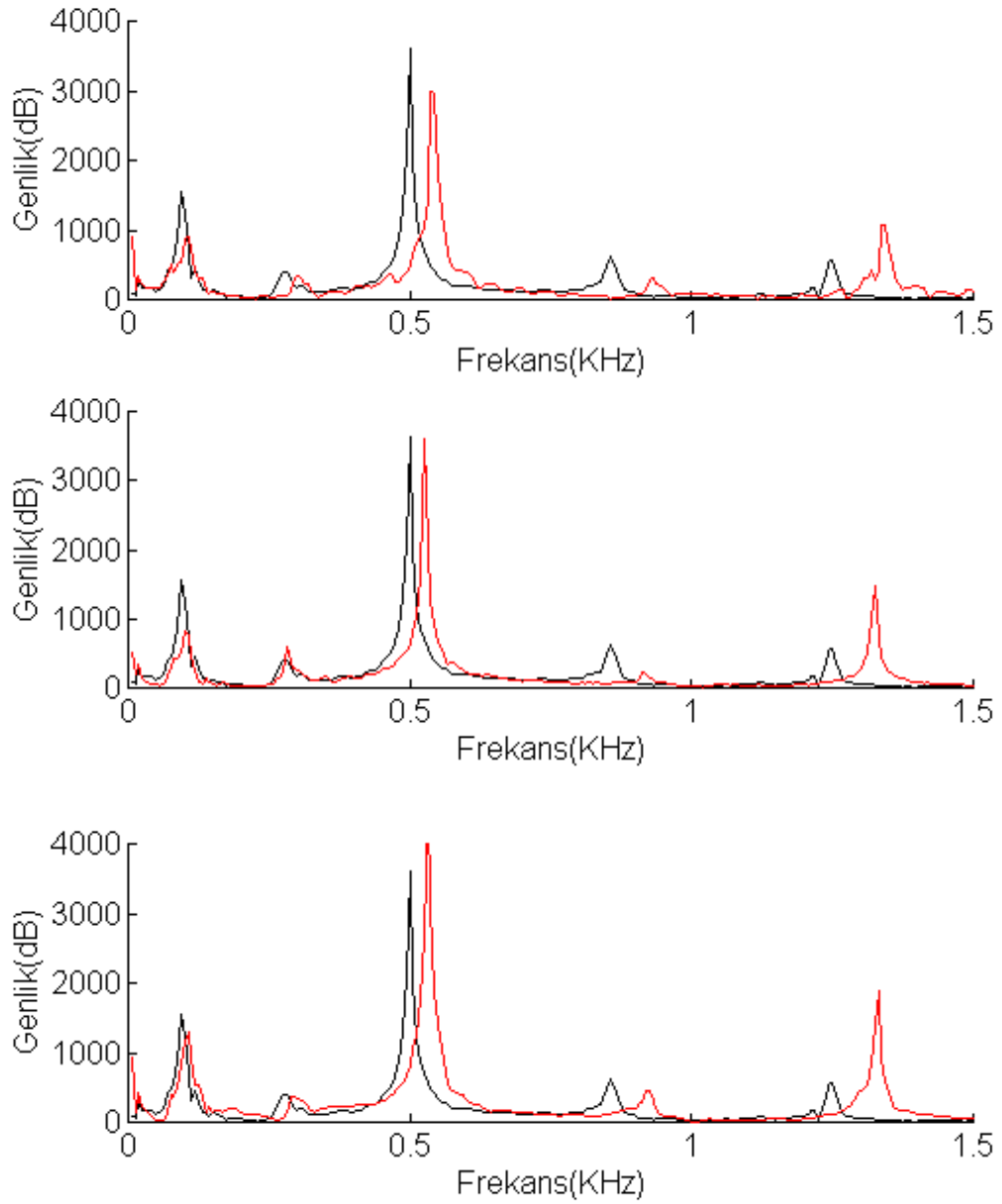
Şekil 4.5 $d=4\text{mm}$, $H=250\text{mm}$, $r=500\text{mm}$ için, $a=165\text{mm}$, 335mm , 375mm , 415mm mesafede iken alınan ivme spektrumları.
 (Siyah Renk: Sağlam Çubuk Kırmızı Renk: Hasarlı Çubuk)



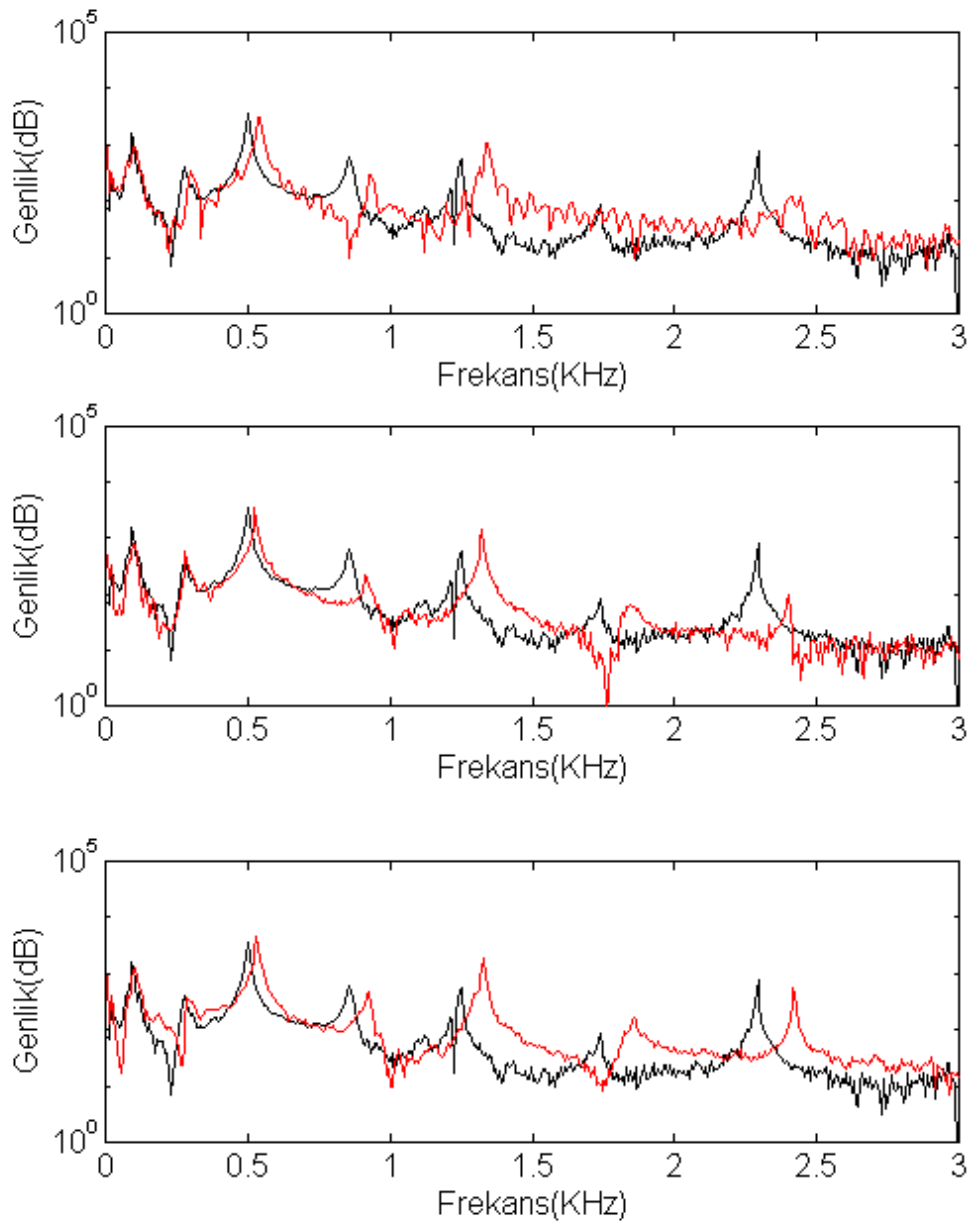
Şekil 4.6 $d=4\text{mm}$, $H=250\text{mm}$, $r=500\text{mm}$ için, $a=165\text{mm}$, 335mm , 375mm , 415mm mesafede iken alınan ivme spektrumları (Logaritmik Skala).
(Siyah Renk: Sağlam Çubuk Kırmızı Renk: Hasarlı Çubuk)



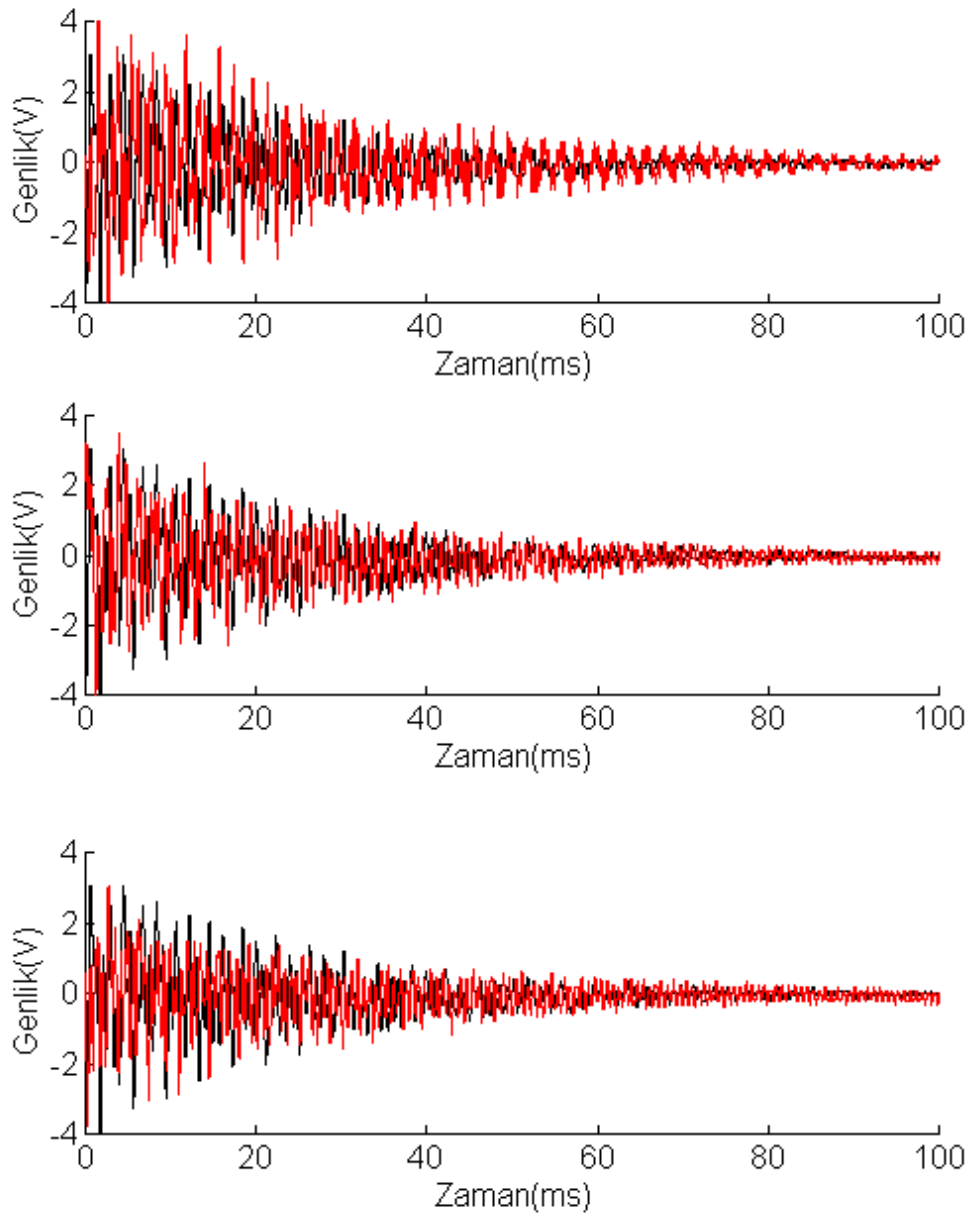
Şekil 4.7 H=250mm, r=500mm a=375mm için, d=4mm, 8mm, 12mm mesafede iken alınan titreşim sinyalleri.
(Siyah Renk: Sağlam Çubuk Kırmızı Renk: Hasarlı Çubuk)



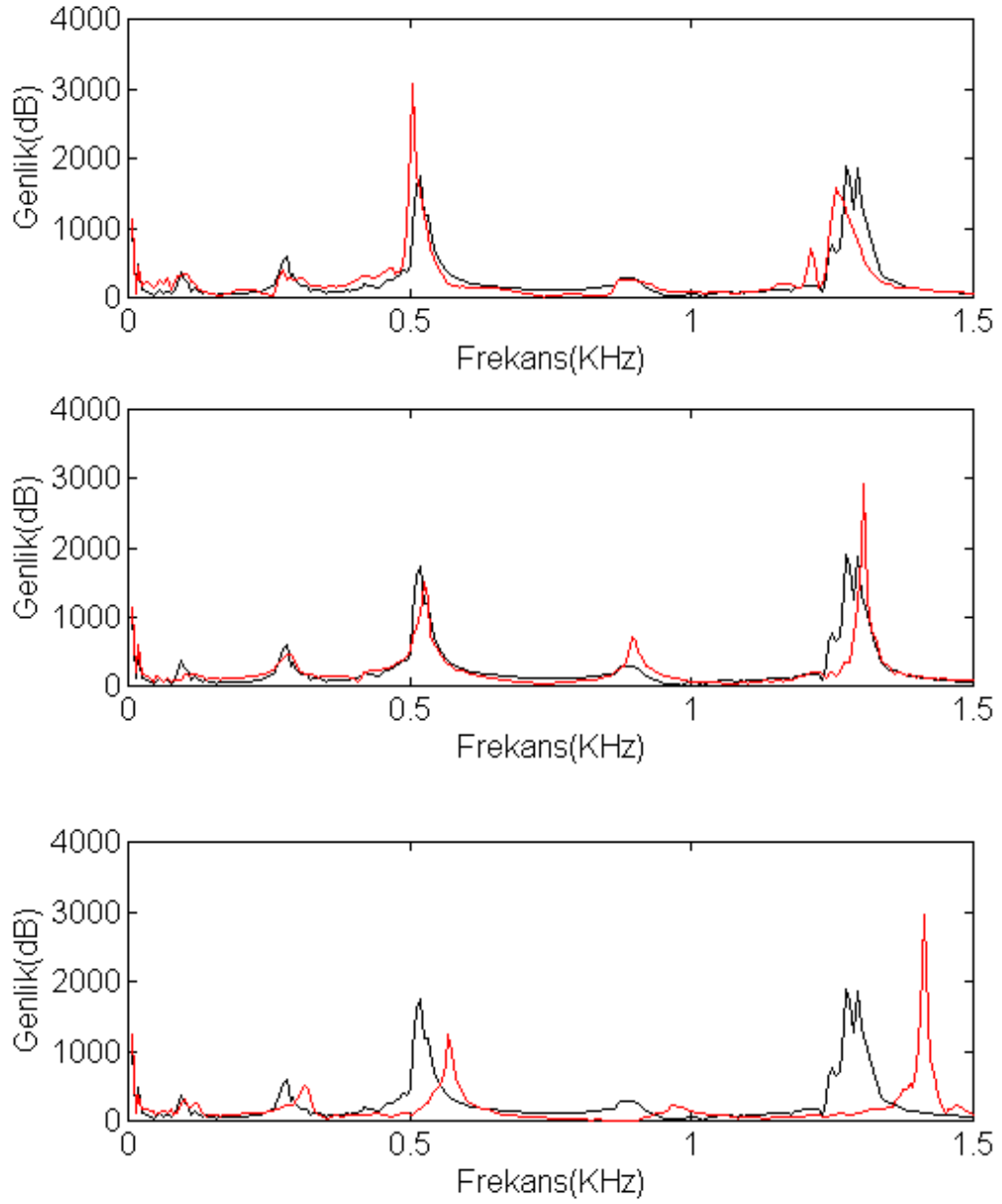
Şekil 4.8 H=250mm, r=500mm a=375mm için, d=4mm, 8mm, 12mm mesafede iken alınan ivme spektrumları.
(Siyah Renk: Sağlam Çubuk Kırmızı Renk: Hasarlı Çubuk)



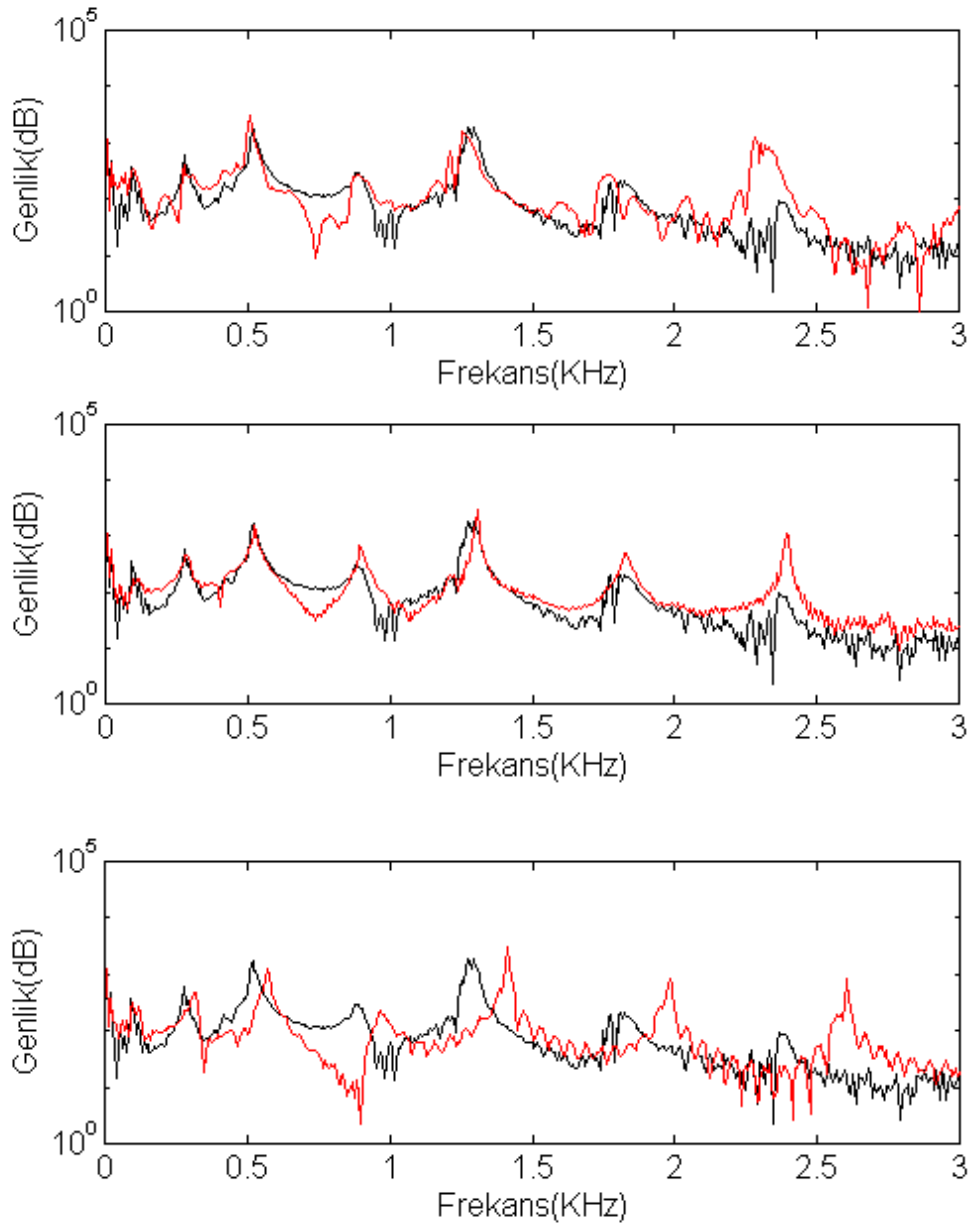
Şekil 4.9 H=250mm, r=500mm a=375mm için, d=4 mm, 8mm, 12mm mesafede iken alınan ivme spektrumları (Logaritmik Skala).
 (Siyah Renk: Sağlam Çubuk Kırmızı Renk: Hasarlı Çubuk)



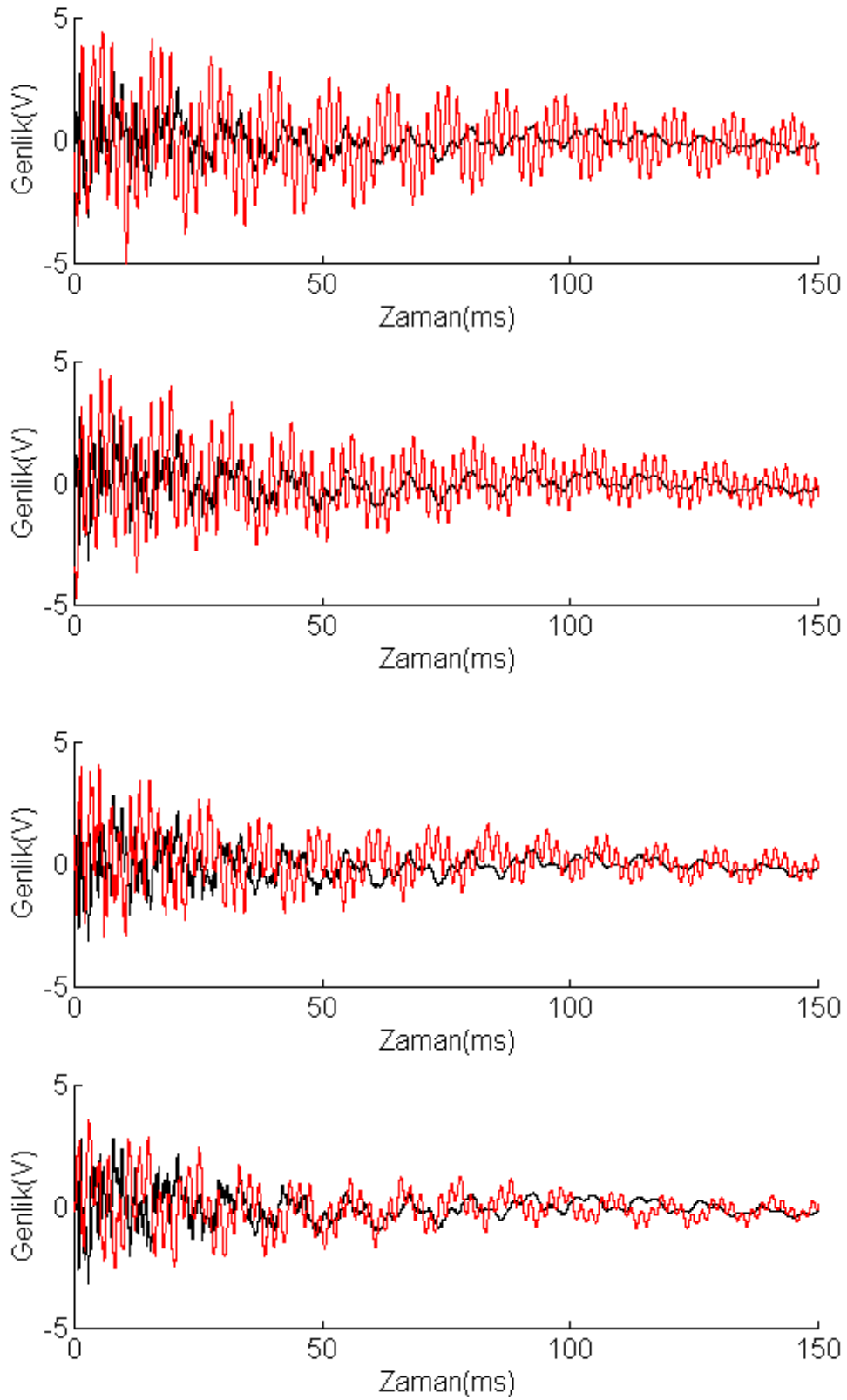
Şekil 4.10 $d= 4\text{mm}$, $H=250\text{mm}$, $r=375\text{mm}$ için, $a=165\text{mm}$, 335mm , 375mm , 415mm mesafede iken alınan titreşim sinyalleri.
 (Siyah Renk: Sağlam Çubuk Kırmızı Renk: Hasarlı Çubuk)



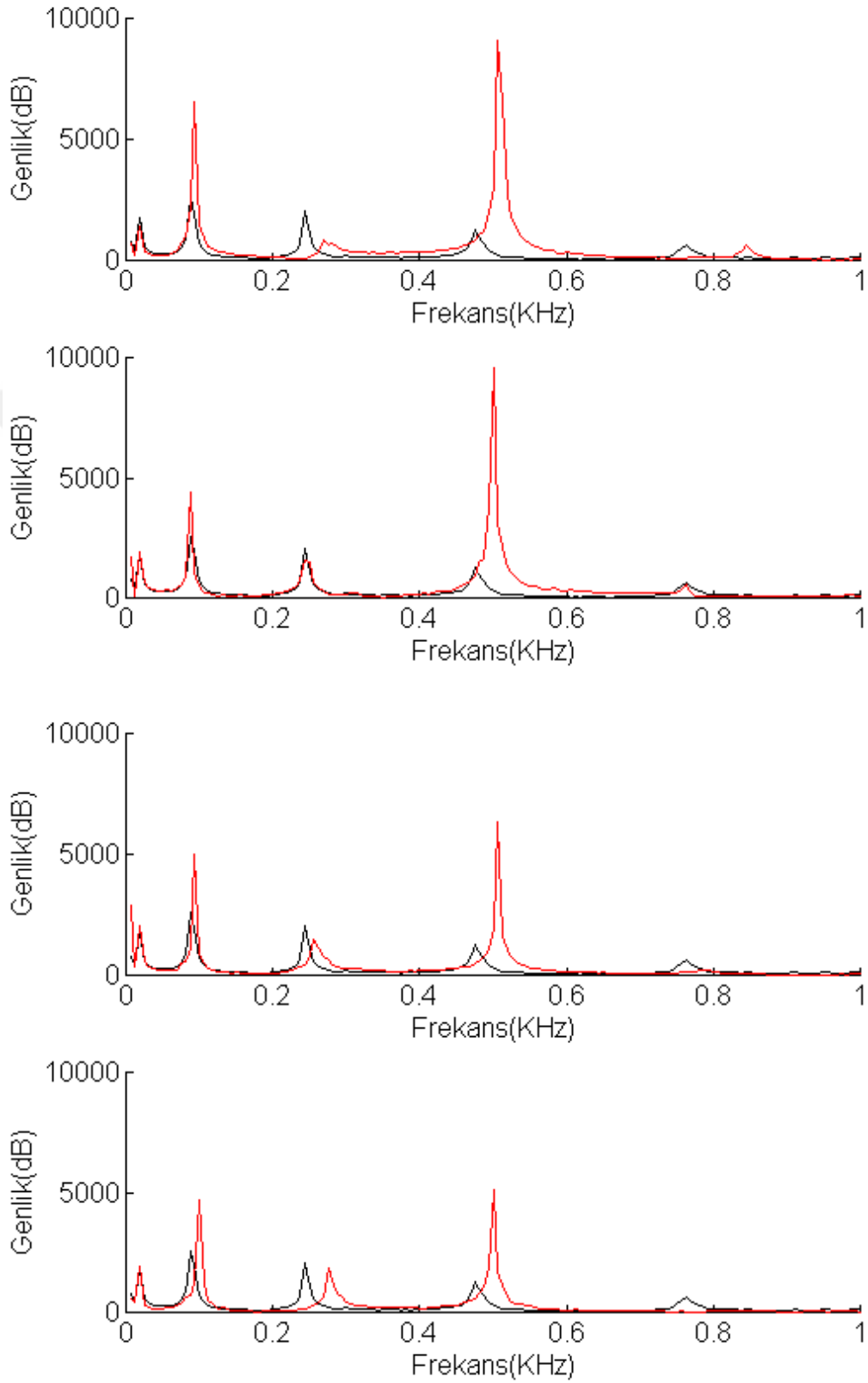
Şekil 4.11 $d=4\text{mm}$, $H=250\text{mm}$, $r=375\text{mm}$ için, $a=165\text{mm}$, 335mm , 375mm , 415mm mesafede iken alınan ivme spektrumları.
 (Siyah Renk: Sağlam Çubuk Kırmızı Renk: Hasarlı Çubuk)



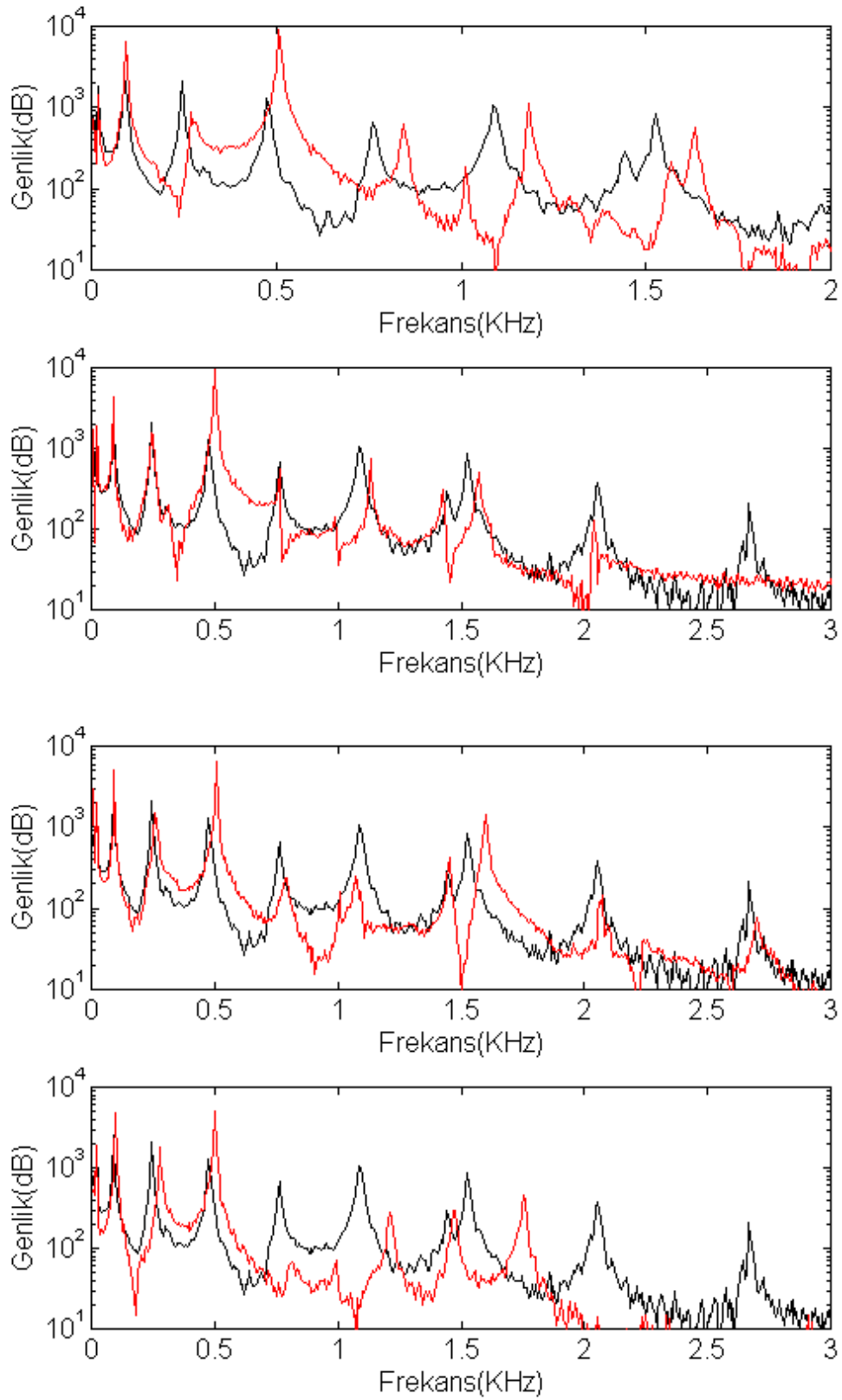
Şekil 4.12 $d=4\text{mm}$, $H=250\text{mm}$, $r=375\text{mm}$ için, $a=165\text{mm}$, 335mm , 375mm , 415mm mesafede iken alınan ivme spektrumları (Logaritmik Skala).
 (Siyah Renk: Sağlam Çubuk Kırmızı Renk: Hasarlı Çubuk)



Şekil 4.13 H=400mm, r=220mm, d=6mm için, a=245mm, 285mm, 315mm, 365mm mesafede iken alınan titreşim sinyalleri.
 (Siyah Renk: Sağlam Çubuk Kırmızı Renk: Hasarlı Çubuk)



Şekil 4.14 H=400mm, r=220mm, d=6mm için, a=245mm, 285mm, 315mm, 365mm mesafede iken alınan ivme spektrumları.
 (Siyah Renk: Sağlam Çubuk Kırmızı Renk: Hasarlı Çubuk)



Şekil 4.15 H=400mm, r=220mm, d=6mm için, a=245mm, 285mm 315mm, 365mm mesafede iken alınan ivme spektrumları (Logaritmik Skala).
 (Siyah Renk: Sağlam Çubuk Kırmızı Renk: Hasarlı Çubuk)

Tablo 1 Hasar derinliği $d=4\text{mm}$, darbe uygulama noktası $r=500\text{mm}$, alıcı nokta $H=250\text{mm}$ için; farklı mesafelerdeki hasarlarda ölçülen frekans ve genlik değerleri

a (mm)	$f_1(\text{Hz})$	$G_{\max 1}$	$f_2(\text{Hz})$	$G_{\max 2}$	$f_3(\text{Hz})$	$G_{\max 3}$
Sağlam Çubuk	94	1550	500	3619	1250	575
165	94	1273	506	4402	1250	175
335	100	1055	525	1803	1300	1750
375	108	897	537	2990	1338	1085
415	113	535	568	2188	1413	1090

Tablo 2 Hasar derinliği $d=4\text{mm}$, darbe uygulama noktası $r=375\text{mm}$, alıcı nokta $H=250\text{mm}$ için; farklı mesafelerdeki hasarlarda ölçülen frekans ve genlik değerleri

a (mm)	$f_1(\text{Hz})$	$G_{\max 1}$	$f_2(\text{Hz})$	$G_{\max 2}$
Sağlam Çubuk	518	1750	1288	1800
165	508	3060	1256	1600
335	525	1520	1306	2940
415	568	1230	1413	2950

Tablo 3 Hasarın bulunduğu yer $a=375\text{mm}$, darbe uygulama noktası $r=500\text{mm}$, alıcı nokta $H=250\text{mm}$ için; farklı hasar büyüklüklerinde ölçülen frekans ve genlik değerleri

a (mm)	$f_1(\text{Hz})$	$G_{\max 1}$	$f_2(\text{Hz})$	$G_{\max 2}$	$f_3(\text{Hz})$	$G_{\max 3}$
Sağlam Çubuk	94	1550	500	3619	1250	575
4	108	897	537	2990	1338	1085
8	107	913	537	3147	1325	1478
12	106	1300	532	4592	1331	1884

Tablo 4 Hasar derinliği $d=8\text{mm}$, darbe uygulama noktası $r=220\text{mm}$, alıcı nokta $H=400\text{mm}$ için; farklı mesafelerdeki hasarlarda ölçülen frekans ve genlik değerleri

a (mm)	$f_1(\text{Hz})$	$G_{\max 1}$	$f_2(\text{Hz})$	$G_{\max 2}$	$f_3(\text{Hz})$	$G_{\max 3}$
Sağlam Çubuk	87	2575	244	2065	475	1275
245	93	6600	269	865	506	9115
285	87	4420	244	1570	500	9587
315	94	4990	256	1480	506	6355
365	98	4715	275	1813	500	5130

Tablo 1 ve Tablo 4’de görüldüğü gibi hasarın bulunduğu nokta, kuvvetin uygulandığı noktaya yaklaştığında, darbe frekansının yüksek frekans bileşenleri hem frekans olarak hem de genlik olarak artmaktadır. Bu da hasarın bulunduğu nokta ile darbenin uygulandığı nokta mesafesinin az olması durumunda hasarın tesbitinin daha kolay olacağını göstermektedir.

Tablo 2’de darbe vuruş noktası değiştirilerek alınan değerler bulunmaktadır. Hasarın bulunduğu nokta vuruş noktasına yaklaştıkça kırışe iletilen darbe frekansının yüksek frekans bileşenlerinde ve genliklerinde artış söz konusudur. Burada alıcı noktanın konumunun fazla önemli olmadığı görülmektedir.

Tablo 3’de hasarın değerinin artması ile darbe frekansının doğal frekansı değerinde fazla bir değişim gözlenmemekte, fakat genliğinde hasar artmasıyla birlikte bir artış gözlemlenmektedir. Buda bize hasarın genlik değişiminden faydalanarak yerinin tesbit edilebilmesi için bir olanak sağlamaktadır.

5. SONUÇ

Statik analiz sonucu bulunan direngenlik katsayısı k değerlerine baktığımızda, boşluk civarında direngenlik azalmaktadır. Direngenliğin azalması bu noktaya vurulması halinde dinamik kuvvetin genliğini ve frekansını etkilemektedir. Vuruş noktası direngenliği yerine parça üzerinde herhangi bir noktaya darbe uygulanarak elde edilen ivme spektrumuna bakılması ölçme tekniği açısından daha uygundur[5]. Günümüzde mikroışlemcili ölçme sistemleri sayesinde istenen spektrumdaki frekans ve genlikler sayısal olarak belirlenebilmektedir. Buda bize incelenen parçaların standartlara uygun olup olmadığını anlama fırsatı verecektir.

Hasar büyük ve vuruş noktasına yakın olduğu zaman tesbit edilmesi daha kolay olmaktadır. Vuruş noktasına uzakta olan hasarları tesbit etmek için alıcı noktayı değiştirmeden vuruş noktasını değiştirerek parçayı taramamız gerekmektedir. Yöntem bilgisayarlı ölçme sistemlerine uygulanabildiğinden, karmaşık şekilli parçalar bilgisayarda modellenerek en uygun vuruş noktası ve en uygun alıcı nokta seçilip hasar taraması daha kolay ve ekonomik olarak yapılabilir.

Bu çalışmada incelenen kirişlerde elde edilen sonuçlar, teorik kısımda bulunan direngenlik katsayısının etkisi ile ilgili sonuçları doğrulamıştır. Darbe Vuruş Testi Metodu ile hasar muayene tekniği deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Daha karmaşık parçalar için sonlu elemanlar yöntemi de kullanılarak, uygun vuruş noktaları belirlenip hasar tesbiti yapılabilir. Darbe Vuruş Testi Metodu kullanılarak hasarın yerinin tesbiti, Yapay Zeka Algoritmalarına uygulanabilirliği araştırılarak Darbe Vuruş Testinin bilgisayar uygulamaları geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

1. CAWLEY P., Low Frequency NDT Techniques for the Detection of Disbonds and Delemination , British Journal of Nondestructive Testing, 32, 454 -461, 1990.
2. KARAGÜLLE H., FİLİK H., Beton Bloklarda Boşlukların Vuruş Testi ile Tahribatsız Muayenesinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile İncelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Araştırma Fonu, 1995.
3. SANSALONE M., NICHOLAS J.C., NELSON N.H., A Finite Element Study Of Transient Wave Propagation in Plates, National Bureau Standarts Gaithersburg, 92, 267- 287, 1987.
4. CAWLEY P., ADAMS R. D., The Mechanics of the Coin-Tap Method of Non-Destructive Testing, Journal of Sound and Vibration, 122(2), 299-316, 1988.
5. DONALD P., SANSALONE M., Impact -Echo Signal Interpretation Using Artificial Intelligence, ACI Materials Journal, 89(2), 178-186, 1992.



EK - A

```

*****
* Program      : ADDMA.BAS                      *
* Description   :DMA data transfer programı     *
*              TİTREŞİM SİNYALLERİ ÖLÇME VE KAYDETME *
*              PROGRAMI                         *
*****

```

```

DECLARE SUB pencere (X, y, renk)

```

```

CLS

```

```

'NY =DA      :DATA SAYISI
'DA1$       :DATA DOSYASI
'a ve B     :ÖRNEKLEME FREKANSI KATSAYILARI

```

```

DIM PARAM%(60)

```

```

DA1$ = "düz": DA2$ = "508": DA = 16000: a = 10: B = 10
NY = DA: DIM y(NY)

```

```

X = -4: y = -4: renk = 14

```

```

CALL pencere(X, y, renk)

```

```

LOCATE 13 + X, 28 + y: PRINT "DATALARIN KAYDEDİLECEĞİ"

```

```

LOCATE 15 + X, 28 + y: PRINT "DOSYA ADINI GIRINIZ(*.M):"

```

```

LOCATE 17 + X, 33 + y: INPUT "", DA$

```

```

IF DA$ = "" THEN DA$ = DA1$

```

```

X = 1: y = 1: renk = 9

```

```

CALL pencere(X, y, renk)

```

```

LOCATE 13 + X, 27 + y: PRINT "DATA SAYISI      = "; DA

```

```

LOCATE 15 + X, 27 + y: PRINT "ÖRNEKLEME FREKANSI = "; 10000 / (a *
B); "KHz"

```

```

LOCATE 17 + X, 27 + y: PRINT "DOSYA ADI      = "; DA$; DA2$

```

```

LOCATE 19 + X, 27 + y: PRINT "Press any key to continue..."

```

```

DO

```

```

LOOP WHILE INKEY$ = ""

```



```

DIM DAT%(DA)           ' Conversion data buffer
PARAM%(0) = 0          ' Board number
PARAM%(1) = &H300      ' Base I/O address
PARAM%(5) = a          ' Pacer rate = 1M / (10 * 20) = 5 KHz
PARAM%(6) = B          '
PARAM%(7) = 0          ' Trigger mode, 0 : pacer trigger
PARAM%(10) = VARPTR(DAT%(0)) ' Offset of A/D data buffer A
PARAM%(11) = VARSEG(DAT%(0)) ' Segment of A/D data buffer A
PARAM%(12) = 0          ' Data buffer B address, if not used,
PARAM%(13) = 0          ' must set to 0.
'
' If your BASICA does not support VARSEG() function, you can put 0
' to PARAM%(11), it means to use current data segment.
' If you want to use the absolute memory address, please follow the steps.
' PARAM%(10) = 0          ' Make sure 7000:0 is empty.
' PARAM%(11) = &H7000
' DEF SEG = &H7000      ' Define segment
' After data conversion finished then use PEEK function to transfer data.
'
PARAM%(15) = 0          ' A/D conversion start channel
PARAM%(16) = 0          ' A/D conversion stop channel
PARAM%(17) = 8          ' Overall gain code, 8 : +/- 10V
' PARAM%(45) :          ' Error Code
' PARAM%(46) :          ' Return Value 0
' PARAM%(47) :          ' Return Value 1
'
    FUN% = 3            ' FUNCTION 3
    CALL PCL818(FUN%, SEG PARAM%(0)) ' Func 3 : Hardware
initialization
    IF PARAM%(45) <> 0 THEN PRINT "DRIVER INITIALIZATION
FAILED !": STOP

    FUN% = 4            ' FUNCTION 4
    CALL PCL818(FUN%, SEG PARAM%(0)) ' Func 4 : A/D initialization
    IF PARAM%(45) <> 0 THEN PRINT "A/D INITIALIZATION FAILED !":
STOP

LOCATE 24, 1: PRINT "DATALAR"
    VIEW PRINT 25 TO 30
DO

```

```

PARAM%(14) = 1                ' A/D conversion number
FUN% = 5                      ' FUNCTION 5
CALL PCL818(FUN%, SEG PARAM%(0))
IF PARAM%(45) <> 0 THEN PRINT "A/D DMA DATA TRANSFER
FAILED !": STOP
DAT = (20! * (((DAT%(0) AND &HFFF0) / 1) AND &HFFF) / 4096! +
(-10!))
PRINT "DAT:"; DAT
FOR w = 1 TO 7000: NEXT w
IF ABS(DAT) < .1 THEN EXIT DO
LOOP

```

```

DO
PARAM%(14) = 2
FUN% = 5                      ' FUNCTION 5
CALL PCL818(FUN%, SEG PARAM%(0))
IF PARAM%(45) <> 0 THEN PRINT "A/D DMA DATA TRANSFER
FAILED !": STOP
DAT = (20! * (((DAT%(1) AND &HFFF0) / 1) AND &HFFF) / 4096! +
(-10!)): PRINT "DAT:"; DAT
IF ABS(DAT) > .2 THEN PRINT "DAT1="; DAT: EXIT DO

LOOP

```

```

PARAM%(14) = DA                ' A/D conversion number

s! = TIMER
FUN% = 5                      ' FUNCTION 5
CALL PCL818(FUN%, SEG PARAM%(0))
f! = TIMER
IF PARAM%(45) <> 0 THEN PRINT "A/D DMA DATA TRANSFER
FAILED !": STOP

```

```

VIEW PRINT 1 TO 30
X = 6: y = 6: renk = 10
CALL pencere(X, y, renk)
LOCATE 15 + X, 27 + y: PRINT "™RNEKLEME SŞRESI="; f! - s!; "sn"
LOCATE 17 + X, 27 + y: PRINT "Press any key to continue..."

```

```

REM DO
REM LOOP WHILE INKEY$ = ""

```

```

OPEN "c:\aski\mfile1\" + DA$ + DA2$ + ".M" FOR OUTPUT AS #4
'datarlar□ kaydetme
    PRINT #4, "y"; DA2$; "="
    FOR I = 0 TO PARAM%(14) - 1
        PRINT #4, (20! * (((DAT%(I) AND &HFFF0) / 1) AND &HFFF) /
4096! + (-10!))
        y(I + 1) = (20! * (((DAT%(I) AND &HFFF0) / 1) AND &HFFF) /
4096! + (-10!))
    NEXT I
    PRINT #4, "];"
CLOSE #4

YMIN = -10: ymax = 10
SCREEN 2: GOSUB 10000

' PRINT " BEKLEYINIZ..."
' OPEN "c:\aski\mfile1\" + DA$ + DA2$ ".M" FOR INPUT AS #6
' nfft = 4096
' DIM fr(nfft), fi(nfft), X(1)
' DIM Y(nfft)
' FOR I = 1 TO nfft: fr(I) = y(I): NEXT I
' CLOSE #6

' FOR I = 1 TO nfft: fi(I) = 0: NEXT I
' itr = 1: GOSUB 20000: GOSUB 30000
' CLS : SCREEN 2: GOSUB 10000

CLOSE ALL

END

'$INCLUDE: '\STEP\SUB\FFT.SUB'
'$INCLUDE: 'CURSOR.SUB'

' FOR I = 0 TO PARAM%(14) - 1 ' Display data
' PRINT USING "DATA[ ### ] = ##.## V "; I; (20! * DAT%(I) / 4096! + (-
10!))
' NEXT I

```

```
'      Because of the data format, shift right 4 bits to get real value.
'      The data in low nybble is A/D channel number from which this data
converted.
' 20      :      A/D input range (-10V to 10V) => 20 = 10 - (-10)
' DAT%(I) :      A/D input data
' (-10)   :      A/D input range -10 V
```

```
SUB cursor
10000 REM Plotting subroutine
'
'Inputs: ny,y()
'      kxy,x(),xmin,xmax (kxy=0,1:no x data, x() data also)
'      kbox,kplt,kret (kbox=0,1:box, no box)
'              (kplt=0,1,2:Line,circle+line,L+line)
'              (kret=0,1:plot and wait,return)
'      kset (kset=0,1(set to zero,keep the parameters)
'      ny1,ny2
'      ymin,ymax,m$ (m$:message,prints m$,xmin,xmax,ymin,ymax)
'      x0,y0,xln,yln (koordinates of box edges)
x1 = 100: y1 = 100: IF xln = 0 THEN 10005
x1 = x0 + CINT(100 * xln / 20.9): IF x1 > 100 THEN x1 = 100
IF yln = 0 THEN 10005
y1 = y0 + CINT(100 * yln / 15): IF y1 > 100 THEN y1 = 100
10005 IF YMIN <> ymax THEN 10010
      YMIN = Y(1): ymax = YMIN
      FOR i = 1 TO NY
      IF YMIN > Y(i) THEN YMIN = Y(i)
      IF ymax < Y(i) THEN ymax = Y(i)
      NEXT i
      IF YMIN = ymax THEN YMIN = -1: ymax = 1
10010 IF ny1 <> ny2 THEN 10020
      ny1 = 1: ny2 = NY
10020 IF XMIN <> xmax THEN 10025
      XMIN = ny1: xmax = ny2
      IF kxy = 0 THEN 10025
      XMIN = X(ny1): xmax = XMIN
      FOR i = ny1 TO ny2
```

```

    IF XMIN > X(i) THEN XMIN = X(i)
    IF xmax < X(i) THEN xmax = X(i)
    NEXT i
10025 IF kbox = 1 THEN 10040
    XL = 5.93 * x0: xr = 5.93 * x1: YD = 199 - 1.77 * y0: YU = 199 - 1.77 * y1
    xw = xr - XL: yw = YD - YU: XS = xw / (xmax - XMIN): YS = yw / (ymax -
YMIN)
'Plot box
    LINE (XL, YD)-(xr, YD): LINE -(xr, YU): LINE -(XL, YU): LINE -(XL, YD)
    LOCATE 1, 1: PRINT m$; ", "; XMIN; ", "; xmax; ", "; YMIN; ", "; ymax;
10040 REM plot origin and curve
    X = XL: IF kxy = 1 THEN X = XL + XS * (X(ny1) - XMIN)
    Y = YD - YS * (Y(ny1) - YMIN)
    IF Y < YU THEN Y = YU
    IF Y > YD THEN Y = YD
    PSET (X, Y)
    IF kplt = 1 THEN CIRCLE (X, Y), 4
    IF kplt = 2 THEN LINE (X + 4, Y)-(X, Y): LINE (X, Y + 4)-(X, Y)
    FOR i = ny1 + 1 TO ny2
    ix = i: IF kxy = 1 THEN ix = X(i)
    X = XL + XS * (ix - XMIN): Y = YD - YS * (Y(i) - YMIN)
    IF Y < YU THEN Y = YU
    IF Y > YD THEN Y = YD
    LINE -(X, Y)
    IF kplt = 1 THEN CIRCLE (X, Y), 4
    IF kplt = 2 THEN LINE (X, Y)-(X, Y + 4): LINE (X + 4, Y)-(X, Y)
    NEXT i
    IF kret = 1 THEN 11015

NC = CINT(NY / 2): NCP = NC: GOSUB 11500

11000 a$ = INKEY$: IF a$ = "" THEN 11000
    IF a$ = CHR$(27) THEN 11005
    IF a$ = CHR$(0) + "M" THEN 11001
    IF a$ = CHR$(0) + "K" THEN 11002
    GOTO 11000
11001 NCP = NC: NC = NC + 1
    IF NC > NY - 1 THEN : NC = NC - 1: NCP = NC: GOTO 11000
    GOSUB 11500: GOTO 11000
11002 NCP = NC: NC = NC - 1
    IF NC < 2 THEN NC = NC + 1: NCP = NC: GOTO 11000
    GOSUB 11500: GOTO 11000

```

```

11005 CLS : PRINT " Changing parameters": PRINT
      PRINT "ny1="; ny1; " ny2="; ny2; " ymin="; YMIN; " ymax="; ymax;
      PRINT " xmin="; XMIN; " xmax="; xmax: PRINT
      PRINT " 1. ny1,ny2"
      PRINT " 2. ymin,ymax"
      IF kxy = 1 THEN PRINT " 3. xmin,xmax"
      PRINT " P. Plot"
      PRINT " Esc. Exit"
11010 a$ = INKEY$: IF a$ = "" THEN 11010
      IF a$ = CHR$(27) THEN CLS : GOTO 11015
      IF a$ = "1" THEN 11040
      IF a$ = "2" THEN 11030
      IF a$ = "3" AND kxy = 1 THEN 11050
      IF a$ = "P" OR a$ = "p" THEN CLS : GOTO 10000
11015 IF kset = 1 THEN RETURN
      kxy = 0: XMIN = 0: xmax = 0: kbox = 0: kplt = 0: kret = 0: x0 = 0: x1 = 0: y0
= 0: y1 = 0
      ny1 = 0: ny2 = 0: YMIN = 0: ymax = 0: m$ = " ": xln = 0: yln = 0: kset = 0:
RETURN
11020 GOTO 11010
11030 INPUT " Enter ymin,ymax : ", YMIN, ymax: GOTO 11005
11040 INPUT " Enter ny1,ny2 : ", ny1, ny2
      IF kxy = 0 THEN XMIN = ny1: xmax = ny2
      GOTO 11005
11050 INPUT " Enter xmin,xmax : ", XMIN, xmax: GOTO 11005

11500 XP = XL + XS * (NCP - XMIN): LINE (XP, YD - 4)-(XP, YU + 4), 0
      YP = YD - YS * (Y(NCP) - YMIN)
      X = XL + XS * (NC - XMIN): LINE (X, YD - 4)-(X, YU + 4)
      Y = YD - YS * (Y(NC) - YMIN)
      LINE (XP, YP)-(X, Y)
      LOCATE 1, 60: PRINT " ";
      LOCATE 1, 60: PRINT (NC * .06975); "); Y(NC)
      LOCATE 1, 60: PRINT NC; "); Y(NC)
      YP = Y: XP = X
      RETURN

END SUB

```

SUB pencere (X, y, renk)

SCREEN 12

VIEW SCREEN (170 + X * 8, 150 + y * 16)-(470 + X * 8, 320 + y * 16), renk, 0

LOCATE 10 + X, 21 + y: PRINT CHR\$(201)

FOR I = 1 TO 39

LOCATE 10 + X, 21 + y + I: PRINT CHR\$(205)

NEXT I

LOCATE 10 + X, 60 + y: PRINT CHR\$(187)

FOR I = 1 TO 10

LOCATE 10 + X + I, 21 + y: PRINT CHR\$(186)

LOCATE 10 + X + I, 60 + y: PRINT CHR\$(186)

NEXT I

LOCATE 21 + X, 21 + y: PRINT CHR\$(200)

FOR I = 1 TO 39

LOCATE 21 + X, 21 + y + I: PRINT CHR\$(205)

NEXT I

LOCATE 21 + X, 60 + y: PRINT CHR\$(188)

END SUB

** VURUŞ NOKTALARI DİRENGENLİK ANALİZİ İÇİN OLUŞTURULAN
ANSYS 5.0 A GİRİŞ PROGRAMI

```

/COM,ANSYS REVISION 5.0      A      15:36:54  07/08/1994
/input,start ,ans ,\ANSYS50A\DOCU\      .....,1
/PREP7
ETYP
STAT
ETYP
STAT
ET, 1,shell63
R, 1
RMOD, 1, 1,0.004
ESHAPE,2
MP,DENS,1,7816
MP,EX,1,3e10
MP,NUXY,1,.35

RECTNG,,.163,,.029
aplot
WPOFFS,.163
aplot
RECTNG,,.001,,.029
aplot
WPOFFS,.001
RECTNG,,.001,,.025
aplot
WPOFFS,.001
aplot
RECTNG,,.335,,.029
aplot
lplot

LESIZE,P50X,,4
4
LESIZE,P50X,,4
4
LESIZE,P50X,,4
2
LESIZE,P50X,,4
6

```



```
lplot
LESIZE,P50X,,4
16
LESIZE,P50X,,4
14
LESIZE,P50X,,10
3
LESIZE,P50X,,10
1
LESIZE,P50X,,1
7
LESIZE,P50X,,1
5
```

```
LESIZE,P50X,,24
15
LESIZE,P50X,,24
13
LESIZE,P50X,,2
11
LESIZE,P50X,,2
9
LESIZE,P50X,,2
12
LESIZE,P50X,,2
10
```

```
AMESH,ALL
```

```
nplot
```

```
nummrg,all
```

```
eplot
```

```
FINISH
```

```
/VIEW,ALL, 1, 1, 1
```

```
/ANGL,ALL,0
```

```
/REPLOT
```

```
! THE FOLLOWING SELECT COMMANDS WERE GENERATED BY THE  
ALLSEL COMMAND
```

```
VSEL,ALL
```

```
ASEL,ALL
```

```
LSEL,ALL
```

```
KSEL,ALL
```

```
ESEL,ALL
```

```
NSEL,ALL
```

FINI

