

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SIVI SÖNÜMLEYİCİ SİSTEMLERİN YAPILARIN SÖNÜM KAPASİTELERİNE
ETKİSİNİN SARSMA MASASI KULLANILARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Ali YETİŞKEN

**KASIM 2016
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SIVI SÖNÜMLEYİCİ SİSTEMLERİN YAPILARIN SÖNÜM KAPASİTELERİNE
ETKİSİNİN SARSMA MASASI KULLANILARAK İNCELENMESİ**

Ali YETİŞKEN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 / 10 / 2016

Tezin Savunma Tarihi : 04 / 11 / 2016

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK

Trabzon 2016

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Ali YETİŞKEN Tarafından Hazırlanan**

**SIVI SÖNÜMLEYİCİ SİSTEMLERİN YAPILARIN SÖNÜM KAPASİTELERİNE
ETKİSİNİN SARSMA MASASI KULLANILARAK İNCELENMESİ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 18 / 10 / 2016 gün ve 1672 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Volkan KAHYA

Üye : Doç. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK

Üye : Doç. Dr. Barış SEVİM

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

“Sıvı Sönümleyici Sistemlerin Yapıların Sönüm Kapasitelerine Etkisinin Sarsma Masası Kullanılarak İncelenmesi” isimli tez çalışmasını bana öneren ve her bir aşamasında gerek bilgi ve tecrübelerini gerekse maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK'a içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamı başından beri takip eden, inceleyen ve görüşlerini benimle paylaşan değerli hocalarım Prof. Dr. Talat Şükrü ÖZŞAHİN, Doç. Dr. Volkan KAHYA, Doç. Dr. Süleyman ADANUR, Arş. Gör. Murat GÜNAYDIN, Arş Gör. Sebahat KARACA ve Arş. Gör. Ali Fuat GENÇ'e teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her bir bölümünde yanımda olan ve yardımlarıyla bu çalışmanın başarıya ulaşmasında büyük katkısı olan değerli meslektaşlarım İnş. Müh. Fatih Yesevi OKUR, İnş. Müh. Ebru KALKAN, İnş. Müh. Fatma ÖNALAN, İnş. Müh. Olguhan Şevket KARAHASAN, İnş Müh. Yunus Emrahan AKBULUT, İnş. Müh. Özgün BIÇAK ve İnş. Müh. Onur Oğuz ÖZTÜRK'e teşekkür ederim Ayrıca ev arkadaşım Murat BAŞER'e göstermiş olduğu ilgiden dolayı teşekkür ederim.

Sarsma masasının okula kazandırılmasında emeği geçen İnş. Müh. Muhammed PARLAK, İçmimar Tuğçenur METİN, İnş. Müh. Ulaş ÖZÇELİK ve İnş Müh. Ertuğ ERARTSIN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamın sağlıklı bir şekilde yürütülmesi kapsamında projemde bana maddi destek sağlayan Çelebi Group İnşaat Yönetim Kurulu Başkanı Akın ÇELEBİ'ye teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca her türlü desteğini benden esirgemeyen babam Hamit YETİŞKEN'e annem Esengül YETİŞKEN'e ve kardeşlerim Fatma YETİŞKEN ile Yasemin YETİŞKEN'e göstermiş oldukları sabırdan dolayı minnettar olduğumu belirtir, bu çalışmamın yeni çalışmalara ışık tutması ve ülkemize faydalı olmasını temenni ederim.

Ali YETİŞKEN
Trabzon 2016

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “SIVI SÖNÜMLEYİCİ SİSTEMLERİN YAPILARIN SÖNÜM KAPASİTELERİNE ETKİSİNİN SARSMA MASASI KULLANILARAK İNCELENMESİ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK‘ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 08/11/2016

Ali YETİŞKEN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ	XVIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XXII
1 GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Sönüm Amaçlı Titreşim Kontrol Sistemleri	1
1.2.1. Sismik İzolasyon.....	2
1.2.1.1. Düşük sönümlü Doğal ve Sentetik Kauçuk İzolatörler	3
1.2.1.2. Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörler.....	3
1.2.1.3. Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk İzolatörler	4
1.2.1.4. Kayma Tipi İzolatörler	4
1.2.1.5. Yaylar	4
1.2.2. Pasif Kontrol Sistemleri.....	4
1.2.2.1. Metalik Sönümleyiciler	5
1.2.2.2. Sürtünme Tipi Sönümleyiciler.....	5
1.2.2.3. Visko-Elastik Sönümleyiciler	6
1.2.2.4. Viskoz Akışkanlı Sönümleyiciler	6
1.2.2.5. Ayarlı Kütle Sönümleyiciler (AKS)	7
1.2.2.6. Ayarlı Sıvı Sönümleyiciler (ASS)	8
1.2.2.7. Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyiciler (AKSS)	9
1.2.3. Aktif Kontrol Sistemleri	9
1.2.4. Yarı-aktif Kontrol Sistemleri	10
1.3. Sarsma Masası	10
1.3.1. Genel Bakış.....	13
1.3.2. Sarsma Masasının Avantajları	14
1.3.3. Sarsma Masasının Dezavantajları.....	15

1.3.4.	Sarsma Masasının Kullanımı Hakkında Öneriler	15
1.4.	Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyiciler (AKSS) ile İlgili Yapılan Çalışmalar	16
1.5.	Tezin Amaç ve İçeriği	21
1.6.	Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyici (AKSS) Matematik Modeli.....	22
1.7.	Vuru Olayı	23
1.8.	Sönüm Oranının Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi	23
1.8.1.	Logaritmik Azalım Yöntemi.....	24
1.8.2.	Yarım Güç Bant Genişliği Yöntemi	25
1.9.	Sonlu Eleman Yöntemine Dayalı Dinamik Karakteristiklerin Analitik Olarak Belirlenmesi	26
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR.....	27
2.1.	Giriş	27
2.2.	Deneylerde Kullanılan Sarsma Masasının Teknik Özellikleri ve Kullanımı	27
2.2.1.	Bağlantılar ve Başlangıç	29
2.2.2.	Sarsma Masasına Ait Kontrol Yazılımı ve Veri Alma Sistemi	32
2.2.2.1.	Testlab Shake Table Yazılımı.....	32
2.2.2.1.1.	Yazılımın Kurulumu	33
2.2.2.1.2.	IP Ayarlarının Yapılması	33
2.2.2.1.3.	Başlangıç Ayarları	34
2.2.2.1.4.	Program İşlevleri	35
2.2.2.1.5.	Grafik ve Ekranlar	36
2.2.2.1.6.	Hareket ve Masa Konumunu Ayarlama	36
2.2.2.2.	Testlab Network Yazılımı ve Donanımı.....	40
2.2.2.2.1.	İvmeölçerler ve Bağlantısı	40
2.2.2.2.2.	Testlab Network Yazılımı	41
2.3.	Kayma Çerçevesinin Tasarımı ve Dinamik Karakteristiklerinin Analitik ve Deneysel Olarak Belirlenmesi	43
2.3.1.	Dinamik Karakteristiklerin Sonlu Eleman Yöntemiyle Analitik Olarak Belirlenmesi	45
2.3.2.	Dinamik Karakteristiklerin Deneysel Modal Analiz (DMA) Yöntemiyle Belirlenmesi	46
2.3.3.	Sönüm Oranının Sarsma Masası Yardımıyla Belirlenmesi	48

2.4.	Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyici'nin (AKSS) Tasarımı ve Dinamik Karakteristiklerinin Sarsma Masası Yardımıyla Elde Edilmesi	63
2.5.	AKSS Sisteminin Kayma Çerçevesiyle Birlikte Tasarımı (KÇAKSS) ve Dinamik Karakteristiklerinin Sarsma Masası Yardımıyla Elde Edilmesi	67
2.6.	Silindirik Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyici'nin (SAKSS) Tasarımı ve Dinamik Karakteristiklerinin Sarsma Masası Yardımıyla Elde Edilmesi	101
2.7.	SAKSS Sisteminin Kayma Çerçevesiyle Birlikte Tasarımı (KÇSAKSS) ve Dinamik Karakteristiklerinin Sarsma Masası Yardımıyla Elde Edilmesi.....	102
2.8.	AKSS Sisteminin Teorik Frekans Formülünün Değerlendirilmesi	140
3.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	141
4.	KAYNAKLAR	145
ÖZGEÇMİŞ		

SIVI SÖNÜMLEYİCİ SİSTEMLERİN YAPILARIN SÖNÜM KAPASİTELERİNE ETKİSİNİN
SARMSA MASASI KULLANILARAK İNCELENMESİ

Ali YETİŞKEN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK
2016, 146 (Tez Sayfa),

Bu tez çalışması, mühendislik yapılarının dinamik davranışlarının özellikle sönüm kapasitelerinin sıvı sistemler kullanılarak, analitik ve deneysel yöntemlerle artırılmasını konu edinmektedir. Bu amaçla, laboratuvar ortamında oluşturulan kayma çerçevesi, akışkan kolon sıvı sönümleyici ve silindirik akışkan sıvı sönümleyici sistemler ile sarsma masası üzerinde deneysel, sonlu eleman programlarıyla da analitik olarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Yüksek lisans tez çalışması üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm genel bilgiler bölümü olup, akışkan kolon sıvı sönümleyiciler ile ilgili çalışmalar, yapıların sönüm kapasitelerinin artırılması amacıyla kullanılan sistemler ile sarsma masası hakkında genel bilgiler bu bölümde sunulmuştur. Ayrıca, akışkan kolon sıvı sönümleyici, sonlu eleman analiz yöntemi ve sönüm oranı hesabına ait bazı formülasyonlar da bu bölümde sunulmuştur. İkinci bölümde; yapılan çalışmalar ve bu çalışmalardan elde edilen bulgulara yer verilmektedir. Bu bölümde yapılan çalışmalar beş kısma ayrılmıştır. İlk kısımda, çelik bir kayma çerçevesi oluşturulmuş, kayma çerçevesinin sönüm oranı ve hakim frekansı gibi dinamik karakteristikleri analitik ve deneysel olarak belirlenmiş ve sarsma masası aracılığıyla çerçeveye zorlanmış titreşim testleri uygulanmıştır. İkinci kısımda, oluşturulan kayma çerçevesinin dinamik karakteristikleri dikkate alınarak ayarlı kolon sıvı sönümleyici tasarlanmış ve deneysel olarak frekans, yük kaybı katsayısı gibi karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Ek olarak, kayma çerçevesi tepe noktasına mesnetlenen ayarlı kolon sıvı sönümleyici ile birlikte tasarlanmış ve zorlanmış titreşim testleri uygulanmıştır. Üçüncü kısımda, tasarlanan bu sistem çeşitli açılarla birlikte incelenmiş ve dinamik karakteristikleri bakımından karşılaştırılmıştır. Son iki kısımda, yenilikçi silindirik ayarlı kolon sıvı sönümleyici tasarlanmış ve ayarlı kolon sıvı sönümleyici için yapılan tüm testler bu yenilikçi sistem için tekrarlanmıştır. Kayma çerçevesi ve kayma çerçevesinin sıvı sistemlerle tasarımı karşılaştırılmıştır. Üçüncü bölümde; tez çalışmasından elde edilen sonuçlara ve yapılan önerilere yer verilmektedir. Bu bölümü kaynaklar ve özgeçmiş izlemektedir.

Anahtar Kelimeler : Silindirik Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyici, Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyici, Sarsma Masası, , Sönüm, Dinamik Karakteristik, Açılı Dinamik Yük, Dinamik Davranış.

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF LIQUID DAMPER SYSTEMS ON DAMPING CAPACITIES OF STRUCTURES USING SHAKING TABLE TEST

Ali YETİŞKEN

Karadeniz Technical University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Ahmet Can ALTUNIŞIK
2016, 146 Pages,

In this thesis, the increase of dynamic behavior of engineering structures using liquid systems is considered with analytical and experimental methods. For this purpose, shear frame is created in the laboratory, tuned liquid column damper and cylindrical tuned liquid column damper are performed experimentally using shaking table tests and analytically using finite element method.

Master's thesis mainly consists of three parts. The first part is a chapter about containing general information. A literature review about tuned liquid column damper, the systems used in order to increase damping capacity of the structures and general information about shaking table tests are also presented in this chapter. Besides, some formulations about tuned liquid column damper, finite element analysis method and calculation of damping ratio, are given in this chapter. In the second section of this thesis, analytical and experimental studies and findings from these studies are given. The studies in this section are divided into five parts. In the first part, a steel shear frame is formed, dynamic characteristics of the shear frame such as damping ratio and dominant frequency are determined analytically and experimentally and forced vibration tests are performed to the frame with the shaking table tests. In the second part, tuned liquid column damper are designed considering dynamic characteristics of shear frame and characteristic features such as frequency and head-loss coefficient are identified. In addition, shear frame and tuned liquid column damper are designed together and forced vibration tests are applied to the mechanism. In the third part, this system is designed with different angles examined and compared in terms of dynamic characteristics. Innovative cylindrical tuned liquid column damper are designed and all tests for tuned liquid column damper are repeated for this innovative system in last two parts. Shear frame and the design of liquid systems with shear frame are compared. In the third part of this thesis, conclusions and some suggestions related to the thesis study are represented. Lastly, references and autobiography are represented.

Key Words : Cylindrical Tuned Liquid Column Damper, Shaking Table Test, Damping, Dynamic Characteristic, Angle Dynamic Load, Dynamic Behavior.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Kolon tabanına yerleştirilen izolatör.....	3
Şekil 1.2. Dikdörtgen metalik titreşim sönümleyici.....	5
Şekil 1.3. Visko-elastik sönümleyici ve yerleşim detayı	6
Şekil 1.4. Viskoz akışkanlı sönümleyici	7
Şekil 1.5. Ayarlı kütle sönümleyicileri (AKS) çalışma prensibi.....	8
Şekil 1.6. Çalkalanma Problemi için Mekanik Model	8
Şekil 1.7. U kesite sahip ayarlı kolon sıvı sönümleyici sistemi	9
Şekil 1.8. Aktif kontrol sistemine ait akış şeması	10
Şekil 1.9. Sarsma masasına ait genel görünüş.....	11
Şekil 1.10. Sarsma masasının teknik donanım parçaları	14
Şekil 1.11. AKSS matematik modeli	22
Şekil 1.12. Vuru Olayı.....	23
Şekil 1.13. Kritik altı sönüme sahip bir sistemin titreşim tepki grafiği	24
Şekil 1.14. Yarım bant genişliği metodu.....	25
Şekil 2.1. Sarsma masasının üst kısım ölçüleri (birimler mm cinsindedir)....	29
Şekil 2.2. Güç ve acil buton bağlantısı.....	30
Şekil 2.3. Acil durum butonu	30
Şekil 2.4. Servo-motor bağlantısı.....	31
Şekil 2.5. Kontroller bağlantı noktaları.....	31
Şekil 2.6. Motor sürücü üzerindeki mini ekranda hazır(rdy) işareti	32
Şekil 2.7. Testlab Shake Table yazılımı ana ekranı	33
Şekil 2.8. Yazılımın çalışması için gerekli IP atama işlemi.....	34
Şekil 2.9. Testlab Shake Table açılış ayarları	35
Şekil 2.10. Yazılımın programa gerekli işlevleri ilettiği kısım.....	35
Şekil 2.11. Verilen ivme kaydına ait grafikler	36
Şekil 2.12. Sarsma masasının konumunun ayarlanması	37
Şekil 2.13. Harmonik hareket ve parametreleri.....	37
Şekil 2.14. Masaya önceden oluşturulan ivme veya yol zaman grafiklerinin tanıtılması.....	38
Şekil 2.15. Girilen ivmeye ait özelliklerin sisteme tanıtılması	38
Şekil 2.16. Veri olarak girilen kaydın grafik olarak çizimi.....	39

Şekil 2.17.	Veri toplama sistemi donanımı	40
Şekil 2.18.	İvmeölçer soketleri.....	41
Şekil 2.19.	İvmeölçer ve ölçüm yönünü gösteren işaret	41
Şekil 2.20	Veri toplama sisteminin sarsma masasına bağlantı soketi	42
Şekil 2.21.	Testlab Network yazılımı ana menüsü.....	42
Şekil 2.22.	Kaydedilecek verinin özellikleri	43
Şekil 2.23.	Kayma çerçevesine ait alt levha çizimi (Birimler mm cinsindedir).....	44
Şekil 2.24.	Tasarlanan kayma çerçevesi.....	44
Şekil 2.25.	Kayma çerçevesine ait sonlu eleman modeli ve mod şekilleri	45
Şekil 2.26.	Deneysel modal analiz yöntemiyle dinamik karakteristiklerin belirlenmesi.....	46
Şekil 2.27.	Kayma çerçevesinden elde edilen spektral yoğunluk matrisleri ve kararlılık diyagramı.....	47
Şekil 2.28.	0 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	49
Şekil 2.29.	0 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	50
Şekil 2.30.	15 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	51
Şekil 2.31.	15 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	52
Şekil 2.32.	30 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	53
Şekil 2.33.	30 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	54
Şekil 2.34.	45 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	55
Şekil 2.35.	45 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	56
Şekil 2.36.	60 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	57
Şekil 2.37.	60 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	58
Şekil 2.38.	75 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	59
Şekil 2.39.	75 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	60

Şekil 2.40.	90 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	61
Şekil 2.41.	90 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	62
Şekil 2.42.	Modellenen AKSS'ye ait geometrik özellikler (Birimler mm cinsindedir).....	64
Şekil 2.43.	Deneye hazır AKSS sistemi.....	64
Şekil 2.44.	4 ve 8 mm genlikli Δh -frekans grafiği	66
Şekil 2.45.	KÇAKSS düzeneği	68
Şekil 2.46.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	69
Şekil 2.47.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	69
Şekil 2.48.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.20Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	70
Şekil 2.49.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.30Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	70
Şekil 2.50.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.35Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	71
Şekil 2.51.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.40Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	71
Şekil 2.52.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.45Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	72
Şekil 2.53.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.50Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	72
Şekil 2.54.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.55Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	73
Şekil 2.55.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.60Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	73
Şekil 2.56.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.65Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	74
Şekil 2.57.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.70Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	74
Şekil 2.58.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.80Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	75
Şekil 2.59.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.90Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	75
Şekil 2.60.	0 derece açıyla 1mm genlikli 2.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	76

Şekil 2.61.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	76
Şekil 2.62.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.10Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	77
Şekil 2.63.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.20Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	77
Şekil 2.64.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.30Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	78
Şekil 2.65.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.35Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	78
Şekil 2.66.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.40Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	79
Şekil 2.67.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.45Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	79
Şekil 2.68.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.50Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	80
Şekil 2.69.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.55Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	80
Şekil 2.70.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.60Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	81
Şekil 2.71.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.65Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	81
Şekil 2.72.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.70Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	82
Şekil 2.73.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.80Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	82
Şekil 2.74.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.90Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	83
Şekil 2.75.	0 derece açıyla 2mm genlikli 2.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	83
Şekil 2.76.	0 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	85
Şekil 2.77.	0 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	86
Şekil 2.78.	15 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	87

Şekil 2.79.	15 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	88
Şekil 2.80.	30 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	89
Şekil 2.81.	30 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	90
Şekil 2.82.	45 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	91
Şekil 2.83.	45 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	92
Şekil 2.84.	60 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	93
Şekil 2.85.	60 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	94
Şekil 2.86.	75 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	95
Şekil 2.87.	75 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	96
Şekil 2.88.	90 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	97
Şekil 2.89.	90 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	98
Şekil 2.90.	Kayma çerçevesi ile KÇAKSS sisteminin maksimum ivme, hız ve yerdeğiştirme ile sönümlerinin açığa bağlı karşılaştırılması.....	100
Şekil 2.91.	Modellenen SAKSS'ye ait geometrik özellikler (Birimler mm cinsindedir).....	102
Şekil 2.92.	Kullanılan çelik kalıplar ve silindir camlar.....	102
Şekil 2.93.	Deneye hazır SAKSS sistemi.....	103
Şekil 2.94.	2 ve 4 mm genlikli Δh -frekans grafiği.....	104
Şekil 2.95.	KÇAKSS düzeneğine ait görünüşler.....	106

Şekil 2.96.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	107
Şekil 2.97.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.10Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	108
Şekil 2.98.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.20Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	108
Şekil 2.99.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.30Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	109
Şekil 2.100.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.35Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	109
Şekil 2.101.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.40Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	110
Şekil 2.102.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.45Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	110
Şekil 2.103.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.50Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	111
Şekil 2.104.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.55Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	111
Şekil 2.105.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.60Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	112
Şekil 2.106.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.65Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	112
Şekil 2.107.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.70Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	113
Şekil 2.108.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.80Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	113
Şekil 2.109.	0 derece açıyla 1mm genlikli 1.90Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	114
Şekil 2.110.	0 derece açıyla 1mm genlikli 2.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	114
Şekil 2.111.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	115
Şekil 2.112.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.10Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	115
Şekil 2.113.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.20Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	116
Şekil 2.114.	0 derece açıyla 2mm genlikli 1.30Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	116

Şekil 2.115. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.35Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	117
Şekil 2.116. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.40Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	117
Şekil 2.117. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.45Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri	118
Şekil 2.118. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.50Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	118
Şekil 2.119. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.55Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	119
Şekil 2.120. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.60Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	119
Şekil 2.121. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.65Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	120
Şekil 2.122. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.70Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	120
Şekil 2.123. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.80Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	121
Şekil 2.124. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.90Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	121.
Şekil 2.125. 0 derece açıyla 2mm genlikli 2.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri.....	122
Şekil 2.126. 0 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	123
Şekil 2.127. 0 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	124
Şekil 2.128. 15 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	125
Şekil 2.129. 15 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	126
Şekil 2.130. 30 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	127
Şekil 2.131. 30 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	128

Şekil 2.132. 45 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	129
Şekil 2.133. 45 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	130
Şekil 2.134. 60 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	131
Şekil 2.135. 60 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	132
Şekil 2.136. 75 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	133
Şekil 2.137. 75 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	134
Şekil 2.138. 90 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	135
Şekil 2.139. 90 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri.....	136
Şekil 2.140. Kayma çerçevesi ile KÇSAKSS sisteminin maksimum ivme, hız ve yerdeğiştirme ile sönümlerinin açığa bağlı karşılaştırılması	139
Şekil 2.141. AKSS sistemine ait frekans su uzunluğu ilişkisi	140

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 1.1. Dünyadaki kapasite açısından en büyük sarsma masaları ve özellikleri	12
Tablo 2.1. Sarsma masasının teknik özellikleri.....	28
Tablo 2.2. IP adresinin bilgisayara tanımlanması	34
Tablo 2.3. Kayma çerçevesinin dinamik karakteristiklerinin sonlu elemanlar yöntemiyle belirlenmesi	46
Tablo 2.4. Kayma çerçevesine ait elde edilen frekans değerleri ve hata oranları	48
Tablo 2.5. 0 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri.....	49
Tablo 2.6. 0 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	49
Tablo 2.7. 0 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri.....	50
Tablo 2.8. 0 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	50
Tablo 2.9. 15 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri.....	51
Tablo 2.10. 15 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	51
Tablo 2.11. 15 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri.....	52
Tablo 2.12. 15 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	52
Tablo 2.13. 30 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri.....	53
Tablo 2.14. 30 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	53
Tablo 2.15. 30 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri.....	54
Tablo 2.16. 30 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	54
Tablo 2.17. 45 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri.....	55
Tablo 2.18. 45 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	55
Tablo 2.19. 45 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri.....	56
Tablo 2.20. 45 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	56
Tablo 2.21. 60 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri.....	57

Tablo 2.22.	60 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	57
Tablo 2.23.	60 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri.....	58
Tablo 2.24.	60 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	58
Tablo 2.25.	75 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri	59
Tablo 2.26.	75 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	59
Tablo 2.27.	75 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri.....	60
Tablo 2.28.	75 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	60
Tablo 2.29.	90 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri.....	61
Tablo 2.30.	90 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	61
Tablo 2.31.	90 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri.....	62
Tablo 2.32.	90 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo	62
Tablo 2.33.	1 ve 2 mm genlikli 0, 15, 30, 45, 60, 75 ve 90 derece açılarda ölçülen maksimum ivme, hız ve yerdeğiştirme değerleri ile sönüm oranları	63
Tablo2.34.	AKSS sisteminde farklı frekanslarda ölçülen maksimum su yükseklikleri.....	65
Tablo 2.35.	AKSS'ye ait teorik ve deneysel olarak elde edilen frekans değerleri	66
Tablo 2.36.	AKSS sistemine ait sönüm oranı değerleri ile yük kaybı katsayısı .	67
Tablo 2.37.	KÇAKSS sisteminin dinamik karakteristiklerinin sonlu eleman yöntemiyle elde edilmesi	67
Tablo2.38.	0 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	85
Tablo 2.39.	0 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	86
Tablo 2.40.	15 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	87
Tablo 2.41.	15 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	88
Tablo 2.42.	30 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	89
Tablo 2.43.	30 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	90

Tablo 2.44.	45 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	91
Tablo 2.45.	45 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	92
Tablo 2.46.	60 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	93
Tablo 2.47.	60 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	94
Tablo 2.48.	75 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	95
Tablo 2.49.	75 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	96
Tablo 2.50.	90 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	97
Tablo 2.51.	90 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	98
Tablo 2.52.	KÇAKSS sisteminin dinamik karakteristiklerin açığa bağlı değişimi.....	99
Tablo 2.53.	SAKSS sisteminde farklı frekanslarda ölçülen maksimum su yükseklikleri.....	104
Tablo 2.54.	SAKSS'ye ait teorik ve deneysel olarak elde edilen frekans değerleri	104
Tablo 2.55.	SAKSS sistemine ait sönüm oranı değerleri ile yük kaybı katsayısı.....	105
Tablo 2.56.	Kayma çerçevesi, KÇAKSS ve KÇSAKSS sistemlerinin doğal hakim frekanslarının karşılaştırılması.....	106
Tablo 2.57.	0 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	123
Tablo 2.58.	0 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	124
Tablo 2.59.	15 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	125
Tablo 2.60.	15 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	126
Tablo 2.61.	30 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	127
Tablo 2.62.	30 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	128

Tablo 2.63.	45 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	129
Tablo 2.64.	45 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	130
Tablo 2.65.	60 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	131
Tablo 2.66.	60 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	132
Tablo 2.67.	75 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	133
Tablo 2.68.	75 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	134
Tablo 2.69.	90 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	135
Tablo 2.70.	90 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler	136
Tablo 2.71.	KÇSAKSS sisteminin dinamik karakteristiklerin açığa bağlı değişimi.....	138
Tablo 2.72.	Kayma çerçevesi, KÇAKSS ve KÇSAKSS sisteminin dinamik karakteristiklerin açıyla birlikte karşılaştırılması.....	138

SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Serbest titreşime ait başlangıç genliği
Ah	: Yatay enkesit alanı
AKS	: Ayarlı Kütle Sönümleyici
AKSGS	: Ayarlı Koloh Sıvı-Gaz Sönümleyici
AKSS	: Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyici
ASKS	: Ayarlı Sıvı Kütle Sönümleyici
ASS	: Ayarlı Sıvı Sönümleyici
Av	: Düşey enkesit alanı
B	: Suyun yatay uzunluğu
C	: Sönüm matrisi
DMA	: Deneysel Modal Analiz
ER	: Elektroeolojik Akışkanlar
GFTAA	: Geliştirilmiş Frekans Tanım Alanında Ayrıştırma
h	: Suyun düşey uzunluğu
HFD	: Hızlı Fourier Dönüşümü
K	: Rijitlik matrisi
KÇAKSS	: Kayma Çerçevesinin AKSS Sistemiyle Tasarımı
KÇSAKSS	: Kayma Çerçevesinin SAKSS Sistemiyle Tasarımı
L _e	: Etkili sıvı uzunluğu
M	: Kütle matrisi
MR	: Magnetoeolojik Akışkanlar
R	: Dış yük vektörü
SAB	: Stokastik Altalan Belirleme
SAKSS	: Silindirik Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyici
SGY	: Spektral Güç Yoğunluğu
SKTS	: Sıvı Kolon Titreşim Sönümleyici
STAKSS	: Sarkaç Tipi Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyici
T _d	: Doğal periyot
T _d	: Sönümlü doğal periyot
TSDS	: Tek Serbestlik Dereceli Sistem
U	: Rölatif yerdeğiştirme
Ü	: Rölatif ivme

$x(t)$: t anındaki genlik
$\ddot{x}_g(t)$: t anına ait yatay taban ivmesi
X_{\max}	: Maksimum genlik
$\dot{y}(t)$: Düşey ortalama hız
$y(t)$: t anına ait titreşimden kaynaklanan suyun düşeyde aldığı yol
$\ddot{y}(t)$: Düşey ivme
Y_{\max}	: Suya ait ölçülen maksimum yükseklik
δ	: Yük kaybı katsayısı
Δh	: AKSS ve SAKSS sistemlerine ait titreşimden kaynaklanan su yüksekliği
ξ	: Sönüm oranı
ν	: Düşey enkesit alanının yatay enkesit alanına oranı
φ	: Faz açısı
ω_1	: Genlik frekans oranında maksimum genliğin $\sqrt{2}$ katına denk gelen rezonans frekansından önce gelen frekans değeri
ω_2	: Genlik frekans oranında maksimum genliğin $\sqrt{2}$ katına denk gelen rezonans frekansından sonra gelen frekans değeri
ω_n	: Doğal titreşim frekansı
\dot{U}	: Rölatif hız
ω_0	: Sıvı sönümleyicilerine ait açısız frekans

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Binalar, içlerinde barınmak veya başka amaçlar için kullanılmak üzere farklı malzeme ve taşıyıcı sistemlerle inşa edilen kapalı ve genellikle çok bölmeli yapılardır. Binalar kullanım amaçlarına göre çeşitli adlar alır. Barınma ihtiyacının karşılandığı binalara mesken, işyerlerinin bulunduğu binalara han, turistlerin veya yolcu kişilerin konakladıkları binalara otel, iş tesislerinin bulunduğu binalara fabrika ve sağlık sorunlarının tedavi edilmesi için yapılan binalara ise hastane denilmektedir.

Günümüzde, insanların nüfus olarak yoğun olduğu bölgelerde çok katlı binalara ihtiyaç duyulmaktadır. Çeliğin yapılarda taşıyıcı sistem malzemesi olarak kullanımı, yüksek dayanımlı beton teknolojisindeki ilerlemeler, asansörün, hidroforun ve havalandırma sistemlerinin geliştirilmesi, kalıp teknolojisindeki ilerlemeler, yatay yüklere göre yenilikçi analiz ve tasarım yöntemlerinin sunumu çok katlı binaların inşasında teknolojik nedenler arasında ilk sıraları almaktadır. Şehir arazilerinin değerlerinin artışı, ekonomik büyüme, büyük şirketlerin gücünü simgeleyen yapılar yapma ihtiyacı, yüksek yapıların politik bir yatırım amacı olarak görülmesi ise sosyal nedenler arasında gösterilebilmektedir.

Yüksek binaların yapısal analizlerinde, özellikle rüzgar ve deprem gibi yatay kuvvetlerin etkilerinin detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. Bu tür binaların doğal frekansları düşük olduğundan dolayı, rüzgar ve deprem gibi yatay yükler etkisinde, binalar rezonans durumuna maruz kalabilmektedir. Bu durumda amaçlanan temel husus, binaların artan sönüm kapasiteleri yardımıyla üzerlerine gelen bu kuvvetleri en kısa zamanda temellere güvenle aktarabilmesidir.

1.2. Sönüm Amaçlı Titreşim Kontrol Sistemleri

Son yıllarda, yapıları dinamik etkilere karşı daha iyi korumak amacıyla sönümleyici sistemler üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar, yapıya etkiyen dinamik yükleri anlık ölçüp, etkiyi kendi içinde sönümleyen malzemeler ve sistemler üzerinde

yoğunlaşmıştır. Çalışmalar, yeni yapılacak binalarda veya mevcut binaların güçlendirilmesinde bu tür sistemlerin kullanılabilirliğini göstermiştir.

Yapılara etkiyen dinamik yüklerin sönümlenmesi ve kontrol edilmesi, sismik izolasyon, pasif, aktif ve yarı-aktif kontrol sistemleri ile sağlanmaktadır. Aktif kontrol sistemlerinde, etkiyen dinamik yüklere karşı koyacak kuvveti üretebilmek için güç kaynağına ihtiyaç vardır. Zemine ve yapının çeşitli bölgelerine yerleştirilen sensörler ile veriler bilgisayara iletilir, neden belirlenen algoritmaya göre kontrol kuvvetleri belirlenir ve belirlenen kuvvetler bir mekanizma yardımıyla yapıya uygulanır. Pasif kontrol sistemlerinde ise güç kaynağına ihtiyaç duyulmamakta olup dinamik enerji sistemin içerisinde sönümlenmektedir. Değişken dinamik etkilere karşı adaptasyon kabiliyetleri bulunmamaktadır. Yapıya ilave edilecek sönümün miktarı ve yapı boyunca dağılımı ise ayrı bir inceleme konusudur. Yarı aktif kontrol sistemlerinin sönüm ve rijitlikleri dinamik hareket esnasında kontrol edilebilmektedir. Yarı aktif kontrol sistemlerde gereken enerji ihtiyacı aktif kontrol sistemlere göre daha az olmaktadır.

1.2.1. Sismik İzolasyon

Sismik izolatörler, katlar arası yerdeğiştirmeleri azaltmak ve yapının titreşim genliğini ve frekansını düşürmek amacıyla tasarlanmış sönümleyicilerdir. Genellikle kesme kuvvetinin maksimum olduğu taban katına uygulanırlar. Yatay yönde esnek, düşey yönde oldukça rijit bir mekanizmaya sahiptirler. İnce çelik levhalar arasına kauçuk malzemedен yapılmış elemanlar kat kat yerleştirilerek oluşturulmaktadır. Sismik izolatör yerleştirilen bir yapıda, elemanlar genellikle elastik bölgede kalmaktadır. Yüksek genliğe sahip depremlerde bu izolatörler deforme olabilmektedir. Son yıllarda üretici firmalar, deforme olmuş izolatörlerin yenileri ile değıştirilmesi için yenilikçi çalışmalar önermektedirler. Şekil 1.1'de kolon altına yerleştirilen izolatöre ait bir görünüş verilmektedir.



Şekil 1.1. Kolon tabanına yerleştirilen izolatör

1.2.1.1. Düşük Sönümlü Doğal ve Sentetik Kauçuk İzolatörler

Düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk izolatörler, kauçuk ve çelik plakalardan oluşmaktadır. Çelik plaka yükün üniform olarak dağılmasını sağlamak ve kauçuğun düşey yükler altındaki deformasyonuna engel olmaktadır. Yanal rijitlik kauçuk tabakaların kalınlığına ve sayısına bağlıdır. İstenilen rijitlik, tabaka kalınlığını sabit tutup kauçuk tabaka sayısının değişmesi ile ayarlanabilmektedir. İzolatörün yüksekliği, çapın yarısı ile sınırlandırılmıştır. Bunun sebebi ise, yüksekliğinin artması ile birlikte aksel yükten dolayı burkulmanın artması durumudur.

1.2.1.2. Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörler

Bu tür izolatörler, düşük sönümlü kauçuk izolatörlere benzemektedirler. Farklı olarak, izolatörün orta kısmında bir kurşun çekirdek bulunmaktadır. Bu kurşun çekirdek, kauçuğun yüksek kayma deformasyonlarını engellemeyi sağlamakta olup, yerdeğiştirmeye bağlı etkili bir başlangıç rijitliği ve sönümü vermeyi de gerçekleştirmektedir.

1.2.1.3. Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk İzolatörler

Düşük sönümlü kauçuk izolatörlerin sönümü artırılarak, yüksek sönümlü doğal kauçuk izolatörler geliştirilmiştir. Sönüm, eklenen karbon blokları, reçineler veya yağlar ile artırılmıştır. İzolatörlerdeki sönüm ne viskoz ne de çevrimsel olmayıp, ikisinin de arasında bir davranış göstermektedir. Deney sonuçları, mekanizmanın davranışının lineer viskoz ve elasto-plastik elemanların davranışının bir kombinasyonu olduğunu göstermektedir.

1.2.1.4. Kayma Tipi İzolatörler

Sistemin kalıcı yerdeğişirmelerinin kabul edilemez seviyelere ulaşmaması için, geri getirici kuvvet mekanizmaları ile desteklenmesi gerekmektedir. Kayma tipi izolatörlerde, geri getirici kuvvet mekanizması için genel olarak küresel kayma yüzeyi kullanılmaktadır. İzolatörün efektif rijitliği ve periyodu yüzeyin eğrilik yarıçapına bağlıdır. Kayma yüzeylerinde farklı malzemeler kullanılarak ve yüzey geometrisinin değişimleri ile farklı tasarımlar ortaya çıkabilmektedir

1.2.1.5. Yaylar

Kauçuk veya kayma tip izolatörler genellikle yatay hareketi sönümlemektedir. Diğer eksenlerin sönümlenmesine ihtiyaç duyulduğunda ise bu tür sistemler yeterli olmamaktadır. Düşey titreşimlerin azaltılması için, çelik helisel yaylı sistemler geliştirilmiştir. Yaylar genellikle viskoz sönümleyiciler ile birlikte kullanılmaktadır. Bu sistemler araçlardaki amortisör ile benzer bir mekanizmaya sahiptir.

1.2.2. Pasif Kontrol Sistemleri

Yapılar üzerlerine etkiyen dinamik yükleri iç sürtünme ve plastik deformasyonlar ile sönümlemektedir. Yapının enerji yutma kapasitesinin (sönüm) fazla olması, titreşim genliğinin de küçük olmasını sağlamaktadır. Sönüm özelliklerini karakterize etmek oldukça zordur. Bunun nedeni, ideal olmayan birleşim noktalarındaki ve yapısal

elemanların enerji yutma kapasitelerindeki belirsizliklerdir. Pasif kontrol sistemleri, sönüm, rijitlik ve dayanımı artırıcı özellikteki malzemelerden oluşmaktadır. Bu tür sistemler hem yeni yapılacak yapılarda hem de hasarlı yapıların onarım güçlendirilmesinde kullanılabilirlerdir.

1.2.2.1. Metalik Sönümleyiciler

Titreşim sönümlemenin yöntemlerinden biri metallerin plastik davranışının kullanılmasıdır. Bu amaçla, tasarlanan mekanizmaların çoğunda üçgen, dikdörtgen veya X şeklinde yumuşak çelik levhalar kullanılmaktadır. Bu mekanizmalarda oluşan gerilmelerin malzeme içerisinde olabildiğince düzenli dağılmasına dikkat edilmektedir. Bu sönümleyici tipinin kullanılması için teorik ve deneysel olarak daha önceden sönümleyici karakteristiklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Metalik titreşim sönümleyicilerin çelik yapılarda kullanımı diğer yapılara göre daha uygun olmaktadır. Şekil 1.2’de dikdörtgen tipi metalik sönümleyicilere ait örnek bir görünüş verilmektedir.



Şekil 1.2. Dikdörtgen metalik titreşim sönümleyici

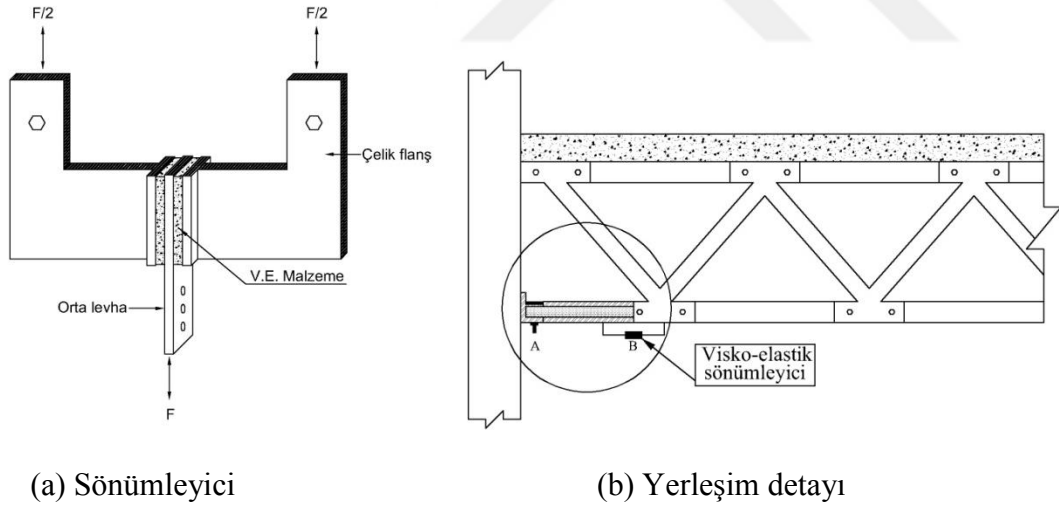
1.2.2.2. Sürtünme Tipi Sönümleyiciler

Dinamik kuvvetlerden oluşan enerjiyi absorbe etmenin en uygun yöntemlerinden bir tanesi de sürtünmedir. Sürtünme tipi sönümleyicilerde, sönümleyicinin sürtünme

katsayısını yapının ömrü boyunca koruması gerekmektedir. Sönümleyicinin rüzgar ve şiddeti düşük depremlerde hareket etmemesi gerekmektedir. Şiddetli depremlerde ise, malzeme akmaya başlamadan önce, tanımlanan optimum yükte sönümleyici hareket etmeye başlamalıdır. Sürtünme yüzeyinin yapısal olarak korozyona dayanıklı olması gerekmektedir. Aksi takdirde, sönümleyicinin ömrü hedeflenen ömürden kısa olabilmektedir.

1.2.2.3. Visko-Elastik Sönümleyiciler

Visko-elastik katı malzemeler de enerjiyi sönümlemekte kullanılabilir. Yapılarda kullanılan visko-elastik malzemeler, karbon polimerler veya ona benzer katı maddelerden oluşmaktadır. Bu tip sönümleyiciler kayma deformasyonları ile oluşan enerjiyi sönümlemektedir. Visko-elastik malzemelerin dinamik yükler altındaki davranışları titreşim frekansı, deformasyon ve sıcaklığa bağlıdır. Şekil 1.3'te visko-elastik sönümleyici ve yerleşim detayına ait bazı görünüşler verilmektedir.



Şekil 1.3. Visko-elastik sönümleyici ve yerleşim detayı

1.2.2.4. Viskoz Akışkanlı Sönümleyiciler

Viskoz akışkanlı sönümleyiciler üç farklı tipte uygulanmaktadır. Birinci tip uygulamada, viskoz akışkan çelik bir duvar içine doldurmakta ve bu akışkana batırılan metal levha üst kattaki döşemeye bağlanmaktadır. Dinamik etki anında katlar arası görelî

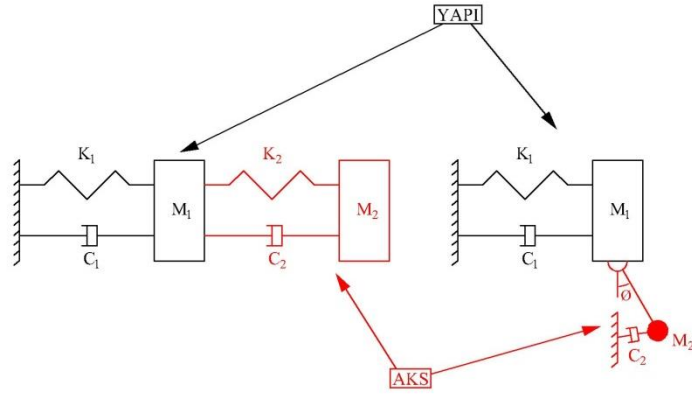
yerdeğiştirmeler nedeniyle levhanın viskoz ortamdaki hareketi oluşan enerjiyi sönümlemektedir. İkinci uygulamada, viskoz akışkan bir silindir içine doldurulmakta ve bir pistonun bu silindir içinde hareket etmesi sağlanmaktadır. Pistonun hareketi mekanik enerjiyi ısı enerjisine dönüştürmektedir. Böylece oluşan mekanik enerji absorbe edilmeye çalışılmaktadır. Üçüncü uygulamada ise, akışkanın yerel deformasyonu yerine, akışkan belirli kanallardan geçmeye zorlanarak yeterli sönüme ulaşılmaya çalışılmaktadır. Bu sönümleyici tipinin en önemli özelliği, en genel halde altı serbestlik dereceli (üç doğrultuda ötelenme ve dönme) sönümleme yapabilme kabiliyetinin olmasıdır. Şekil 1.4'te bir köprü ayağına monte edilen viskoz akışkanlı sönümleyici gösterilmektedir.



Şekil 1.4. Viskoz akışkanlı sönümleyici

1.2.2.5. Ayarlı Kütle Sönümleyiciler (AKS)

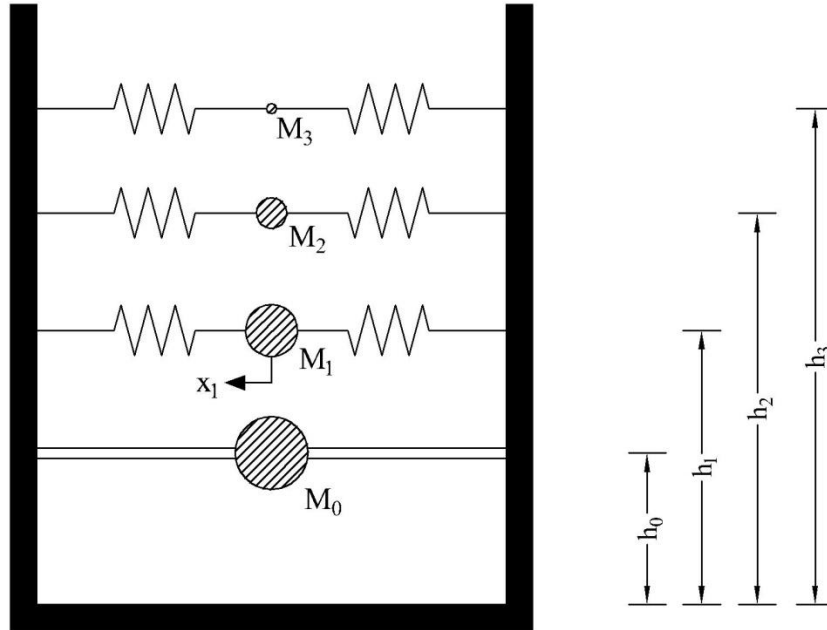
Bütün sistemlerde yapıya paralel yay ve viskoz sönümleyici yardımıyla bağlanan bir kütle ile birlikte titreşimlerin sönümlenmesi amaçlanmaktadır. Yapıya ilave edilen sistemin parametreleri, yapının titreşim moduna ayarlandığında, ilgili titreşim moduna ait enerjinin bir kısmı ayarlı kütle sönümleyiciye aktarılmakta ve yapının titreşim enerjisi azaltılmaktadır. Şekil 1 5'te ayarlı kütle sönümleyicilerin çalışma prensibi verilmektedir.



Şekil 1.5. Ayarlı kütle sönümleyicileri (AKS) çalışma prensibi

1.2.2.6. Ayarlı Sıvı Sönümleyiciler (ASS)

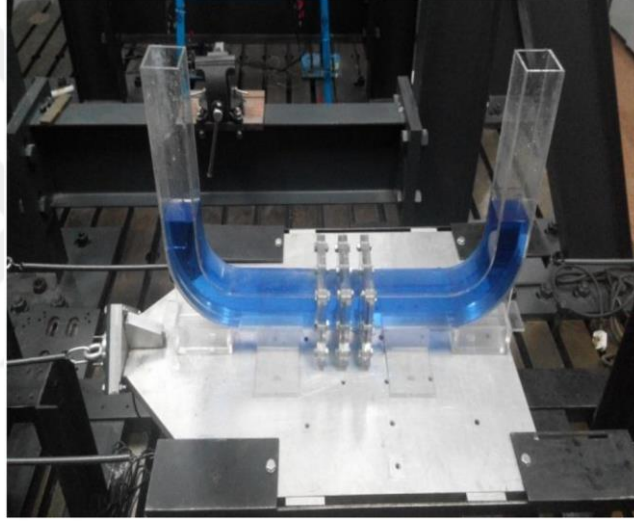
Yanal çalkalanma, tamamı dolu olmayan bir su tankının salınımına bağlı olan ve su yüzeyinde oluşan dalga hareketi olarak tanımlanmaktadır. Dalga hareketinde, tank geometrisi ile boyutları, su yüksekliği ve yerçekimi ivmesine bağlı olarak doğal titreşim periyodu oluşmaktadır. Suyun bu hareketi Şekil 1.6'da görüldüğü gibi, yay ve ona bağlı kütlelerle ifade edilmektedir (Housner,1954).



Şekil 1.6. Çalkalanma Problemi için Mekanik Model

1.2.2.7. Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyiciler (AKSS)

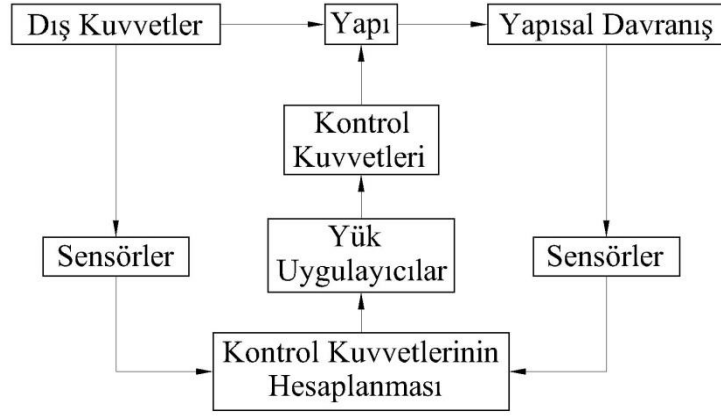
Ayarlı sıvı sönümleyicilerin özel bir hali olan bu sönümleyiciler, U kesite sahip bir sistemde suyun serbest salınımı ile sistemin sönüm kapasitesini artırmayı amaçlanmaktadır. Ayarlı sıvı sönümleyiciler sönüm için çalkalanmadan yararlanırken, ayarlı kolon sıvı sönümleyiciler ise suyun salınımından yararlanmaktadır. Suyun frekans değeri ile yapısal frekans üst üste çakıştırıldığında, maksimum sönüm elde edilmektedir. Şekil 1.7'de ayarlı kolon sıvı sönümleyiciye ait bir deney düzeneği görülmektedir. Bu fikir ilk kez Sakai vd. (1989) tarafından literatüre kazandırılmıştır.



Şekil 1.7. U kesite sahip ayarlı kolon sıvı sönümleyici sistemi

1.2.3. Aktif Kontrol Sistemleri

Yapının maruz kalabileceği çevresel etkilerden kaynaklanan yükleri önceden tahmin etmek çok zordur. Bilgisayarlar, elektro-hidrolik sistemler ve sensörler, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, yapıya gelen dinamik kuvvetleri ölçüp hesaplayabilmektedir. Bu kuvvetler yapıya yerleştirilen aktif kuvvet mekanizmaları ile yapıya uygulanabilmektedir. Şekil 1.8'de aktif kontrol sistemine ait akış şeması verilmektedir.



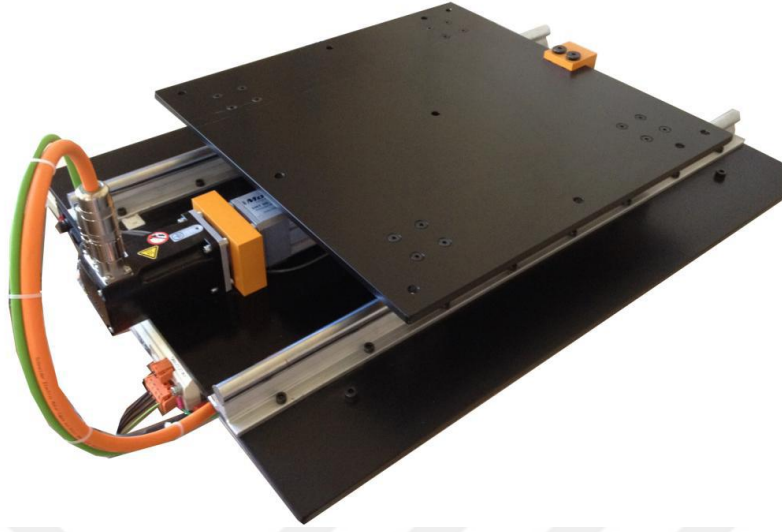
Şekil 1.8. Aktif kontrol sistemine ait akış şeması

1.2.4. Yarı-Aktif Kontrol Sistemleri

Yarı-aktif kontrol sistemlerinin dış enerji ihtiyacı, aktif kontrol sistemlerine göre çok daha azdır. Dinamik hareket esnasında, aktif sistemlerin güç kaynağı devre dışı kalabilmekte olup, yarı aktif sistemlerde ise piller çalışmaya devam edecektir. Bu sistemler, izolatör kullanılan yapılarda izolatörün yerdeğiştirmelerini sönmölemek için kullanılabilirler. Çalışma prensibi, piller aracılığıyla oluşturulabilen elektrik ve manyetik alanlar yardımı ile elektro reolojik (ER) veya magneto reolojik (MR) sıvıların mekanik özelliklerinin kontrolü ile sağlanmaktadır. (Aldemir vd., 2005).

1.3. Sarsma Masası

Sarsma masası en basit tanımıyla, bir, iki veya üç boyutlu titreşim hareketlerini yapay olarak üretmek için dinamik hareketleri taklit eden platform olarak adlandırılmaktadır. Test edilecek model sarsma masası üzerine yerleştirilmekte ve dinamik etkiye maruz bırakılarak dinamik davranış gözlemlenmektedir. Dinamik hareketin parametreleri, sarsma masasının fonksiyonları ile kısıtlıdır. Genel görünüşü Şekil 1.9'da verilen sarsma masası ile birlikte, dinamik hareket veri kaybı olmadan yapısal modele iletilebilmekte olup, modelin deneysel analizi için de kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 1.9. Sarsma masasına ait genel görünüş

Dünyada en büyük üç sarma masası Japonya'da bulunmaktadır. Bunun yanı sıra ABD ve İtalya'da da büyük sarsma masaları bulunmaktadır. Büyük sarsma masaları bazı sorunları beraberinde getirmektedir. Atalet kuvvetinin büyük olmasının ekstra güvenlik önlemleri gerektirmesi bu sorunların en önemlisidir. Tablo 1.1'de dünyadaki en büyük sarsma masaları ve özellikleri özetlenmektedir (URL-1, 2016).

Tablo 1.1. Dünyadaki kapasite açısından en büyük sarsma masaları ve özellikler

KONUM	BOYUT (m)		MAKSİMUM YÜKLEME (ton)	SERBESTLİK DERECESESİ	İVME (m/sn ²)			LİMİT (cm)			MAK. FREKANS (Hz)
	X	Y			X	Y	Z	X	Y	Z	
Yerbilim ve Afet Koruma Ulusal Araştırma Enstitüsü, Japonya	20	15	1200	6	±09	±09	±15	±100	±100	±50	50
Nükleer Enerji Mühendisliği Şirketi, Japonya	15	15	900	2	±18	-	±9	±20	-	±10	30
Yerbilim ve Afet Koruma Ulusal Araştırma Enstitüsü, Japonya	12	12	500	1	±10	-	-	±22	-	-	50
Kaliforniya Üniversitesi, San Diego, ABD	12.2	7.6	2000	1	±10	-	-	±75	-	-	20
Kamu İşleri Araştırma Enstitüsü, Japonya	8	8	300	6	±20	±20	±10	±60	±60	±30	50
İnşaat Bakanlığı, Japonya	6	8	100	2	±7	-	-	±7.5	-	-	30
Deprem Mühendisliği Eğitim ve Araştırma Avrupa Merkezi, İtalya	5.6	7	140	1	±59	-	-	±50	-	-	50
CGS Laboratuvarı, Cezayir	6.1	6.1	60	6	±10	±10	±8	±15	±25	±10	100
Çin Akademisi Bina Araştırma Kurumu, Çin Halk Cumhuriyeti	6.1	6.1	60	6	±15	±10	±8	±15	±25	±10	50
Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley, ABD	6.1	6.1	85	6	±30	±30	±20	±12	±12	±5	40

1.3.1. Genel Bakış

Sarsma masası genel olarak, servo motor, lineer aktivatör, üst masa, güç bağlantısı, servo sürücü, limit anahtarı, yönetici, güç anahtarı, acil düğme bağlantılarından oluşmaktadır. Sarsma masasını etkin bir şekilde kullanabilmek için bu bölümlerin işlevlerinin iyi bir şekilde bilinmesi gerekmektedir. Bu işlevler aşağıdaki tanımlarda ve Şekil 1.10'da özetlenmektedir.

Servo Sürücü: Motor, aktarma organı ve yükten oluşan mekanik servo sistemin hız, moment veya pozisyon değişkenlerinden herhangi birinin bu değişkenle ilgili verilen referans değerine uygun olarak hareket ettirilmesini sağlayan elektronik güç elemanıdır.

Servo Motor: Servo sürücüler tarafından mekaniksel konum, hız veya ivme gibi parametrelerin kontrol edildiği bir düzendir.

Lineer Aktüatör: Düşük voltaja sahip direk akımlı (DC) motorun dönme hareketini doğrusal (lineer) harekete çeviren (itme ve çekme hareketlerini sağlayan) cihazlardır.

Üst Masa: Simule edilecek modelin mesnetleneceği masadır.

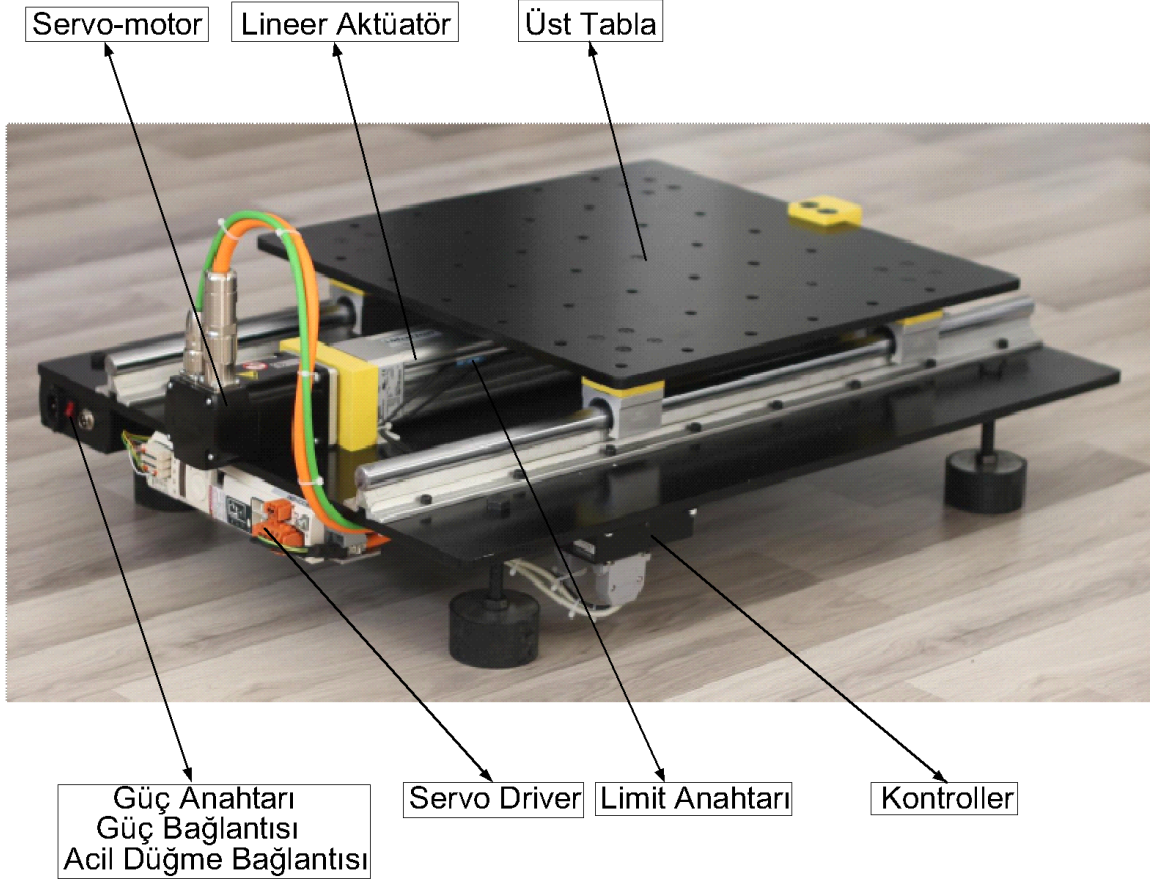
Güç Bağlantısı: Elektrik enerjisinin sarsma masasına girişinin olduğu bağlantı noktasıdır.

Limit Anahtarı: Masanın hareket kabiliyetinin sınırlandığı anahtardır.

Kontroller: Bilgisayardan sisteme komutun verildiği yönetici kısımdır.

Güç Anahtarı: Elektrik enerjisinin açıp-kapatma anahtarıdır.

Acil Anahtar Bağlantısı: Sisteme titreşim verildikten sonra acil bir durum halinde enerjiyi kesen anahtar bağlantısıdır.



Şekil 1.10. Sarsma masasının teknik donanım parçaları

1.3.2. Sarsma Masasının Avantajları

Sarsma masası ile yapılan deneylerin diğer deneylere göre bazı avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar aşağıdaki gibidir:

- Bir ivme veya yol kaydını deneysel olarak iyi simüle ettiği için, deneylerinde daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir.
- Verilen kayıtlar, ivmeden alınan kayıtlarla karşılaştırılıp, hatalar filtreleme ile giderilebildiğinden, düzeltmeler ve deney hataları en aza indirgenebilmektedir.
- Aynı kayıtlar birden fazla sisteme etiketilerek, grafik oluşturulup, optimum sonuçlar elde edilebilmektedir.
- Deneylerde kullanılan kayıtlar, aynı zamanda sonlu eleman analizi yapan programlarda uygulanarak karşılaştırma yapmak mümkün olabilmektedir.

- Herhangi bir güç kesintisinde (elektrik kesilmesi, bilgisayar problemleri v.b) deney tekrarlanabilmektedir.

1.3.3. Sarsma Masasının Dezavantajları

Avantajlarının yanı sıra, sarsma masasının bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajlar ise aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Yapıların genel olarak ölçekli hali kullanılmaktadır. 1/1 ölçekte masada çözüm yapmak çoğu zaman mümkün olmamaktadır.
- Masanın üzerindeki modelin kütlesine bağlı olarak oluşan atalet kuvveti masanın devrilmesine veya mekanik donanımın zarar görmesine sebep olacağından, boyutları sınırlandırmak gerekmektedir.
- Masa çalışırken kendi bünyesindeki titreşimler, kayıt alınan titreşim ile karışabilmektedir. Bu ise bazı durumlarda veri kaybına neden olabilmektedir.

1.3.4. Sarsma Masasının Kullanımı Hakkında Öneriler

Bu kısımda sarsma masasıyla çalışırken gözlemlenen ve dikkat edilmesi gereken bazı öneriler maddeler halinde verilmektedir:

- Mekanik parçaların sürtünmeden dolayı oluşan kayıpları önlemek için düzenli aralıklarla yağlanması gerekmektedir.
- Acil Durum Butonu sistemin hareketinden önce rahat ulaşabilecek bir konumda olmalıdır.
- Sarsma masası sert ve düz zemin üzerine konulmalıdır. Aksi takdirde, ölçülen ivme kayıtlarında bu sebeple hatalar oluşabilmektedir.
- Sarsma masasının servo motorunun belirli bir ağırlık kapasitesi vardır. Bu ağırlık kapasitesinin aşılması gerekmektedir. Sistem üzerindeki yapının atalet kuvvetinden dolayı sarsma masası hareket edebilmekte veya devrilebilmektedir. Bu durum için sarsma masası mesnetlenerek gerekli önlemler alınmalıdır.

- Sarsma masası üzerinde deneyi yapılacak modelin içeriğinde sıvı malzeme olması durumunda, frekans içeriği ve genlik ayarlanırken, ilgili aralıklar sıvının sarsma masasının donanımlarının üzerine dökülmeyeceği aralıklarda seçilmelidir. Aksi takdirde, sıvı elektronik parçalara temas edip, parçaların bozulmasına sebep olabilmektedir.
- Alınan veriler sarsma masasına ait titreşimleri de barındırdığından, bu titreşimlerin verilerden ayıklanması gerekmektedir. Fourier Dönüşümü kullanılarak ivme kaydının içermeyeceği frekanslar filtrelenmelidir.
- Sarsma masasının boyutları dikkate alınarak mesnet yerleri belirlenmelidir. Mesnet yerlerinin sarsma masasının üzerinde bulunan somun yuvalarına yakın olması gerekmektedir.
- Mesnetleme eğer mengene (ışkence) ile yapılacaksa ışkencenin sarsma masasının hareketini engellemeyecek şekilde monte edilmesi gerekmektedir.

1.4. Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyiciler(AKSS) ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde, ayarlı kolon sıvı sönümleyici sistemler ile yapılan analitik ve deneysel çalışmalara yer verilmiştir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yüksek katlı binaların sayısı son yıllarda artması, rüzgar ve depreme karşı yenilikçi sönüm sistemlerinin geliştirilmesine olan ihtiyacı artırmıştır. Bu sistemlerden biri olan AKSS ile ilgili son 20 yıldır çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar genellikle deneysel olup; sarsma masası ile dinamik karakteristiklerin belirlenmesi yönünde gelişmiştir. Fikir ortaya atıldıktan sonraki birkaç yıl pasif kontrol sistemi olarak tasarlanmak ve çalışılmakla birlikte; sonraki yıllarda, sistem geliştirilerek yarı-aktif kontrol sistemi olarak tasarlanmakta ve çalışılmaktadır. AKSS sisteminin frekansının çok fazla değişkenlik göstermemesi sistemin kullanım alanını kısıtlamaktadır.

AKSS sistemi ilk kez Sakai vd. (1989), tarafından Çin'de uluslararası yüksek yapılar konferansında ortaya atılmıştır. Yüksek binalarda rüzgar kaynaklı oluşan titreşimleri U kesite sahip bir sistem (AKSS) önermiştir. Suyun AKSS sistemindeki salınımının yüksek yapılarda titreşimi sönümlediğini savunmuştur. AKSS sisteminin uygulanabilirliğini Newyork'ta bulunan Citicorp Centre ve Japonya'da bulunan Gold Tower binalarında ispatlamıştır. Ayrıca sisteme ait matematiksel modeli belirlemiştir.

Balendra vd. (1995), kulelerde rüzgar kaynaklı oluşan titreşimlerin sönümlenmesinde, AKSS sisteminin etkinliğini parametrik olarak çalışmışlardır. Suyun sistemdeki hareketine kapakların etkisi ve kapağın açıklık oranının sönüm oranına etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Kapağın açıklık oranını 1, 0.75, 0.50, 0.25 ve 0.10 durumları için incelemiş ve farklılıkları bir tablo halinde sunmuşlardır. Ek olarak, modellenen tek serbestlik dereceli sisteme mesnetlediği AKSS sistemi ile Harris Spektrum'u (1972) kullanarak kulelerin stokastik tepkisini incelemişlerdir. Kapak açıklığı oranının 1.00 ile 0.50 olması durumunda en iyi sonuçları yansıttığını göstermişlerdir. AKSS'ye ait su genişliği ve kütle oranı ($m_{AKSS}/m_{yapı}$) arttığında, ivme ve yerdeğiştirmelerdeki azalmaların da arttığını gözlemlemiştir. Son olarak ise AKSS sisteminin etkili olması için, sistemin frekans oranının, yapının frekans oranına ayarlanması gerektiğini belirtmişlerdir.

Chang ve Hsu (1997), Sıvı Kolon Titreşim Sönümleyici (SKTS) sisteminin binalardaki rüzgar kaynaklı oluşan ivmelere etkisi incelemişlerdir. Tek serbestlik dereceli sistemin üzerine mesnetlediği ve yatay ile düşey kesitleri birbirine eşit olmayan bu sistemin AKSS ve AKS'ye göre farklılıklarını araştırmışlardır. SKTS sisteminin bazı durumlarda en az AKSS sistemi kadar etkili olduğunu ve düşey enkesit alanının yatay enkesit alanından büyük olduğu durumlarda veriminin arttığını gözlemlemiştir. AKS ile karşılaştırıldığında ise, sistemin sönümünün henüz AKS sisteminin sönümü kadar etkili olmadığını saptamışlardır. Son olarak ise, sistemin frekansının yapının frekansına eşit olması halinde, SKTS sisteminin veriminin maksimum olduğunu belirtmişlerdir.

Gao. ve Kwok (1997), AKSS sisteminin optimizasyonunu sağlamak amacıyla düşey enkesitin yatay enkesite oranı olarak ifade edilen enkesit oranını incelemişlerdir. Tek serbestlik dereceli sistemin üzerine mesnetlediği sisteme, harmonik olarak farklı frekanslar uygulamış ve yapının durumunu incelemişlerdir. Ek olarak, V şekline sahip yenilikçi bir AKSS sistemi geliştirmiş ve enkesit oranındaki artışın sistemdeki uzunluk gereksinimini önemli ölçüde azalttığını göstermişlerdir. Geliştirdiği V şekline sahip AKSS sisteminin, özellikle kuvvetli rüzgarlardan kaynaklanan titreşimlerde etkili olduğunu vurgulamışlardır. Yük kaybı katsayısının hesabının ise sudaki sönümün lineer olmayışı sebebiyle sisteme uygulanan etkinin şiddetine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Son olarak, kütle oranı ve yapı sönümünün sistemin performansını etkilediğini ifade etmişlerdir.

Yalla ve Kareem (2001), iki farklı dinamik hareketin aynı zaman eğrisi üzerindeki genliklerinin toplamı olarak bilinen vuru olayını incelemişlerdir. AKSS sistemi ve tek

serbestlik dereceli sistem (TSDS) iki ayrı farklı dinamik harekete sahip olduğundan dolayı, sistemde vuru olayı meydana gelmektedir. Deneysel olarak üç farklı tip TSDS-AKSS sistemi kullanılmıştır. İlk olarak, sönümsüz TSDS ile AKSS sistemine, ikinci olarak sönümlü TSDS ile AKSS sistemine, son olarak ise sönümlü TSDS ile kapaklı AKSS sistemine değişik frekanslar uygulamışlar ve farklılıkları gözlemlemişlerdir. Bu olayın bazı durumlarda genliği artırırken, bazı durumlarda ise genliği azalttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, ikincil sistemin (AKSS) sönüm oranının belirli bir değerin üstüne çıkması halinde, vuru olayının azalmakta olduğunu belirtmişlerdir.

Wu vd. (2005), Wu vd. (2009), temelde iki farklı çalışma yapmışlardır. Bunlardan ilki, üniform ve üniform olmayan AKSS sistemlerinin özelliklerini parametrik olarak incelemiş ve bu durumun idealleştirilmesi için bir tablo oluşturmuşlardır. Bu tablo aracılığıyla sönüm oranı, yük kaybı katsayısı ve AKSS sisteminin dikey enkesitinin yatay ekesite oranı olarak bilinen enkesit oranını farklı durumlar için incelemişlerdir. İkinci çalışmada ise, sarsma masası üzerinde serbest ve zorlanmış titreşime maruz AKSS'ye ait ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Bu ölçümler ile, AKSS'nin yük kaybı katsayısı hesabının suyun temas yüzeylerinin köşelerde keskin kenarlara sahip olması nedeniyle analitik olarak zor olması ampirik formül ihtiyacını beraberinde getirmiştir. Çalışmalar neticesinde, AKSS'nin tasarımında etkili olan parametreler tablolar halinde elde edilmiş ve sonraki çalışmalar için tasarımın kolaylaştırılması sağlanmıştır. Ayrıca, bulunan ampirik formül ile yük kaybı katsayısının tahmini olağan kılınmaktadır.

Chaiviriyawong vd. (2008), tahmini eliptik akış metodunu kullanarak üniform ve üniform olmayan AKSS sistemlerine ait dinamik karakteristiklerin belirlenmesi ve sarsma masası ile alınan sonuçların teyit edilmesini amaçlamışlardır. Enkesit alan oranı 1'e eşit sistem (AKSS) ile enkesit alanının 1'den farklı olduğu üniform olmayan sistemleri (SKTS) incelemiş ve yatay enkesitten dikey enkesite geçişin sağlandığı köşe kısımlardaki hız değişiminin göz ardı edilemeyeceğini savunmuşlardır. Deneysel ve analitik olarak çeşitli metotlar ile karşılaştırmalar yapmış ve sonuçları hata oranları ile birlikte bir tablo halinde sunmuşlardır. Yaptıkları çalışmalar eliptik akış metodunun hata oranlarının kabul edilebilir seviyelerde olduğunu ve bu sistemlerin analitik çözümünde kullanılabileceğini göstermiştir.

Al-Saif vd. (2011), geleneksel AKSS sistemini yatay kesitine yerleştirilen hareketli bir çelik topun sistemin dinamik davranışına katkısını incelemişlerdir. Rüzgar titreşimlerinin taklit edildiği bir sistem ile çelik toplu ve geleneksel AKSS sistemlerinin

performansını karşılaştırmış ve sonuçlarını parametrik olarak sunmuşlardır. Bu iki sistemin karşılaştırılması sonucunda, titreşimden kaynaklanan ivme, hız ve yerdeğiştirme gibi dinamik karakteristiklerde çelik toplu AKSS sisteminde %6 azalma sağlandığı görülmüştür.

Mousavi vd. (2012), önceki çalışmalarda açık hava basıncına maruz olarak tasarlanan AKSS sistemini bu çalışma ile kapalı hava basıncına maruz AKSS sistemi (AKSGS) olarak tasarlanmıştır. Deniz tabanına mesnetli çelik platformların sismik titreşimlere maruz kalması durumunda yapının dinamik performansının bu sistem ile artırılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla, doğrusal olmayan sönüm ile su yapı etkileşimi dikkate alınarak sistemin geometrik parametreleri belirlenmiştir. Bu parametreler dikkate alındığında, en uygun enkesit alanı oranının önceki çalışmalarda belirtildiği gibi 1'e eşit olması durumunda gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca, AKSGS kütesinin yapının kütesine oranının büyük değerlere sahip olmasının, sistemin performansını olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Son olarak ise, yapının frekansı yer hareketinin frekansına ayarlandığında AKSGS sisteminin performansının en yüksek düzeyde olduğu saptanmıştır.

Sarkar ve Gudmestad (2012), AKS ve AKSS sistemlerinin birleşiminden oluşan sarkaç tipi ayarlı kolon sıvı sönümleyici (STAKSS) sistemini ve bu sisteme ait matematiksel modeli geliştirmişlerdir. Sistemin karmaşık olmasından dolayı, serbestlik derecesi sınırlı tutulmuş ve matematiksel model iki boyutlu olarak ele alınmıştır. Matematiksel model Lagrange Teoremi kullanılarak elde edilmiştir. STAKSS'nin tasarımından önce, sarkaç ve sarkacın ucuna kütle (AKS) monte edilmiştir. . Böylece STAKSS'nin kütlesi tayin edilmiştir ve geometrik özellikleri kütleyle göre belirlenmiştir. Teorik ve deneysel sonuçlar karşılaştırılmış ve kullanılan matematiksel modelin deneysel sonuçlarla örtüştüğü görülmüştür.

Mensah ve Dueñas-Osorio (2013), rüzgar türbininin dinamik performansının iyileştirilmesi için AKSS sistemini rüzgar türbinine uyarlamışlardır. Rüzgar titreşimlerinin kulede oluşturduğu ivme ve yerdeğiştirmelerin AKSS sistemi ile azaltılması amaçlanmaktadır. Analitik olarak gerçekleştirilen analizler sonucunda, toplam türbin kütesinin %1'ine sahip AKSS sistemi ile tepe yerdeğiştirmelerinin %47 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. Böylece bu çalışma ile rüzgar türbinine ait tasarımın daha ekonomik olabileceği ispatlanmıştır.

Min. vd. (2014), binalarda rüzgar kaynaklı oluşan titreşimlerin ayarlı sıvı kütle sönümleyiciler (ASKS) ile iki yönlü kontrolünün sağlanması amacıyla çalışmalar

gerçekleştirmişlerdir. Geleneksel AKSS sisteminde amaçlanan yönde titreşimlere salınım ile karşı koyması, diğer yönde ise sistemin AKS gibi davranması sağlanmaktadır. Çalışmada sistemin AKS gibi davranmasının göz ardı edilemez olduğunu deneylerle birlikte ispatlamışlardır. AKSS sistemini 0° ile 90° arasında belirli açılarda döndürerek analizleri yinelemişler ve farkları gözlemlenmişlerdir. Ölçekli olarak gerçekleştirilen deney sonuçlarını daha net görmek amacıyla beş katlı çelik bir binanın son katına AKSS sistemi yerleştirmişlerdir. Sistemde sarsma masası yerine dördüncü kata yerleştirilen bir kütle ve bu kütleyle uyurucu sistem ile titreşimler oluşturulmuştur. Yapıya ait yerdeğiştirme frekans grafikleri çizdirilmiş ve grafikler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Grafikler her iki yönde de yerdeğiştirmelerin önemli ölçüde azaldığını göstermiştir.

Bigdeli ve Kim (2016), pasif kontrol sistemlerin birer çeşidi olan AKS, ASS ve AKSS sistemlerini deneysel olarak incelemişlerdir. Ölçekli olarak tasarladıkları çelik yapının tepesine bu sistemler ayrı ayrı mesnetlenmiş ve sistemlerin yapıdaki sönüme etkisi incelenmiştir. Bu üç sisteme ait kütleler sabit ve 1.8kg olarak ayarlanmıştır. Sarsma masası kullanılarak dinamik yüke maruz ölçekli sisteme ait tepe noktası yerdeğiştirme zaman ile hızlı fourier dönüşümü (HFD) kullanılarak spektral güç yoğunluğu (SGY) grafikleri oluşturulmuş ve karşılaştırılmıştır. Yapısal titreşimlerin kontrolü amacıyla pasif olarak tasarlanan bu sistemlerin sönüm oranı ve kütlelerinin titreşim kontrolünde anahtar faktör olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, AKS'nin sıvı sönümleyici sistemlere nazaran böyle bir sistemde daha iyi performans gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Behbahani vd. (2016), AKSS sisteminde suyun salınımının kontrolü amacıyla düşey enkesit ile yatay enkesit arasına 0° , 10° , 30° , 50° ve 70° 'de ayarlanabilir iki adet kapak ile parametrik çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Bu açılarda AKSS'nin sönüm, frekans ve yük kaybı katsayısı gibi karakteristik özelliklerini sarsma masası yardımıyla incelemişlerdir. Ek olarak, modelledikleri tek serbestlik dereceli sisteme monte edilen AKSS'ye ait karakteristikler belirlenmiş ve kapakların açısına bağlı olarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuçlar sistemin kapak açısının 50° 'de olduğunda en iyi performansa sahip olduğunu göstermiştir. Kapak açısı 50° olarak ayarlandığındaki ivme ve yerdeğiştirme değerleri kapak açısının 0° 'deki değerlerine göre %20 daha az ölçülmüştür.

1.5. Tezin Amacı ve İçeriği

AKSS ile ilgili yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde, bu çalışmalar kapsamında farklı metotlar kullanılarak yapılardaki sönüm kapasitelerinin artırılması üzerine çalışıldığı ve çalışmaların da genellikle yüksek yapılardaki rüzgar ve deprem etkisi üzerine olduğu görülmektedir. Çalışmalarda genellikle, dinamik etkinin AKSS'nin aktif çalışma yönüyle aynı yönde olduğu kabulü yapılmıştır. Deprem gibi ne zaman ve hangi büyüklükte meydana geleceği belli olmayan dinamik yüklerin her zaman yapıların ana eksenleri üzerinde oluşması da beklenmemektedir. Bu nedenle, AKSS'ye dik doğrultuda veya açılı bir şekilde etkiyen dinamik yükler, sistemin çalışma prensibini de azaltabilmektedir.

Bu tez çalışmasında, yapılardaki sönüm kapasitelerinin artırılması için tasarlanan AKSS sisteminin herhangi bir açı ile etkiyen dinamik yüklere karşı da geçerliliğini koruyacak şekilde yeniden tasarlanması amaçlanmaktadır. Bu amaçla AKSS'ye ek olarak, Silindirik Akışkan Kolon Sıvı Sönümleyici (SAKSS) sistemi geliştirilmiş olup, farklı dinamik etki açıları dikkate alınarak deneysel ve analitik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda hazırlanan tez başlıca üç bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, genel bilgiler üzerinde durulmakta, konuyla ilgili yapılmış çalışmalara yer verilmekte ve konunun önemi vurgulanmaktadır. Bu bölümde, sönüm sistemlerinin genel tanıtımı, sarsma masasının çalışma prensibi ile avantajları ve dezavantajları, literatürde konuyla ilgili yapılan çalışmalar, vuru olayı, AKSS'ye ait matematik model, deneysel olarak sönümün hesabında kullanılacak metotlar ve sonlu elemanlar yöntemine dayalı dinamik karakteristiklerin belirlenmesine yer verilmiştir.

İkinci bölümde, tez kapsamında yapılan çalışmalar ve bu çalışmalardan elde edilen bulgular sunulmaktadır. Bu bölüm analitik ve deneysel olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Analitik kısımda önceden tasarlanan AKSS ve SAKSS'ye göre deneysel ölçümlerde kullanılacak kayma çerçevesinin boyutları ve dinamik parametreleri belirlenmiştir. Deneysel kısımda ise, AKSS ve SAKSS'nin dinamik karakteristikleri sarsma masası yardımıyla belirlenmiş, sistem kayma çerçevesine monte edildikten sonra sönüm, maksimum ivme ve maksimum yerdeğiştirmeler karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir. Son olarak ta, incelenen iki sistem kullanılarak tasarlanabilecek yapıların frekans aralıkları ile ilgili çalışma gerçekleştirilmiştir.

Üçüncü bölümde tez çalışmasından elde edilen sonuçlara ve yapılan önerilere yer verilmektedir. Bu bölümü kaynaklar izlemektedir.

şeklinde elde edilmektedir.

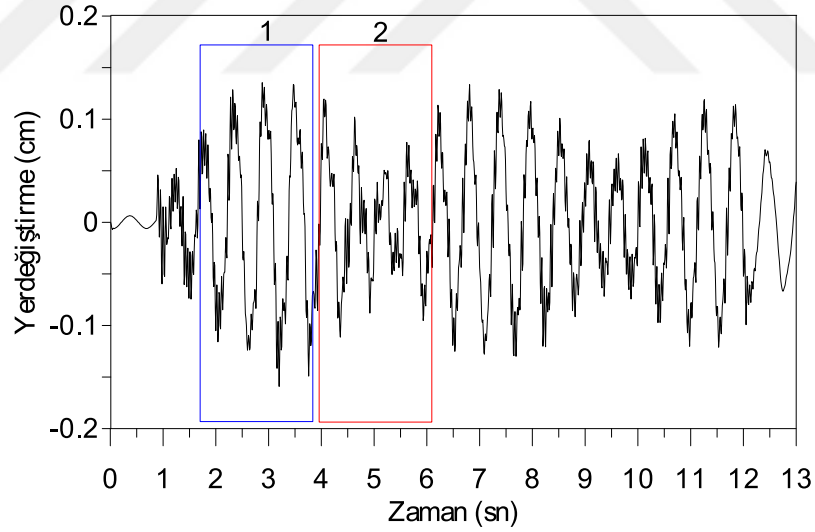
Yük kaybı katsayısı (1.4) eşitliğinde gösterilmektedir. (Balendra vd. 1995).

$$\delta = 2L\sqrt{\pi}\left(\frac{\zeta}{Y_{\max}}\right) \quad (1.4)$$

burada, Y_{\max} suyun ölçülen maksimum seviyesini ifade etmektedir.

1.7. Vuru Olayı

Vuru olayı, iki farklı titreşimin aynı genlik zaman eğrisi üzerindeki toplamı olarak ifade edilmektedir. Şekil 1.12'de görüldüğü üzere bu toplam bazı durumlarda genliği azaltmakta, bazı durumlarda ise genliği artırmaktadır. 1 numaralı kutucukta gösterilen kısım yapıcı girişim, 2 numaralı kutucukta gösterilen kısım ise bozucu girişim olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 1.12. Vuru olayı

1.8. Sönüm Oranının Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi

Sönüm oranı, gerçek sönümün kritik sönüme oranı olarak ifade edilmektedir. Bu oranın analitik olarak hesaplanması, malzemedeki idealleştirmeler ve karmaşık yapılara ait denklem takımlarının çözümündeki zorluklar nedeniyle oldukça zordur. Dinamik

karakteristiklerin belirlenmesi için kullanılan deneysel metotlar ile sönüm oranı hesaplanmaktadır. Fakat, bu metotların hesap yöntemleri temelde iki farklı yönetime dayanmaktadır.

1.8.1. Logaritmik Azalım Yöntemi

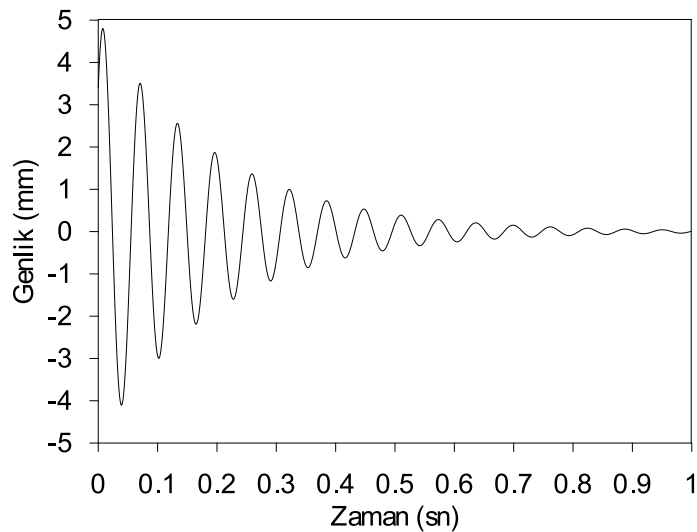
Mekanik bir sistemin sahip olduğu sönüm oranını belirlemenin uygun yöntemlerinden bir tanesi, sistemin serbest titreşimlerdeki salınım genliklerinin azalma oranını ölçmektir. Kritik altı sönüme sahip bir sistem için titreşim tepkisi denklem (1.5)'teki gibi yazılabilmektedir.

$$x(t) = Ae^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n t + \varphi) \quad (1.5)$$

burada, A ve φ sırasıyla başlangıç genliğini ve faz açısını ifade etmekte olup, bu değerler başlangıç şartından elde edilebilmektedir.

Şekil 1.13'de serbest titreşim hareketi yapan sönümlü bir sisteme ait tepki verilmektedir. Burada, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 'ler zamana göre genliğin sönüm ile değişimini göstermektedir.

Şekil 1.13'de ard arda gelen iki tepe noktasının birbirine oranının doğal logaritması "Logaritmik Azalım" olarak tanımlanmakta ve (1.6)'daki gibi ifade edilmektedir.



Şekil 1.13. Kritik altı sönüme sahip bir sistemin titreşim tepki grafiği

$$\delta = \ln\left(\frac{x_1}{x_2}\right) = \zeta \omega_n T_d \quad (1.6)$$

burada, T_d sönümlü doğal periyot olup

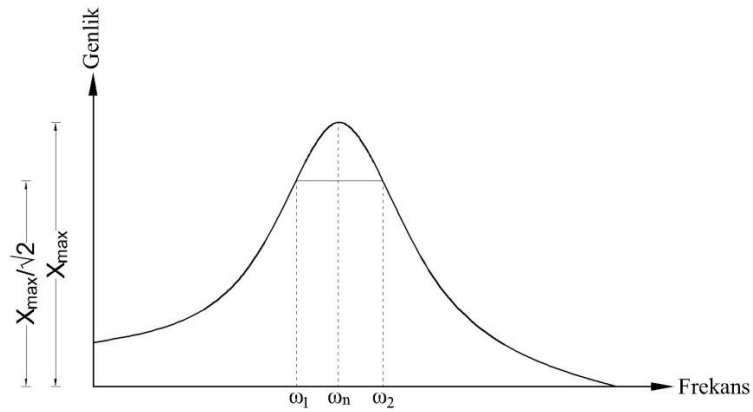
$$T_d = \frac{2\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}} \quad (1.7)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Sönüm oranı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\zeta = \frac{\delta}{\sqrt{\delta^2 + 4\pi^2}} \quad (1.8)$$

1.8.2. Yarım Güç Bant Genişliği Yöntemi

Bir yapı sisteminin Bölüm 1.6'da anlatılan vuru olayına maruz kalması durumunda sönüm hesabında yarım güç bant genişliği yöntemi kullanılması gerekmektedir.



Şekil 1.14. Yarım bant genişliği metodu

Şekil 1.14.'de verilen grafikte görüldüğü gibi, başlangıçtan $\frac{X_{\max}}{\sqrt{2}}$ kadar mesafe gelinerek çizgi üzerindeki noktaların apsisi okunur daha sonra aşağıda belirtilen denklem (1.9) ile sönüm hesaplanır.

$$2\zeta = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_n} \quad (1.9)$$

1.9. Sonlu Eleman Yöntemine Dayalı Dinamik Karakteristiklerin Analitik Olarak Belirlenmesi

Yapı sistemlerinin yer hareketi etkisindeki sönümlü hale ait ortak hareket denklemi,

$$M\ddot{U} + C\dot{U} + KU = R \quad (1.10)$$

şeklinde ifade edilebilmektedir. Burada, M, C ve K sistemin sırasıyla kütle, sönüm ve rijitlik matrislerini, U, \dot{U} , ve \ddot{U} ise aynı sistemin rölatif yerdeğiştirme, hız ve ivme vektörlerini göstermektedir. R ise sisteme etkiyen ve zamanla değişen dış yük vektörüdür.

Herhangi bir yapı sistemine ait doğal frekanslar ve mod şekilleri, o sisteme ait sönümsüz serbest titreşim hareket denkleminin çözümünden elde edilmektedir. Bu durumda denklem (1.10)'da sönümün ve dış kuvvetin olmadığı kabul edilirse, sistemin zamana bağlı sönümsüz serbest titreşim hareket denklemi,

$$M\ddot{U} + KU = 0$$

şeklinde ifade edilebilmektedir.

2.YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

2.1. Giriş

Bu tez çalışmasında, yüksek yapılardaki sönüm kapasitelerinin sıvı sönümleyici sistemler kullanılarak artırılması amaçlanmaktadır. Öncelikle deneylerde kullanılan sarma masasının donanım ve yazılımsal özellikleri ile kullanımı açıklanmaktadır. Sonrasında, yüksek yapılardaki sönüm kapasitesinin artırılması amacıyla beş farklı çalışma gerçekleştirilmiştir.

Birinci çalışmada, kayma çerçevesi modellenmiş olup, sistemin dinamik karakteristikleri analitik ve deneysel yöntemlerle belirlenmiştir. Analitik olarak sonlu eleman yöntemi, deneysel olarak ise Deneysel Modal Analiz (DMA) ve sarma masası sonuçları karşılaştırılmıştır. İkinci çalışma ile, tasarlanan AKSS sisteminin sönüm oranı, maksimum su yükseklikleri ve yük kaybı katsayısı gibi karakteristik özellikleri sarma masası yardımıyla belirlenmiş olup, bu sistemin yapıya performansı deney sonuçlarıyla birlikte gösterilmiştir. Yapılar, deprem ve rüzgar gibi doğal nedenlerden dolayı ne yönden ve ne zaman etki edeceği belirsiz yüklere maruz kalabilmektedirler. Yapılan çalışmalarda yüklerin sisteme genel olarak tek yönde etkilendiği görülmüştür. Bu nedenle üçüncü çalışmada, yapıya farklı açılar dikkate alınarak (0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° ve 90°) yükler etkililmiş ve sonuçlar ikinci çalışma ile karşılaştırılmıştır. Sistemin etkinliğinin artırılması amacıyla yenilikçi silindirik akışkan kolon sıvı sönümleyici sistem (SAKSS) tasarlanmıştır. Dördüncü çalışmada, bu sisteme ait sönüm oranı, maksimum su yükseklikleri ve yük kaybı gibi karakteristik özellikleri sarma masası ile belirlenmiş olup, sistemin yapıya etkisi deney sonuçlarıyla birlikte verilmiştir. Son çalışmada ise, SAKSS'nin kayma çerçevesine mesnetlenmesiyle birlikte, sisteme farklı açılar altında (0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° ve 90°) yükler etkililmiş ve sonuçlar AKSS ile karşılaştırılmıştır.

2.2. Deneylerde Kullanılan Sarma Masasının Teknik Özellikleri ve Kullanımı

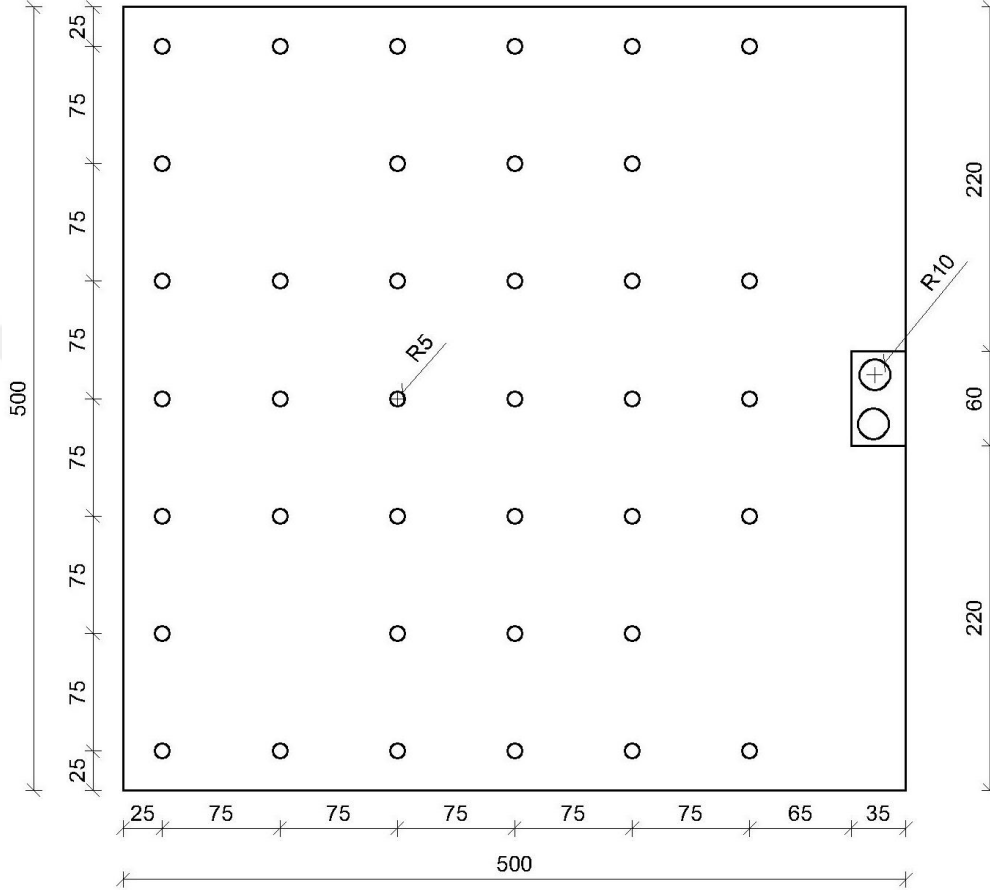
Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü bünyesinde bulunan ve tez çalışması kapsamında kullanılan sarma masası, standart olarak 50x50 cm büyüklüğünde ve tek eksenli bir sarma masasıdır. Bu masa, kendi yazılımı içerisinde

kaydı bulunan depremleri, sinüs ve üçgen gibi tanımlı harmonik dalgaları veya kullanıcının tanımlayacağı herhangi bir ivme yol zaman grafiğini üzerindeki modele belirtildiği doğrultuda veri kaybı olmadan uygulayabilmektedir. Çoğunlukla üniversitelerin İnşaat Mühendisliği bölümlerinde eğitim amaçlı olarak kullanılmakta olup, küçük ölçekli yapı mekaniği, deprem, zemin ve jeolojik testleri gerçekleştirmek amacıyla ya da ivmeölçer ve titreşim sensörlerinin kalibrasyonu amacıyla da kullanılmaktadır. Türkiye’de geliştirilen sarsma masası, ülkemizdeki araştırma kurumlarının yanı sıra; Amerika, Japonya, Hindistan, Tayland ve İspanya gibi ülkelerde kullanılmaktadır. Tablo 2.1’de sarsma masasının teknik özellikleri verilmektedir.

Tablo 2.1. Sarsma masasının teknik özellikleri

TEKNİK ÖZELLİKLER	
Testbox Sarsma Masası	
Üst Masa Ölçüleri (mm)	500x500x10
Genel Ölçüleri(mm)	800x600x200
Kapasite	± 1g @ 100 kg ± 2g @ 50 kg
Ağırlık (Yaklaşık)	45 kg
Hareket Boyu (mm)	200
Maksimum Güç (Teorik)	1000 N
Maksimum Doğrusal Hız (mm/sn)	500
Frekans Aralığı	±80 mm – 1 Hz ±2 mm – 10 Hz ±0.4 mm – 20 Hz
Kontrol Hassasiyeti	16 bit. analog çıkış
Kontrol Türü	Özel Hareket Kontrolörü ile Kapalı Devre PID Kontrol
Geri Besleme	Dörtlü kodlayıcı
Kodlayıcı Hassasiyeti (sayım/mm)	411
Bilgisayar Yazılımı	
Uygulamalar	Step, çevrimsel ve deprem kaydı
Harmonik Uygulamalar	Sinüs, üçgen, testere dişi ve kare dalga
Deprem Dosya Formatı	ASCII (Sekmeyle ayrılmış txt)
Deprem/Profil Nokta Sayısı	Sınırsız
Grafik ve Göstergeler	Pozisyon. Zaman ve FFT Grafikleri

Laboratuvar ortamında tasarlanan sistemi sarsma masası üzerine mesnetlemek için masa üst kısmı boyutlarının tam olarak bilinmesi gerekmektedir. Şekil 2.1’de kullanılan sarsma masasının üst tabla boyutları verilmektedir.



Şekil 2.1. Sarsma masasının üst kısım ölçüleri (birimler mm cinsindedir)

2.2.1. Bağlantılar ve Başlangıç

Sarsma masasına ait ilgili bağlantıları yapmadan önce, masanın düz ve sert bir zemine oturtulması gerekmektedir. Sert bir yüzeye oturtulmayan masadan alınan ivme değerleri yanıltıcı olabilmektedir. Bu durum sağlandıktan sonra Servo-Sürücü'ye bağlanan kablolar kontrol edilmelidir. Bağlantı aşağıdaki aşamaları takip edilerek yapılmalıdır:

1. Öncelikle 220 V elektrik enerjisi güç bağlantısına bağlanmalıdır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Güç ve acil buton bağlantısı

2. Oluşabilecek acil duruma karşı donanımın elektrik bağlantısının kesilmesi için acil durum butonu kullanılmalıdır. Bu butonun sarsma masasına bağlantısının yapılması gerekmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Acil durum butonu

3. Servo motorun çalışması için gerekli iki adet dairesel bağlantı bulunmaktadır. Servo motorun aktif olması için bu iki bağlantının da yapılması gerekmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Servo-motor bağlantısı

4. Sarsma masası ile bilgisayar arasındaki bağlantıyı sağlayacak kontrollere ethernet kablosu bağlanmalıdır. Bu kısımda aynı görevi yapabilen iki farklı soket bulunmaktadır. Bu soketlere iki farklı kontroller bağlanabilmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Kontroller bağlantı noktaları

5. Tüm hazırlıklar tamamlandıktan sonra güç anahtarı açılarak, sisteme elektrik akımı girişi sağlanmalıdır.
6. Motor sürücüsünün üzerindeki küçük ekranda “rdy” yazısı sistemin hazır olduğunu göstermektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Motor sürücü üzerindeki mini ekranda hazır (rdy) işareti

7. Kontrolün sağlanacağı bilgisayar yazılımı için tüm koşullar sağlanmış olup, yazılımın çalıştırılması gerekmektedir.

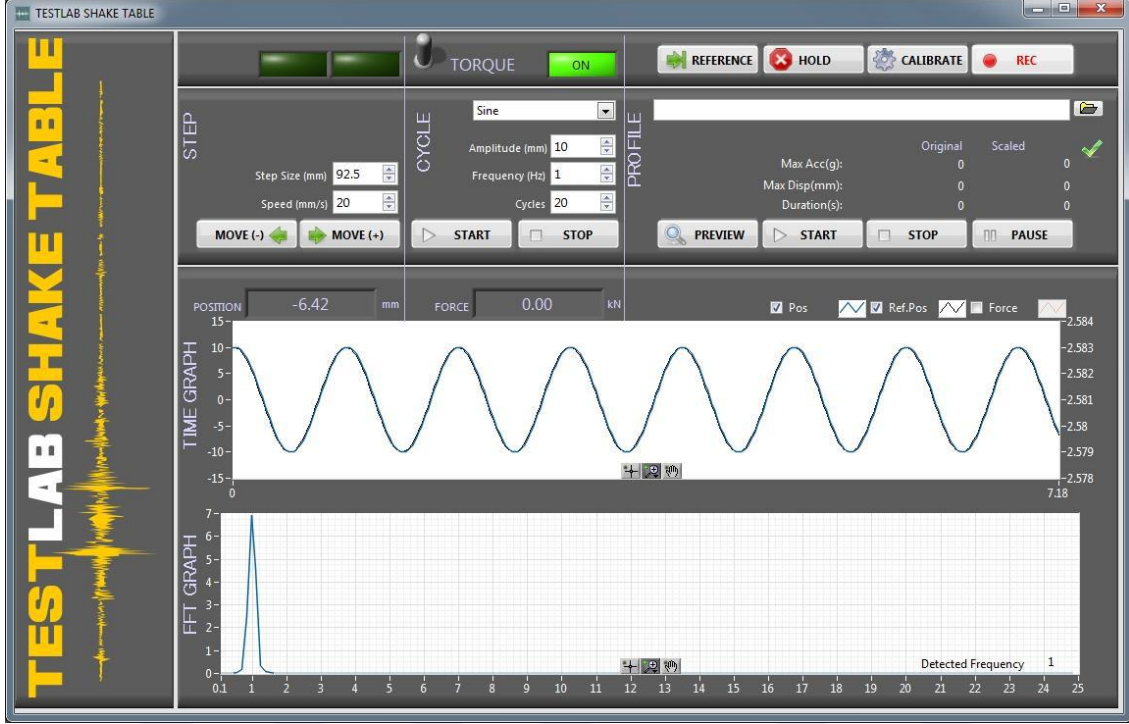
2.2.2. Sarsma Masasına Ait Kontrol Yazılımı ve Veri Alma Sistemi

Sarsma masasına ait iki farklı yazılım bulunmaktadır. Bunlardan ilki sarsma masasına gerekli verilerin iletilmesini ve masanın kontrolünün sağlayan yazılım olup, ismi “*Testlab Shake Table (2014)*”dir. Diğeri ise ivmeölçerlerden verilerin toplanmasını sağlayan yazılım olup, ismi “*Testlab Network (2012)*”tur.

2.2.2.1. Testlab Shake Table Yazılımı

Testlab Shake Table yazılımı, sarsma masasına bilgisayardaki verileri ileten yazılımdır. Şekil 2.7’de yazılımın ana ekranı görülmektedir. Yazılımı açmadan önce tüm bağlantılar yukarıda anlatıldığı şekilde uygulanması, güç anahtarının da açık olduğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. Çalıştırılacak olan tüm yazılımlar gerekli izinlerin

verilmesi amacıyla “Yönetici Olarak Çalıştır” butonu ile açılmalıdır. Bu durumun sağlanamaması, bağlantı problemlerini de beraberinde getirmektedir.



Şekil 2.7. Testlab Shake Table yazılımı ana ekranı

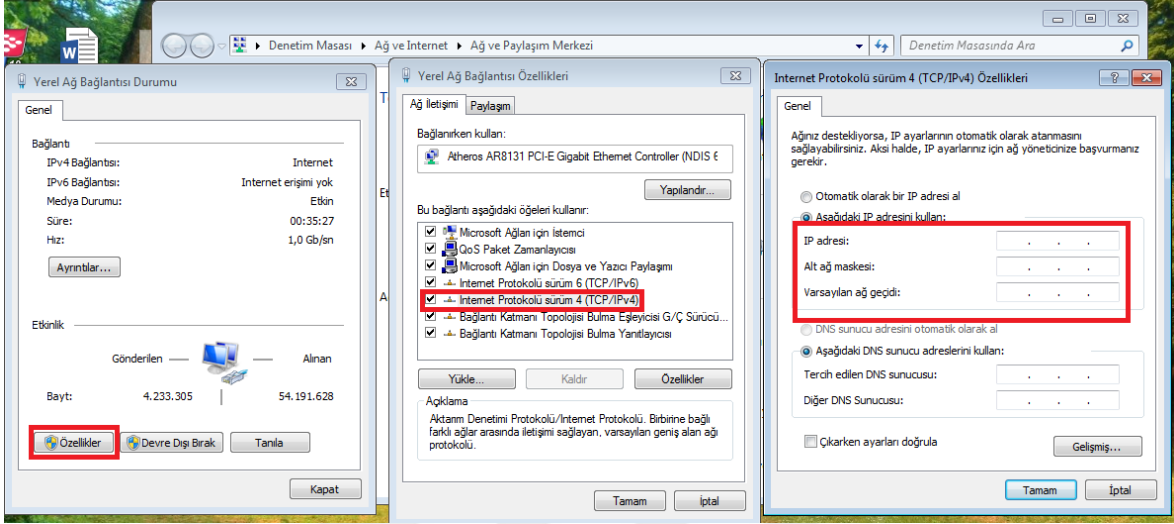
2.2.2.1.1. Yazılımın Kurulumu

Yazılım açıldıktan sonra bilgisayar ile sarsma masası arasındaki bağlantı IP atanması doğru olduğu takdirde yapılabilecektir. Eğer varsayılan IP adresi kullanılmayacaksa, IP atamasında problem oluşmaması için “Galil Tools” yazılımının “Testlab Shake Table” yazılımından önce çalıştırılıp, gerekli IP düzenlenmesi yapılması gerekmektedir. Fakat, yazılımın varsayılan IP düzenlemesinin kullanılması önerilmektedir.

2.2.2.1.2. IP Ayarlarının Yapılması

Kontroller bilgisayara ethernet kablosu aracılığıyla bağlandığından, bilgisayarın IP adresi Statik IP olarak ayarlanması önerilmektedir. Bu işlemi gerçekleştirmek için bilgisayarın Ağ ve Paylaşım Merkezi açıldıktan sonra, Yerel Ağ Bağlantısı->Özellikler-

>İnternet Protokolü Sürüm 4->Özellikler->Aşağıdaki IP Adresini Kullan komutları izlenerek açılan 3 kutucuğa aşağıda verilecek olan IP adresi girilmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Yazılımın çalışması için gerekli IP atama işlemi

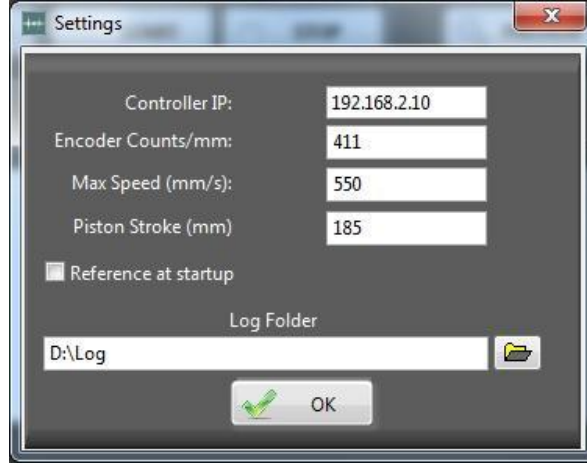
NOT: Tablo 2.2’de X ile gösterilen değer bilgisayara ait IP adresi olup 2 ile 255 arasında keyfi bir rakam verilebilmektedir. Fakat bu rakamın sarsma masasının varsayılan IP adresi olan 192.168.2.10 ile çakışmamasına özen gösterilmelidir. Sarsma masasının IP adresi Galil Tools yazılımı ile değiştirilebilmektedir.

Tablo 2.2. IP adresinin bilgisayara tanımlanması

IP adresi	192.168.2.X
Alt ağ Adresi	255.255.255.0
Varsayılan ağ geçidi	192.168.2.10

2.2.2.1.3. Başlangıç Ayarları

Yazılım ilk olarak başlatıldığında, Şekil 2.9’deki görüntü ile karşılaşmaktadır. Burada IP adresinin dışındaki özellikler sarsma masasının değiştirilemez özellikleri olduğundan sabit kalması önerilmektedir. IP adresi Galil Tools yazılımı ile değiştirilmediyse, buradaki ilk kutucukta da sabit kalmalıdır. Bu değerlerin bir kez yazılıma tanıtılması yeterli olmaktadır.



Şekil 2.9. Testlab Shake Table açılış ayarları

2.2.2.1.4. Program İşlevleri

Program işlevleri, yazılımda en üst kısımda bulunmakta ve yazılım ile yapılabilecek işlevleri göstermektedir. Şekil 2.10’da bu işlevler detaylı olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 2.10. Yazılımın programa gerekli işlevleri ilettiği kısım

Limit Sınırı Ledleri: Sarsma masasının başta ve sonda olmak üzere iki farklı limiti bulunmaktadır. Masa bu limitlere ulaştığında bu ledler aktif hale gelmektedir. Sarsma masasının bu limitlere ulaşması, o yönde daha fazla hareket edemeyeceği anlamına gelmektedir.

Tork Açma Kapama Tuşu: Servo-motorun torkunu açıp kapamaya yarayan tuş olup, torkun açılması sistemi harekete geçirecektir. Tüm donanımsal ve yazılımsal ayarlar tamamlandıktan sonra açılmalıdır.

Referans Noktası: Sarsma masası veya yazılım her kapanıp açıldığında, referans butonuna basılarak, sarsma masasının konumu varsayılan noktasına çekilmelidir. Bu butona basıldığında, sarsma masası pistonun orta noktasına hareket edecektir.

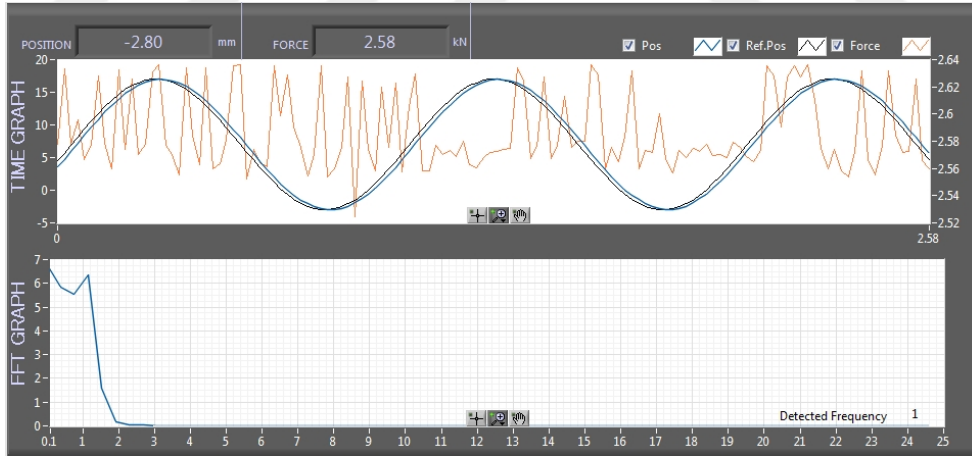
Hareketi Durdurma: İstenilen zamanda verilen ivmeyi veya hareketi durdurmak için kullanılmaktadır.

Kalibrasyon: Bu kısım, sisteme analog bir cihaz bağlandığında masanın sıfır noktasının atanması için gerekmektedir.

Kayıt: “KAYIT” tuşuna basıldığında, ayarlar menüsünden seçilen konuma program tarafından bir dosya oluşturulmaktadır. Kaydı durdurmak için ise yine aynı butona basılmalıdır. Bu dosyada zaman, sarsma masasının gerçek pozisyonu ve referans pozisyonu bulunmaktadır.

2.2.2.1.5. Grafik ve Ekranlar

Güncel pozisyon ve yük, nümerik ekranlar ve zaman grafiği bu ekran aracılığıyla sunulmaktadır. Zaman grafiği, verilen ivme ile sarsma masasından alınan ivmeyi göstermektedir. Bu kısımda masadan alınan ivmenin verilen ivmeyi ne kadar temsil ettiği görülebilmektedir. Buna ek olarak verilen ivme kaydına ait Fourier Frekans Dönüşümü görülebilmektedir. Böylece ivme-zaman grafiğine ait hakim frekans içeriği bu grafik kullanılarak görülebilmektedir (Şekil 2.11).

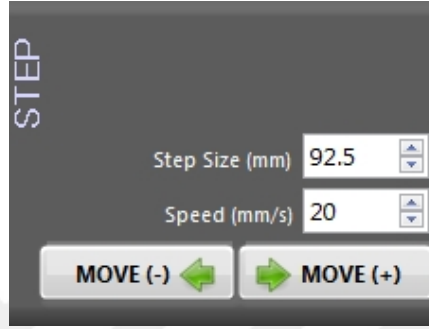


Şekil 2.11. Verilen ivme kaydına ait grafikler

2.2.2.1.6. Hareket ve Masa Konumu Ayarlama

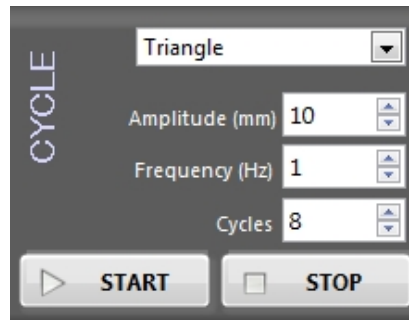
Bu kısımda, sabit ve değişken genlikli ivme kayıtlarının sisteme nasıl tanıtılacağı belirtilmektedir.

Masa Konumu Ayarlama: Sarsma masasının istenilen hız ve mesafede ileri geri hareketinin sağlandığı kısımdır (Şekil 2.12). Verilen ivmenin konum zaman grafiğine bakılıp masanın + ve – yönde ne kadar hareket edeceği daha önceden belirlendikten sonra masa konumu bu kısım aracılığıyla ayarlanmalıdır. Burada adım uzunluğu, masanın butona basıldıktan sonra ne kadar hareket edeceğini göstermekte olup, hız ise iki nokta arasında hareketin ne kadar hızlı olacağını belirtmektedir.



Şekil 2.12: Sarsma masasının konumunun ayarlanması

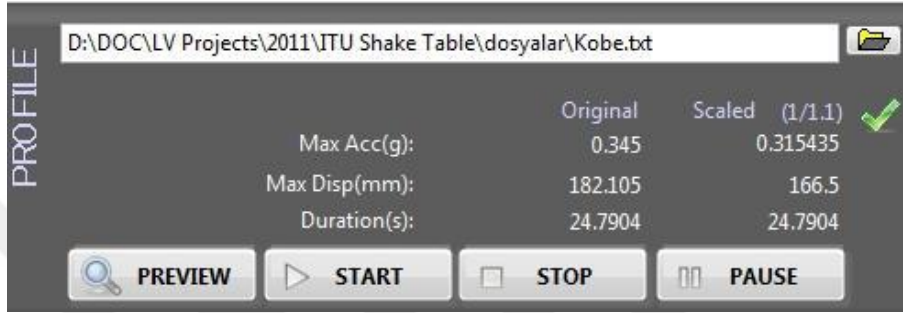
Harmonik Hareket: Bu kısımda genliği ve frekansı sabit olan ivme kaydının masada nasıl simüle edileceği belirtilmektedir. Sinüs, üçgen, testere dişi ve kare tipi dalgalar masada simüle edilebilmektedir. Harmonik harekete ait özellikler de (genlik, frekans, döngü sayısı vb.) bu kısımda girilmelidir. Verilen harmonik hareketi istenilen zamanda durdurmak için Durdur butonu kullanılmalıdır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Harmonik hareket ve parametreleri

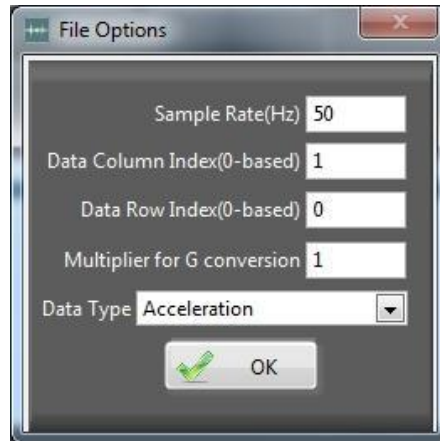
NOT: Frekans ve genlik değeri girilirken dikkatli olunmalıdır. Yüksek frekans ve genlik değerlerinin girilmesi sarsma masasının donanımına zarar verebilmektedir.

Profil: Bu kısım, önceden oluşturulan ve masaya tanıtılacak ivme zaman veya yol zaman grafiklerini içermektedir (Şekil 2.14). İvme kaydının maksimum yerdeğiştirmesi sarsma masasının limit değerini aştığında, yerdeğiştirmenin masanın limit değerine eşitlenmesi için ivme, yazılım tarafından ölçeklendirilecektir. Verilen ivmenin doğru şekilde yansıtılması için ivme kaydının maksimum yerdeğiştirmesi sarsma masasının limit yerdeğiştirme kapasitesini aşmayacak şekilde seçilmelidir.



Şekil 2.14. Masaya önceden oluşturulan ivme veya yol zaman grafiklerinin tanıtılması

Sisteme tanıtılacak “txt” veya “dat” uzantılı dosya seğildikten sonra Şekil 2.15’teki kısım ekrana gelmektedir.



Şekil 2.15. Girilen ivmeye ait özelliklerin sisteme tanıtılması

Örnek Oran: İvmenin zaman adımının, çarpmaya göre tersi yazılarak hesaplanmaktadır. Örneğin, 0.01 sn zaman adımına sahip bir ivme-zaman grafiğinin Örnek Oran’ı 100 Hz olmaktadır.

Veri Sütunu İndisi: İvme zaman grafiklerinin stiline göre bazen, ivme ikinci veya üçüncü satırda olabilmektedir. Bu durumda ilgili kısma ivmenin bulunduğu satırın girilmesi gerekmektedir.

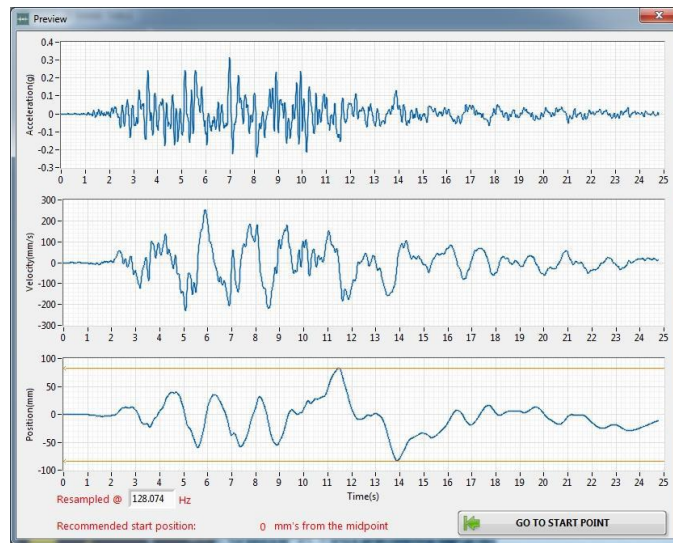
Veri Satırı İndisi: İvme zaman grafiklerinde kaydın başında, kayda ait bilgiler yer alabilmektedir. İvmenin başladığı sütunun bu kısma girilmesi gerekmektedir.

İvme Çarpanı: İvme kaydı yerçekimi ivmesinin (g) bir katı olarak verilebilmektedir. Bu durumda gerekli katsayı hesaplanıp bu bölüme girilmesi gerekmektedir.

Veri Tipi: Verilecek kayıt, ivme veya yerdeğiştirme zaman şeklinde olabilmektedir. “OK” tuşuna basıldıktan sonra, eğer ivme-zaman grafiği girilmişse iki sefer integral dönüşümü uygulanarak bu grafik yerdeğiştirme zaman grafiğine çevrilmiştir. Doğrudan yerdeğiştirme zaman grafiği girilmişse, yazılım herhangi bir dönüştürme yapmadan belirtilen kaydı masaya uygulamaktadır.

Girilen ivme veya yer değiştirme grafiği yazılım tarafından otomatik olarak grafik şeklinde gösterilmektedir. Veriler bu grafikler aracılığıyla kontrol edilip, herhangi bir hata olması durumunda düzeltilmekte ve sisteme tekrardan tanıtılması gerekebilmektedir (Şekil 2.16). Her bir kayıt için, yazılım başlangıç noktası belirlenmektedir. “Başlangıç Noktasına Git” tuşu yardımıyla masanın başlangıç noktasına hareketi sağlanmaktadır.

NOT: Eğer aynı kayıt birden fazla uygulanacak ise, kayıt Preview komutu ile yazılım tarafından tekrar çağırılıp uygulanabilmektedir. Eğer kayıt uygulandıktan sonra, harmonik hareket uygulanmışsa, ivme veya yer değiştirme grafiğinin sisteme tekrardan tanıtılması gerekmektedir.



Şekil 2.16. Veri olarak girilen kaydın grafik olarak çizimi

2.2.2.2. Testlab Network Yazılımı ve Donanımı

Bu yazılım ivmeölçerlerle birlikte çalışarak, masadaki modelden veri almayı sağlamaktadır. 8 adet ivmeölçer ve GPS desteği bulunmaktadır. Modele ilave edilecek sekiz farklı kanaldan veri alınabilmektedir. Yazılıma bilgisayar ile tam yetki verilmediği takdirde (Yönetici Olarak Çalıştır) bağlantı hataları meydana gelebilmektedir. Şekil 2.17’de veri toplama sisteminin donanımına ait genel bir görüntü verilmektedir. Açma kapama tuşu, kayıt tuşu, anten girişi ve USB ile durum ledleri aşağıdaki şekilde görülmektedir. Tüm bağlantılar yapıldıktan sonra açma kapama tuşuna basılmalı ve kayıt için “Ready” ledinin yanması beklenmelidir.



Şekil 2.17. Veri toplama sistemi donanımı

2.2.2.2.1. İvmeölçerler ve Bağlantısı

İvmeölçerler, Şekil 2.18’de görüldüğü üzere sekiz ayrı sokete bağlanabilmektedir. Güvenilir sonuçlar elde etmek için en az iki adet ivmeölçer kullanılmalıdır. Bunlardan bir tanesi sarsma masası üzerine monte edilmeli ve verilen ivmenin doğruluğu kontrol edilmelidir. İvmeölçerlerin sert bir yüzeye çift tarafı yapışkan bant veya daha sonra sökülmesi zor olmayan yapıştırıcılar ile sabitlenmesi önerilmektedir.



Şekil 2.18. İvmeölçer soketleri

İvmeölçerin yönünün sarsma masasının yönü ile aynı olması gerekmektedir. İvmeölçerde ölçüm yönünü gösteren bir ok işareti bulunmaktadır (Şekil 2.19). İvmeölçerler ölçüm esnasında hareket etmeyecek şekilde monte edilmelidir.



Şekil 2.19. İvmeölçer ve ölçüm yönünü gösteren işaret

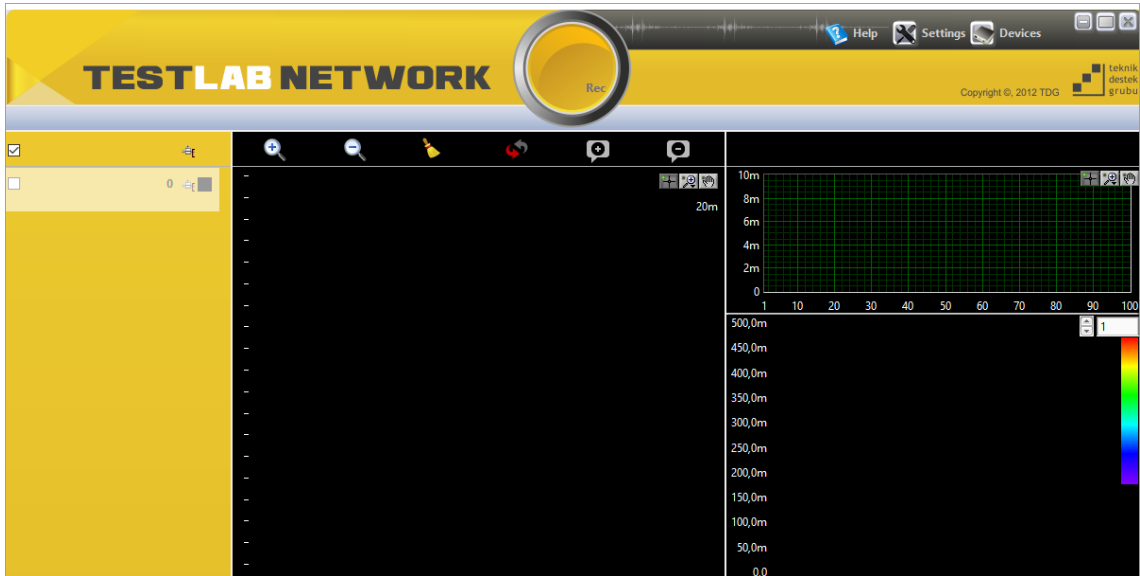
2.2.2.2.2 Testlab Network Yazılımı

İvmeölçerler sisteme bağlandıktan sonra ve yazılım açılmadan önce, ethernet kablosu aracılığıyla sarsma masasında bulunan kontroller ile veri toplama sistemi arasında bağlantı yapılması gerekmektedir (Şekil 2.20).



Şekil 2.20. Veri toplama sisteminin sarsma masasına bağlantı soketi

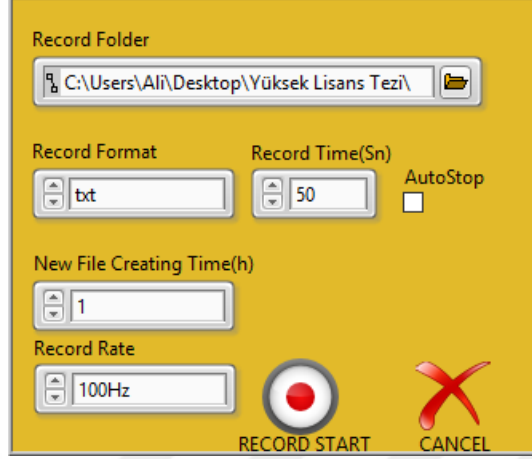
Yazılım açılmadan önce Tablo 2.2'deki ayarların doğruluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. Yazılım, yönetici olarak çalıştırıldıktan sonra Şekil 2.21'deki ana menünün çalıştırılması gerekmektedir. Sol kısımda takılan ivmeölçerler, orta siyah kısımda ise ivmeölçere ait grafikler verilmektedir. Sağdaki diğer iki bölmede ise alınan verilerin Fourier Frekans Dönüşüm Grafiği ile frekans yoğunlukları kontur diyagramı şeklinde verilmektedir.



Şekil 2.21. Testlab Network yazılımı ana menüsü

“Kayıt” butonu ile birlikte kayıt dosyasının özelliklerini gösteren ana menü ekrana gelmektedir (Şekil 2.22). Kayıt dosyasının yeri, kayıt formatı, eğer kaydın otomatik

durması isteniyorsa süresi, kaydın uzun olduğunda yeni bir dosyanın ne kadar süre sonunda oluşturulacağı ve kayıt oranı bu bölümde bulunmaktadır.

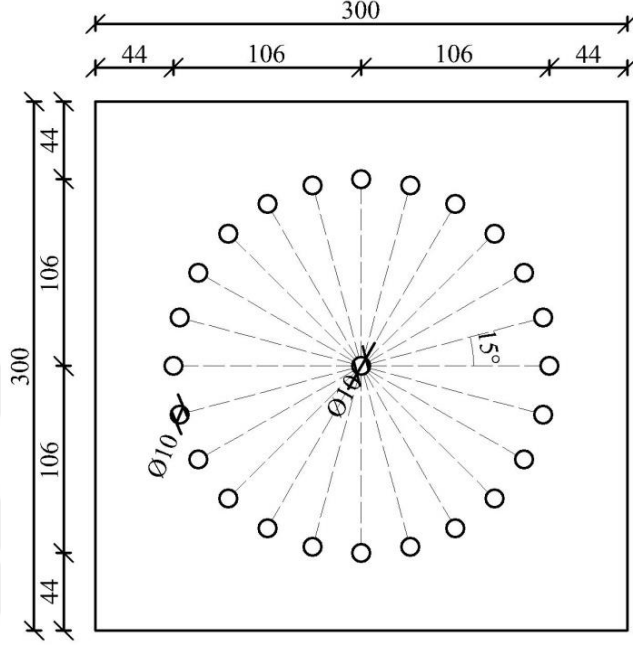


Şekil 2.22. Kaydedilecek verinin özellikleri

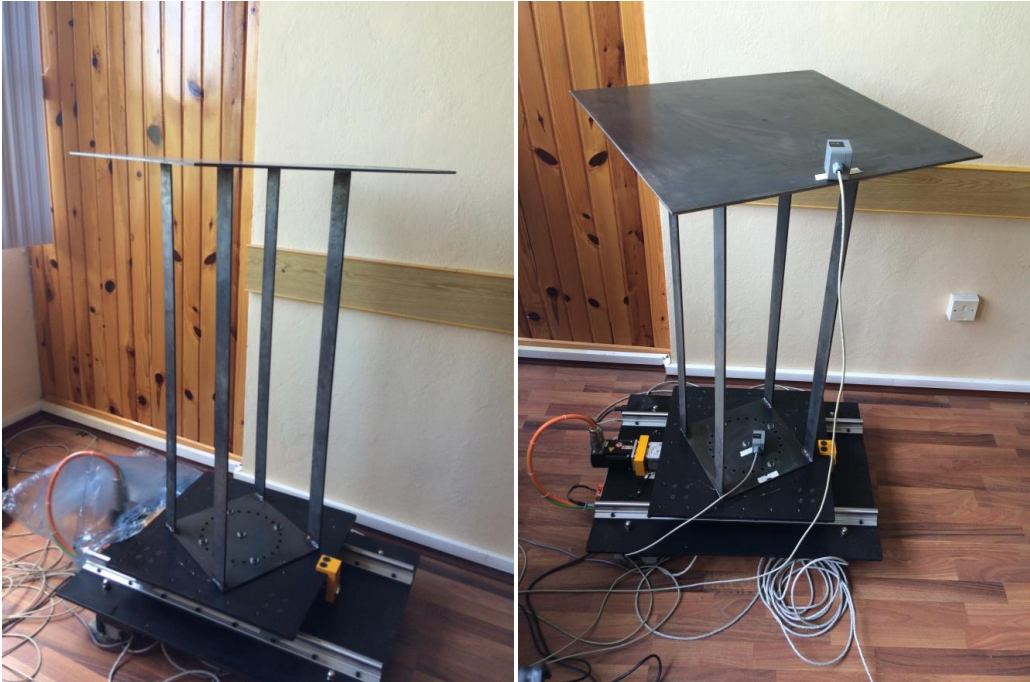
2.3. Kayma Çerçevesinin Tasarımı ve Dinamik Karakteristiklerin Analitik ve Deneysel Olarak Belirlenmesi

AKSS ve SAKSS sistemlerinin yapıların sönüm kapasitelerine ve dinamik yükler altındaki davranışlarına olan etkisinin değerlendirilmesi amacıyla, sarsma masasının limitleri de dikkate alınarak, çelik taşıyıcı sisteme sahip bir kayma çerçevesi tasarlanmıştır. Kayma çerçevesi, alt levha, üst levha ve dört adet kolondan oluşmaktadır. Alt levhanın boyutları 300x300x10(mm) olup, kayma çerçevesinin sarsma masasına mesnetlendiği levha olarak tasarlanmıştır. Şekil 2.23'te alt levhaya ait detay çizimi görülmektedir. Tasarlanan sönümleyici sistemlerin, farklı açılar dikkate alınarak ne düzeyde performans göstereceğinin de incelenmesi istenildiğinden dolayı, alt levhanın hareket kabiliyeti sınırlı olmaktadır. Bu durum, alt levha boyutlarının sarsma masasının üst levha boyutlarından daha küçük olmasını da beraberinde getirmektedir. Kayma çerçevesine ait alt levha boyutları, Şekil 2.23'te verilen sarsma masasının üst levha boyutları dikkate alınarak dizayn edilmiştir. Hazırlanan alt levha kullanılarak, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° ve 90° açılarda kayma çerçevesinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Her bir farklı açıda, sarsma masası üzerine bir tanesi ortasında diğerleri ise dört kenarında olmak üzere en fazla beş civata monte edilebilmektedir. Alt levha üzerine 5x50x1000 mm boyutlarında dört adet levha şeklinde kolon kaynakla bağlanmıştır. Mesnetlenen kolonlar, boyutları 600x600x5

mm olan üst levhaya Şekil 2.24'te görüldüğü gibi kaynakla birleştirilmiştir. AKSS ve SAKSS sistemlerinin yapısal performanslarını belirgin bir şekilde tespit etmek amacıyla modellenen kayma çerçevesinin olabildiğince narin tasarlanması amaçlanmıştır.



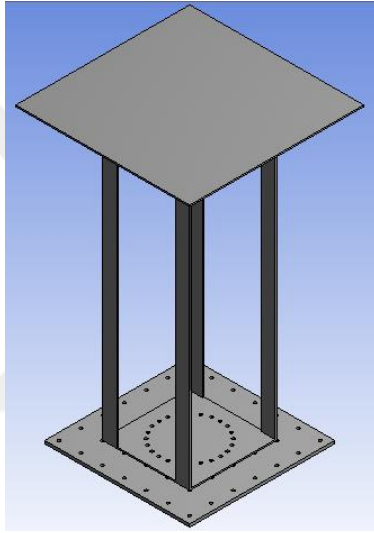
Şekil 2.23. Kayma çerçevesine ait alt levha çizimi (Birimler mm cinsindedir)



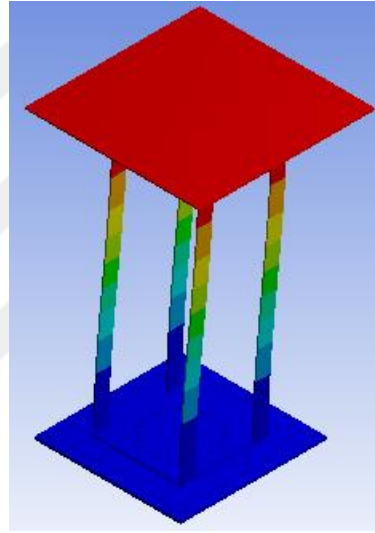
Şekil 2.24. Tasarlanan kayma çerçevesi

2.3.1. Dinamik Karakteristiklerin Sonlu Eleman Yöntemiyle Analitik Olarak Belirlenmesi

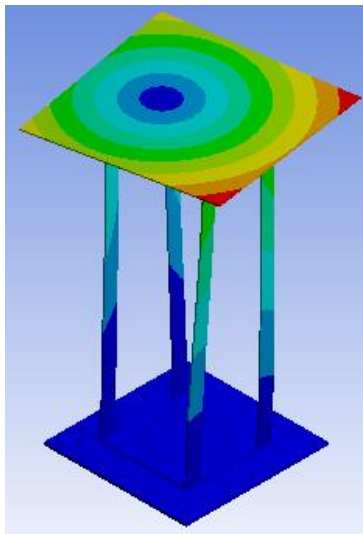
Kayma çerçevesine ait sonlu eleman modeli ANSYS Workbench, (2011) programı kullanılarak oluşturulmuştur. Mesnet şartı olarak, alt levha ile sarsma masasının üst başlığını birleştiren cıvata yüzeylerinin ankastre (tam tutulu) olduğu kabul edilmiştir. Ağırlığı 25.43kg olan kayma çerçevesine ait serbest titreşim analizi gerçekleştirilmiş ve dinamik karakteristikler elde edilmiştir. Şekil 2.25'te sonlu eleman modeline ait görünüş ile ilk üç moda ait mod şekilleri verilmektedir.



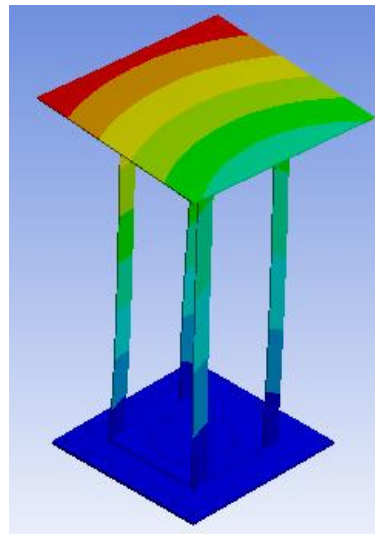
(a) Sonlu eleman modeli



(b) 1. Moda ait mod şekli



(c) 2. Moda ait mod şekli



(d) 3. Moda ait mod şekli

Şekil 2.25. Kayma çerçevesine ait sonlu eleman modeli ve mod şekilleri

Kayma çerçevesine ait frekans, periyot ve kütle katılım oranları Tablo 2.3.'te verilmektedir.

Tablo 2.3. Kayma çerçevesinin dinamik karakteristiklerinin sonlu elemanlar yöntemiyle belirlenmesi

Mod	Periyot (sn)	Frekans (Hz)	Kütle Katılım Oranı (%)
1. Mod	0.378	2.633	87.6 (Y yönü)
2. Mod	0.133	7.548	94.0 (Burulma)
3. Mod	0.132	7.573	98.0 (X yönü)

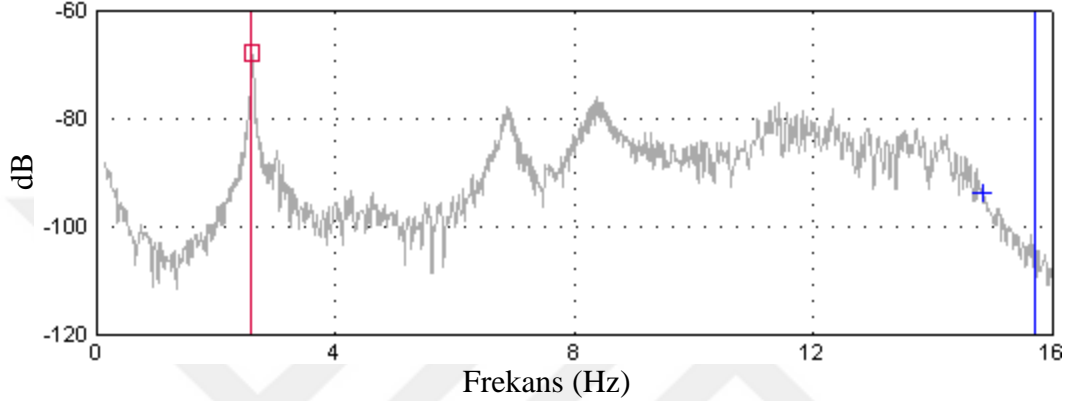
2.3.2. Dinamik Karakteristiklerin Deneysel Modal Analiz Yöntemiyle (DMA) Belirlenmesi

Sonlu eleman yöntemi kullanılarak kayma çerçevesine ait frekans ve mod şekilleri bulunurken, düğüm noktaları idealleştirilmektedir. İmalatı gerçekleştirilen kayma çerçevesinin tasarlanan modeli ne kadar temsil ettiğinin belirlenmesi amacıyla sistemin dinamik karakteristikleri Deneysel Modal Analiz (DMA) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümlerde B&K 8340 tipi tek eksenli ivmeölçerler, B&K 3560 C tipi 17 kanallı veri toplama ünitesi ve PULSE(2006) yazılımı kullanılmıştır. Şekil 2.26'da ivmeölçerler, modeldeki konumu ve veri toplama sistemine ait görünüşler verilmektedir. Bu yöntem, kullanılabilirliği ve sonuçları doğru yansıtması açısından kabul edilmiş ve oldukça yaygın kullanım alanı bulmuş bir yöntemdir (Altunışık, 2010).

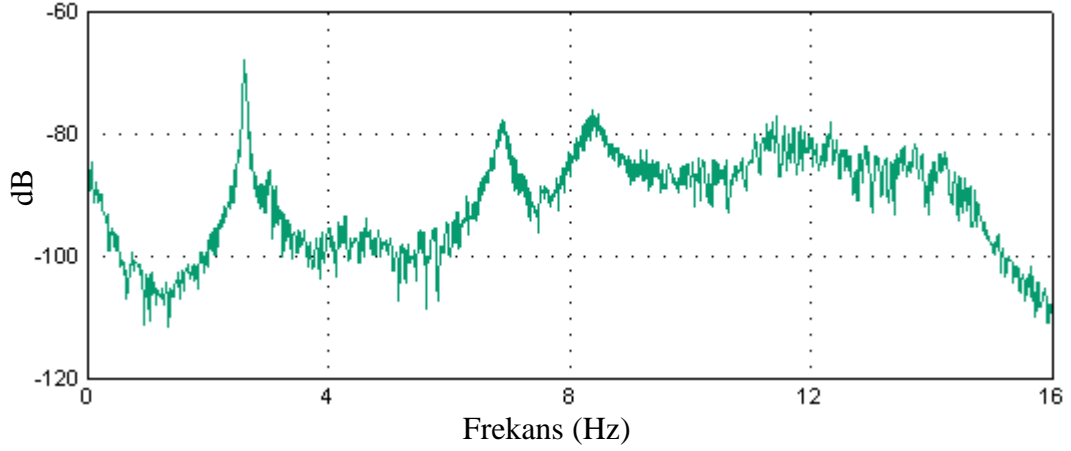


Şekil 2.26. Deneysel modal analiz yöntemiyle dinamik karakteristiklerin belirlenmesi

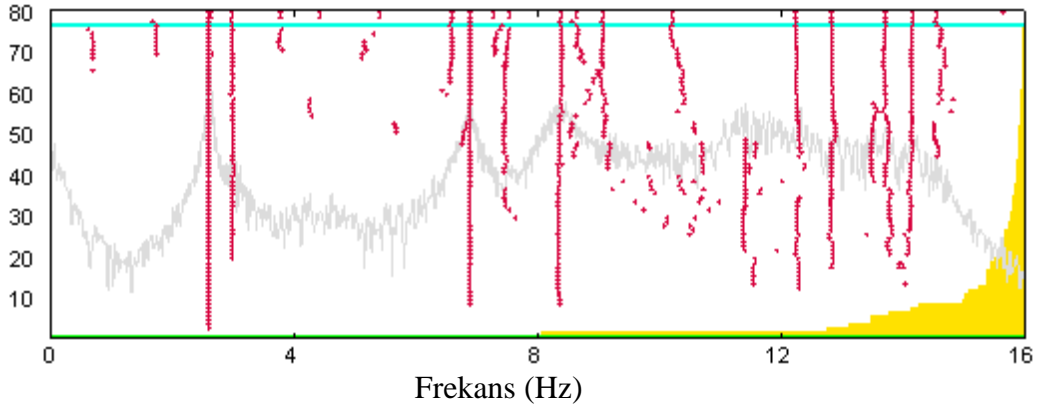
Kayma çerçevesine uygulanan çevresel titreşim testi ile toplanan sinyallerin Geliştirilmiş Frekans Tanım Alanında Ayırıştırma (GFTAA) yöntemine göre değerlendirilmesi sonucunda elde edilen spektral yoğunluk matrislerinin tekil değerleri ve bu matrislerinin ortalamaları ile Stokastik Altalan Belirleme (SAB) yöntemine göre ayrıştırılması sonucu elde edilen kararlılık diyagramları sırasıyla Şekil 2.27'de verilmektedir.



a) Spektral yoğunluk matrislerinin tekil değerleri



b) Spektral yoğunluk matrislerinin ortalaması



c) Kararlılık diyagramı

Şekil 2.27. Kayma çerçevesinden elde edilen spektral yoğunluk matrisleri ve kararlılık diyagramı

Tablo 2.4. Kayma çerçevesine ait elde edilen frekans değerleri ve hata oranları

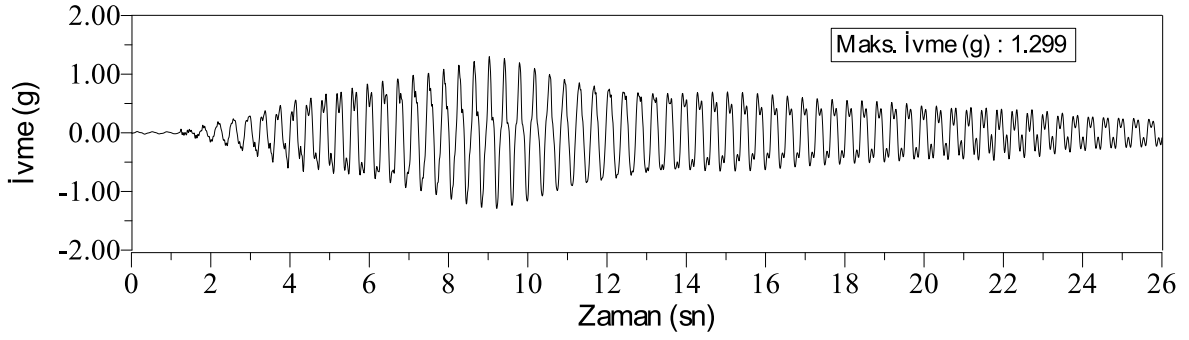
Frekans No	Analitik Yöntem	GFTAA Yöntemi		SAB Yöntemi	
	Frekans (Hz)	Frekans (Hz)	Hata Oranı (%)	Frekans (Hz)	Hata Oranı (%)
1	2.633	2.596	1.4	2.613	0.76
2	7.548	6.916	9.14	6.901	9.37
3	7.573	8.440	10.0	8.390	9.74

2.3.3. Sönüm Oranının Sarsma Masası Yardımıyla Belirlenmesi

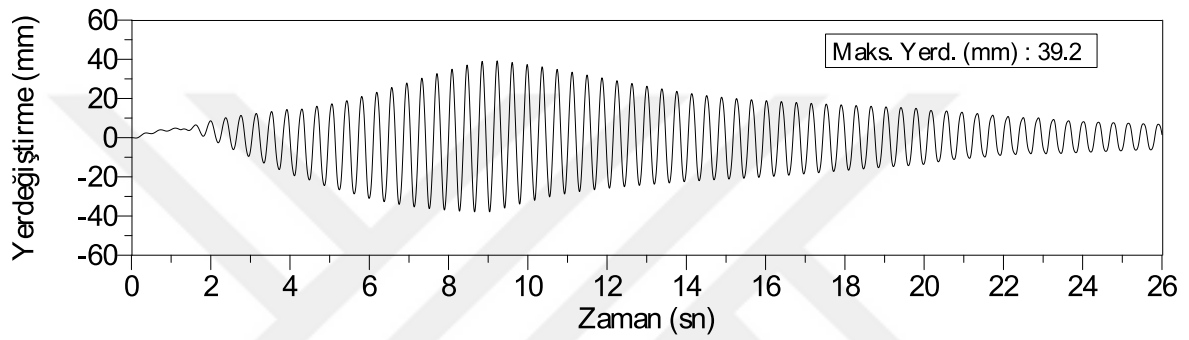
Analitik ve deneysel çalışmalar değerlendirildiğinde, kayma çerçevesi için rezonans frekans değerinin 2.61 Hz olduğuna karar verilmiştir.

Sarsma masasına montajlanan kayma çerçevesine 1 ve 2mm genliğe sahip harmonik sinüs dalgası rezonans frekansında 20 tamdevir olarak uygulanmıştır. Bir tanesi sarsma masasına, diğeri ise kayma çerçevesinin tepe noktasına yerleştirilen ivmeölçerler kullanılarak harmonik hareketten kaynaklanan ivme değerleri ölçülmüştür. İvmeölçerlerden okunan veriler makine titreşimlerini de içerdiğinden dolayı, bu tür titreşimlerin verilerden ayıklanması önem arz etmektedir. Bu amaçla, Butterworth-Bandpass tipi filtreleme tekniği kullanılmıştır. Verilerde olması muhtemel frekansın 0.1Hz'den büyük 25Hz'den küçük frekanslar olduğu öngörülmüştür. Gerekli filtreleme işlemleri yapıldıktan sonra, sönüm değerinin hesabı için kayma çerçevesinden ölçülen ivme ile sarsma masasından ölçülen ivmenin birbirlerine göre rölatif farkı kullanılmaktadır.

Kayma çerçevesi üzerine dinamik herhangi bir sistem monte edilmediğinden dolayı vuru olayı gerçekleşmemektedir. Vuru olayı, iki farklı dinamik hareketin aynı zaman eğrisi üzerindeki genliklerinin toplamı olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle sönüm oranının hesaplanmasında Logaritmik Azalım Yöntemi kullanılmaktadır. 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° ve 90° açılarda sönüm oranı değerleri hesaplanmıştır. Her açıda beş farklı ölçüm alınarak, bu ölçümlerin aritmetik ortalaması kullanılmıştır (Tablo 2.5-2.32). Ölçülen ve filtrelenen ivme zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri Şekil 2.28 -2.41'de verilmektedir.



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

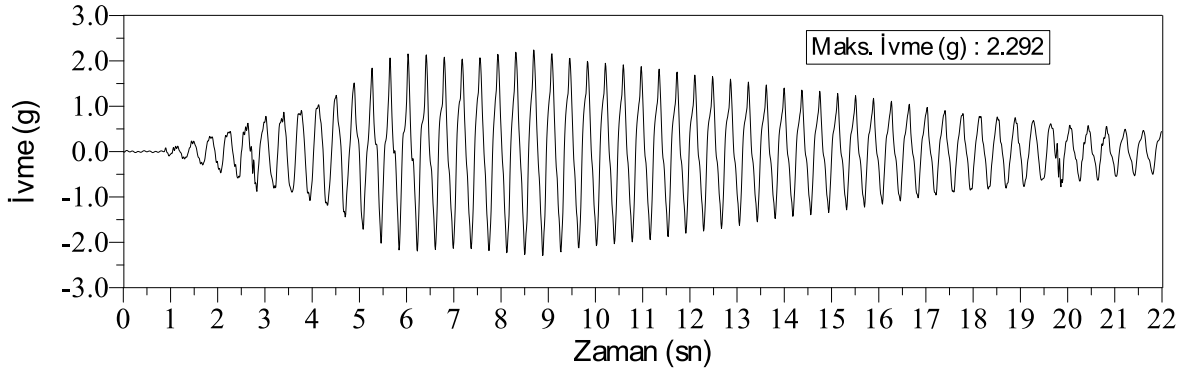
Şekil 2.28. 0 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.5. 0 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

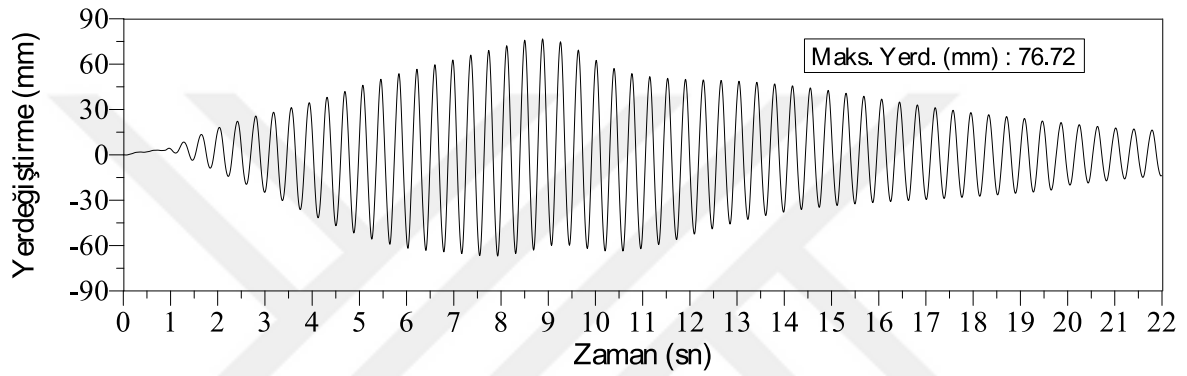
Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	39.43	38.75	1.017548387	0.017396	0.39174748
2	38.75	37.68	1.028397028	0.028001	0.63055796
3	37.68	36.22	1.040309221	0.039518	0.88988336
4	36.22	35.18	1.029562251	0.029134	0.65605741
5	35.18	33.76	1.042061611	0.041201	0.92778031
Ortalama Sönüm					<u>0.6992053</u>

Tablo 2.6. 0 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme (g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
0.6992	1.299	60.74	39.19



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

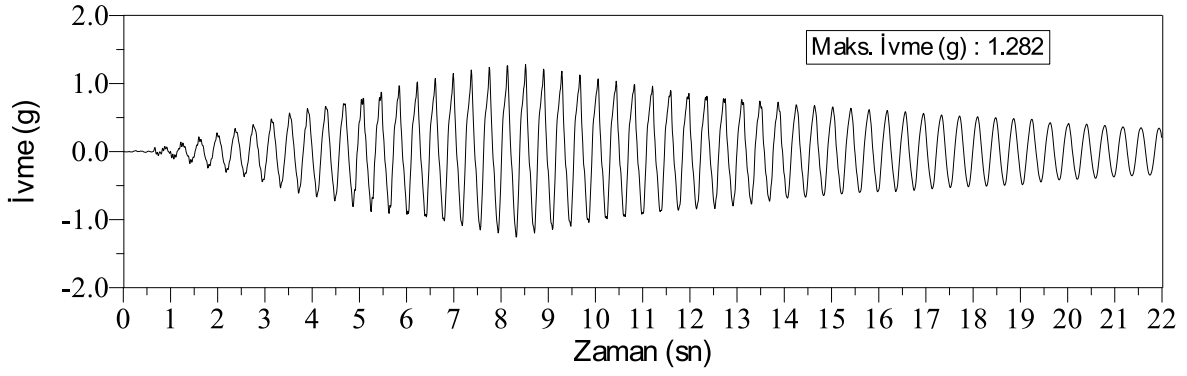
Şekil 2.29. 0 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.7. 0 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

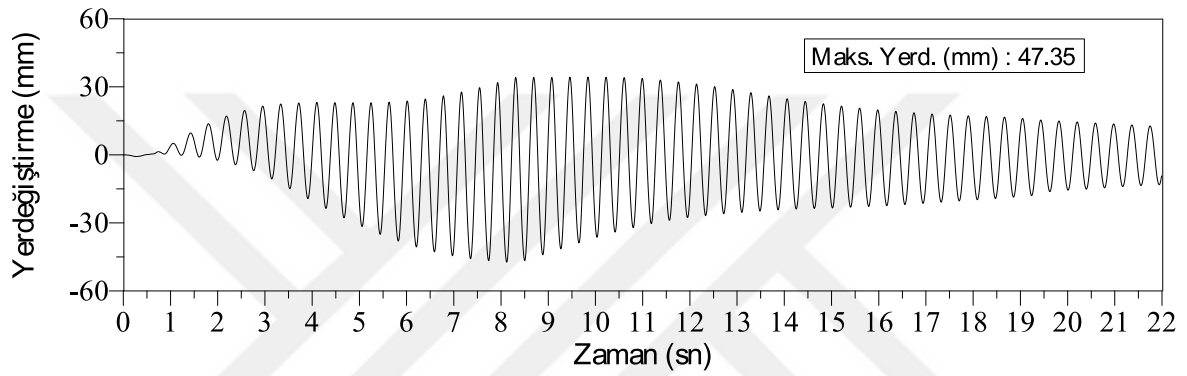
Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	48.35	46.83	1.032457826	0.031942	0.71929812
2	46.83	45.77	1.023159275	0.022895	0.51557687
3	45.77	44.35	1.032018038	0.031516	0.70970443
4	44.35	42.98	1.031875291	0.031378	0.70658961
5	42.98	41.03	1.0475262	0.046431	1.04554626
Ortalama Sönüm					<u>0.739343058</u>

Tablo 2.8. 0 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme (g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
0.739	2.292	114.96	76.72



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

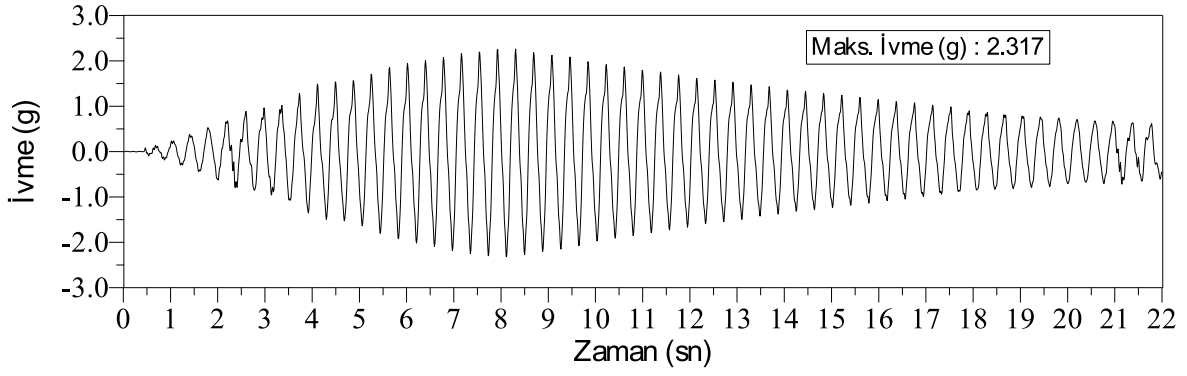
Şekil 2.30. 15 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.9. 15 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

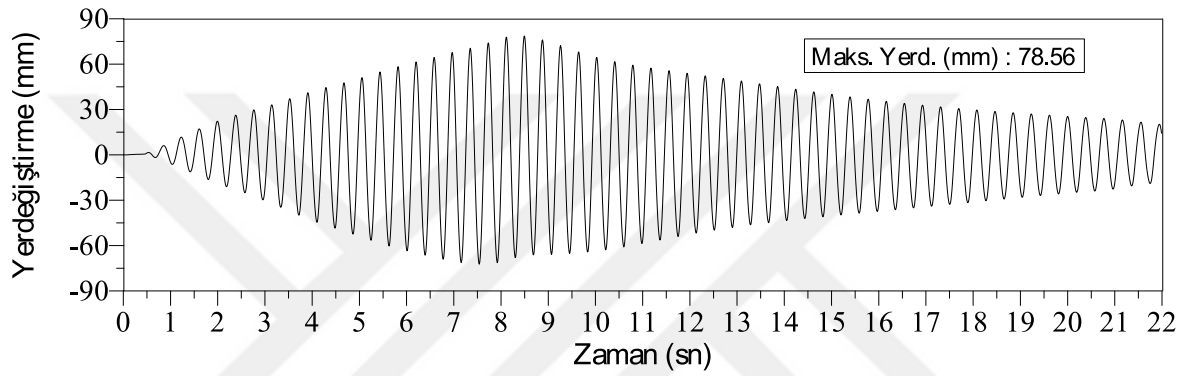
Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	17.83	17.47	1.020606754	0.0203973	0.45932874
2	17.47	17.04	1.025234742	0.0249216	0.56120881
3	17.04	16.71	1.019748654	0.0195562	0.44038766
4	16.71	16.42	1.017661389	0.0175072	0.39424812
5	16.42	15.96	1.028822055	0.0284145	0.63986251
Ortalama Sönüm					<u>0.49900717</u>

Tablo 2.10. 15 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme (g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
0.499	1.282	68.69	47.35



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

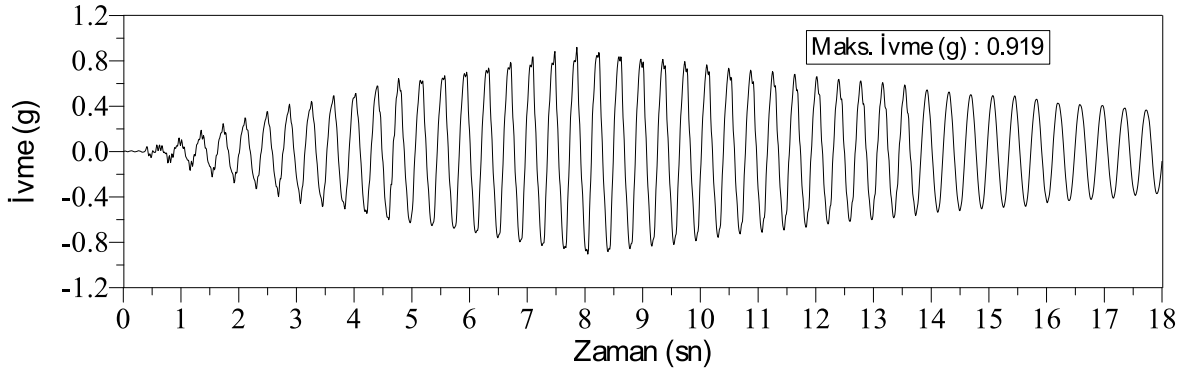
Şekil 2.31. 15 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.11. 15 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

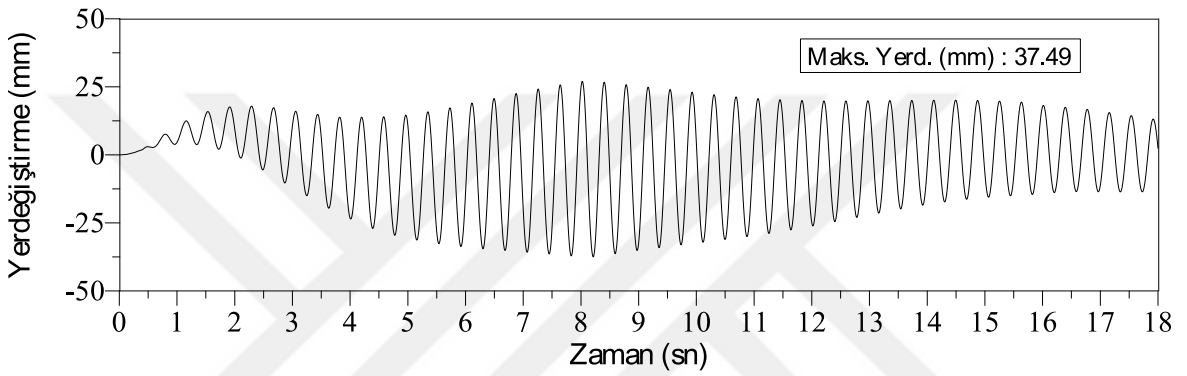
Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	30.37	29.64	1.02462888	0.02433	0.54789771
2	29.64	28.2	1.05106383	0.049803	1.12145538
3	28.2	27.54	1.023965142	0.023682	0.53330597
4	27.54	26.75	1.02953271	0.029105	0.6554113
5	26.75	26.03	1.027660392	0.027285	0.61442263
Ortalama Sönüm					<u>0.694498599</u>

Tablo 2.12. 15 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme (g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
0.695	2.317	121.88	78.56



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

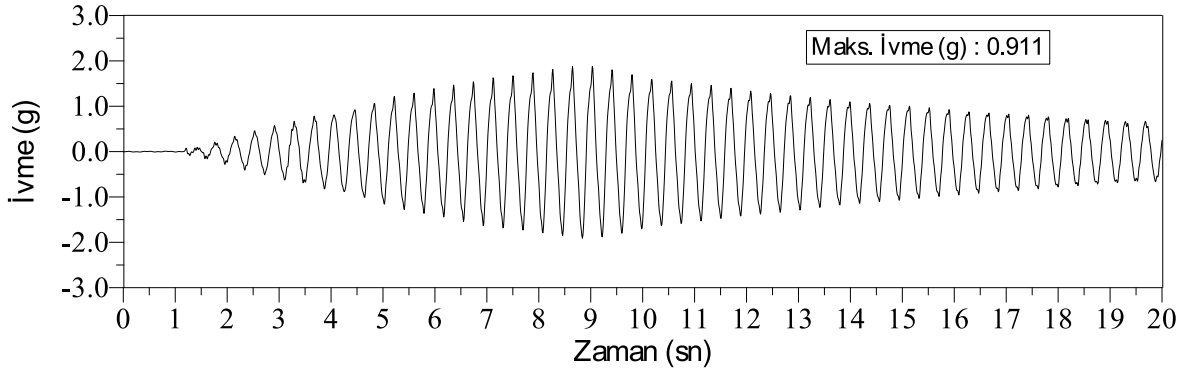
Şekil 2.32. 30 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.13. 30 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

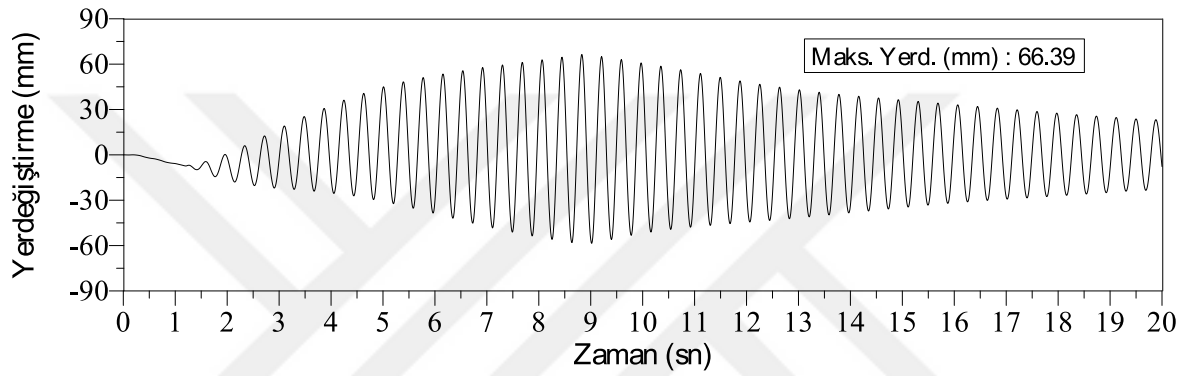
Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	22.6	21.69	1.041954818	0.041099	0.92547265
2	21.69	21.09	1.028449502	0.028052	0.63170692
3	21.09	20.76	1.015895954	0.015771	0.35514859
4	20.76	20.49	1.01317716	0.013091	0.29480136
5	20.49	20.17	1.015865146	0.015741	0.35446568
Ortalama Sönüm					<u>0.51231904</u>

Tablo 2.14. 30 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme (g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
0.512	0.919	54.63	37.49



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

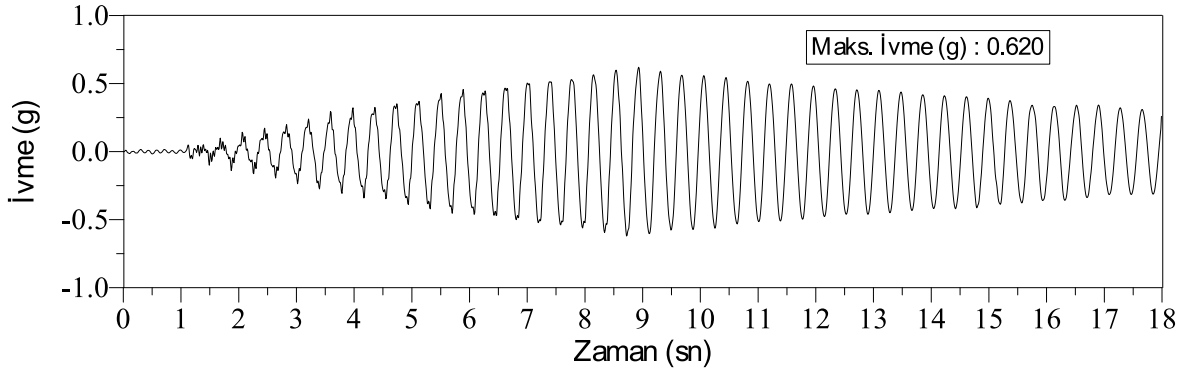
Şekil 2.33. 30 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.15. 30 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

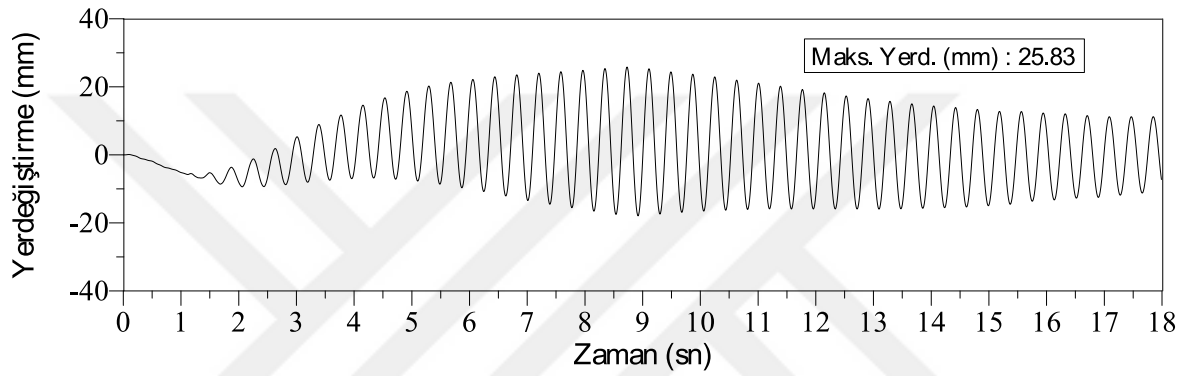
Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	40.88	39.65	1.031021438	0.03055	0.68794903
2	39.65	38.5	1.02987013	0.029433	0.66279011
3	38.5	37.38	1.029962547	0.029522	0.66481069
4	37.38	36.1	1.035457064	0.034843	0.78461524
5	36.1	35	1.031428571	0.030945	0.69683915
Ortalama Sönüm					<u>0.69940084</u>

Tablo 2.16. 30 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme (g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
0.6994	1.911	105.31	66.39



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

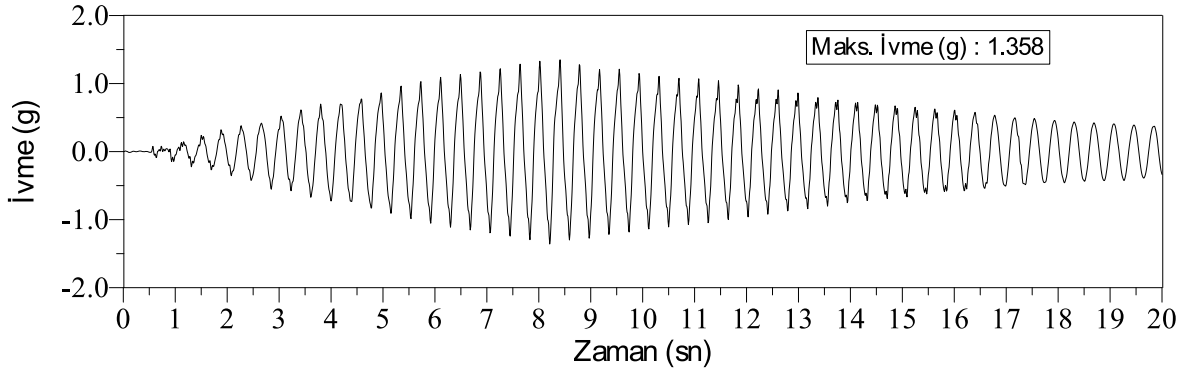
Şekil 2.34. 45 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yer değiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.17. 45 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

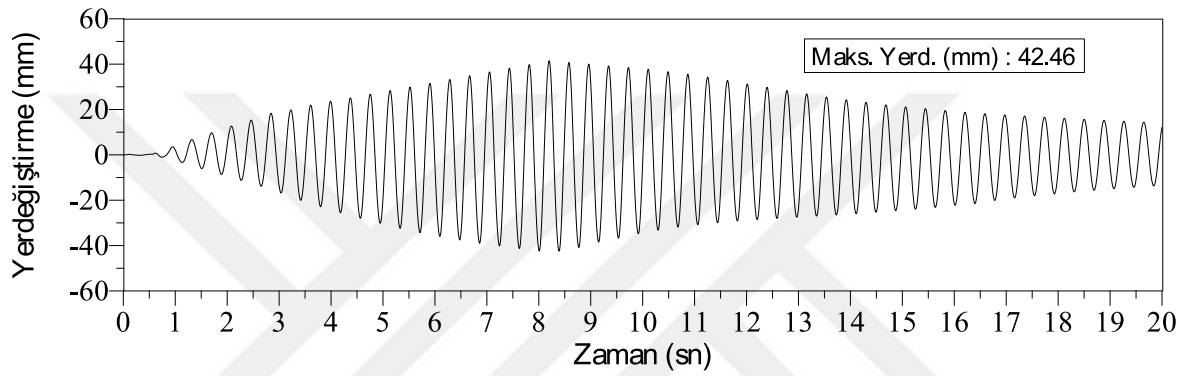
Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	36.17	34.99	1.033723921	0.033168	0.74689425
2	34.99	33.8	1.035207101	0.034602	0.77917883
3	33.8	33.22	1.017459362	0.017309	0.38977723
4	33.22	32.02	1.037476577	0.036791	0.82848895
5	32.02	30.87	1.037252996	0.036576	0.82363592
Ortalama Sönüm					<u>0.71359504</u>

Tablo 2.18. 45 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme (g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
0.713	0.620	36.54	25.83



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

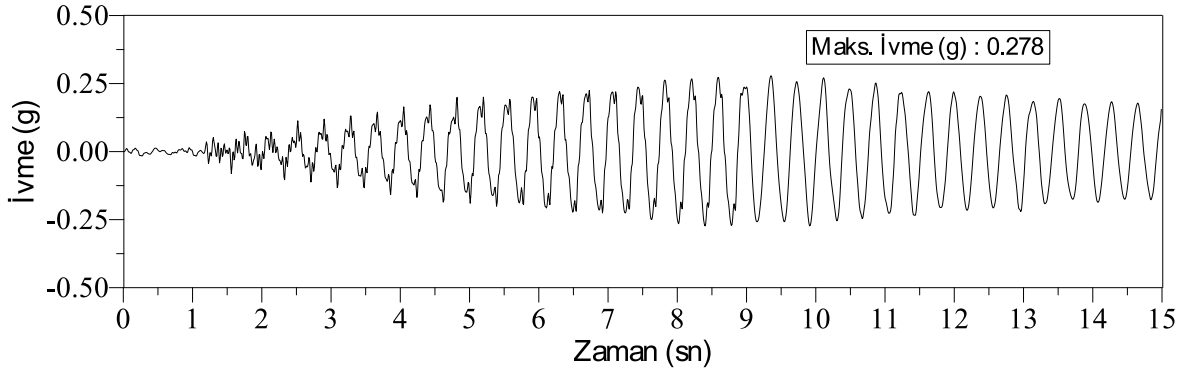
Şekil 2.35. 45 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.19. 45 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

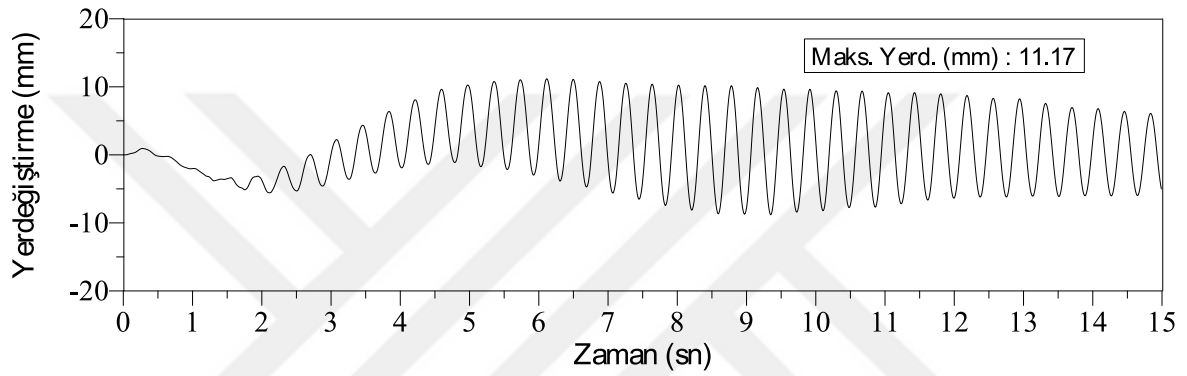
Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	40.56	39.83	1.018327894	0.018162	0.40899169
2	39.83	39.05	1.019974392	0.019778	0.44537199
3	39.05	38.23	1.021449124	0.021222	0.47790704
4	38.23	37.47	1.020282893	0.02008	0.45218194
5	37.47	36.7	1.020980926	0.020764	0.46758293
Ortalama Sönüm					<u>0.450407119</u>

Tablo 2.20. 45 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme (g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
0.45	1.358	70.44	42.46



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

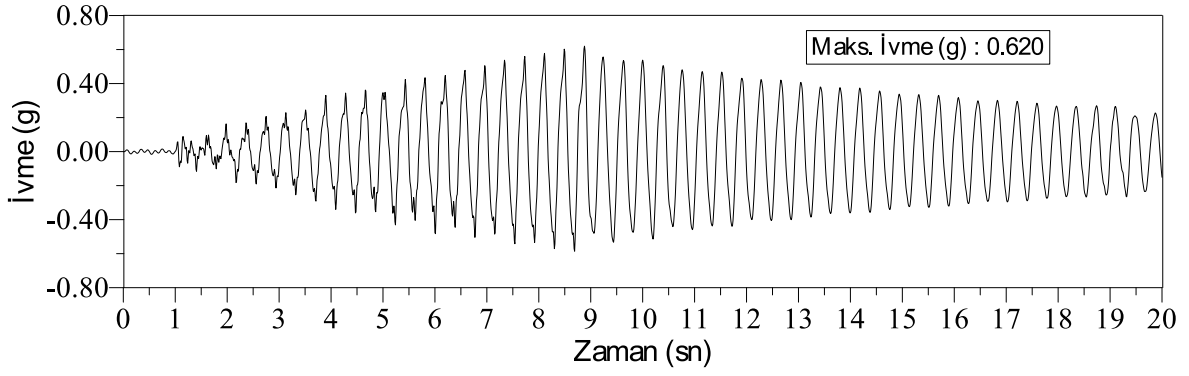
Şekil 2.36. 60 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.21. 60 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

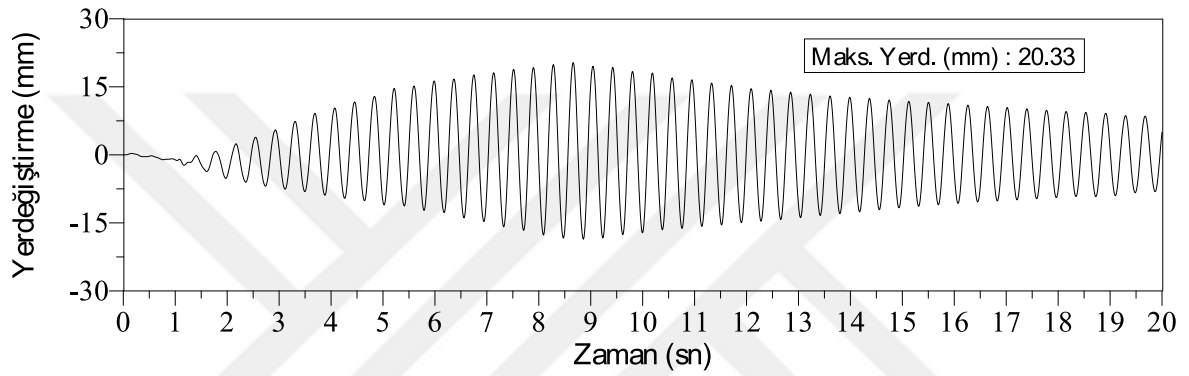
Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	10.23	9.95	1.028140704	0.027752	0.62494473
2	9.95	9.77	1.018423746	0.018256	0.41111123
3	9.77	9.67	1.010341262	0.010288	0.23168171
4	9.67	9.49	1.018967334	0.01879	0.42312749
5	9.49	9.35	1.014973262	0.014862	0.33468639
Ortalama Sönüm					<u>0.40511031</u>

Tablo 2.22. 60 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme (g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
0.405	0.278	16.36	11.17



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

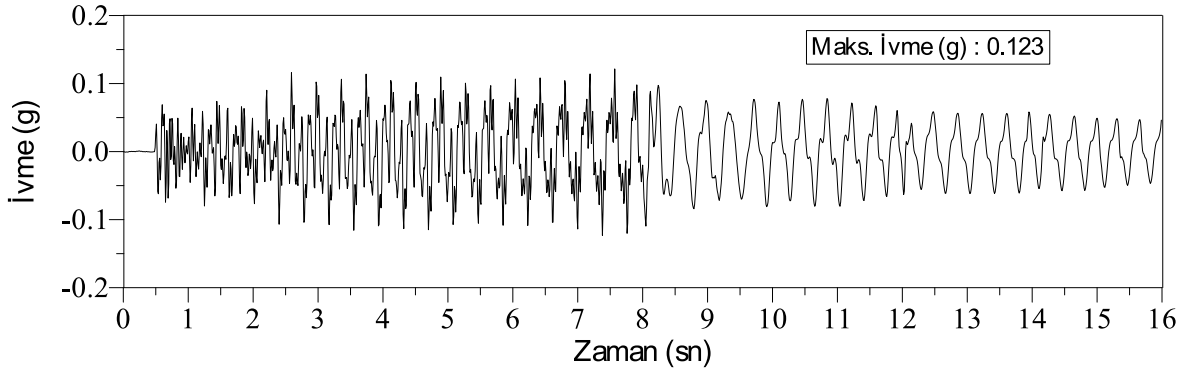
Şekil 2.37. 60 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.23. 60 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

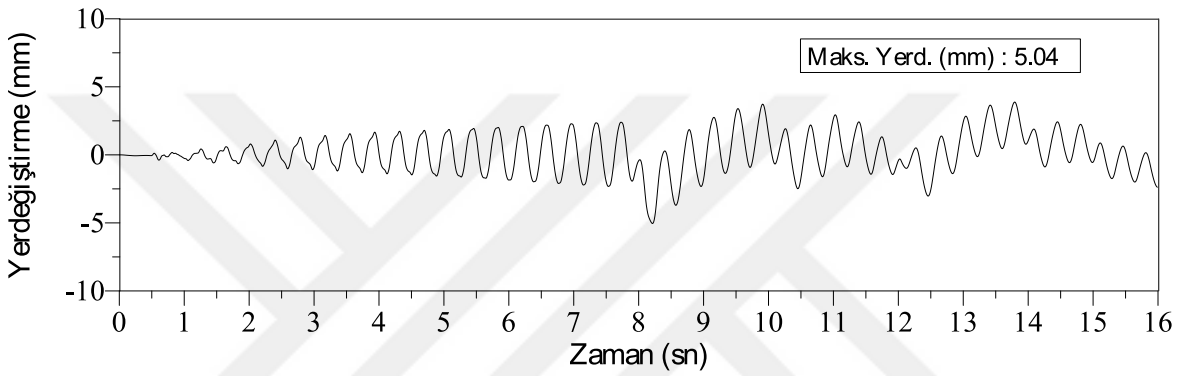
Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	15.81	15.27	1.035363458	0.034753	0.78257957
2	15.27	14.56	1.048763736	0.047612	1.07213016
3	14.56	14.2	1.025352113	0.025036	0.56378666
4	14.2	13.84	1.026011561	0.025679	0.57826438
5	13.84	13.31	1.039819684	0.039047	0.87928522
Ortalama Sönüm					<u>0.77520919</u>

Tablo 2.24. 60 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme (g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
0.775	0.620	34.16	20.33



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

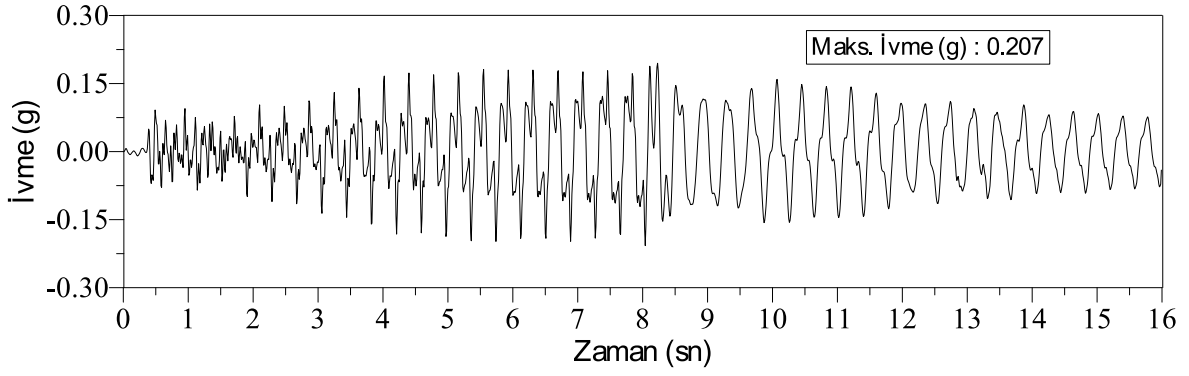
Şekil 2.38. 75 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.25. 75 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

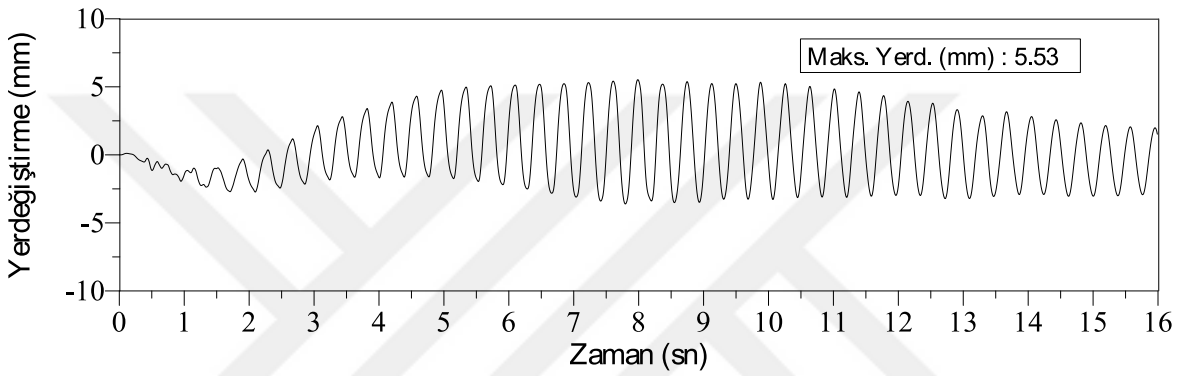
Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	3.9	3.74	1.042780749	0.041891	0.94331373
2	3.74	3.62	1.033149171	0.032612	0.73437107
3	3.62	3.53	1.025495751	0.025176	0.56694088
4	3.53	3.44	1.026162791	0.025826	0.58158323
5	3.44	3.36	1.023809524	0.02353	0.52988346
Ortalama Sönüm					<u>0.67121847</u>

Tablo 2.26. 75 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme (g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
0.671	0.123	5.71	0.56



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

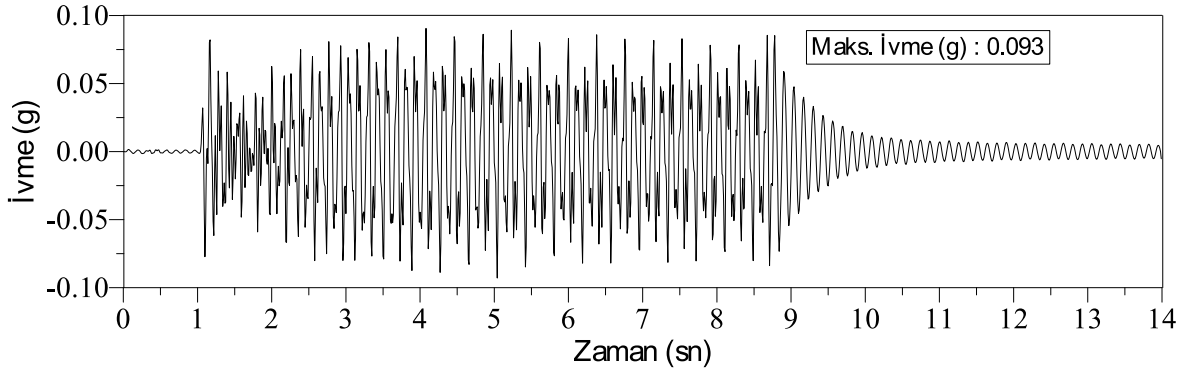
Şekil 2.39. 75 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.27. 75 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

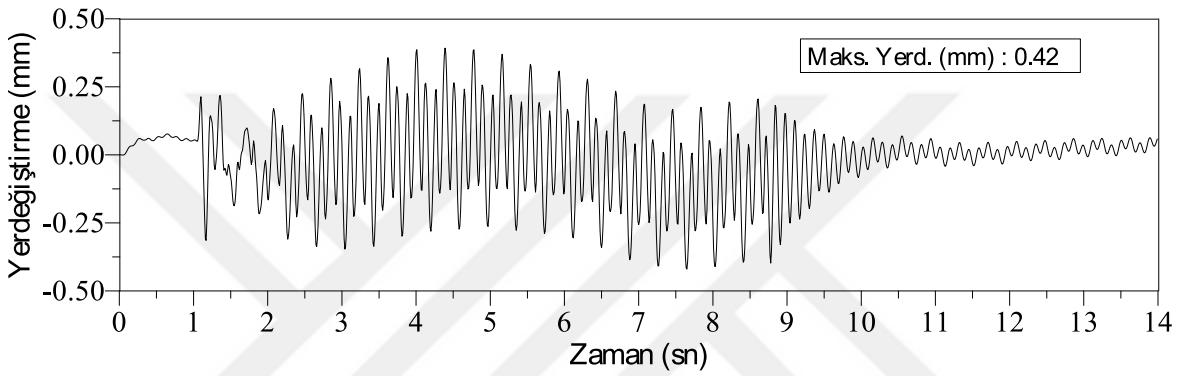
Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	5.358	5.228	1.024866106	0.024562	0.55311063
2	5.228	5.022	1.041019514	0.040201	0.90525179
3	5.022	4.861	1.033120757	0.032584	0.73375177
4	4.861	4.639	1.047855141	0.046745	1.05261543
5	4.639	4.35	1.066436782	0.064323	1.44835812
Ortalama Sönüm					<u>0.938617546</u>

Tablo 2.28. 75 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme (g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
0.939	0.207	9.73	5.53



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

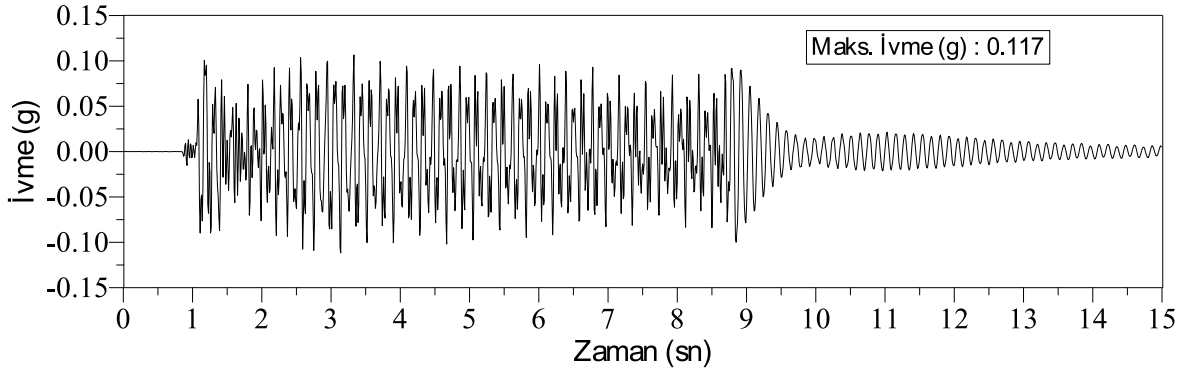
Şekil 2.40. 90 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.29. 90 derece açıyla 1 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

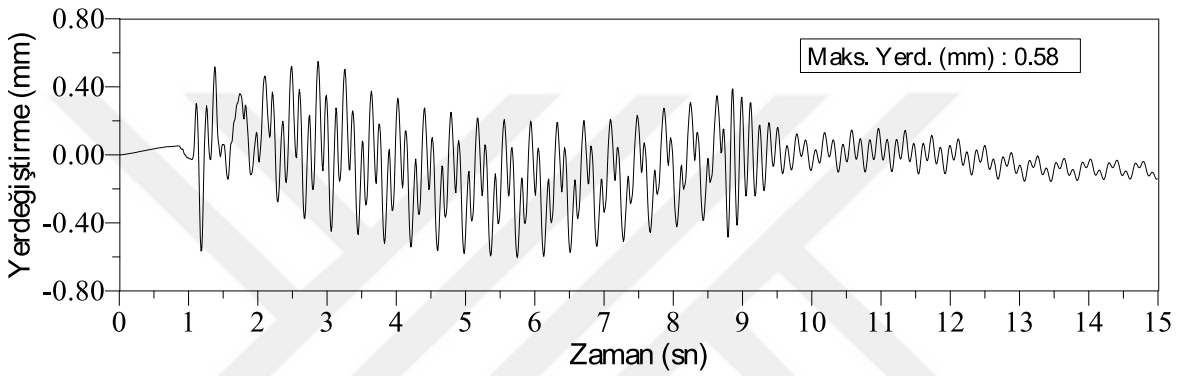
Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	0.186	0.156	1.192307692	0.175891	3.95783543
2	0.156	0.129	1.209302326	0.190044	4.2757397
3	0.129	0.109	1.183486239	0.168465	3.79098015
4	0.109	0.094	1.159574468	0.148053	3.33220425
5	0.094	0.09	1.044444444	0.043485	0.97920839
Ortalama Sönüm					<u>3.26719358</u>

Tablo 2.30. 90 derece açıyla 1 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme(g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
3.267	0.093	1.419	0.42



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.41. 90 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Tablo 2.31. 90 derece açıyla 2 mm genlikli tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiğinden elde edilen sönüm oranı değerleri

Ölçüm No	x_0 (mm)	x_1 (mm)	x_0/x_1	$\ln(x_0/x_1)=\delta$	Sönüm (%)
1	0.117	0.097	1.206185567	0.187463	4.21778243
2	0.097	0.082	1.182926829	0.167992	3.7803561
3	0.082	0.076	1.078947368	0.075986	1.71090082
4	0.076	0.071	1.070422535	0.068053	1.53233807
5	0.071	0.066	1.075757576	0.073025	1.64425438
Ortalama Sönüm					<u>2.57712636</u>

Tablo 2.32. 90 derece açıyla 2 mm genlikli grafiklere ait özet tablo

Sönüm Oranı (%)	Maksimum İvme (g)	Maksimum Hız (cm/sn)	Maksimum Yerdeğiştirme (mm)
2.577	0.117	2.162	0.58

Kayma çerçevesinin 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° ve 90° durumlarına ait elde edilen sonuçlar için çeşitli grafikler sunulduktan sonra bulunan sonuçlar Tablo 2.33'te özetlenmektedir. Tablo 2.33 incelendiğinde 90°'den elde edilen sönüm oranı değerlerinin diğer sönüm oranlarına göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu derecede elde edilen yerdeğiştirme-zaman grafikleri incelendiğinde, yerdeğiştirmelerin çok küçük olduğu görülmektedir. Sönüm hesabında kullanılan genliklerin çok küçük olması nedeniyle de sönüm oranı bu derecede diğerlerine göre daha büyük değere sahip olduğu düşünülmektedir.

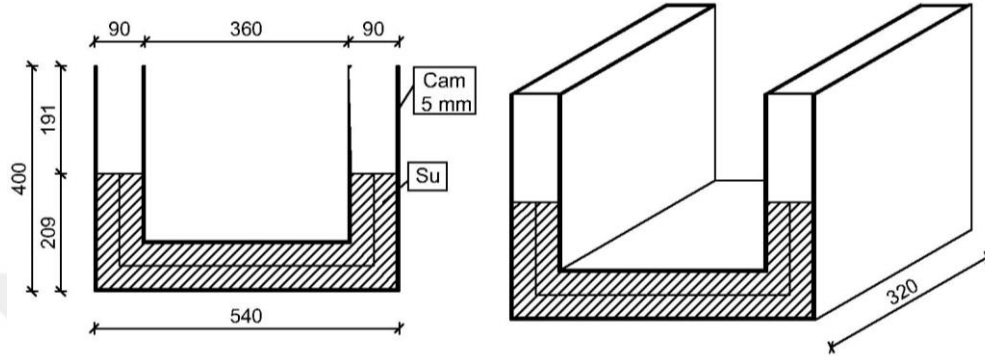
Tablo 2.33. 1 ve 2 mm genlikli 0, 15, 30, 45, 60, 75 ve 90 derece açılarda ölçülen maksimum ivme, hız ve yerdeğiştirme değerleri ile sönüm oranları

Genlik								
Açı	1 mm				2 mm			
	Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/sn)	Maks. Yerd. (mm)	Sönüm Oranı (%)	Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/sn)	Maks. Yerd. (mm)	Sönüm Oranı (%)
0°	1.299	60.740	39.190	0.699	2.292	114.960	76.720	0.739
15°	1.281	68.690	47.300	0.499	2.317	121.880	78.560	0.695
30°	0.919	54.630	37.490	0.512	1.910	105.310	66.390	0.699
45°	0.620	36.540	25.830	0.713	1.358	70.440	42.460	0.450
60°	0.278	16.360	1.112	0.405	0.620	34.160	20.330	0.775
75°	0.123	5.710	0.560	0.671	0.207	9.730	0.553	0.939
90°	0.092	1.419	0.420	3.267	0.111	2.612	0.600	2.577

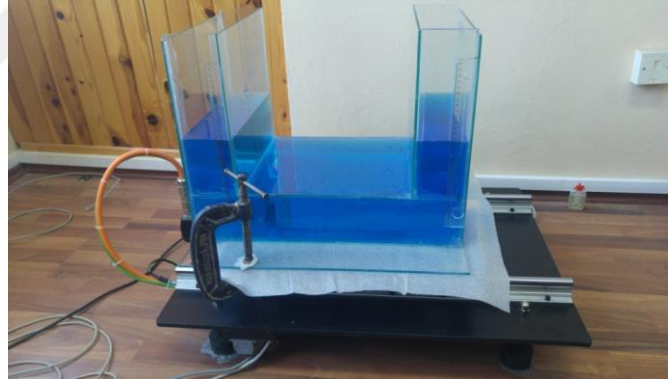
2.4. Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyici'nin (AKSS) Tasarımı ve Dinamik Karakteristiklerinin Sarsma Masası Yardımıyla Elde Edilmesi

Tasarlanan Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyicinin (AKSS) kayma çerçevesine mesnetlenmeden önce, dinamik karakteristiklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu bölümde, AKSS'ye ait rezonans frekansının deneysel olarak hesap edilmesi, yük kaybı katsayısı, sönüm oranı ve su yüksekliği-frekans ilişkisi elde edilmiştir. Elde edilen rezonans frekansı, teorik olarak elde edilen frekans değeri ile karşılaştırılmıştır. Şekil 2.42'te tasarlanan AKSS'ye ait geometrik özellikler verilmektedir. Sistemdeki su, sarsma masasının hareketi halinde rezonans frekansında dahi düşey kesitten taşmayacak şekilde ayarlanmıştır. Camlar polisiloksan (silikon) ile birbirine yapıştırılmıştır. Model tamamlandıktan sonra tartılmış olup, ağırlığı 13.075kg olarak ölçülmüştür. Sistemin

çerçeveye sabitlenmesi işkence (mengene) yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucunda elde edilen değerler, cam yüzeyine yapıştırılan cetvel yardımıyla kamera kullanılarak okunmuştur. Şekil 2.43’de dizaynı tamamlanan AKSS’ye ait birkaç resim sunulmaktadır.



Şekil 2.42. Modellenen AKSS’ye ait geometrik özellikler (Birimler mm cinsindedir)



(a) İçi su dolu sistemin sarsma masası üzerine sabitlenmesi



(b) (b) AKSS’ye ait bir görünüş

Şekil 2.43. Deneye hazır AKSS sistemi

AKSS'ye ait deneysel ölçümler 4 ve 8mm genlikler için yapılmış olup, model içerisindeki su yüksekliği 16.4cm'dir. Gerçekleştirilen ölçümler sonucunda, maksimum su seviyesinin 0.86Hz frekansında olduğu ve bu frekansın 4 ve 8mm genlikler için 19.80 ile 21.40cm değerlerinde elde edildiği belirlenmiştir. Tablo 2.34'te AKSS sistemine ait ölçümler sunulmuştur.

Tablo 2.34. AKSS sisteminde farklı frekanslarda ölçülen maksimum su yükseklikleri

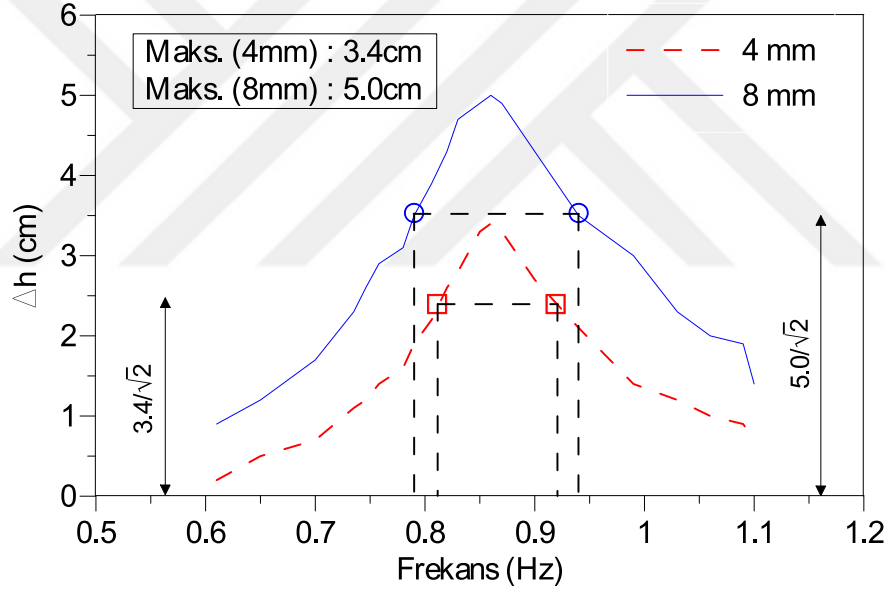
GENLİK					
4 mm			8 mm		
Frekans (Hz)	Ölçülen Yükseklik (cm)	Δh (cm)	Frekans (Hz)	Ölçülen Yükseklik (cm)	Δh (cm)
0.610	16.60	0.2	0.610	17.30	0.90
0.650	16.90	0.5	0.650	17.60	1.20
0.700	17.10	0.7	0.700	18.10	1.70
0.735	17.50	1.1	0.735	18.70	2.30
0.746	17.60	1.2	0.746	19.00	2.60
0.758	17.80	1.4	0.758	19.30	2.90
0.769	17.90	1.5	0.769	19.40	3.00
0.780	18.00	1.6	0.780	19.50	3.10
0.790	18.30	1.9	0.790	19.90	3.50
0.806	18.60	2.2	0.806	20.30	3.90
0.820	19.00	2.6	0.820	20.70	4.30
0.830	19.20	2.8	0.830	21.10	4.70
0.850	19.70	3.3	0.850	21.30	4.90
0.86 (Rezonans)	19.80	3.4	0.86 (Rezonans)	21.40	5.00
0.870	19.70	3.3	0.870	21.30	4.90
0.880	19.50	3.1	0.880	21.10	4.70
0.890	19.30	2.9	0.890	20.90	4.50
0.900	19.10	2.7	0.900	20.70	4.30
0.940	18.50	2.1	0.940	19.90	3.50
0.990	17.80	1.4	0.990	19.40	3.00
1.030	17.60	1.2	1.030	18.70	2.30
1.060	17.40	1.0	1.060	18.40	2.00
1.090	17.30	0.9	1.090	18.30	1.90
1.100	17.10	0.7	1.100	17.80	1.40

Maksimum su seviyesi sistemin rezonans frekansını göstermektedir. Bu değer eşitlik (1.3)'teki teorik olarak verilen frekans formülü ile karşılaştırılmıştır. Tablo 2.35'te teorik frekans değeri ile deneysel olarak elde edilen frekans değeri ve hata oranı verilmektedir.

Tablo 2.35. AKSS'ye ait teorik ve deneysel olarak elde edilen frekans değerleri

Frekans Değerleri		
Teorik Frekans (Hz)	Deneysel Frekans (Hz)	Hata Oranı (%)
0.799	0.860	7.01

Şekil 2.44'te, 4 ve 8mm genlikli frekansları 0.6Hz ile 1.1Hz arasında değişen Δh -frekans grafiği görülmektedir. 4mm genlikte su ilk seviyesine göre 3.4cm yükselmişken, 8mm genlikte, 5.0cm yükselmiştir. Şekil 2.44'te verilen grafik değeri ve Bölüm 1.8.2'de anlatılan yarım güç bant yöntemiyle birlikte sönüm oranı değeri, (1.4) eşitliğine bağlı olarak ise yük kaybı katsayısı hesaplanabilmektedir.

Şekil 2.44. 4 ve 8 mm genlikli Δh -frekans grafiği

Sönüm oranının hesaplanabilmesi için, ilgili grafiğin Y ekseninde $Y_{\max}/\sqrt{2}$ noktası işaretlenmiş olup, grafiğin X ekseninden ω_1 ve ω_2 frekans değerleri okunmuştur. Bu iki değer ile birlikte sönüm oranı (ξ) iki farklı genlik için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sonrasında ise, yük kaybı katsayısı (δ) sönüm oranına ve maksimum su yüksekliğine (Y_{\max}) bağlı olarak elde edilmiştir (Tablo 2.36).

Tablo 2.36. AKSS sistemine ait sönüm oranı değerleri ile yük kaybı katsayısı

GENLİK												
4 mm						8 mm						
Y _{max} (cm)	Sönüm Oranı				δ	Y _{max} (cm)	Sönüm Oranı				δ	
	ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)			ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)		
3.4	0.81	0.92	0.86	6.39	5.20	5.0	0.79	0,94	0.86	8.72	4.81	

2.5. AKSS Sisteminin Kayma Çerçevesiyle Birlikte Tasarımı (KÇAKSS) ve Dinamik Karakteristiklerinin Sarsma Masası Yardımıyla Elde Edilmesi

Kayma çerçevesi ve AKSS sistemi ayrı ayrı incelenip dinamik karakteristikleri elde edildikten sonra bu bölümde ise, AKSS sisteminin kayma çerçevesinin dinamik davranışına olan etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Sonlu eleman modelinde kayma çerçevesine, su ve camın kütlesi eklenmiş ve modal analizler tekrarlanmıştır. Kütle eklenmesi ile birlikte modal kütle katılım oranı ve mod şekli değişmemiş olup, frekanslarda azalmalar meydana gelmiştir. Tablo 2.37’de sisteme ait periyot ve frekans değerleri ile kütle katılım oranları verilmektedir.

Tablo 2.37. KÇAKSS sisteminin dinamik karakteristiklerinin sonlu eleman yöntemiyle elde edilmesi

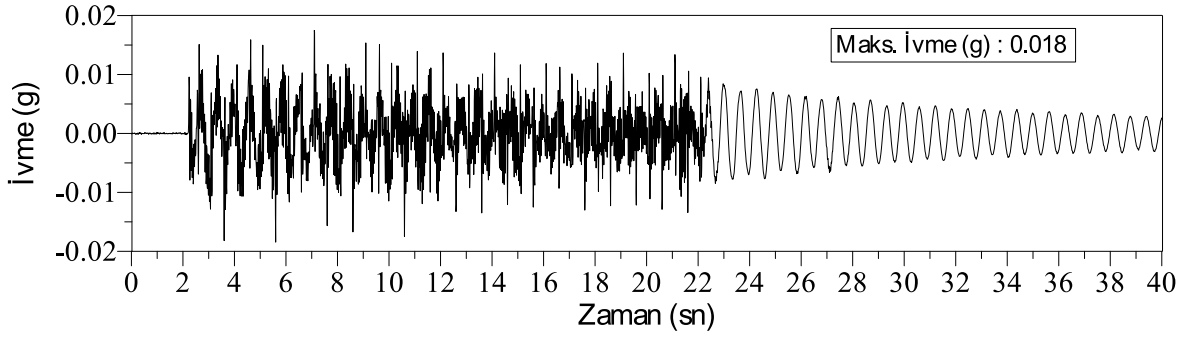
Mod Numarası	Periyot (sn)	Frekans (Hz)	Kütle Katılım Oranı(%)
1. Mod	0.646	1.547	87.6 (Y yönü)
2. Mod	0.108	9.276	94.0 (Burulma)
3. Mod	0.069	14.533	98.0 (X yönü)

KÇAKSS’ye ait rezonans frekansı, sonlu eleman yöntemiyle birlikte 1.55Hz olarak tespit edilmiştir. AKSS sistemi modele işkence (mengene) ile dört tarafından sabitlenmiştir. Su seviyesi önceki analizlerde olduğu şekilde 16.4 cm olarak ayarlanmıştır. Şekil 2.45’da modellenen düzeneğe ait görünüşler verilmektedir. Sarsma masası üzerindeki düzenek 1.0Hz ile 2.0Hz arasındaki frekanslarda titreştirilmiş ve sistemdeki sönüm oranı hesabı amacıyla yerdeğiştirme-frekans grafikleri elde edilmiştir.

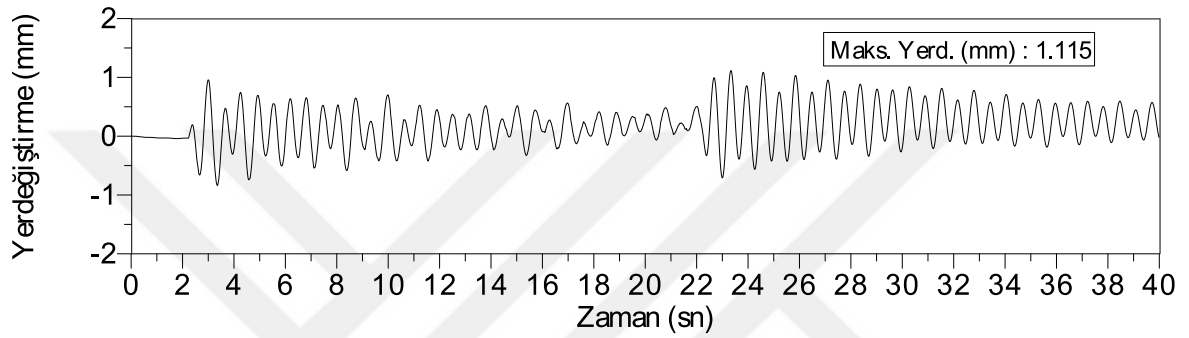


Şekil 2.45. KÇAKSS düzeneği

Kayma çerçevesi ile AKSS sisteminin birleştirilmesi ile birlikte elde edilen KÇAKSS sisteminin hazır olması ile birlikte, 1 ve 2mm genlikli çeşitli frekanslar sisteme etkitilmiştir. Harmonik olarak etkitilecek titreşimler rezonans frekansı (1.55Hz) dikkate alınarak 1.0Hz ile 2.0Hz ile sınırlandırılmıştır. Bir tanesi sistemin tepe noktasına, diğeri ise sarsma masasının üzerine monte edilmiş iki adet ivmeölçer kullanılmıştır. Sistemin tepe noktasında bulunan ivmeölçerden alınan kayıttan tabanda bulunan ivmeölçerden alınan kayıt rölatif olarak çıkarılmıştır. Düzenlenen bu ivme kaydı Butterworth tipi filtreleme kullanılarak makine kaynaklı titreşimlerden arındırılmıştır. İvme-zaman grafiği *Seismo Signal (2016)* programı yardımıyla hız zaman ve yerdeğiştirme zaman grafiklerine dönüştürülmüştür. Ayrıca, her bir kayıta ait hakim frekans, maksimum ivme ve maksimum yerdeğiştirme değerleri belirlenmiştir. Şekil 2.46-2.75’de sisteme etkiyen titreşimlere ait tepe noktası ivme zaman ve yerdeğiştirme zaman grafikleri verilmiştir.

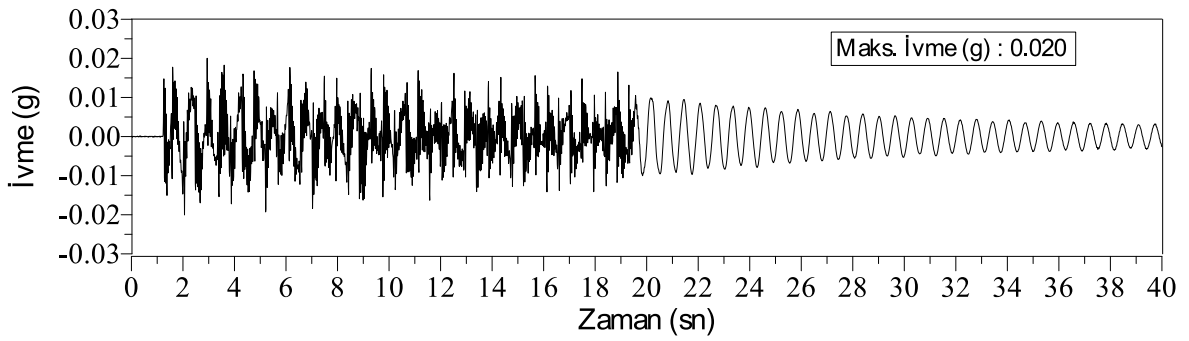


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

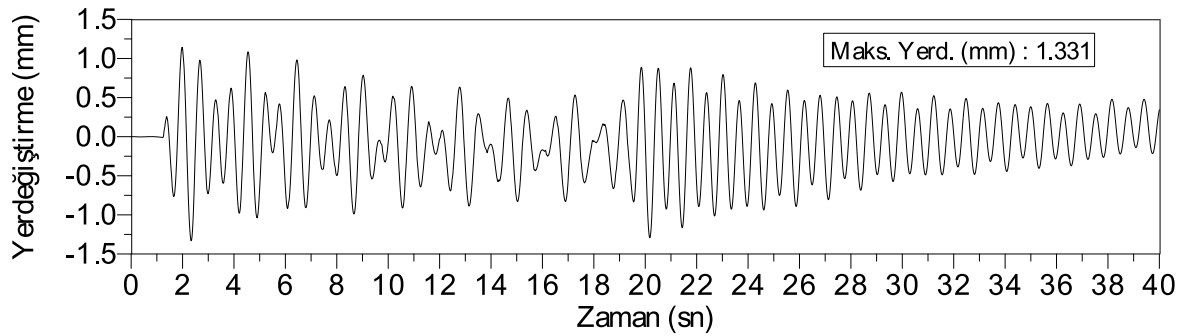


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.46. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

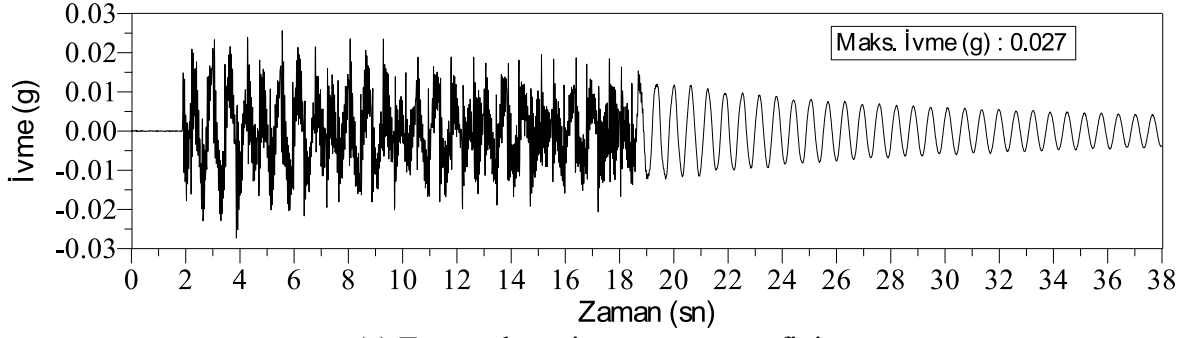


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

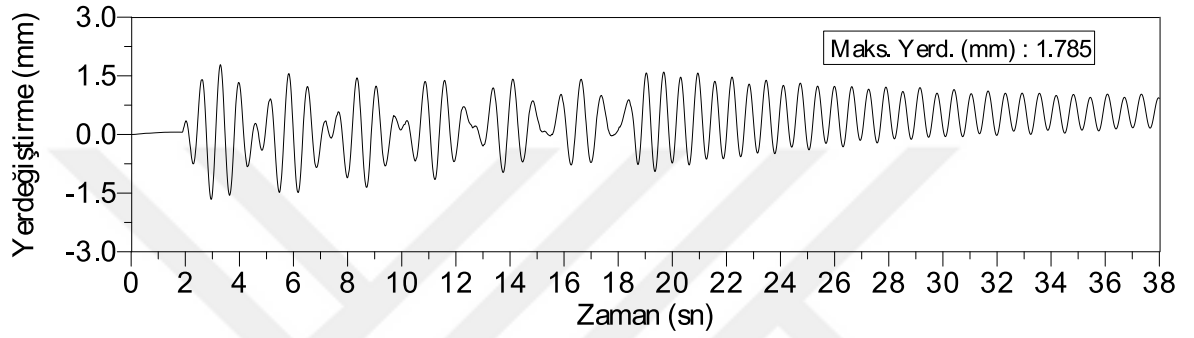


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.47. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.10Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

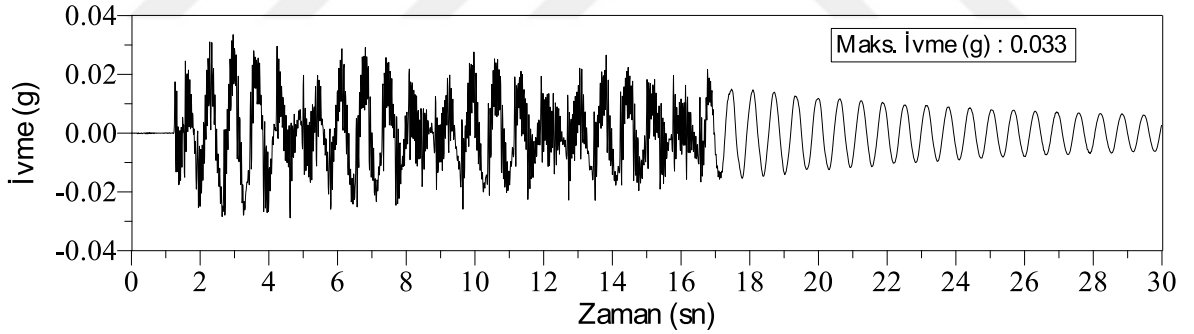


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

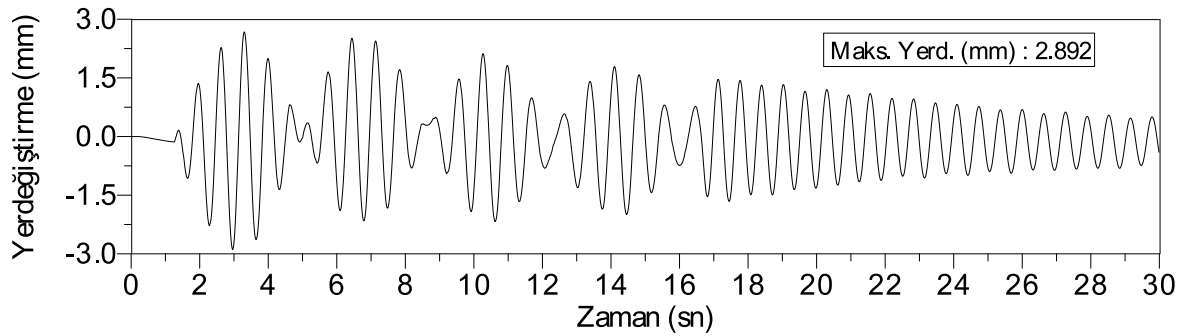


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.48. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.20Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

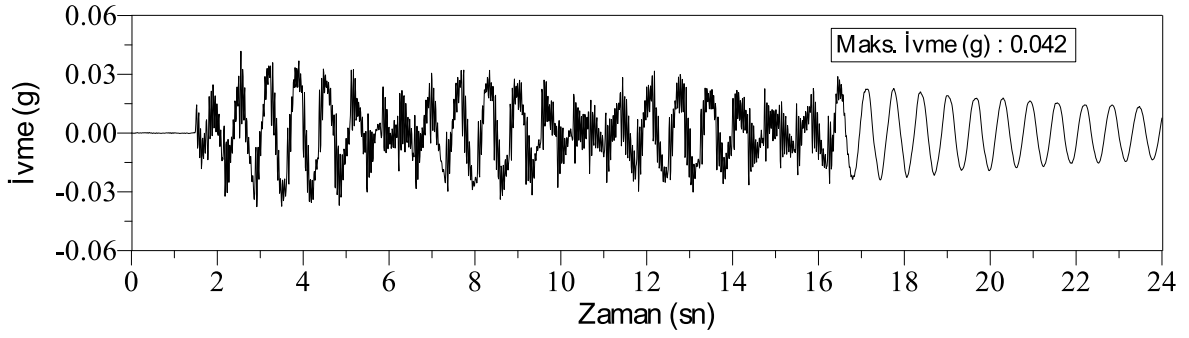


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

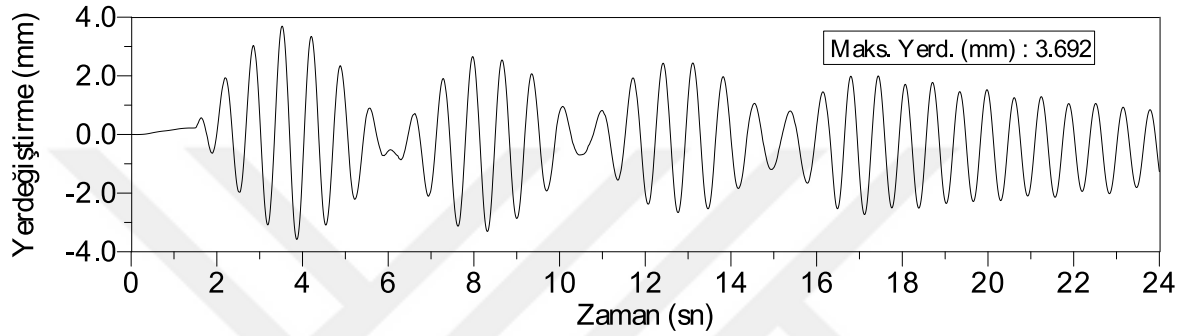


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.49. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.30Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

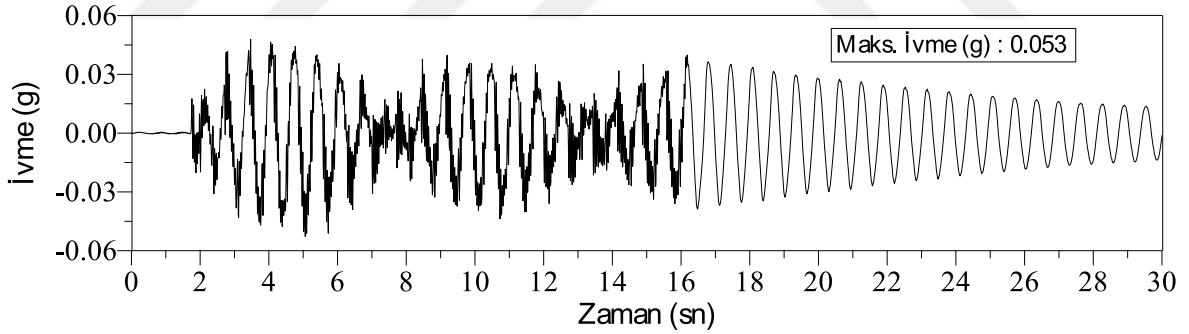


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

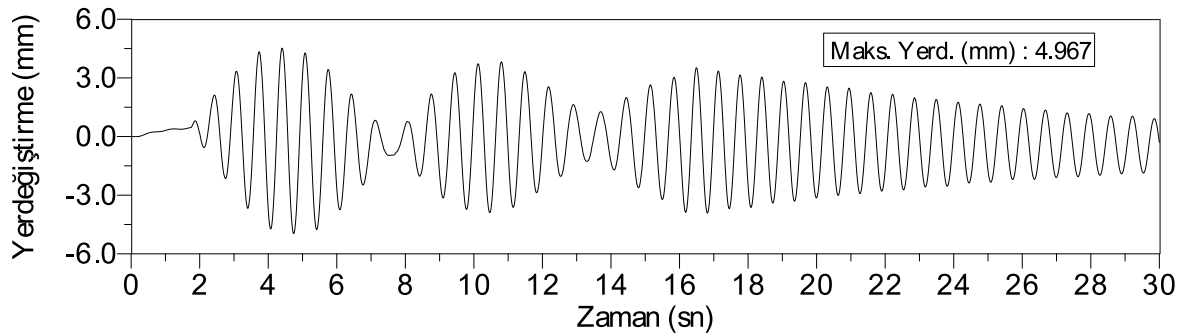


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.50. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.35Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

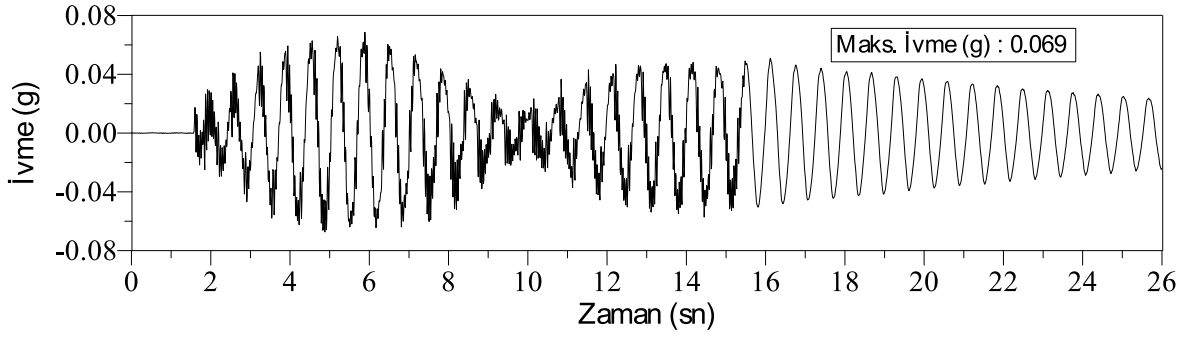


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

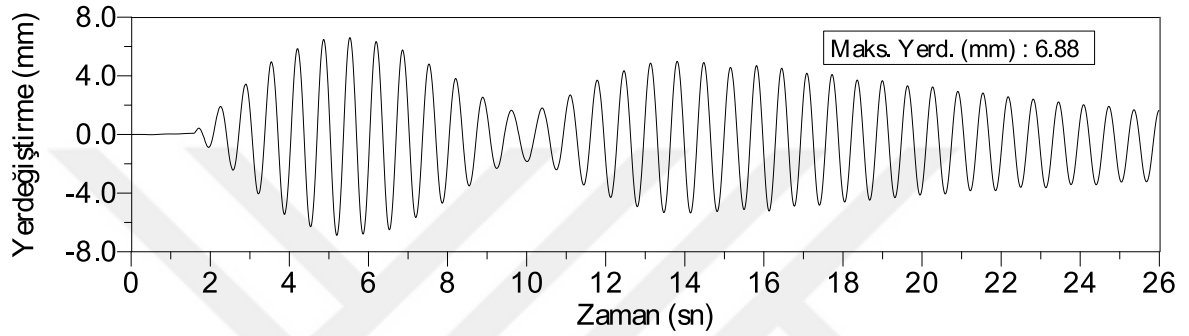


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.51. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.40Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

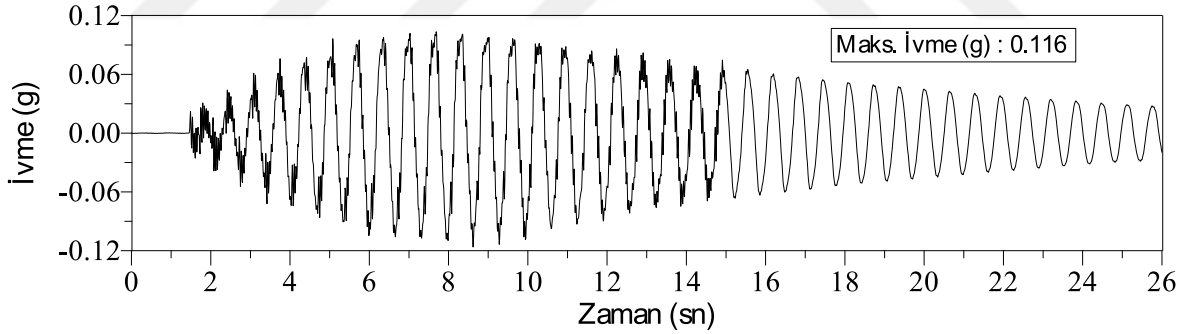


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

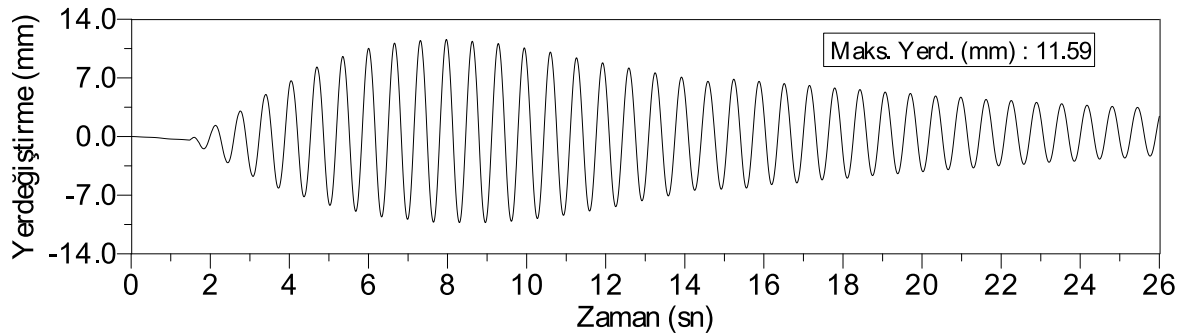


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.52. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.45Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

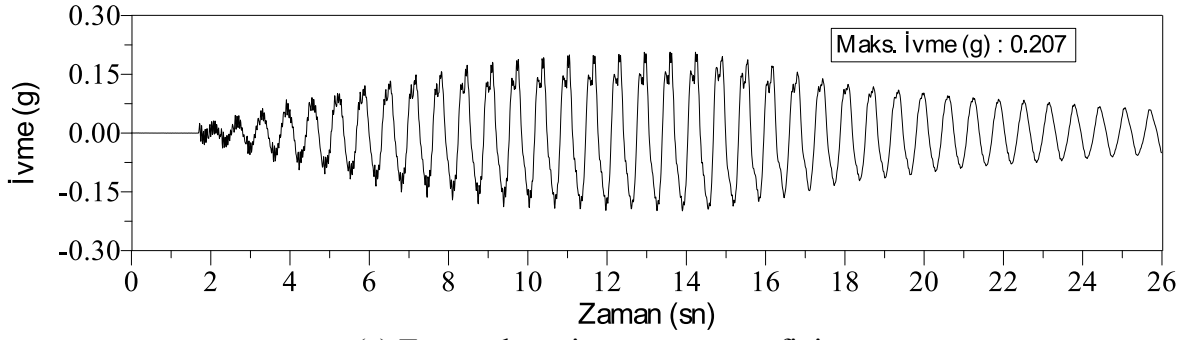


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

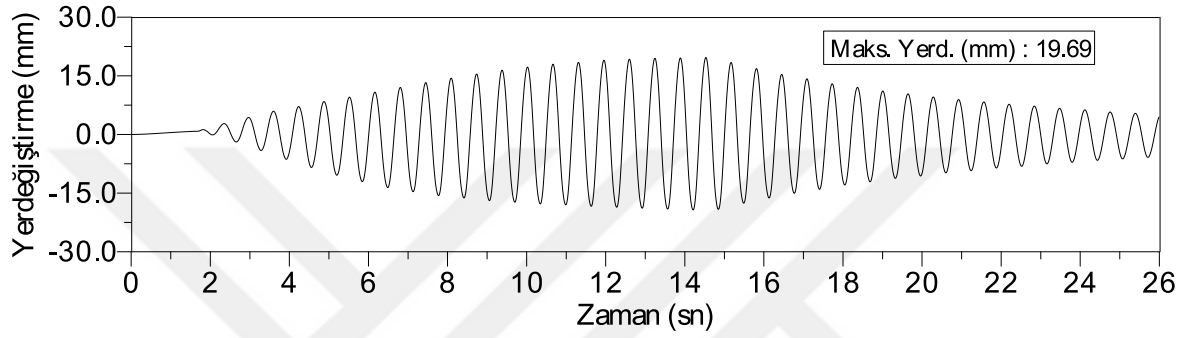


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.53. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.50Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

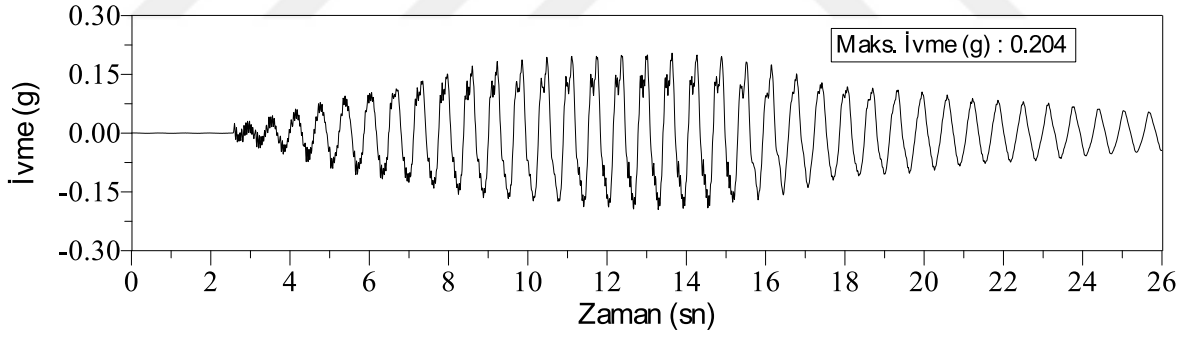


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

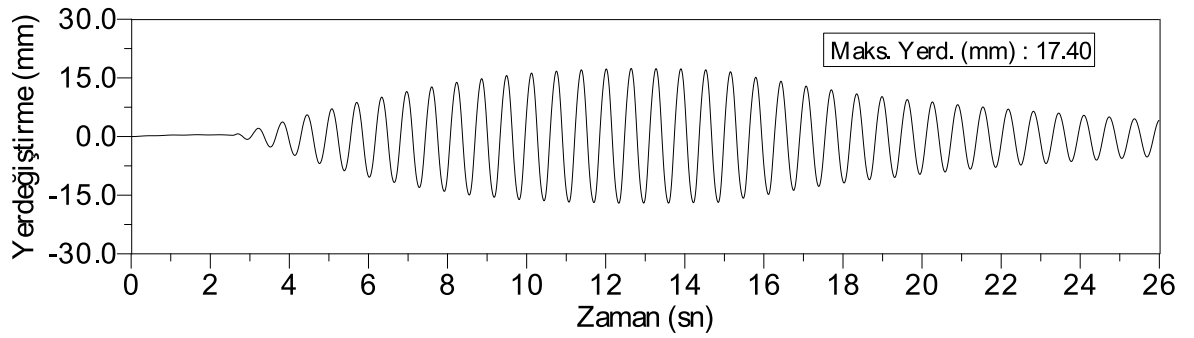


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.54. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.55Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

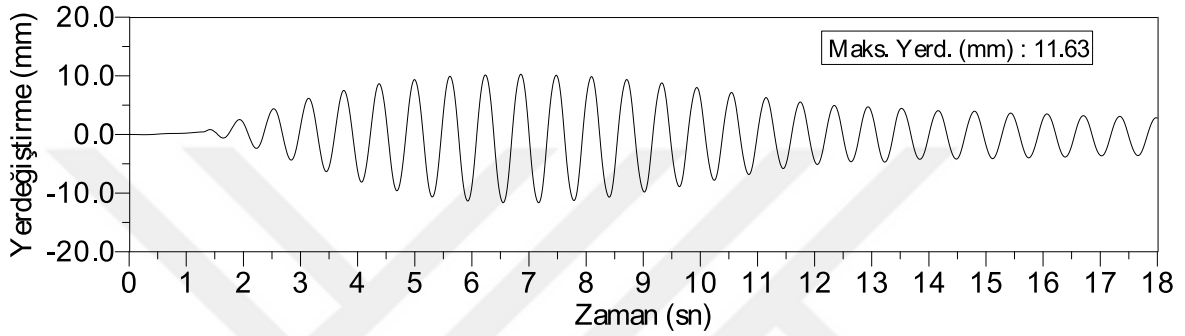
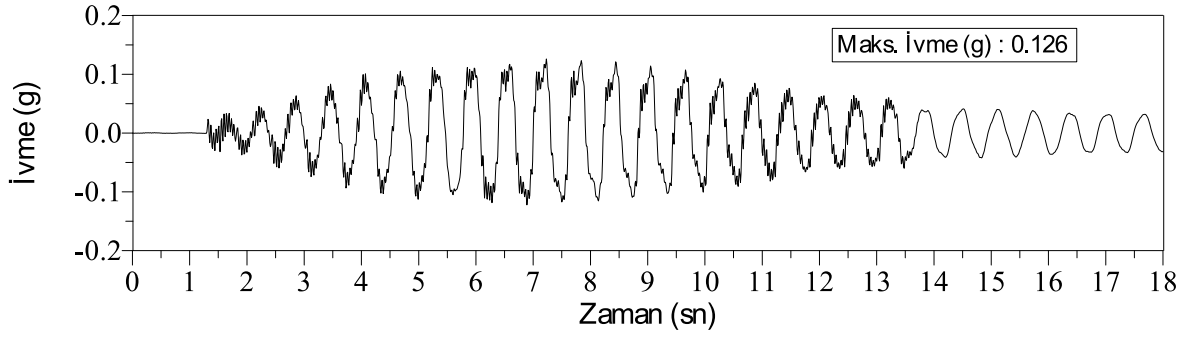


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

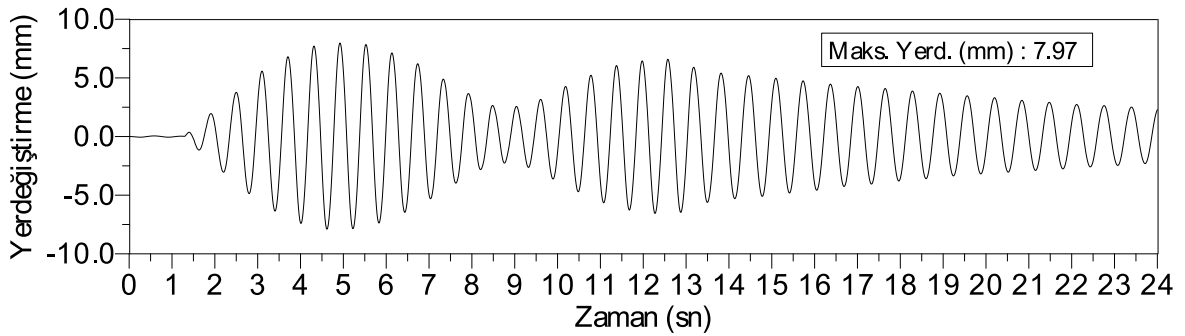
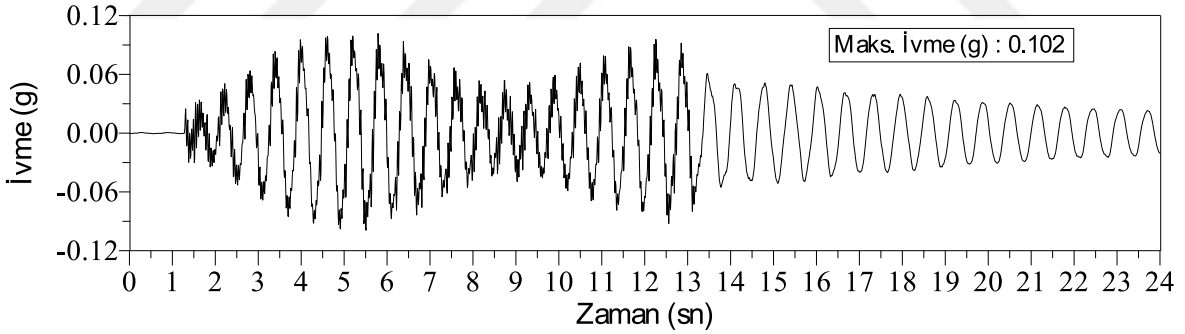


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

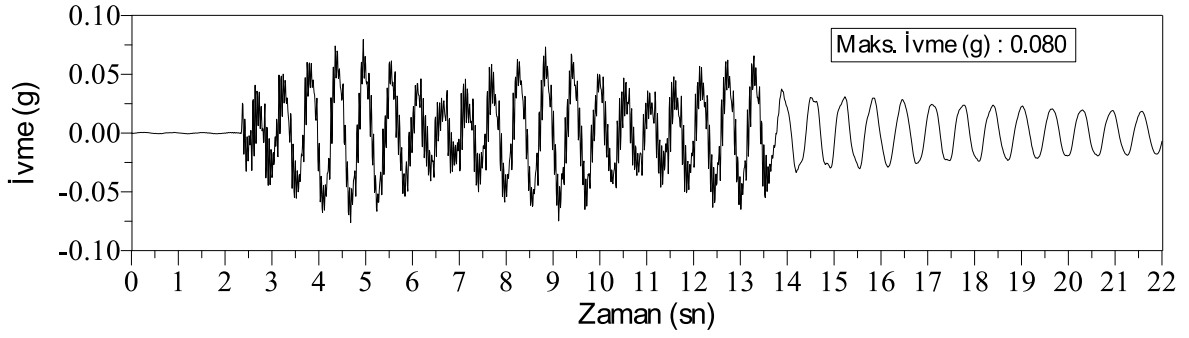
Şekil 2.55. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.60Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri



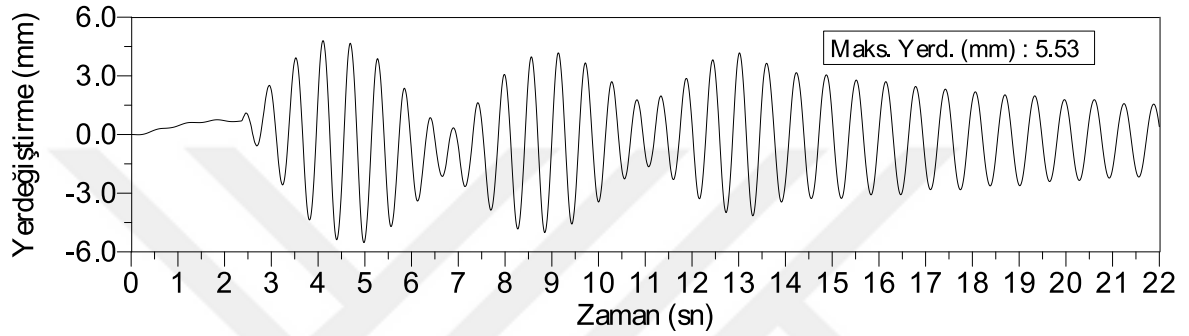
Şekil 2.56. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.65Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri



Şekil 2.57. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.70Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

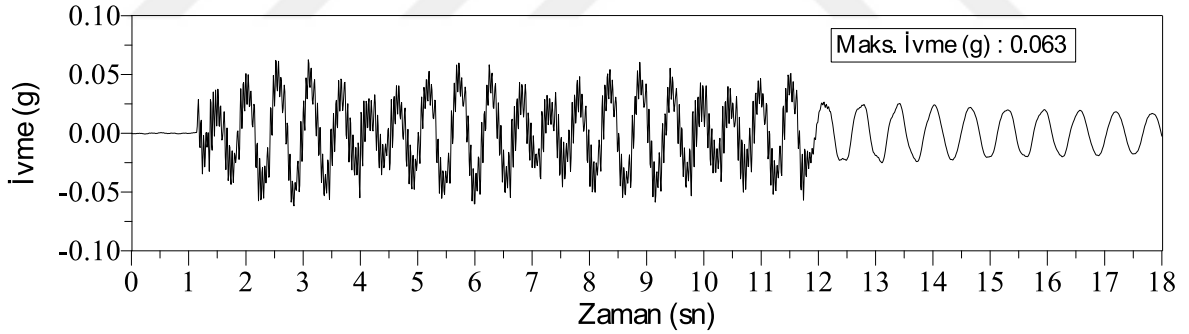


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

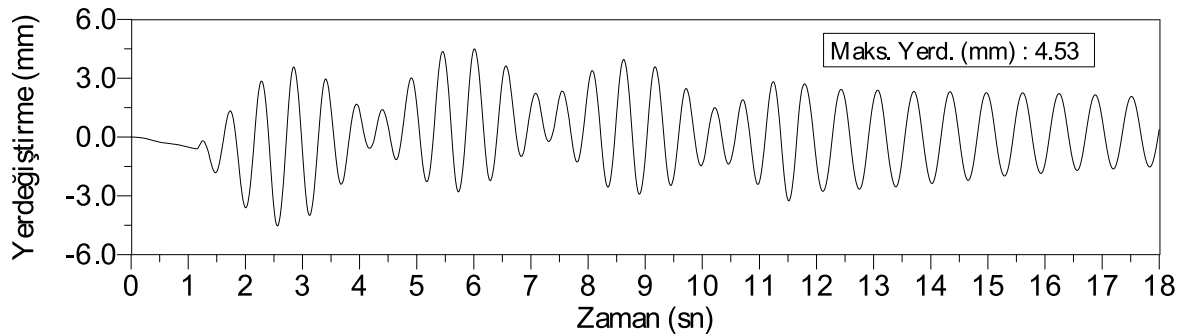


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.58. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.80Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

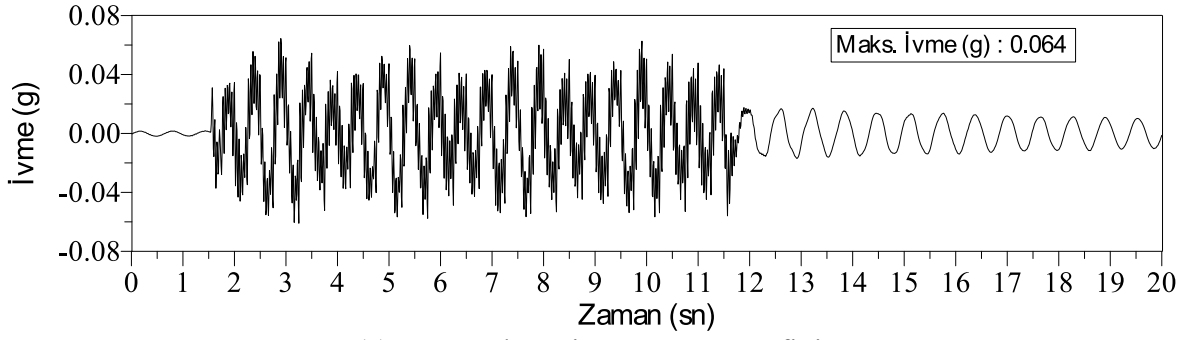


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

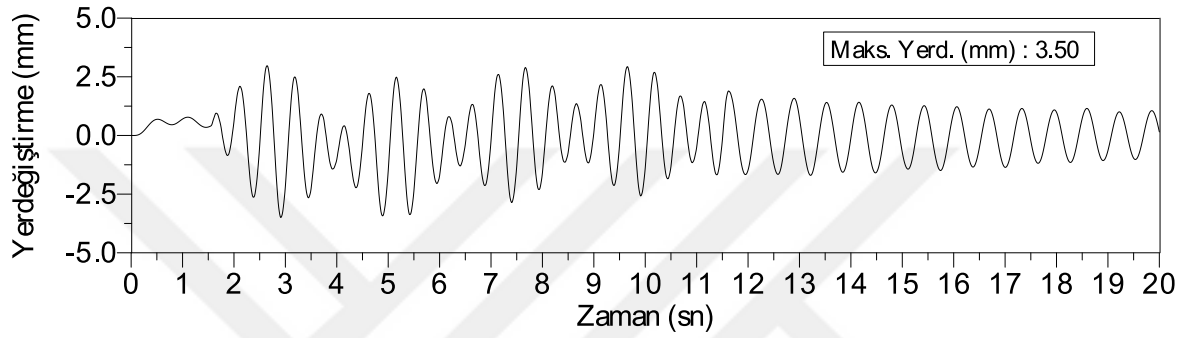


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.59. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.90Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

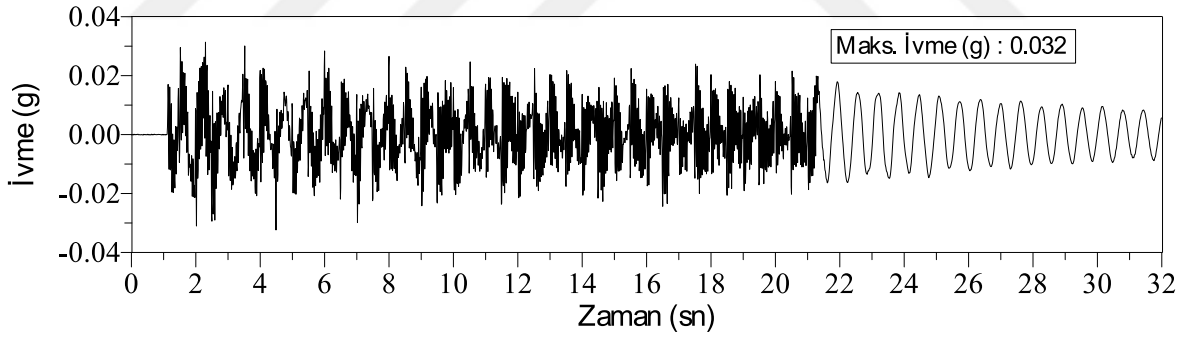


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

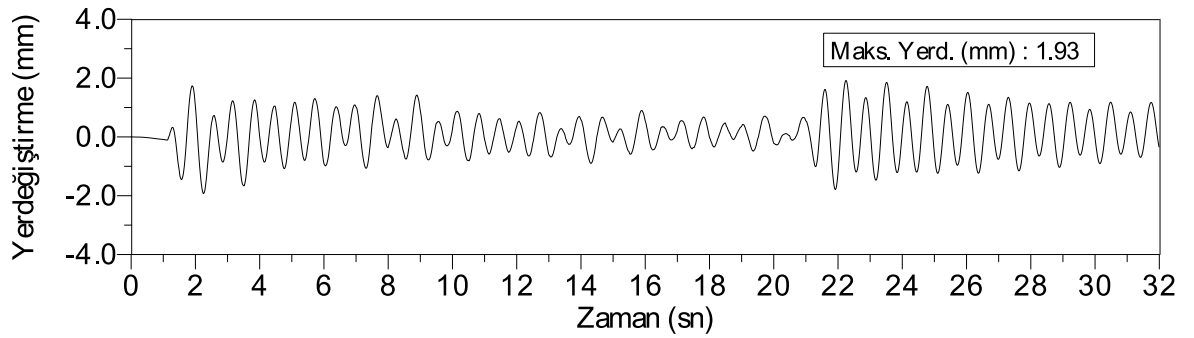


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.60. 0 derece açıyla 1mm genlikli 2.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

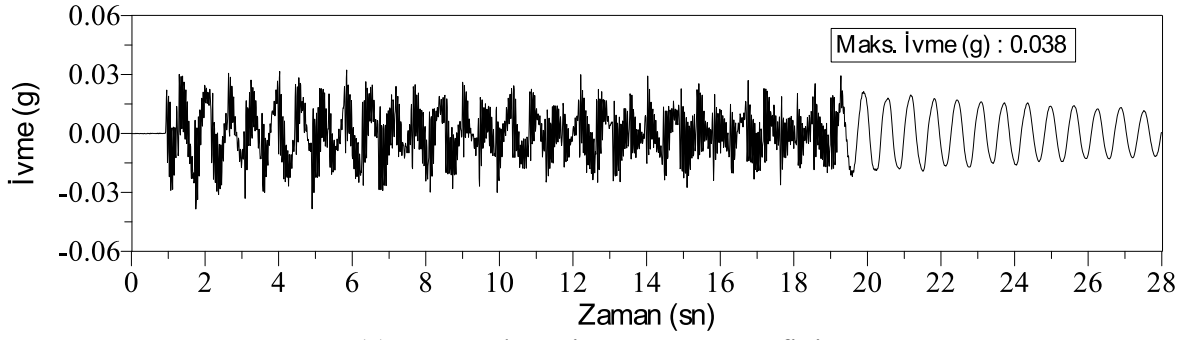


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

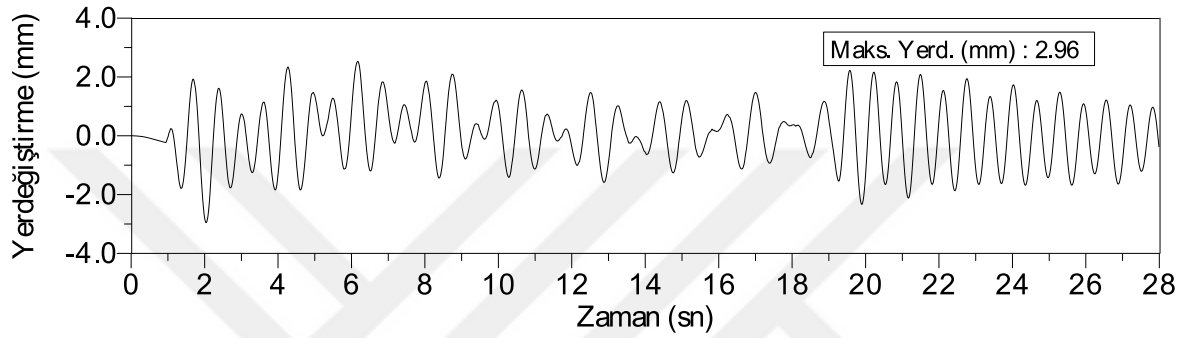


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.61. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

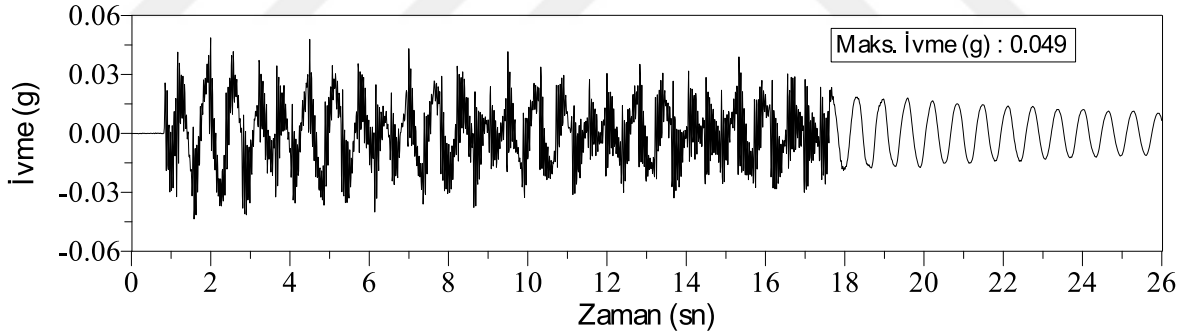


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

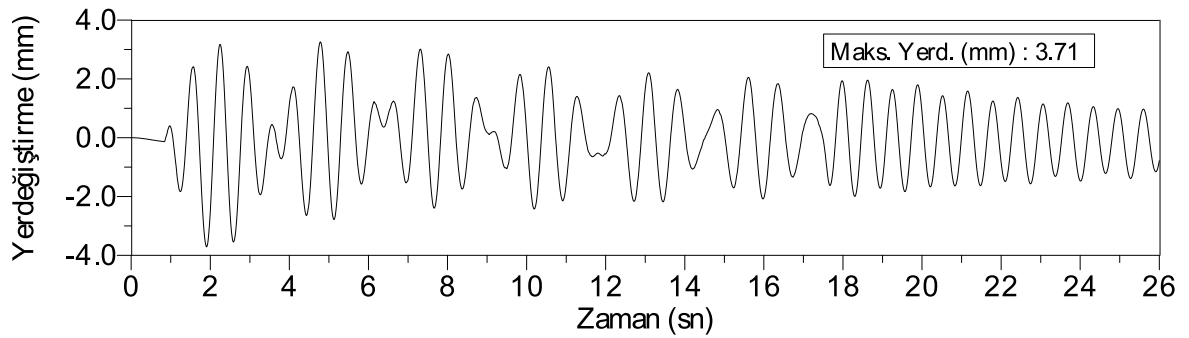


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.62. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.10Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

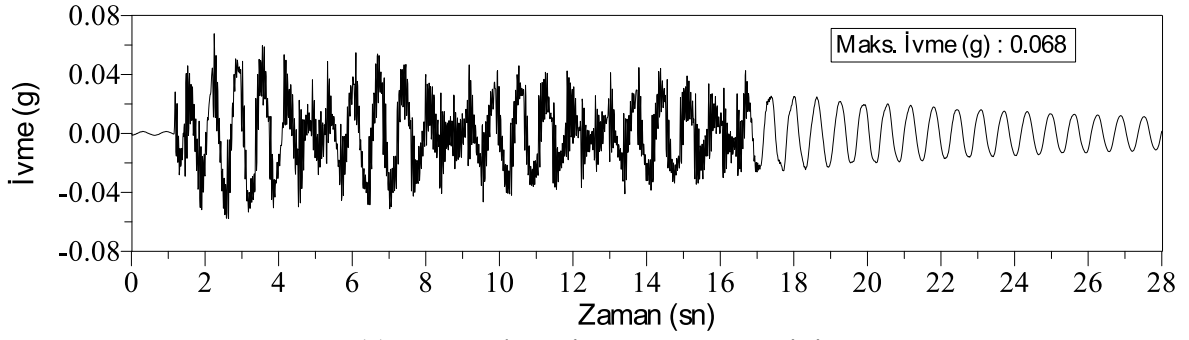


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

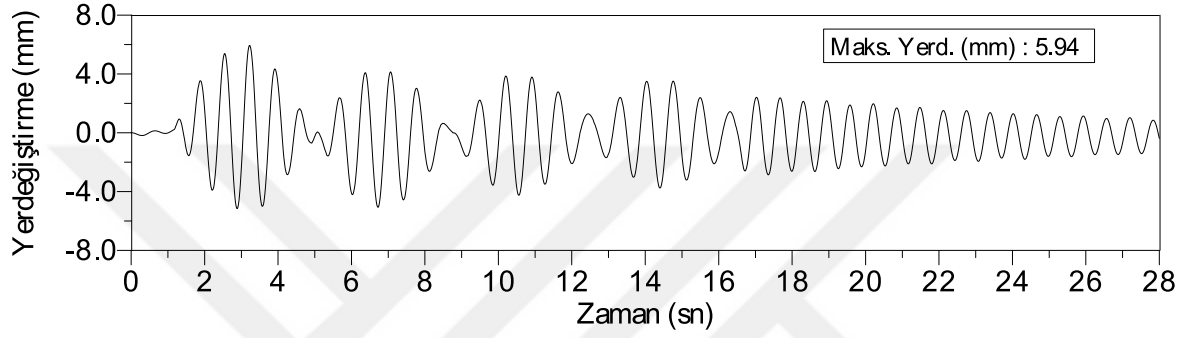


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.63. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.20Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

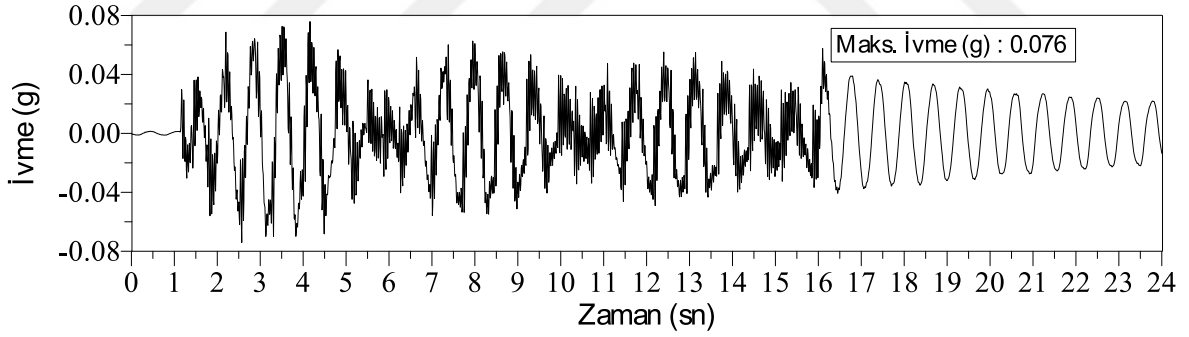


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

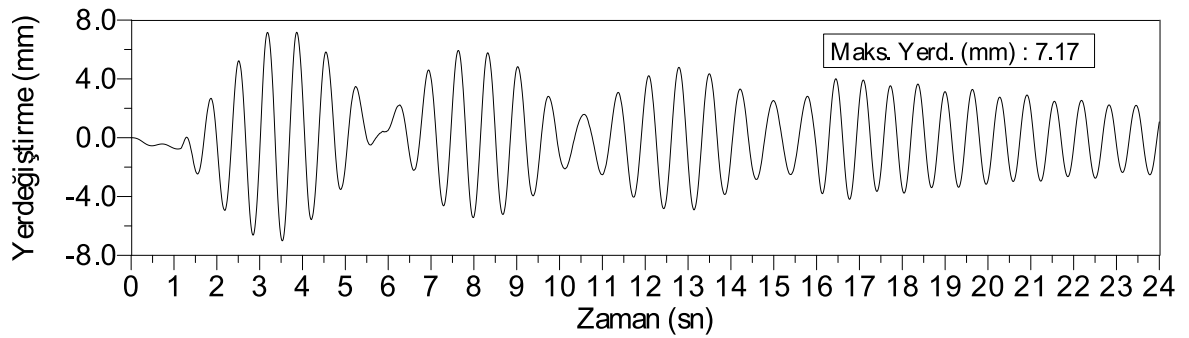


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.64. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.30Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

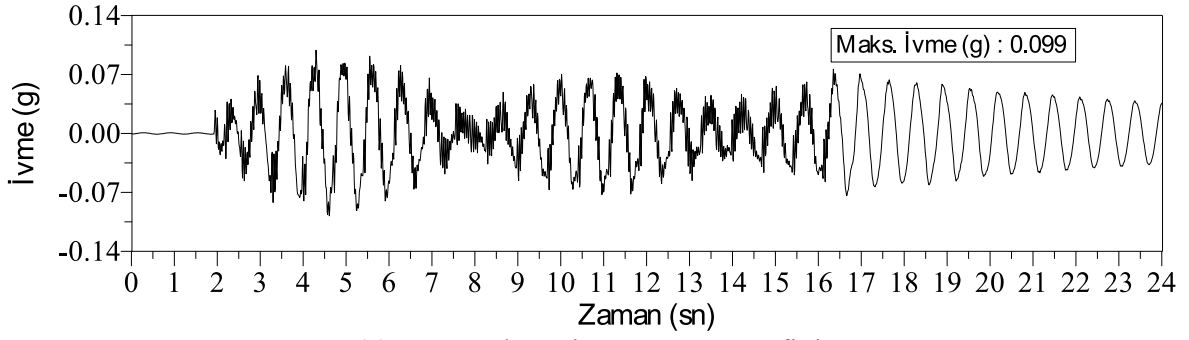


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

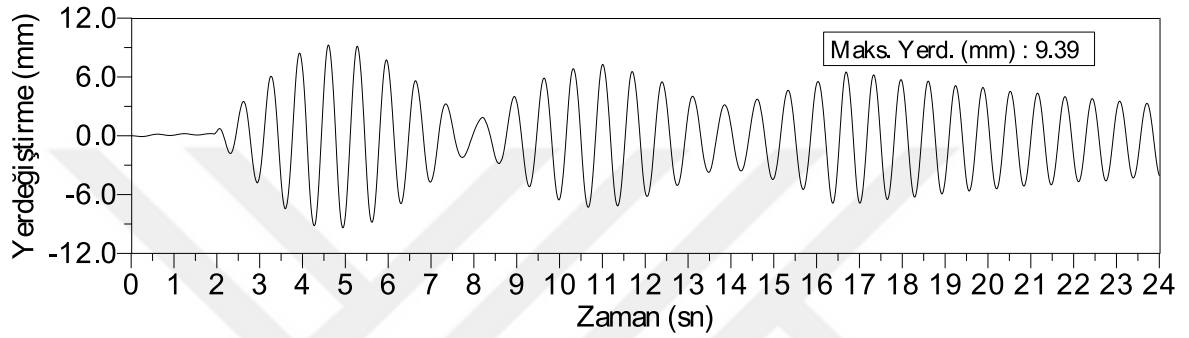


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.65. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.35Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

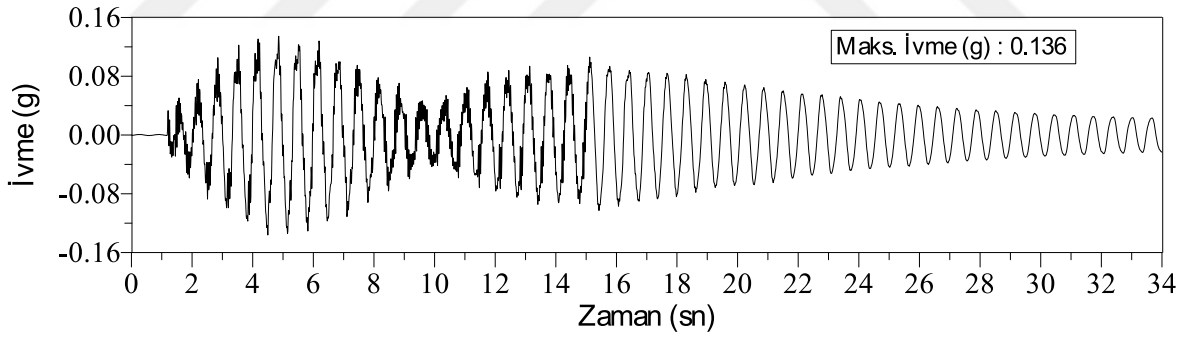


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

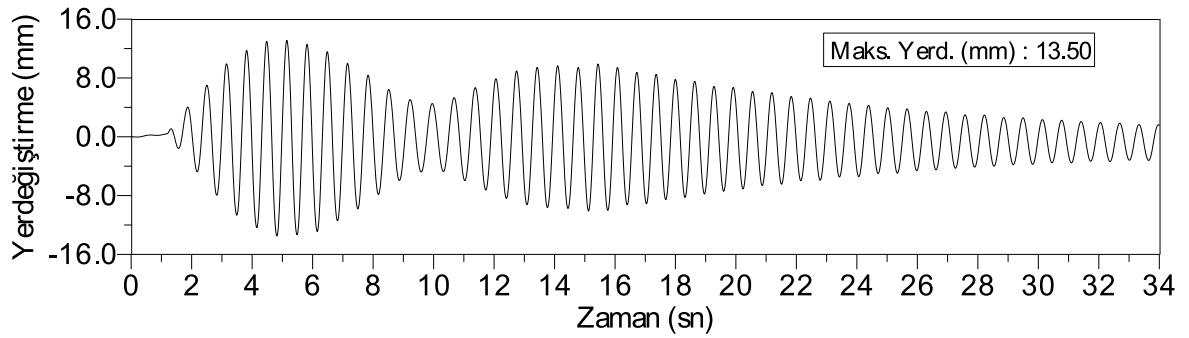


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.66. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.40Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

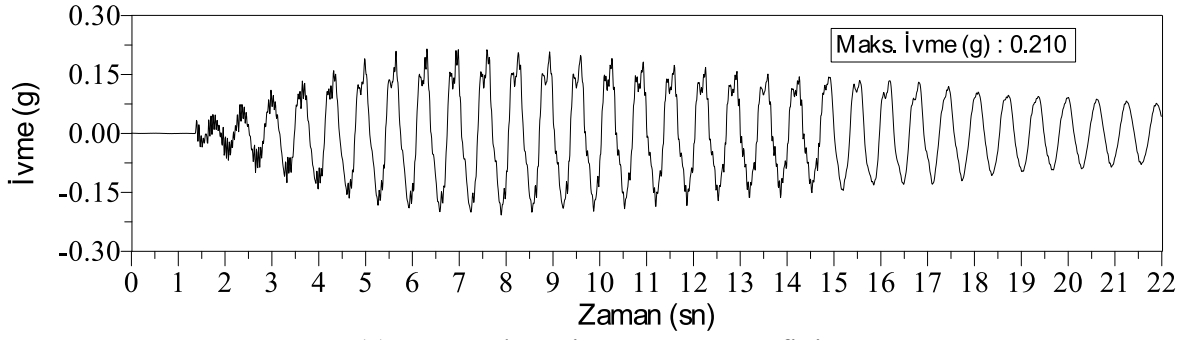


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

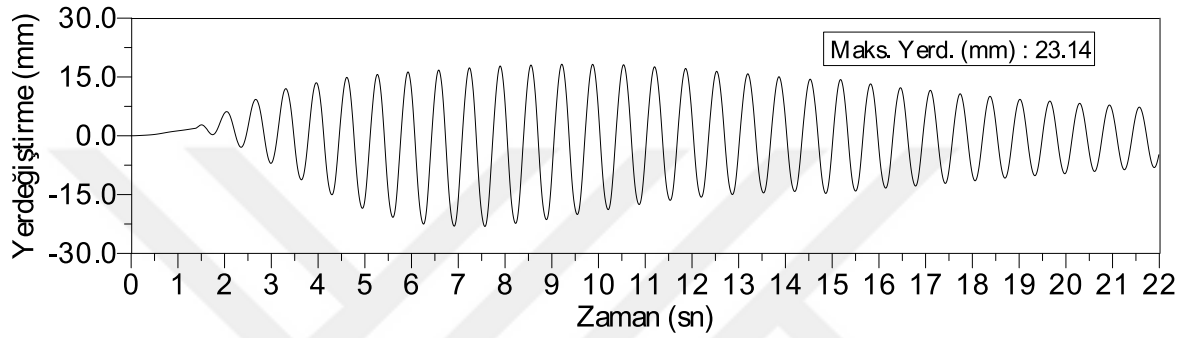


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.67. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.45Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

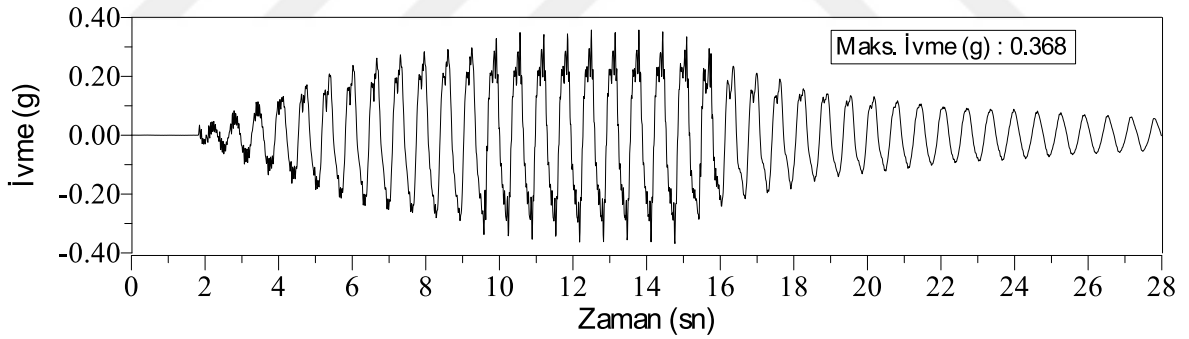


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

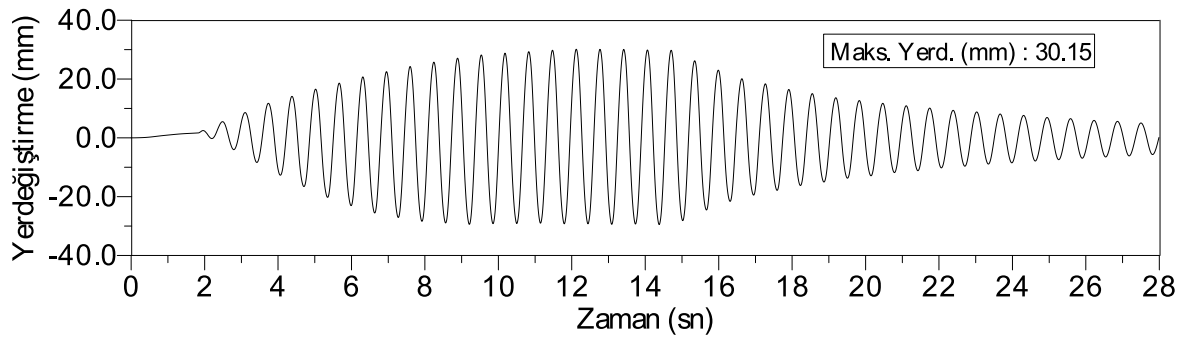


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.68. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.50Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

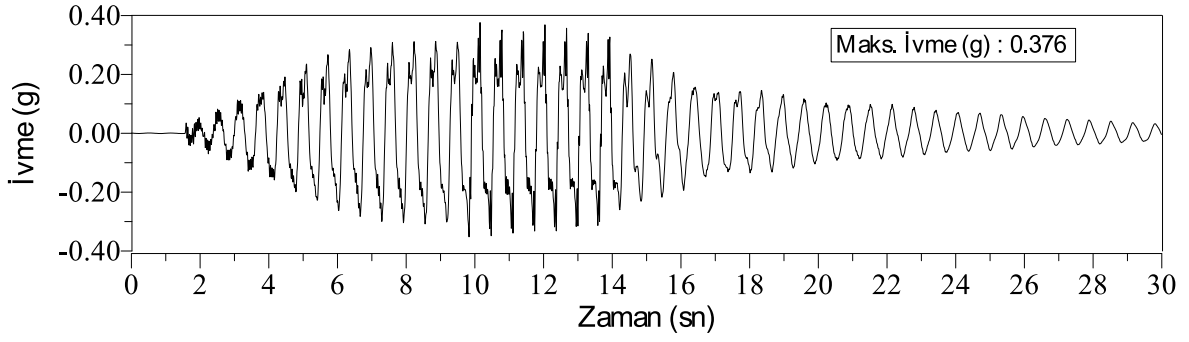


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

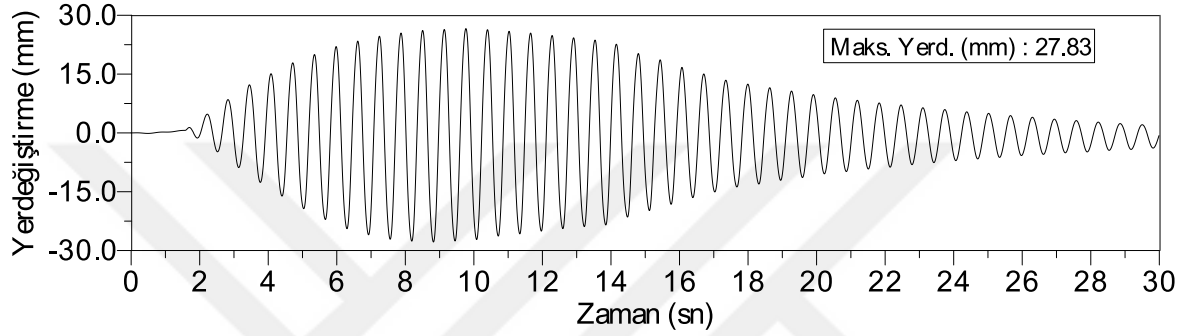


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.69. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.55Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

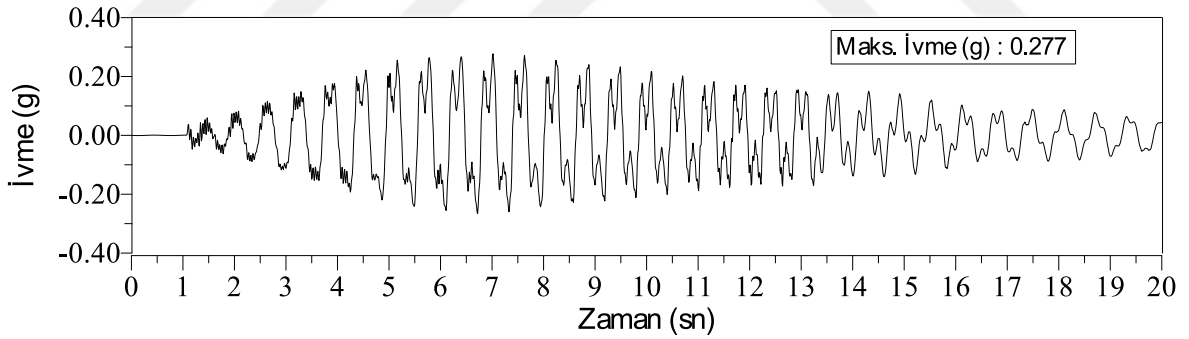


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

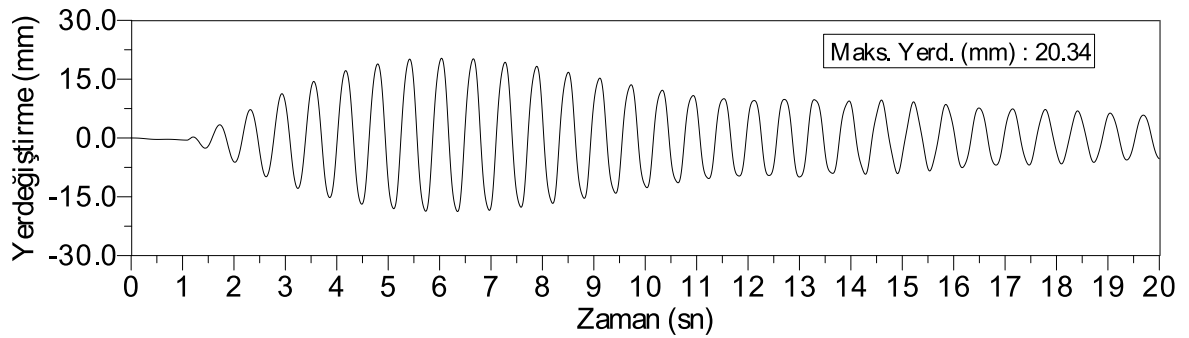


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.70. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.60Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

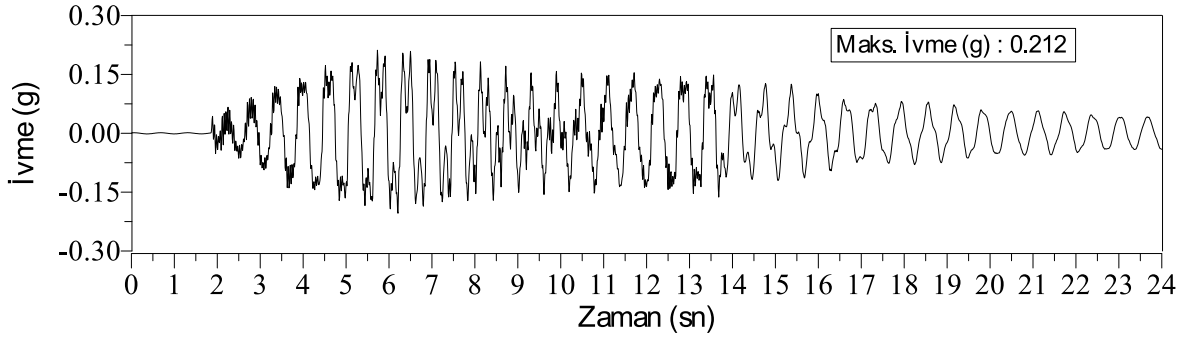


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

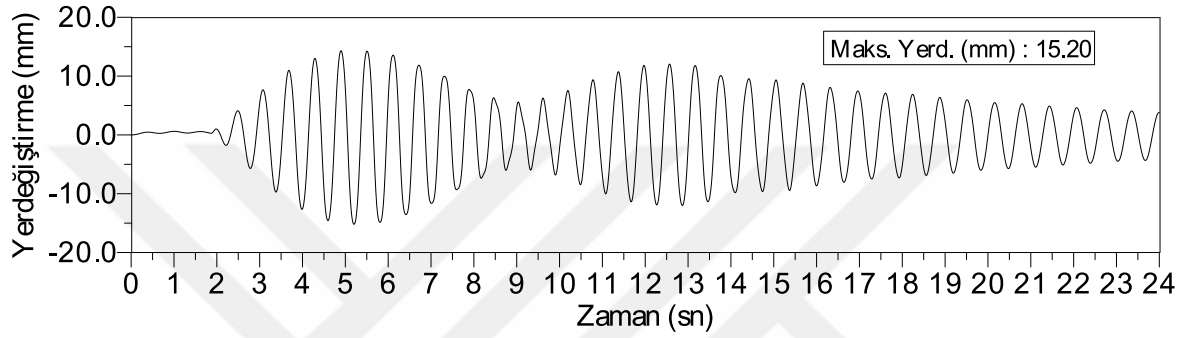


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.71. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.65Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

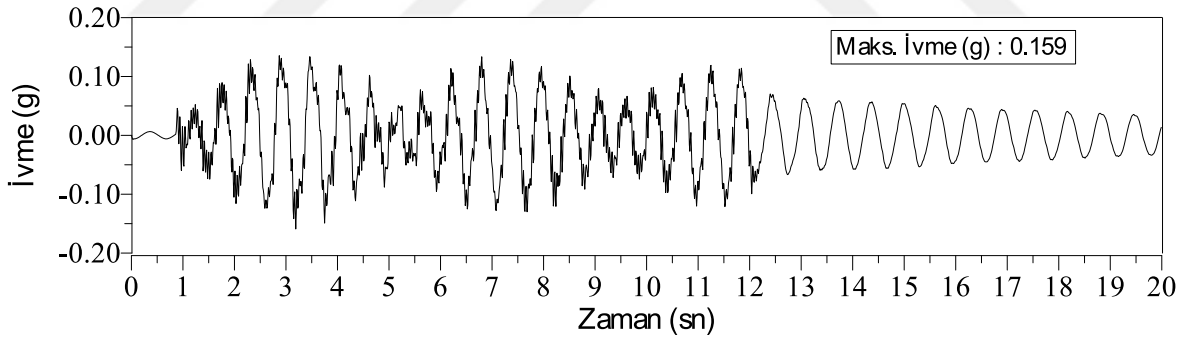


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

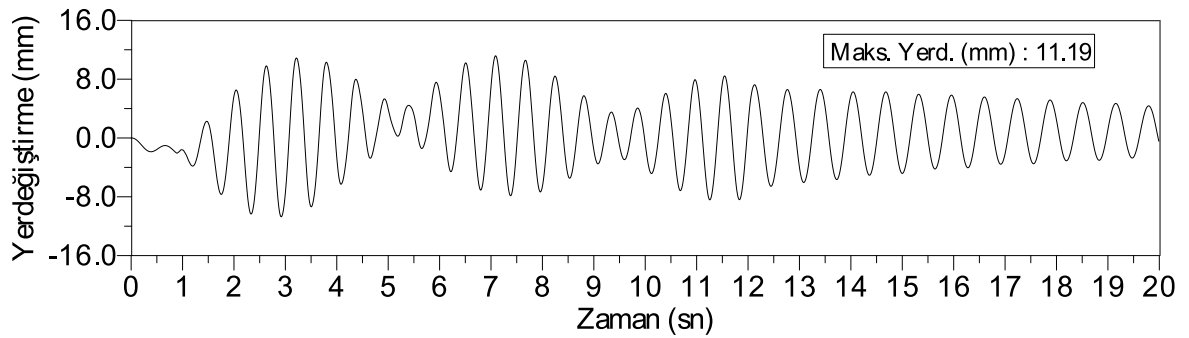


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.72. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.70Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

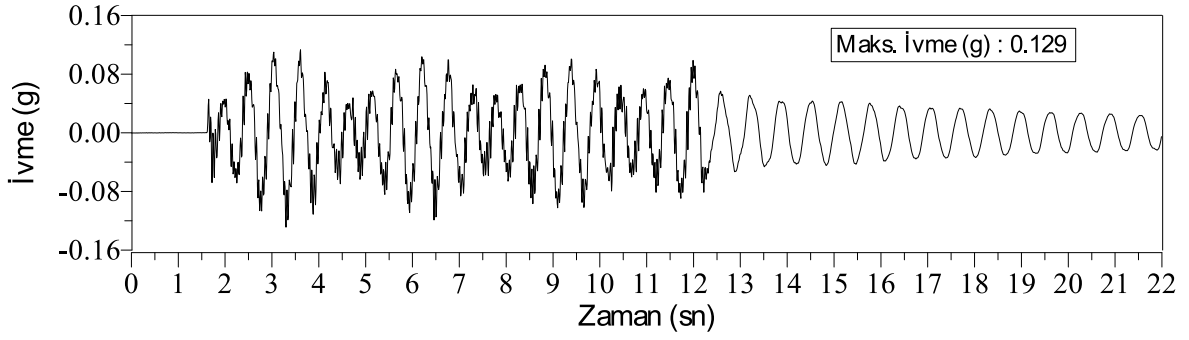


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

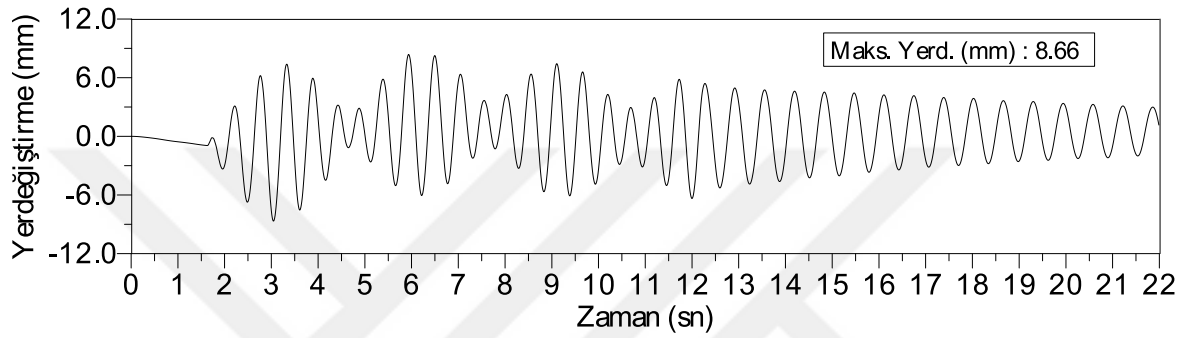


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.73. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.80Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

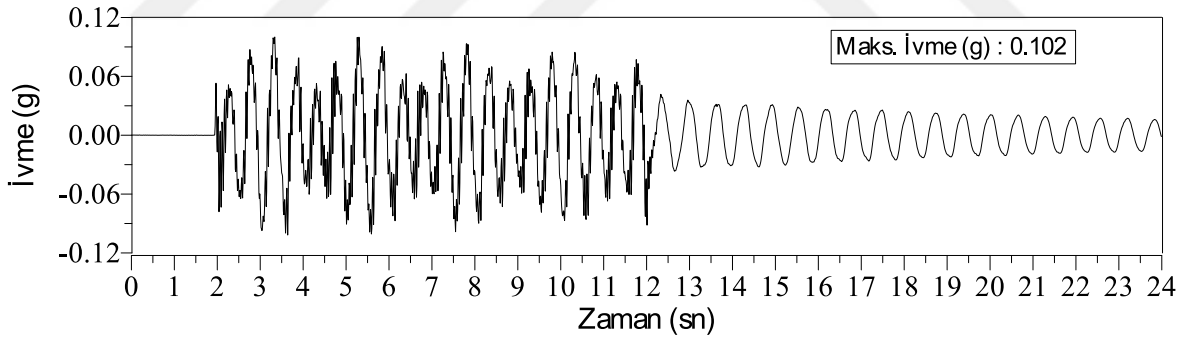


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

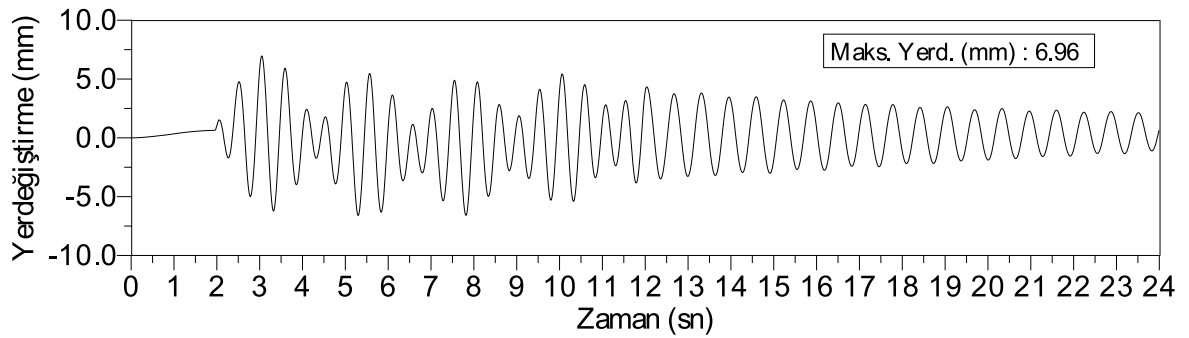


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.74. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.90Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

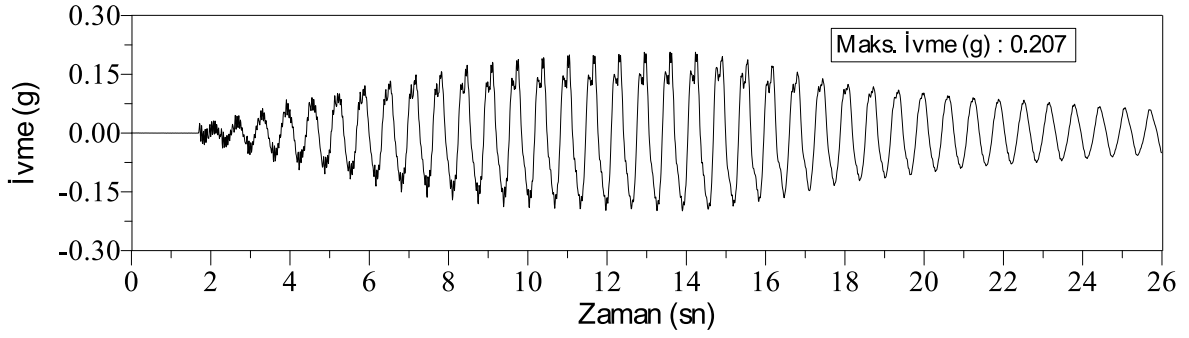


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

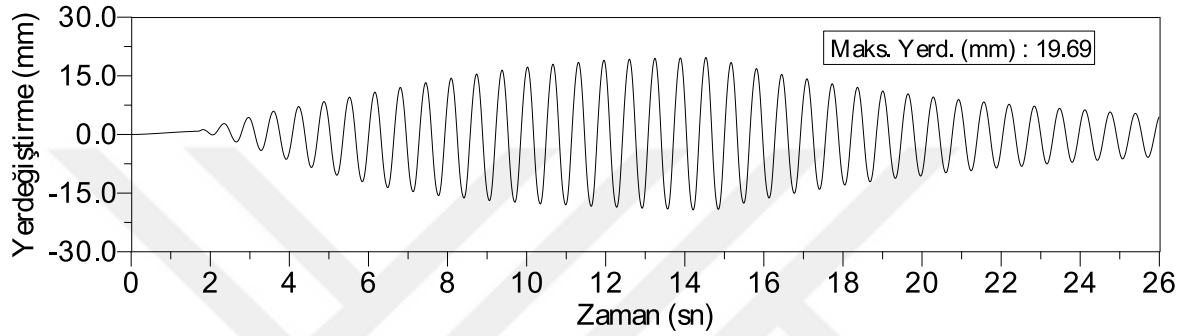
Şekil 2.75. 0 derece açıyla 2mm genlikli 2.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Elde edilen bu grafiklerden sönüm oranı değerini elde edebilmek için, yerdeğiştirme zaman grafiklerinden maksimum değerler okunup maksimum genlik frekans oranı grafiği oluşturulması gerekmektedir. Sistem AKSS ve kayma çerçevesi gibi iki farklı dinamik harekete sahip modelden oluştuğu için sönüm hesabı logaritmik azalım hesabı ile mümkün olmamaktadır. Logaritmik azalım metodunun bir sistemde kullanılması için Bölüm 1.7’de anlatılan vuru olayının sistemde gerçekleşmemesi gerekmektedir. Aksi taktirde yarım güç bant genişliği yöntemi ile sönümün hesabı mümkün olmaktadır.

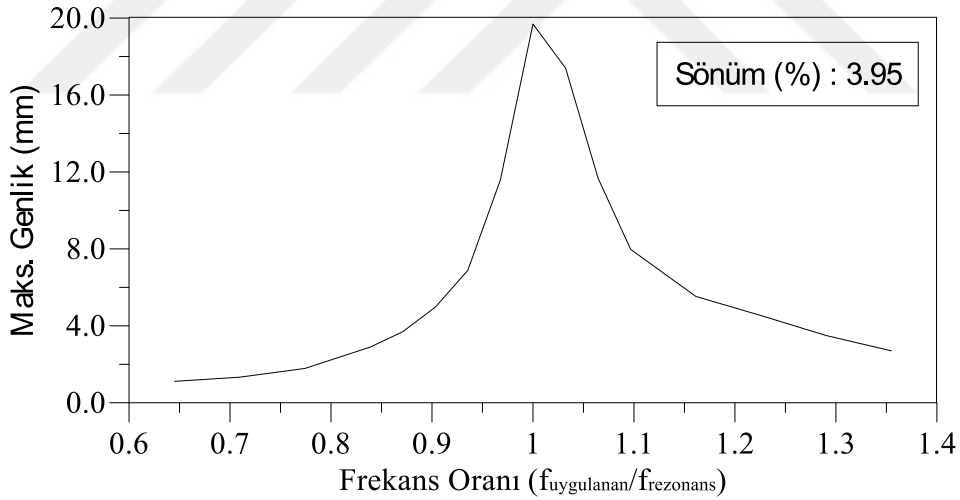
0°’de 1 ve 2mm genlikler için 1.0 ve 2.0Hz arasındaki frekanslarda titreşimler sisteme etkilmiştir. Titreşimlere ait ivme zaman ve yerdeğiştirme zaman grafikleri verilmiştir. 15°, 30°, 45°, 60°, 75° ve 90° açılarda 1 ve 2mm genlikler için rezonans frekansına ait ivme zaman, yerdeğiştirme zaman ve maksimum genlik frekans oranları Şekil 2.76-2.89’de verilmektedir. Ayrıca rezonans frekansına ait dinamik karakteristikleri içeren özet tablolar, Tablo 2.38-2.51’de verilmektedir.



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

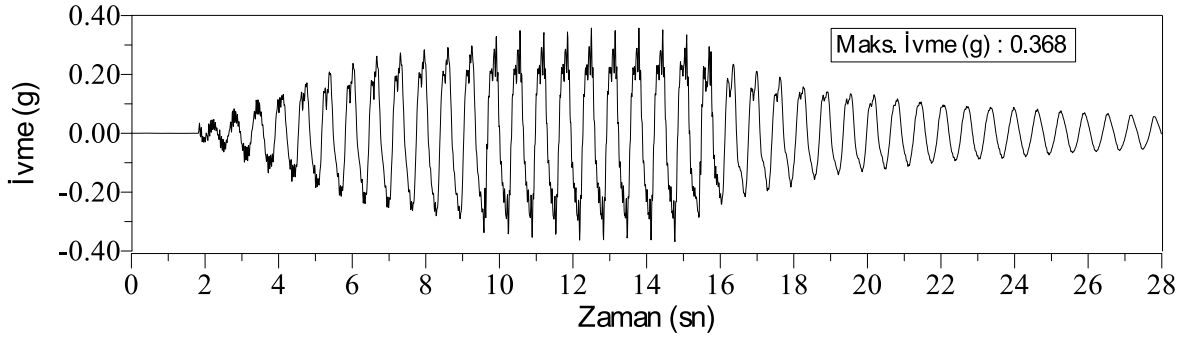


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

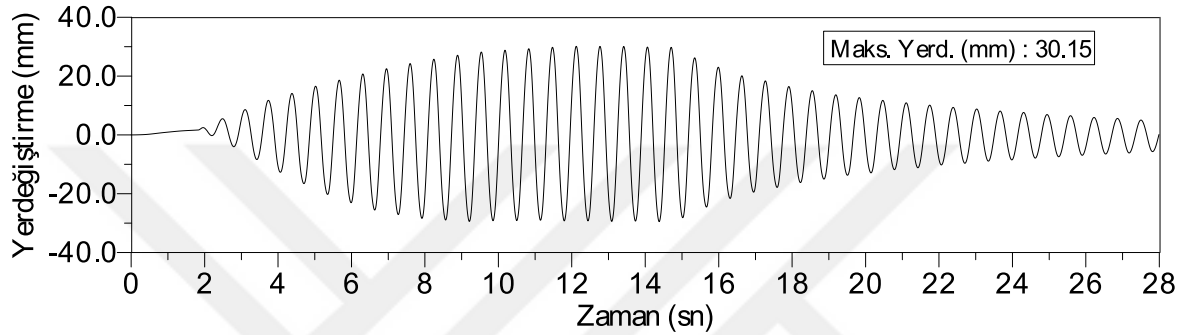
Şekil 2.76. 0 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.38. 0 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

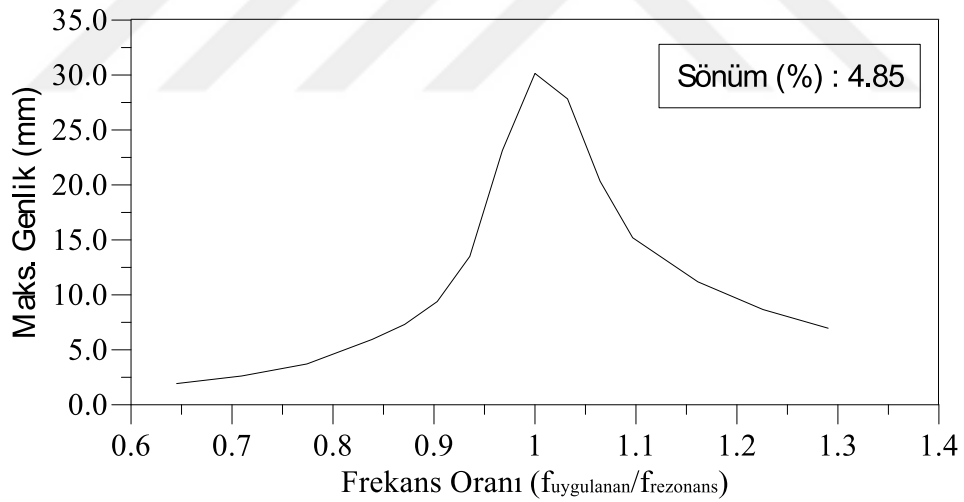
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	0	0.974	1.053	1	3.95	0.207	21.25	19.69	1.563



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

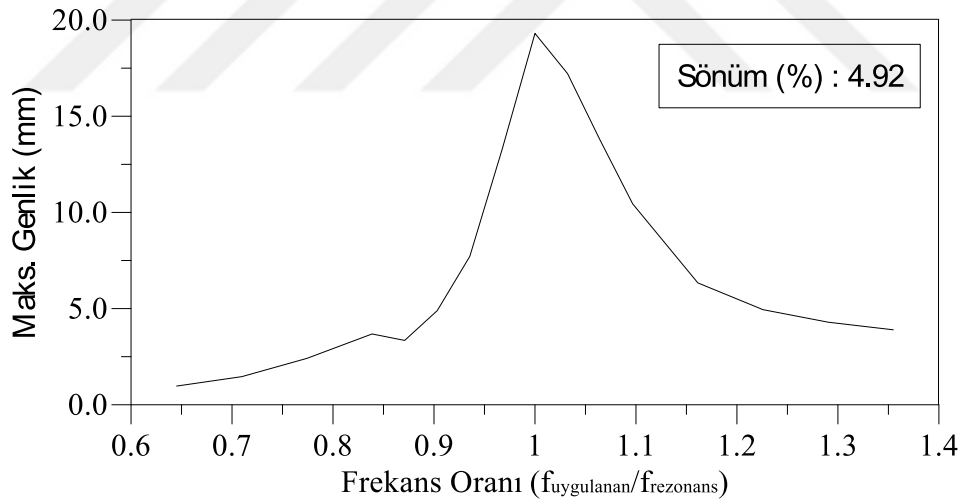
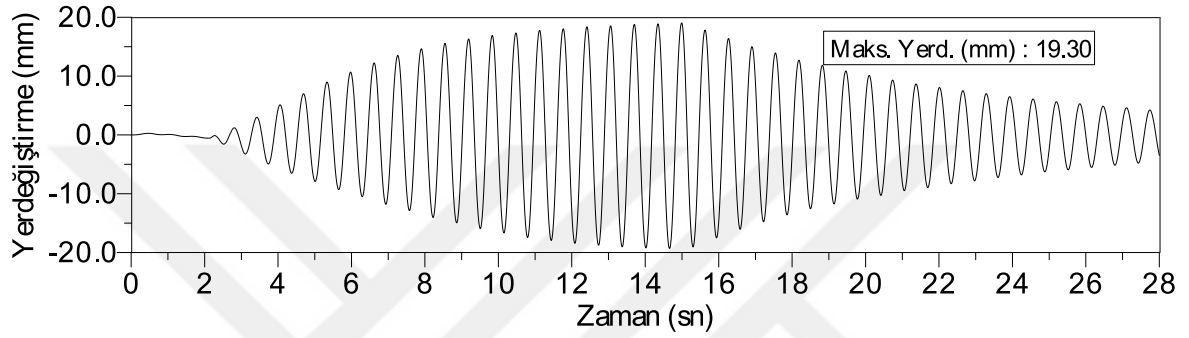
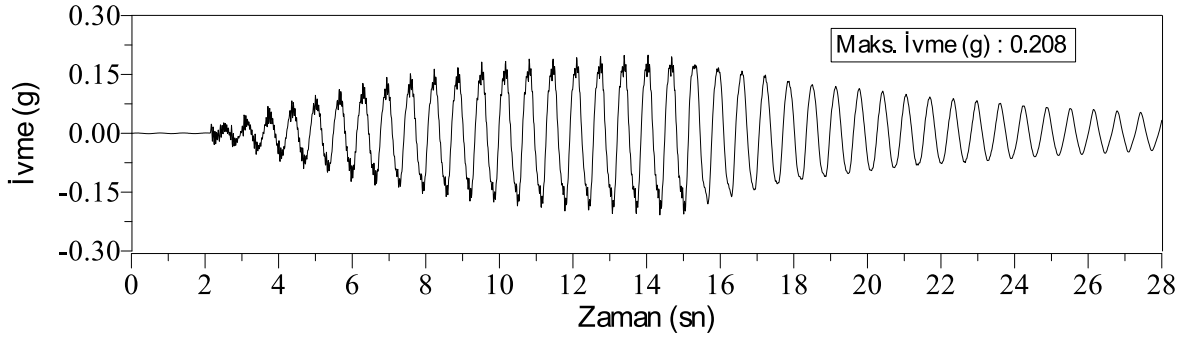


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

Şekil 2.77. 0 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.39. 0 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

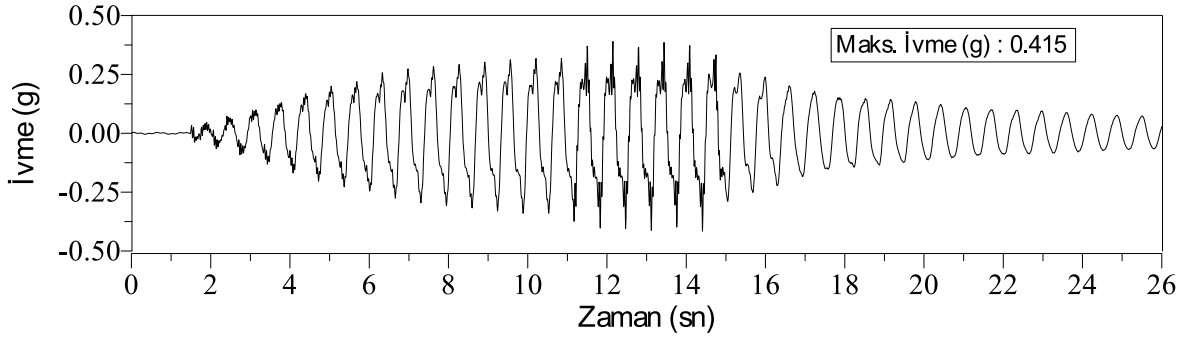
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	0	0.964	1.061	1	4.85	0.368	31.95	30.15	1.563



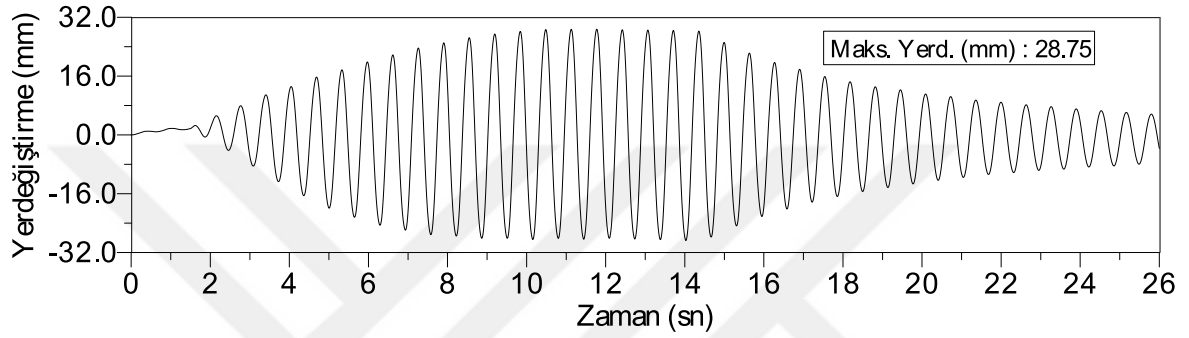
Şekil 2.78. 15 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.40. 15 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

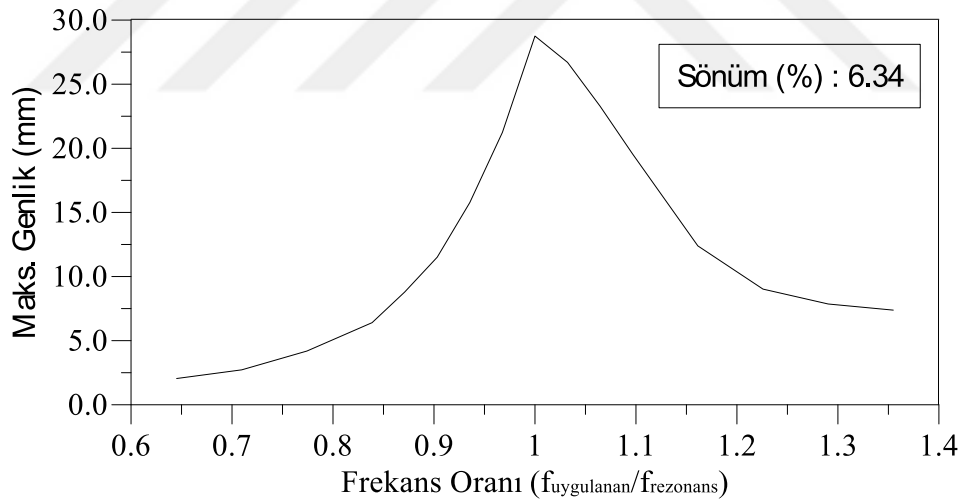
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	15	0.968	1.066	1	4.92	0.208	20.36	19.30	1.563



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

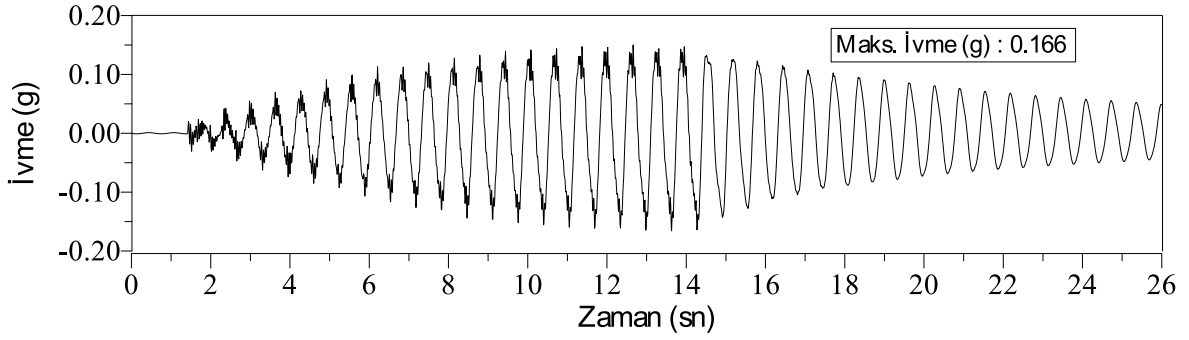


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

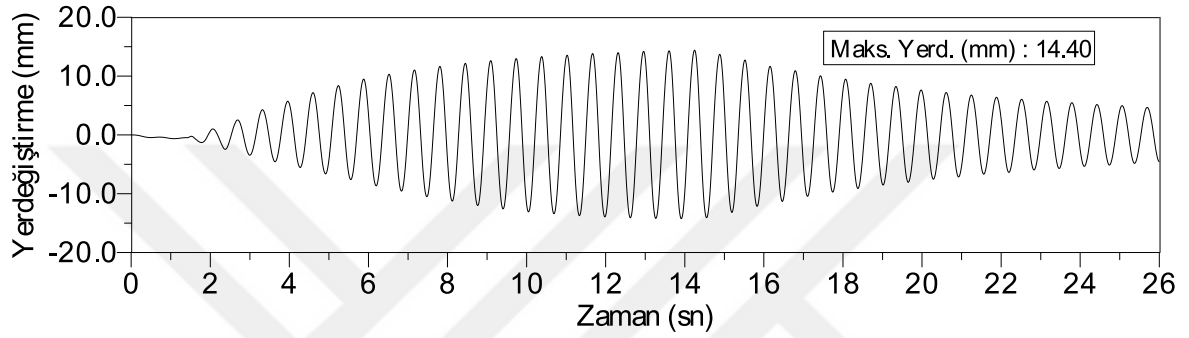
Şekil 2.79. 15 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.41. 15 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

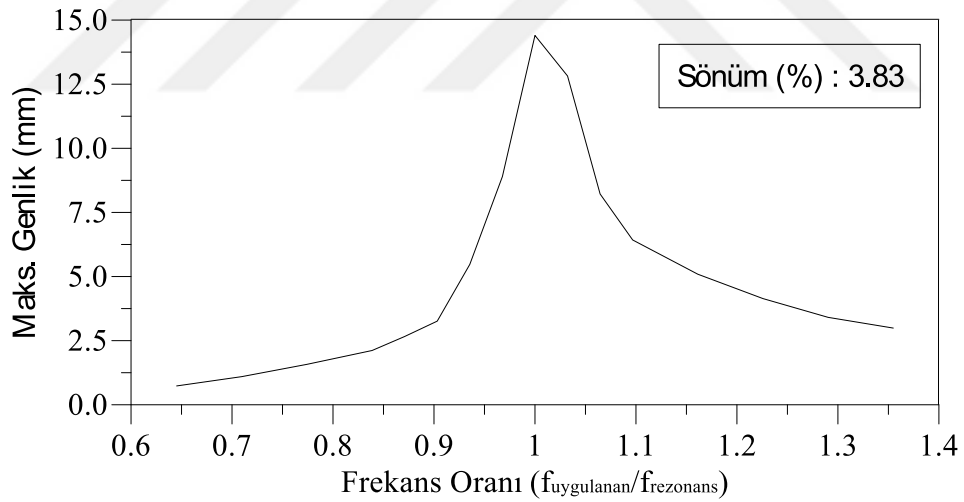
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	15	0.963	1.090	1	6.34	0.415	31.65	28.75	1.563



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

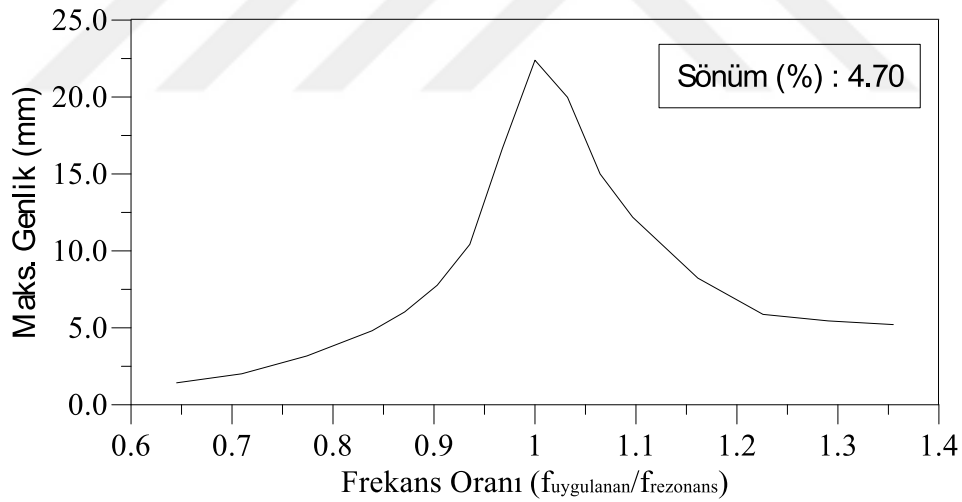
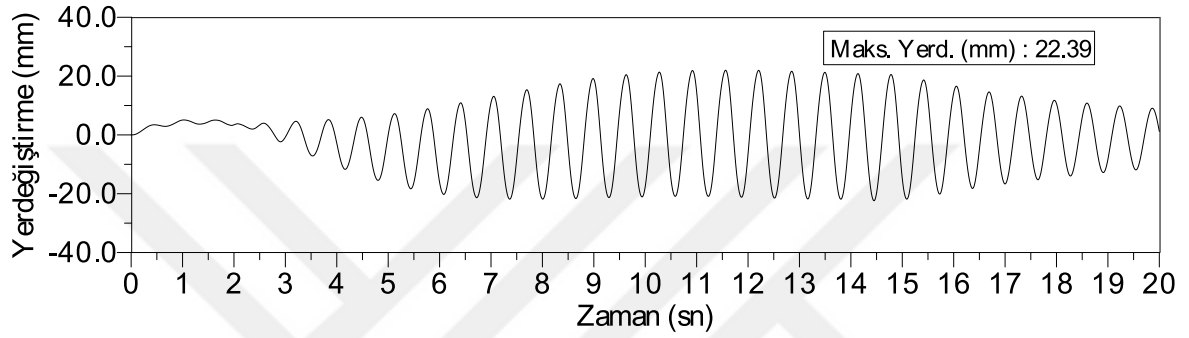
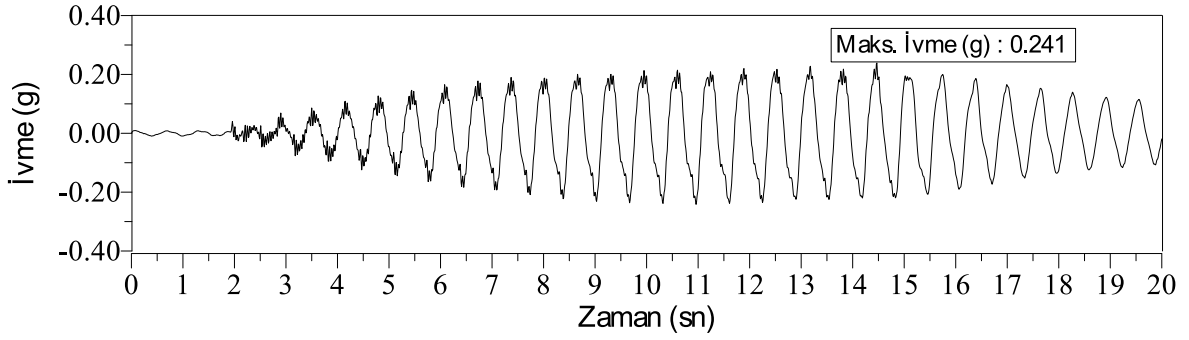


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

Şekil 2.80. 30 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.42. 30 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

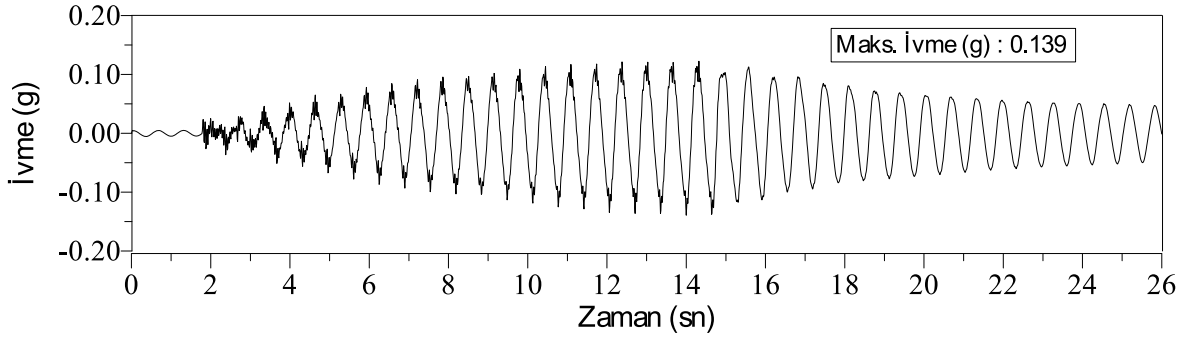
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	30	0.968	1.066	1	3.83	0.166	15.64	14.40	1.563



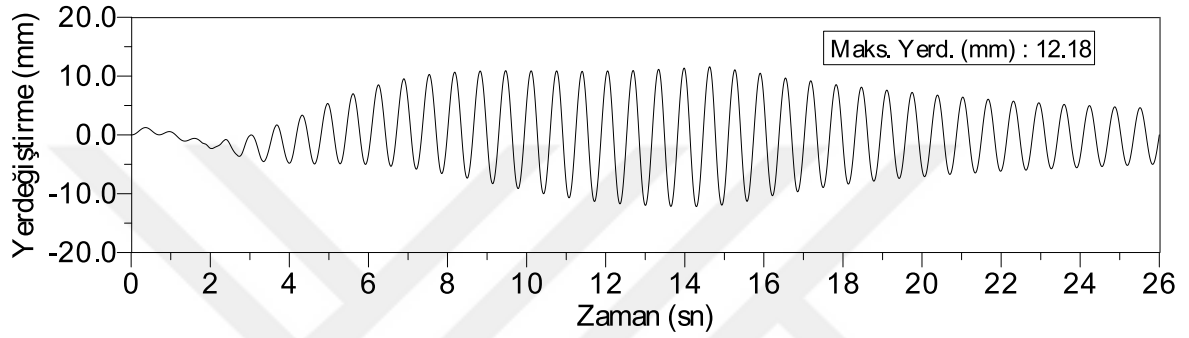
Şekil 2.81. 30 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.43. 30 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

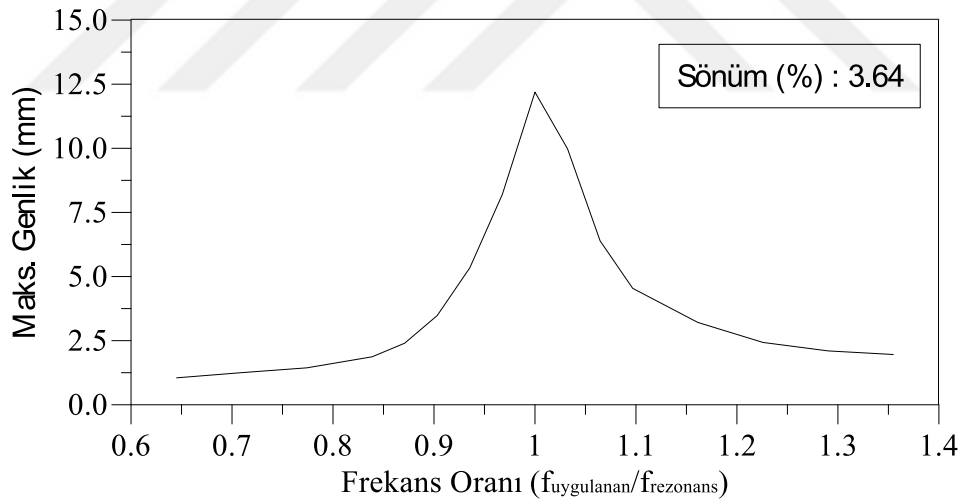
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	30	0.965	1.059	1	4.70	0.241	23.23	22.39	1.563



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

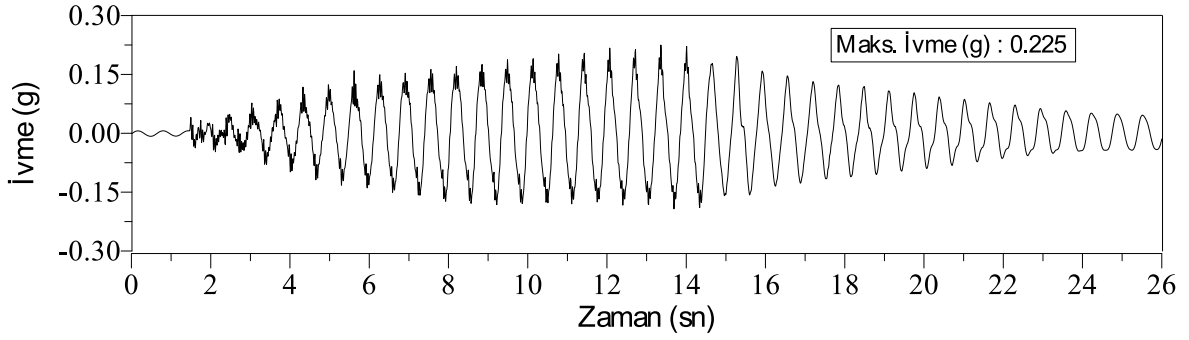


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

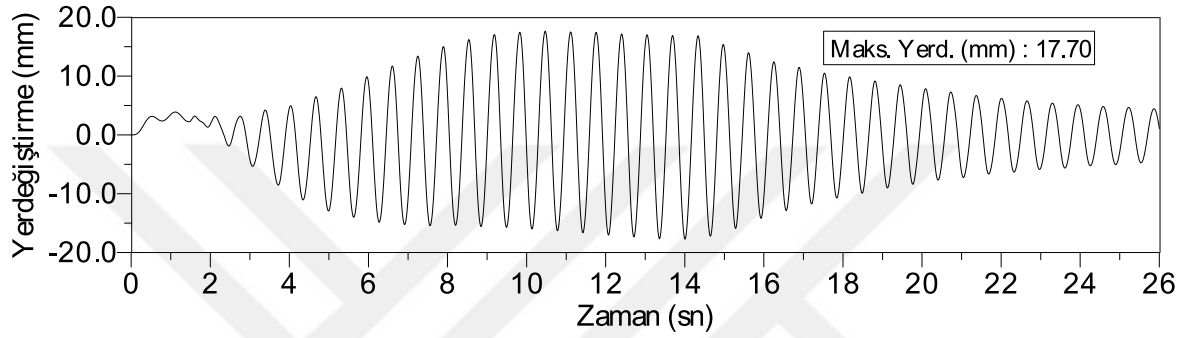
Şekil 2.82. 45 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.44. 45 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

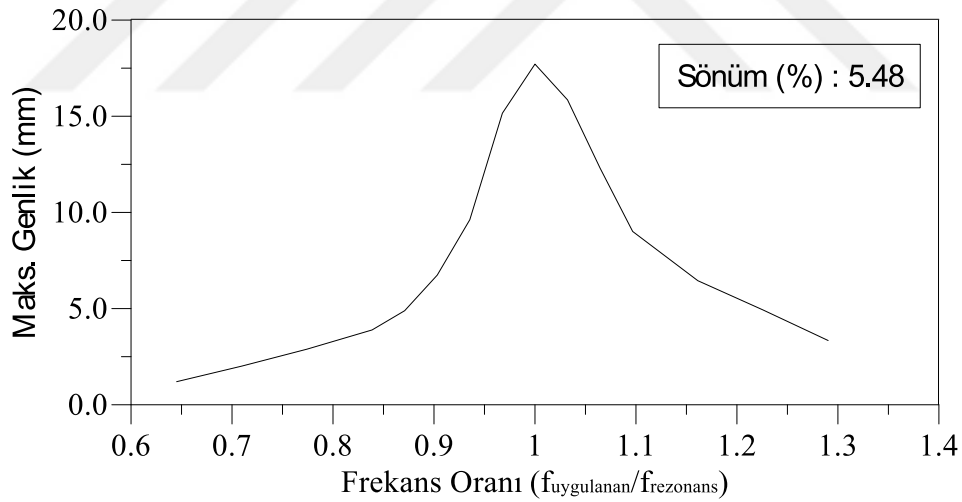
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	45	0.971	1.044	1	3.64	0.139	12.69	12.18	1.563



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

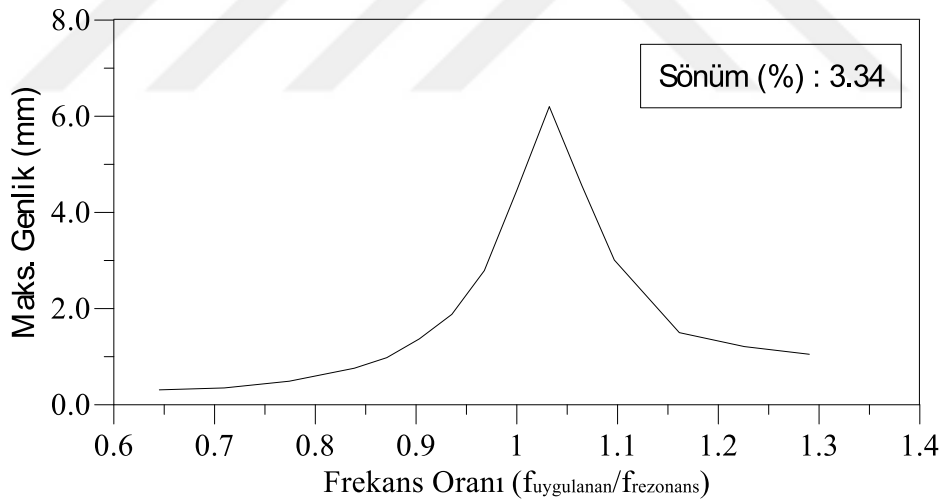
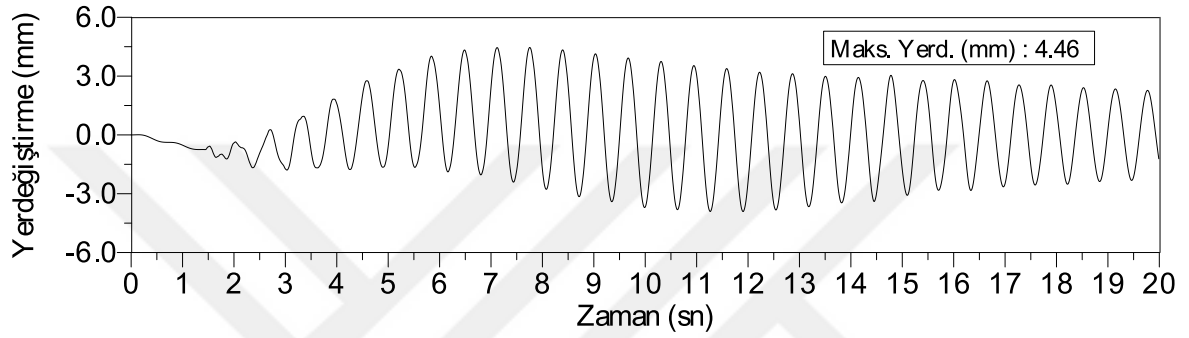
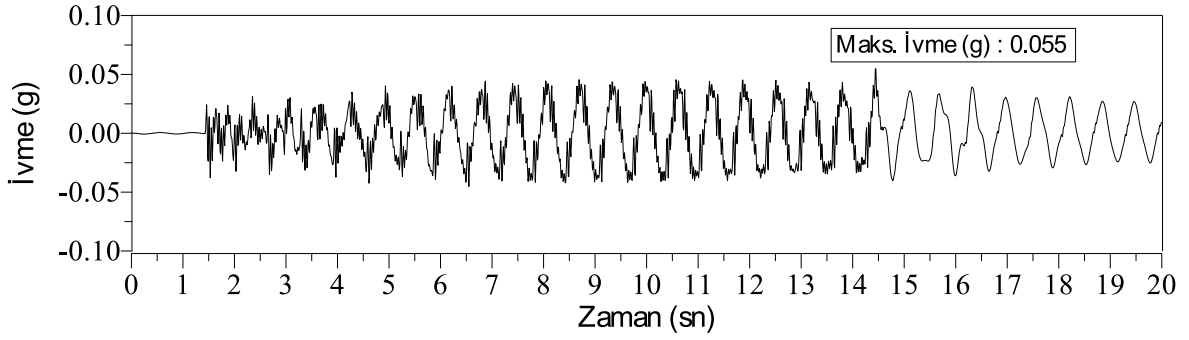


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

Şekil 2.83. 45 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.45. 45 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

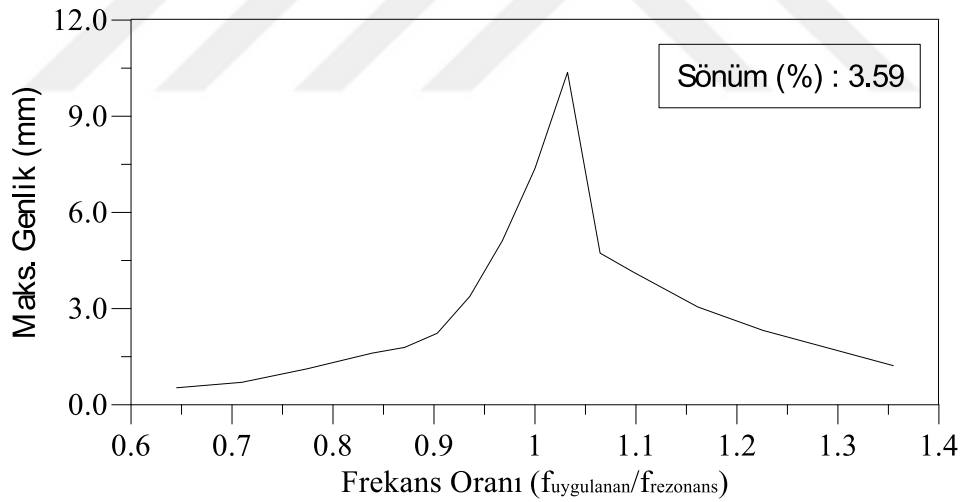
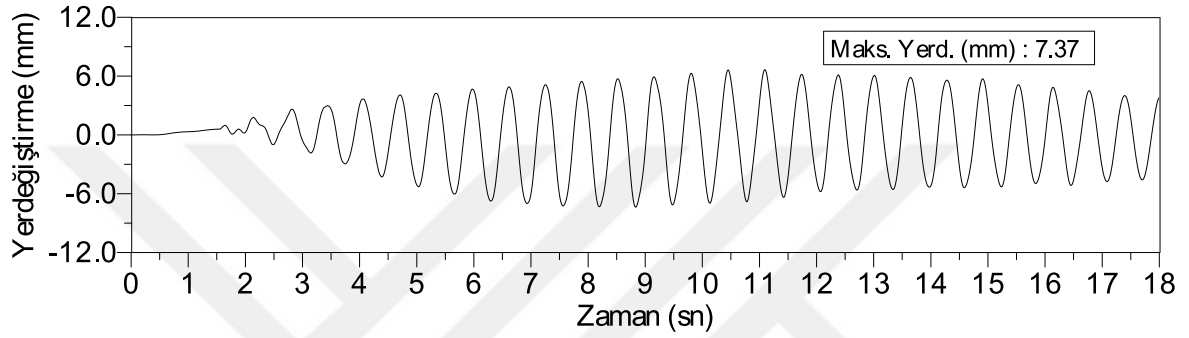
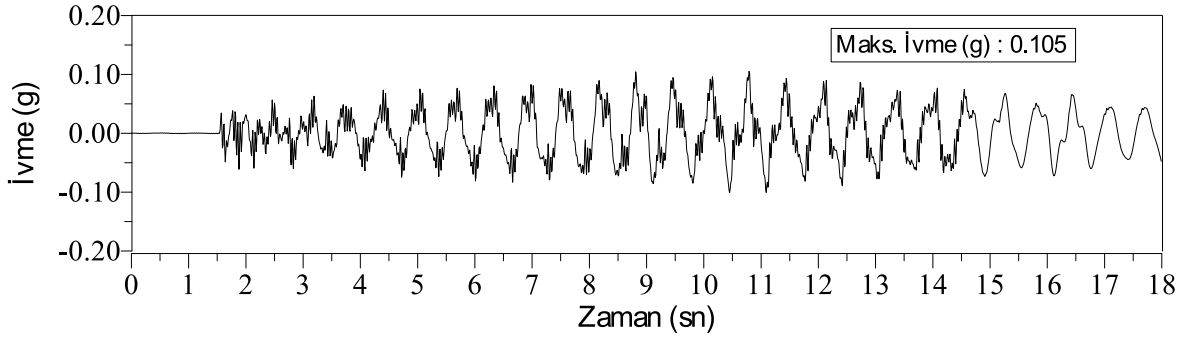
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	45	0.953	1.063	1	5.48	0.225	17.64	17.70	1.563



Şekil 2.84. 60 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.46. 60 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

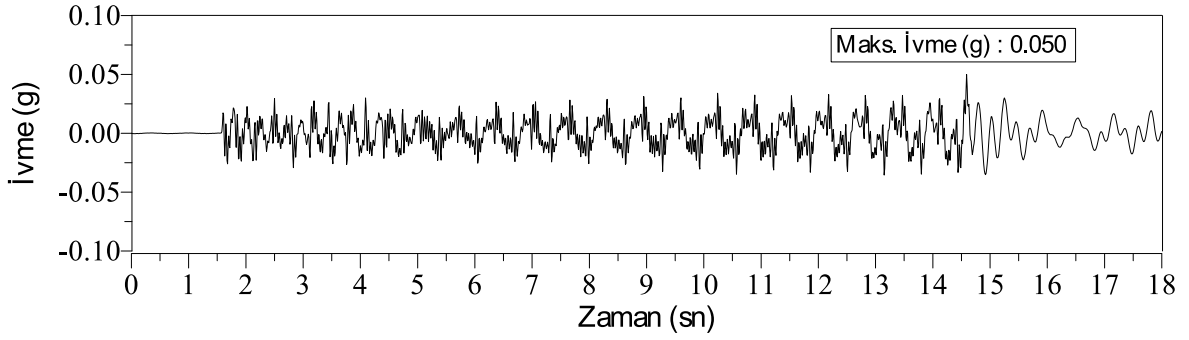
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	60	0.998	1.067	1	3.34	0.055	3.80	4.46	1.563



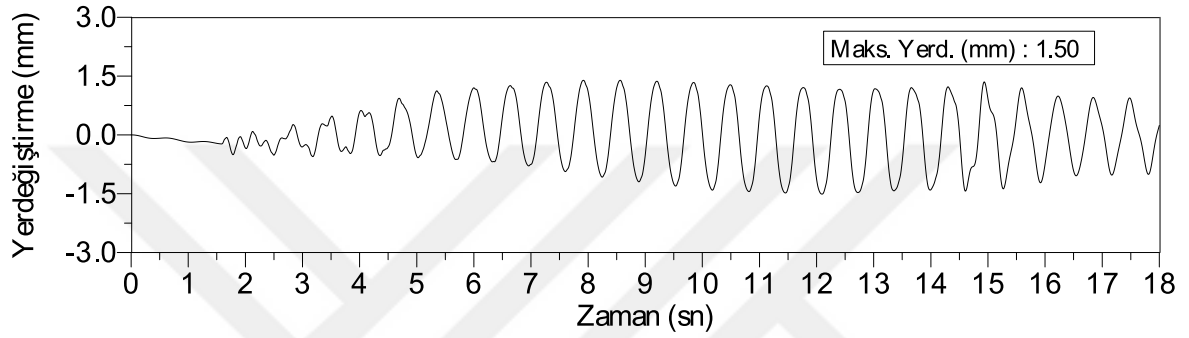
Şekil 2.85. 60 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.47. 60 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

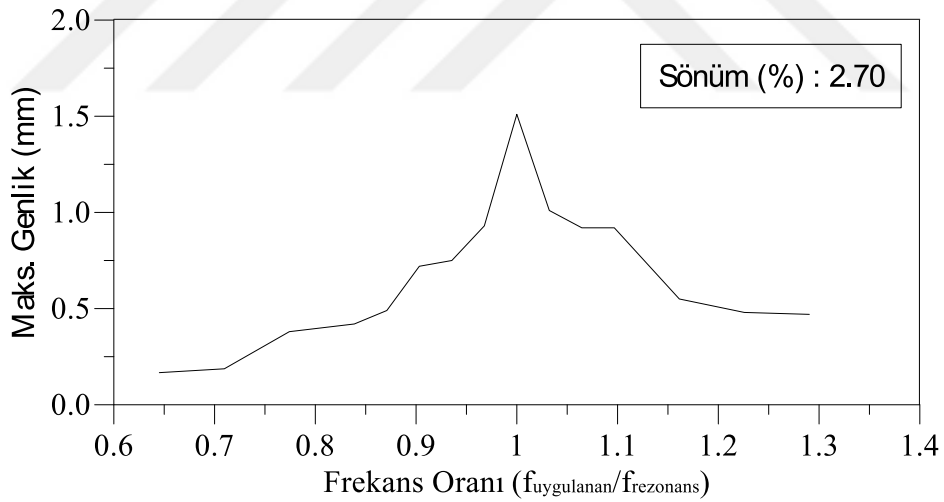
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	60	0.994	1.068	1	3.59	0.105	7.46	7.37	1.563



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

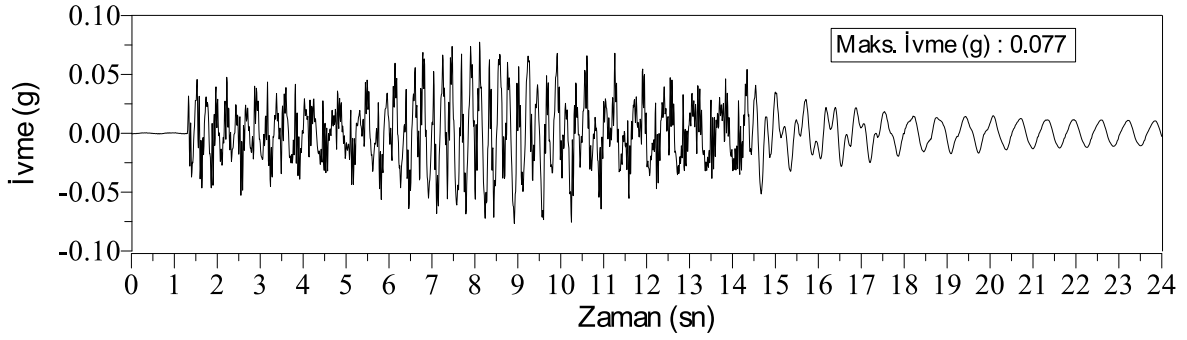


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

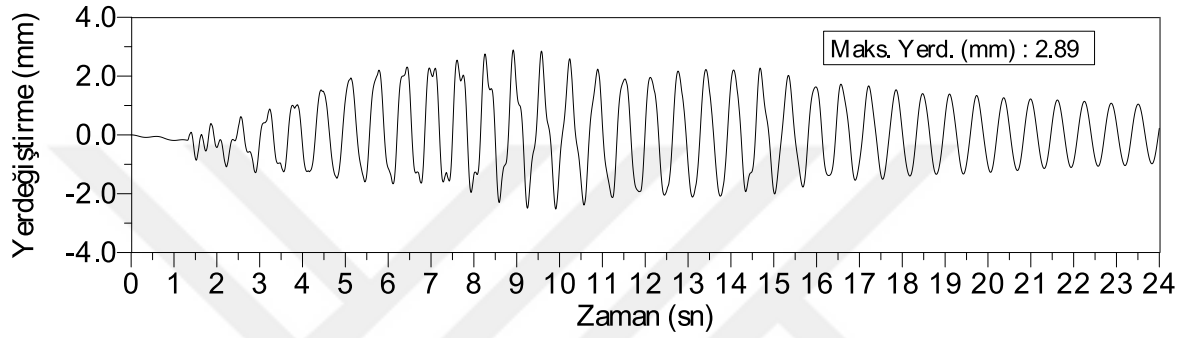
Şekil 2.86. 75 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.48. 75 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

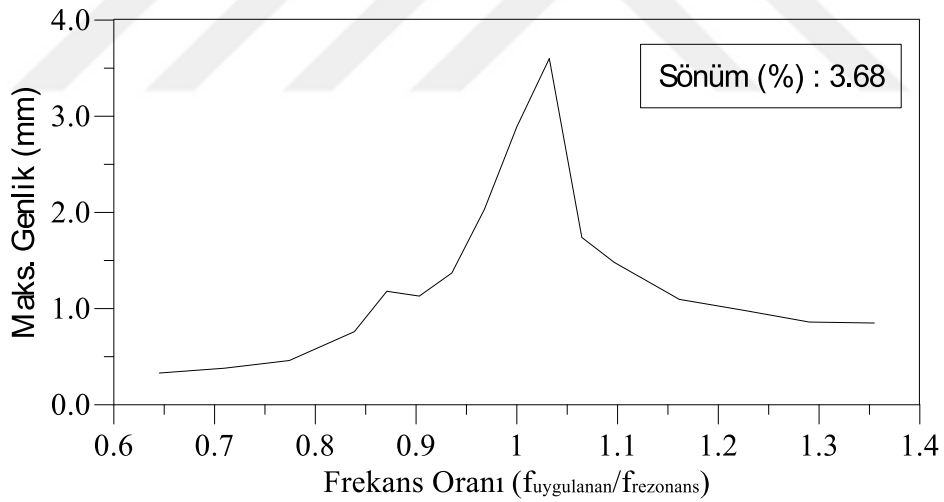
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	75	0.975	1.029	1	2.70	0.050	2.02	1.50	1.563



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

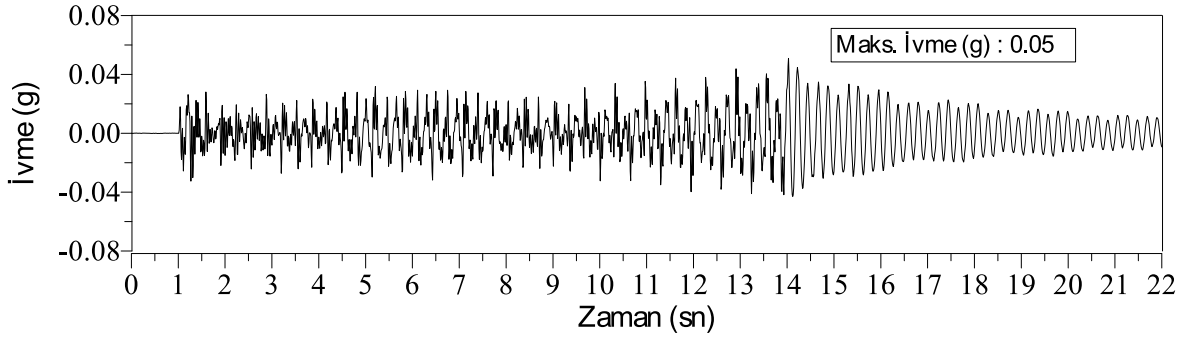


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

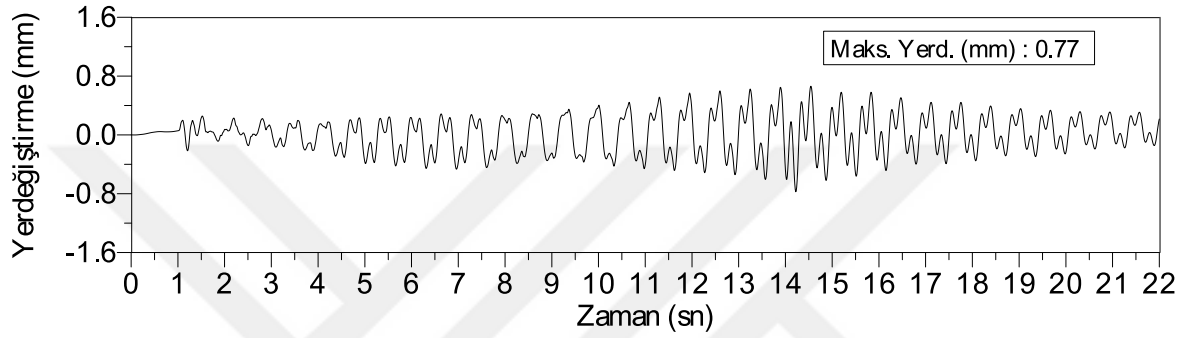
Şekil 2.87. 75 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.49. 75 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

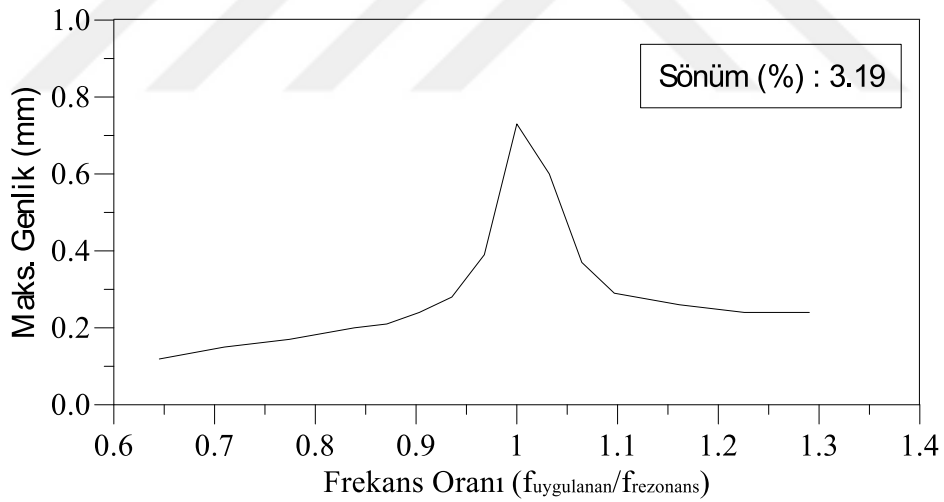
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	75	0.956	1.032	1	3.68	0.077	3.84	2.89	1.563



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

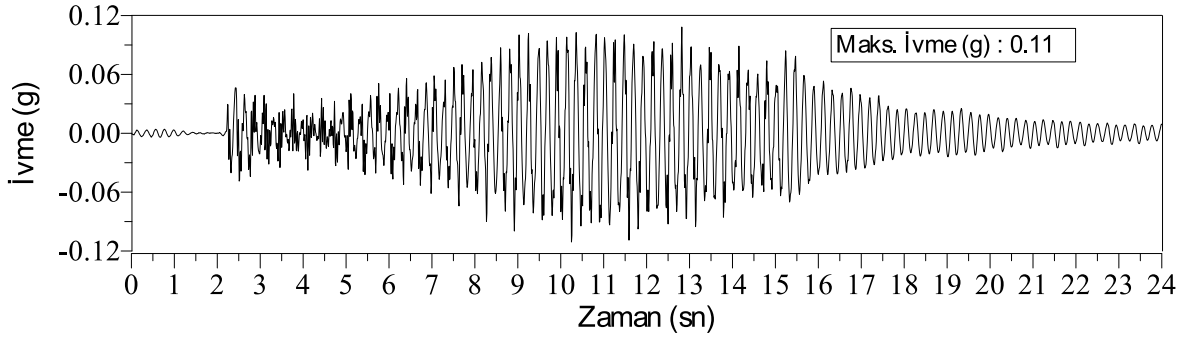


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

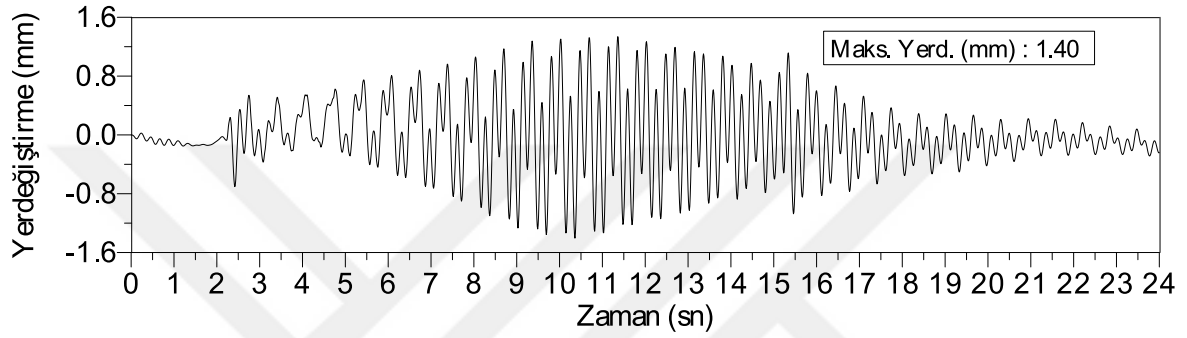
Şekil 2.88. 90 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.50. 90 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

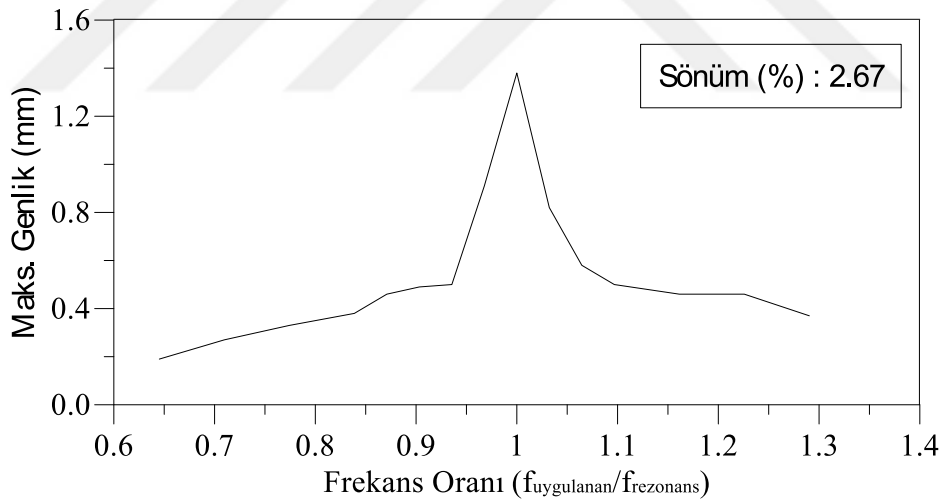
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	90	0.979	1.043	1	3.19	0.050	1.63	0.77	1.563



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği



(c) Maksimum genlik-frekans oranı

Şekil 2.89. 90 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.51. 90 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

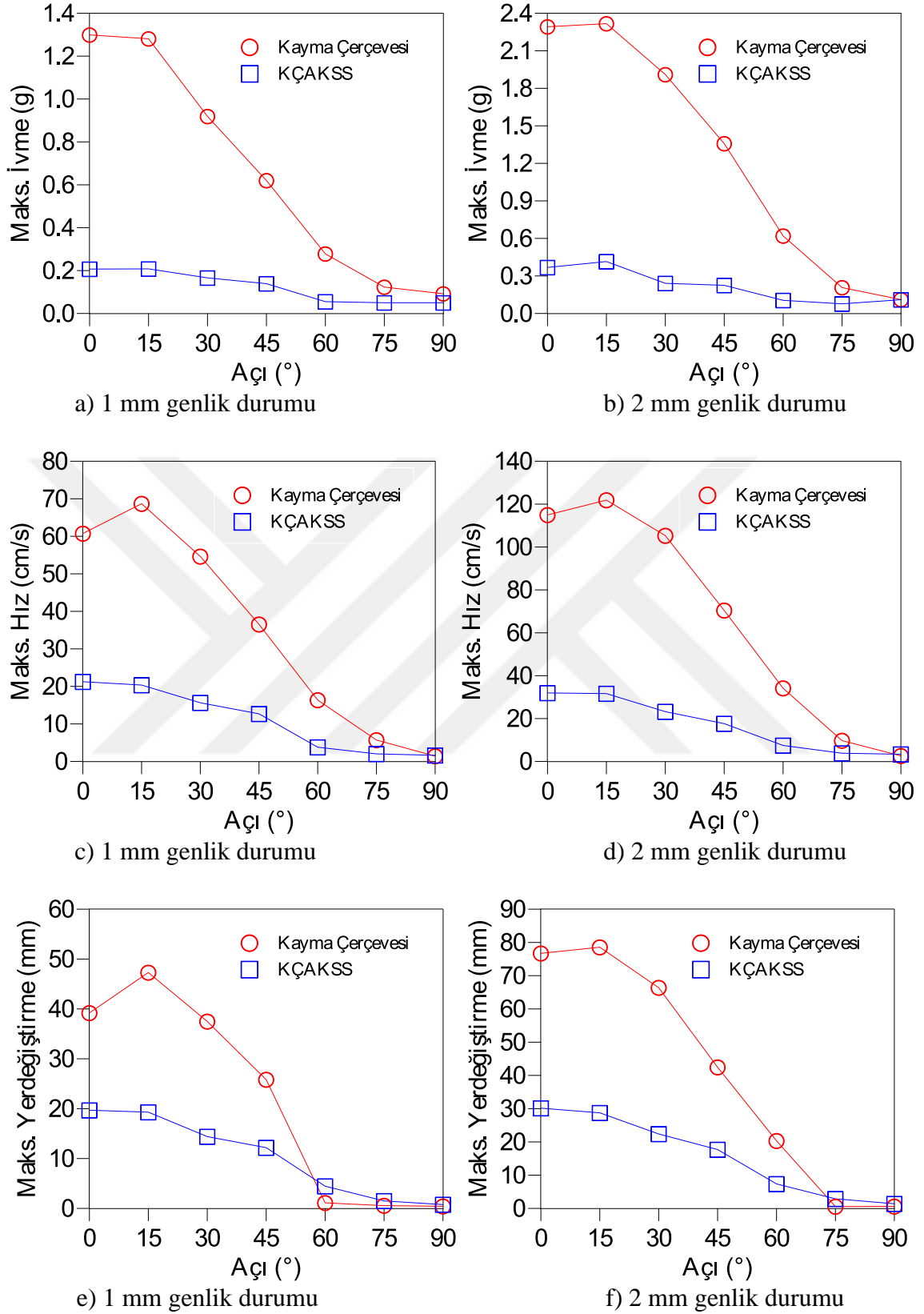
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	90	0.971	1.024	1	2.67	0.110	3.37	1.40	1.563

Tablo 2.52’de KÇAKSS’den elde edilen tüm sonuçlar özet olarak sunulmaktadır. Kayma çerçevesi ve KÇAKSS sisteminin rezonans frekansında açığa bağlı değişiminden elde edilen dinamik karakteristikler Şekil 2.90’da karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 2.91 incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar net bir biçimde görülmektedir:

- Kayma çerçevesinin rezonans frekansı 2.61Hz iken, sistemin tepe noktasına eklenen AKSS sisteminin kütlesi rezonans frekansını 1.55Hz’ye düşürmüştür. Fakat, kütle artması dinamik hareketten oluşan atalet kuvvetinin de artmasına neden olmuştur.
- Kayma çerçevesine ait sönüm oranının açığa bağlı değişiklik gösterdiği ve sönüm oranı değerinin %0.6-%0.9 arasında değerler aldığı, KÇAKSS sisteminde ise sönüm oranının değişik açılarda %2.7-%6.34 arasında değerler aldığı görülmektedir. AKSS sisteminin yapıya olan etkisi sönüm oranı bakımından net bir şekilde görülmektedir.
- İvme, hız ve yerdeğiştirme grafiklerinden de görüleceği üzere, özellikle 0°, 15°, 30° ve 45°’de KÇAKSS sisteminin performansının, kayma çerçevesinin performansına oranla daha etkili olmaktadır. 45°’den sonraki açılarda kayma çerçevesinin kolonlarının kuvvetli yönü sarsma masasından uygulanan ivmenin yönüne paralel olması dolayısıyla, AKSS sisteminin etkinliği azalmaktadır.
- AKSS sisteminin şeklinin U olması nedeniyle, tüm açılarda etkinliğini koruyamaması, akışkan kolon sıvı sönümleyici sistemler üzerinde yenilikçi çalışmaların yapılması gerektiğini göstermektedir.
- Kayma çerçevesinin ağırlığı 25.43kg iken, KÇAKSS sisteminin ağırlığı 60.5kg’dir. Bu sistemin bir yapıya monte edilmesi, ekonomik olmayan eleman boyutlarını da beraberinde getirebilmektedir.

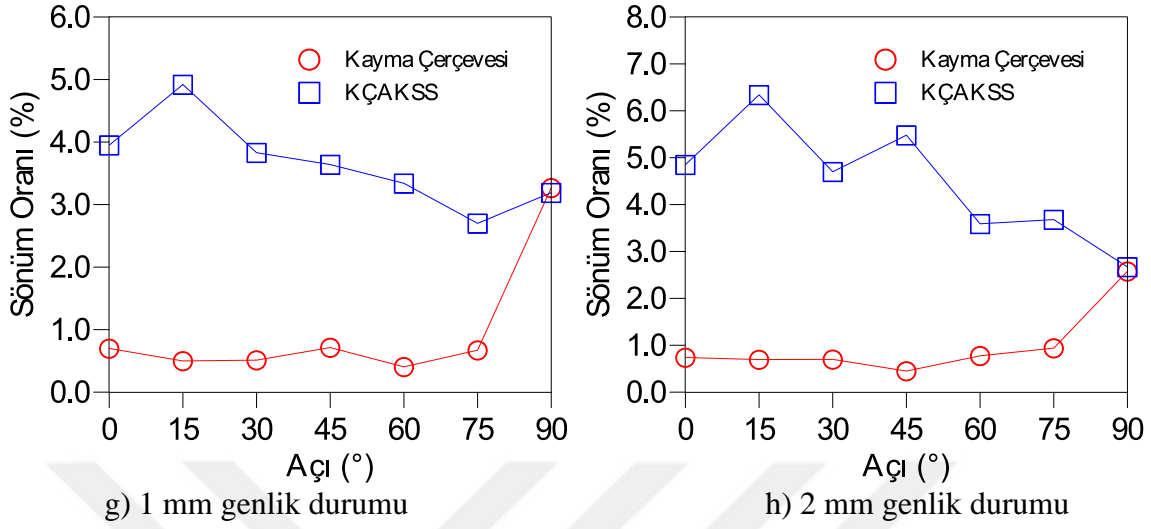
Tablo 2.52. KÇAKSS sisteminin dinamik karakteristiklerin açığa bağlı değişimi

Genlik								
Açı (°)	1 mm				2 mm			
	Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Sönüm (%)	Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Sönüm (%)
0	0.207	21.25	19.69	3.95	0.368	31.95	30.15	4.85
15	0.208	20.36	19.30	4.92	0.415	31.65	28.75	6.34
30	0.166	15.64	14.40	3.83	0.241	23.23	22.39	4.70
45	0.139	12.69	12.18	3.64	0.225	17.64	17.70	5.48
60	0.055	3.80	4.46	3.34	0.105	7.46	7.37	3.59
75	0.050	2.02	1.50	2.70	0.077	3.84	2.89	3.68
90	0.050	1.63	0.77	3.19	0.110	3.37	1.40	2.67



Şekil 2.90. Kayma çerçevesi ile KÇAKSS sisteminin maksimum ivme, hız ve yerdeğiştirme ile sönümlerinin açığa bağlı karşılaştırılması

Şekil 2.90'in devamı

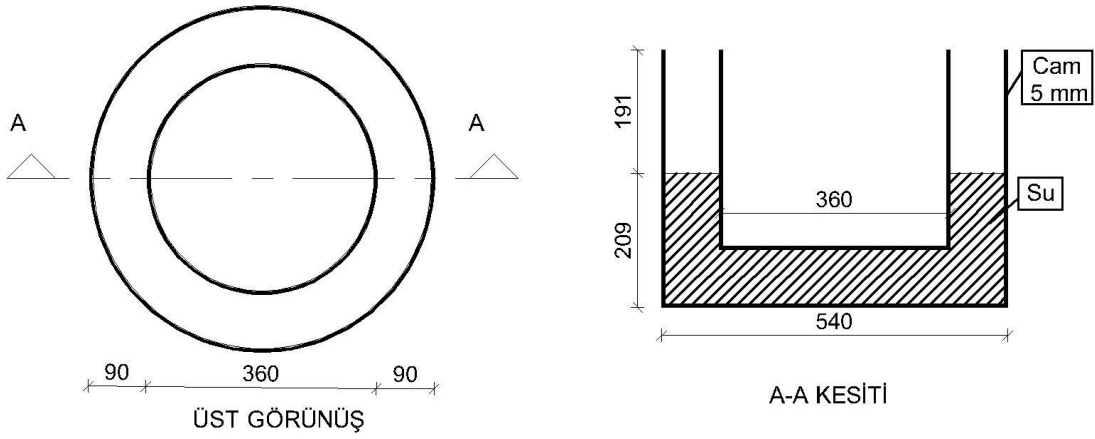


2.6. Silindirik Ayarlı Kolon Sıvı Sönümleyici'nin (SAKSS) Tasarımı ve Dinamik Karakteristiklerinin Sarsma Masası Yardımıyla Elde Edilmesi

Bir önceki bölümde AKSS sisteminin performansının açıyla birlikte azaldığı görülmektedir. Bunun sebebi, U şekline sahip borudaki suyun hareketinin 0° 'de maksimum iken, 90° 'de minimum olmasıdır. Özellikle 45° 'den sonraki açılarda sistemin geçerliliği önemli ölçüde azalmaktadır. Açı büyüdükçe sistem Bölüm 1.2.2.6'da anlatılan ayarlı sıvı sönümleyici (ASS) gibi davranmakta olup, atalet kuvvetine salınım yerine çalkalanma ile karşı koymaktadır. Salınım odaklı sönümün her açıda etkin olarak sağlanması amacıyla yenilikçi SAKSS sistemi geliştirilmiştir. Şekil 2.91'de modellenen SAKSS'ye ait geometrik özellikler verilmektedir. Silindirin merkezinden geçen tüm kesitlerin AKSS sisteminin kesit görünüşüne eşit ölçülerde tasarlanması hedeflenmektedir. Böylece, AKSS ile SAKSS sistemlerinin yapıya olan performanslarının karşılaştırılması mümkün olmaktadır.

Modellemede kullanılan camların silindirik forma getirilmesinde çelik kalıplardan yararlanılmıştır. İki 54cm çapında diğer ikisi 36cm çapında dört adet yarım silindir üretilmiştir. Aynı çaptaki yarım silindirler kuvvetli silikon ile yapıştırılarak Şekil 2.92'deki silindir camlar elde edilmiştir.

NOT: Silikon yüzeye uygulanırken pürüzsüz olmasına dikkat edilmelidir. Pürüzlü yüzeyler sürtünme kayıplarına neden olmaktadır.



Şekil 2.91. Modellenen SAKSS'ye ait geometrik özellikler (Birimler mm cinsindedir)



Şekil 2.92. Kullanılan çelik kalıplar ve silindir camlar

Büyük silindir çevresine su yüksekliğinin net okunması için cetvel yerleştirilmiştir. Küçük silindiri büyük silindirin içine mesnetlemek için 9cm yüksekliğinde $1 \times 1 \text{ cm}^2$ kesitine sahip ahşap malzemeden yapılmış 12 adet destek kullanılmıştır. Desteklerin temasının cam ile yeterince sağlanması için zımpara kullanılmıştır. Şekil 2.93'de deneye hazır SAKSS sistemine ait görünüşler verilmektedir. Büyük silindirin tabanı sistemin kayma çerçevesine rahat montajlanması için kayma çerçevesinin üst boyutlarında cam (600x600mm) kullanılmıştır. Sistemdeki su, sarsma masasının hareketi halinde rezonans frekansında dahi düşey kesitten taşmayacak şekilde ayarlanmıştır. SAKSS sistemi AKSS sistemine göre daha fazla su hacmine sahiptir. Bu nedenle dinamik olarak yapılacak deneylerde atalet kuvveti AKSS'ye göre daha fazla olacaktır.



Şekil 2.93. Deneye hazır SAKSS sistemi

SAKSS'ye ait deneysel ölçümle 2 ve 4mm genlikler için yapılmış olup, model içerisindeki su yüksekliği 16,4cm'dir. Gerçekleştirilen ölçümler sonucunda, maksimum su seviyesinin 1.10Hz frekansında olduğu ve 2 ve 4mm genlikler için 21.90cm ile 24.10cm değerlerinde elde edildiği belirlenmiştir. Tablo 2.53'te SAKSS'ye ait ölçümler sunulmaktadır.

Maksimum su seviyesi sistemin rezonans frekansını göstermekte olup, bu değer eşitlik (1.3)'teki teorik olarak verilen frekans formülü ile karşılaştırılmıştır. AKSS için kullanılan bu formülün, SAKSS için geçerliliğini yitirdiği ispatlanmıştır. Tablo 2.54'te teorik frekans değeri ile deneysel olarak frekans değeri ve hata oranı verilmektedir.

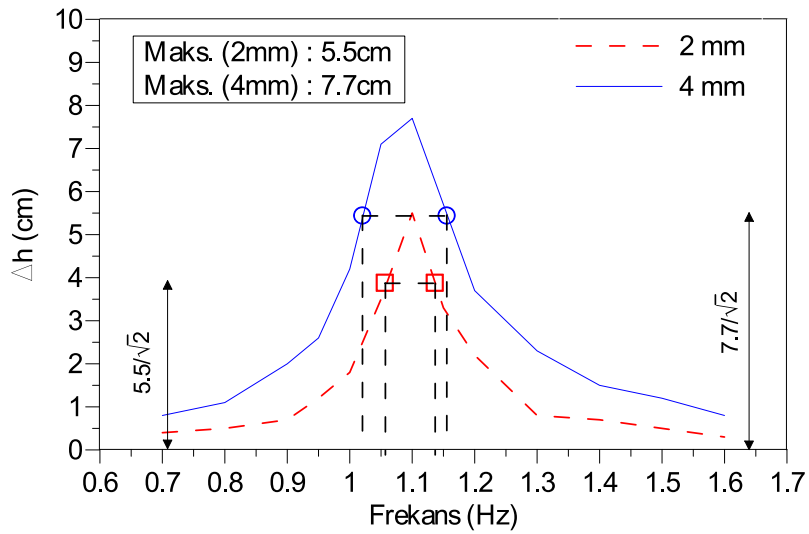
Şekil 2.94'de, 2 ve 4mm genlikli frekansları 0.7Hz ile 1.6Hz arasında değişen Δh -frekans grafiği görülmektedir. 2mm genlikte su ilk seviyesine göre 5.5cm yükselmiş iken, 4mm genlikte su 7.7cm yükselmiştir.

Tablo 2.53. SAKSS sisteminde farklı frekanslarda ölçülen maksimum su yükseklikleri

GENLİK					
2 mm			4 mm		
Frekans (Hz)	Ölçülen Yükseklik (cm)	Δh (cm)	Frekans (Hz)	Ölçülen Yükseklik (cm)	Δh (cm)
0.70	16.80	0.4	0.70	17.20	0.80
0.80	16.90	0.5	0.80	17.50	1.10
0.90	17.10	0.7	0.90	18.40	2.00
0.95	17.60	1.2	0.95	19.00	2.60
1.00	18.20	1.8	1.00	20.60	4.20
1.05	19.90	3.5	1.05	23.50	7.10
1.10 (Rezonans)	21.90	5.5	1.10 (Rezonans)	24.10	7.70
1.15	19.70	3.3	1.15	22.10	5.70
1.20	18.60	2.2	1.20	20.10	3.70
1.30	17.20	0.8	1.30	18.70	2.30
1.40	17.10	0.7	1.40	17.90	1.50
1.50	16.90	0.5	1.50	17.60	1.20
1.60	16.65	0.3	1.60	17.20	0.80

Tablo 2.54. SAKSS'ye ait teorik ve deneysel olarak elde edilen frekans değerleri

Frekans Değerleri		
Teorik Frekans (Hz)	Deneysel Frekans (Hz)	Hata Oranı (%)
0.799	1.100	28.2

Şekil 2.94. 2 ve 4 mm genlikli Δh -frekans grafiği

Sönüm oranının hesaplanabilmesi için, ilgili grafiğin Y ekseninde $Y_{\max}/\sqrt{2}$ noktası işaretlenmiş olup, grafiğin X ekseninden ω_1 ve ω_2 frekans değerleri okunmuştur. Bu iki değer ile birlikte sönüm oranı (ξ) iki farklı genlik için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sonrasında ise, yük kaybı katsayısı (δ) sönüm oranına ve maksimum su yüksekliğine (Y_{\max}) bağlı olarak elde edilmiştir (Tablo 2.55).

Tablo 2.55. SAKSS sistemine ait sönüm oranı değerleri ile yük kaybı katsayısı

GENLİK												
2 mm						4 mm						
Y_{\max} (cm)	Sönüm Oranı				δ	Y_{\max} (cm)	Sönüm Oranı				δ	
	ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)			ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)		
5.5	1.056	1.136	1.100	3.64	1.83	7.7	1.020	1.155	1.100	6.13	2.19	

2.7. SAKSS Sisteminin Kayma Çerçevesiyle Birlikte Tasarımı (KÇSAKSS) ve Dinamik Karakteristiklerinin Sarsma Masası Yardımıyla Elde Edilmesi

Yenilikçi SAKSS sisteminin kayma çerçevesinin dinamik davranışına olan etkisi bu bölümde incelenmektedir. Bölüm 2.5'te görüldüğü üzere, AKSS sisteminin kayma çerçevesine açıyla birlikte etkileyen dinamik yüklere karşı performansının bazı açılarda önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir. Azalan bu performansı artırmak amacıyla tasarlanan SAKSS sistemine ait dinamik karakteristikler belirlenmiştir. Bu bölüm ile kayma çerçevesi, KÇAKSS ve KÇSAKSS arasında bir performans ilişkisinin kurulması amaçlanmaktadır. Bu amaçla öncelikle, sonlu eleman modelinde kayma çerçevesine su ve camın kütlesi eklenmiş ve modal analizler tekrarlanmıştır. Kütle eklenmesi ile birlikte modal kütle katılım oranı ve mod şekli değişmemiş olup, frekans değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir. Tablo 2.56'da kayma çerçevesi, KÇAKSS ve KÇSAKSS sistemlerle ait frekans değerleri ile kütle katılım oranları verilmektedir. KÇSAKSS sisteminin rezonans frekansı, sonlu eleman yöntemiyle 1.50Hz tespit edilmiştir. Su seviyesi KÇAKSS ile KÇSAKSS yi karşılaştırmak amacıyla önceki analizlerde olduğu gibi 16.4cm olara ayarlanmıştır. Sarsma masası üzerindeki düzenek 1.0Hz ile 2.0Hz arasındaki frekanslarda titreştirilmiş ve sistemdeki sönüm oranı hesabı amacıyla yerdeğiştirme frekans grafikleri elde edilmiştir. Şekil 2.95'de KÇSAKSS düzeneğine ait görünüşler verilmektedir.

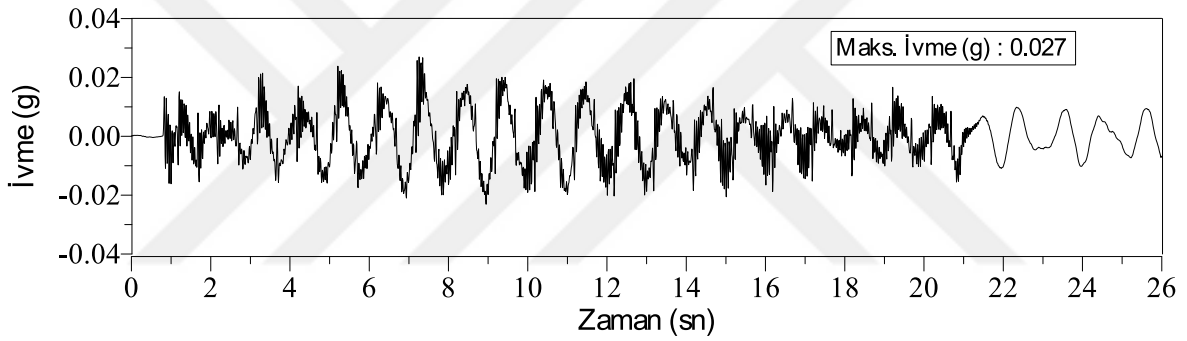
Tablo 2.56. Kayma çerçevesi, KÇAKSS ve KÇSAKSS sistemlerinin doğal hakim frekanslarının karşılaştırılması

Mod Numarası	Frekans (Hz)			Kütle Katılım Oranı (%)
	Kayma Çerçevesi	KÇAKSS	KÇSAKSS	
1. Mod	2.61	1.55	1.50	87.6 (Y yönü)
2. Mod	6.90	9.28	9.03	94.0 (Burulma)
3. Mod	8.39	14.53	14.15	98.0 (X yönü)

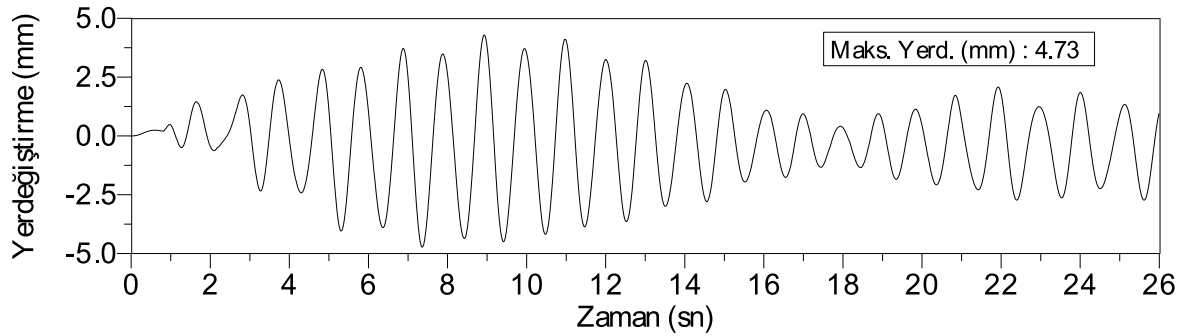


Şekil 2.95. KÇAKSS düzeneğine ait görüşler

Sersbest titreşim analizine başlanmadan önce, su ve camdan kaynaklanan yükün, kayma çerçevesinin levhadan oluşan 4 adet kolonunun taşıma kapasitesinin altında kaldığı sonlu eleman yöntemiyle teyit edilmiştir. Sisteme 1 ve 2mm genlikli 1.0Hz ve 2.0Hz arasındaki frekanslarda dinamik yükler etkilmiştir. Bir tanesi sistemin tepe noktasına, diğeri ise sarsma masasının üzerine monte edilmiş iki adet ivmeölçer kullanılmıştır. Sistemin tepe noktasında bulunan ivmeölçerden alınan kayıttan tabanda bulunan ivmeölçerden alınan kayıt rölatif olarak çıkarılmıştır. Elde edilen grafikler *SeismoSignal* programı yardımıyla hız zaman ve yerdeğiştirme zaman grafiklerine dönüştürülmüştür. Ayrıca, her bir kayıta ait hakim frekans, maksimum ivme ve maksimum yerdeğiştirme değerleri belirlenmiştir. Şekil 2.96-2.125’de sisteme etkileyen titreşimlere ait tepe noktası ivme zaman ve yerdeğiştirme zaman grafikleri verilmiştir.

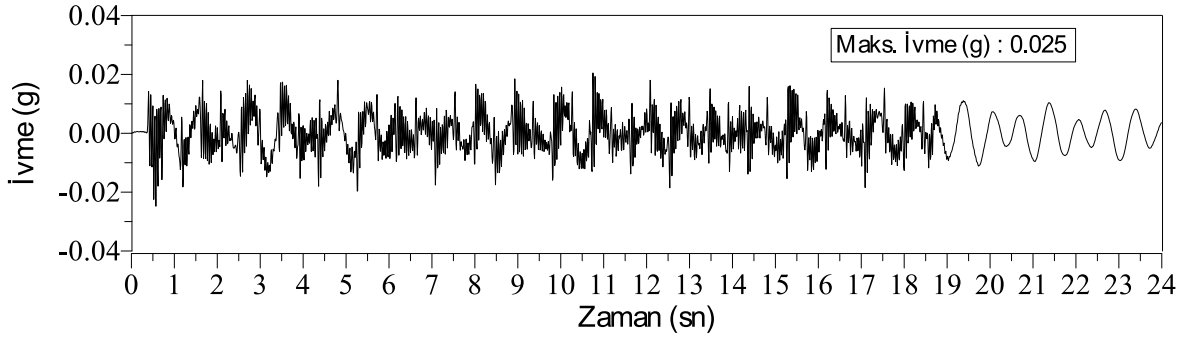


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

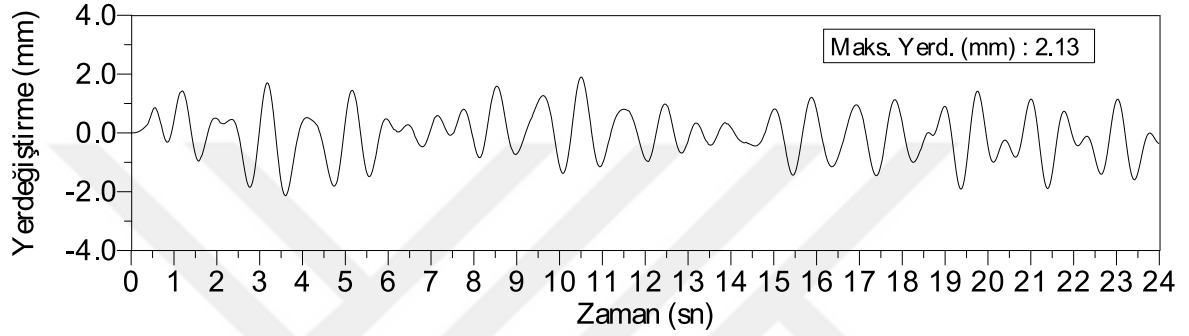


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.96. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

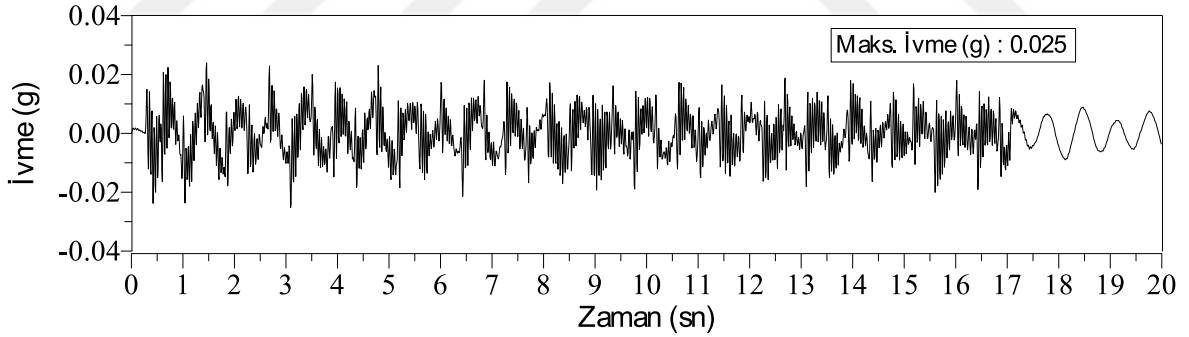


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

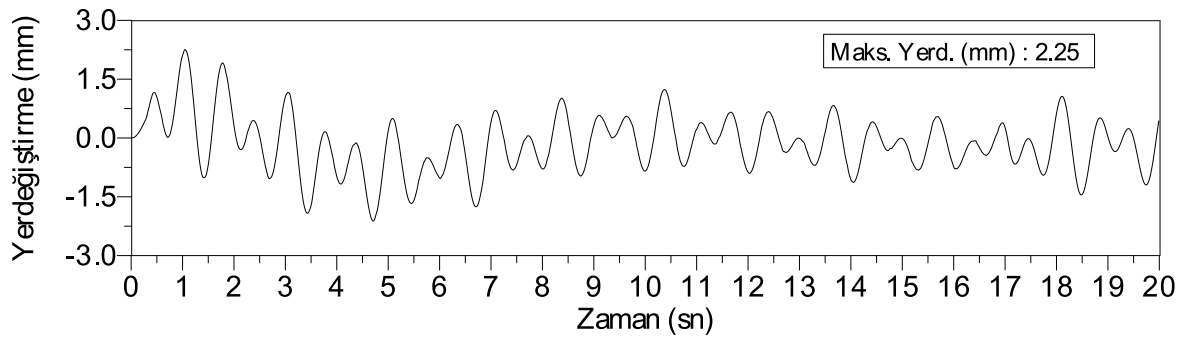


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.97. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.10Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

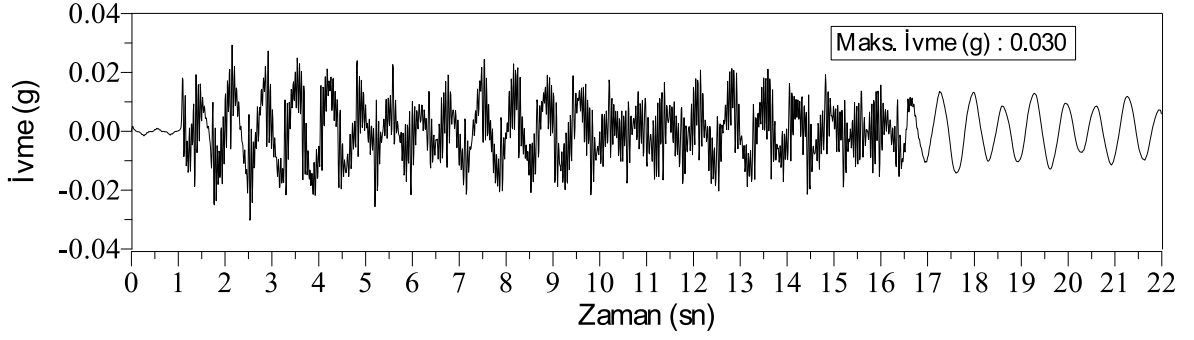


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

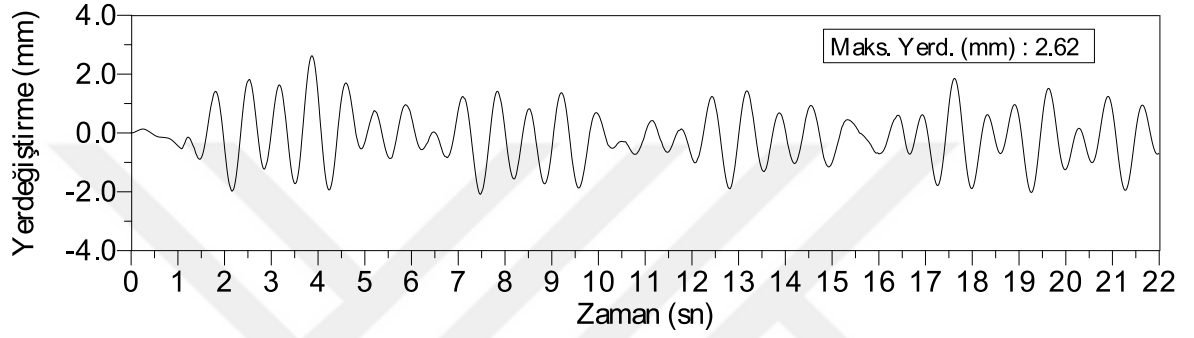


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.98. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.20Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

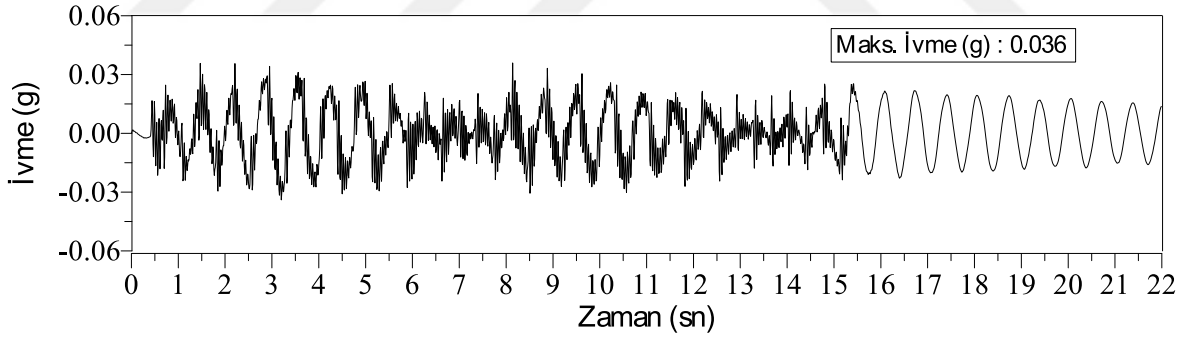


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

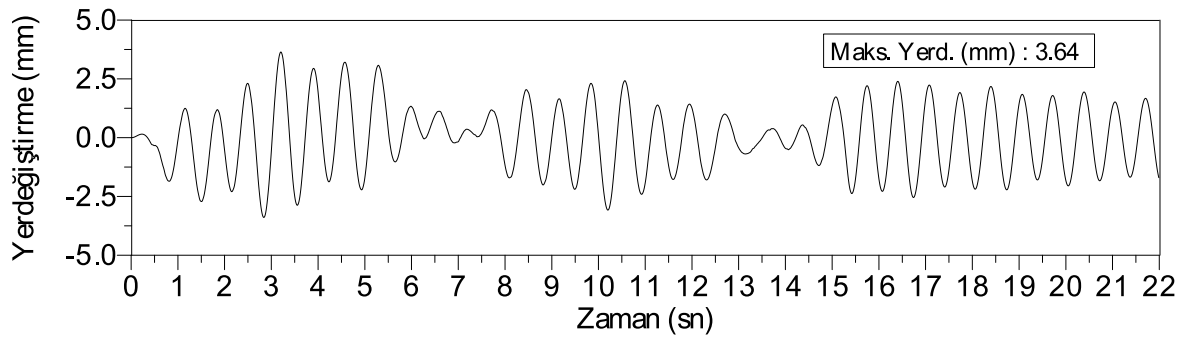


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.99. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.30Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

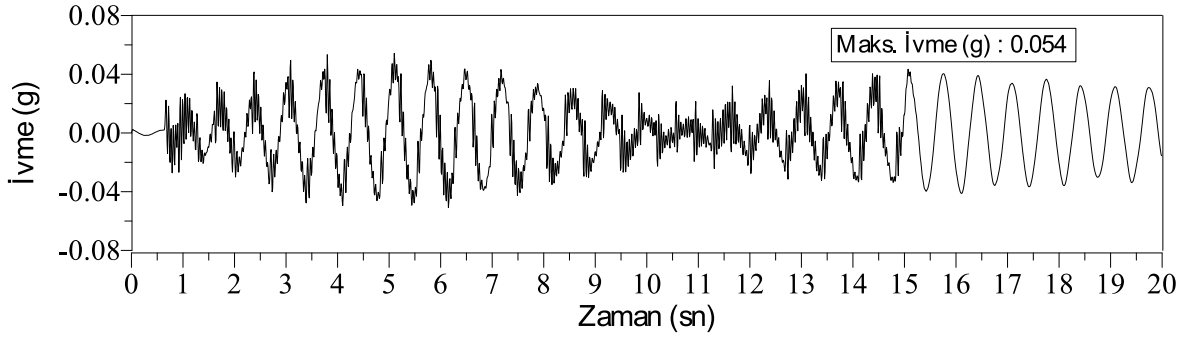


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

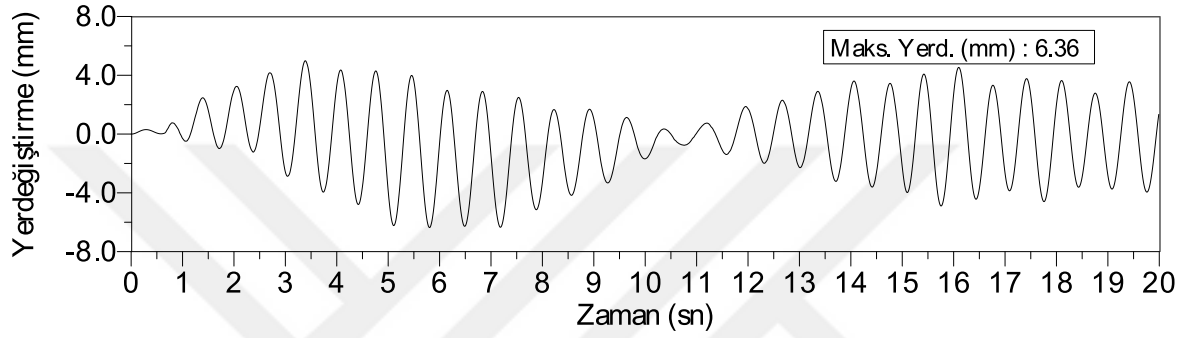


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.100. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.35Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

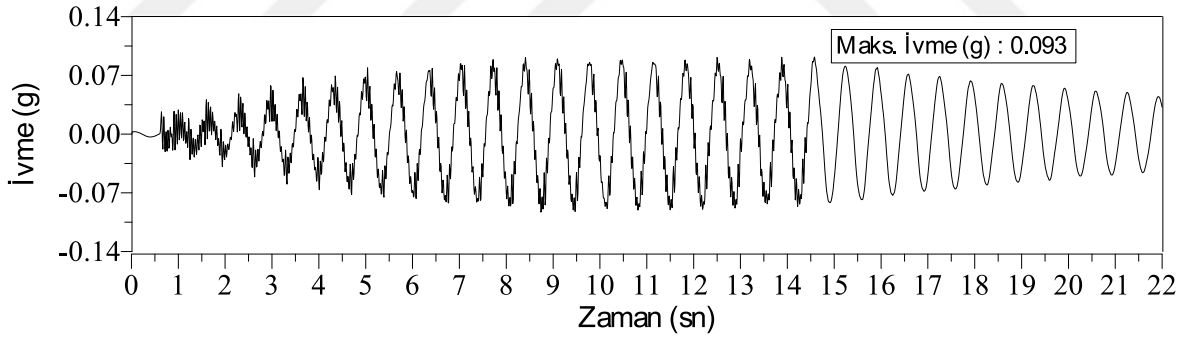


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

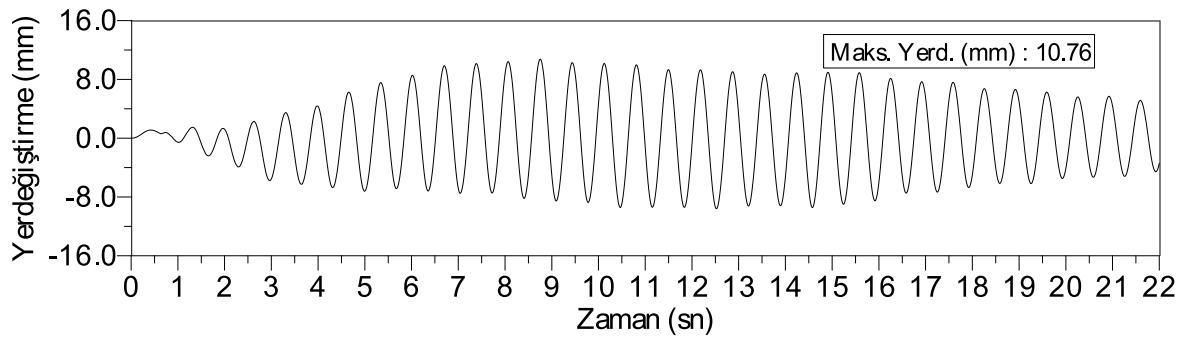


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.101. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.40Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

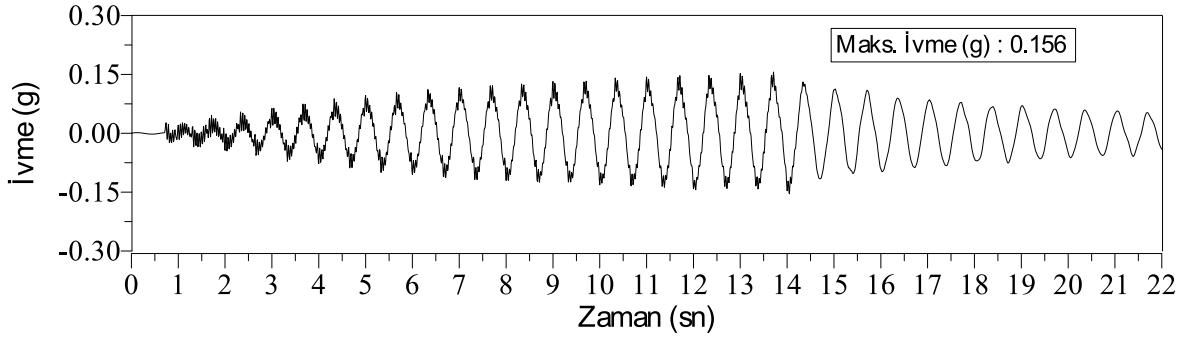


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

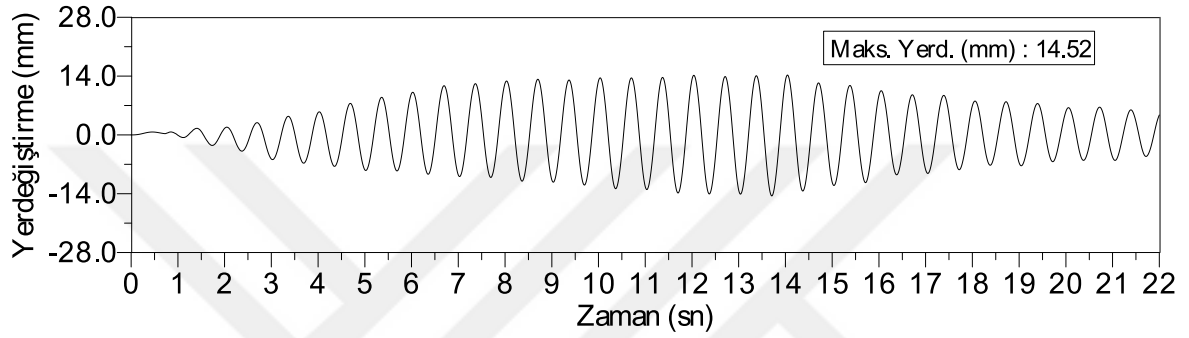


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.102. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.45Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

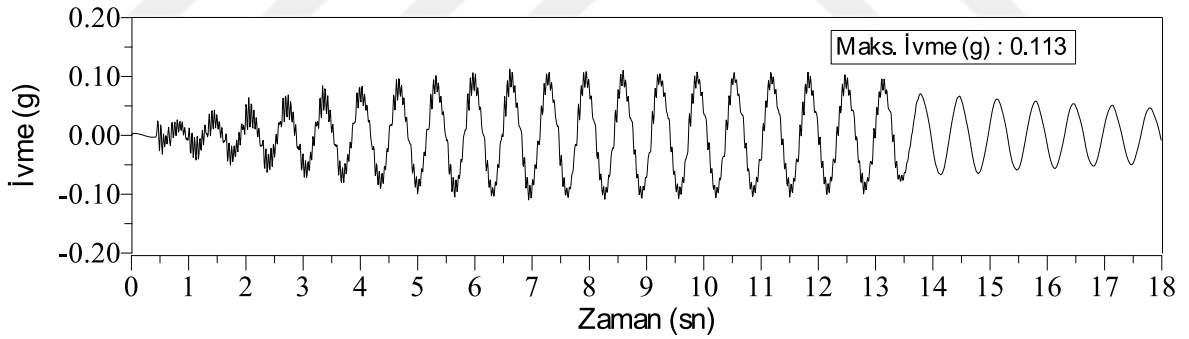


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

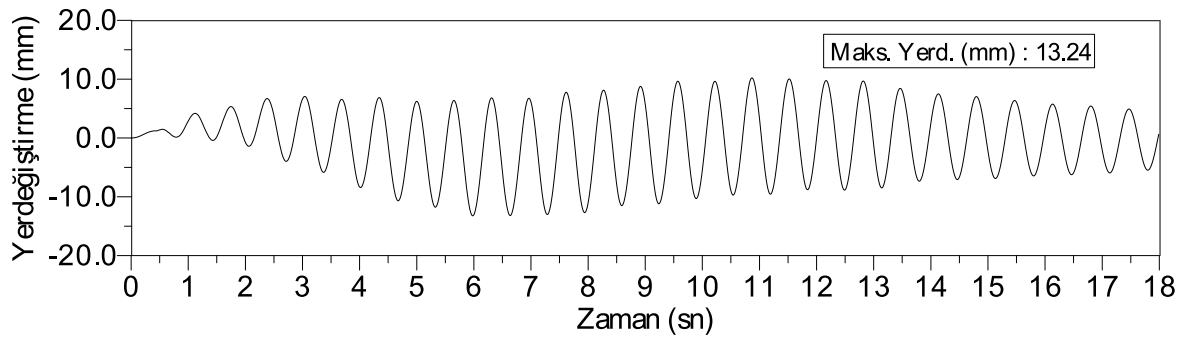


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

şekil 2.103. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.50Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

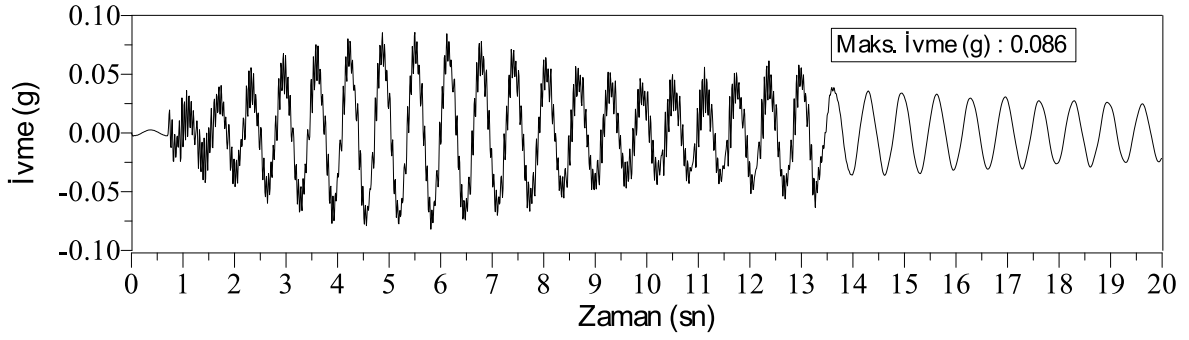


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

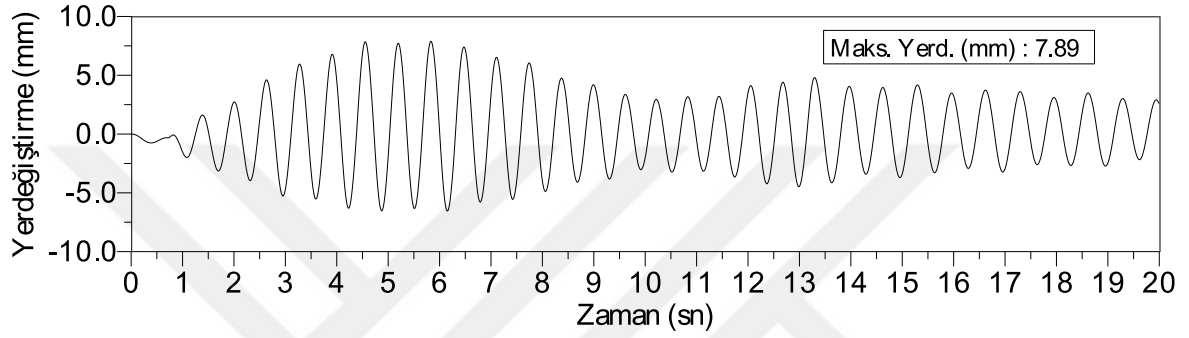


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

şekil 2.104. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.55Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

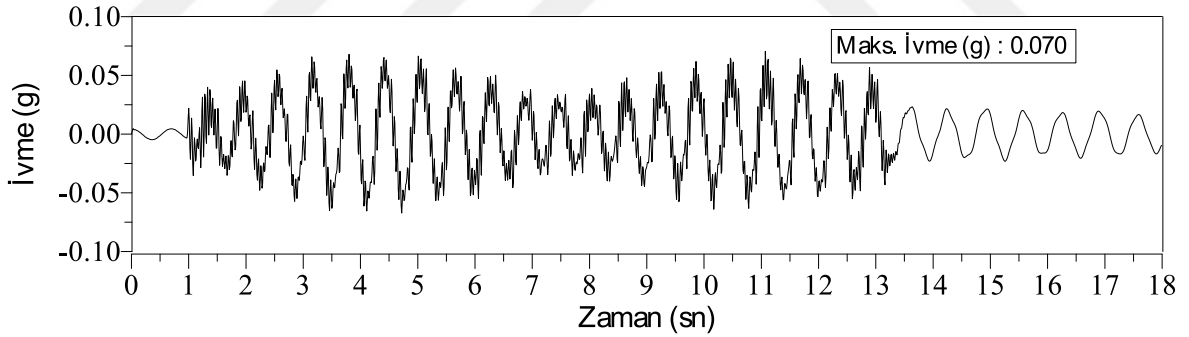


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

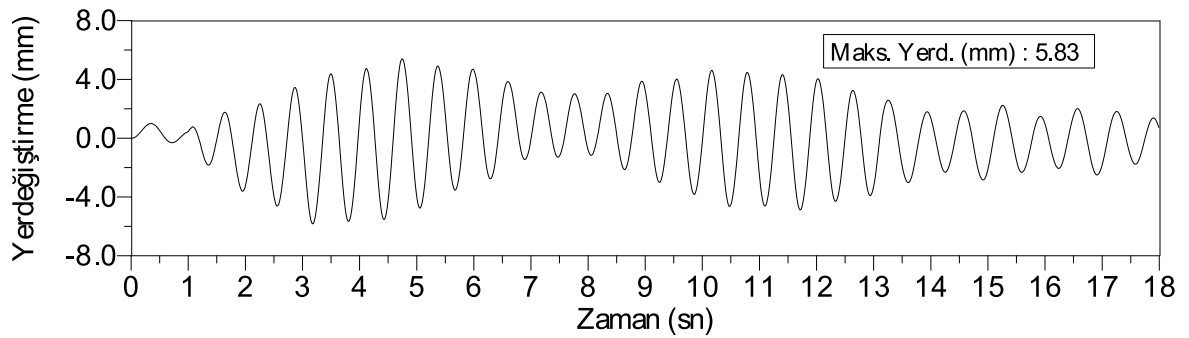


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.105. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.60Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

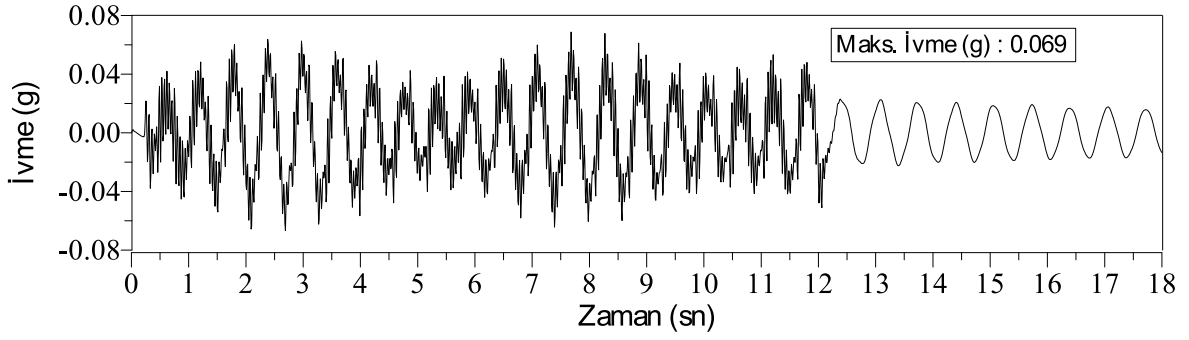


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

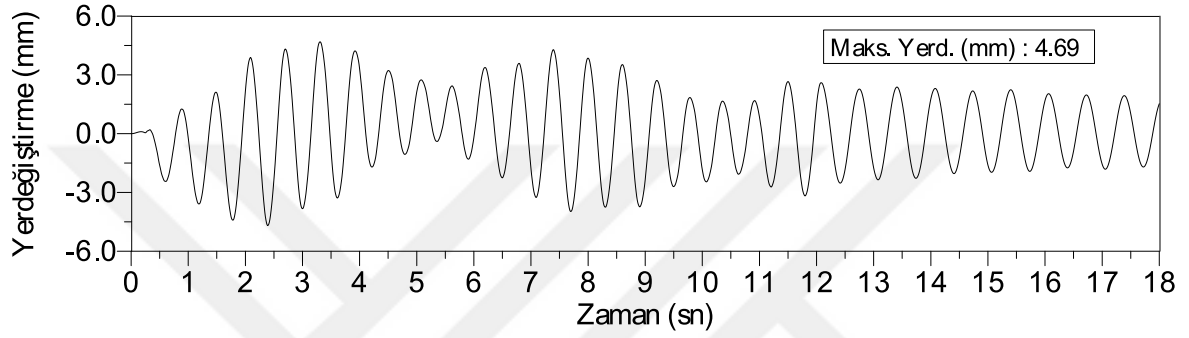


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.106. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.65Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

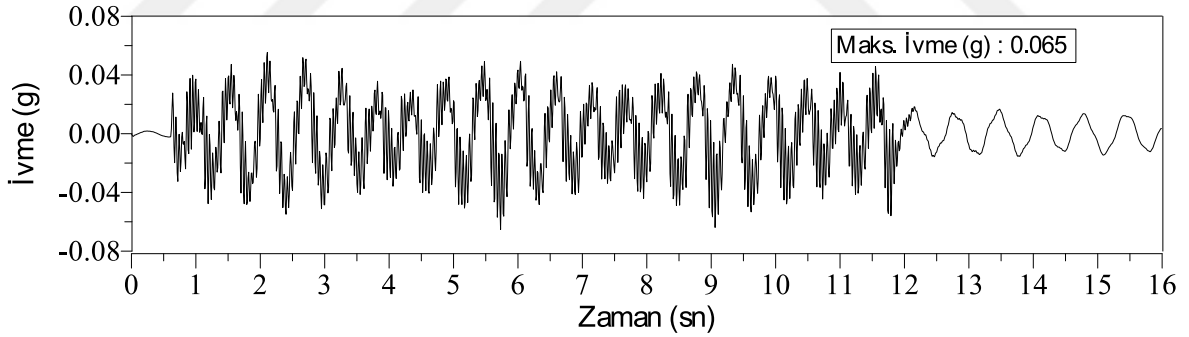


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

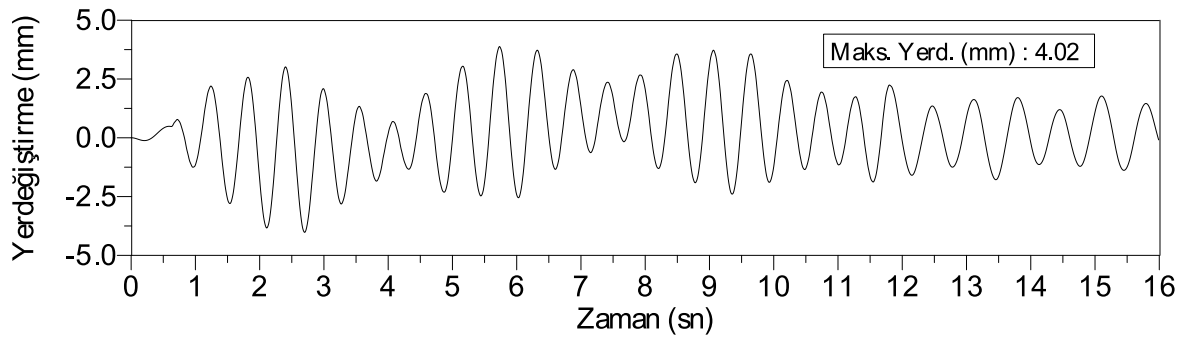


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.107. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.70Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

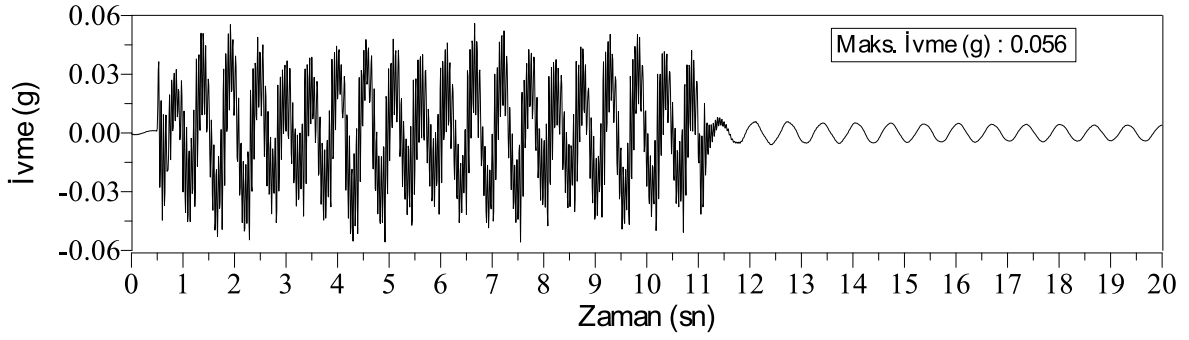


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

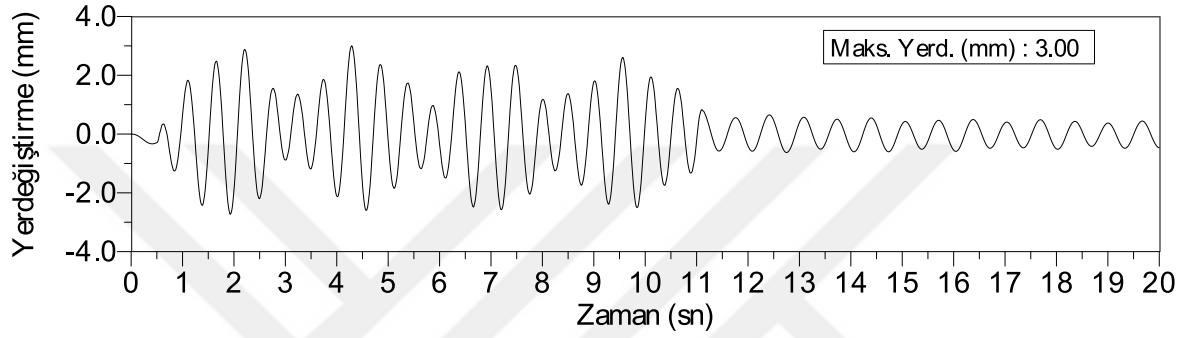


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.108. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.80Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

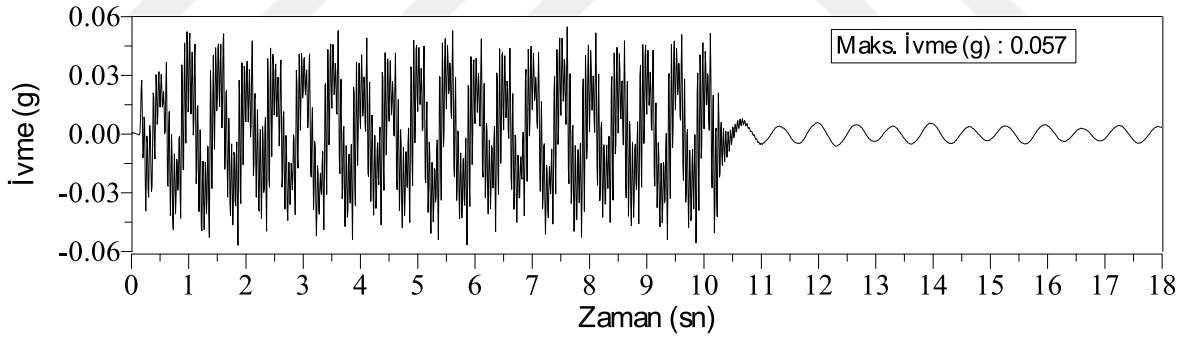


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

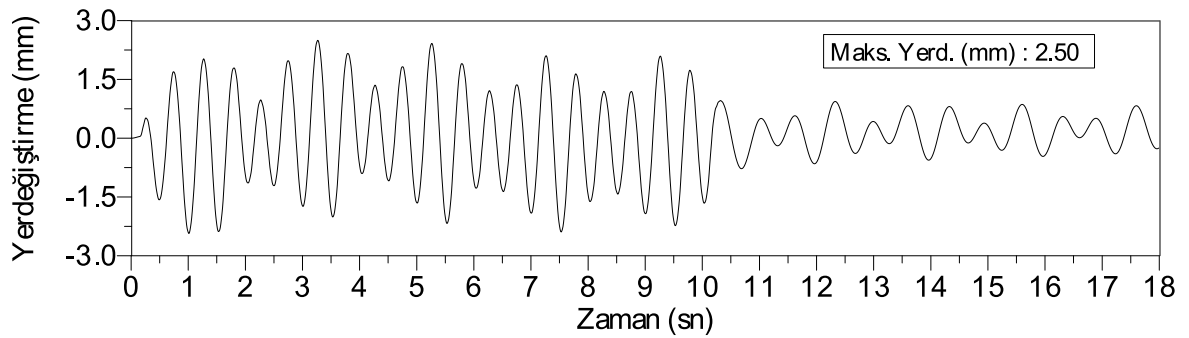


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.109. 0 derece açıyla 1mm genlikli 1.90Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

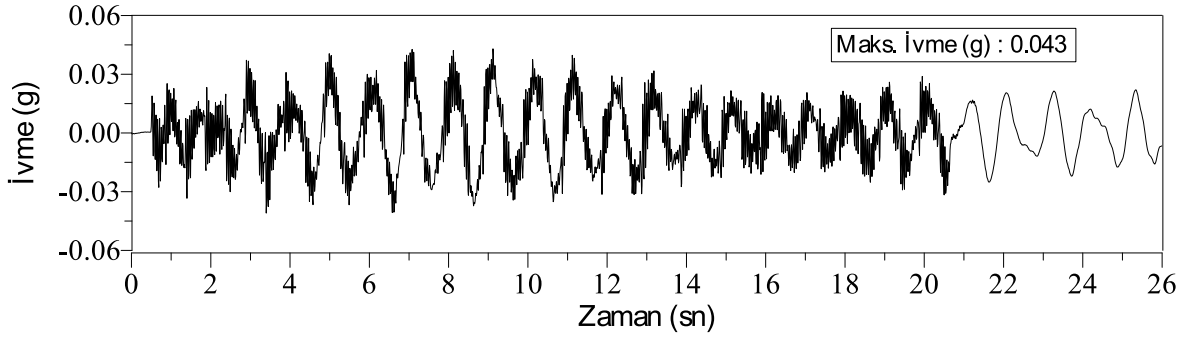


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

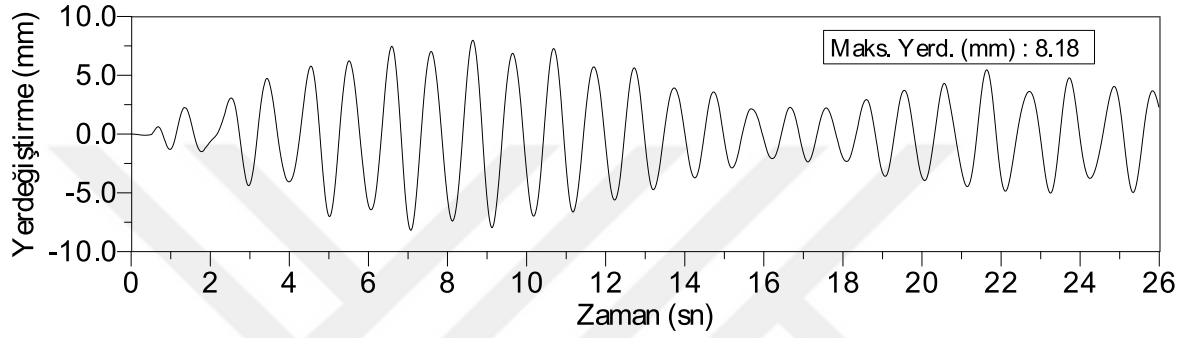


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.110. 0 derece açıyla 1mm genlikli 2.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

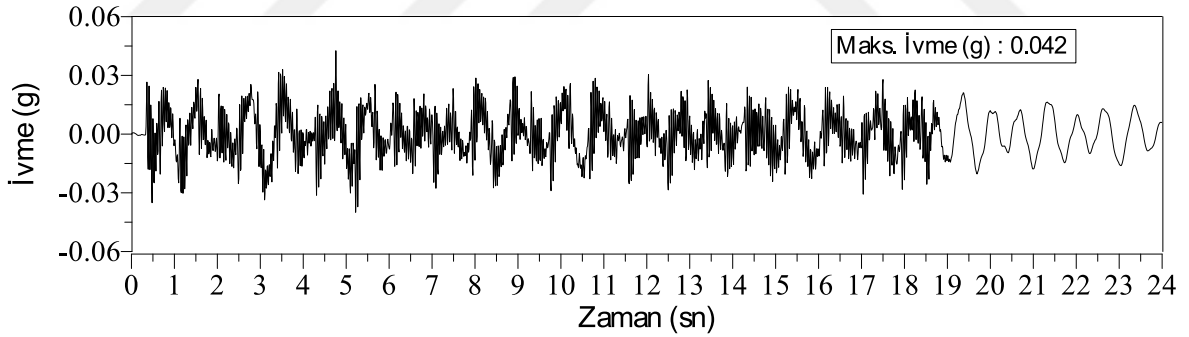


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

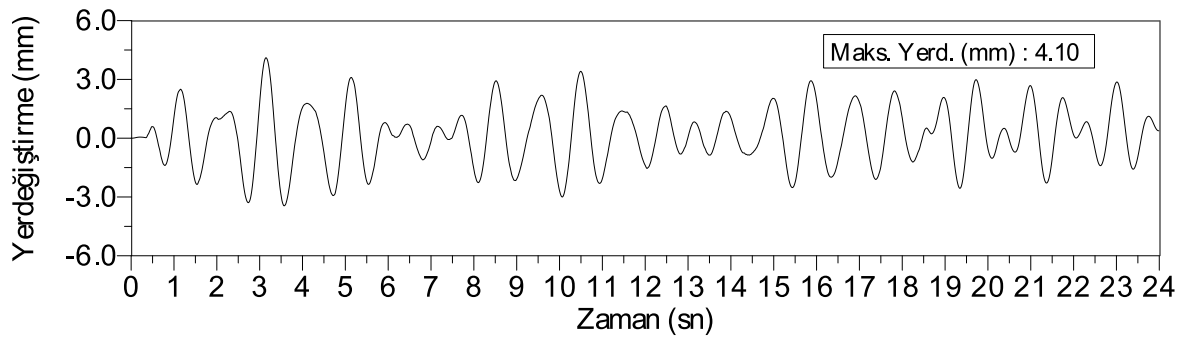


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.111. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

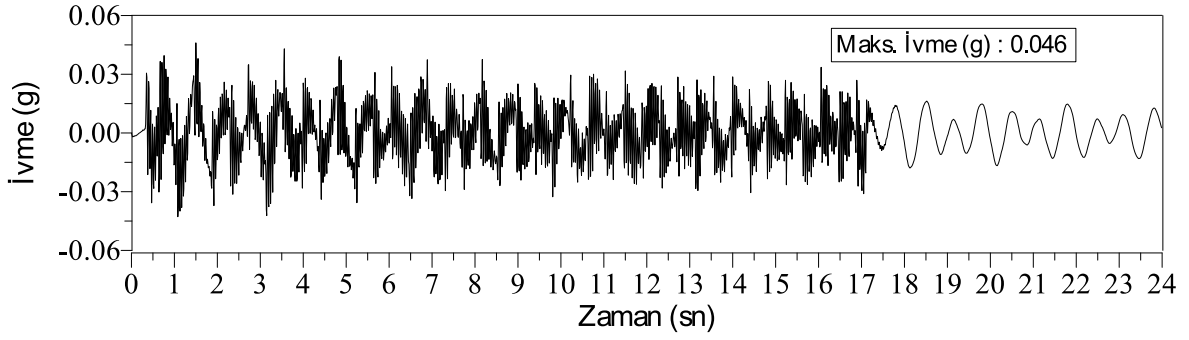


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

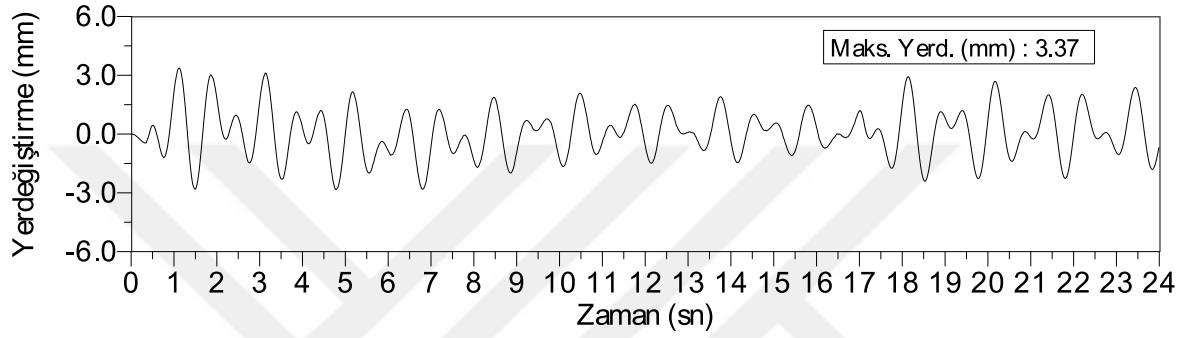


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.112. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.10Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

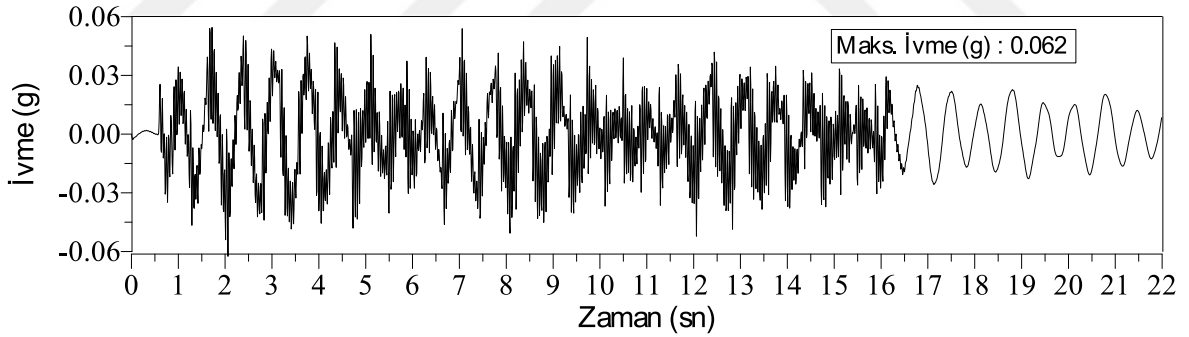


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

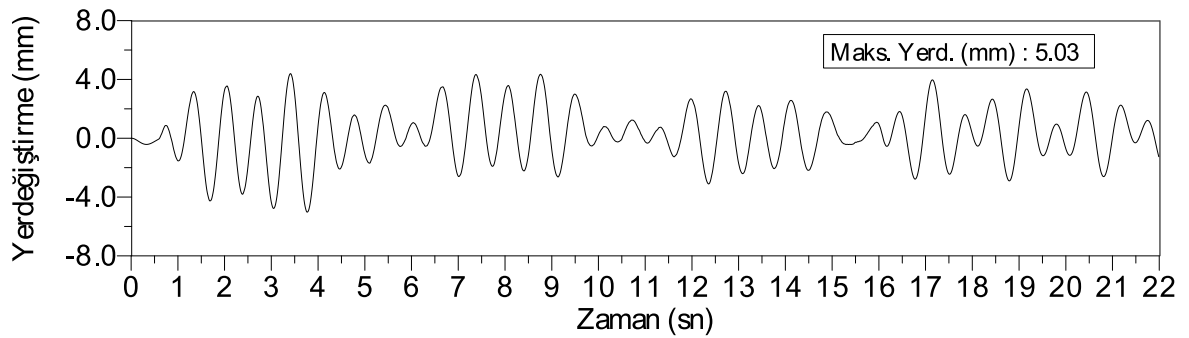


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.113. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.20Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

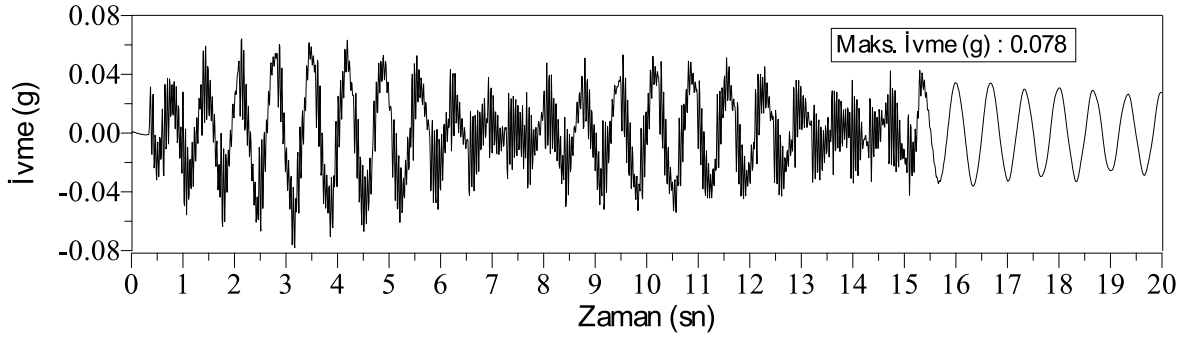


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

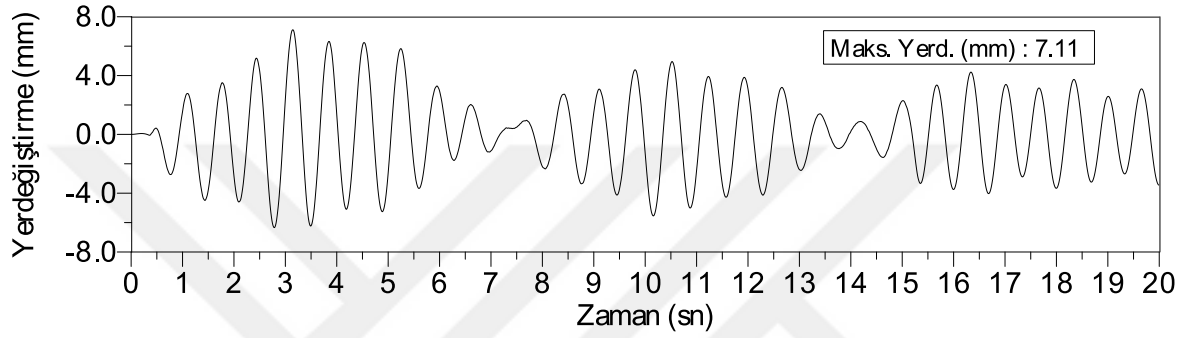


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.114. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.30Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

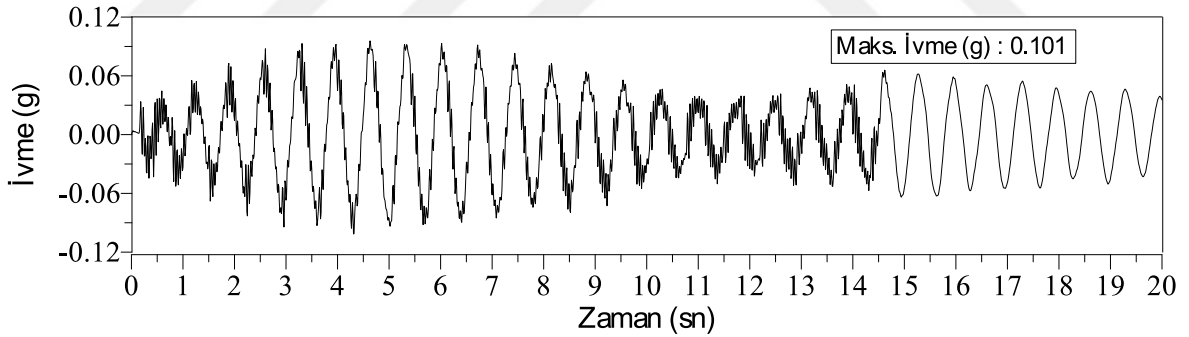


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

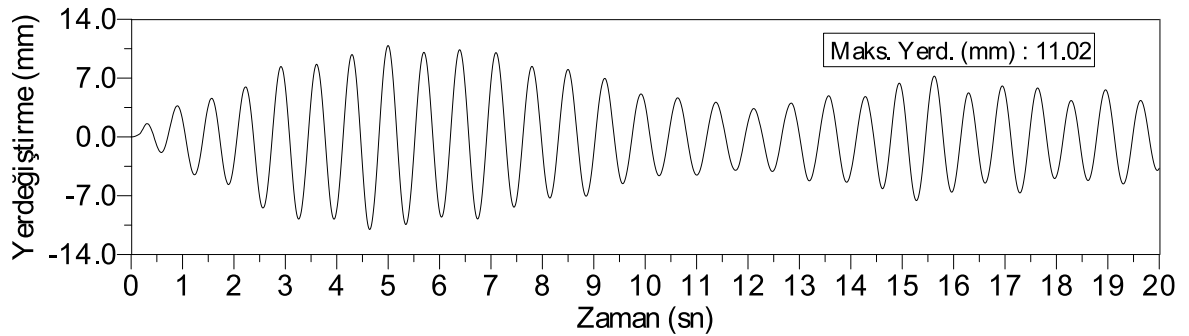


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.115. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.35Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

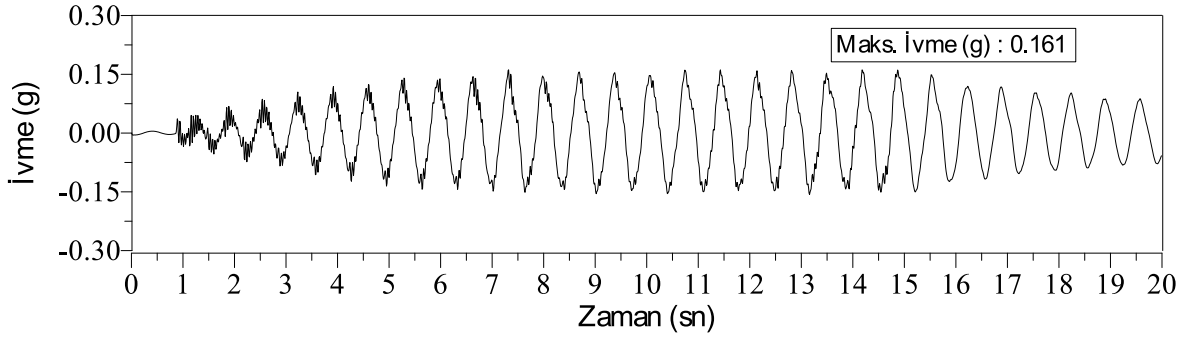


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

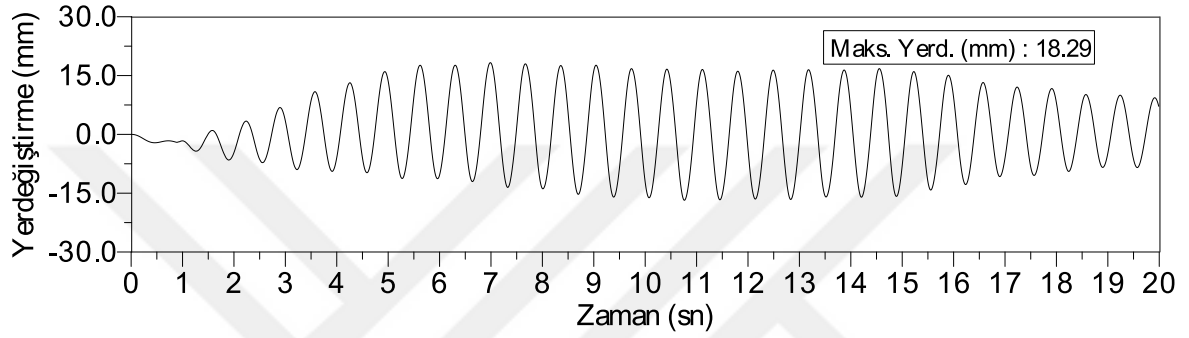


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.116. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.40Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

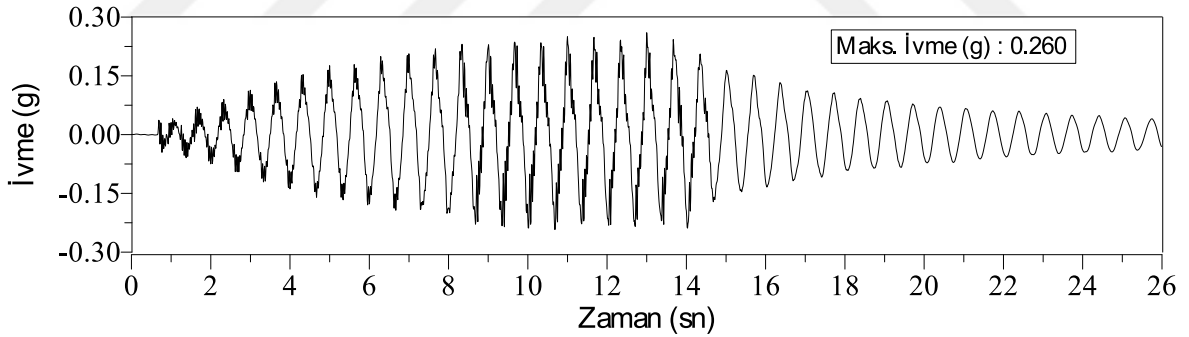


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

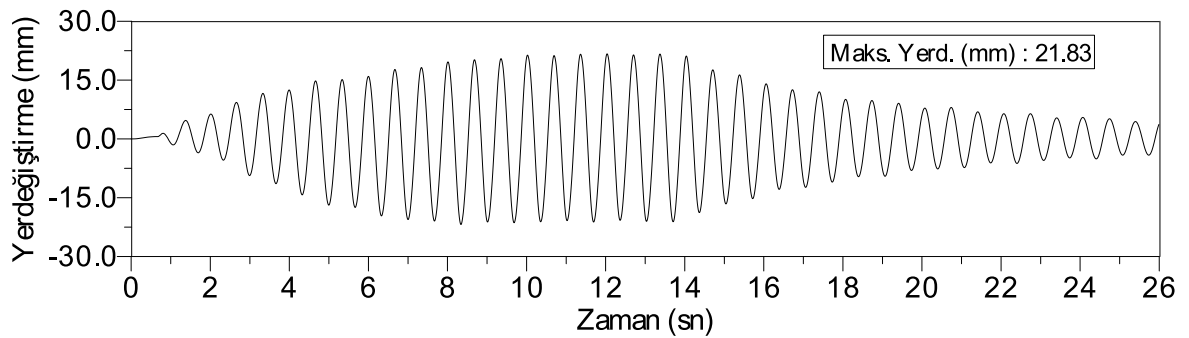


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.117. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.45Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

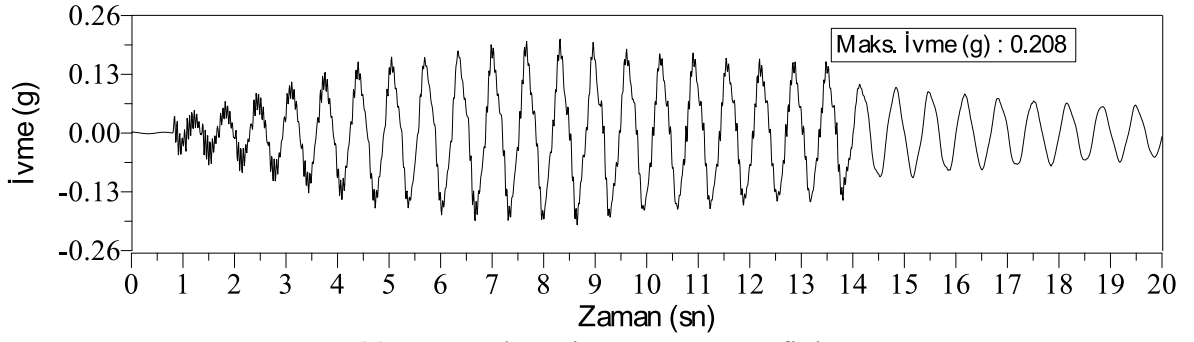


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

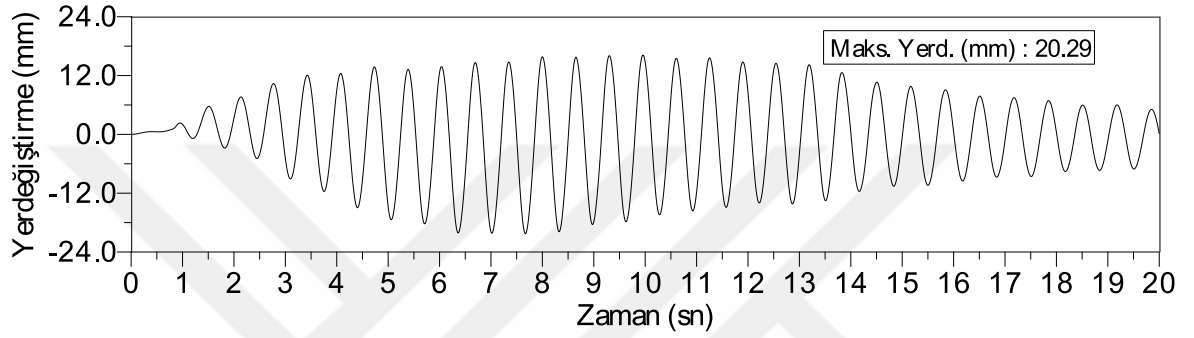


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.118. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.50Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

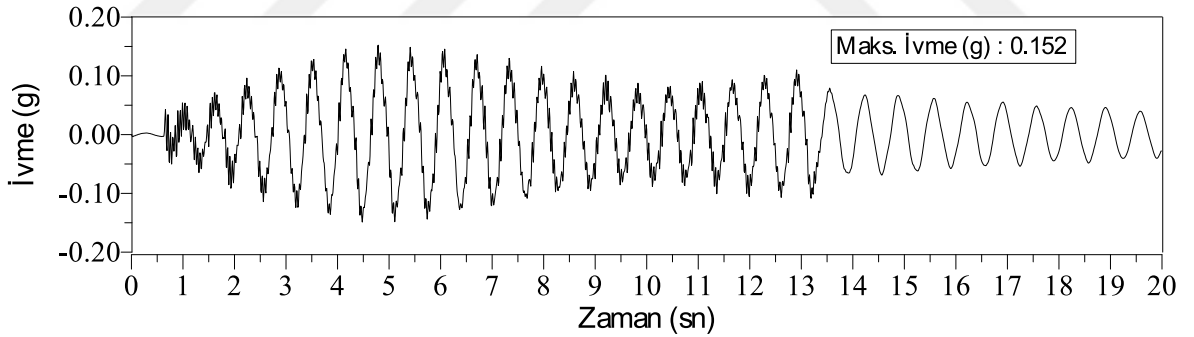


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

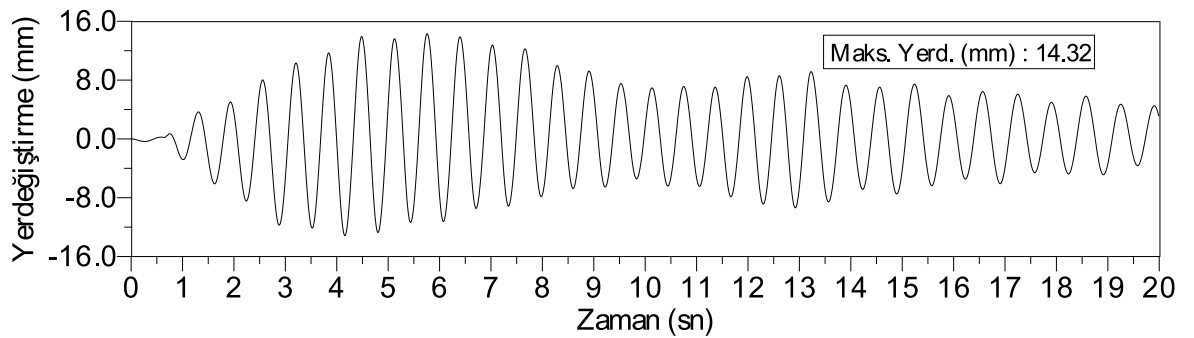


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.119. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.55Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

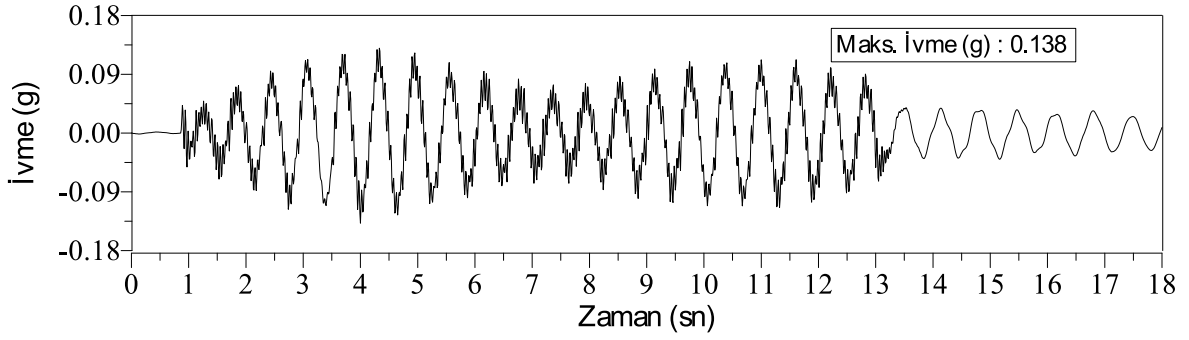


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

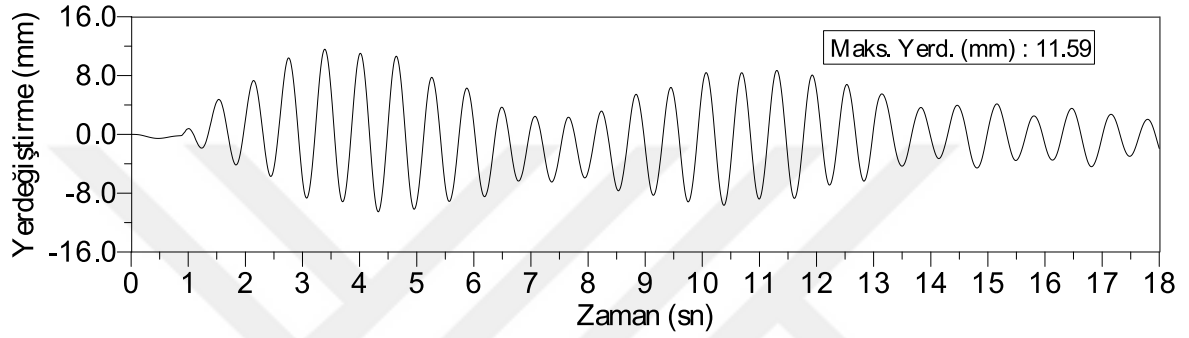


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.120. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.60Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

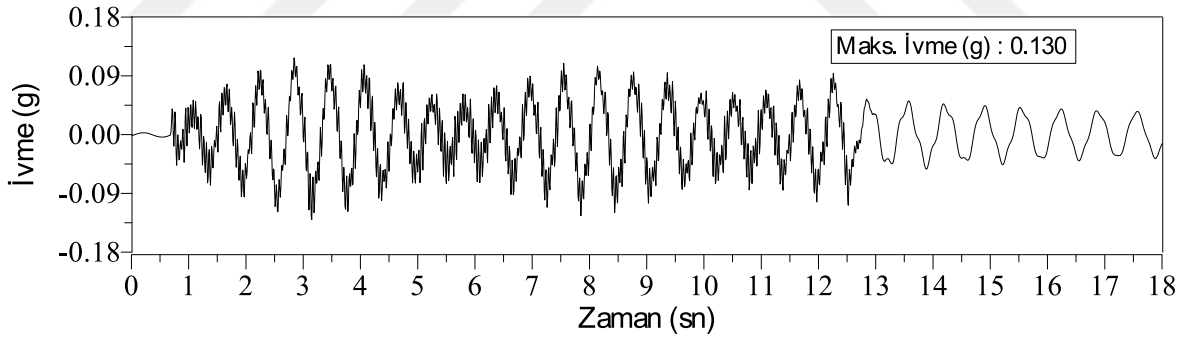


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

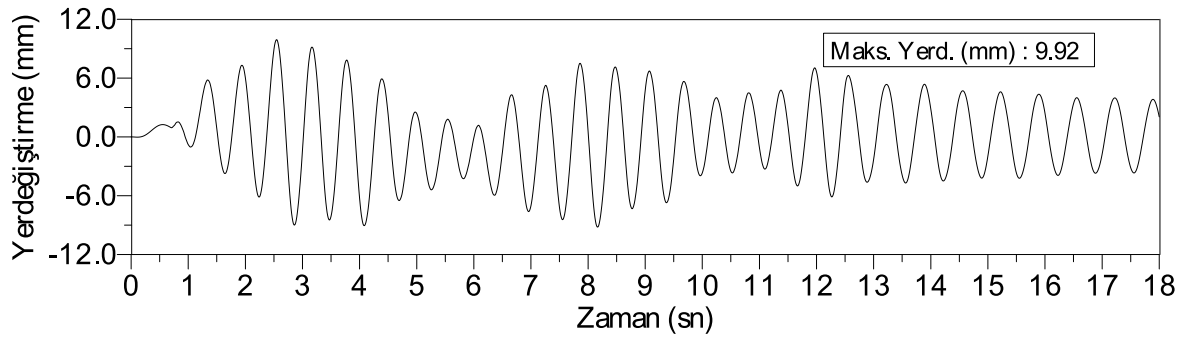


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.121. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.65Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

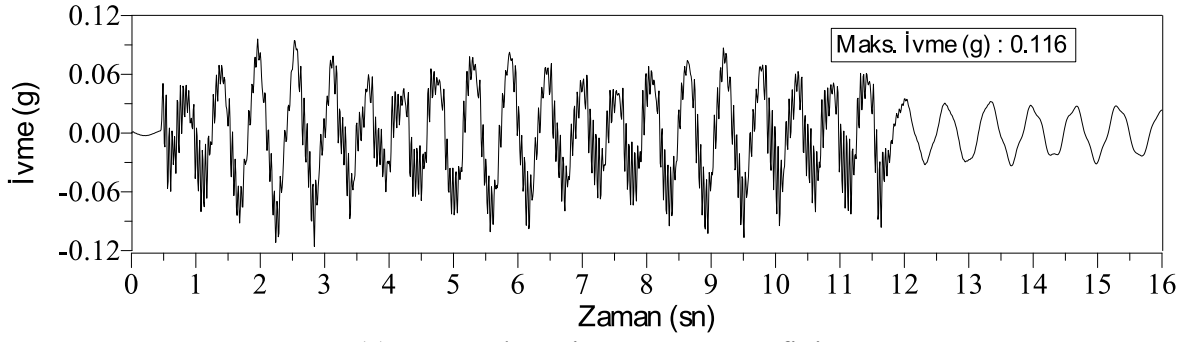


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

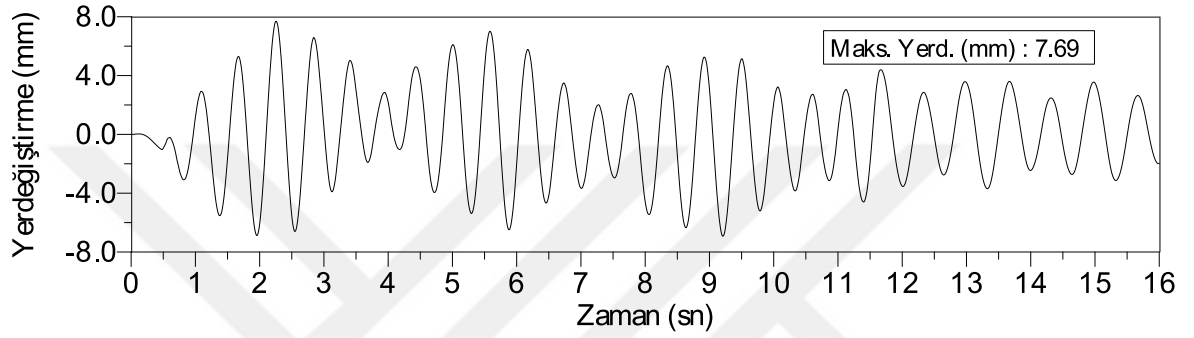


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.122. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.70Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

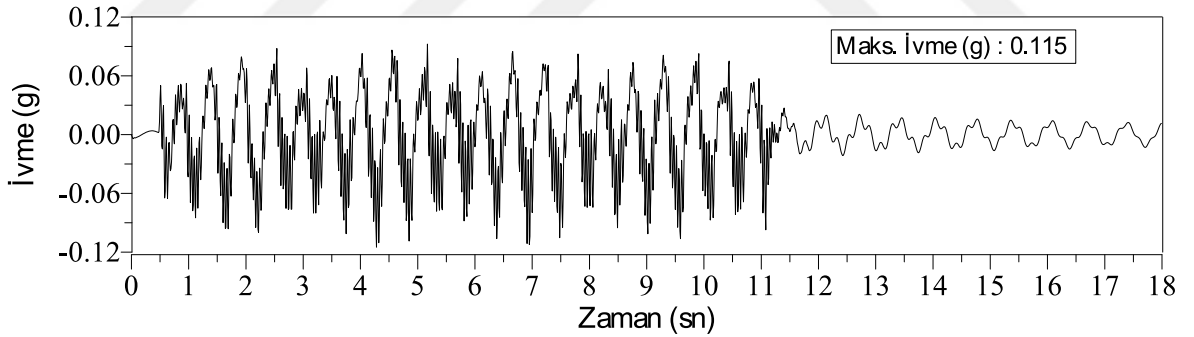


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

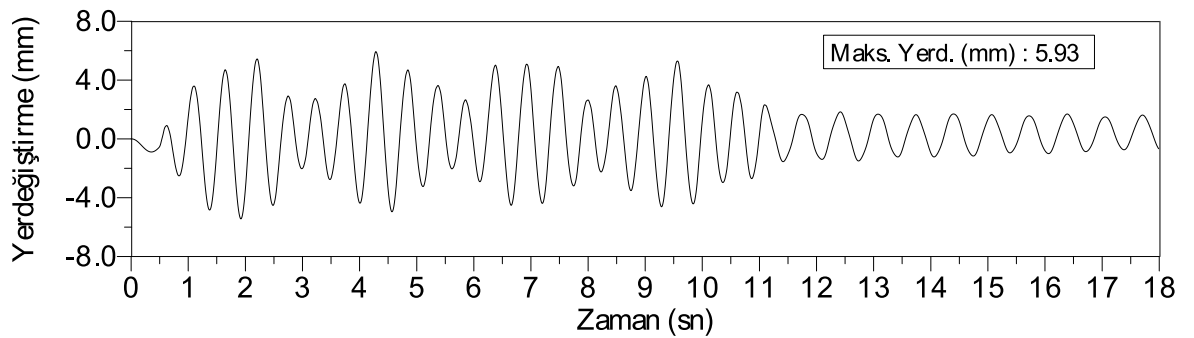


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.123. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.80Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

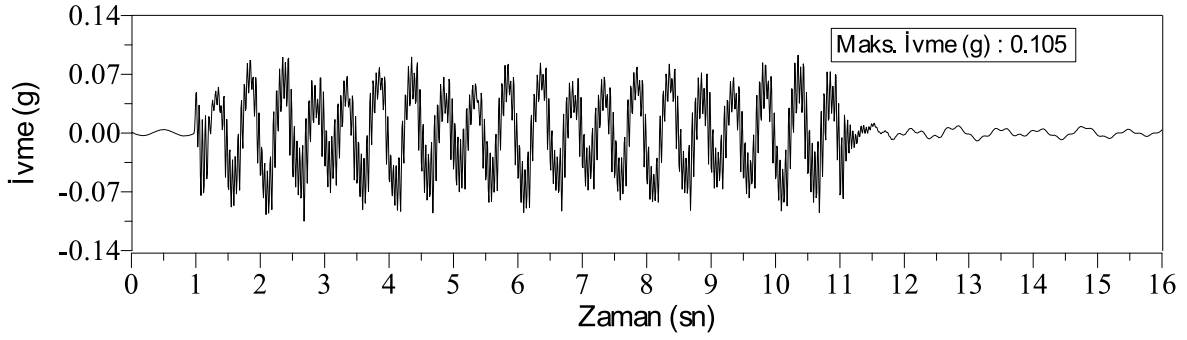


(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

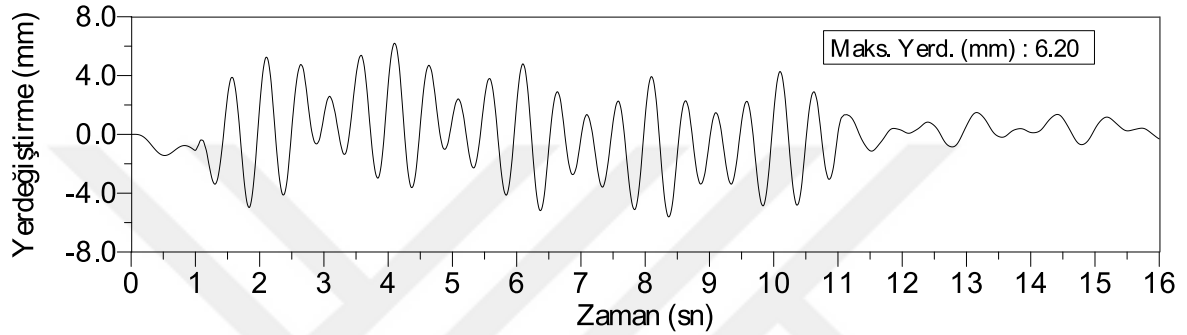


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 2.124. 0 derece açıyla 2mm genlikli 1.90Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri



(a) Tepe noktası ivme-zaman grafiği

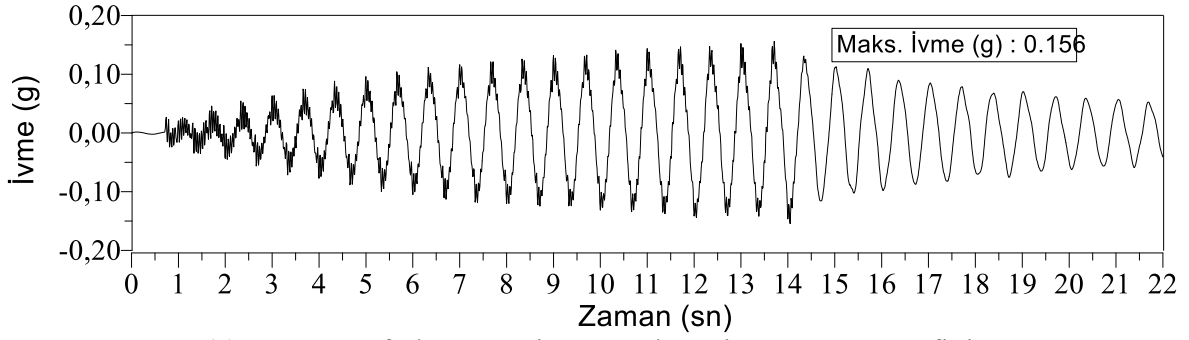


(b) Tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

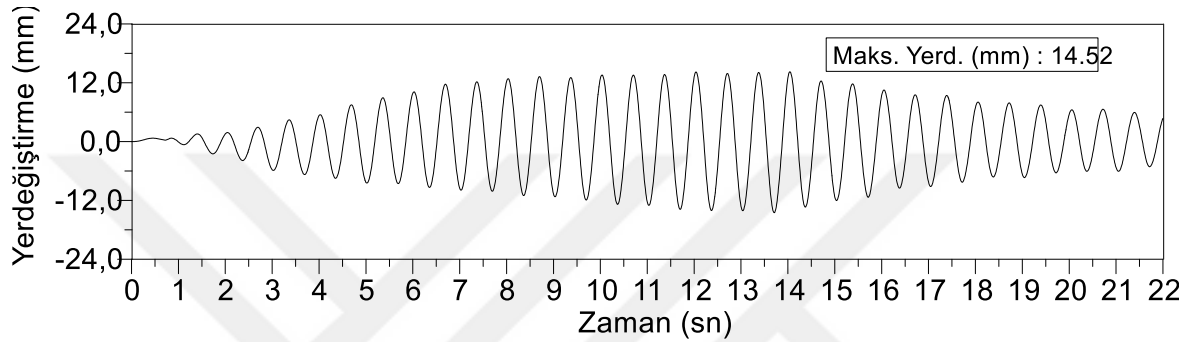
Şekil 2.125. 0 derece açıyla 2mm genlikli 2.00Hz frekansına sahip tepe noktası ivme-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri

Grafiklerden sönüm oranının elde edilebilmesi için, yerdeğiştirme grafiklerinden maksimum değerlerin okunması ve bu değerler ile maksimum genlik frekans oranı grafiğinin oluşturulması gerekmektedir. Sistem SAKSS ve kayma çerçevesi gibi kendi içerisinde iki ayrı dinamik harekete sahip sistemden oluştuğundan dolayı sönüm hesabı yarım güç bant genişliği metodu ile mümkün olmaktadır.

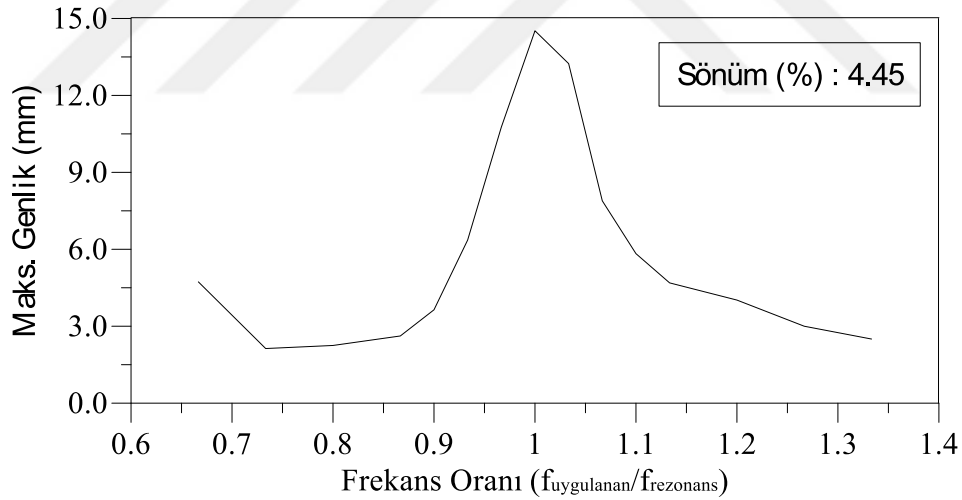
0° için 1 ve 2mm genliklerde verilen yukarıdaki grafiklerden rezonans frekansına ait ivme zaman, deplasman zaman ve maksimum genlik frekans oranları ile dinamik karakteristikleri içeren bir tablo sunulmaktadır. Bu işlem 15°, 30°, 45°, 60°, 75° ve 90° açıları içinde tekrarlanmıştır. Yapılan bu işlemler ile kayma çerçevesi, KÇAKSS ve KÇSAKSS sistemleri arasında dinamik açıdan performans ilişkisi kurmak mümkün olmaktadır. Şekil 2.126-2.139'te rezonans frekansında bahsedilen açılar için ivme ve yerdeğiştirme zaman grafikleri verilmiştir. Ayrıca, Tablo 2.57-2.70'te dinamik karakteristikler özet halinde sunulmaktadır.



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

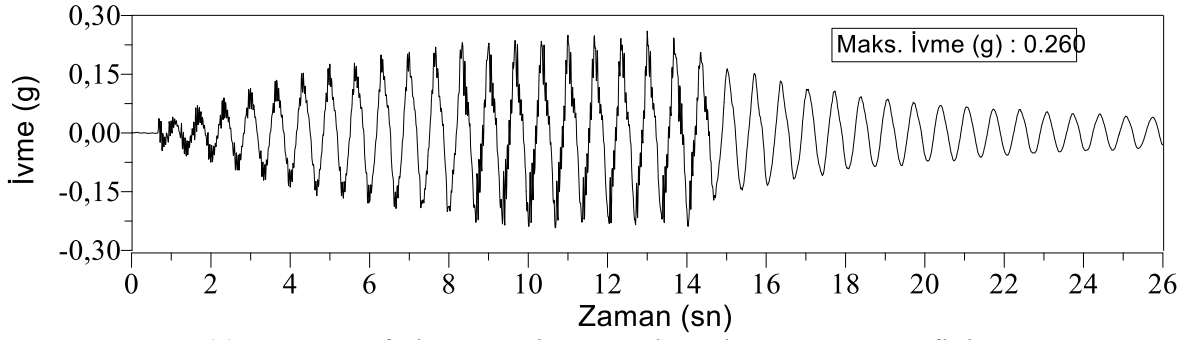


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

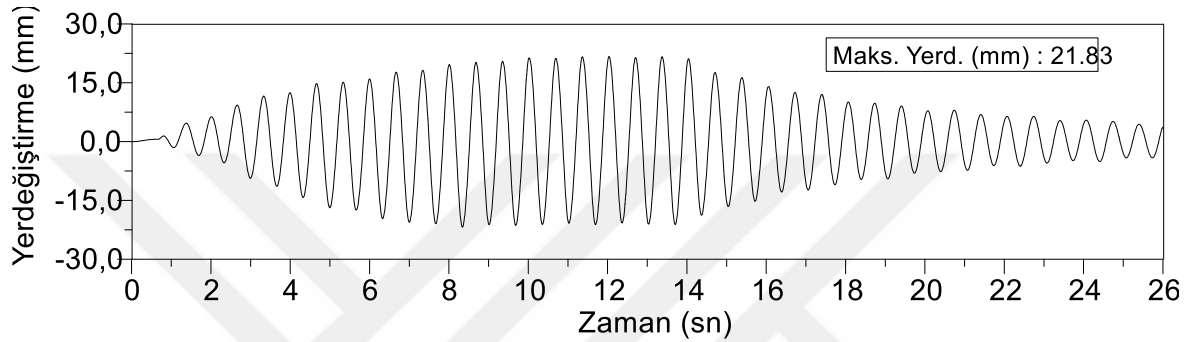
Şekil 2.126. 0 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.57. 0 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

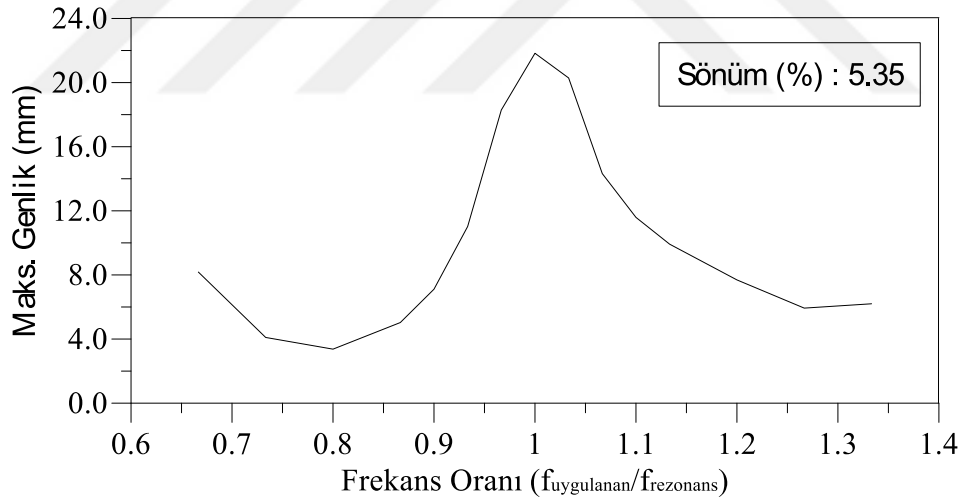
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	0	0.963	1.052	1	4.45	0.116	13.37	11.59	1.50



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

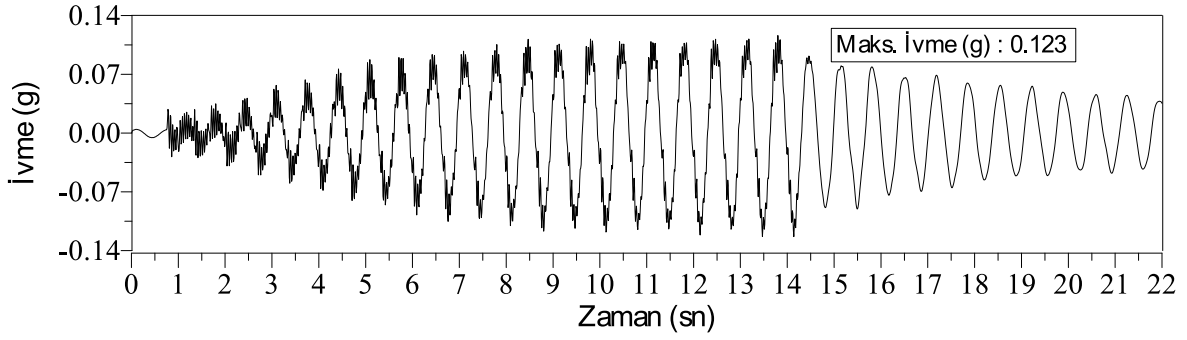


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

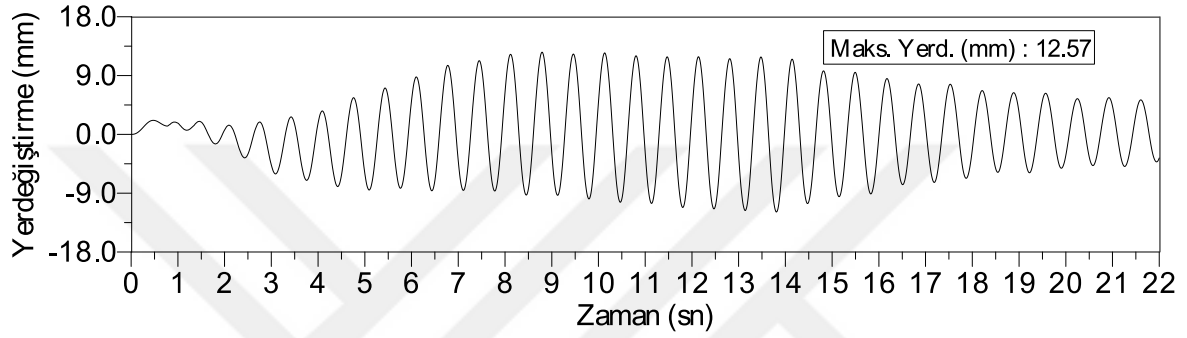
Şekil 2.127. 0 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.58. 0 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

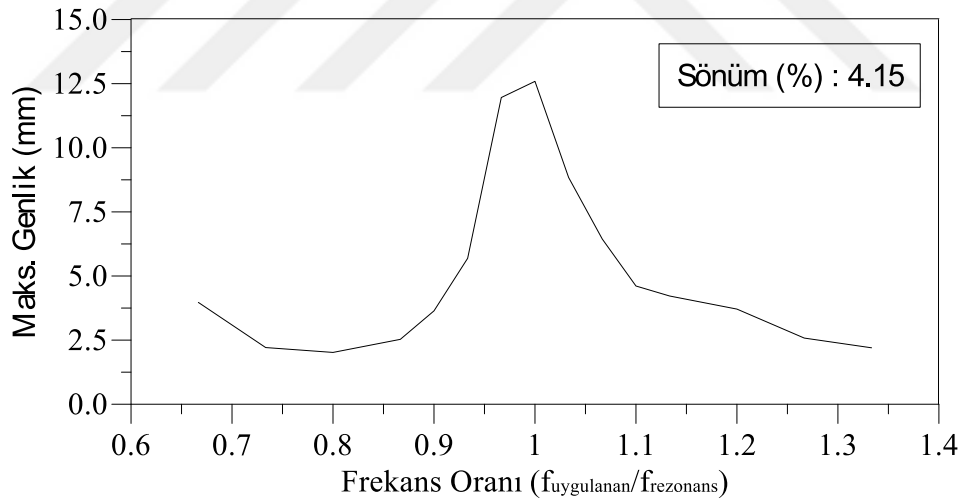
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	0	0.954	1.061	1	5.35	0.210	19.93	23.14	1.50



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

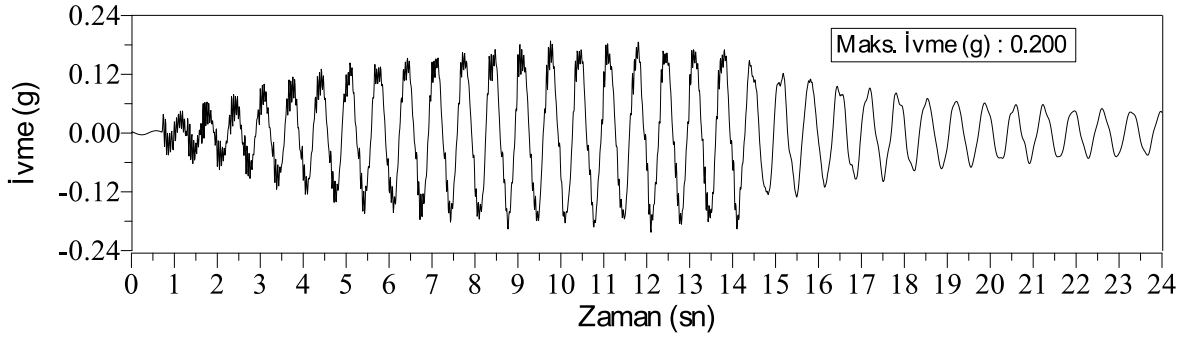


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

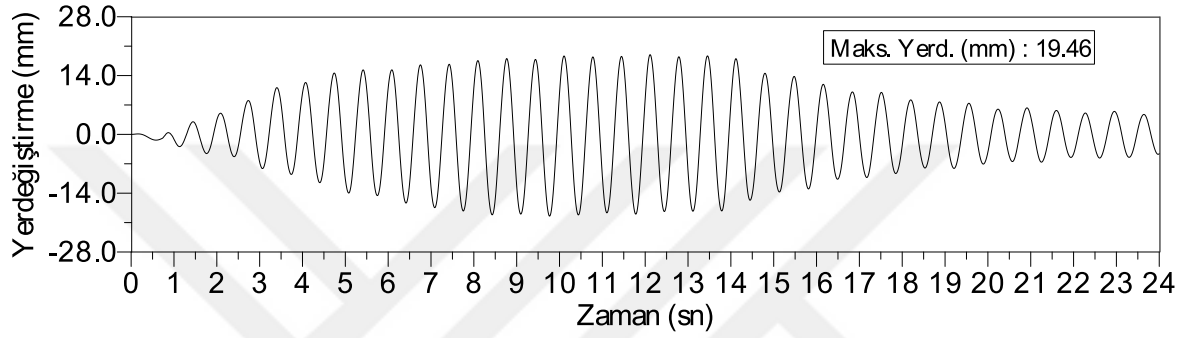
Şekil 2.128. 15 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.59. 15 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

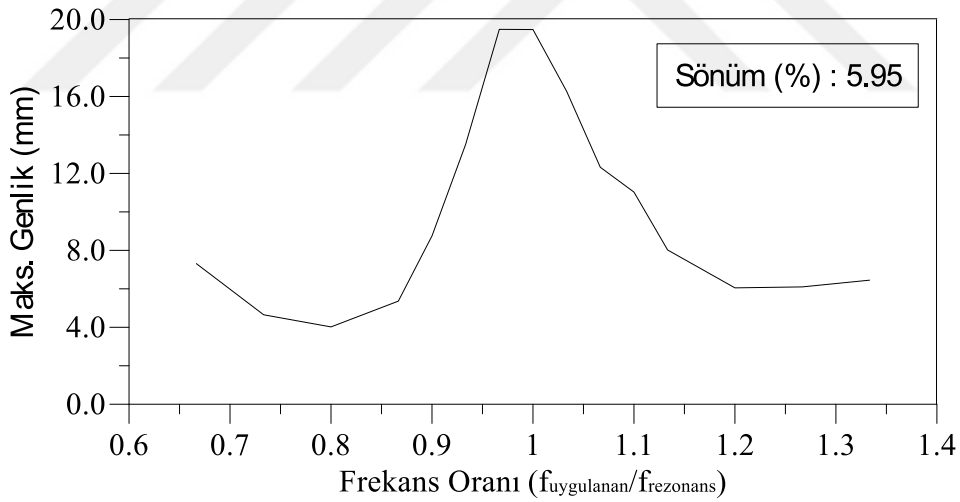
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	15	0.950	1.033	1	4.15	0.123	11.56	12.57	1.50



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

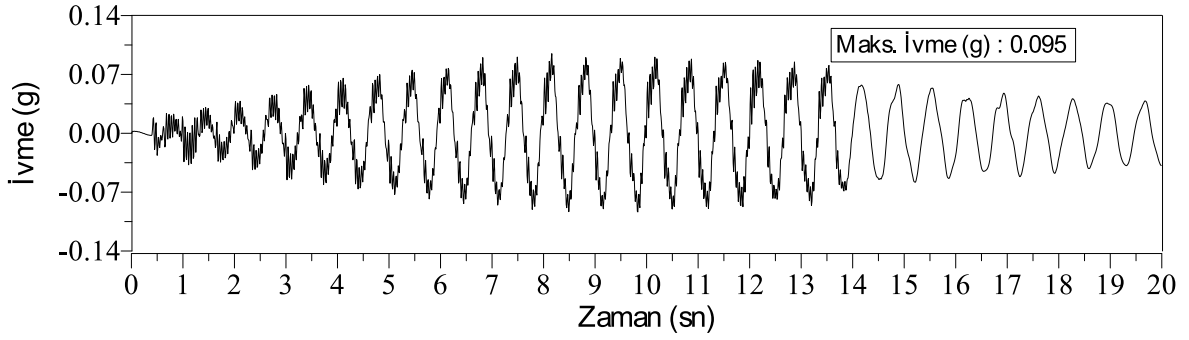


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

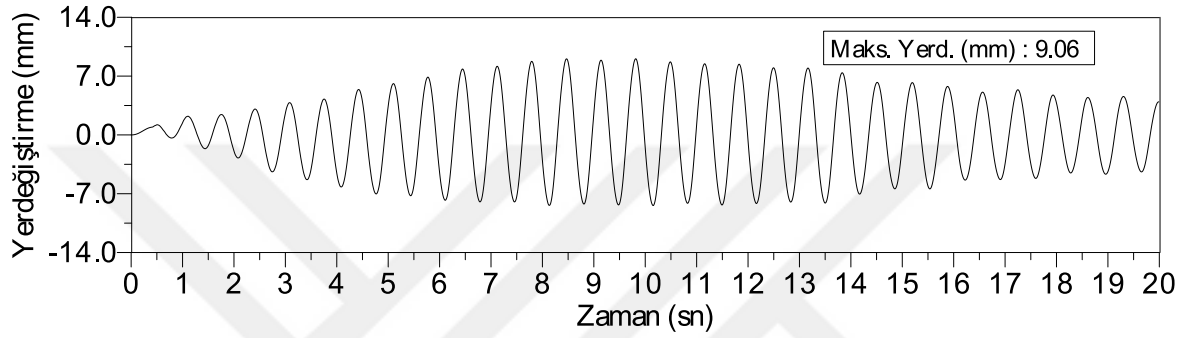
Şekil 2.129. 15 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.60. 15 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

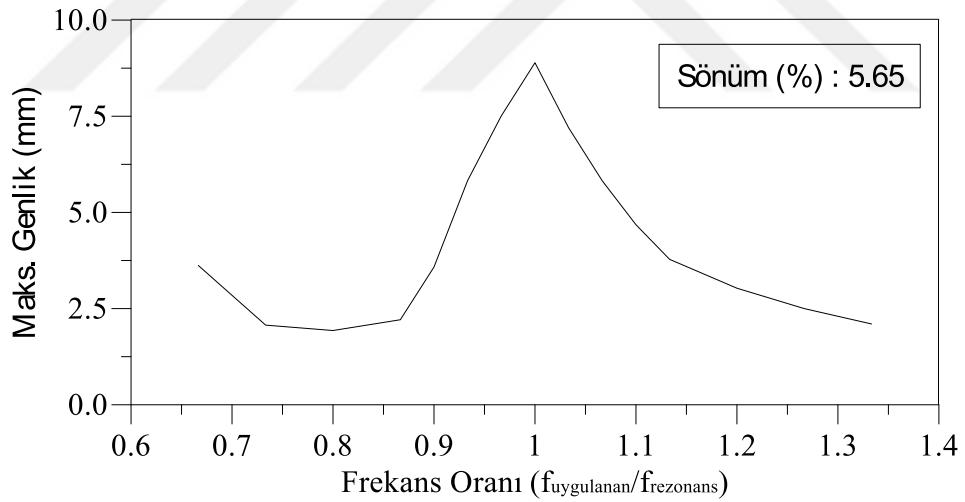
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	15	0.935	1.054	1	5.95	0.200	18.32	19.46	1.50



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

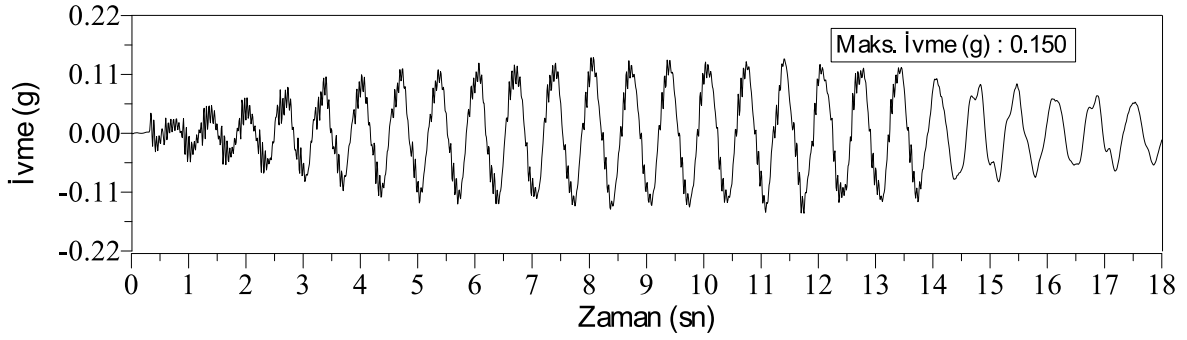


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

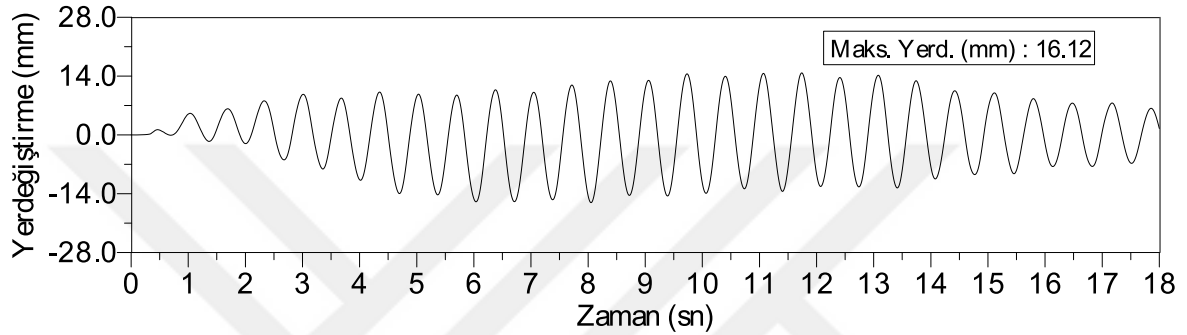
Şekil 2.130. 30 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.61. 30 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

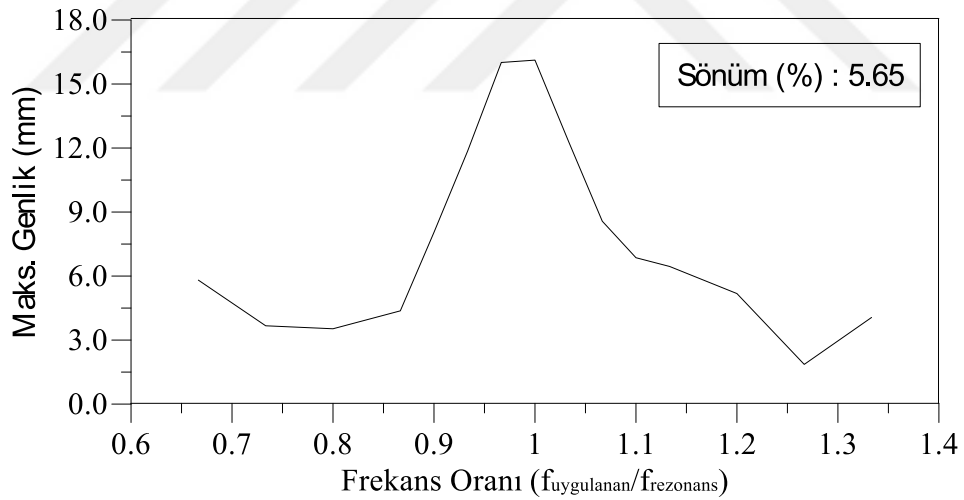
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	30	0.942	1.055	1	5.65	0.095	8.10	9.06	1.50



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

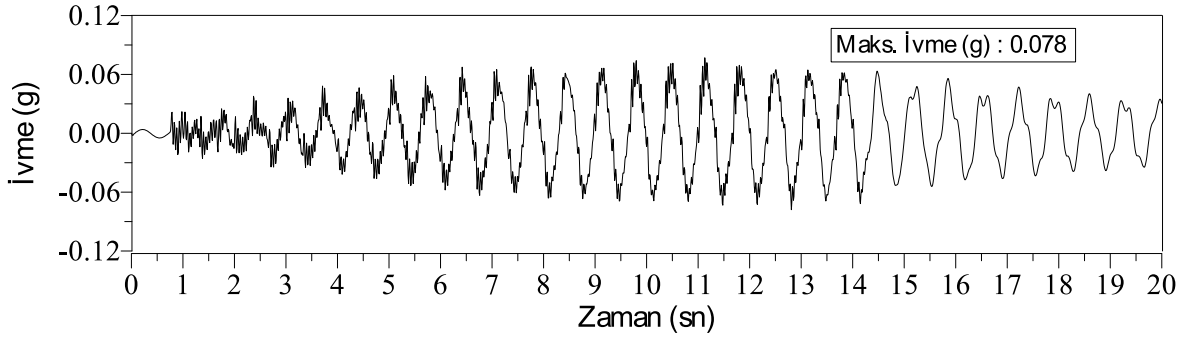


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

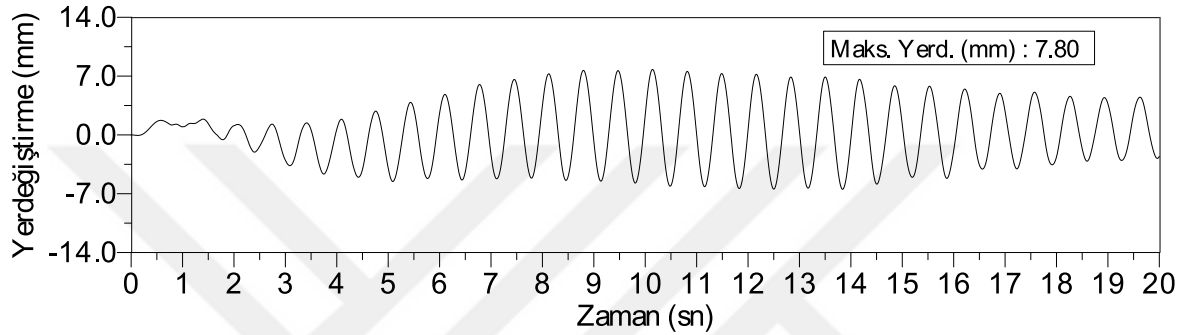
Şekil 2.131. 30 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.62. 30 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

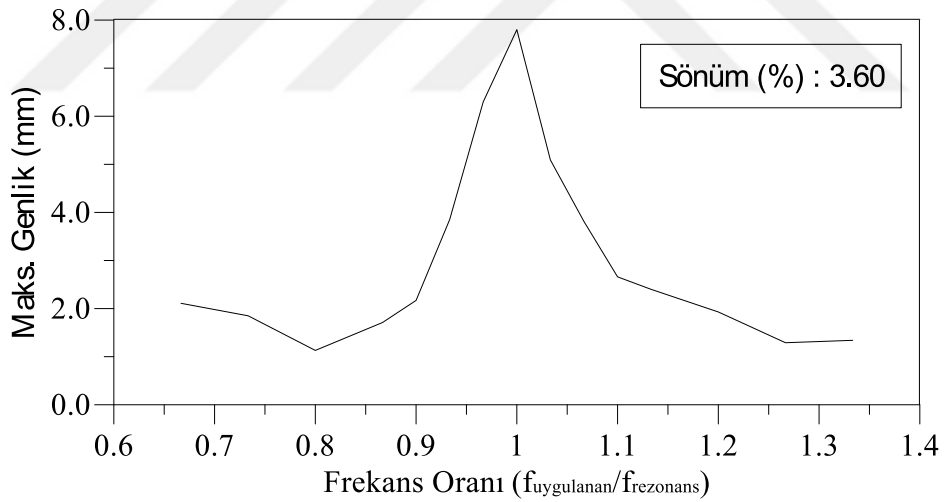
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	30	0.929	1.042	1	5.65	0.150	13.42	16.12	1.50



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

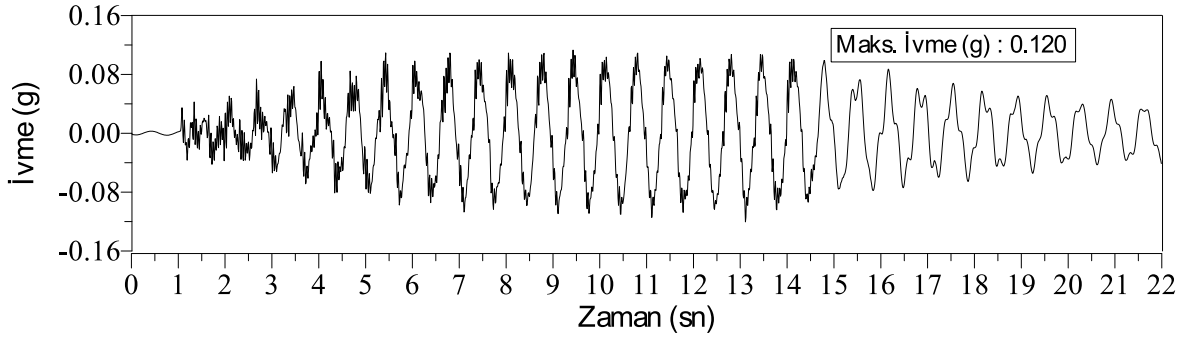


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

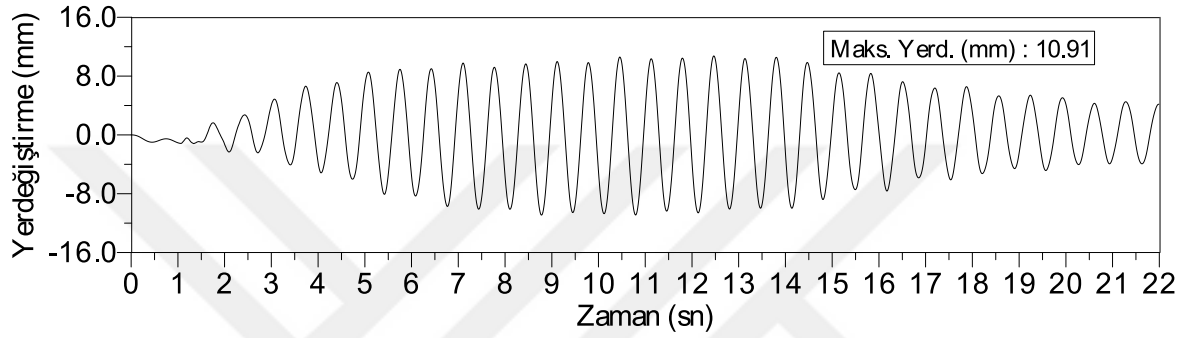
Şekil 2.132. 45 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.63. 45 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

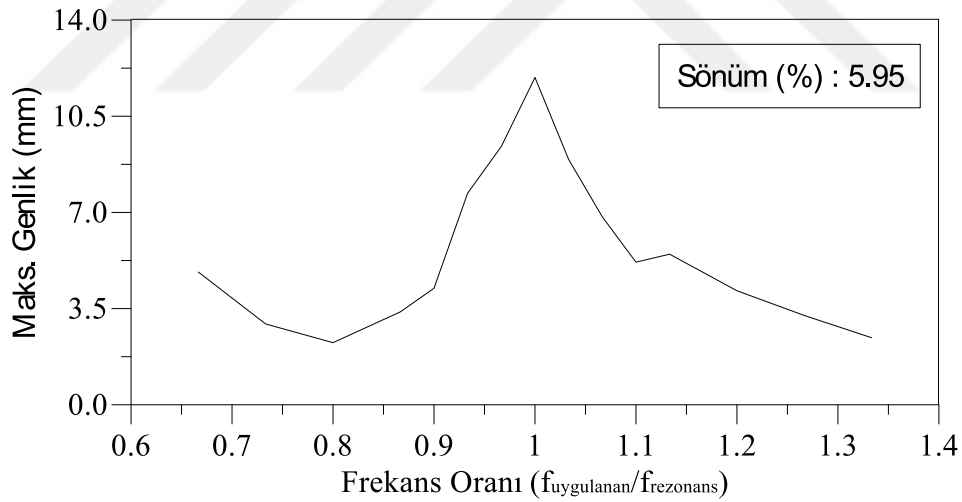
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	45	0.956	1.028	1	3.60	0.078	6.38	7.80	1.50



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

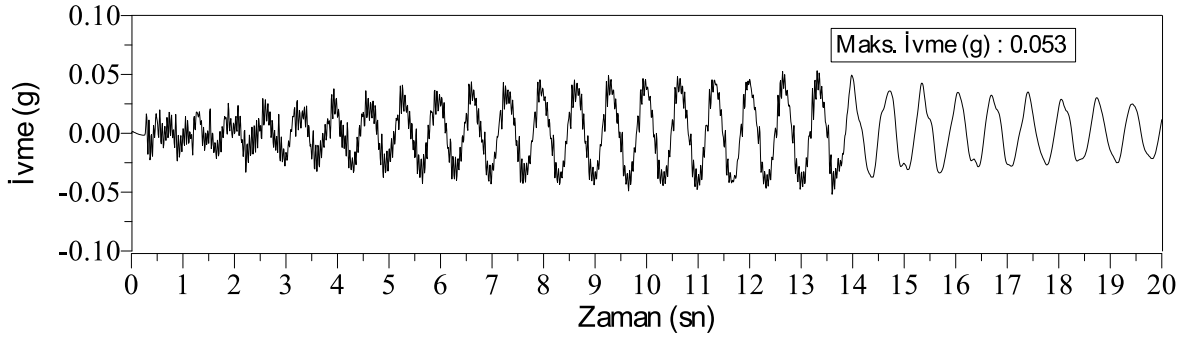


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

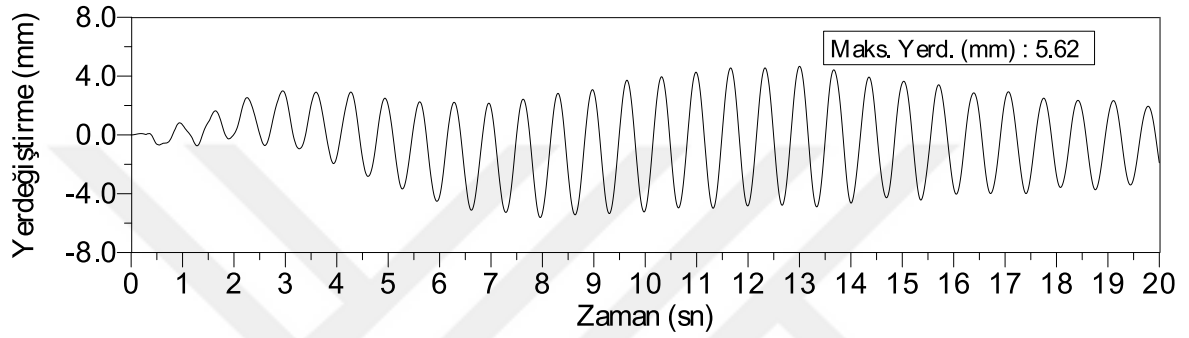
Şekil 2.133. 45 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.64. 45 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

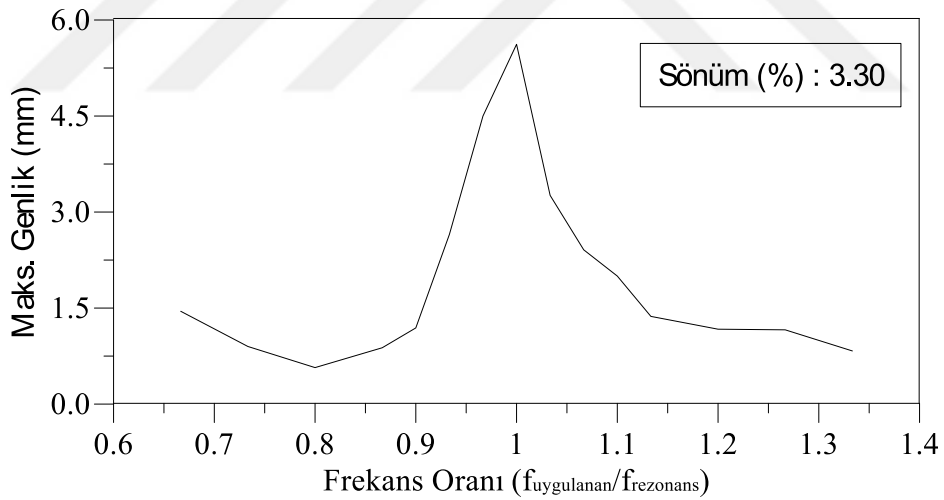
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	45	0.934	1.053	1	5.95	0.120	10.14	10.91	1.50



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

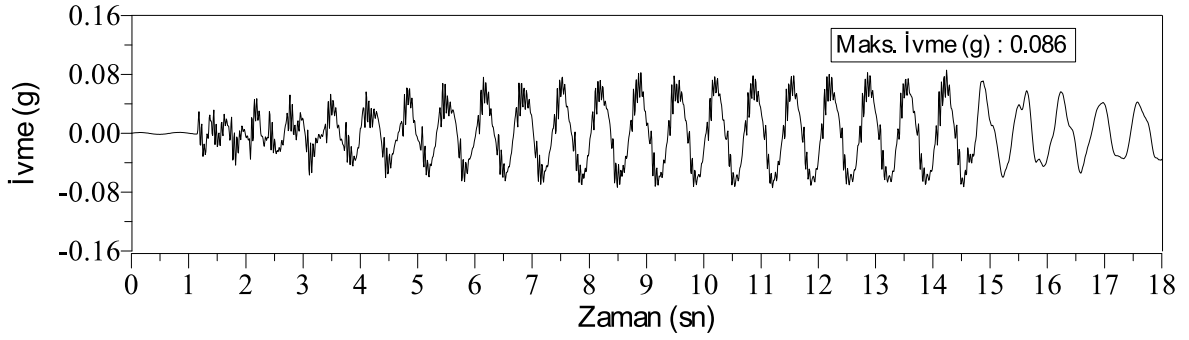


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

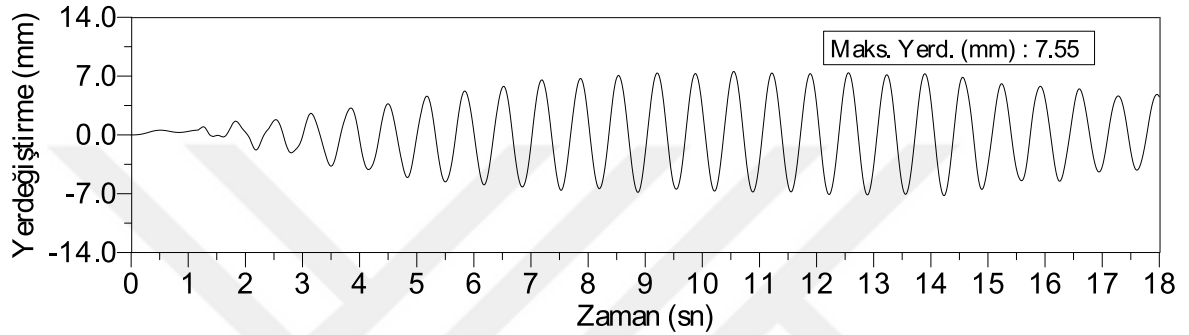
Şekil 2.134. 60 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.65. 60 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

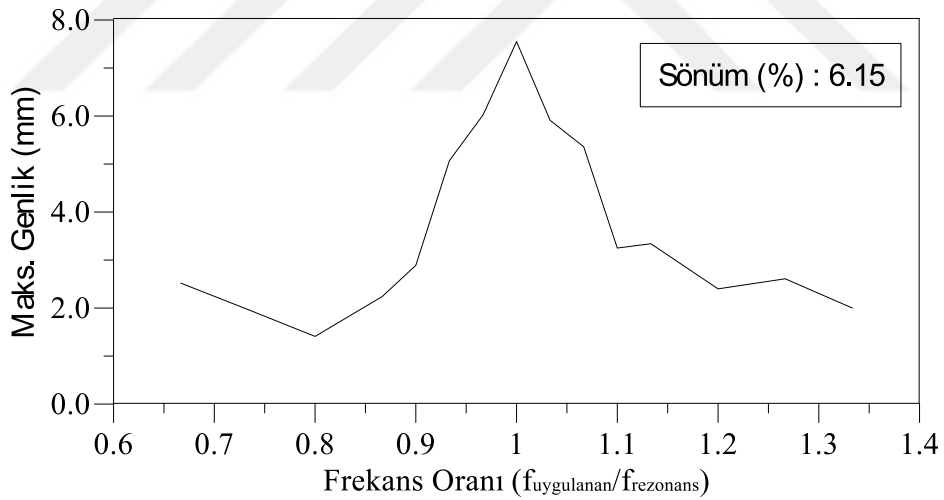
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	60	0.957	1.023	1	3.30	0.053	4.47	5.62	1.50



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

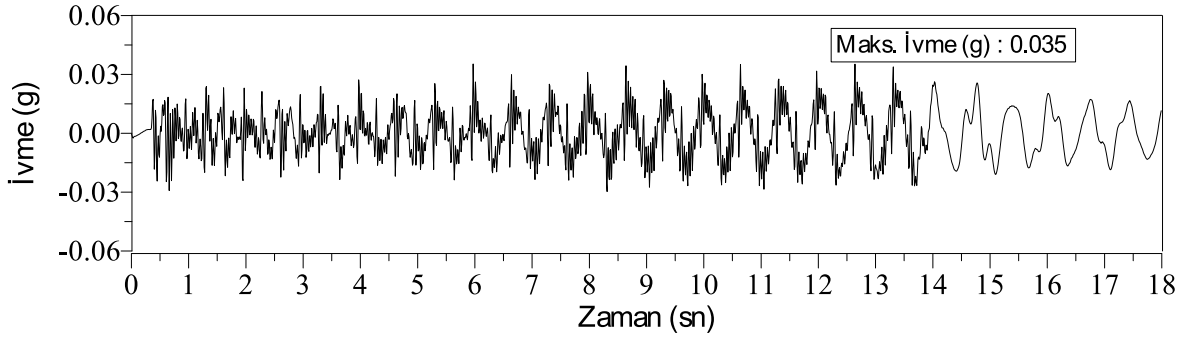


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

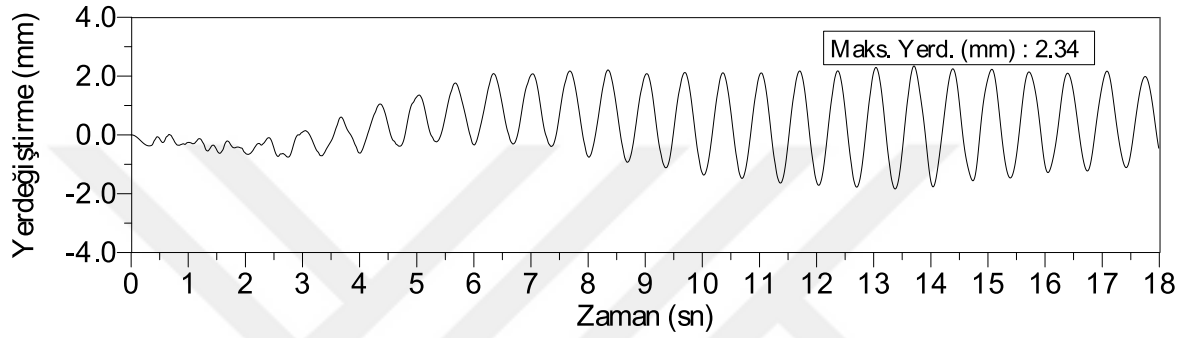
Şekil 2.135. 60 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.66. 60 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

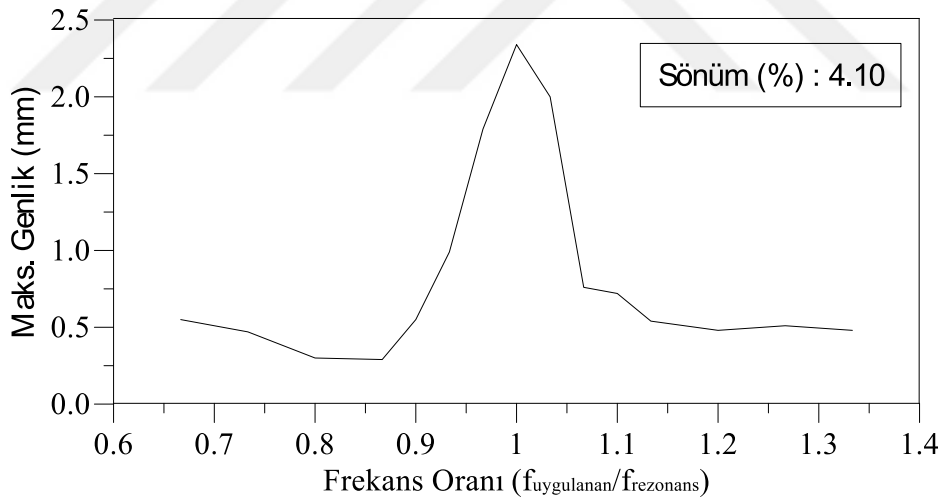
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	60	0.943	1.066	1	6.15	0.086	6.88	7.55	1.50



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

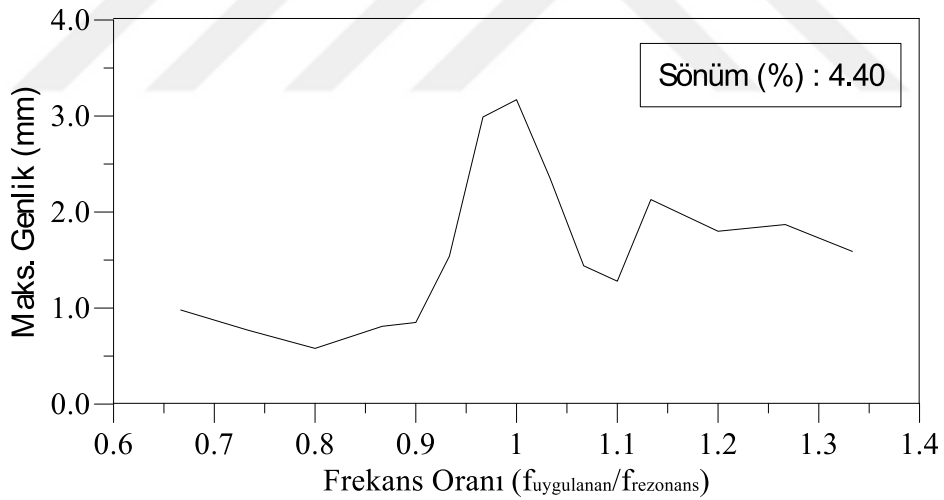
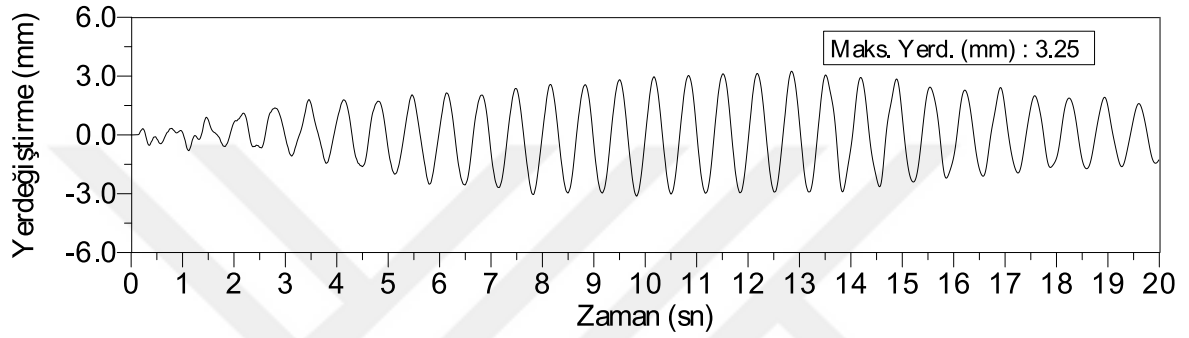
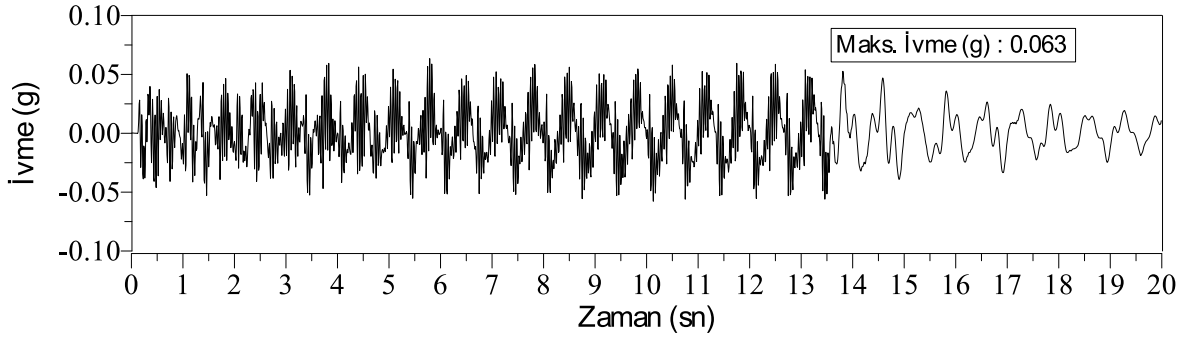


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

Şekil 2.136. 75 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.67. 75 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

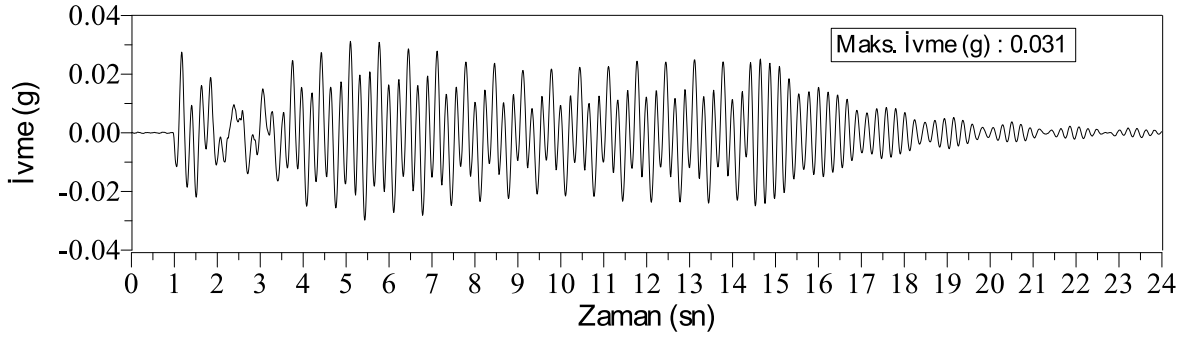
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	75	0.961	1.043	1	4.10	0.035	2.06	2.34	1.50



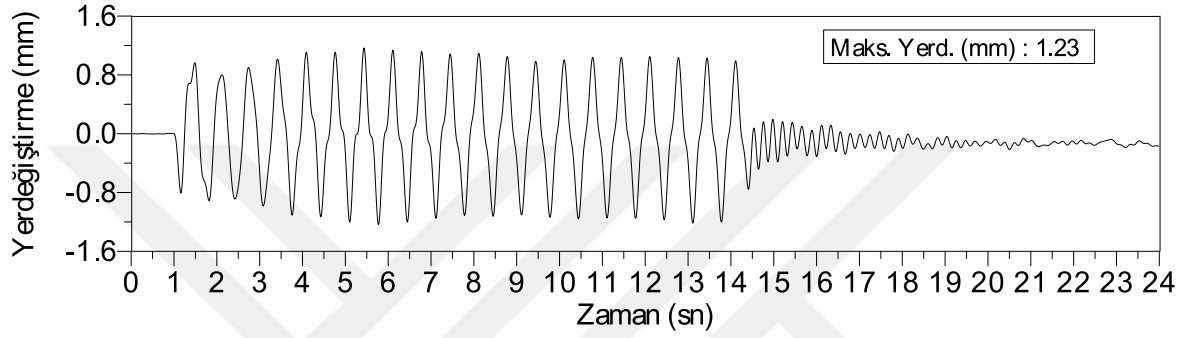
Şekil 2.137. 75 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.68. 75 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

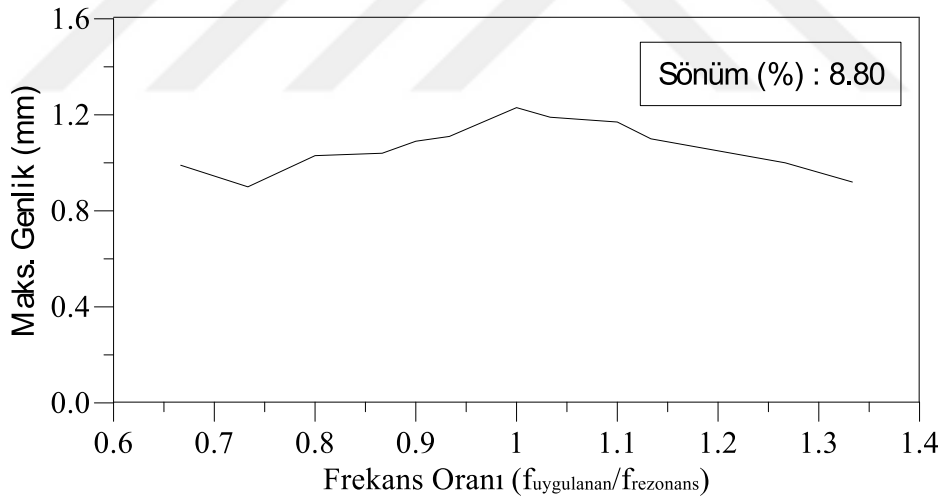
Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	75	0.950	1.038	1	4.40	0.063	3.39	3.25	1.50



(a) Rezonans frekansına ait tepe noktası ivme-zaman grafiği



(b) Rezonans frekansına ait tepe noktası yerdeğiştirme-zaman grafiği

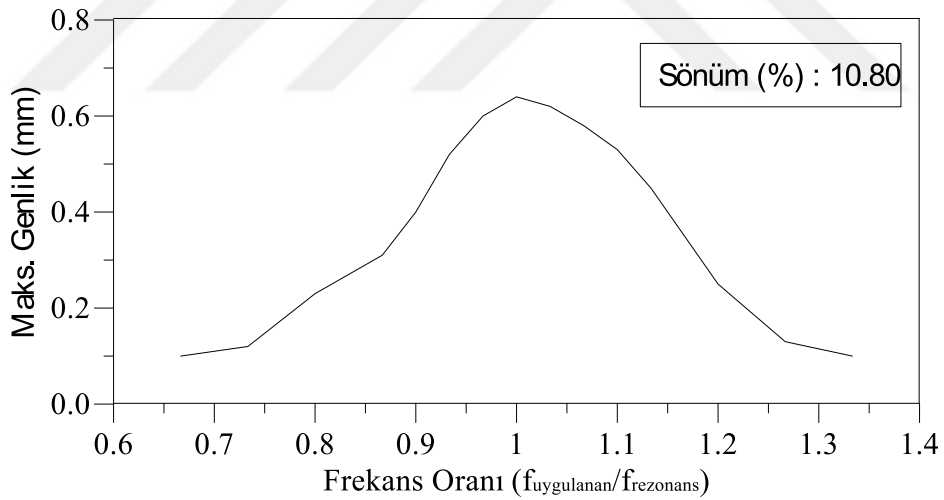
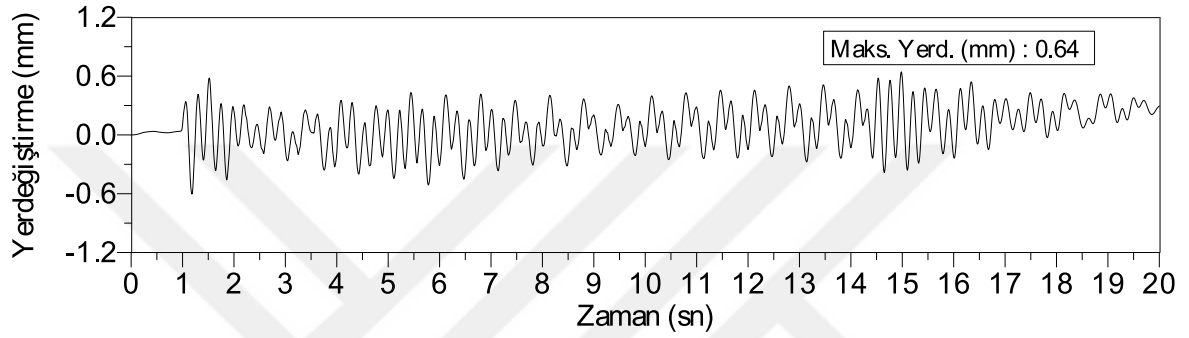
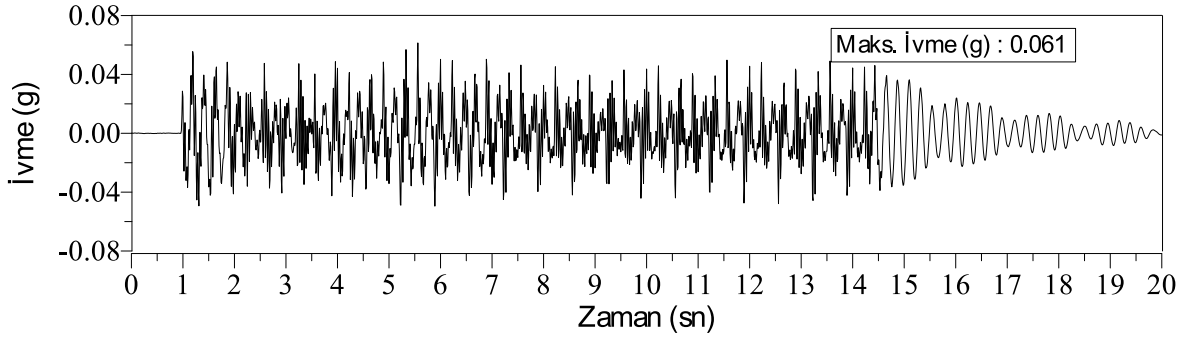


(c) Maksimum genlik-frekans oranı

Şekil 2.138. 90 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.69. 90 derece açıyla 1mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
1	90	0.943	1.119	1	8.80	0.031	1.37	1.23	1.50



Şekil 2.139. 90 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait ivme-zaman, yerdeğiştirme-zaman ve maksimum genlik-frekans oranı grafikleri

Tablo 2.70. 90 derece açıyla 2mm genlikli rezonans frekansına ait dinamik karakteristikler

Genlik (mm)	Açı (°)	Sönüm				Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Hakim Frek. (Hz)
		ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_R (Hz)	ξ (%)				
2	90	0.915	1.131	1	10.8	0.061	1.36	0.64	1.50

Tablo 2.71’de KÇSAKSS’den elde edilen tüm sonuçlar özet olarak sunulmaktadır. Ayrıca kayma çerçevesi, KÇAKSS ve KÇSAKSS sistemleri arasında performans karşılaştırılması amacıyla Tablo 2.72 sunulmakta olup, tablodaki değerler Şekil 2.140’ta grafik halinde verilmiştir. Sonuçlar maddeler halinde aşağıda verilmektedir:

- Kayma çerçevesinin rezonans frekansı 2.61Hz iken, sistemin tepesine monte edilen SAKSS sistemi genel sistemin kütlelerini artırarak rezonans frekansını 1.50Hz’ye düşürmüştür. AKSS sisteminin rezonans frekansının 1.55Hz ve SAKSS sisteminin rezonans frekansının 1.50Hz olması bu iki sistemin kütleleri arasında fazla bir fark olmadığını göstermektedir.

- KÇAKSS sisteminin sönüm oranı %2.67-%6.34 arasında stabil olmayan değerlerden oluşurken, KÇSAKSS sisteminin sönüm oranının daha stabil ve %3.30-%6.15 arasındaki değerlerden oluştuğu görülmektedir. 90° açıda yerdeğıştirmelerin çok küçük olması nedeniyle sönüm oranının hesaplanması diğer açılara göre zorlaşmakta ve bu durum sönüm oranlarında beklenilmeyen değerlere neden olmaktadır. Bu nedenle 90°’de yapılan sönüm oranı hesabı ihmal edilmiştir.

- İvme hız ve yerdeğıştirmeler grafiklerden görüleceği üzere KÇSAKSS sistemi, kayma çerçevesi ve KÇAKSS sistemine göre daha küçük değerlere sahip olmaktadır. Özellikle 60°’den sonraki açılarda ivme, hız ve yerdeğıştirmeler KÇAKSS ile yakın değerlere sahiptir. Bazı titreşim değerlerinde sistemdeki su kararsız hale gelebilmekte olup bu durum sonuçlara olumsuz yansımaktadır. Örneğin, 90°’de KÇSAKSS’ye ait değer Şekil 2.140.b incelendiğinde normal olmayan bir değere sahip olduğu görülmektedir.

- SAKSS sisteminde sıvının temas yüzeylerinin silindirik olması olası sürtünme kayıplarını azaltmaktadır. Fakat, büyük silindirik küçük silindire ahşap destekler ile tutturulması sürtünme kayıplarını artırmaktadır.

- Kayma çerçevesinin burulmaya maruz kaldığı durumlar SAKSS sistemi içerisindeki suyun hareketinin dairesel olmasına neden olmaktadır. Bu dairesel hareket suda türbülans etkisi oluşturabilmektedir.

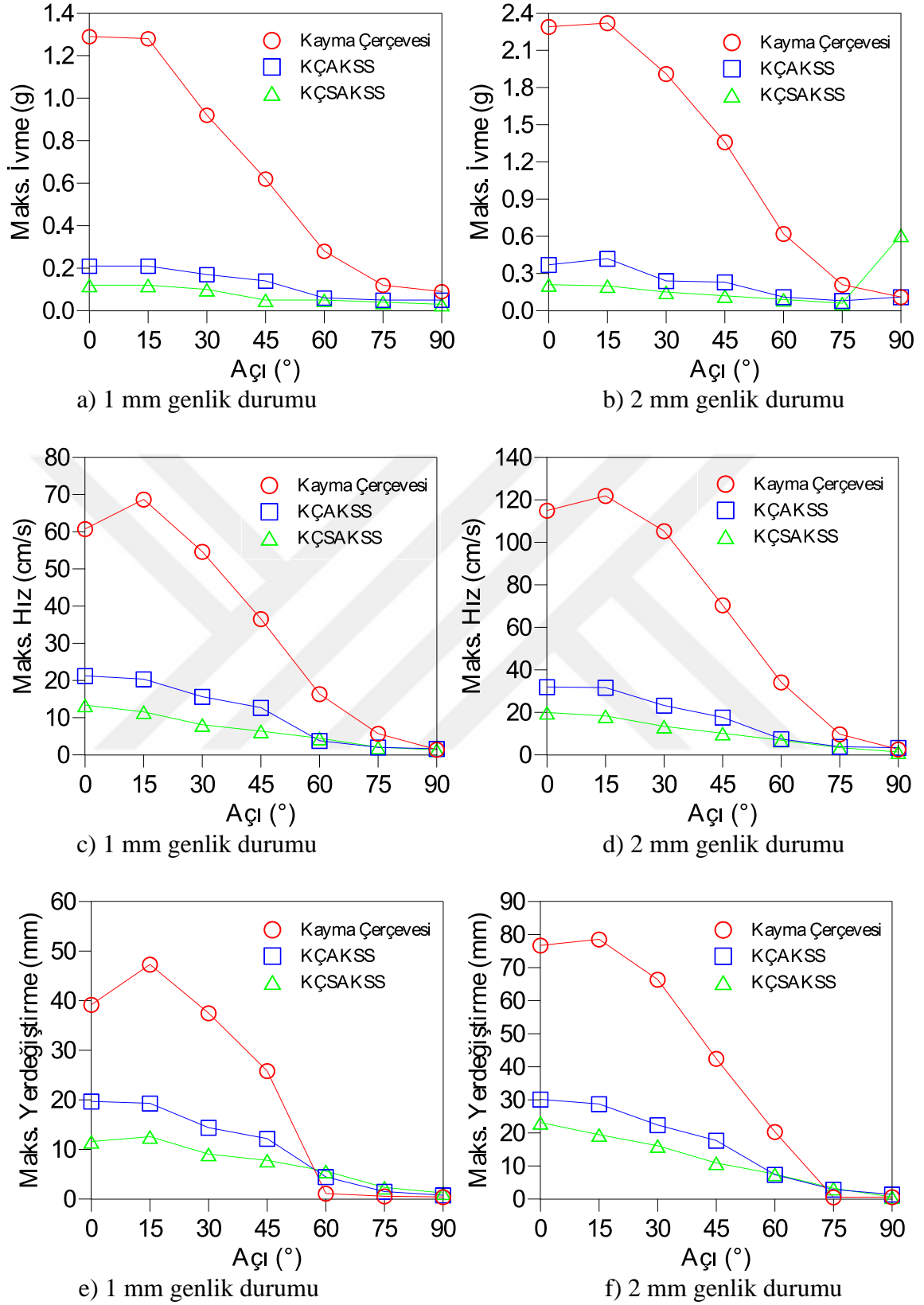
- Camdan oluşan küçük silindirin suyun kaldırma kuvveti nedeniyle yüke maruz kalmaktadır. Sistemin suyun salınımını engellemeyecek şekilde büyük silindire daha fazla mesnetlenmesi sistemdeki olası bozulmaları engelleyecektir.

Tablo 2.71. KÇSAKSS sisteminin dinamik karakteristiklerin açığa bağlı değişimi

Genlik								
Açı (°)	1 mm				2 mm			
	Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Sönüm (%)	Maks. İvme (g)	Maks. Hız (cm/s)	Maks. Yerd. (mm)	Sönüm (%)
0	0.116	13.37	11.59	4.45	0.210	19.93	23.14	5.35
15	0.123	11.56	12.57	4.15	0.200	18.32	19.46	5.95
30	0.095	8.10	9.06	5.65	0.150	13.42	16.12	5.65
45	0.078	6.38	7.80	3.60	0.120	10.14	10.91	5.95
60	0.053	4.47	5.62	3.30	0.086	6.88	7.55	6.15
75	0.035	2.06	2.34	4.10	0.063	3.39	3.25	4.40
90	0.031	1.37	1.23	8.80	0.61	1.36	0.64	10.80

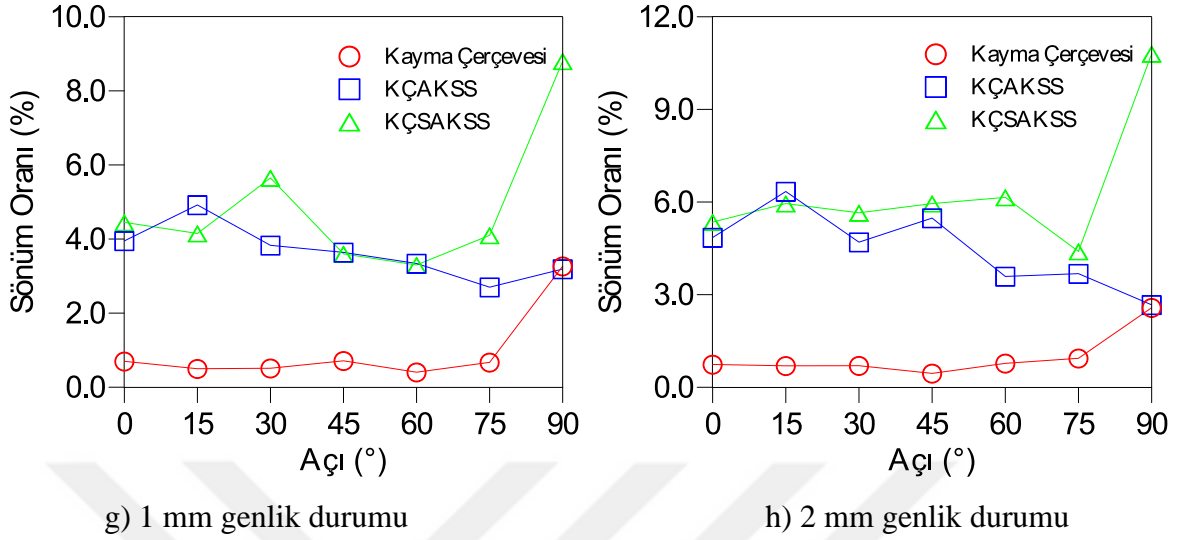
Tablo 2.72. Kayma çerçevesi, KÇAKSS ve KÇSAKSS sisteminin dinamik karakteristiklerin açıyla birlikte karşılaştırılması

Açı		0	15	30	45	60	75	90		
GENLİK	1 mm	Maks. İvme (g)	K.Ç	1,29	1,28	0,92	0,62	0,28	0,12	0,09
			KÇAKSS	0,21	0,21	0,17	0,14	0,06	0,05	0,05
			KÇSAKSS	0,12	0,12	0,10	0,08	0,05	0,04	0,03
		Maks. Hız (cm/s)	K.Ç	60,74	68,69	54,63	36,54	16,36	5,71	1,42
			KÇAKSS	21,25	20,36	15,64	12,69	3,80	2,02	1,63
			KÇSAKSS	13,37	11,56	8,10	6,38	4,47	2,06	1,37
		Maks. Yerdeğ. (mm)	K.Ç	39,19	47,30	37,49	25,83	1,11	0,56	0,42
			KÇAKSS	19,69	19,30	14,40	12,18	4,46	1,50	0,77
			KÇSAKSS	11,59	12,57	9,06	7,80	5,62	2,34	1,23
	Sönüm (%)	K.Ç	0,70	0,50	0,51	0,71	0,41	0,67	3,27	
		KÇAKSS	3,95	4,92	3,83	3,64	3,34	2,70	3,19	
		KÇSAKSS	4,45	4,15	5,65	3,60	3,30	4,10	8,80	
	2 mm	Maks. İvme (g)	K.Ç	2,29	2,32	1,91	1,36	0,62	0,21	0,11
			KÇAKSS	0,37	0,42	0,24	0,23	0,11	0,08	0,11
			KÇSAKSS	0,21	0,20	0,15	0,12	0,09	0,06	0,61
		Maks. Hız (cm/s)	K.Ç	114,96	121,88	105,31	70,44	34,16	9,73	2,61
			KÇAKSS	31,95	31,65	23,23	17,64	7,46	3,84	3,37
			KÇSAKSS	19,93	18,32	13,42	10,14	6,88	3,39	1,36
		Maks. Yerdeğ. (mm)	K.Ç	76,72	78,56	66,39	42,46	20,33	0,55	0,60
			KÇAKSS	30,15	28,75	22,39	17,70	7,37	2,89	1,40
			KÇSAKSS	23,14	19,46	16,12	10,91	7,55	3,25	0,64
	Sönüm (%)	K.Ç	0,74	0,70	0,70	0,45	0,78	0,94	2,58	
		KÇAKSS	4,85	6,34	4,70	5,48	3,59	3,68	2,67	
		KÇSAKSS	5,35	5,95	5,65	5,95	6,15	4,40	10,80	



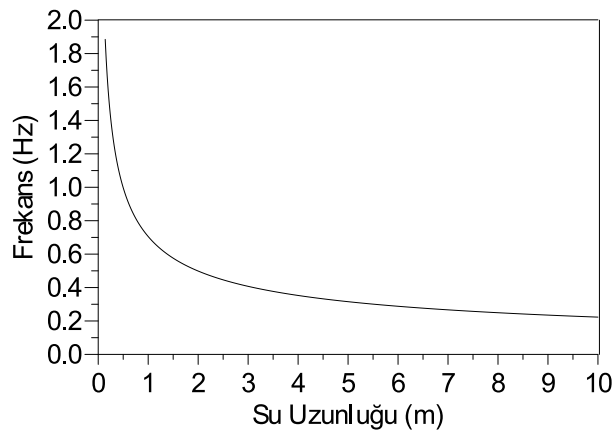
Şekil 2.140. Kayma çerçevesi ile KÇSAKSS sisteminin maksimum ivme, hız ve yerdeğiştirme ile sönümlerinin açığa bağlı karşılaştırılması

Şekil 2.140'ın devamı



2.8. AKSS Sisteminin Teorik Frekans Formülünün Değerlendirilmesi

AKSS sisteminin frekansı eşitlik 1.3'te verilen formül ile hesaplanmaktadır. Formüldeki su uzunluğunun (L_c) tek değişken olması bu sistemin yapılara uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır. Ayrıca su uzunluğunun 5m'den küçük olduğu sistemler atalet kuvveti bakımından yetersiz kalmaktadır. Şekil 2.141 incelendiğinde su uzunluğu 5m'den büyük olan AKSS sistemlerinin frekansının 0.22Hz-0.32Hz aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Bu sistemin en etkin biçimde çalışması için yapının frekansının, AKSS sisteminin frekansına ayarlanması gerekmektedir. Dolayısıyla yapının frekansı ancak 0.22Hz-0.32Hz aralığında ise AKSS sistemi etkin biçimde kullanılabilir.



Şekil 2.141. AKSS sistemine ait frekans su uzunluğu ilişkisi

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, yüksek yapılardaki sönüm kapasitelerinin sıvı sönümleyici sistemler kullanılarak artırılması analitik ve deneysel yöntemlerle araştırılmıştır. Tez kapsamında yapılan çalışmalar, beş kısımda incelenmiştir. Birinci kısımda, kayma çerçevesi modellenmiş olup, çerçevenin dinamik karakteristikleri DMA ve sarsma masası kullanılarak deneysel olarak, sonlu eleman yöntemi ile de teorik olarak karşılaştırılmış ve belirlenmiştir. Sonraki aşamalarda yapılacak olan sistemler dikkate alınarak modellenen kayma çerçevesi üzerine gelen tüm yükleri kalıcı deformasyonlara uğramadan taşımaktadır. Tez çalışmasının ikinci kısmında, üzerinde literatürde çeşitli çalışmalar yapılmış olan AKSS sistemi tasarlanmış ve dinamik karakteristikleri belirlenmiştir. Üçüncü kısımda ise, KÇAKSS'ye ait dinamik karakteristikler belirlenmiş olup, kayma çerçevesi ile karşılaştırılmıştır. Bu yapılan çalışmalara ek olarak dördüncü kısımda yenilikçi SAKSS sistemi tasarlanmıştır. Tasarımı gerçekleştirilen sistem ile AKSS'nin bazı eksiklikleri giderilmiş ve dinamik karakteristikleri sarsma masası yardımıyla belirlenmiştir. Son kısımda ise, yenilikçi SAKSS sisteminin yapıdaki performansını görmek ve kayma çerçevesi, KÇAKSS ve KÇSAKSS sistemleri arasında performans ilişkisinin kurulması amacıyla, üçüncü kısımdaki çalışma bu kısım için yinelenmiştir. Bu tez kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ve öneriler maddeler halinde aşağıda sunulmaktadır:

- Deneylelerden önce kullanılacak sarsma masasına ait özellikler, nasıl çalıştırılması gerektiği ve ölçümlerin doğru bir şekilde nasıl yapılacağı anlatılmıştır.
- Ölçümlerin makine titreşimlerinden arındırılması için tüm yapılan ölçümlerde Butterworth tipi filtreleme kullanılmıştır. 0.01Hz'nin altında ve 25Hz'nin üstündeki frekanslar ölçümlerden arındırılmıştır.
- Kayma çerçevesine ait ilk üç mod DMA ve sonlu eleman yöntemiyle belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Bu çerçevenin birinci modunun X yönünde ötelenme, ikinci modunun burulma ve üçüncü modunun da Y yönünde ötelenme olduğu saptanmıştır. Kayma çerçevesinin X yönünde %87.6 kütle katılım oranına sahip ilk ve en etkin modunun rezonans frekansı analitik yöntem ile 2.633Hz olarak hesaplanmışken, DMA yöntemi ile 2.613Hz olarak hesaplanmıştır.

- Kayma çerçevesinin 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° ve 90° durumlarına ait 1 ve 2mm genlikler için maksimum ivme, hız, yerdeğiştirme değerleri ile sönüm oranı elde edilmiştir. 0° 'de sarsma masasının hareket yönü ile kolonun kuvvetli yönü birbirine dik olduğundan dolayı, diğer açılara göre maksimum değerler bu açıda meydana gelmiştir. 1mm'de maksimum ivme 1.299g, maksimum hız 60.74cm/sn, maksimum yerdeğiştirme 39.19mm iken, 2mm'de maksimum ivme 2.292g, maksimum hız 114.96cm/sn ve maksimum yerdeğiştirme 76.72mm'dir. Sönüm oranı ise %0.4-%0.95 arasında değerler almış olup, aritmetik ortalaması %0.647 değerine sahiptir. 90° 'de maksimum değerlerin çok küçük olması bu açıdaki hesapları zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla, bu açıdaki değerler ihmal edilmiştir.

- AKSS sisteminin su uzunluğu 0.778m seçilmiş ve teorik frekans 0.799Hz olarak belirlenmiştir. Sarsma masası ile yapılan frekans belirleme deneyinde ise AKSS sisteminin frekansı 0.860Hz olarak belirlenmiş ve hata oranı %7.01 olarak hesaplanmıştır. Ölçümler 2 ve 4mm genlikler için yapılmış ve maksimum su yükseklikleri sırasıyla 3.4cm ve 5.0cm olarak gözlemlenmiştir.

- AKSS sisteminin hangi yapılarda daha etkin kullanılabileceğinin saptanması amacıyla frekans su uzunluğu grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde, bu tür bir sistemin su uzunluğunun 5m'den büyük olması halinde, frekans aralığı 0.22Hz-0.32Hz olan yapılarda etkin olarak kullanılabileceği gösterilmiştir.

- AKSS sistemi KÇAKSS'nin frekansını 2.61Hz'den 1.55Hz'ye düşürmüştür. Bu değer daha önceden sonlu eleman programları ile analiz sonucunda bulunmuş, sonrasında sarsma masası ile teyit edilmiştir.

- Kayma çerçevesinin ortalama sönüm oranı %0.647 iken, KÇAKSS sisteminin ortalama sönüm oranı %4.013'e yükselmiştir.

- Kayma çerçevesinin maksimum ivme, hız ve yerdeğiştirmelerinde AKSS sisteminin çerçeveye monte edilmesiyle birlikte belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Fakat 60° 'den sonraki açılarda kayma çerçevesinin kolonlarının rijitliğinin artması sistemin etkinliğini azaltmıştır ve gözlemlenen maksimum ivme, hız ve yerdeğiştirme değerleri azalmıştır.

- AKSS sisteminin şeklinin U olması, tüm açılarda sistem etkinliğini koruyamamıştır. 45° ve önceki açılarda sistem etkiye salınım ile karşı koyarken, bu açıdan sonraki değerlerde salınım yerini çalkalanmaya bırakmıştır. Bu durum yenilikçi SAKSS sistemi ile giderilmeye çalışılmıştır.

- KÇAKSS sisteminin rezonans frekansı 1.55Hz iken, KÇSAKSS sisteminin rezonans frekansı 1.50 Hz'dir. Rezonans değerlerinin birbirlerine yakın olması AKSS ve SAKSS sistemlerinin kütlelerinin arasında önemli bir fark olmadığını göstermektedir.

- KÇAKSS'ye ait ortalama sönüm oranı 4.013 iken KÇSAKSS ye ait ortalama sönüm oranı %4.87 olarak hesaplanmıştır. Sönüm oranları KÇAKSS sistemine göre KÇAKSS sisteminde daha kararlı hale gelmiştir. Farklı açılardaki sönüm oranı değerleri birbirine yakın değerler almıştır.

- KÇSAKSS sisteminde maksimum ivme, hız ve yerdeğiştirme değerleri, KÇAKSS sistemine göre daha küçük değerler almış olup, sistem daha iyi performans göstermiştir.

- SAKSS sisteminin suyla temas eden yüzeylerinin silindirin forma sahip olması, sürtünme kayıplarını önlemiştir fakat dıştaki silindirin içteki silindire mesneti ahşap destekler ile sağlandığından bu durum sürtünme kayıplarını artırmıştır.

- KÇSAKSS sisteminin açıyla birlikte dinamik harekete maruz kalması bazı açılarda sistemin burulmasına neden olmaktadır. Burulmanın etkin olduğu frekanslarda sistemde su salınım hareketi yerine dairesel formda dolaşım hareketi ve çalkalanmaya maruz kalmaktadır. Bu durum sistemde kararsızlığa neden olabilmektedir.

Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, sıvı sönümleyici sistemlerin bir çeşidi olan AKSS sistemi yüksek yapıların dinamik davranışı üzerinde etkin rol almaktadır. Bu sisteme ek olarak geliştirilen SAKSS sisteminin de performansının bazı durumlarda AKSS sisteminden yüksek, bazı durumlarda ise en az AKSS sisteminin performansı kadar etkili olduğu görülmüştür. Yüksek yapıların rüzgar ve deprem gibi rastgele titreşimlere sahip dinamik hareketlerin kontrol altına alınmasında bu iki sistemin kullanılmasının gerekli olabileceği görülmektedir.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ışığında yapılan bazı öneriler maddeler halinde aşağıda sunulmaktadır:

- AKSS ve SAKSS sistemlerinin daha büyük ölçekli hallerinin, kapasitesi yüksek sarsma masaları ile birlikte incelenmesi bu sistemlerin gerçek yapılar üzerindeki performansının tayinini artırabilir.

- Kayma çerçevesi tasarlanırken her yönde rijitliği aynı kesitlerin seçilmesi sistemlerin açıyla performansının daha belirgin olmasını sağlayabilir.

- Sonlu eleman analizi yapan programlar ile AKSS ve SAKSS sistemleri için model geliştirilip, sonuçlar analitik ve deneysel olarak karşılaştırılabilir.

- SAKSS sistemi için matematiksel model geliştirilip, sistemin hareket denklemi ve teorik frekans formülü üretilebilir.
- AKSS ve SAKSS sistemlerinin monte edileceği yapının malzeme özellikleri değiştirilip, analizler tekrarlanabilir. Böylece hangi malzemede performansının iyi olduğu karşılaştırılabilir.



4. KAYNAKLAR

- Al-Saif, K.A., Aldakkan, K.A., ve Foda, M.A., 2011, Modified Liquid Column Damper for Vibration Control of Structures, International Journal of Mechanical Sciences, 53,7, 505-512.
- Aldemir, Ü., ve Aydın, E., 2005, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Yeni Yaklaşımlar, Türkiye Mühendislik Haberleri, 435, 81-89.
- Altunışık, A.C., 2010, Karayolu Köprülerinin Yapısal Davranışlarının Analitik ve Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- ANSYS Workbench, 2011, Ansys Workbench Help, Version 14.0.0., SAS IP Inc.
- Balendra, T., Wang, C.M. ve Cheong, H.F., 1995, Effectiveness of Tuned Liquid Column Dampers for Vibration Control of Towers, Engineering Structures, 17,9, 668-675.
- Behbarani, H.P., Adnan, A., Vafaei, M., Pheng, O.P. ve Shad, H., 2016, Effects of TLCD with Maneuverable Flaps on Vibration Control of a SDOF Structure, Meccanica, 51,9, 1-10.
- Bigdeli, Y., ve Kim D., 2016, Damping Effects of the Passive Control Devices on Structural Vibration Control: TMD, TLC and TLCD for Varying Total Masses, KSCCE Journal of Civil Engineering, 20,1, 301-308.
- Chaiviryawong, P., Limkatanyu, S., ve Pinkaew, T., Ekim 2008, Simulations of Characteristics of Tuned Liquid Column Damper Using an Elliptical Flow Path Estimation Method, The 14 Th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, 12-17.
- Chang, C.C., ve Hsu, C.T. 1997, Control Performance of Liquid Column Vibration Absorbers, Engineering Structures, 20,7, 580-586.
- Gao, H., Kwok, K.C.S., ve Samali, B., 1997, Optimization of Tuned Liquid Column Dampers, Engineering Structures, 19,6, 476-486.
- Housner, G.W., 1954, Earthquake Pressure on Fluid Containers, Report, 81-95.
- Kyung-Won, M., Junhee, K., ve Young-Wook, K., 2014, Design and Test of Tuned Liquid Mass Dampers for Attenuation of the Wind Responses of a Full Scale Building, Smart Materials and Structures, 23,4, 045020.
- Mensah, A.F., ve Dueñas-Osorio, L., 2014, Improved Reliability of Wind Turbine Towers with Tuned Liquid Column Dampers (TLCDs), Structural Safety, 47, 78-86.

- Mousavi, S.A., Zahrai, ve S.M., Bargi, K., 2012, Optimum Geometry of Tuned Liquid Column-Gas Damper for Control of Offshore Jacket Platform Vibrations Under Seismic Excitation, Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 11,4, 579-592.
- PULSE, 2006. Analyzers and Solutions, Release 11.2. Bruel and Kjaer, Sound and Vibration Measurement A/S, Denmark.
- Sakai, F., Takaeda, S., ve Tamaki, T., Nisan 1989, Tuned Liquid Column Damper-New Type Device for Suppression of Building Vibrations, Proceedings of Internal Conference on Highrise Buildings, Nanjing, China, 926-931.
- Sakai, F., Takaeda, S., ve Tamaki, T., 1991, Tuned Liquid Column Damper (TLCD) for Cable-Stayed Bridges, Proceedings of Specialty Conf. Invitation in CableStayed Bridges, Fukuoka, Japan, 197-205.
- Sarkar, A., Gudmestad, O. T., 2013, Pendulum Type Liquid Column Damper (PLCD) for Controlling Vibrations of a Structure-Theoretical and Experimental Study, Engineering Structures, 49, 221-223.
- SeismoSignal, 2016, SeismoSignal Help, Version 5.1.0, SeismoSoft Ltd.
- Testlab Network, 2012, Testlab Network User Manuel, Version 1.0., Teknik Destek Grubu.
- Testlab Shake Table,2014, Shaketable User Manuel, Version 1.0., Teknik Destek Grubu.
- URL-1 https://en.wikipedia.org/wiki/Earthquake_shaking_table, Earthquake Shaking Table, 03.08.2016
- Walshe, D.E.J., 1972, Wind Excited Oscillations of Structures,National Physical Laboratory, London.
- Wu, J.C., Chang, C.H., ve Lin, Y.Y., 2009, Optimal Designs for Non-uniform Tuned Liquid Column Dampers in Horizontal Motion, Journal of Sound and Vibration, 326,1-2, 104-122.
- Wua, J.C., Shihb, M.H., Lina, Y.Y., ve Shen, Y.C., 2005, Design Guidelines for Tuned Liquid Column Damper for Structures Responding to Wind, Engineering Structures, 27,13, 1893-1905.
- Yalla, S.K., ve Kareem, A., 2003, Semiactive Tuned Liquid Column Dampers: Experimental Study, Journal of Structural Engineering,129,7, 960-971.
- Yalla,S.K., ve Kareem, A., 2001, Beat Phenomenon in Combined Structure-Liquid Damper Systems, Engineering Structures, 23,6, 622-630.

ÖZGEÇMİŞ

Ali YETİŞKEN 01.01.1991 tarihinde KAYSERİ'nin Develi ilçesinde doğdu. İlköğrenimini Seyrani İlköğretim Okulu'nda aldıktan sonra lise öğrenimini Develi Milli Piyango Lisesi'nde tamamladı. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümüne başlayarak 2014 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Yapı Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. İngilizce bilmekte olan yazar, 2014 Yılı DASK Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı yarışmasında Türkiye Birinciliği ödülüne sahiptir.

